

## محاكاة توزيع الرطوبة في التربة تحت الري بالتنقيط وبمياه مختلفة الملوحة باستخدام Hydrus-2D

انتصار محمد غزال<sup>1</sup>، عباده جاسم اسماعيل<sup>2</sup>

استاذ مساعد<sup>1</sup>، طالبة ماجستير<sup>2</sup>، قسم هندسة السدود والموارد المائية، كلية الهندسة، جامعة الموصل

entesarzal@gmail.com<sup>1</sup>، rukaea4@gmail.com<sup>2</sup>

(الاستلام:- 2017/04/18، القبول:- 2017/7/18)

### الخلاصة

تم استخدام برنامج Hydrus-2D إصدار 2.04 لمحاكاة توزيع الرطوبة، في تربة مزيجية تحت مصدر تنقيط سطحي لري محصول البطاطا بواسطة ثمانية معاملات ري تضمنت مياه ري بنسب ملوحة (0%، 50%، 66%، 100%) وتصريف فعلي للمنقطات (3.94، 7.88) لتر/ساعة، والتي أجريت بتجربة حقلية في ناحية الصقلاوية، الواقعة على خط طول "43°41'23" شرقاً ودائرة "33°24'57" شمالاً، خلال العروة الربيعية لعام 2010<sup>(1)</sup>. تم تصميم مجال محاكاة اعتماداً على المسافات بين المنقطات، واختيار (19) نقطة مراقبة في مواقع محددة ضمن المجال. تم رصد المحتوى الرطوبي في التربة بعد 24 ساعة من إجراء عملية الري وفي نهاية كل مرحلة من مراحل نمو البطاطا. أظهرت النتائج توافق جيد بين قيم الرطوبة المقاسة حقلياً والمتنبئ بها من برنامج Hydrus\_2D لمرحل نمو البطاطا المختلفة ولجميع معاملات الري المعتمدة في التجربة، كما أظهرت النتائج انخفاض الرطوبة بزيادة نسبة المياه المالحة وعند استخدام منقطات تصريفها الفعلي 7.88 لتر/ساعة. وعليه يمكن اعتبار برنامج Hydrus-2D أداة للتنبؤ بتوزيع الرطوبة في المنطقة الجذرية تحت الري بالتنقيط السطحي.

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

### 1- المقدمة

للموارد المائية دوراً أساسياً في حياة الإنسان والبيئة، والمشكلة الرئيسية التي يواجهها العالم هي شحة مياه الري وعدم كفايتها. يوفر الري بالتنقيط كفاءة عالية باستخدام المياه مقارنة بطرائق الري المختلفة. إذ أن الري بالتنقيط عبارة عن شبكة مغلقة وجريان المياه فيها تحت ضغط واطئ ويكون توزيع المياه وإيصاله عن طريق الأنابيب ثم خروجه من مواقع محددة من خلال منقطات إلى التربة بصورة بطيئة ومتكررة وذلك لجعل رطوبة المنطقة الجذرية قريبة من السعة الحقلية دائماً<sup>(2)</sup>. أثناء الري بالتنقيط، يكون المحتوى الرطوبي في المنطقة الجذرية عالياً مما يقلل من قوى الشد الشعري بين المياه وحببيبات التربة وهذا يسهل من حصول النبات على احتياجاته المائية على الرغم من ارتفاع الشد الأزموزي الناجم عن زيادة تركيز الأملاح في مياه الري. قد اجمعت دراسات متعددة على إمكانية استخدام المياه المالحة بالري شريطة توفر إدارة جيدة للمياه وقد تعددت أساليب استخدام المياه المالحة في الري، إذ من الممكن أن تستخدم المياه المالحة بعد خلطها بمياه نهر لتخفيف ملوحتها في ري المحاصيل أو الاستخدام بالتناوب مع المياه العذبة<sup>(3)</sup>.

تم تطوير عدد من النماذج التحليلية والعديدية لوصف ودراسة توزيع الرطوبة تحت الري بالتنقيط، إذ تساعد النماذج التحليلية والعديدية على التنبؤ بتوزيع الرطوبة وانتقال الأملاح لمجموعة واسعة من الترب والظروف البيئية ومعايير التصميم المتنوعة وبالتالي توفير الوقت والجهد والموارد المالية بالمقارنة مع التجارب الحقلية<sup>(4)</sup>. يعد أنموذج Hydrus-2D أحد النماذج الرياضية التي استخدمت بنجاح لدراسة توزيع الرطوبة والأملاح في التربة.

## 2- الدراسات السابقة

استخدم<sup>(5)</sup> برنامج Hydrus-2D لدراسة تأثير معدل التصريف والرطوبة الأولية للتربة على نمط ترطيب التربة تحت منقط سطحي منفرد ولسلسلة من الترب مختلفة النسجة. إذ تم مقارنة ابعاد ترطيب التربة الناتجة من برنامج 2D مع نتائج تجارب مختبرية لنوعين من التربة وبينت النتائج توافق مقبول بينهما. كما أجريت تجربة حقلية ودراسة محاكاة من قبل<sup>(6)</sup> لتحديد نهج النمذجة التي يمكن تطبيقها لإدارة الري بالتنقيط تحت التغطية لإنتاج القطن في منطقة في الصين، وذلك باستخدام اربع معاملات ري مختلفة، اظهرت النتائج توافق جيد بين قيم الرطوبة المقاسة حقليا وتلك الناتجة من برنامج Hydrus-2D. كما وجد<sup>(7)</sup> توافق جيد بين نتائج برنامج Hydrus-2D والنتائج الحقلية عند محاكاة غيض الماء وإعادة توزيع الرطوبة تحت الري بالتنقيط من انبوب وضع على عمق 6 سم في تربة مزيجية رملية ولثلاث فترات ري مختلفة. قدم<sup>(8)</sup> دراسة للتنبؤ بتوزيع الرطوبة لأنواع مختلفة من الترب باستخدام برنامج Hydrus-2D، بالإضافة الى استنباط علاقة لتحديد الوقت اللازم للري بدلالة تصريف المنقط وخصائص التربة.

## 3- الهدف من البحث

الهدف من البحث هو تقييم أداء برنامج Hydrus-2D في محاكاة توزيع الرطوبة تحت مصدر تنقيط سطحي لري محصول البطاطا بمياه مختلفة الملوحة. ثم دراسة تأثير تصريف المنقطات وملوحة مياه الري على توزيع الرطوبة في التربة.

## 4- منهج البحث

### 4-1 التجربة الحقلية

تمت الاستعانة بتجربة حقلية أجريت من قبل<sup>(1)</sup> كمتطلب جزئي لنيل درجة الدكتوراه، في ناحية الصقلاوية الواقعة على بعد 54 كم شرق جنوب مدينة الرمادي/ مركز محافظة الانبار وعلى خط طول  $43^{\circ}41'23''$  شرقا ودائرة  $33^{\circ}24'57''$  شمالا، تضمنت التجربة الحقلية انشاء شبكة ري بالتنقيط السطحي مكونة من 24 وحدة تجريبية في تربة مزيجية، الجدول (1) يبين صفات التربة. تم استخدام نوعين من المنقطات تصريفها الفعلي (3.94 لتر/ساعة و 7.88 لتر/ساعة) ولكل تصريف تم اضافة مياه الري بأربعة اساليب هي: الري بمياه نهر فقط ( $Ec=1.17ds/m$ )، والري بمياه مالحة فقط ( $Ec=4ds/m$ )، والري بمياه نهر تليها رية بمياه مالحة لنهاية الموسم، والري بمياه نهر تليها ريتان بمياه مالحة لنهاية الموسم. تمت زراعة درنات البطاطا بتاريخ 2010/1/15 على عمق 8-10 سم وبمعدل 20 درنة للوحدة التجريبية، إذ كانت المسافة 1م بين درنة وأخرى وبفاصلة 1.2 م بين خط جانبي وأخر. يبين الجدول (2) مراحل نمو البطاطا وعدد الريات لكل مرحلة. يوضح الجدول (3) رموز ووصف معاملات الري المعتمدة في التجربة، تم التحكم بزمان الري بحيث استلمت كل الحالات نفس حجم المياه المطلوب في كل رية بغض النظر عن اختلاف التصريف. يوضح الجدول (4) حجوم المياه المستخدمة في الإرواء (بدون متطلبات غسل) وزمان التشغيل حسب مراحل نمو البطاطا تحت نظام الري بالتنقيط.

