

محاكاة انتشار الملوحة في التربة والناجحة من الري بالتنقيط بمياه مختلفة الملوحة باستخدام Hydrus-2D

انتصار محمد غزال¹، عباده جاسم اسماعيل²

استاذ مساعد¹، طالبة ماجستير²، قسم هندسة السدود والموارد المائية، كلية الهندسة، جامعة الموصل

entesarzal@gmail.com¹، rukaea4@gmail.com²

(الاستلام:- 2017/5/8 ، القبول:- 2017/7/18)

الخلاصة

اصبح استخدام المياه مالحة في الري أمراً مألوفاً لمواجهة شحة المياه العذبة وعدم كفايتها للاستخدامات المختلفة. تم استخدام برنامج Hydrus-2D لمحاكاة حركة الاملاح في تربة مزيجية تحت مصدر تنقيط سطحي لري محصول البطاطا بواسطة اربع معاملات ري تضمنت مياه ري بنسب ملوحة (50% ، 100%) وتصريف فعلي للمنقطات (3.94، 7.88) لتر/ساعة. لإجراء المحاكاة، تمت الاستعانة بتجربة حقلية سابقة أجريت، في ناحية الصقلاوية، خلال العروة الربيعية لعام 2010⁽¹⁾. تم تصميم مجال محاكاة، واختيار مجموعة نقاط مراقبة في مواقع محددة ضمن المجال؛ لرصد توزيع الملوحة في التربة، بعد يوم من اخر عملية الري في نهاية كل مرحلة من مراحل نمو البطاطا. أظهرت النتائج، وجود توافق مقبول الى جيد بين قيم التوصيل الكهربائي المقاس لنماذج التربة والقيم المحسوبة من برنامج Hydrus_2D، كما تقل ملوحة التربة عند استخدام منقطات تصريفها 3.94 لتر/ساعة. تزداد الملوحة تدريجياً مع استمرار تطور مراحل نمو النبات، وزيادة نسبة استخدام المياه المالحة في الري. يمكن اعتبار برنامج Hydrus-2D أداة فعالة لدراسة وتقييم توزيع الملوحة في المنطقة الجذرية، تحت الري بالتنقيط السطحي.

الكلمات الدالة : Hydrus-2D، محاكاة توزيع الاملاح ، الري بالتنقيط ، ملوحة مياه الري.

1- المقدمة

تعاني معظم الموارد المائية من التناقص في كمياتها والتردي في نوعيتها نتيجة التغيرات البيئية المصاحبة للتوسع الصناعي والزراعي المتواصل ورغم التوسع الكبير في استخدام المياه متوسطة الملوحة في الري وتوسع الدراسات في هذا المجال، إلا أن الإدارة الحقلية لاستخدام تلك المياه للأغراض الزراعية ما تزال تتطلب المزيد من البحث لتقليل مخاطر تأثير الترب بالملوحة والتي تكلف البشرية الكثير⁽²⁾. اجمعت دراسات كثيرة على إمكانية استخدام المياه المالحة بالري شريطة توفر إدارة جيدة للمياه عن طريق الري المتناوب او الخلط او الري التكميلي، إذ يعد الاستعمال العلمي للمياه المالحة أحد البدائل لتلبية الاحتياجات الزراعية وتوفير جزء مهم من المياه العذبة للاستخدامات الأخرى وسد العجز المائي مع الأخذ بنظر الاعتبار ضرورة المحافظة على التربة كمورد طبيعي ونسبة اختزال مقبولة في الإنتاج الزراعي. وقد تعددت أساليب استخدام المياه المالحة في الزراعة، إذ ممكن استخدام المياه المالحة بعد خلطها بمياه نهر لتخفيف ملوحتها لري المحاصيل أو يتم استخدامها بالتناوب مع المياه العذبة⁽¹⁾ ⁽³⁾.

توفر النمادج التحليلية والرياضية الوقت والجهد والموارد المالية بالمقارنة مع التجارب الحقلية وتساعد على التنبؤ بحركة المياه وانتقال الأملاح لمجموعة واسعة من الترب والظروف البيئية ومعايير تصميم متنوعة (4). يعد برنامج Hydrus-2D أحد البرامج الرياضية التي تعتمد على معادلة ريتشارد لدراسة حركة المياه والأملاح في التربة.

2- الدراسات السابقة

تم استخدام برنامج Hydrus-2D من قبل (5) لنمذجة تراكم الاملاح في نظام ري بالتنقيط تحت السطحي وعلى اعماق (18 سم و 25 سم) وباستخدام مياه ري بملوحة (1.5 و 2.6 دسيميز/م) ولمحاصيل متعاقبة من البطيخ والقرنبيط، بينت النتائج توافق قيم ملوحة التربة الناتجة من برنامج Hydrus-2D مع تلك الناتجة من الدراسة الحقلية حيث تراوحت قيم مربع معامل الارتباط R^2 (0.08-0.93). تحقق (6) تجريبيا من برنامج Hydrus-2D لنمذجة توزيع مياه التربة والاملاح تحت الري بالتنقيط السطحي النبضي والمستمر لشجرة اللوز. اظهرت النتائج توافق جيد بين نتائج برنامج Hydrus-2D ومعدل ملوحة ماء التربة المقاسة على بعد 25 سم عن المنقط وعلى اعماق مختلفة.

اجرى (7) تجارب مختبرية على كتلتين من الترب الرملية لدراسة حركة المياه وانتقال الاملاح تحت مصدر تنقيط سطحي، وباستخدام مياه ري ذات ملوحة (0.5) دسيميز/م للكتلة الاولى، ومياه ري ملوحتها (4) دسيميز/م للكتلة الثانية، وأظهرت نتائج النمذجة توافق جيد بين القيم المقاسة والقيم المتوقعة للمحتوى الرطوبي والمحتوى الملحي. استخدم (8) برنامج Hydrus-2D لدراسة تأثير الصفات الهيدروليكية للتربة، والرطوبة الاولية، واسلوب الري على توزيع الرطوبة والاملاح تحت الري بالتنقيط السطحي لمحصول الطماطة، بمياه مالحة وفي تربة ملحية، أظهرت النتائج أن تأثير الري على نمط الترطيب يختلف حسب الصفات الهيدروليكية للتربة، كما أن اسلوب الري والرطوبة الاولية ليس لها تأثير واضح على توزيع الملوحة وان أعلى ملوحة في التربة تحدث على سطح التربة في نهاية فترة المحاكاة، وأعلى ملوحة كانت أقرب الى المنقط في حالة التربة الرملية مقارنة بالتربة المزيجية والمزيجية الرملية.

3- الهدف من البحث

الهدف من البحث هو التمثيل العددي باستخدام برنامج Hydrus-2D في محاكاة توزيع الاملاح تحت الري بالتنقيط السطحي لمحصول البطاطا، ودراسة تأثير تصريف المنقطات وملوحة مياه الري على توزيع الأملاح في التربة.

