

## ملخص الدراسة

تتميز المناطق القاحلة وشبه القاحلة بشكل عام بندرة الموارد المائية التي تعيق وتحد من الإنتاج الطبيعي للمحاصيل. على الرغم من هذه الندرة، لا يزال الري بالغمر يمارس في العديد من المناطق حول العالم. ويعتبر نخيل التمر من المحاصيل الرئيسية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، وعلى الرغم من أن نخيل التمر يعتبر محصولاً يتحمل الجفاف، إلا أن نموه وإنتاجيته وجودة ثماره يتأثران بشكل كبير بنقص مياه الري. لذلك تعتبر الإدارة السليمة للمياه من أجل الإنتاج المستدام لنخيل التمر في الظروف البيئية القاحلة وشبه القاحلة هدفاً مهماً يركز عليه العلماء وأصحاب المصلحة وذوي الصلة. لقد تم تطوير العديد من أنظمة الري الحديثة للحفاظ على المياه في هذه المناطق. ومع ذلك، لم تحقق هذه الأنظمة الغرض المنشود وما زال هناك حاجة لتطوير أنظمة أكثر كفاءة وحفاظاً على مياه ري نخيل التمر. لقد أخذنا ذلك في اعتبارنا وأجرينا دراستنا للتحقيق في تأثير مياه الري المحدودة باستخدام نظام ذكي للري تحت سطحي يعمل بالطاقة الشمسية واستخدمنا منصة إنترنت الأشياء القائمة على السحابة على كفاءة مياه الري وإنتاجية وجودة محصول نخيل التمر. وقد أجريت الدراسة بداية من عام 2016 إلى 2020 على أشجار النخيل في حقل مركز التميز البحثي في النخيل والتمور، محطة البحوث والتدريب، جامعة الملك فيصل، الأحساء، المملكة العربية السعودية، وهدفت الدراسة إلى الآتي:

1. تصميم وبناء نظام الري تحت السطحي لتحسين كفاءة استخدام مياه الري المحدودة، وتوزيعها عمودياً وجانبياً داخل منطقة الجذور لضمان تقليل استخدام المياه وتوفير أعلى إمكانية للجذور للوصول إلى مياه التربة المتاحة
2. تصميم وتقييم نظام شبكة حساسات رطوبة التربة لقياس محتوى الرطوبة داخل التربة من أجل المراقبة والتحكم في الوقت الفعلي داخل منطقة الجذور باستخدام منصة إنترنت الأشياء قائمة على السحابة (Cloud Platform).
3. تقييم أداء نظام الري تحت السطحي المصمم ومقارنته مع طرق الري بالتنقيط السطحي والري بالفقاعات.
4. دراسة تأثير نظام الري تحت السطحي المصمم على خصائص التمثيل الضوئي لنخيل التمر.
5. تقييم تأثير نظام الري تحت السطحي المصمم على كفاءة استخدام مياه الري وإنتاجية النخيل وجودة الثمار في مراحل النضج المختلفة.

تم تنفيذ الأهداف على ثلاث مراحل: في المرحلة الأولى، تم بتصميم وإنشاء وفحص وحدات الري تحت السطحي لاختيار التصميم الأمثل. في المرحلة الثانية تم بتصميم تجربة لدراسة تأثير الري تحت السطحي تمت مقارنتها بطريقتين للري (الري بالتنقيط والري بالفقاعات). تم ضبط مياه الري المطبقة عند 50%، 75%، و125% من ETC لطرق الري تحت السطحي (SSI)، الري بالتنقيط السطحي (SDI)، والري السطحي بالفقاعات (SBI)، على التوالي. كان إجمالي الحجم السنوي للمياه المطبقة على SSI وSDI وSBI 22.89 و34.34 و57.24

متر مكعب من النخيل على التوالي. في المرحلة الثالثة، تم تطوير SSI نظرًا لكفاءته ليكون نظامًا ذكيًا باستخدام المستشعرات الإلكترونية، ووحدة التحكم الدقيقة القابلة للبرمجة، ومنصة إنترنت الأشياء (IoT) متعددة المستويات القائمة على السحابة. ربطت المنصة جميع صمامات الملف اللولبي وأجهزة الاستشعار ومضخات المياه في المزرعة لتوفير اتصال بعيد المدى لمراقبة مياه الري والتحكم فيها وإدارتها.

#### نتائج البحث:

يمكن تلخيص نتائج الدراسة بصورة عامة غير تفصيلية في الآتي:

#### التأثير على كفاءة استخدام مياه الري:

كان هناك تأثير إيجابي لنظام الري تحت السطحي المصمم والذي يعمل بالطاقة الشمسية على كفاءة استخدام مياه الري، بحيث ازدادت نسبة الكفاءة بحوالي 65% مقارنة بطرق الري التقليدية.

