

## تأثير الري الناقص والسماذ البوتاسي في الاستهلاك المائي ومعامل المحصول للذرة البيضاء

<sup>3</sup>فوزي عبد الحسين كاظم<sup>2</sup>قاسم أحمد سليم<sup>1</sup>نعيم عبد الله مطلبك\*

أستاذ مساعد

رئيس باحثين

باحث

<sup>1</sup> مديرية زراعة الأنبار – وزارة الزراعة<sup>2</sup> دائرة البحوث الزراعية – وزارة الزراعة<sup>3</sup> قسم المحاصيل الحقلية – كلية الزراعة – جامعة بغداد

## المستخلص

نفذت تجربة حقلية خلال الموسمين الربيعيين 2012 و 2013 في حقل تجارب محطة أبو غريب للبحوث الزراعية التابعة للهيئة العامة للبحوث الزراعية/وزارة الزراعة، بهدف دراسة تأثير الري الناقص ومستويات السماذ البوتاسي خلال مراحل النمو المختلفة في الاستهلاك المائي ومعامل المحصول  $K_C$  وكفاءة استعمال الماء للذرة البيضاء الحبوبية. استخدم ترتيب الألواح المنشقة على وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشاة وبثلاثة قطاعات، إذ وزعت معاملات الري هي الري الكامل (T1) وثلاث معاملات للري الناقص تمثل قطع ريبتين غير متتاليتين خلال مراحل النمو المختلفة (T2 و T3 و T4) على الألواح الرئيسية، ووزعت معاملات السماذ البوتاسي (0 و 50 و 100 و 150) كغم  $K_2O$  هـ<sup>-1</sup> ويشكل كبريتات البوتاسيوم على الألواح الثانوية. استخدمت معادلة الموازنة المائية لحساب  $ET_c$  من فرق المحتوى الرطوبي قبل كل رية وبعدها ولأعماق 30 و 40 و 50 سم للمجموع الجذري وبحسب مراحل النمو وحوض التبخر صنف A- لحساب التبخر نتج المرجعي  $ET_0$ . تشير النتائج إلى أن مقدار الاستهلاك المائي الموسمي لمعاملة الري الكامل 573.9 و 576.8 ملم للموسمين بالتتابع، وزيادتها 5.30 و 10.66 و 18.66% و 11.5 و 15.2 و 19.34% عن المعاملات T2 و T3 و T4 وللموسمين بالتتابع، وأن معدل الاستهلاك اليومي لمعاملة الري الكامل بلغت 7.29 و 7.51 ملم.يوم<sup>-1</sup> للموسمين بالتتابع، وتراوح للري الناقص بين 3.31-7.51 و 3.25-7.51 ملم.يوم<sup>-1</sup> للموسمين بالتتابع، وأن معاملة الري T2 قد تفوقت معنوياً بأعلى معدل لكفاءة استعمال الماء لحاصل الحبوب بلغ 0.782 و 0.733 كغم حبوب. (م)<sup>-3</sup> ماء، وأن النباتات المسمدة بالمستوى 150 كغم  $K_2O$  هـ<sup>-1</sup> قد اعطت أعلى معدل لكفاءة استعمال الماء بلغ 0.806 و 0.791 كغم حبوب. (م)<sup>-3</sup> ماء للموسمين بالتتابع.

الكلمات المفتاحية: الذرة البيضاء، كفاءة استعمال الماء، الاستهلاك المائي اليومي والموسمي.

\*البحث مستل من أطروحة دكتوراه للباحث الأول.

The Iraqi Journal of Agricultural Sciences – 46(5): 739-751, 2015

Mutlag &amp; et al.

## EFFECT OF DEFICIT IRRIGATION AND POTASSIUM FERTILIZER ON WATER CONSUMPTION AND CROP COEFFICIENT OF SORGHUM

<sup>1</sup>N. A. Mutlag\*<sup>2</sup>Q. A. Saleem<sup>3</sup>F. A. Kadhum

Researcher

Researchers Chief

Assist. Prof.

<sup>1</sup>Directorate of Agriculture Anbar - Ministry of Agriculture<sup>2</sup>Agric. Res. Service - Ministry of Agriculture<sup>3</sup>Dept. of Field Crops – Coll. of Agric. – Univ. of Baghdad