4- منهجية البحث

4-1 التجربة الحقلية

أجريت تجربة حقلية من قبل (1)، في ناحية الصقلاوية الواقعة في محافظة الانبار وعلى خط طول $43^{\circ}41'23''$ شرقا ودائرة $33^{\circ}24'57''$ شمالا. اذ تم زراعة درنات البطاطا بتاريخ 2010/1/15 على عمق 10-8 سم وبمعدل 20 درنة لكل وحدة تجريبية، إذ كانت المسافة 1م بين درنة وأخرى وبفاصلة 1.2 م بين خط جانبي وأخر. يبين الجدول (1) صفات التربة، تم انشاء شبكة ري بالتنقيط السطحي واستخدام نوعين من المنقطات تصريفها الفعلي (3.94 لتر/ساعة و 7.88 لتر/ساعة) ولكل تصريف تم اضافة مياه الري بأسلوبين مختلفين هي: 1- الري بمياه نهر ملوحتها 1.17 دسيميز/م تليها رية بمياه بزل ملوحتها 4 دسيميز/م الى نهاية الموسم، 2- الري بمياه بزل فقط (4 دسيميز/م) الى نهاية الموسم. فينتج عن ذلك اربع معاملات ري هي (RS2, RS1) لتناوب مياه النهر مع المياه المالحة الى نهاية الموسم (50% ملوحة)، و(S2, S1) للري بمياه مالحة فقط (100% ملوحة) للتصريفين (3.94 لتر/ساعة و 7.88 لتر/ساعة) على التوالي. يبين الجدول (2) مراحل نمو البطاطا وعدد الريات لكل مرحلة ووصف معاملات الري المعتمدة في البحث. تم حساب زمن تشغيل المنقطات وحجوم المياه الواجب إضافتها كاستهلاك مائي ونسبة متطلبات

الغسل لكل مرحلة من مراحل نمو البطاطا والتي بلغت نحو 6% عند الري بمياه النهر و 20% عند الري بالمياه المالحة (وأضيفت مياه النهر كمتطلبات غسل وحسب مراحل نمو البطاطا).⁽¹⁾

4-2 الاساس النظري

ان وصف تدفق المياه في التربة بعد دخوله من خلال سطح التربة في شكل امطار او ري يستند على معادلة ريتشارد⁽⁹⁾،⁽¹⁰⁾ التي تجمع بين معادلة الجريان غير المشبع Darcy- Buckingham. ومعادلة الاستمرارية:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial q}{\partial x} - \frac{\partial q}{\partial z} \quad \dots \dots \dots (1)$$

θ : الرطوبة الحجمية للتربة (سم³/سم³).
 t : الزمن (يوم).
 q = معدل التدفق (سم/يوم).
 x : الاتجاه الافقي.
 z : الاتجاه العمودي.
 وان التدفق العمودي q_z والافقي q_x للمياه في قانون دارسي:

$$q_x = -K \frac{\partial H}{\partial x} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$q_z = -K \frac{\partial H}{\partial z}$$

وتم ادخال امتصاص جذور النباتات للمياه في معادلة التدفق بوصفه دالة لكل من الماء والملوحة (معادلة ريتشارد)⁽¹¹⁾:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K(h) \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K(h) \frac{\partial h}{\partial z} + K(h) \right) - S(h, x, z) \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$S(h) = \alpha(h) S_p \quad \dots \dots \dots (4)$$

إذ أن:

$K(h)$: التوصيل الهيدروليكي للتربة غير المشبعة (سم/يوم).

h : الشد الرطوبي في التربة (سم).

$S(h, x, z)$: امتصاص جذور النباتات للمياه وفقا لشحنة الضغط لمياه التربة.

S_p : معدل امتصاص المياه الكامن (يوم⁻¹).

$\alpha(h)$: دالة استجابة المياه اللابعديّة لامتناس جذور النباتات ($0 \leq \alpha \leq 1$).

يمكن وصف معادلة الحمل الحراري والتشتت convection-dispersion equation التي تحكم محاكاة انتقال الاملاح في وسط متجانس كما يلي⁽¹¹⁾:

$$\frac{\partial \theta c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\theta D_{ij} \frac{\partial c}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial q_i c}{\partial x_i} \quad \dots \dots \dots (5)$$

يمثل الحد الاول على الجانب الايمن تدفق الاملاح بسبب التشتت بينما يمثل الحد الثاني انتقال الاملاح مع تدفق المياه.
اذ أن:

z, a: تدل اما على x او z ، c : تركيز الاملاح في الطور السائل. D_{ij}: معامل التشتت سم²/يوم.
وقد يختلف توزيع الجذر مع كمية المياه المتوفرة وملوحة مياه الري واختلاف التربة، يتم وصف توزيع الجذور افقيا وعموديا اعتمادا على نموذج Vrugt, et al., 2001⁽¹²⁾.

$$\beta(x, z) = \left[1 - \frac{z}{z_m}\right] \left[1 - \frac{x}{x_m}\right] e^{-\left(\frac{p_z}{z_m} |z^* - z| + \frac{p_x}{x_m} |x^* - x|\right)} \dots \dots \dots (6)$$

إذ أن:

X_m: اقصى عرض للجذور. Z_m: اقصى عمق للجذور. X*: بعد اقصى امتصاص للجذور بالاتجاه الافقي.
Z*: بعد اقصى امتصاص للجذور بالاتجاه العمودي. p_x, p_z: معاملات تجريبية.

3-4 تطبيق برنامج Hydrus-2D

1-3-4 زمن الري لموسم نمو البطاطا Time of Irrigation

توفر التجربة الحقلية بيانات عن حجوم الاستهلاك المائي ومتطلبات الغسل وزمن تشغيل المنقطات لكل مرحلة، بينما يتطلب برنامج Hydrus-2D ادراج زمن كل رية و ملوحة مياه الري المقابلة لها. لذلك تم حساب زمن كل رية خلال موسم نمو البطاطا المتكون من 113 يوم، اعتمادا على حجوم المياه الواجب إضافتها كاستهلاك مائي وزمن التشغيل ونسبة متطلبات الغسل لكل مرحلة من مراحل النمو والتي بلغت نحو 6% عند الري بمياه النهر و 20% عند الري بالمياه المالحة (وأضيفت مياه النهر كمتطلبات غسل وحسب مراحل نمو البطاطا)⁽¹⁾.