#### تأثير منصة إنترنت الأشياء:

قدمت منصة إنترنت الأشياء القائمة (Ubidots and IFTTT) على السحابة تسهيلات للري الذكي من خلال عمليات فعالة للمراقبة والتحكم عن بعد لتقليل التكاليف والعمالة التي قد تسبب التلوث وانتشار الفيروسات وخاصة تعاملهم المباشر مع التمور التي تستهلك طازجة.

#### التأثير على الإنتاج وجودة الثمار:

أدى تطبيق نظام الري المصمم الى تعزيز العمليات الفسيولوجية مما أدى الى زيادة الحصول وجودة ثمار النخيل.

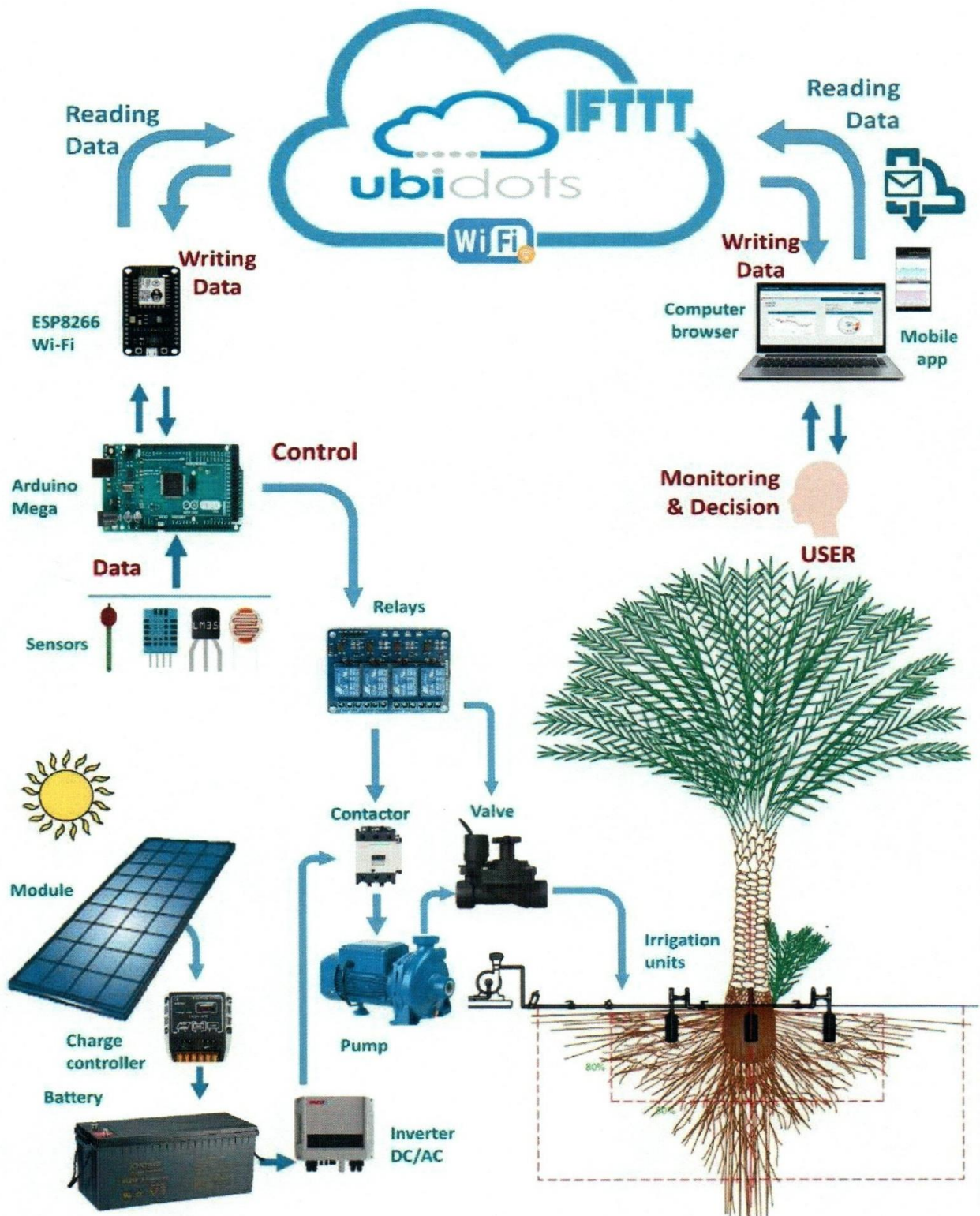
#### التطبيق الميداني لنظام الري المصمم:

يعتبر النظام الذي تم تصميمه ودراسته مناسب تمامًا لري أشجار النخيل وجميع أشجار الفاكهة في المناطق الجافة وشبه الجافة.