### 4-2 الخلفية النظرية

Hydrus-2D هو انموذج عددي يعمل تحت تشغيل Microsoft Windows ويُمكن من تنفيذ محاكاة لجريان المياه وحركة الاملاح في التربة باتجاهين او بثلاث اتجاهات، مع امتصاص جذور النباتات للمياه والمغذيات

معتمداً على الحلول العددية لمعادلة ريتشارد، بطريقة العناصر المحددة. تعد معادلة ريتشارد من أكثر المعادلات فيزيائية الأساس قبولاً في مجال البحث العلمي لمحاكاة الجريان المشبع وغير المشبع في الوسط المسامي<sup>(9)</sup>:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K(h) \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K(h) \frac{\partial h}{\partial z} + K(h) \right) - S(h, x, z) \quad \dots (1)$$

يتم حساب استخلاص المياه  $S(h, x, z)$  وفقاً لنموذج Feddes, 1978<sup>(9)</sup> الذي يحدد معدل امتصاص جذور النباتات للمياه وفقاً لشحنة الضغط لمياه التربة.

$$S(h) = \alpha(h) S_p \quad \dots \dots \dots (2)$$

- $K(h)$ : التوصيل الهيدروليكي للتربة غير المشبعة (سم/يوم).  
 $\theta$ : الرطوبة الحجمية للتربة (سم<sup>3</sup>/سم<sup>3</sup>).  
 $t$ : الزمن (يوم).  
 $z$ : الاتجاه العمودي.  
 $x$ : الاتجاه الأفقي.  
 $h$ : الشد الرطوبي في التربة (سم).  
 $q$ : كثافة التدفق الحجمي (لتر/ساعة).  
 $\alpha(h)$ : دالة استجابة المياه اللابعديّة لامتناس جذور النباتات ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ).  
 $S_p$ : معدل امتصاص المياه الكامن (يوم<sup>-1</sup>).

يتم التعبير عن منحنى الشد الرطوبي بحل عددي مبسط لتسهيل استخدامه في النماذج العددية، في برنامج Hydrus-2D يمكن إيجاد الصفات الهيدروليكية للتربة غير المشبعة  $\theta(h)$  و  $K(h)$  باستخدام خمسة نماذج تحليلية، واحد هذه النماذج المعتمدة في البحث الحالي نموذج van Genuchten-Mualem<sup>(10)·(11)</sup>، إذ يعتمد على التوزيع الحجمي الاحصائي لمسامات التربة للحصول على معادلة للتنبؤ بالصفات الهيدروليكية للتربة غير المشبعة بدلالة معاملات احتفاظ التربة بالمياه<sup>(9)</sup>:

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + |\alpha h|^n]^m} \quad h < 0 \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\theta(h) = \theta_s \quad h \geq 0 \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$K(h) = K_s S_e^l \left[ 1 - (1 - S_e^{1/m})^m \right]^2 \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$m = 1 - 1/n \quad n > 1$$

- $\theta_s$ : رطوبة التربة المشبعة (سم<sup>3</sup>/سم<sup>3</sup>).  
 $\theta_r$ : الرطوبة المتبقية في التربة (سم<sup>3</sup>/سم<sup>3</sup>).  
 $k_s$ : التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة (سم/يوم).  
 $S_e$ : رطوبة التربة الفعالة أو التشبع النسبي (بدون ابعاد).  
 $l$ : معامل الشكل (إحصائية المسامات).  
 $\alpha, n, m$ : معاملات تجريبية.

للتوزيع المكاني لجذور النباتات تأثير كبير على جريان المياه وامتصاص جذور النباتات للمياه، ان توزيع الجذر قد يختلف مع كمية المياه المتوفرة وملوحة مياه الري واختلاف التربة، يتم وصف توزيع الجذور افقيا وعموديا اعتمادا على نموذج (Vrugt, et al., 2001) (12).

$$\beta(x, z) = \left[1 - \frac{z}{z_m}\right] \left[1 - \frac{x}{x_m}\right] e^{-\left(\frac{p_z}{z_m} |z^* - z| + \frac{p_x}{x_m} |x^* - x|\right)} \dots \dots (7)$$

$X_m$ : أقصى عرض للجذور.  $Z_m$ : أقصى عمق للجذور.  $x^*$ : بعد أقصى امتصاص للجذور بالاتجاه الافقي.  
 $Z^*$ : بعد أقصى امتصاص للجذور بالاتجاه العمودي.  $p_x, p_z$ : معاملات تجريبية.

#### 3-4 تنفيذ المحاكاة

#### 1-3-4 ظرف دخول المياه الى التربة Water Entry Boundary Condition

لوصف شبكة الري بالتنقيط المعتمدة بالمحاكاة، تم تصميم مجال محاكاة مستطيل يمثل المستوى العمودي على خط التنقيط، من المنقط السطحي الموضوع على خط التنقيط الى منتصف المسافة بين خطي تنقيط يمين ويسار المنقط، عرضه 120سم وارتفاعه 100سم. تم تقسيم المجال الى شبكة مثلثات غير منتظمة تضم 1274 عقدة و 2406 عنصر مثلث لتشكل شبكة دقيقة حول المنقط تكبر تدريجيا للعناصر الابعد من المنقط، اذ يتم حل المعادلات التفاضلية التي تحكم تدفق المياه باستخدام طريقة العناصر المحددة الخطية Galerkin-type. شكل الترطيب تحت المنقط اما ان يكون شبه كروي او نصف قطر سطحي. المحاكاة ذات البعدين تفترض ان المنقط يعمل على انه مصدر تنقيط خطي بتدفق متساوي بين المنقطات (13). لذلك تم اختيار المحاكاة ذات البعدين مع شكل ترطيب ربع دائري تحت مركز المنقط وبعدها يمتد الترطيب بشكل خط سطحي، وهذا يعتبر حد التدفق اذ تتطلب المحاكاة ايجاد معدل التدفق والذي يجب أن لا يتجاوز التوصيل الهيدروليكي للتربة المشبعة لمنع تجمع المياه فوق سطح التربة. تم حساب معدل التدفق كما يلي: (7).

$$q_o = \frac{q}{A} \leq k_s \dots \dots \dots (8)$$

$$q_o = \frac{q * 1000 * 24}{(\pi r + l) * x} \leq k_s \dots \dots \dots (9)$$

إذ أن:

- $q_o$ : معدل التدفق (سم/يوم).
- $q$ : تصريف المنقط (لتر/ساعة).
- $A$ : المساحة السطحية المشبعة تحت المنقط (سم<sup>2</sup>).
- $r$ : نصف قطر غيظ المياه تحت المنقط (سم).
- $l$ : طول خط التنقيط السطحي (سم).
- $x$ : المسافة بين المنقطات (سم).

#### 2-3-4 الظروف الاولية والمحيطية بتدفق المياه Initial and boundary conditions

تم اعتبار المحتوى الرطوبي الابتدائي للتربة (0.2) سم<sup>3</sup>/سم<sup>3</sup>، اعتماداً على السعة الحقلية للتربة (1)، والظروف المحيطية بسطح التربة هي، تدفق متغير من خط التنقيط الحدودي، اذ يكون تدفق المياه قيمة ثابتة  $q_o$  خلال الري ويتوقف بانتهاء الري، وبقيّة سطح التربة معرض الى الظروف الجوية متمثلة بالنتج الكامن، والتبخّر الكامن، والامطار. تم اختيار البزل الحر عند الحد السفلي، يستعمل هذا الظرف في حالات البزل أو إعادة توزيع الرطوبة في التربة وعندما يكون الماء الارضي بعيداً عن مجال الدراسة (14)، (15). مع عدم وجود تدفق من الجانبين الايمن والايسر للمجال. يوضح الشكل (1) مجال المحاكاة والظروف المحيطية لتوزيع الرطوبة في التربة.

