

## استخدام النمذجة والمحاكاة الحاسوبية في دراسة أداء أنظمة الري تحت السطحي

\* د.م.فادي علي

\*\* م.مهند تقلا

(تاريخ الإيداع 2022/9/14 . قُبِلَ للنشر في 2022/11/27 )

### □ ملخص □

تعد عملية الري من العمليات الزراعية المهمة عند إنتاج أي محصول، مع انخفاض الموارد المائية لابد من الاعتماد على أنظمة ري تستهلك كمية قليلة من المياه، أصبح استخدام الري بالتنقيط السطحي و الري تحت السطحي في المحاصيل المزروعة امرا شائعا في عملية الانتاج الزراعي في مختلف انحاء العالم. يتطلب التصميم المناسب لأنظمة (SDI) معرفة انماط توزيع المياه حول المرشحات بحيث تتطابق مع نمو الجذور وتقليل ترطيب سطح التربة والترشيع العميق ويعتمد الشكل الدقيق لحجم منطقة الترطيب وتوزيع المياه في تربة على العديد من العوامل بما في ذلك الخصائص الهيدروليكية وظروف التربة الاولية ومعدل التصريف ، لذلك تهدف عملية النمذجة باستخدام برنامج (HYDRUS) لمعرفة نمط الترطيب والعمق الأفضل في نظام الري تحت السطحي لشريحة التربة وفق ثلاث حالات: أ) عمق المرشح (20cm) ب) عمق المرشح (20cm) مع حاجز مادي يبعد (10cm) ج) عمق المرشح (30cm). والقيام بمقارنة بين الري تحت السطحي عند عمق (20cm) دون حاجز مادي مع نظام الري بالتنقيط عند زراعة محصول البندورة زراعة مكشوفة حيث تمت التجارب الحقلية في ريف السلمية التابعة لمحافظة حماة. أظهرت نتائج المحاكاة تفوق حالة الري تحت السطحي على عمق (20cm) مع وبدون حاجز مادي بالمقارنة مع عمق (30cm) في تأمين المياه بشكل أفضل ضمن منطقة الجذر. بالنسبة للنتائج الحقلية فقد أظهرت تفوق نظام الري تحت السطحي على نظام التنقيط السطحي من ناحية توفير المياه حيث بلغ أجمالي توفير المياه (22.6%) أما بالنسبة للإنتاجية فقد كان هناك تحسن في غلة المحصول والنمو الخضري للنباتات المروية بنظام الري تحت السطحي حيث بلغت زيادة في الإنتاج (31%) مع قلة نمو الأعشاب الضارة مقارنة بالري بالتنقيط السطحي.

الكلمات المفتاحية: HYDRUS. ري تحت سطحي - ري سطحي - نبات البندورة- استهلاك المياه - برنامج

\* استاذ مدرس في كلية الهندسة التقنية - قسم الطاقات المتجددة.

\*\*طالب ماجستير في كلية الهندسة التقنية - اختصاص المكننة الزراعة.

## Using computer modeling and simulation to study the performance of subsurface irrigation systems

Dr.Fadi Ali \*

Eng.Mohanad Takla \*\*

(Received 14/9/ 2022 . Accepted 27/11/ 2022)

### □ ABSTRACT

Irrigation is one of the important agricultural operations when producing any crop, with low water resources, it is necessary to rely on irrigation systems that consume a small amount of water. The use of surface drip irrigation and subsurface irrigation in cultivated crops has become common in the process of agricultural production in various parts of the world . Proper design of SDI systems requires knowledge of water distribution patterns around emitters that match with root growth, reduce soil surface wetting, and deep filtration. so the purpose of The modeling process using the (HYDRUS) program to find out the wetting pattern and the best depth in the subsurface irrigation system for the soil segment according to three cases: a) the depth of the emitter (20cm) b) the depth of the emitter (20cm) with a physical barrier 10cm away c) the depth of the emitter (30cm) ). And a comparison was made between subsurface irrigation at a depth of (20 cm) without a physical barrier with the drip irrigation system when planting the tomato crop in open cultivation, where field experiments were carried out in the countryside of Salamiyah in Hama .The simulation results showed the superiority of sub-surface irrigation at a depth of (20 cm) with and without a physical barrier compared to a depth of (30 cm) in securing water better within the root zone. for the field results, they showed the superiority of the subsurface irrigation system over the surface drip system in terms of saving water, the total water saving amounted is (22.6%). As for productivity, there was an improvement in the yield of the crop and the vegetative growth of plants irrigated with the subsurface irrigation system, where there was an increase in production (31%) with less weed growth compared to surface drip irrigation.

**Key words:** Subsurface irrigation - surface irrigation - tomato plants - water consumption – HYDRUS program.

---

\*Instructor at the College of Technical Engineering, Department of Renewable Energies.