2-3-4 انتقال الاملاح Solute Transport

قبل محاكاة التوزيع المكاني للأملح ، لابد من تحديد ظروف دخول الماء الى التربة، اذ تم تصميم مجال محاكاة، عرضه 120سم وارتفاعه 100سم اعتمادا على ابعاد شبكة التنقيط، مع تحديد مجموعة نقاط مراقبة في مواقع محددة ضمن المجال؛ لرصد توزيع الملوحة في التربة. اذ يتم تقسيم منطقة الجريان الى شبكة مثلثات صغيرة ثنائية الابعاد وزوايا هذه المثلثات تمثل العقد. تستخدم عملية التكرار لإيجاد حلول لمعادلات المصفوفات عند كل خطوة زمن. تتطلب المحاكاة ايجاد معدل التدفق والذي يجب أن لا يتجاوز التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة لمنع تجمع المياه فوق سطح التربة. تم اختيار المحاكاة ذات البعدين مع شكل ترطيب ربع دائري تحت مركز المنقط وبعدها يمتد الترطيب بشكل خط سطحي، وهذا يعتبر حد التدفق⁽¹³⁾. تتطلب المحاكاة، حساب التبخر اليومي والنتح اليومي كل على حدة، لذلك تم استخدام البيانات المناخية اليومية لمنطقة الدراسة من مديرية الأنواء الجوية (بغداد) ومن التجربة الحقلية لعام (2010)⁽¹⁾، وشملت البيانات التبخر المقاس من حوض التبخر A، (Epan)، الامطار، والرطوبة النسبية الصغرى، وسرعة الرياح على ارتفاع 2 م. تم حساب كل من التبخر اليومي والنتح اليومي وتصحيحه بالاعتماد على البيانات المناخية لمنطقة الدراسة ولمراحل النمو المختلفة⁽¹⁴⁾.

اعتمادا على معادلة الحمل الحراري- والتشتت معادلة (5)، تم تقدير قيم التشتت الطولي والعرضي في طبقات التربة، تعتمد قيمة التشتت الطولي على نطاق القياسات اذ تتراوح بين 0.5-2 سم لعمود تربة في المختبر، وتتراوح 5-20 سم في الحقل، اذ ان التشتت الطولي الطبقة الاولى مقداره 15 سم للطبقة الثانية 10سم، والتشتت العرضي يساوي (10/1) من التشتت الطولي⁽¹⁵⁾.

3-3-4 الظروف الأولية والمحيطية لانتقال الاملاح Initial and Boundary Conditions

تم اعتماد التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة كمؤشر لملوحة التربة. الملوحة الاولية للتربة قبل الزراعة (5.2) دسيميز/م³ (1). في برنامج Hydrus-2D، يعبر عن الظروف الحدودية المحيطية انتقال الاملاح، بثلاثة انواع مختلفة تبعاً لظروف المحاكاة، والظروف التي تصف حركة الملوحة من سطح التربة والحد السفلي للتربة خلال فترات الري المحددة يعبر عنها بـ (Cauchy boundary condition) أو (Third – type) (16)، وهو يمثل الحالة الفيزيائية الاكثر واقعية ومحافظة على كتلة المادة المذابة في مجال المحاكاة (17) (18). مع انعدام حركة الاملاح من الجوانب، تبعا لانعدام حركة المياه، والشكل (1) يوضح الظروف الحدودية والمحيطية لانتقال الأملاح في مجال المحاكاة.

4-4 المعايير الاحصائية Statistical Indices

للتحقق من أداء برنامج Hydrus-2D، تم استخدام برنامج (SPSS, ver. 19) لإجراء paired T- test ، عند درجة حرية N-1 ومستوى دلالة (α) يتراوح بين (0.01 - 0.05)، بين النتائج الحقلية المقاسة والنتائج من Hydrus-2D لتوزيع الاملاح في نهاية كل مرحلة من مراحل نمو البطاطا ولمعاملات الري المعتمدة في البحث. بالإضافة الى استخدام المعايير الاحصائية (مربع معامل الارتباط R² ، جذر متوسط مربع الخطأ (RMSE) (16)، (19) .

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S_i - M_i)^2} \quad \dots \dots (7)$$

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (M_i - M)(S_i - S)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (M_i - M)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (S_i - S)^2}} \right)^2 \quad \dots \dots (8)$$

اذ ان:

M:الوسط الحسابي للقيم المقاسة حقليا. S : الوسط الحسابي للقيم المحسوبة من انموذج Hydrus-2D.
M_i:القيم المقاسة حقليا (سم³/سم³). S_i: القيم المحسوبة من انموذج Hydrus-2D (سم³/سم³).
N: عدد نقاط المراقبة.

5- النتائج والمناقشة

تتضمن النتائج المتعلقة بتقييم أداء برنامج Hydrus-2D في محاكاة توزيع الاملاح في التربة تحت نظام الري بالتنقيط السطحي وباستخدام منقطات مختلفة التصريف، ومعاملات ري مختلفة، بالإضافة الى تحليل ومناقشة نتائج توزيع الاملاح حول المنقط في مراحل نمو البطاطا المختلفة.

يبين الجدول (3) نتائج التحليل الاحصائي، إذ كانت R² للقيم المقاسة حقليا مع برنامج Hydrus_2D لمراحل نمو البطاطا ولجميع معاملات الري تتراوح بين (0.61 الى 0.87)، وقيم RMSE بين (0.72 الى 2.01) دسيميز/م³، كما أظهرت نتائج ال Paired- t-test أن الفروقات غير معنوية بين قيم الملوحة المقاسة حقليا وتلك المحسوبة من برنامج Hydrus_2D ولكل مراحل النمو ولمعاملات الري المعتمدة في البحث.

تمت مقارنة قيم الايصالية الكهربائية (ECe) لمستخلص العجينة المشبعة لنماذج التربة باعتبارها قيم الملوحة المقاسة حقليا مع القيم المحسوبة من برنامج Hydrus_2D لنقاط المراقبة المحددة، بعد يوم من الري في نهاية كل مرحلة من مراحل نمو البطاطا، ولمعاملات الري المعتمدة. تُبين الاشكال (2)، (3)، (4)، (5) تلك المقارنات لمعاملات الري (RS1)، (RS2)، (S1)، (S2) على التوالي. اذ يلاحظ، عند زيادة تركيز الاملاح في مياه الري، ان التقارب بين قيم الملوحة المقاسة حقليا والقيم المحسوبة من برنامج Hydrus_2D، يكون افضل في مرحلتي النمو الخضري ونشوء الدرنات منه في مرحلتي انتفاخ الدرنات والنضج، والسبب في ذلك قد يعزى الى اعتماد التوصيل الكهربائي لمياه الري وليس بيانات مفصلة عن العناصر الكيميائية المكونة للأملح في الطور السائل في التربة، والتي قد تؤثر على تخمين قيم معاملات التشبت الطولي والعرضي المطلوبة لإجراء محاكاة انتقال الاملاح في التربة، ويظهر تأثير ذلك عند زيادة تركيز الاملاح في مياه الري، وبعد تطور نمو المحصول واكتمال المجموع الجذري. يظهر مما تقدم كفاءة أداء برنامج Hydrus_2D في محاكاة توزيع الملوحة تحت نظام الري بالتنقيط السطحي، كما يمكن تحسين نتائج البرنامج من خلال دقة البيانات المناخية بالإضافة الى تحديد نوع وطبيعة سلوك العناصر الكيميائية المكونة للأملح في التربة وفي مياه الري.