#### 4-3-2-1 التبخر والنتح الكامن اليومي

يتطلب تحديد الظروف الجوية في برنامج Hydrus-2D حساب النتح الكامن اليومي والتبخر الكامن اليومي كل على حدة وخلال موسم النمو البالغ 113 يوم. تم استخدام البيانات المناخية اليومية لمنطقة الدراسة من مديرية الأنواء الجوية (بغداد) ومن التجربة الحقلية لعام (2010)<sup>(1)</sup>، وشملت البيانات التبخر المقاس من حوض التبخر A، (Epan)، الامطار، والرطوبة النسبية الصغرى، وسرعة الرياح على ارتفاع 2 م. تم حساب التبخر نتح المرجعي (ET<sub>o</sub>)، تم ايجاد التبخر الكامن اليومي E<sub>p</sub> بعد ايجاد معامل التبخر K<sub>e</sub> والنتح الكامن اليومي T<sub>p</sub>، بعد ايجاد معامل المحصول الاساسي K<sub>cb</sub> لمراحل نمو البطاطا وتصحيحه بالاعتماد على البيانات المناخية لمنطقة الدراسة ولمراحل النمو المختلفة<sup>(16)</sup>.

$$ET_o = K_p * E_{pan} \quad \dots \dots \dots (10)$$

$$T_p = ET_o * K_{cb} \quad \dots \dots \dots (11)$$

$$E_p = ET_o * K_e \quad \dots \dots \dots (12)$$

إذ أن: K<sub>p</sub>: معامل خاص بحوض التبخر ويختلف طبقاً لنوع الحوض والغطاء النباتي المحيط بالحوض وطبيعة سطح التربة. وقد اعتمدت القيمة (0.8)<sup>(17)</sup>.

#### 4-3-2-2 زمن الري (Time of irrigation)

تم حساب زمن كل رية لكامل موسم نمو البطاطا المتكون من 113 يوم، اعتماداً على زمن التشغيل وحجوم المياه المعتمدة بالتجربة الحقلية<sup>(1)</sup>، المبينة بالجدول (4)، الواجب إضافتها كاستهلاك مائي ونسبة متطلبات الغسل لكل مرحلة من مراحل نمو البطاطا والتي بلغت نحو 6% عند الري بمياه النهر و20% عند الري بالمياه المالحة (وأضيفت مياه النهر كمتطلبات غسل لجميع معاملات الدراسة وحسب مراحل نمو المحصول)<sup>(1)</sup>. يوضح الجدولين (5) و (6) بيانات زمن الري ومعدل التدفق وتركيز مياه الري لكل معاملات الري المعتمدة في البحث.

#### 4-3-3 تقدير المعاملات الهيدروليكية

لتقدير متغيرات نموذج van Genuchten- Mualem ( ks , n ، α ، θs ، θr ) يستخدم برنامج (Rosetta Lite version 1.1 2003)<sup>(18)</sup>، وهو برنامج حاسوبي مُدرج ضمن حزمة برمجيات Hydrus، يتكون من عدة نماذج تعتمد على الشبكة العصبية وتستخدم لتقدير المعاملات الهيدروليكية من نسجة التربة والبيانات المتعلقة بها. يبين الجدول (7) متغيرات نموذج van Genuchten- Mualem المتوقعة والمستخدمه بالمحاكاة.

#### 4-3-4 امتصاص الجذر للمياه Root water uptake

يتضمن برنامج Hydrus-2D قاعدة بيانات لقيم المتغيرات المقترحة ل Feddes et al., 1978<sup>(9)</sup> لنباتات مختلفة تم توفيرها اعتماداً على دراسات Wesseling, 1991<sup>(9)</sup>. والجدول (8) يوضح قيم تلك المتغيرات المستخدمة بالمحاكاة. يوضح الجدول (9) متغيرات نموذج Vrugt, et al., 2001<sup>(12)</sup>،<sup>(1)</sup>.

#### 4-4 التحليل الاحصائي

للتحقق من أداء برنامج Hydrus-2D، تم استخدام المعايير الاحصائية، مربع معامل الارتباط R<sup>2</sup>، وجذر متوسط مربع الخطأ RMSE، ومعامل القبول IOA، بالإضافة الى قيمة المعامل t<sup>(19)</sup> لإجراء paired T- test بمقارنتها مع قيم t<sub>critical</sub> عند درجة حرية N-1 ومستوى دلالة (α) يتراوح بين (0.01 - 0.05)، بين النتائج الحقلية

المقاسة والنتائج من Hydrus-2D لتوزيع الرطوبة في نهاية كل مرحلة من مراحل نمو البطاطا ولأربعة اساليب ري ولتصريفين مختلفين.

$$R^2 = \left( \frac{\sum_{i=1}^N (M_i - M)(S_i - S)}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (M_i - M)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (S_i - S)^2}} \right)^2 \quad \dots \dots (13)$$

$$IOA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (M_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^N (\text{abs}(M_i - M) + \text{abs}(S_i - S))^2} \quad \dots \dots (14)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S_i - M_i)^2} \quad \dots \dots (15)$$

$$t = \sqrt{\frac{(N - 1)MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}} \quad \dots \dots (16)$$

$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (S_i - M_i) \quad \dots \dots (17)$$

N: عدد نقاط المراقبة،  $M_i$ : قيم الرطوبة المقاسة حقليا.  $S_i$ : قيم الرطوبة من نموذج Hydrus-2D.

M: الوسط الحسابي للقيم المقاسة حقليا. S: الوسط الحسابي للقيم المحسوبة من نموذج Hydrus-2D.

## 5- النتائج والمناقشة

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

### 5-1 التحليل الاحصائي

يبين الجدول (10) نتائج التحليل الاحصائي، إذ كانت  $R^2$  للقيم المقاسة حقليا مع برنامج Hydrus\_2D لمرحل نمو البطاطا ولجميع معاملات الري تتراوح بين (0.87 الى 0.97)، وقيم RMSE بين (0.0046 الى 0.0235) سم<sup>3</sup>/سم<sup>3</sup>، وقيم IOA تتراوح بين (0.822 الى 0.983)، كما أظهرت نتائج ال Paired- t-test أن الفروقات غير معنوية بين قيم الرطوبة المقاسة حقليا وتلك المحسوبة من برنامج Hydrus\_2D ولكل مراحل النمو ولمعاملات الري المعتمدة في البحث.

### 5-2 توزيع الرطوبة

تمت مقارنة قيم الرطوبة الحجمية المقاسة حقليا مع القيم الناتجة من برنامج Hydrus\_2D لنقاط المراقبة المختارة، بعد 24 ساعة من الري في نهاية كل مرحلة من مراحل نمو البطاطا، ولمعاملات الري المعتمدة في البحث.

توضح الاشكال (2- 9) تلك المقارنات لكل مرحلة من مراحل نمو البطاطا لمعاملات الري (T1)، (T2)، (T3)، (T4)، (T5)، (T6)، (T7)، (T8) على التوالي. اذ يظهر توافق جيد بين الرطوبة المقاسة حقليا والرطوبة الناتجة من برنامج Hydrus\_2D.

### 5-3 تأثير التصريف وملوحة مياه الري على توزيع الرطوبة في التربة

عند ملاحظة الاشكال (2 - 9) ومقارنة توزيع الرطوبة في التربة لنوعي المنقطات للتصريفين (3.94 لتر/ساعة و 7.88 لتر/ساعة)، تبين انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة عند استخدام منقطات تصريفها (7.88) لتر/ساعة عنه باستخدام منقطات تصريفها (3.94) لتر/ساعة، والسبب يعود الى أن زيادة التصريف تؤدي الى زيادة الحركة الأفقية لجبهة الابتلال وزيادة مساحة الابتلال المعرضة للتبخر، إذ أن قطر ومساحة التربة المبتلة تتأثر بشكل أساسي بتصريف المنقط، وهذا يتفق مع ما ذكره (2). كما ان فترة بقاء المياه فوق سطح التربة تكون اكبر عند التصريف الأكبر مقارنةً بالتصريف الاوطأ مما يجعله معرضاً للتبخر بشكل اكبر وحسب تقدم مراحل النمو. كما يلاحظ انخفاض قيم المحتوى الرطوبي مع مراحل تطور المحصول ولكلا التصريفين، إذ تكون اعلى عند مرحلة النمو الخضري وقل قليلا عند مرحلة نشوء الدرنات وتقل اكثر عند مرحلة انتفاخ الدرنات الى ان تصل الى مرحلة النضج وهذا الانخفاض في المحتوى الرطوبي بسبب زيادة حاجة النبات للمياه لبناء انسجته ومواجهة متطلبات النتج المتزايدة والتي تتناسب مع مساحة مجموعه الخضري، بالإضافة الى زيادة التبخر بسبب الظروف المناخية خلال موسم النمو الذي يمتد الى السابع من أيار.

