

**Republic of Iraq  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
University of Technology  
Building and Construction Engineering Department**



# **Improving the Water Use Efficiency Using Deficit Irrigation Technique**

## **A THESIS**

**SUBMITTED TO THE BUILDING AND CONSTRUCTION  
ENGINEERING DEPARTMENT OF THE UNIVERSITY OF  
TECHNOLOGY IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN  
WATER RESOURCES ENGINEERING**

**By  
LAYTH S. AL KAJAJI  
(B.Sc. 2002)**

**Supervised by  
Assist. Prof. Dr. Mahmoud Saleh AL-Khafaji  
Assist. Prof. Haider. H. Alwash**

**20141435**

## **ABSTRACT**

Water use efficiency is one of the most important objectives for agricultural production, since water scarcity is turning into a severe problem worldwide, affecting mainly arid and semi-arid region. Recently, there is an increase need in producing more output per unit of water, that means more Water Use Efficiency (WUE) is required.

Al Hussainiyah Irrigation Project in the province of Karbala is one of the most important irrigation projects in the central region of Iraq, which suffers from a deficiency of water and no determination of optimal cropping pattern under those conditions.

The objective of this study is to improve the WUE for Al Hussainiyah Irrigation Project through evaluating the present state of agriculture and deficit in water resources during the drought season and reducing the effect of this deficit on the total yield of the cropping pattern.

This objective was achieved through specifying the amount of the available water and developing two models; the first (Model 1) correlating the deficit irrigation with yield reduction and estimating the WUE for eight crops (Maize, Cotton, Small Grain, Summer Vegetable, sunflower, Sesame Alfalfa and Palms) under different deficit irrigation levels from evapotranspiration of crops (5,10,15,20 and 25%) as a function of all crop growth for three types of soil (heavy, light and medium). The second (Model 2) is an optimization model and objective is to maximize the net income through selecting the best cropping patterns and allocating their areas for the three types of soil under deficit irrigation and corresponding yield reduction according to the results of Model 1. The selected cropping patterns and the allocated area maximize the total water productivity for each deficit irrigation level in each soil type, and then the overall maximum water productivity and the corresponding deficit level can be specified.

All the required data were collected from number of related Iraqi ministries. CROPWAT 8.0 software and linear programming solver

1.11.0. software were used to solve the two models, respectively. Both models were tested for their application and sensitivity by changing deficit levels and soil type for each crop.

The comparison between the available water and the estimated water demand showed that the deficit in irrigation water demand was very clear during the period from February to December for average present state of agriculture from 2006 to 2012.

The correlation analysis given a result that the deficit irrigation level with yield reduction (Model 1) manifested that the yield reduction of Maize is the highest, while the Cotton has the less yield reduction for all deficit levels and soil types. Generally, yield reduction in light soil was higher than those of medium and heavy soil, respectively. The estimated WUE for the considered crops and soil types showed that the maximum WUE obtained at different deficit levels for each crop in each, soil type and the soil type has a clear effect on the values of WUE.

Results of Model 2 exhibited that the decrease in the net revenue according to the increase in the deficit level from 5 to 25% for the heavy, medium and light soil was between 1.8 to 17%, 12 to 30% and 4.5 to 24%. The estimated over all maximum water productivity, based on the results of Model 2, for the heavy, medium and light soil was 0.316 USD/m<sup>3</sup> with deficit level of 5%, 0.362 USD/m<sup>3</sup> with deficit level of 25% and 0.296 USD/m<sup>3</sup> with full irrigation level.

Accordingly, with water scarcity, the decision makers can choose the suitable cropping patterns and cultivated areas that associated with the deficit irrigation level to maximize the WUE through maximizing the net revenue of the project by applying proper management and keeping a sustainable irrigation land.

## المستخلص

مشاكل تسبب ندرة المياه من اهم العوامل المؤثرة على الانتاجية الزراعية حيث ان كفاءة الري وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة في الاونة الاخيرة ازدادت كبيرة في جميع أنحاء العالم الحاجة الى زيادة الانتاجية لوحدة مياه الري وهذا يعني وبالضرورة زيادة الحاجة لتحسين كفاءة يعتبر مشروع ري الحسينية في محافظة كربلاء من أهم المشاريع الأروائية في سيط استخدام المياه الري وخاصة خلال موسم الصيف وعدم مياه تجهيز و يعاني هذا المشروع من عجز في، العراق اختيار افضل دورة زراعية التي تلائم شحة مياه الري.

