

## الري بالتكثيف - منظومة للتحلية والري \*

بو نوردل و جين ليندبلوم\* ، ترجمة : يوسف خليفة. \*\*

### 1- مقدمة :

بناء على بيانات برنامج الأمم المتحدة للبيئة، فإن ثلث سكان العالم يعيشون تحت ظروف مائية صعبة في هذه الأيام. ومن المؤكد أن يتضاعف هذا الرقم خلال الـ25 سنة القادمة إذا ما استمر نمط الاستهلاك كما هو عليه الآن [3]. إن تعجيل أو تسريع إتهاك التربة وتدهور الإنتاجية الزراعية في أفريقيا يعتبر مشكلة رئيسية أخرى. وتشير التوقعات إلى إن القارة الأفريقية يمكنها تغذية 40% فقط من سكانها لمدة 25 سنة أخرى. [1] حيث تمثل الأرض الأفريقية المتاحة للزراعة البعلية 10% من القارة ، وبالتالي فإن تطوير أنظمة الري سيكون ذا أهمية قصوى لضمان تطوير مستقبل هذه القارة [2].

إن نظام الري المقترح يقدم طريقة أو أسلوب للري بالمياه الغير مالحة ( النقية) ومباشرة في منطقة الجذور، وهي تقلل من استهلاك المياه وتحمي التربة من المياه المالحة المتصاعدة إلى السطح. ويمكن حماية التربة من الإنمك بالنظام الحديث لتوزيع المياه اليومي وذلك عن طريق منظومة التحلية بالطاقة الشمسية، ويمكن تحلية المياه المالحة والغير عذبة لتصبح مصادر جديدة للمياه النقية. وبتربط تيار من الهواء عند مروره حول سطح مائي ساخن داخل مقطر. يتراوح نظام الري المغمور أو التحت سطحي مع محطة تحلية، كما هو موضح في الشكل (1).

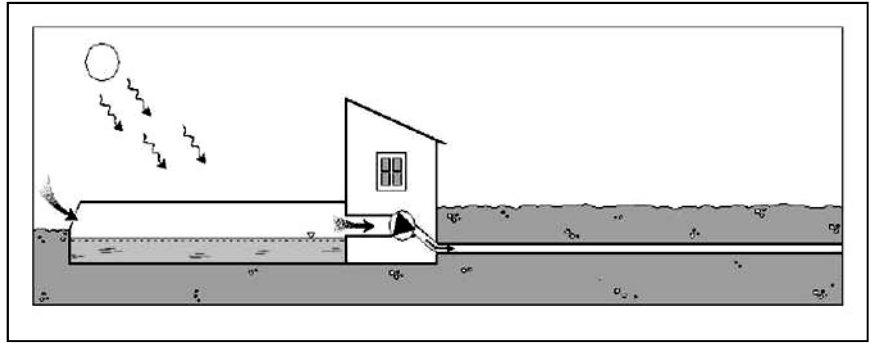
حيث يتم تكثيف الهواء الساخن والرطب عند مروره خلال أنابيب الري المدفونة تحت السطح. وبما أن سطح المياه

إن المشكلة الرئيسية للري في المناطق القاحلة هي نقص المياه. وتستخدم معظم المياه النقية في أفريقيا في الري. وللإقتصاد في كمية المياه المتاحة فإن المياه المالحة غالباً ما تضاف إلى المياه النقية. وهذا الحل القصير الأجل ليس فقط مضر بالخصيل الزراعية وإنما ينهك التربة تدريجياً، مما يجعلها غير صالحة للزراعة. إن أنظمة الري القديمة هي أيضا تساهم في نقص الإنتاجية الزراعية وإتهاك التربة. فأكثر طرق الري المستخدمة هي، الري بالغمر، حيث توصل المياه عن طريق قنوات ضيقة إلى الحقول. إن طريقة الري هذه هي الأقل كفاءة والأرخص ثناً. أما الطرق الأكثر كفاءة للمياه، مثل الري بالرش والتقطير والري تحت السطحي فهي مكلفة إلى أقصى الحدود [4].