عند ثبات التصريف، يُلاحظ أن الرطوبة تقل بزيادة نسبة المياه المالحة من 0% الى 100%، وهذا قد يعود الى تأثير الأملاح السليبي على مجمل خصائص التربة ذات العلاقة بحركة الماء، إذ أن زيادة قيم الصوديوم الممتز في التربة بزيادة قيمها في مياه الري يسبب حركة دقائق التربة الناعمة وترسبها في المسامات الصغيرة مما يؤثر على التوصيل الهيدروليكي للتربة، ويعظم من فواقد التبخر.

### 5-4 نمط توزيع الرطوبة تحت المنقط

لمقارنة نمط توزيع الرطوبة المقاس حقليا<sup>(1)</sup> مع التوزيع الناتج من برنامج Hydrus\_2D، تم رسم خارطة كنتورية لتوزيع الرطوبة في المنطقة الجذرية باستخدام برنامج (Surfer 10) واعتمادا على طريقة Kriging (interpolation algorithm)، بعد 24 ساعة من الري في نهاية مرحلة انتفاخ الدرنات باعتبارها أطول مراحل نمو البطاطا، إذ تستمر لمدة (45) يوم وفيها يزداد حجم الدرنات ووزنها ويزداد الاحتياج المائي للمحصول. يوضح الشكل (10) مقارنة لنمط توزيع الرطوبة في التربة المقاس حقليا<sup>(1)</sup> مع التوزيع الناتج من برنامج Hydrus\_2D لمرحلة انتفاخ الدرنات بين نوعين لمياه الري، الاول بنسبة ملوحة 0%، والثاني بنسبة ملوحة 100% وللتصريفين (3.94) و (7.88) لتر/ساعة على التوالي.

### 6- الاستنتاجات والتوصيات

أظهرت نتائج البحث، توافق جيد بين نتائج توزيع الرطوبة المقاسة حقليا والتي تم تمثيلها بواسطة برنامج Hydrus-2D، وبذلك يمكن ان يُوفّر برنامج Hydrus-2D محاكاة جيدة لتغير الرطوبة في المنطقة الجذرية تحت التنقيط السطحي كما انه جيد بما فيه الكفاية للتنبؤ برطوبة التربة في فترات اعادة توزيع الرطوبة بين دورات الري، وبذلك يمكن ان يقدم المساعدة في وضع استراتيجيات الري وتصميم نظم الري بالتنقيط.

### 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) حاجم، احمد يوسف، و ياسين، حقي إسماعيل. (1992). "هندسة نظم الري الحقلية" دار الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل.
- (3) دهوري، محمد صدقي صالح، العبيدي، محمد علي حمال، واسماعيل، أكرم عثمان. (2013). "تأثير نوعية مياه الري في نمو حاصل الذرة الصفراء (*Zea mays L.*) في تربة كلسية في اربيل - إقليم 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) Naglic, B., Kechavarzi, C., Coulon, F., and Pintar, M. (2014). "Numerical investigation of the influence of texture, surface drip emitter discharge rate and initial soil moisture condition on wetting pattern size". Irrig. Sci., vol. 32, no. 6, pp. 421-436.
- 6) Han, M., Zhao, C., Feng, G., Yan, Y., and Sheng, Y. (2015). "Evaluating the effects of mulch and irrigation amount on soil water distribution and root zone water balance using Hydrus-2D". ISSN 2073-4441, vol. 7, pp. 2622-2640.
- 7) Skaggs, T. H., Trout, T. J., Simunek, J., and Shouse, P. J. (2004). "Comparison of Hydrus-2D simulations of drip irrigation with experimental observations". Journal of Irrigation and Drainage Engineering, vol.130, no. 4, pp. 304-310
- 8) Dawood, I. A. (2016). "Movement of irrigation water from a surface emitter". M.Sc., department of water resources, university of Baghdad, college of engineering. Iraq.
- 9) 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.
- 10) Van Genuchten, M. Th. (1980). "A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils". Soil Science Society of America Journal, vol. 44, pp. 892-898.
- 11) Mualem, Y. (1976). "A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media". Water Resources Research, vol.12, no. 3, pp. 513-522.
- 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) McCord, J. T. (1991). "Application of second-type boundaries in unsaturated flow modeling". Water Resources Research, vol. 27, no. 12, pp. 3257-3260.
- 15) Sisson, J. B. (1987). "Drainage from layered field soils: Fixed gradient models". Water Resources Research, vol. 23, no. 11, pp. 2071-2075. Irrigation and Drainage Engineering, vol.130, no. 4, pp. 304-310.
- 16) 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.
- 17) Yildirim, O., Uygan, D., and Boyaci, H. (2002). "Irrigation Scheduling of drip-irrigated tomatoes using class apan Evaporation". Turk. J. Agric., vol. 26, pp. 171-178.
- 18) Schaap, M. G., Leij, F. J., van Genuchten, M. Th. (2001). "ROSETTA: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions". Journal of Hydrology, vol. 251, pp. 163-176.
- 19) Mguidiche, A., Provenzano, G., Douh, B., Khila, S., Rallo, G., and Boujelben, A. (2015). "Assessing Hydrus-2D to simulate soil water content (SWC) and salt accumulation under an SDI system: application to a potato crop in a semi-arid area of central tunisia". Irrig.



and Drain. Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/ird.1884.

جدول (1) صفات تربة الدراسة (1).

التوصيل الهيدروليكي سم/يوم	نقطة الذبول % سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	السعة الحقلية % سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	سعة التشبع % سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	الطين غم/غم	الغرين غم/غم	الرمل غم/غم	الكثافة الظاهرية غم/سم <sup>3</sup>	عمق التربة (سم)	الطبقة
115	15.56	33.83	48.62	20	30	50	1.3	32-0	1
	14.6	31.46	47.8	10	28	62	1.33	100-32	2

جدول (2): مراحل نمو البطاطا وعدد الريات (1).

المرحلة	التاريخ	الفترة	عدد الريات	الوصف
ما قبل الانبات	2/6-1/15	23	2	تعطى ريتان بمياه النهر لجميع المعاملات.
النمو الخضري	2/21-2/7	15	3	تبدأ بظهور البراعم.
نشوء الدرنات	3/13-2/22	20	4	تبدأ مع نشوء الدرنات في نهاية المدادات الجذرية
انتفاخ الدرنات	4/27-3/14	45	9	يزداد حجم الدرنات ووزنها، وتعد من اطول مراحل نمو المحصول
النضج	5/7-4/28	10	2	تصبح الظلة الورقية في طور الشيخوخة، وانخفاض الاحتياج
المجموع		113	20	

جدول (3) رموز ووصف معاملات الري المعتمدة في البحث (1).