## ABSTRACT

Two field experiments were conducted during spring seasons of 2012 and 2013 at fields of State Board of Agric., in Abu- Ghraib, to study the effect of deficit irrigation and levels of potassium fertilizer during different growth stages on water consumption, crop coefficient and water use efficiency of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). A split plot in randomized complete block design was used with three replications. The four irrigation treatments: full irrigation (T1) and three deficit irrigation treatments, holding irrigation on non-consecutive irrigations during different growth stages (T2, T3 and T4) were allocated to the main plot. Whereas, the subplot were received the application of potassium fertilizer (0, 50, 100 and 150) Kg  $K_2O$  ha<sup>-1</sup> as potassium sulfate. The equation of the budget water was used to calculate  $ET_c$  in term of moisture content before and after each irrigation at the depths of (30, 40 and 50) cm, according to the stages of growth. Pan A evaporation basin was used for calculation of  $ET_0$ . The amount of seasonal water consumptive use for the treatment of full irrigation 573.9 and 576.8 mm for two seasons consecutively, and an increase of 5.30, 10.66 and 18.66% and 11.5, 15.29 and 19.34% for T2, T3 and T4 for two seasons consecutively, and that the average daily consumptive use for the treatment of full irrigation was 7.29 and 7.51 mm.day<sup>-1</sup> for two seasons consecutively, and for deficit irrigation ranged between 3.31-7.51 and 3.25-7.51 mm.day<sup>-1</sup> for two seasons consecutively. The T2 treat was the highest in water use efficiency 0.782 and 0.733 Kg.m<sup>-3</sup> of water, and 150 kg  $K_2O$  ha<sup>-1</sup> was the highest in water use efficiency 0.806 and 0.791 Kg.m<sup>-3</sup> of water for both seasons, respectively.

Key words: Sorghum, water use efficiency, daily and seasonal water consumptive.

\*Part of Ph.D dissertation of the first author.

## المقدمة

الذرة البيضاء محصول حبوبى وعلفى، إزداد الاهتمام به كونه من المحاصيل التي تتجح في معظم الظروف نسبيا وذلك لكفاءته العالية في استغلال العوامل البيئية لخدمة عمليات التمثيل الكربوني. بلغت إنتاجية وحدة المساحة في العالم عام 1985 أعلى قيمة خلال الأربعين سنة الماضية وصل إلى 78 مليون طن (17) وبلغ متوسط الإنتاجية في الولايات المتحدة الأمريكية 4.5 طن.ه<sup>-1</sup>. تناقصت حاليا المساحات المزروعة بمحصول الذرة البيضاء فبلغ الإنتاج العالمي عام 2010 بحدود 56 مليون طن ويمتوسط غلة 1.37 طن.ه<sup>-1</sup>. تقدر المساحة المزروعة في العراق 25 ألف هكتار ويمتوسط إنتاجية 1.428 طن.ه<sup>-1</sup> (11). إن تزايد الإحتياجات المدنية والصناعية للمياه بسبب الزيادة السكانية فضلا عن التغير المناخي والتدهور في كمية المياه ونوعيتها وانخفاض حصة الفرد والنقص المتوقع في الوارد المائي للعراق في السنوات القادمة نتيجة لأنشاء السدود في تركيا وسوريا من 68.54 مليار م<sup>3</sup> عام 2009 إلى 17.61 مليار م<sup>3</sup> عام 2025 والتي يمكن أن تؤدي إلى انحسار في الأراضي الزراعية يقدر بحوالي 62.50 ألف هكتار (8)، مما دفع الباحثين للتفكير في التقانات التي تزيد من كفاءة استغلالها للمحافظة على الثروة المائية. برزت اتجاهات لمواجهة العجز في كمية المياه المتوفرة ولاسيما في القطاع الزراعي لكونه من أكبر القطاعات استهلاكاً للمياه، أبرز تلك الاتجاهات هو استخدام الري الناقص Irrigation deficit وهو عبارة عن قطع عدد من الريات في مرحلة من مراحل نمو النبات المختلفة بحيث لا يؤدي إلى انخفاض كبير في الإنتاجية مقابل ما يمكن توفيره من الماء بإتجاه يضمن إضافة مساحات زراعية أخرى دون الإحتياج إلى مصدر مائي جديد (22). بين Nielson (28) أن من أهم الوسائل الفعالة في الاستثمار الأمثل للموارد المائية هو السيطرة على كميات المياه التي تضاف للنبات اعتماداً على الإحتياج المائي في مراحل نموه المختلفة، وتعتمد تلك الإحتياجات على عوامل عدة منها الظروف المناخية، طبيعة نمو المحصول وقابلية التربة على مسك الماء، فضلا عن تطبيق جميع العمليات الزراعية التي تساعد على رفع كفاءة استعمال المياه وتحسين الإنتاجية ومنها إضافة الأسمدة الكيميائية. للتغذية المعدنية بعنصر البوتاسيوم أهمية، إذ إنه من المغذيات الكبرى الضرورية التي يحتاج إليها نبات الذرة البيضاء