\*\*Master's student at the College of Technical Engineering, Department of Agricultural Mechanization.

## 1. المقدمة

تعد عملية الري من العمليات الزراعية المهمة عند انتاج أي محصول نظرا لأنها تؤثر بشكل كبير على كمية المحصول و جودته مما ينعكس بدوره على الإنتاج ، يستهلك قطاع الزراعة المروية سنويًا ما يصل إلى 83% من الموارد المائية ، وما يصل إلى 90% في فترة ذروة الطلب لذلك كل انخفاض طفيف في هذا الاستهلاك سيوفر المزيد من المياه للاستخدامات الأخرى [1]. أصبح استخدام الري بالتنقيط السطحي Drip Irrigation (DI) و الري تحت السطحي Subsurface Drip Irrigation (SDI) في المحاصيل المزروعة امرا شائعا في عملية الانتاج الزراعي في مختلف انحاء العالم لذلك يتم استخدام انظمة الري تحت السطحية بشكل متزايد في المناطق القاحلة ذات الموارد المائية المحدودة لري المحاصيل الزراعية حيث إن استخدام الري بالتنقيط قد لا يكون فعالاً كثيراً في المناطق ذات درجات حرارة عالية بسبب التبخر [2]. وفقاً لمعايير (ASAE 2005) (American Agricultural Engineering) Society of : فإن الري بالتنقيط تحت السطحي (SDI) هو: "استخدام المياه تحت سطح التربة من خلال مرشحات بمعدلات تصريف في نفس نطاق الري بالتنقيط بشكل عام". وحدة (SDI) هي ببساطة شبكة ري بالتنقيط مدفونة على عمق معين. هناك مجموعة متنوعة من النباتات المروية باستخدام (SDI) في جميع أنحاء العالم مثل المحاصيل العشبية والمحاصيل الخشبية [3].

هناك عدة مزايا للري تحت السطحي منها كفاءة استخدام المياه عالية وانخفاض خطر تلوث المياه الجوفية نظراً لتقليل حركة الأسمدة والمركبات الكيميائية الأخرى عن طريق الترشيح العميق، بالإضافة إلى تحسين الكفاءة في استخدام المياه حيث يمكن استخدام الأسمدة والمبيدات بدقة في المحاصيل المتباعدة على نطاق واسع مما يقلل بشكل أكبر من خسائر مياه الري غير الضرورية ، كما تحسن من توقيت المحاصيل حيث لا يلزم إزالة النظام عند الحصاد أو إعادة تركيبه قبل زراعة المحصول الثاني. من ناحية أخرى ، يمكن أن تتعرض الأجزاء الجانبية لأضرار أقل كما تقل احتمالية التخريب. بالمقابل هناك عيوب للري تحت السطحي منها حدوث ضغط زائد إذا تجاوز تصريف المرشح تصريف التربة حول مخرج المرشح يؤدي ذلك حدوث تأثير المدخنة و ظهور بقع رطبة غير مرغوب فيها في الحقل حيث يتشكل مسار تدفق تفضيلي يصعب إزالته بشكل دائم بعد الحرث ، قد يكون من الصعب تحديد مواقع التسريبات التي تسببها القوارض وإصلاحها خاصةً بالنسبة لأنظمة (SDI) العميقة بالإضافة لصعوبة مراقبة خطوط التنقيط بحثاً عن اقتحام الجذر [4].

يتطلب التصميم المناسب لأنظمة (SDI) معرفة انماط توزيع المياه حول المرشحات بحيث تتطابق مع نمو الجذور وتقليل ترطيب سطح التربة والترشيح العميق ويعتمد الشكل الدقيق لحجم منطقة الترطيب وتوزيع المياه في تربة على العديد من العوامل بما في ذلك الخصائص الهيدروليكية وظروف التربة الاولية ومعدل التصريف ، وتكرار تطبيق المياه وخصائص الجذر والتبخر والنتج [5]. هناك العديد من الدراسات التي تحدثت عن تحليل ونمذجة حركة المياه ضمن التربة حيث قام الباحث (cota et al) عام 2003 باستخدام برنامج HYDRUS لدراسة حركة الماء ضمن التربة حيث قام بتطبيق حالتين للري وهما الري المستمر والري المتقطع وتم تطبيق التجارب على ثلاثة أنواع من التربة (رملية ، لومية ، تربة مزوجة(سلتية – لومية)) حيث بينت النتائج أن الري بالتنقيط تحت السطحي يمكن أن يحسن من توفير مياه النباتات في التربة ذات النفاذية المتوسطة والمنخفضة نفاذية غذا تمت مراعاة الخصائص الهيدروليكية للتربة ، ولكن في التربة شديدة النفاذية يكون من الصعب تبليل المنطقة السطحية لتربة خصوصا اذا كانت المرشحات مدفونة بعمق كبير وذلك بسبب ميلان المياه للتحرك لأسفل المرشح بسرعة [6]. قام الباحث (Maziar et al) في عام 2009