معاملة الري	وصف اسلوب الري
T1	مياه نهر إلى نهاية الموسم وباستخدام منقطات بتصريف تصميمي 4 لتر/ساعة. (0% ملوحة)
T2	مياه نهر إلى نهاية الموسم وتصريف تصميمي للمنقطات 8 لتر/ساعة. (0% ملوحة)
T3	مياه نهر تليها ريّة بمياه مالحة إلى نهاية الموسم وتصريف تصميمي للمنقطات 4 لتر/ساعة. (50% ملوحة)
T4	مياه نهر تليها ريّة بمياه مالحة إلى نهاية الموسم وتصريف تصميمي للمنقطات 8 لتر/ساعة. (50% ملوحة)
T5	مياه نهر تليها ريتان بمياه مالحة إلى نهاية الموسم وبمنقطات بتصريف تصميمي 4 لتر/ساعة. (66% ملوحة)
T6	مياه نهر تليها ريتان بمياه مالحة إلى نهاية الموسم وتصريف تصميمي للمنقطات 8 لتر/ساعة. (66% ملوحة)
T7	مياه مالحة إلى نهاية الموسم وباستخدام منقطات بتصريف تصميمي 4 لتر/ساعة. (100% ملوحة)
T8	مياه مالحة إلى نهاية الموسم وباستخدام منقطات بتصريف تصميمي 8 لتر/ساعة. (100% ملوحة)

جدول (4) أحجام المياه المستخدمة في الأزواء بدون متطلبات غسل وزمن التشغيل استنادا إلى مراحل نمو البطاطا تحت نظام الري بالتنقيط<sup>(1)</sup>.

مرحلة النمو	مقابل الأنبات		النمو الخضري		تسوية الدورات		تفاح الدورات		التضخ
	زمن التشغيل	حجم المياه	زمن التشغيل	حجم المياه	زمن التشغيل	حجم المياه	زمن التشغيل	حجم المياه	
T1	نوع مياه الري	لتر	ساعة	لتر	ساعة	لتر	ساعة	لتر	ساعة
	مياه نهر	772.2	196	529.65	1498.2	380.25	4296.6	1090.5	663.3
T2	مياه نهر	772.2	98	529.65	1498.2	190.12	4296.6	545.25	663.3
	مياه بزل								
T3	مياه نهر	772.2	196	353.1	749.1	190.12	1933.8	490.81	331.65
	مياه بزل								
T4	مياه نهر	772.2	98	353.1	749.1	95.06	1933.8	245.4	331.65
	مياه بزل								
T5	مياه نهر	772.2	196	176.56	749.1	190.12	1432.2	363.5	663.3
	مياه بزل								
T6	مياه نهر	772.2	98	176.56	749.1	95.06	1432.2	181.75	663.3
	مياه بزل								
T7	مياه نهر	772.2	196	529.65	1498.2	380.25	4296.6	1090.5	663.3
	مياه بزل								
T8	مياه نهر	772.2	98	529.65	1498.2	190.12	4296.6	545.25	663.3
	مياه بزل								

\* حسب حجم مياه الري على أساس مكرر واحد (20 نبات)

جدول (5) بيانات زمن الري ومعدل التدفق وملوحة مياه الري لتصريف (3.94) لتر/ساعة.

تصريف (3.94) لتر/ساعة								
معدل التدفق	T7		T5		T3		T1	
	تركيز المياه	زمن الري	تركيز المياه	زمن الري	تركيز المياه	زمن الري	تركيز المياه	زمن الري
(‰) سم/يوم	ديسميز/متر	يوم	ديسميز/متر	يوم	ديسميز/متر	يوم	ديسميز/متر	يوم
-53.3860	1.17	0.2160	1.17	0.2160	1.17	0.2160	1.17	0.2160
0	0	12.0000	0	12.0000	0	12.0000	0	12.0000
-53.3860	1.17	12.2160	1.17	12.2160	1.17	12.2160	1.17	12.2160
0	0	24.0000	0	24.0000	0	24.0000	0	24.0000
-53.3860	3.53	24.1120	1.17	24.1360	1.17	24.1082	1.17	24.1000
0	0	29.0000	0	29.0000	0	29.0000	0	29.0000
-53.3860	3.53	29.1120	4	29.0934	4	29.0930	1.17	29.1000
0	0	34.0000	0	34.0000	0	34.0000	0	34.0000
-53.3860	3.53	34.1120	4	34.0934	1.17	34.1082	1.17	34.1000
0	0	39.0000	0	39.0000	0	39.0000	0	39.0000
-53.3860	3.53	39.2370	1.17	39.2490	4	39.1980	1.17	39.2099
0	0	44.0000	0	44.0000	0	44.0000	0	44.0000
-53.3860	3.53	44.2370	4	44.1980	1.17	44.2495	1.17	44.2099
0	0	49.0000	0	49.0000	0	49.0000	0	49.0000
-53.3860	3.53	49.2370	4	49.1980	4	49.1980	1.17	49.2099
0	0	54.0000	0	54.0000	0	54.0000	0	54.0000
-53.3860	3.53	54.2370	1.17	54.2490	1.17	54.2495	1.17	54.2099

0	0	59.0000	0	59.0000	0	59.0000	0	59.0000
-53.3860	3.53	59.3030	4	59.2520	4	59.2556	1.17	59.2670
0	0	64.0000	0	64.0000	0	64.0000	0	64.0000
-53.3860	3.53	64.3030	4	64.2520	1.17	64.3221	1.17	64.2670
0	0	69.0000	0	69.0000	0	69.0000	0	69.0000
-53.3860	3.53	69.3030	1.17	69.3680	4	69.2556	1.17	69.2670
0	0	74.0000	0	74.0000	0	74.0000	0	74.0000
-53.3860	3.53	74.3030	4	74.2520	1.17	74.3221	1.17	74.2670
0	0	79.0000	0	79.0000	0	79.0000	0	79.0000
-53.3860	3.53	79.3030	4	79.2520	4	79.2556	1.17	79.2670
0	0	84.0000	0	84.0000	0	84.0000	0	84.0000
-53.3860	3.53	84.3030	1.17	84.3680	1.17	84.3221	1.17	84.2670
0	0	89.0000	0	89.0000	0	89.0000	0	89.0000
-53.3860	3.53	89.3030	4	89.2520	4	89.2556	1.17	89.2670
0	0	94.0000	0	94.0000	0	94.0000	0	94.0000
-53.3860	3.53	94.3030	4	94.2520	1.17	94.3221	1.17	94.2670
0	0	99.0000	0	99.0000	0	99.0000	0	99.0000
-53.3860	3.53	99.3030	1.17	99.3680	4	99.2260	1.17	99.2670
0	0	104.0000	0	104.0000	0	104.0000	0	104.0000
-53.3860	3.53	104.2100	3.53	104.2100	1.17	104.2210	1.17	104.1860
0	0	109.0000	0	109.0000	0	109.0000	0	109.0000
-53.3860	3.53	109.2100	3.53	109.2100	4	109.2210	1.17	109.1860
0	0	113.0000	0	113.0000	0	113.0000	0	113.0000

جدول (6) بيانات زمن الري ومعدل التدفق وملوحة مياه الري لتصريف (7.88) لتر/ساعة.

تصريف (7.88) لتر/ساعة								
	T8		T6		T4		T2	
معدل التدفق	تركيز المياه	زمن الري	تركيز المياه	زمن الري	تركيز المياه	زمن الري	تركيز المياه	زمن الري
( $q_0$ ) سم/يوم	ديسميز/متر	يوم	ديسميز/متر	يوم	ديسميز/متر	يوم	ديسميز/متر	يوم
-106.7700	1.17	0.1080	1.17	0.1080	1.17	0.1080	1.17	0.1080
0	0	12.0000	0	12.0000	0	12.0000	0	12.0000
-106.7700	1.17	12.1080	1.17	12.1080	1.17	12.1080	1.17	12.1080
0	0	24.0000	0	24.0000	0	24.0000	0	24.0000
-106.7700	3.53	24.0560	1.17	24.0680	1.17	24.0540	1.17	24.0500
0	0	29.0000	0	29.0000	0	29.0000	0	29.0000
-106.7700	3.53	29.0560	4	29.0467	4	29.0467	1.17	29.0500
0	0	34.0000	0	34.0000	0	34.0000	0	34.0000
-106.7700	3.53	34.0560	4	34.0467	1.17	34.0540	1.17	34.0500
0	0	39.0000	0	39.0000	0	39.0000	0	39.0000
-106.7700	3.53	39.1180	1.17	39.1250	4	39.1000	1.17	39.1050
0	0	44.0000	0	44.0000	0	44.0000	0	44.0000
-106.7700	3.53	44.1180	4	44.0990	1.17	44.1250	1.17	44.1050
0	0	49.0000	0	49.0000	0	49.0000	0	49.0000
-106.7700	3.53	49.1180	4	49.0990	4	49.1000	1.17	49.1050
0	0	54.0000	0	54.0000	0	54.0000	0	54.0000
-106.7700	3.53	54.1180	1.17	54.1250	1.17	54.1250	1.17	54.1050