غير معرض لأشعة الشمس المباشرة فإن الفواقد الناتجة عن التبخير تقل إلى أبعد حد. ويوضح الشكل (1)، رسماً تخطيطياً لنظام الري بالتكثيف. حيث يدخل الهواء الجوي إلى المقطر الشمسي وهناك يُسخن ويُربط قبل دخوله إلى الأنابيب المدفونة.

وقد قامت شركة سويسرية ببناء محطة للري حيث أنجز العمل باستعمال أنابيب بلاستيكية لتبخير مياه البحر ويحدث التكثيف في أنابيب الصرف المدفونة. وقلل هذا النظام السويسري استهلاك المياه إلى النصف في محطة لإنتاج الطماطم [7].

وقام كل من جيستافسو و ليندبلوم (1991) بإنجاز دراسة نظرية حول الري بالتكثيف لمشروع ماجستير في جامعة ليوليا التقنية، في السويد. وأوضحت نتائج التحليلات تلك إمكانية الحصول على 4.6 مم/يوم مقابل طاقة مستهلكه بلغت 1.6 كيلوات. ساعة/م<sup>3</sup> [4].



شكل 1. رسم تخطيطي لنظام الري بالتكثيف

توجد العديد من الدراسات السابقة في مجال الري بالتكثيف، حيث أنجز ويد جون (1986) دراسة لنظام ري بالتكثيف، يمكنه ري مساحة من الأرض قدرها 1 هكتار باستخدام مروحة بقدرة 3-10 كيلوات [5].

وقام نوردل (1987) ببناء محطة صغيرة لصوبة زراعية لإنتاج الخيار في افرتورنا، شمال السويد. صمم النظام المناخي لتقليل الفرق بين درجات الحرارة بين الليل والنهار، حيث يواجه الهواء الرطب خلال النهار إلى أنابيب التصريف، وهكذا تسخن التربة ويبرد الهواء، أما خلال الليل فيتم تسخين الصوبة الزراعية عن طريق تسخين التربة، إن حقن الحرارة والهواء إلى التربة يزيد ويسرع التسميد العضوي ويقدم بداية فصل النمو والإنبات، وقد بدأ هذا النظام في العمل بنجاح منذ العام 1978 [6].

## 2- الري بالتكثيف

يتم استخدام الإشعاع الشمسي في المناطق القاحلة لتشغيل نظام الري بالتكثيف وذلك من خلال عملية تبخير لمياه البحر داخل مقطرات. وبترك الهواء يمر فوق سطح مياه دافئة داخل مقطر، يسخن الهواء وتزداد رطوبته (يتم ترطيبه) بعد تشبع الهواء، ينقل من المقطر إلى أنابيب الصرف المدفونة. حيث يبرد الهواء تحت سطح التربة ويترسب البخار على هيئة قطرات مياه على الجدران الداخلية للأنابيب، وتغادر المياه وبعض الهواء الرطب الأنابيب من خلال فتحات التصريف حيث يتم ري وقهوية التربة.

ونظراً للمقاومة الحرارية للتربة فإن الحرارة المنبعثة من الهواء الرطب تعمل على تسخين التربة حول الأنابيب

## تقنيات الطاقة

حيث:  $P_{v.sat}$  : تعبر عن الضغط الجزئي للبخار المشبع (بسكال)  
 $P_{tot}$  : تعبر عن الضغط الكلي لخليط الهواء وبخار الماء (باسكال).

ونظراً لأن الضغط الكلي للخليط عند الضغط العادي، عند مدخل ومخرج الأنابيب المدفونة، لذلك فإن الرطوبة النسبية عند تلك المواضع يمكن أن تعين أو تحسب من خلال المعادلة (2) إلى  $X_{70^{\circ}C} = 0.2704$  كجم ماء / كجم هواء جاف و  $X_{40^{\circ}C} = 0.04869$  كجم ماء / كجم هواء جاف على الترتيب. والفرق في الرطوبة النوعية يشكل كمية المياه المكثفة.