بمقارنة نتائج محاكاة برنامج HYDRUS مع النتائج المخبرية حيث أظهرت النتائج أن المحاكاة كانت دقيقة [7]. أما الباحث (El-Nesr et al) قام بنمذجة ومحاكاة ثلاث تقنيات لتحسين توزيع المياه والمواد المذابة داخل منطقة الجذر والحد من تسرب المياه بعيدنا عنها عن طريق برنامج HYDRUS حيث تم إجراء التجارب على الترب العارية والنباتية بمحصول البندورة حيث أشارت النتائج أن الحاجز المادي أكثر كفاءة من أنظمة الري بالتنقيط المزدوج في تحسين توزيع المياه داخل منطقة الجذر [8].

## 2. مشكلة البحث وأهميته

تأتي مشكلة البحث بسبب قلة الموارد المائية في سوريا و الحاجة الماسة لعملية الري من أجل زراعة المحاصيل الزراعية في أشهر الصيف من أجل تحقيق الأمن الغذائي، مع ضياع جزء كبير من المياه المستخدمة في عملية الري التقليدية ، وسوء إدارة نظام الري تحت السطحي والتي تسبب في تشريح المياه عند دفن الأنابيب على عمق غير مناسب.

تكمن أهمية البحث في دراسة استخدام الحاسب لمحاكاة منطقة ترطيب نظام الري تحت السطحي للحصول على العمق المناسب بالاعتماد على نوع التربة المستخدمة.

## 3. هدف البحث

المقارنة بين الري بالتنقيط السطحي والري تحت السطحي من حيث توفير المياه وزيادة الإنتاج بعد تحديد العمق المناسب لأنابيب الري تحت السطحي باستخدام برنامج المحاكاة HYDRUS.

## 4. مواد وطرائق البحث

### 1.4 مكان البحث

تم إجراء التجربة في منطقة برغان - ريف السلمية - محافظة حماة إحداثيات المنطقة (N 37°06'50.3"E 36.8°01'35). كانت مساحة التجربة (36m<sup>2</sup>).

### 2.4 مواد البحث

1. أنابيب تنقيط من نوع GR قطر (16mm) تباعد بين كل منقط (40cm) في كلا النظامين كم يوضح الشكل (1) ، طول كل خط تنقيط (5m) .
2. اسفنج صناعي تم استخدامه لتغليف منقطات أنابيب الري تحت السطحي كما يوضح الشكل (2)



الشكل (2) انابيب JR بعد تغليف



الشكل(1):المنقطات دون تغليف

3. خزان مدرج لتقدير كمية استهلاك المياه.
4. مضخة غاطسة باستطاعة (p=1.5hp).
5. بئر مياه جوفية موجود في الأرض عمقه (50m).
6. وصلات مختلفة (وصلة T ، أكواع ، مواسير بقطر (16mm) و (20mm) نوع المادة بولي إيثيلين (PE).
7. انابيب توصيل بقطر (16mm).

### 3.4 طرائق البحث

أجريت التجارب عام 2021 منتصف شهر أيار ، تم تحليل تربة المنطقة المدروسة لمعرفة نوع و مكونات التربة حيث كانت طينية لقوام بلغت نسبة طين : (48%) و سلت (16%) والرمل (36%). تم تجهيز التربة وخطها بالسماد العضوي ، و زراعة 12 شتلة لكل خط (36 شتلة في كل نظام). وكان التباعد بين كل خط تنقيط لكل النظامين (1m). في نظام الري تحت سطحي كانت عمق الأنابيب المدفونة (20cm) وقد زودت الشبكات بالمياه من خلال خزانات موضوعة على ارتفاع (280cm) . تمت زراعة الشتلات بعد تمديد شبكة ري في منتصف شهر ايار استمرت التجارب لمدة ثلاثة أشهر حتى (20 اب). تم استخدام برنامج HYDRUS وهو عبارة عن حزمة برامج لمحاكاة حركة الماء والحرارة والمواد المذابة في وسائط ثنائية وثلاثية الأبعاد مشبعة متغيرة. تتكون حزمة البرامج من برنامج كمبيوتر حسابي وواجهة مستخدم تفاعلية قائمة على الرسومات[9]. من أجل إجراء محاكاة تم استخدام HYDRUS رقم الإصدار (2) ثنائي لبعده لمعرفة نمط توزيع المحتوى الرطوبي في نظام الري تحت السطحي وفق ثلاث حالات مدروسة:

1) مرشح على عمق (20cm).

2) مرشح على عمق (20cm) مع وجود حاجز مادي يبعد عن المرشح (10cm).

3) مرشح على عمق (30cm) .