5-1 تأثير التصريف على توزيع الملوحة في التربة

يوضح الشكلين (6) و (7) مقارنة نتائج برنامج Hydrus_2D لتوزيع ملوحة التربة في نقاط المراقبة المختارة ضمن مجال المحاكاة، لتصريفي المنقطات (3.94 لتر/ساعة) و (7.88 لتر/ساعة)، لمياه ري بنسبة 50% ملوحة و 100% ملوحة على التوالي بعد 1 يوم من الري في نهاية مراحل نمو البطاطا.

يلاحظ بشكل عام، انخفاض ملوحة التربة لكل مراحل نمو البطاطا، عند استخدام منقطات تصريفها 3.94 لتر/ساعة مقارنة منقطات تصريفها (7.88) لتر/ساعة، عند استخدام مياه ري بنسبة 50% ملوحة، والسبب في ذلك يعود الى ان زيادة التصريف تؤدي الى زيادة الحركة الأفقية لجهة الابتلال وزيادة مساحة الابتلال المعرضة للتبخر⁽²⁰⁾، بينما يتم ازاحة الاملاح بسبب زيادة المحتوى الرطوبي في التربة والنتاج عن انخفاض فوحد التبخر عند استخدام المنقطات ذوات التصريف (3.94) لتر/ساعة، وهذا يتوافق مع نتائج التجربة الحقلية⁽¹⁾، بينما ظهرت، في بعض نقاط المراقبة، زيادة بقيم الملوحة للتصريف 3.94 لتر/ساعة، عند استخدام مياه ري بنسبة 100% في مرحلتي انتفاخ الدرنات والنضج، ويعزى ذلك الى تأثير زيادة ملوحة مياه الري، على بعض نتائج برنامج Hydrus_2D ويظهر تأثير ذلك بشكل أكثر وضوحا بعد تطور نمو المحصول في مرحلتي انتفاخ الدرنات والنضج، نظرا لزيادة امتصاص جذور النبات للماء، اذ ان طبيعة تجمع الاملاح تعتمد على جملة عوامل منها تصريف المنقط وكمية المياه التي تمتصها الجذور⁽²¹⁾. كما يتضح من الاشكال ان الملوحة وصلت ذروتها في مرحلة النضج بالرغم من قصر هذه الفترة مقارنة بمراحل النمو الاخرى ولكلا التصريفين والسبب هو الزيادة التدريجية في الملوحة مع استمرار تطور مراحل نمو النبات وحسب زيادة نسب استخدام المياه المالحة في الري، ويتبع ذلك نمط توزيع الرطوبة في التربة. وقد أشار⁽²¹⁾ الى ان طبيعة تجمع الاملاح تعتمد على ملوحة التربة وملوحة مياه الري، كما ساهم ارتفاع درجة الحرارة بزيادة نسبة التبخر اذ ينتهي موسم النمو في 7- أيار. ويلاحظ ان ملوحة التربة في نهاية مرحلتي النمو الخضري ونشوء الدرنات لمعاملات الري ولكلي التصريفين كانت مقاربة او اقل من الملوحة الاولية للتربة قبل الزراعة، مما يؤكد ضرورة وفعالية اضافة متطلبات الغسل في خفض تركيز الاملاح من جهة، وفعالية برنامج Hydrus_2D في محاكاة توزيع الملوحة في التربة تحت الري بالتنقيط السطحي، بالرغم من تجاوز ملوحة التربة في بعض نقاط المراقبة للملحة الاولية للتربة قبل الزراعة، اذ يمكن اعتبارها نقاط شاذة، كما يمكن تحسين نتائج المحاكاة لتوزيع الاملاح في التربة تحت التنقيط السطحي باستخدام بيانات مفصلة عن نوع العناصر الكيميائية المكونة للأملح في مياه الري.

5-2 تأثير نوعية مياه الري على توزيع الملوحة تحت المنقط

يوضح الشكلين (8) و(9) نتائج برنامج Hydrus_2D لمحاكاة توزيع الملوحة تحت المنقط عموديا بعد يوم من الري في نهاية كل مرحلة من مراحل النمو، لمعاملات الري المعتمدة، للتصريفين 3.94 لتر/ساعة و 7.88 لتر/ساعة على التوالي. اذ يلاحظ انخفاض قيم الملوحة قرب مصدر التنقيط وزيادتها بالابتعاد عنه ولكل مراحل النمو، ولكلا التصريفين (3.94 و 7.88) لتر/ساعة وهذا بسبب زيادة العمق الفعال للمنطقة الجذرية. ويلاحظ ان المنقطات ذوات التصريف (3.94) لتر/ساعة لها الدور الاكبر في تخفيض قيم الملوحة مقارنة بالمنقطات ذوات التصريف (7.88) لتر/ساعة، وهذا بسبب مساهمة المنقطات ذوات التصريف (3.94) لتر/ساعة في زيادة المحتوى الرطوبي في التربة، وان التصريف القليلة تشجع الحركة العمودية لمياه الري وتدفع الاملاح الى اسفل المنطقة الجذرية⁽²²⁾ ⁽²³⁾. يلاحظ أن ملوحة التربة في المنطقة الجذرية، خلال مرحلتي النمو الخضري ونشوء الدرنات، لم تتجاوز الملوحة الاولية للتربة قبل الزراعة، ولكل معاملات الري المعتمدة في البحث، وهذه تتوافق مع نتائج الملوحة المقاسة حقليا⁽¹⁾، وتجاوزت الملوحة الاولية للتربة ، عند العمق 30 سم، في مرحلتي انتفاخ الدرنات والنضج ، عند زيادة ملوحة مياه الري 100%. ويعزى ذلك الى اعتماد التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة كمؤشر لملوحة التربة، ولتخمين التشتت الطولي والعرضي المطلوب في برنامج Hydrus_2D لمحاكاة حركة الاملاح في التربة، مما ادى الى ظهور بعض الاختلاف في نتائج المحاكاة عن النتائج المقاسة حقليا، عند زيادة ملوحة مياه الري وعند تطور المجموع الجذري للبطاطا.

6- الاستنتاجات والتوصيات

أظهرت نتائج البحث، توافق مقبول الى جيد بين قيم التوصيل الكهربائي لنماذج التربة وتلك المحسوبة من برنامج Hydrus_2D. كما تبين انخفاض ملوحة التربة عند استخدام منقطات تصريفها 3.94 لتر/ساعة مقارنة بمنقطات ذوات تصريف 7.88 لتر/ساعة، وتزداد الملوحة تدريجيا مع استمرار تطور مراحل نمو النبات، وزيادة نسبة استخدام المياه المالحة في الري وهو ما يتوافق مع نتائج التجربة الحقلية⁽¹⁾. يمكن ان يُؤقَر برنامج Hydrus-2D محاكاة جيدة لتغير الملوحة في المنطقة الجذرية تحت التنقيط السطحي، ويمكن تحسين نتائج البرنامج من خلال دقة البيانات المناخية بالإضافة الى تحديد نوع وطبيعة سلوك العناصر الكيميائية المكونة للأملح في التربة وفي مياه الري. وبذلك يمكن ان يقدم برنامج Hydrus-2D المساعدة في تطوير مفهوم المناوبة بين الريات باستخدام المياه المالحة وايجاد الاسلوب الامثل لتقليل مخاطر تأثر الترب بالملوحة، مع امكانية دراسة تأثير ذلك على محاصيل مختلفة دون الحاجة الى التجارب الحقلية.