0	0	59.0000	0	59.0000	0	59.0000	0	59.0000
-106.7700	3.53	59.1510	4	59.1260	4	59.1280	1.17	59.1338
0	0	64.0000	0	64.0000	0	64.0000	0	64.0000
-106.7700	3.53	64.1510	4	64.1260	1.17	64.1610	1.17	64.1338
0	0	69.0000	0	69.0000	0	69.0000	0	69.0000
-106.7700	3.53	69.1510	1.17	69.1840	4	69.1280	1.17	69.1338
0	0	74.0000	0	74.0000	0	74.0000	0	74.0000
-106.7700	3.53	74.1510	4	74.1260	1.17	74.1610	1.17	74.1338
0	0	79.0000	0	79.0000	0	79.0000	0	79.0000
-106.7700	3.53	79.1510	4	79.1260	4	79.1280	1.17	79.1338
0	0	84.0000	0	84.0000	0	84.0000	0	84.0000
-106.7700	3.53	84.1510	1.17	84.1840	1.17	84.1610	1.17	84.1338
0	0	89.0000	0	89.0000	0	89.0000	0	89.0000
-106.7700	3.53	89.1510	4	89.1260	4	89.1280	1.17	89.1338
0	0	94.0000	0	94.0000	0	94.0000	0	94.0000
-106.7700	3.53	94.1510	4	94.1260	1.17	94.1610	1.17	94.1338
0	0	99.0000	0	99.0000	0	99.0000	0	99.0000
-106.7700	3.53	99.1510	1.17	99.1840	4	99.1130	1.17	99.1338
0	0	104.0000	0	104.0000	0	104.0000	0	104.0000
-106.7700	3.53	104.1050	3.53	104.1050	1.17	104.1100	1.17	104.0929
0	0	109.0000	0	109.0000	0	109.0000	0	109.0000
-106.7700	3.53	109.1050	3.53	109.1050	4	109.0870	1.17	109.0929
0.0000	0	113.0000	0	113.0000	0	113.0000	0	113.0000

جدول (7) يوضح متغيرات نموذج van Genuchten-Mualem.

l	$K_s$ سم/يوم	n	$\alpha$ سم/1	$\theta_s$ سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	$\theta_r$ سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	الطبقة
0.5	115	1.4523	0.006	0.486	0.0557	الأولى
0.5	115	1.4044	0.0082	0.478	0.0469	الثانية

جدول (8) قيم متغيرات Feddes et al., 1978 المقترحة لجذور البطاطا والمستخدمه بالمحاكاة.

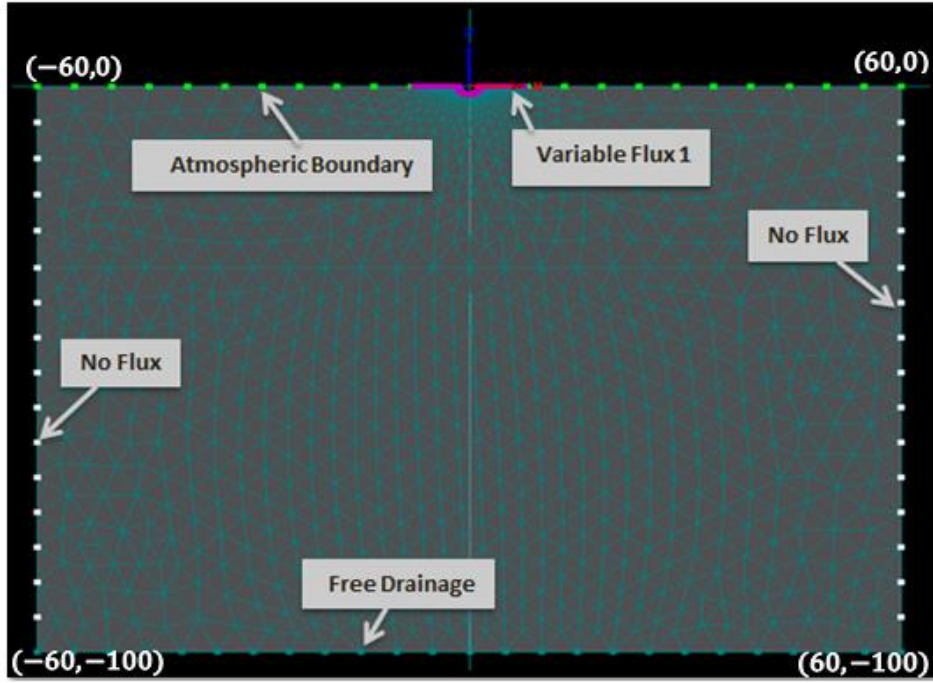
$\Gamma_{2L}$ سم/يوم	$\Gamma_{2H}$ سم/يوم	$P_3$ سم	$P_{2L}$ سم	$P_{2H}$ سم	$P_{Opt}$ سم	$P_0$ سم
0.001	0.5	-16000	-600	-320	-25	-10

جدول (9) متغيرات نموذج Vrugt, et al., (2001) (11)، (1).

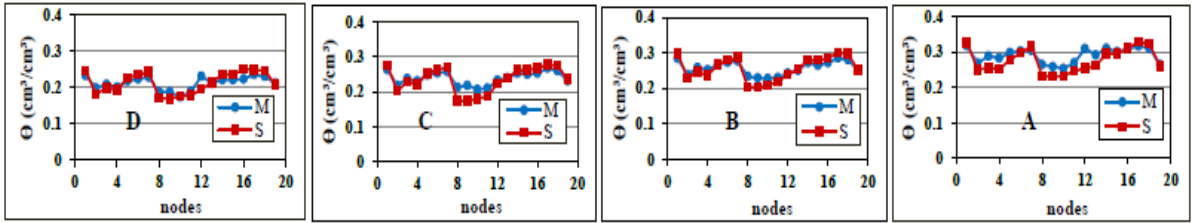
$\Gamma_m$	$Z_m$	$r^*$	$z^*$	الفترة
35	50	14	28	5/7-1/15

جدول (10) نتائج المعايير الاحصائية بين قيم الرطوبة المقاسة حقليا والمحسوبة من برنامج Hydrus\_2D لمعاملات الري المعتمدة في البحث.