يعتمد الحل العددي لبرنامج ل HYDRUS على معادلة ريتشارد، يمكن كتابة معادلة ريتشارد التي تعبر عن

تدفق المياه من مصدر نقطي عبر الوسائط المشبعة المتغيرة ، بإحداثيات غير متجانسة على النحو التالي[10]:

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

حيث  $\Theta$ : محتوى الماء الحجمي ( $L^3/L^3$ )،  $t$ : الوقت (T)،  $h$ : رأس ضغط ماء التربة ( $L$ )،  $r$ : الإحداثي (الأفقي) شعاعي ( $L$ )،  $Z$ : الإحداثي العمودي الذي تكون ايجابية للأعلى ( $L$ )،  $K(h)$ : الموصلية الهيدروليكية غير المشبعة ( $L/T$ )، و  $S(h)$ : مصطلح الحوض الذي يمثل امتصاص الماء الجذري معبراً عنه بحجم الماء الذي تمت إزالته من وحدة حجم التربة لكل وحدة زمنية ( $L/LT$ ). تم الاحتفاظ بنموذج استبقاء مياه التربة باستخدام معادلة (van Genuchten) [11]:

$$Se = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \frac{1}{(1 + (ah)^n)^m} \quad (2)$$

حيث  $Se$ : الدرجة الفعالة للتشبع أو المحتوى المائي المخفض [-]،  $\theta_r$  و  $\theta_s$ : محتويات الماء المتبقية والمشبعة [ $L^3/L^3$ ]،  $\alpha$ : معلمة تجريبية [ $L^{-1}$ ] مرتبطة عكسيا بقيمة إدخال الهواء، و  $n$  و  $m$  ثوابت تجريبية تؤثر على شكل منحنى الاستبقاء [-]. قيمة  $m$  مقيدة بـ  $m = 1 - 1/n$ . بعد ان تم تحليل التربة تم إدخال مكونات التربة من طين و سلت و رمل لتحديد معامل التوصيل الهيدروليكي وعوامل اخرى من خلال برنامج (Rosetta lite) الملحق مع برنامج HYDRUS الذي تتبئ بالعوامل الآتية:

معامل لتوصيل الهيدروليكي  $(Ks) = 11.23 \text{ (cm/day)}$

$\theta_r$  (الرطوبة المتبقية)  $= 0.0898 \text{ (cm}^3/\text{cm}^3)$

$\theta_s$  (الرطوبة المشبعة)  $= 0.442 \text{ (cm}^3/\text{cm}^3)$

$\alpha = 0.0254 \text{ (1/cm)}$

$n = 1.2204$

الظروف الأولية: تم فرض ضغط الأولي  $(-400\text{cm})$ .

تم فرض النتج صغر بالنسبة للظروف الجوية وتم إهمال تأثير درجة الحرارة لأن الدراسة تركز على دراسة المحتوى الرطوبة لتربة المدرسة. كان حجم العناصر المنتهية عند المرشح والزوايا العليا لشريحة التربة  $= 0.5\text{cm}$  بينما كان الحجم لباقي الأماكن  $(2\text{cm})$  ولذلك لزيادة دقة النتائج. تم اختبار المنقطات بشكل تجريبي وجد ان التدفق الفعلي  $(1.5\text{L/hours})$  تم حساب التدفق من خلال قسم التدفق على مساحة سطح الأنبوب لحساب التدفق المدخل للبرنامج [12]:

$$q = \frac{Q}{2\pi.r.L} = \frac{1.5 \times 10^3 \text{ (cm}^3/\text{h)}}{2\pi(1\text{cm})(40\text{cm})} = 6 \text{ cm/hour} \quad (3)$$

تم ضبط الشروط الحدية بحيث تمت عمليتي ري كل  $(5 \text{ hours})$  بمعدل التصريف اعلاه وكان الزمن التجريبي للمحاكاة  $(12 \text{ hours})$ .