وعلى سبيل المثال لكتلة قدرها 0.051 كجم هواء رطب/ثانيه خلال أنبوب واحد، فإن معدل التكثيف يبلغ 0.027 كجم ماء/ثانية. ويفرض أن هذه الكتلة ومعدل التكثيف هذا يحدث خلال أنبوب الهواء طول 100 متر، والذي من المفترض أن يروي 2متر<sup>2</sup>/متر أنابيب خلال 10 ساعات في اليوم، فإن متوسط كمية الري ستكون 972 كجم/يوم، أي حوالي 5 جم /يوم. م<sup>2</sup>، والذي يغطي أو يكفي احتياجات ري معظم المحاصيل [4].

إن القواعد الأساسية للري بالتكثيف يمكن أن تُستخدم للعديد من التطبيقات. ومع ذلك فإن هذا المشروع، يركز في الأساس على نظام لإنتاج مياه الشرب العذبة، وآخر للري تحت السطحي وأخيراً نظام للري الفوقي أو المعلق.

### 1.2 إنتاج مياه الشرب (تحلية مياه الشرب)

باستخدام أنابيب بلاستيكية (بي.في.سي) مدفونة لعملية التكثيف، يمكن تجميع المياه المتكاثفة عند نهاية الأنابيب. لقد

وبذلك تقلل من الحرارة المنتقلة خلال عملية تبريد الهواء، ولإعادة درجة حرارة التربة إلى درجتها الأصلية، يتم حقن الهواء الجوي خلال أنظمة الأنابيب خلال الليل. ويمكن اعتبار المساحة المرورية من التربة كنظام تخزين يومي، حيث تخزن الحرارة خلال النهار وتطلق خلال الليل.

وبفرض أن الهواء الرطب يتم تسخينه إلى 70°م في مقطر شمسي ويبرد إلى 40°م في الأنابيب المدفونة، وعلى افتراض أن كل من الهواء وبخار الماء تسلك سلوك الغاز المثالي تحت الظروف العادية من الضغط في مدخل ومخرج الأنبوب، فإن كمية المياه المكثفة يمكن اشتقاقها من قانون الغاز المثالي طبقاً لما يلي:

$$m = \frac{PV}{RT} \quad (1)$$

حيث:-

m: الكتلة الجزئية (كجم)

P: الضغط الجزئي (بسكال)

V: الحجم الجزئي (م<sup>3</sup>)

R: الثابت العام للغازات (جول / كجم . ك)

T: درجة الحرارة (كلفن)

وإن نسبة الكتل الجزئية للبخار والهواء الجاف، في المعادلة (1)، توضح وزن المياه المحتوي في وحدة الوزن للهواء الجاف. ويعرف هذا بالرطوبة النوعية،  $X$  (كجم ماء/ كجم هواء جاف). وبفرض البخار المشبع للهواء في نظام الري بالتكثيف، فإن العلاقة أو التعبير عن الرطوبة النوعية تصح:

$$X = \frac{0.622 : P_{v.sat.}}{P_{tot} P_{v.sat.}} \quad (2)$$

تساهم هذه الكتلة المنتقلة في زيادة تدفق الحرارة من الأنبوب مما يساعد على تحسين عملية تبريد الهواء.

إن درجة حرارة التربة والتي قد تصل إلى 40°م تعتبر محبذة لمعظم المحاصيل و تحفز الجذور على النمو، أما درجات الحرارة الأعلى فهي مضرّة بالتأكيد. إن ارتفاع درجة الحرارة إلى أعلى من 40°م ستمنع جذور المحاصيل من النمو على الأنابيب وتقلل من كفاءة النظام. ومن ثم فإن هذا النظام يجب أن يحسن إلى أقصى ما يمكن بحيث لا تتعدى درجة الحرارة 40°م مخارج جدران الأنبوب وعند لهاياتها، عند نهاية التشغيل اليومي [5]. وتنتقل المياه خلال التربة إلى النباتات بواسطة الخاصية الشعرية وبواسطة امتصاص الجذور. لهذا توضع الجذور عند مسافة معينة تبعدا عن الأنبوب وتمكنها من التقاط المياه.