في مراحل نموه، ويطلق عليه الايون الموجب المسيطر على الايونات الموجبة الأخرى (7) وله دور مهم في عملية التمثيل الكربوني وتحسين أداء النبات من خلال دوره في تنشيط أكثر من 80 إنزيمًا وتحسين بناء البروتين والكاربوهيدرات والدهون، ويمثل المفتاح الرئيس في زيادة الحاصل وتحسين النوعية والإنتاج، وزيادة مقاومة النبات للجفاف (31)، وفتح الثغور وغلقها وتنظيم الجهد الإزموزي للخلايا النباتية وزيادة نفاذيتها وانقسام الخلايا ومقاومة النبات للاضطجاع والأمراض النباتية، كما يسهم في عملية النقل والتمثيل والخرن وتكوين الأحماض النووية والبروتينات، يوجد على شكل أيون حر داخل النبات ولا يدخل في تكوين أي مركب عضوي للنبات (19). نظرا لقلّة الدراسات التي تتناول تأثير الجفاف في محصول الذرة البيضاء للموسم الربيعي مع إضافة السماد البوتاسي فقد اجري هذا البحث بهدف معرفة تأثير الري الناقص خلال مراحل نمو نباتات الذرة البيضاء وتحت مستويات مختلفة من السماد البوتاسي في الاستهلاك المائي الفعلي ET<sub>a</sub> ومعامل محصول الذرة البيضاء.

## المواد والطرائق

نفذت تجربة حقلية خلال الموسمين الربيعيين لعامي الدراسة 2012 و 2013 في حقل تجارب محطة أبوغريب التابعة إلى دائرة البحوث الزراعية، وزارة الزراعة، 10 كم غرب بغداد ضمن خط طول 44° شرقاً وشمال خط عرض 33°. تتميز أراضي المنطقة بكونها مستوية يتراوح إرتفاعها بحدود 20 م فوق مستوى سطح البحر، مناخ المنطقة بصورة عامة حار جاف صيفا بارد شتاء. يهدف البحث إلى إيجاد سبل تساعد في مواجهة شحة المياه التي يشهدها العراق وكثير من دول العالم بمعرفة تأثير الري الناقص ومستويات السماد البوتاسي في الاستهلاك المائي الفعلي ET<sub>a</sub> (ملم) ومعامل محصول الذرة البيضاء الحبوبية *L. Sorghum bicolor*. استخدم ترتيب الألواح المنشقة على وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشاة RCBD وبثلاثة مكررات. استخدم الصنف رابح وهو من الأصناف المعتمدة من قبل دائرة البحوث الزراعية في العراق عام 2001 م مدخل من السودان يتراوح متوسط تزهره من 65-75 يوماً ومتوسط نضجه من 110-90 يوم بحسب موسم وموعد الزراعة (33)، اشتملت الدراسة على ثلاث معاملات للري الناقص وذلك بقطع 2 رية غير متتالية خلال مراحل نمو النبات المختلفة (T2 و T3 و T4) ماعدا مرحلة النشوء (T1) (من الزراعة إلى 10% من النمو

وللأعماق من 0-0.25 و 0.25-0.50 م جففت هوائياً ثم طحنت ومررت خلال منخل قطر فتحاته 2 ملم، واجريت التحاليل الفيزيائية والكيميائية بعد أخذ عينة ممثلة منها (جدول 1) في مختبرات وزارة العلوم والتكنولوجيا ومديرية زراعة الأنبار وباستعمال الطرائق التحليلية الآتية:

1. سعة احتفاظ التربة بالماء تحت الشدود 33 و 100 و 300 و 500 و 1000 و 1500 كيلوباسكال بإستعمال جهاز قدر الضغط Plate Pressure (23)، كان المحتوى الرطوبي الحجمي للشدود السابقة 0.345 و 0.297 و 0.251 و 0.225 و 0.192 و 0.152 سم<sup>3</sup>/سم<sup>3</sup> بالتتابع وبذلك تم رسم منحني الوصف الرطوبي (الشكل 1)، ثم حساب محتوى الماء الجاهز من الفرق بين رطوبة التربة عند الشد 33 و 1500 كيلوباسكال. 2. الكثافة الظاهرية للتربة بطريقة الأسطوانة المعدنية Core sampler (10).

3. توزيع حجوم دقائق التربة بطريقة المكثاف (18).

كما تم الحصول على مستخلص العجينة المشبعة للتربة لتقدير بعض الخواص الكيميائية للتربة  $E_c$  باستخدام Ec meter و pH التربة باستخدام pH meter والصوديوم والبوتاسيوم باستخدام جهاز اللهب الضوئي (Flame photometer) والكلور بطريقة التسحيح مع نترات الفضة  $0.05 AgNO_3$  عياري (1) والكالسيوم والمغنيسيوم بطريقة التسحيح مع الفيرسنت (EDTA) 0.01 عياري (25) والكاربونات والبيكاربونات بطريقة التسحيح مع حامض الكبريتيك 0.01 عياري (9). كما تمت مراقبة منسوب المياه الجوفية بأخذ القراءات كل 10 أيام طيلة موسم نمو المحصول من بئر تم حفره في حقل الدراسة لمعرفة نسبة مشاركتها في رطوبة التربة (الشكل 2). اجريت بعض التحاليل الكيميائية لمياه البئر المستخدمة في الأرواء وتم تحديد صنف المياه فكانت صالحة للأغراض الزراعية ( $2CIS$ ) بحسب تصنيف Todd (35) من خلال قيمة نسبة إمدصاص الصوديوم SAR فعندما تكون القيمة أقل من 60 تكون المياه صالحة للري والشرب والعكس صحيح كما في المعادلة الآتية:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} = 2.905 \dots \dots (1)$$