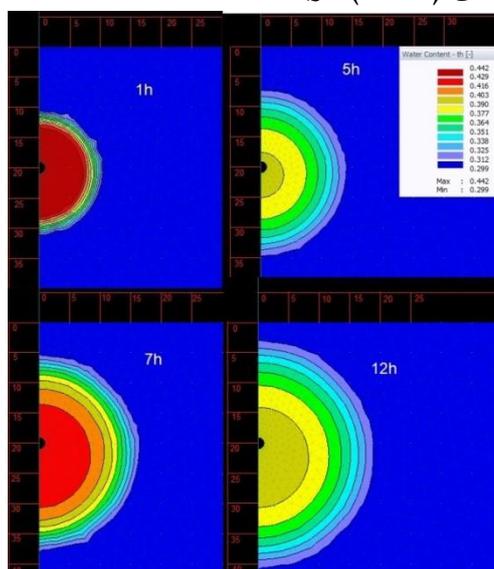
## 5. النتائج والمناقشة

### 1.5. نتائج المحاكاة

#### 1.1.5 عند العمق $(h=20 \text{ cm})$

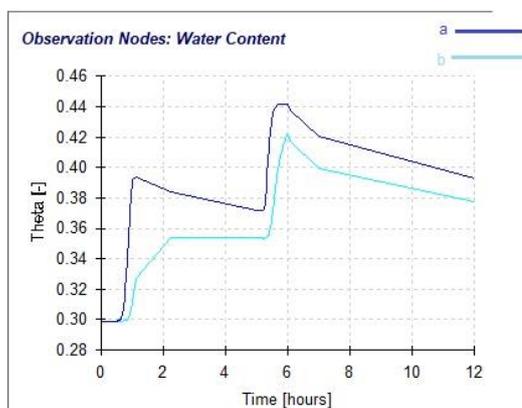
يبين الشكل (3) نتائج المحاكاة حيث اظهرت المحاكاة انتشار الماء بشكل بيضوي (قطع ناقص) مع ميل المياه للاتجاه للأسفل المرشح وأظهر المحتوى المائي انتشار شبه متجانس اسفل و أعلى المرشح حيث وصلت الرطوبة لعمق  $(10\text{cm})$  اسفل المرشح بينما وصلت لحدود  $(8 \text{ cm})$  اعلى المرشح عند نهاية الري

الأولى و بعد مرور 5 hours من عملية المحاكاة اي 4 hours من عملية ري الأولى يلاحظ انتشار الرطوبة مع انخفاض المحتوى لتبلغ اعلى قيمة (0.377) بعدها تتم ري ثانية عند بداية زمن 6 hours وعند انتهاء رية وصلت محتوى رطوبة حول المرشح قيمته العظمى (0.429+) وعند نهاية زمن المحاكاة ب (12 hours) وصلت لرطوبة الارتفاع (12cm) اعلى المرشح ولعمق (40cm) تقريبا.



الشكل(3):نتائج المحاكاة على عمق 20 cm

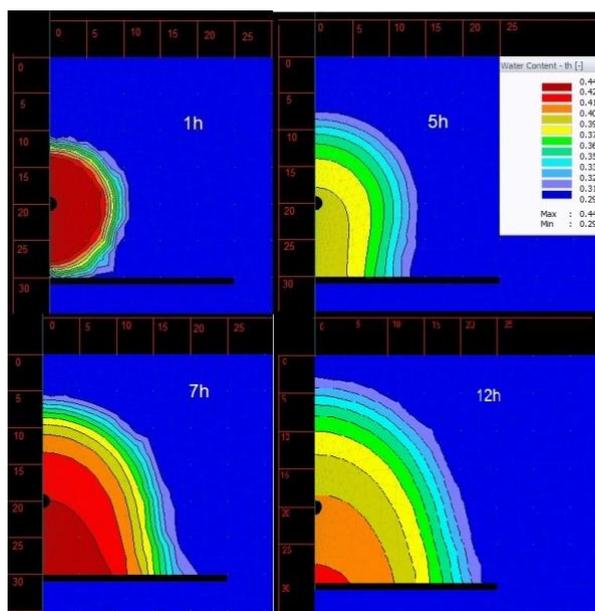
يوضح الشكل (4) المخطط البياني لتوزيع المحتوى المائي أسفل المرشح ب (10cm) (الخط البياني a) واعلى المرشح ب (10cm) (الخط البياني b) حيث يظهر المخطط ارتفاع المحتوى المائي بشكل أكبر عند أسفل المرشح مقارنة بأعلى المرشح عند نفس البعد عنه.



الشكل(4):المخطط البياني لتوزيع محتوى المائي أعلى لمرشح (b) واسفل المرشح (a) ب 10 cm

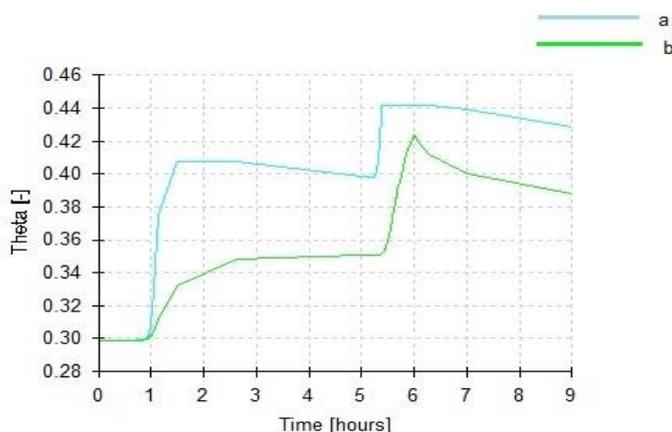
2.1.5 عند العمق (h=20cm) مع حاجز مادي يبعد (10cm)

اظهر الحاجز قدرة واضحة على احتجاز الماء ضمن منطقة الجذر ومنع الرشح نحو الأسفل حيث بلغ المحتوى المائي 0.377 بعد 4 ساعات من نهاية الري الأولى وبعد نهاية الري ثانية وصل المحتوى المائي للقيمة العظمى 0.442 وبعد 12hours اي 5 ساعات من نهاية الري الثانية يبلغ المحتوى المائي عند الحاجز 0.429. كما يوضح الشكل (5).