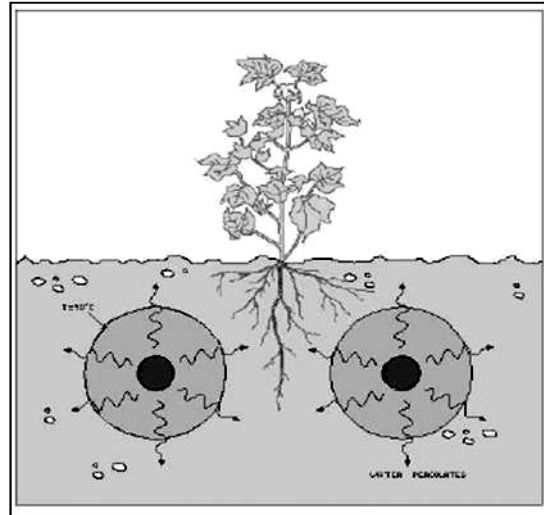
إن برودة التربة خلال الليل لها أهمية بالغة للمحافظة على السعة التبريدية للتربة وفي الحالات المثالية يكون حقن التربة بالحرارة موازناً بكمية متساوية من التبريد، مع أن متوسط درجة حرارة التربة خلال فترات التشغيل يمكن أن تكون أعلى من درجة الحرارة الابتدائية. خلال الفترات الغير موسمية، فإن الحقول المروية ستطلق أي طاقة إضافية مخزنة في الأرض. ولا يتوقف إنتاج المياه على طول الفترة الزمنية ودرجة الحرارة فقط في عملية الري. ولكن طول الأنابيب والمسافات الفاصلة بينها في التربة أيضاً له تأثير بالغ الأهمية على كمية المياه التي يمتصها المحصول. ويمكن تعيين معدل البخار المنتج عن طريق تحطيط المقطر الشمسي. وتلك الساعات يجب أن تصمم بعناية فائقة للحصول على نظام ري بالتكثيف يعمل بكفاءة جيدة.

وضعت هذه الدراسة لنظام إنتاج مياه الشرب لدراسة هيدروليكية الأنابيب وانتقال الحرارة خلالها ودراسة الحرارة المؤقتة والمتراكمة في التربة المحيطة دون الأخذ في الاعتبار تسرب المياه والهواء إلى الأرض. وبالرغم من نظافة المياه الخجلة فإنه يجب معالجتها قبل الشرب.

## 2.2 الري تحت السطحي

يمكن الانتفاع بنظام الري بالتكثيف على سبيل المثال (من أنابيب الصرف المدفونة) للحصول على هواء رطب ودافئ مع أن الأنواع الأخرى من الأنابيب يمكن استخدامها في المستقبل.

إن فتحات أو ثقوب التصريف في الأنبوب تمكن الهواء والمياه من اختراق الجدران وتخلل التربة المحيطة. كما



شكل 2. قطاع في أنابيب الصرف. تمر المياه المكثفة من خلال جدران الأنابيب إلى التربة المحيطة. حيث تنتقل الحرارة، المياه وبعض الهواء من الأنابيب في كافة الاتجاهات

الجوى والهواء داخل الأنابيب، فإن أفضل كفاءة يمكن الحصول عليها هي عندما يتم تخزين المياه المسخنة بالإشعاع الشمسي طوال اليوم وحتى المساء، وبعدها (تطرد) خلال الأنابيب وتخرج إلى الهواء البارد بالليل.