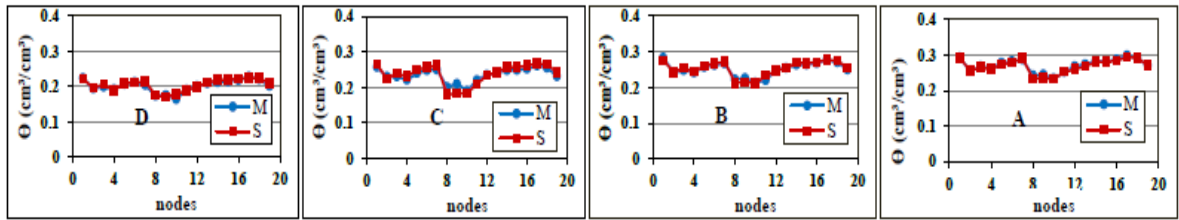
T3						T1						مرحل النمو
t <sub>critical</sub>	t	MBE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	IOA	RMSE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	R <sup>2</sup>	t <sub>critical</sub>	t	MBE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	IOA	RMSE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	R <sup>2</sup>	
2.101	0.757	-0.002	0.94	0.0125	0.93	3.922	3.3697	-0.015	0.822	0.0235	0.875	النمو الخضري
2.878	2.189	-0.004	0.93	0.0088	0.85	2.101	0.4234	-0.0014	0.92	0.014	0.96	نشوء الدرنات
2.101	0.592	-0.001	0.95	0.0088	0.855	2.101	0.927	-0.004	0.88	0.0184	0.95	تكفاح الدرنات
2.878	2.43	0.005	0.91	0.0104	0.86	2.101	0.21	0.0008	0.881	0.016	0.9	التضج
T7						T5						مرحل النمو
t <sub>critical</sub>	t	MBE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	IOA	RMSE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	R <sup>2</sup>	t <sub>critical</sub>	t	MBE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	IOA	RMSE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	R <sup>2</sup>	
2.878	2.613	-0.007	0.9	0.0131	0.93	3.922	2.9723	-0.01	0.88	0.018	0.87	النمو الخضري
2.101	2.048	-0.005	0.9	0.0122	0.95	3.922	3.067	-0.0122	0.9	0.0209	0.94	نشوء الدرنات
2.878	2.52	0.005	0.9	0.0104	0.87	2.101	0.893	-0.0018	0.96	0.0088	0.91	تكفاح الدرنات
2.878	2.78	0.005	0.954	0.0095	0.92	2.101	0.61	0.001	0.973	0.0072	0.94	التضج
T4						T2						مرحل النمو
t <sub>critical</sub>	t	MBE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	IOA	RMSE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	R <sup>2</sup>	t <sub>critical</sub>	t	MBE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	IOA	RMSE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	R <sup>2</sup>	
3.922	3.015	0.006	0.9	0.0106	0.88	3.922	2.9961	-0.0027	0.98	0.0047	0.97	النمو
2.878	2.107	0.004	0.914	0.0086	0.88	2.101	0.9155	0.0013	0.98	0.006	0.93	نشوء الدرنات
2.101	1.254	0.002	0.95	0.0072	0.87	2.101	0.679	0.002	0.94	0.0112	0.94	تكفاح الدرنات
2.878	2.57	0.005	0.9	0.0107	0.932	2.101	0.2	0.0025	0.97	0.0058	0.91	التضج
T8						T6						مرحل النمو
t <sub>critical</sub>	t	MBE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	IOA	RMSE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	R <sup>2</sup>	t <sub>critical</sub>	t	MBE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	IOA	RMSE سم <sup>3</sup> /سم <sup>3</sup>	R <sup>2</sup>	
2.878	2.161	0.004	0.94	0.0078	0.882	2.878	2.4	0.0032	0.97	0.0065	0.93	النمو
2.101	0.704	-0.001	0.97	0.0073	0.96	3.922	3.1	-0.0053	0.96	0.0089	0.96	نشوء الدرنات
3.922	2.9	0.004	0.96	0.0064	0.95	2.101	0.149	-0.0002	0.98	0.0051	0.94	تكفاح الدرنات
2.101	0.76	0.001	0.98	0.0046	0.96	2.878	2.52	0.0024	0.983	0.0047	0.96	التضج



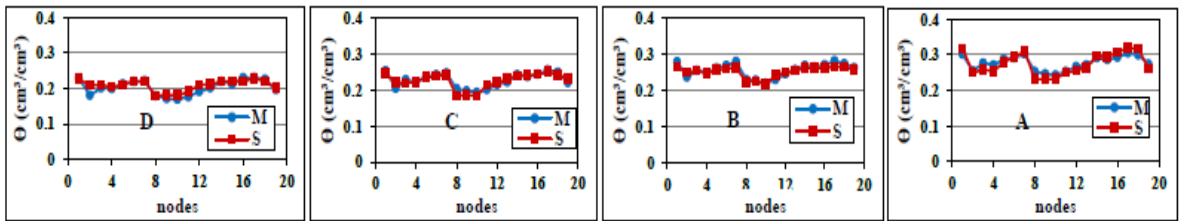
شكل (1) هندسة مجال الجريان مع الظروف الحدودية.



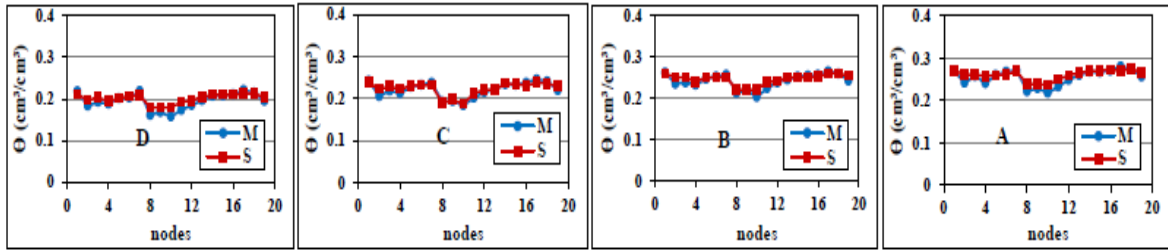
شكل (2) مقارنة الرطوبة المقاسة حقليا (M) والنتيجة من برنامج Hydrus\_2D (S) لتصرف (3.94) لتر/ساعة لحالة الري بمياه النهر (T1).  
A : مرحلة النمو الخضري B: مرحلة نشوء الدرناث C: مرحلة انتفاخ الدرناث D: مرحلة النضج



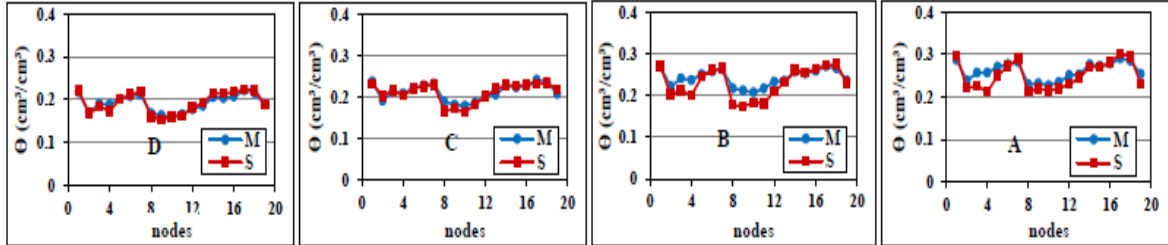
شكل (3) مقارنة الرطوبة المقاسة حقليا (M) والنتيجة من برنامج Hydrus\_2D (S) لتصرف (7.88) لتر/ساعة لحالة الري بمياه النهر (T2).



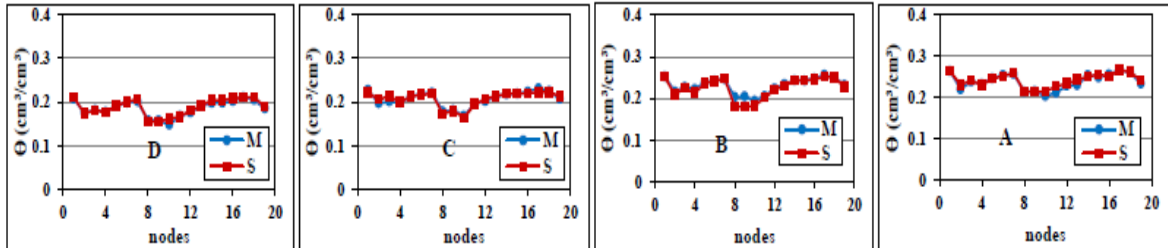
شكل (4) مقارنة الرطوبة المقاسة حقليا (M) والنتيجة من برنامج Hydrus\_2D (S) لتصرف (3.94) لتر/ساعة لحالة الري بمياه النهر تليها رية بمياه مالحة (T3).



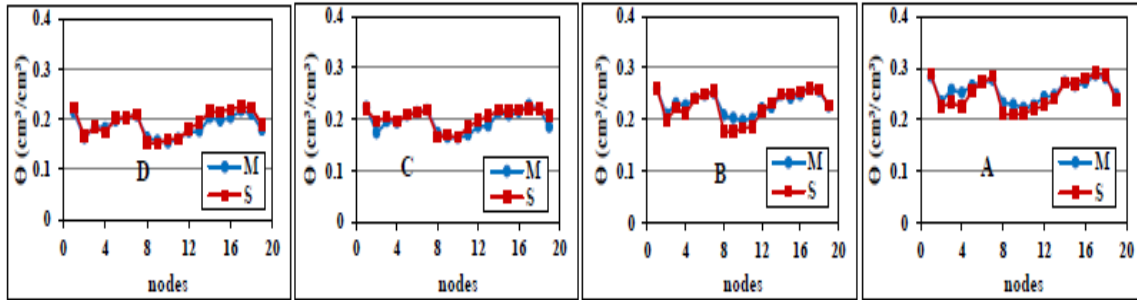
شكل (5) مقارنة الرطوبة المقاسة حقليا (M) والنتيجة من برنامج Hydrus\_2D (S) لتصريف (7.88) لتر/ساعة لحالة الري بمياه تليها رية بمياه مالحة (T4).