الشكل(5):نتائج محاكاة مرشح على عمق (20 cm) مع الحاجز المادي

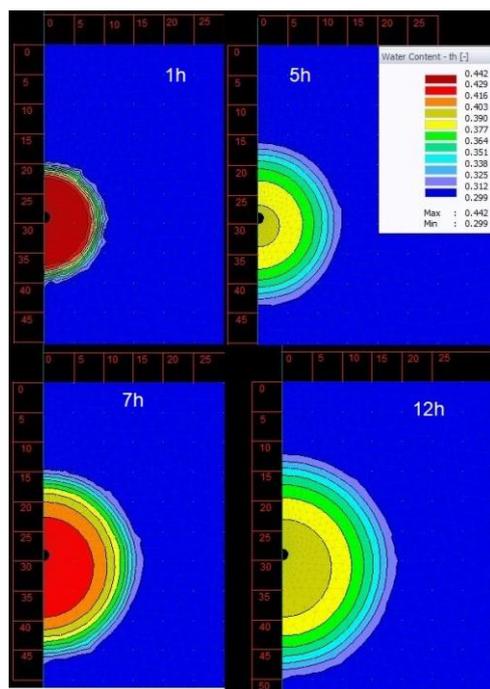
يظهر الشكل (6) المخطط البياني للمحتوى الرطوبي أسفل المرشح ب (10 cm) أي عند الحاجز المادي الحالة (a) حيث بلغت رطوبة أعلى قيمة لها عند نهاية رية ثانية مع انخفاض طفيف بعد (3hours) من نهاية الري مما يظهر قدرة الحاجز على الاحتفاظ برطوبة وخاصة في منطقة الجذر.



الشكل(6):المخطط البياني لتوزيع محتوى المائي أعلى لمرشح (b) وأسفل المرشح (a) ب 10 cm

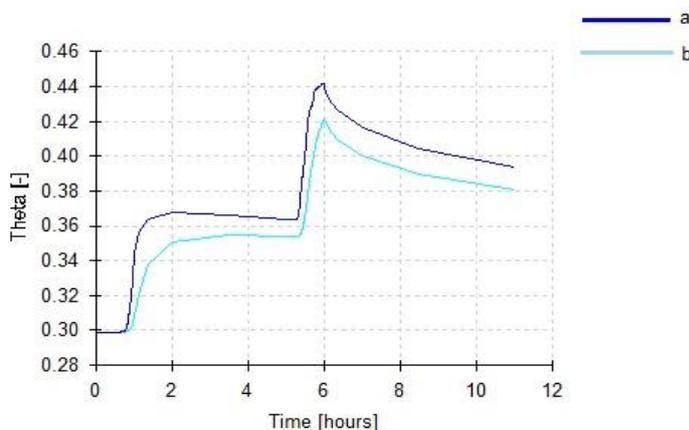
### 3.1.5 عند العمق (h=30cm)

أظهر نتائج المحاكاة توزيع الماء بشكل بيضوي (قطع ناقص) مع ميل المياه الترشح أكثر أسفل المرشح حيث وصل انتشار الماء لعمق 60cm وبلغت الرطوبة عند المرشح 0.426 مع عدم وصول الرطوبة إلى سطح التربة وصولها لارتفاع 17 cm أعلى المرشح. كما يوضح الشكل(7)



الشكل(7):نتائج المحاكاة على عمق 30 cm.

يظهر الشكل(8) المخطط البياني لتوزيع المحتوى المائي أسفل و أعلى المرشح ب (10cm)حيث يلاحظ ارتفاع الرطوبة أسفل المرشح نظرا لتوزيع الماء بشكل شبه بيضوي في التربة حيث يلاحظ تشبع التربة بالماء عند نهاية الري الثانية وانخفاض الرطوبة بعد 5ساعات من نهاية ري الى  $(0.38\text{cm}^3/\text{cm}^3)$



الشكل(8):المخطط البياني لتوزيع محتوى المائي أعلى لمرشح(b) واسفل المرشح(a) ب (10 cm)