المصادر

- 1) المحمدي، شكر محمود. (2011). "تأثير تصريف المنقطات وملوحة ماء الري في بعض الصفات الفيزيائية للتربة والتوزيع الملحي ونمو وحاصل البطاطا". اطروحة دكتوراه، قسم علوم التربة والموارد المائية، كلية الزراعة، جامعة الانبار.
- 2) الحديثي، عصام محمد عبد الحميد. (2010). "إدارة استخدام مياه الري المالحة تحت ظروف مطرية مختلفة". المجلة العراقية للهندسة المدنية المجلد 7 العدد 1 صفحة 1-9.
- 3) دهوكي، محمد صدقي صالح، العبيدي، محمد علي جمال، واسماعيل، أكرم عثمان. (2013). " تأثير نوعية مياه الري في نمو حاصل الذرة الصفراء (Zea mays L.) في تربة كلسية في اربيل - اقليم كردستان". مجلة جامعة كركوك للعلوم الزراعية، المجلد 4، العدد 2، الصفحات 7-18.
- 4) Naglic, B., Kechavarzi, C., and Pintar, M. (2012). "Modeling of water distribution under drip irrigation systems". Hmeljarski bilten / Hop Bulletin, no. 19, pp. 100-114.
- 5) Roberts, T., Lazarovitch, N., Warrick, A. W., and Thompson, T. L. (2009). "Modeling

- salt accumulation with subsurface drip irrigation using Hydrus-2D". *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, vol. 73, no. 1, pp. 233-240.
- 6) Phogat, V., Skewes, M., Mahadevan, M., and Cox, J. W. (2011). "Simulation of water And salinity dynamics under different irrigation applications to an almond tree in pulsed and continuous mode". South Australian Research and Development Institute, G.P.O. Box 397, Adelaide, SA 5001, and The University of Adelaide, PMB1 Glen Osmond SA 5064.
 - 7) Kanzari1, S., Bâ, Ibrahima, Hachicha, M., and Bouhlila, R. (2013). "Characterization and modeling of water and salt dynamics in a sandy soil under the effects of surface drip irrigation". <http://www.researchgate.net/publication/270904658>.
 - 8) Selim, T., Berndtsson, R., and Persson, M. (2013). "Simulation of soil water and salinity distribution under surface drip irrigation". Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/ird.173.
 - 9) Kong, V. (2014). "Numerical simulation of soil-water distribution and root uptake from subsurface drip irrigation considering its design and management parameters using Hydrus-2D". M.Sc. Thesis, Department of Biological and Agricultural Engineering, North Carolina State University. Raleigh, North Carolina, U. S. A.
 - 10) Molz, F. J., and Remson, I. (1970). "Extraction term models of soil moisture use by transpiring plants". *Water Resources Research*, vol. 6, no. 5, pp. 1346–1356.
 - 11) Sejna, M., Simunek, J., and van Genuchten, M. Th. (2014). "The Hydrus software package for simulating the two- and three- dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated porous media". User Manual, version 2.04, PC Progress, Prague, Czech Republic.
 - 12) Vrugt, J. A., van Wijk, M. T., Hopmans, J. W., and Simunek, J. (2001). "One, two, and three-dimensional root water uptake functions for transient modeling". *Water resources research*, vol. 37, no. 10, pp. 2457–2470.
 - 13) Icerman, J. T. (2007). "approaches for two-dimensional monitoring and numerical modeling of drip systems". Master of engineering, university of florida.
 - 14) Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. (1998). "Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements". *Irrigation and Drainage Paper 56*. FAO, Rome, Italy.
 - 15) Phogat, V., Skewes, M. A., Cox, J. W., and Mahadevan, M. (2012). "Modelling the impact of pulsing of drip irrigation on the water and salinity dynamics in soil in relation to water uptake by an almond tree". *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, vol. 168.
 - 16) Phogat, V., Skewes, M. A., Mahadevan, M., and Cox, J. W. (2013). "Evaluation of soil plant system response to pulsed drip irrigation of an almond tree under sustained stress condition". *Agricultural Water Management*, vol. 118, pp. 1– 11.
 - 17) Leij, F. J., Skaggs T. H., and van Genuchten, M. Th. (1991). "Analytical solutions for solute transport in three-dimensional semi-infinite porous media". *Water Resources Research*, vol. 27, no. 10, pp. 2719-2733.
 - 18) Van Genuchten, M. Th., and Parker, J. C. (1984). "Boundary conditions for displacement experiment through short laboratory soil columns". *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 48, pp. 703-708.
 - 19) Ractliffe, J.F. (1972). "Element of Mathematical Statistics. Oxford Mathematical Handbook. Oxford University Press.Pp224.
 - 20) حاجم، احمد يوسف وياسين، حقي إسماعيل. (1992). "هندسة نظم الري الحقلية". دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.
 - 21) Hoffman, G. L., (1976). "Salinity Management with Drip Irrigation". *Drip/Trickle irrigation*, Vol. 1, pp. 14-22.

- 22) Bresler, E. (1975). "Two-dimensional transport of solutes during non-steady infiltration from a trickle source". Soil Sci. Soc. Amer. Proc., vol. 39, no. 4, pp. 604-613.
- 23) Badr, M. A., and Taalab, A. S. (2007). "Effect of drip irrigation and discharge rate on water and solute dynamics in sandy soil and tomato yield". Australian Journal of Basic and Applied Sciences, vol. 1, no. 4, pp. 545-552.

جدول (1) صفات تربة الدراسة (1).