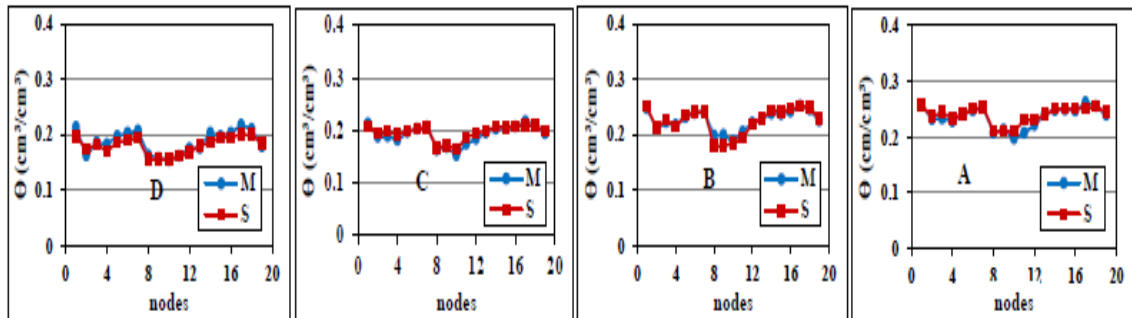
شكل (6) مقارنة الرطوبة المقاسة حقليا (M) والنتيجة من برنامج Hydrus\_2D (S) لتصريف (3.94) لتر/ساعة لحالة الري بمياه تليها ريتان بمياه مالحة (T5).



شكل (7) مقارنة الرطوبة المقاسة حقليا (M) والنتيجة من برنامج Hydrus\_2D (S) لتصريف (7.88) لتر/ساعة لحالة الري بمياه تليها ريتان بمياه مالحة (T6).

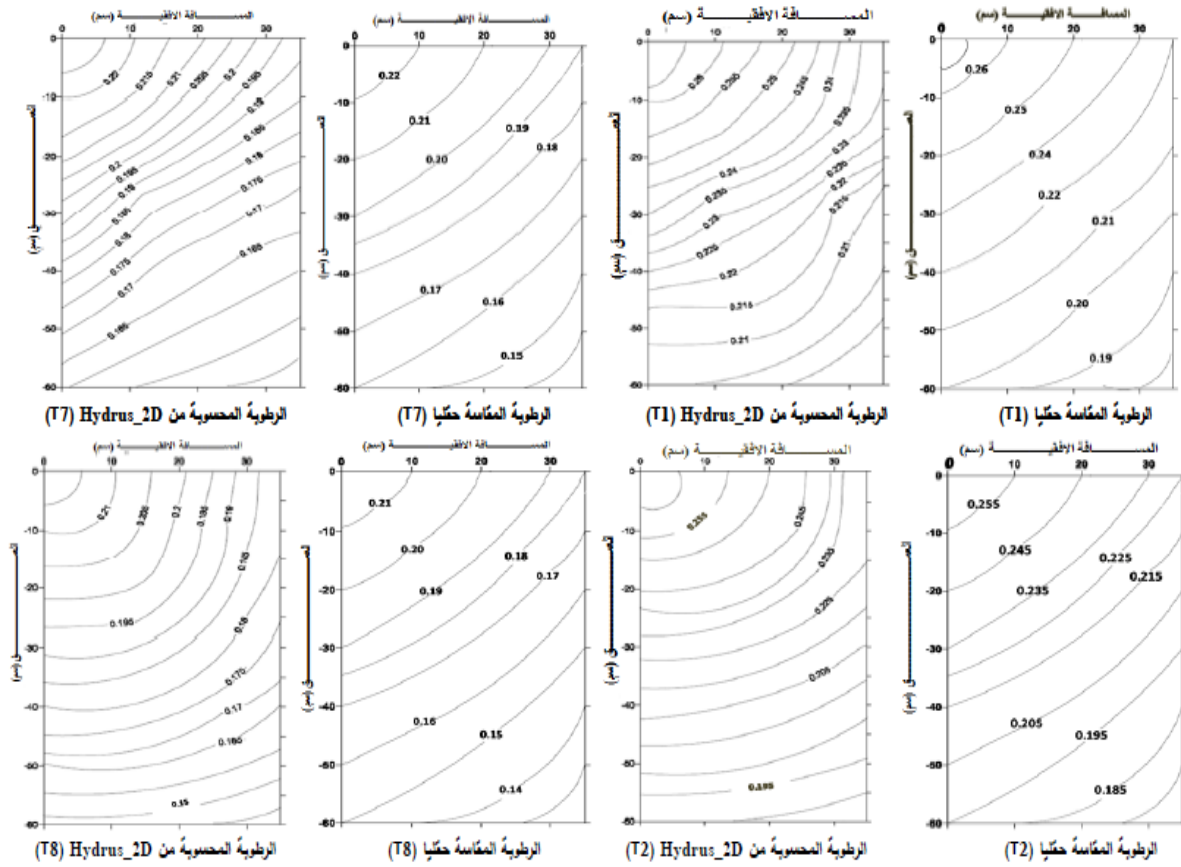


شكل (8) مقارنة الرطوبة المقاسة حقليا (M) والنتيجة من برنامج Hydrus\_2D (S) لتصريف (3.94) لتر/ساعة لحالة الري بمياه مالحة (T7).



شكل (9) مقارنة الرطوبة المقاسة حقليا (M) والنتيجة من برنامج Hydrus\_2D (S) لتصريف (7.88) لتر/ساعة لحالة الري بمياه مالحة (T8).

محاكاة توزيع الرطوبة في التربة تحت الري بالتنقيط وبمياه مختلفة الملوحة باستخدام Hydrus-2D



شكل (10) التوزيع الرطوبي بعد 24 ساعة من الري في نهاية مرحلة النفاخ الدرنات لمعاملات الري (T8, T2, T7, T1).



# **SIMULATION OF MOISTURE DISTRIBUTION IN SOIL UNDER DRIP IRRIGATION WITH DIFFERENT DEGREE WATER SALINITY BY USING HYDRUS-2D**

**Entesar M. Ghazal<sup>1</sup> , Ebada J. Esmaeel<sup>2</sup>**

Assistant Professor<sup>1</sup>, MSC. Student<sup>2</sup>, Dams and Water Resources Department,  
College of Engineering, Mosul University  
entesarzal@gmail.com<sup>1</sup>, rukaea4@gmail.com<sup>2</sup>

## **ABSTRACT**

Hydrus-2D version 2.04 was used to simulate the movement of moisture content under a surface drip source with eight irrigation treatments included water salinity of (0%, 50%, 66%, 100%) with actual discharges of drips ( 3.94 l/ hr and 7.88 l/ hr) at the root zone of potato crop. It is initially measured in the field as experimental work conducted in Saqlawiyah with longitude 43°41'23" E and latitude 33°24'57" N, during spring season of 2010. A simulation domain was designed according to spacing between drips with 19 observation points. To monitor moisture content with 24 hours after irrigation at the end of each growing stages of potato crop.

The results showed that, there is a good agreement between measured and simulated moisture content in the root zone at different stages of potato growth and for all irrigation treatments approved in the research. The results also showed there is decrease in moisture content with increasing water salinity and with actual discharge of 7.88 l/hr.

So, Hydrus-2D can be considered as an effective tool for predicting the moisture distribution in the root zone under surface drip irrigation.

**Keywords:** Hydrus-2D, Soil moisture simulation, Drip irrigation, water Salinity.