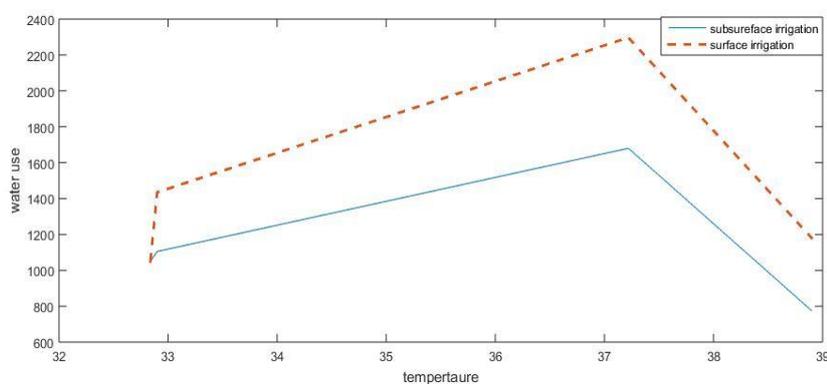
أظهرت نتائج المحاكاة ان نمط الترطيب شبه بيضوي ونظرا لأن عمق جذور البندورة حوالي (40cm)، تم اعتماد عمق الأنابيب (20cm) لأنه عند العمق (30cm) لوحظ وصول الرطوبة حتى (60 cm) بينما الحاجز المادي أظهر قدرة كبيرة على الاحتفاظ بالرطوبة ولكن يمكن ان يسبب مشكلة الملوحة وعفونة الجذر ونظرا لارتفاع تكاليف إنشائه بالتالي العمق (20cm) هو الأفضل.

## النتائج الحقلية 2.5.

### 1.2.5. كمية المياه المستهلكة ونمو النبات

بعد واحد وعشرون يوماً من الري بنفس الكمية من المياه تمت ملاحظة نمو خضري أفضل لنباتات المروية بنظام ري تحت سطحي بالمقارنة مع النباتات المروية بالري تحت سطحي كانت كمية المياه المستهلكة في شهر ايار متساوية في النظامين. في شهر حزيران تم تقليل كمية المياه الواردة لنبات المروية بنظام الري تحت السطحي وبلغ استهلاك نظام الري تحت السطحي حوالي (1105L) بمتوسط (30.69L) للنبته الواحدة ولنظام الري بالتنقيط السطحي (1435 L) بمتوسط (39.86L) للنبته الواحدة بتوفير قدره (22.99%) لصالح نظام الري تحت السطحي. في شهر تموز مع ارتفاع درجة الحرارة وبداية الاثمار تم زيادة كمية مياه الري لنظامين بلغ استهلاك النظام الري تحت السطحي حوالي (1680L) بمتوسط (46.67L) للنبته الواحدة والنظام الري بالتنقيط السطحي (2297 L) بمتوسط (63.8 L) للنبته الواحدة بتوفير قدره (26.86%) لصالح نظام الري تحت السطحي. في شهر آب بلغ استهلاك النظام الري تحت سطحي (775 L) بمتوسط (21.5 L) للنبته الواحدة ولنظام الري بالتنقيط السطحي بلغ (1108 L) بمتوسط (32.77 L) للنبته الواحدة بتوفير قدره (34.32%) لصالح نظام الري تحت سطحي وبلغ التوفير الإجمالي (22.6%).

يوضح الشكل(9) كمية المياه المستهلكة في كل شهر مع متوسط درجة حرارة الشهر يعود سبب الانكسار في المخطط لأنه في شهر تموز كانت كمية المياه أكبر مقارنة بباقي لأشهر بسبب بداية حمل ثمار والحاجة لكمية أكبر من المياه وكذلك لأنه تم إنهاء التجارب في منتصف شهر آب.



الشكل(9) مقارنة استهلاك المياه مع متوسط درجة الحرارة لكل من نظام الري تحت سطحي (subsurface irrigation) و الري السطحي (surface irrigation)



(a)

(b)

الشكل(10): نبات البندورة بعد 21 يوم من زراعة والمروية بنظام الري تحت سطحي (a) والري بالتنقيط السطحي (b)

بث

بلغ عدد النباتات في المتر المربع 2نبته بينما في ري بالتنقيط السطحي بلغ 3.6 نبتة بلغت نسبة الانخفاض في نمو الأعشاب حوالي(44%) لكن مع نمو أفضل للأعشاب بالإضافة لوجود أنواع اعشاب ضارة أكثر مقارنة بالري تحت السطحي حيث يمكن ملاحظة الفرق بنمو الأعشاب من خلال الشكل(10). كانت إزالة الأعشاب الضارة أكثر سهولة في نظام الري تحت سطحي نظرا لعدم وجود أنابيب الري ونمو الضعيف للأعشاب .

#### 2.2.5. الإنتاج:

بدأ نضج الثمار بشهر تموز واستمرت عملية الحصاد لمدة (42) يوم قبل ان يتم إنهاء التجارب بتاريخ 22 آب حيث بلغ إنتاج البندورة المروية بنظام الري تحت السطحي حوالي Kg27.36 بينما بلغ إنتاج البندورة المروية بنظام الري بالتنقيط السطحي حوالي(18.64 Kg) بزيادة في الإنتاج بلغ (%31) يعود انخفاض إنتاج المحصول بشكل عام في كلى النظامين لأسباب طبيعية نتيجة الإصابة بالآفات وعدم ملائمة المنطقة لزراعة البندورة ومع ذلك يلاحظ زيادة في إنتاج نظام الري تحت سطحي نظرا لانخفاض نمو الأعشاب وزيادة نمو الخضري مقارنة مع النباتات المروية بنظام الري السطحي .