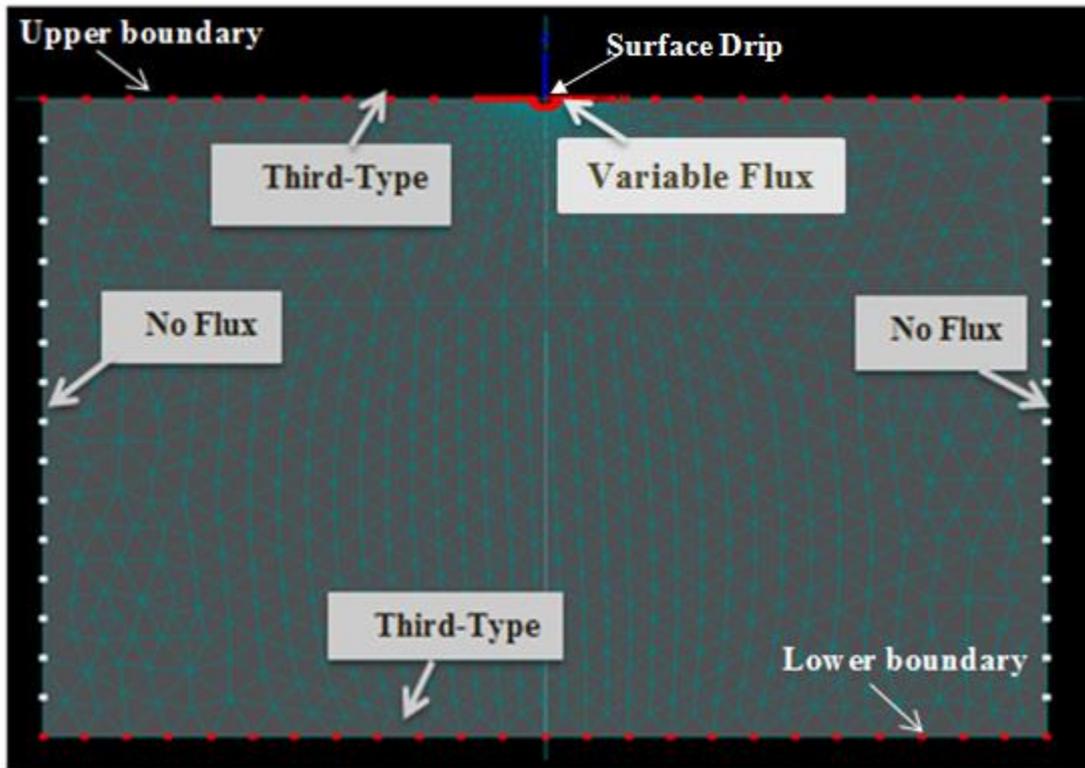
نقطة الذبول %	السعة الحقلية %	سعة التشبع %	الكثافة الظاهرية غم/سم ³	نوع التربة	التوصيل الكهربائي دسيميز/م	عمق التربة (سم)	الطبقة
15.56	33.83	48.62	1.3	مزيجية	5.2	32-0	1
14.6	31.46	47.8	1.33			100-32	2

جدول (2) مراحل نمو البطاطا وعدد الريات ووصف معاملات الري المعتمدة في البحث (1).

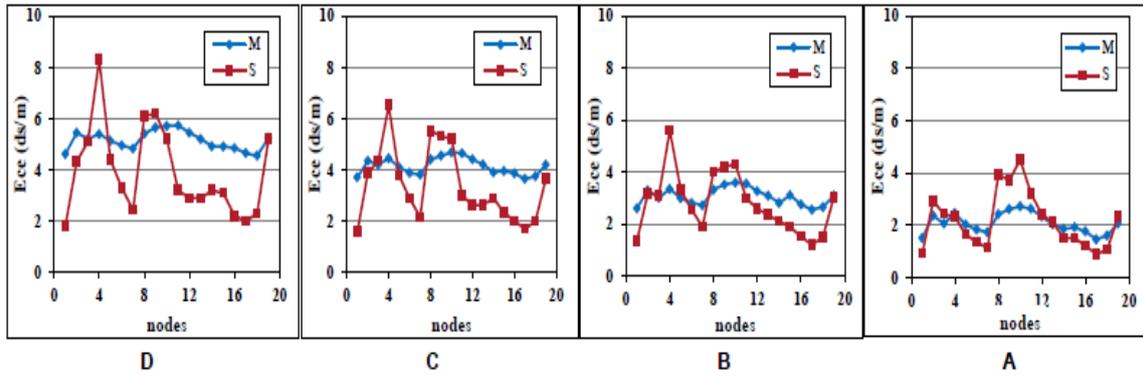
المرحلة	الفترة (يوم)	عدد الريات	الوصف
ما قبل الانبات	23	2	تعطى ريتان بمياه النهر لجميع المعاملات.
النمو الخضري	15	3	تطبيق معاملات الري الاربعة (S2, S1, RS2, RS1)
نشوء الدرناات	20	4	
انتفاخ الدرناات	45	9	
النضج	10	2	
المجموع	113	20	

جدول (3): نتائج المعايير الاحصائية بين قيم الملوحة المقاسة حقليا والمحسوبة من برنامج Hydrus_2D لمعاملات الري المعتمدة في البحث.

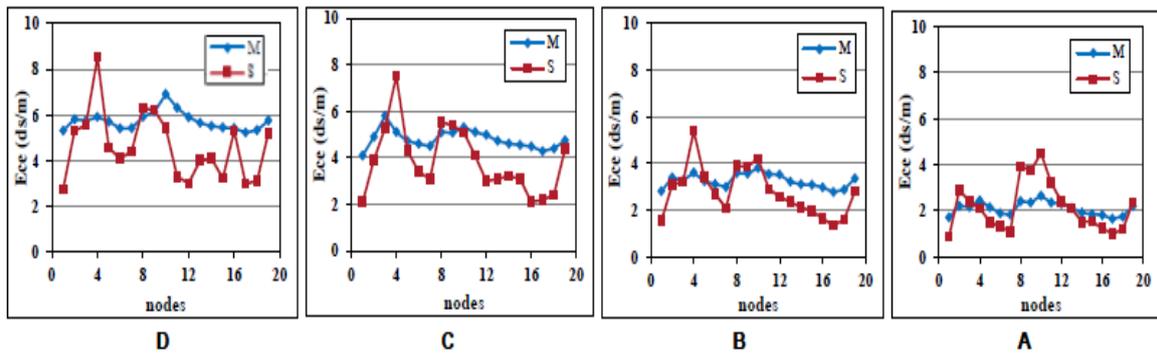
S1				RS1				
$t_{critical}$	t	RMSE ds/m	R^2	$t_{critical}$	t	RMSE ds/m	R^2	مراحل النمو
2.878	2.833	0.96	0.8	2.101	0.509	0.72	0.87	النمو الخضري
2.101	1.204	1.08	0.7	2.101	1.286	0.94	0.71	نشوء الدرنات
2.101	0.084	1.95	0.63	2.878	2.79	1.41	0.741	انتفاخ الدرنات
2.101	0.33	2.01	0.6	3.922	3.28	1.94	0.62	النضج
S2				RS2				
$t_{critical}$	t	RMSE ds/m	R^2	$t_{critical}$	t	RMSE ds/m	R^2	مراحل النمو
3.922	2.93	0.93	0.83	2.101	0.301	0.81	0.84	النمو الخضري
2.101	0.70	1.02	0.744	2.878	2.412	0.93	0.8	نشوء الدرنات
2.101	1.806	1.62	0.7	3.922	2.55	1.47	0.65	انتفاخ الدرنات
2.101	0.351	1.7	0.6	3.922	3.449	1.71	0.61	النضج



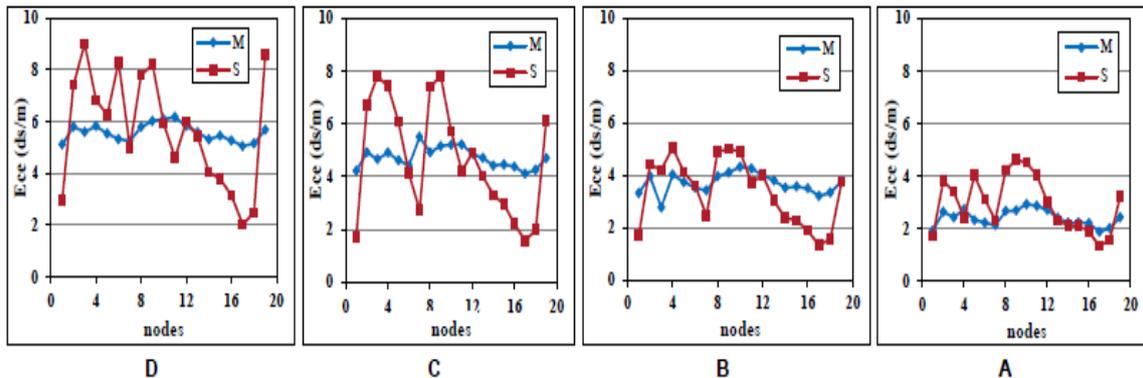
شكل (1) توضيح الظروف الحدودية لانتقال الملوحة في مجال المحاكاة.