أن فكرة الأنابيب الرأسية يمكن أن تُطور مستقبلاً إلى دراسة المداخن الشمسية والتي يمكن استخدامها لخلق سريان مستحث الحرارة خلال الأنابيب المدفونة [8].

### 3. العمل المستقبلي

لقد بدأ مشروع الري بالتكثيف في شهر 2003/1 كمشروع دكتوراه بالتعاون بين جامعة ليلوليا التقنية بالسويد وجامعة الفاتح طرابلس ليبيا ومركز دراسات الطاقة الشمسية ، طرابلس ليبيا.

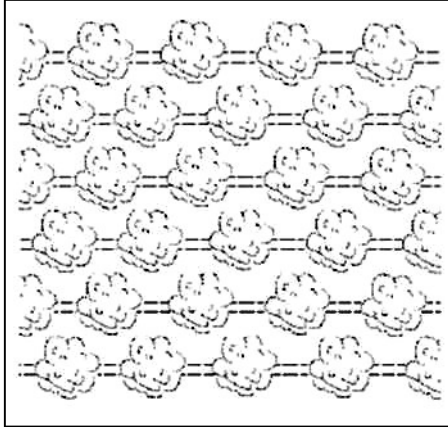
وتم التركيز في بداية المشروع على تطوير نموذج لحاكاة

### 3.2 الري الفوقي (العلوي)

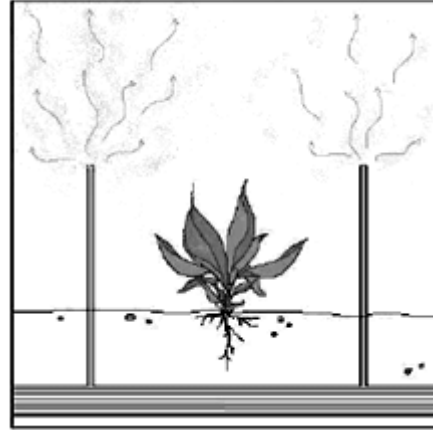
بنهاية المشروع سيتم دراسة الري بالندى المستحث. حيث يتم الحصول على الندى يجعل الهواء الساخن والرطب يخرج من التربة من خلال أنابيب رأسية، ويتم توصيلها بالأنابيب الأفقية المدفونة. وبمجرد التقاء الهواء الخارج من الأنابيب بالجو البارد، يُشكل البخار المتكثف سحابة من قطرات المياه، تسقط على هيئة ندى أو على هيئة زخات من المطر. إن أحد التطبيقات لهذا النوع من أنظمة الري هو حماية المحاصيل من التجمد.

وسيتم تحليل جدوى نظام الري الفوقي أو المعلق نظرياً كدالة في معدل سريان الهواء وسرعته، والفرق في درجات الحرارة بين الهواء الساخن والهواء البارد وسرعة الرياح.

وحيث إنه يمكن سحب أو استخلاص كمية أكبر من المياه عندما يكون الفرق بين درجات الحرارة كبيراً بين الهواء



شكل 4. مسقط رأسي لنظام الري العلوي. يتكثف بخار الماء فوق الحقل مباشرة. يجب بناء هذا النظام على نطاق واسع وبعدها كبير من الأنابيب الرأسية



شكل 3. الأنابيب الرأسية توصل الدفء، الهواء الرطب إلى الهواء الجوي. بمجرد التقاء الهواء الخارج من الأنابيب بالهواء الجوي البارد، تتكثف المياه وتكون زخات من المطر الصناعي.