يبين الشكل(12) محصول البندورة المروية بري تحت السطحي (a) بعد مرور شهرين ونصف من زراعة الشتلات حيث يلاحظ تفوق واضح في النمو الخضري وكذلك انخفاض نمو الاعشاب الضاري مقارنة بالري بتتنقيط السطحي (b) .



(b)

(a)

الشكل (12): يبين نبات البندورة المروية بنظام الري تحت السطحي (a) والري بالتنقيط السطحي (b) بعد مرور شهرين ونصف من بداية الزراعة

### 6. الاستنتاجات:

- ✓ وجد نمط الترطيب شبه بيضوي في التربة المدروسة
- ✓ وجد ان النظام الري تحت سطحي يستهلك كمية أقل من المياه عند استخدامه في المناطق الجافة مقارنة مع الري بالتنقيط بنسبة (22.6%).
- ✓ أظهرت النتائج الحقلية تحسن في نمو النبات وزيادة الإنتاج بلغت (31%) عند نفس الظروف الحقلية مقارنة مع الري بالتنقيط.
- ✓ انخفاض انتشار ونمو الأعشاب الضارة بمقدار (44%) في حالة نظام الري تحت سطحي نظرا لجفاف سطح التربة ولأن نمو جذور الأعشاب سطحي بالإضافة لعدم وجود أنابيب ري.

### 7. التوصيات:

- 1- إجراء دراسات عملية لعدة أنواع من المحاصيل وريها بطريقة الري تحت سطحي وعلى مختلف أنواع الترب .
- 2- دراسة استخدام الري تحت سطحي في البيوت المحمية.

## 8.المراجع:

- [1] Douh, Boutheina.(2011). Improving Water Use Efficiency for a Sustainable Productivity of Agricultural Systems Using Subsurface Drip Irrigation. *Journal of Agricultural Science and Technology*, B 1 , 881-888.
- [2] Reich, D; Godin R, Chavez JL; Broner I. (2009). Subsurface drip irrigation (SDI). Fort collins: Colorado State University.
- [3 ]Sinobas,R, Leonor; Rodríguez, G, María.(2012). A Review of Subsurface Drip Irrigation and Its Management. Research Group “Hydraulic of Irrigation” Technical University of Madrid,Spain.
- [4] Lamm, R, Freddie.(2015). ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF SUBSURFACE DRIP IRRIGATION. Kansas State University.chapter8.
- [5] Maziar,M,Kandelous; Šimůnek, Jiří; Van Genuchten,Th, Martinus; Malek,Keyvan.(2011). Soil Water Content Distributions between Two Emitters of a Subsurface Drip Irrigation System. *soil Science Society of America Journal*, SSSAJ, J. 75:488–497.
- [6] Cote, M, Claire; Bristow, L, Keith; Charlesworth, B, Philip; Coe, k J, Freeman; Thorburn, J, Peter.(2003) Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation. *Irrig Sci*, DOI 10.1007/s00271-003-0080-8.
- [7] Maziar,M,Kandelous; Šimůnek, Jiří.(2010). Numerical simulations of water movement in a subsurface drip irrigation system under field and laboratory conditions using HYDRUS-2D. *Agricultural Water Management*, 97 ,1070–1076.
- [8] El-Nesr,N,Mohammad; Šimůnek, Jiří.(2013). HYDRUS simulations of the effects of dual-drip subsurface irrigation and a physical barrier on water movement and solute transport in soils. *Irrig Sci*, DOI 10.1007/s00271-013-0417-x.
- [9] <https://www.pc-progress.com/en/Default.aspx?hydrus>.
- [10] Šejna, M., J. Šimůnek, and M. Th. van Genuchten. (2011) The HYDRUS software package for simulating two- and three-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably saturated media, technical manual, version 2.0, PC progress, Prague, Czech Republic, pp 258.
- [11] van Genuchten, MTh. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci Soc Am J* 44:892–898.
- [12] Arbat, Gerard; Cufí ,Sílvia; Duran-Ros, Miquel; Pinsach, Jaume; Puig-Bargués ,Jaume ; Pujol, Joan ; Ramírez de Cartagena, Francisco.(2020). Modeling Approaches for Determining Dripline Depth and Irrigation Frequency of Subsurface Drip Irrigated Rice on Different Soil Textures. *Water*, 12, 1724; doi:10.3390/w12061724. <https://www.mdpi.com/journal/water>.