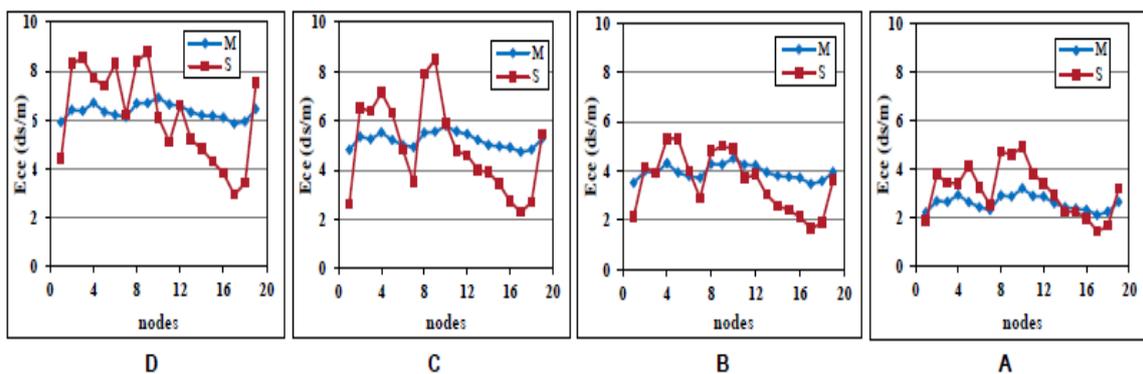
شكل (2) مقارنة الملوحة المقاسة حقلًا (M) والنتيجة من برنامج Hydrus_2D (S) لتصرف (3.94) لتر/ساعة لحالة الري بمياه النهر تليها رية بمياه مالحة (RS1).
 A : مرحلة النمو الخضري B: مرحلة نشوء الذرئان C: مرحلة انتفاخ الذرئان D: مرحلة النضج



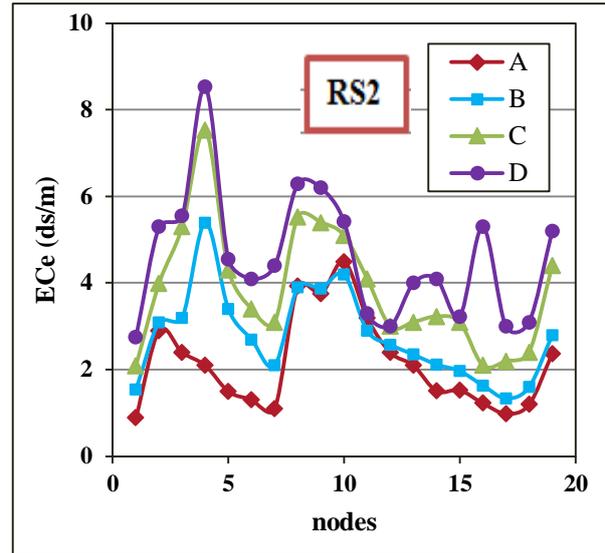
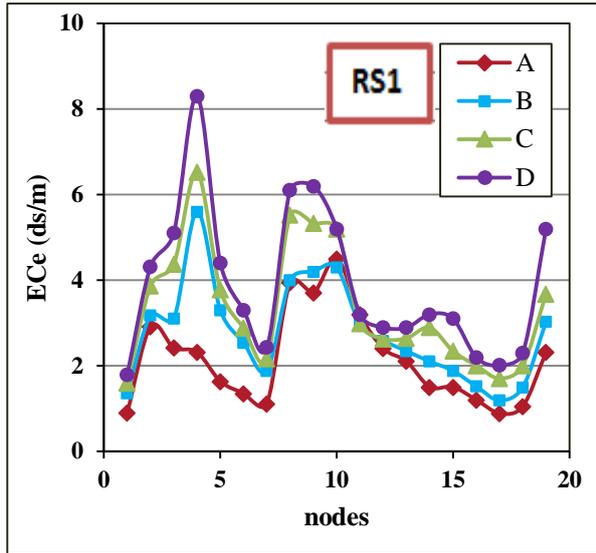
شكل (3) مقارنة الملوحة المقاسة حقلًا (M) والنتيجة من برنامج Hydrus_2D (S) لتصرف (7.88) لتر/ساعة لحالة الري بمياه النهر تليها رية بمياه مالحة (RS2).



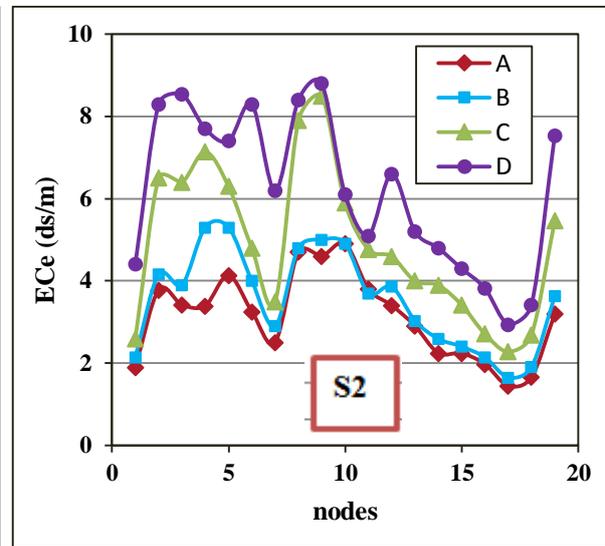
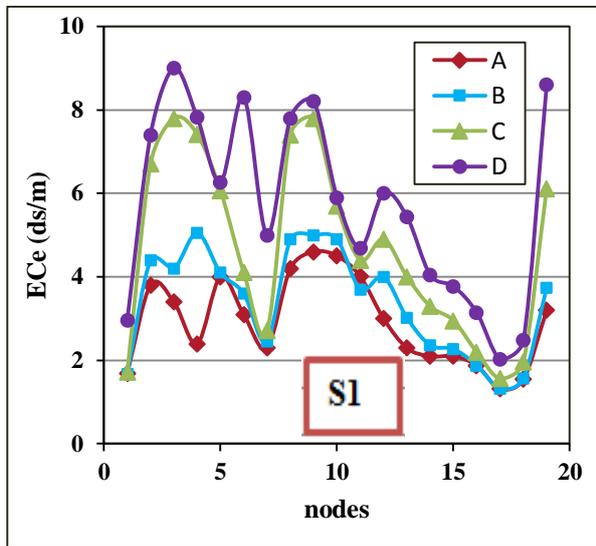
شكل (4) مقارنة الملوحة المقاسة حقلًا (M) والنتيجة من برنامج Hydrus_2D (S) لتصرف (3.94) لتر/ساعة لحالة الري بمياه مالحة (S1).