ويتم تطبيق نظام الري الذي تم تصميمه حالياً في حقول نخيل التمر لمركز التميز البحثي في النخيل والتمور بجامعة الملك فيصل لمميزاته العديدة.



المخلص الشكلي للبحث:



## Summary

Arid and semi-arid regions are generally characterized by water resource scarcity that hampers and limits normal crop production. Despite this scarcity, flood irrigation is still practiced in many areas around the world. Date palm is a key crop in arid and semi-arid regions. Though date palm is considered a tolerating crop to drought, its growth, yield, and fruit quality are drastically affected by deficient irrigation. Proper water management for sustainable date palm production in arid and semi-arid environmental conditions is a highly focused target for scientists and related stakeholders. Several water conservation systems were developed in these areas. However, the development of more efficient irrigation and water conservation models/systems is likely feasible under a date palm.

Considering this concept, our study was conducted to investigate the impact of limited irrigation water using a smart solar-powered subsurface irrigation system and a cloud-based IoT platform on the date palm. The study was carried out from 2016 to 2020 on date palm trees at field of Date Palm Research Center of Excellence, Research and Training Station, King Faisal University, Al-Ahsa, Kingdom of Saudi Arabia.

The objectives of this project were: 1) Design and build a subsurface irrigation system to enhance low water application rate, and distribution vertically and laterally within the root zone to ensure reduced water use and plant the highest accessibility to available soil water. 2) Design, install, and evaluate a sensor network system to measure the related soil moisture content for real-time monitoring and controlling of the environment within the root zone using a cloud-based internet of things platform (Ubidots and IFTTT). 3) Assess the performance of the designed subsurface irrigation system and compare it with the surface drip irrigation and bubbler irrigation methods. 4) Stud the impact of the designed subsurface irrigation system on photosynthetic characteristics of the date palm. 5) Assess the effect of the designed subsurface irrigation system on water productivity, date palm yield, and fruit quality under different maturity stages.

The objectives were conducted in three stages. In the first stage, we designed and constructed, and assed the subsurface irrigation units to select the optimum design. In the second stage, we designed an experiment to study the impact of subsurface irrigation was compared to two irrigation methods (drip and bubbler irrigation). The applied irrigation



water was set at 50%, 75%, and 125% of  $ET_c$  for methods of subsurface irrigation (SSI), surface drip irrigation (SDI), and surface bubbler irrigation (SBI), respectively, which were based on the higher crop water productivity recorded in an initial field study. The total annual volume of water applied for SSI, SDI, and SBI was 22.89, 34.34, and 57.24  $m^3$  palm<sup>-1</sup>, respectively. In the third stage, we developed the SSI due to its efficiency to be a smart system using the electronic sensors, programmable microcontroller, and multi-tier cloud-based Internet of Things (IoT) platform. The platform connected all solenoid valves, sensors, and water pumps in the farm to provide long-distance communication for monitoring, controlling, and management of the irrigation water.

The crop water productivity (CWP) at the SSI system was significantly higher, with a value of 1.15  $kg\ m^{-3}$ , compared to the SDI (0.51  $kg\ m^{-3}$ ) and SBI systems (0.37  $kg\ m^{-3}$ ). The photosynthetic water use efficiency (WUE) was 10.09, 9.96, and 9.56  $\mu mol\ CO_2\ mmol^{-1}\ H_2O$  for SSI, SBI, and SDI, respectively. The maximum chlorophyll content (62.4 SPAD) was observed in SBI, followed by SSI (58.9 SPAD) and SDI (56.9 SPAD). Similarly, net photosynthesis and the transpiration rate were significantly higher in SBI and lowest in SSI. However, the SSI system substantially increased palm yield and enhanced fruit quality.

The solar-powered subsurface irrigation system through its positive impact on the efficiency of irrigation water use and enhancement on fruit yield and fruit quality of date palm seems quite suitable for the irrigation of palm trees in arid and semi-arid regions. The cloud-based IoT platform provided favorable facilities for smart irrigation through effective processes of monitoring and controlling.

The new irrigation system is currently used in the date palm fields of the Date Palm Research Center of Excellence in King Faisal University, Saudi Arabia.