تهدف هذه الدراسة الى تحسين كفاءة استخدام مياه الري لمشروع ري الحسينية من خلال تقييم الواقع الزراعي للمشروع وكميات المياه المتوفرة وكمية العجز في الموارد المائية المتاحة خلال فصل الجفاف وتقليل قدر الامكان تأثير هذا العجز على الانتاجية الكلية للمشروع.

هذا الهدف تم تحقيقه من خلال تحديد كميات المياه المتوفرة و تطوير نموذجين: النموذج الاول ربط العجز في مياه الري مع العجز في الانتاجية وإيجاد كفاءة استخدام المياه لثمانية انواع من (الذرة، القطن، الحبوب الصغيرة، الخضروات الصيفية، عباد الشمس، السمسم، النباتات 25 %) كدالة لكل نباتوثلثة، 20، 15، 10، وتحت مستويات عجز مختلفة (5 الجت والنخيل) الخفيفة والمتوسطة). والنموذج الثاني وهو النموذج الامثل لاقصى، انواع من الترب (الثقيلة صافي العائد من خلال اختيار افضل دورة زراعية وتخصيص تلك المساحات وثلثات انواع من الترب تحت ري ناقص وطبقا لعجز الانتاجية من خلال نتائج النموذج الاول. تم اختيار الدورة الزراعية وتخصيص تلك المساحات لاقصى انتاجية الماء الكلية لكل مستوى للري العجز ولكل نوع تربة تم تحقيقه. جميع البيانات المطلوبة تم جمعها من عدد من الوزارات العراقية ذات العلاقة CROPWAT و linear programming solver 1.11.0 وتم استخدام . لحل الموديلين 8.0

كلا النموذجين تم اختبارهما بأمكانه تطبيقهما وحساسيتهما وذلك من خلال تغير مستوى العجز ونوع التربة ولكل محصول.

بينت نتائج المقارنة بين حجم المياه المتوفرة ومتطلبات الارواء المخمنة ان هنالك عجز واضح في متطلبات الارواء خلال الفترة من شهر شباط الى كانون الاول وللظروف الزراعية الحالية للمشروع للفترة من 2006 الى 2012 .

كذلك بينت نتائج العلاقة النقص بالانتاجية ومدى تأثيره بالعجز في مستوى متطلبات الري (النموذج الاول) ومن خلال ملاحظة نتائج النقص في الانتاجية لنبات الذرة تبين هو الاعلى، بينما محصول القطن هو الاقل تأثيرا لجميع مستويات العجز وانواع الترب. بصورة عامة العجز في الانتاجية للترب الخفيفة كان اعلى من الترب المتوسطة والثقيلة. اما بالنسبة الى حسابات كفاءة استخدام المياه ولجميع انواع المحاصيل ولانواع الترب ان اقصى كفاءة استخدام المياه ممكن الحصول عليها تحت مستويات العجز المختلفة لكل نبات ولكل نوع تربة والتأثير الواضح لنوع التربة على كفاءة استخدام المياه.

اما بالنسبة لنتائج الموديل الثاني يتبين ان التناقص في صافي العائد طبقا لزيادة مستوى العجز من 5 الى 25% للترب الثقيلة، الترب المتوسطة والخفيفة كانت بين 1.8 الى 17%، 12 الى 30%، 4.5 الى 24%. وقد تم الاعتماد على الموديل الثاني لحسابات اقصى انتاجية المياه، للترب الخفيفة، المتوسطة والثقيلة كانت 0.316 دولار/م<sup>3</sup> لمستوى عجز 5%، 0.362 دولار/م<sup>3</sup> لمستوى عجز 25%، 0.296 دولار/م<sup>3</sup> ولعجز مائي يساوي صفرا.

من خلال ما طرح من نتائج وإشارة الى ندرة المياه (مستوى العجز) فبالامكان لصانعو القرار اختيار الدورة الزراعية المناسبة وزراعة المساحات والمتأثرة بمستويات عجز المياه لغرض تحسين كفاءة استخدام المياه من خلال اقصى صافي لعائد المشروع وبتطبيق الادارة الصحيحة والمحافظة على المساحات المروية.