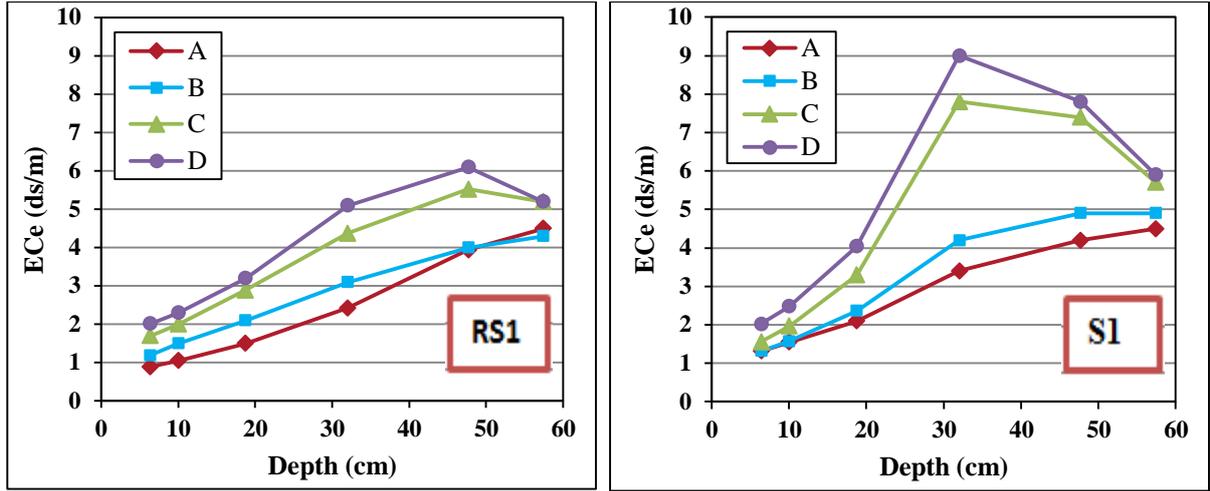
شكل (5) مقارنة الملوحة المقاسة حقلًا (M) والنتيجة من برنامج Hydrus_2D (S) لتصرف (7.88) لتر/ساعة لحالة الري بمياه مالحة (S2).



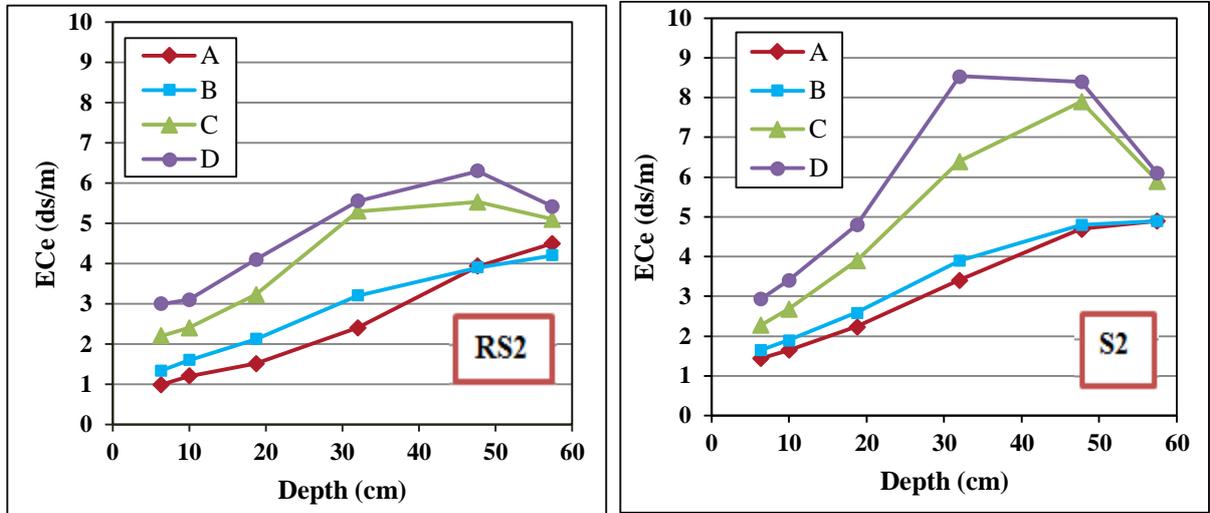
شكل (6) مقارنة ملوحة التربة المحسوبة من Hydrus_2D لمياه ري بنسبة ملوحة 50%.



شكل (7) مقارنة ملوحة التربة المحسوبة من Hydrus_2D لمياه ري بنسبة ملوحة 100%.



شكل (8) تغير ملوحة التربة تحت المنقط لمعاملات الري المعتمدة لتصريف (3.94) لتر/ساعة.



شكل (9) تغير ملوحة التربة تحت المنقط لمعاملات الري المعتمدة لتصريف (7.88) لتر/ساعة.

SIMULATION OF SOIL SALINITY DISTRIBUTION UNDER DRIP IRRIGATION WITH DIFFERENT WATER SALINITY

Entesar M. Ghazal¹, Ebada J. Esmael²

¹ Assistant Professor, ² MSC. Student, Dams and Water Resources Department,
College of Engineering, Mosul University
entesarzal@gmail.com¹, rukaea4@gmail.com²

ABSTRACT

Using saline water has been widely used in irrigation to address the scarcity of fresh water and its inadequacy for different uses. Hydrus-2D was used to simulate the movement of salts under a surface drip source with four irrigation systems, included, water salinity percentages (50%, 100%) with actual drip discharge (3.94 l/hr and 7.88 l/hr) in the root zone of potato crop. It is initially assessed on the basis of a field study conducted, in Saqlawiyah, during spring season of 2010. A simulation domain was designed, according to spacing between drips, with group of observation points; to monitor salinity distribution, 1 day after irrigation at the end of each growing stages of potato crop. The results showed, a fairly good agreement between measured electrical conductivity for soil samples and those simulated with Hydrus-2D, at all stages of potato growth. A decrease in soil salinity was shown with irrigation systems using, actual drip discharge of 3.94 l/hr. Salinity gradually increased with potato growth development, and increasing salt water utilization rates in irrigation. Hydrus-2D can be considered as an effective tool for predicting of content of salinity distribution in the root zone, under surface drip irrigation.

Keywords: Hydrus-2D, salinity distribution simulation, Drip irrigation, Water Salinity