4. *Gustavsson, AM., Lindblom, J.:* Underground Condensation of humid Air – a Solar Driven System for Irrigation & Drinking-water production. Master Thesis 200 : 40 CIV, Luleå University of Technology, Sweden, 200 .
5. *Widegren, M.:* Condensation Irrigation, a desalination-irrigation system. Master Thesis . 986:002 E, Luleå university of Technology, Sweden, . 986.
6. *Nordell, B.:* Design of Climate System for Greenhouse in the North of Sweden. (Dimensionering av klimatsystem vid Hietalas växthus i Övertorneå). Luleå University of Technology, Sweden, . 987 (in Swedish).
7. *Hausherr, B., Ruess, K.:* Seawater desalination and irrigation with moist air, Ingenieurbüro Ruess und Hausherr, Switzerland, 1993.
8. *Nordell, B.:* Condensation Irrigation – A system for Desalination and Irrigation. Project description, Luleå University of Technology, Sweden, 2001.

النظام بغرض المقارنة والتقييم عن طريق اختبارات معملية. وفي المرحلة الأخيرة سيتم تصميم محطة تجريبية بناءً على المعلومات والنتائج المتحصل عليها. وسيتم بناء المحطة بمركز دراسات الطاقة الشمسية – طرابلس، ليبيا، وسيتم أيضا مراقبة عمل المحطة لتوثيق الأداء لنظام الري. وسيتم إجراء التقييم الفني والاقتصادي لهذا المشروع.

## المراجع

1. *GEO (Global Environment Outlook)*  
<http://www.grida.no/geo2000/english/0053.htm>  
[2003-02- 9].
2. *UNEPa (United Nations Energy Programme)*  
[http://africa.unep.net/land-Degradation/content .asp](http://africa.unep.net/land-Degradation/content.asp) [2003-02- 9].
3. *UNEPb (United Nations Energy Programme)*  
<http://www.unep.org/geo2000/english/0046.htm>  
[2003-02- 9].

## الملخص:

تستعرض هذه الورقة منظومة طاقة شمسية للري تحت السطحي، باستخدام التقطير الشمسي لاستخلاص المياه النقية من، على سبيل المثال من مياه البحر، أو أنابيب الصرف المدفونة، وذلك بكتياف الهواء الرطب واستخدامه لأغراض الري، ويفضل استخدام هذا النظام في المناخ الساخن والجاف، حيث تنذر المياه النقية ويتوفر الإشعاع الشمسي. وفي هذا النظام يُسخن الهواء ويُربط نتيجة سريته فوق سطح المياه في المقطر الشمسي. ويبرد الهواء بعدها في الأنابيب المدفونة وبالتالي فإن بخار المياه المقطرة سينتفخ ويترسب على السطح الداخلي للأنابيب، ونتيجة للخواص الحرارية للأرض، فإن الحرارة تتجمع في التربة حول الأنابيب. خلال الليل، يحقن الهواء البارد خلال الأنابيب وذلك لتقليل درجة حرارة التربة. ويمكن اعتبار هذا النظام كنظام تخزين يومي للطاقة . ويمكن دراسة ثلاثة تطبيقات مختلفة لهذا النظام :

أولاً: تحليل مياه الشرب المنتجة حيث يُكتف البخار في أنابيب بي.في.سي ملساء.

ثانياً : يتم تطوير هذا النموذج إلى نظام ري تحت السطح، وذلك باستبدال الأنابيب الملساء بأنابيب الصرف. من خلال أخاديد طويلة في جدران الأنابيب، فإن الماء المكتف، وبعض الهواء يخرج من الأنابيب ويتخلل التربة المحيطة. أما التطبيق الأخير فهو نظام ري فوقي وهنا، تُربط أنابيب رأسية بالأنابيب المدفونة تحت الأرض. أثناء الليل يمرر الهواء الساخن والرطب خلال الأنابيب. وعند مرور الهواء خلال الأنابيب الرأسية والتقاءه بالجو البارد، يتكثف البخار. ويظهر على هيئة ندى. أنجز مشروع الري بالتكثيف لئيل درجة الدكتوراه في جامعة ليوليا التقنية بالسويد وبالتعاون مع جامعة الفتح. وستجري الاختبارات الحقلية في مشروع تجريبي بمركز دراسات الطاقة الشمسية – طرابلس – ليبيا.