تم أخذ معدلات درجات الحرارة العظمى والصغرى وسرعة الرياح والرطوبة النسبية وكمية الأمطار الساقطة وعدد ساعات السطوع

(الخضري) فهي معاملة الري الكامل وزعت على الألواح الرئيسية كما يأتي:

1. T1 الري الكامل (Control) عند استفاد 50-55 من الماء الجاهز. 2. T2 قطع 2 رية من نهاية مرحلة النشوء (10% من النمو الخضري) إلى بداية مرحلة البطان (80% من النمو الخضري). 3. T3 قطع 2 رية من بداية مرحلة البطان إلى 50% من مرحلة التزهير.

4. T4 قطع 2 رية من 50% تزهير إلى النضج الفسلجي. استخدمت أربعة مستويات من السماد البوتاسي (0 و 50 و 100 و 150) كغم  $K^+ \cdot h$  والممرز لهاه K0 و K1 و K2 و K3 بالتتابع على شكل كبريتات البوتاسيوم  $K_2SO_4$  (41% K) وبثلاثة دفعات عند الزراعة وبداية مرحلة البطان وبداية مرحلة التزهير (3) وزعت على الألواح الثانوية. حرثت أرض التجربة حراثتين متعامدتين باستخدام المحراث المطرحي القلاب ثم نعمت التربة بالأمشاط القرصية وسويت بالمعدلان، قسم الحقل إلى ثلاثة قطاعات متساوية مع ترك 2 م فاصلة بين القطاعات والمعاملات الرئيسية، يحتوي كل قطاع على 16 وحدة تجريبية ليصبح عددها 48 بأبعاد  $3 \times 3$  م مع ترك فاصلة 1.5 م بينهما وترك 2 م على محيط الحقل، أحتوت الوحدة التجريبية على 4 خطوط طول الخط 3 م والمسافة بين خط وآخر 75 سم و بين جورة وأخرى 20 سم لتصبح الكثافة النباتية بحدود 66666 نبات.  $h^+ (29)$ . بتاريخ 4/1 من عامي 2012 و 2013 تمت الزراعة يدويا (4) بعد نقع البذور لمدة 2 ساعة (32) على عمق 4-5 سم، اضيف السماد النتروجيني على شكل يوريا 46% بمعدل 400 كغم  $h^+ \cdot N$  بثلاث دفعات متساوية الأولى عند الزراعة والثانية عند ارتفاع 30 سم للنبات والثالثة عند بدء التزهير، كما اضيف سوبر فوسفات الكالسيوم الثلاثي بمعدل 200 كغم  $h^+ \cdot O_2P$  دفعة واحدة عند الزراعة (26). خفت النباتات إلى نبات واحد في الجورة عند وصولها إلى ارتفاع 15-20 سم. اجريت عملية التعشيب دوريا للمعاملات كافة، تمت مكافحة حشرة حفار ساق الذرة (*Sesamia cretica*) تلقيميا بمبيد الديازينون المحبب (10%) مادة فعالة بمعدل 6 كغم.  $h^+$  على دفعتين الأولى وقائية في مرحلة 4-5 أوراق والثانية بعد 15 يوماً من الأولى (26). اخذت 12 عينة تربة من مناطق مختلفة من الحقل قبل الزراعة وجمعت بشكل عينة مركبة

Method ولجميع مراحل نمو النبات وذلك بتجفيفها في فرن الميكروويف لمدة عشرة دقائق بعد أن تم معايرتها مع نماذج مجففة في فرن Oven على درجة حرارة  $105^{\circ}$  لمدة 24 ساعة. تم الري بعد استنزاف 50-55% من الماء الجاهز للنبات بإضافة عمق الماء اللازم للوصول إلى السعة الحقلية لتربة الحقل باستعمال المعادلة الآتية (6):

$$D \times (\theta_{bi} - \theta_{fc}) = d \dots\dots\dots(2)$$

إذ أن: d = عمق الماء المضاف (ملم).

$\theta_{fc}$  = الرطوبة الحجمية عند السعة الحقلية.

$\theta_{bi}$  = الرطوبة الحجمية قبل الري.

D = عمق التربة (عمق المجموع الجذري الفعال (ملم)).

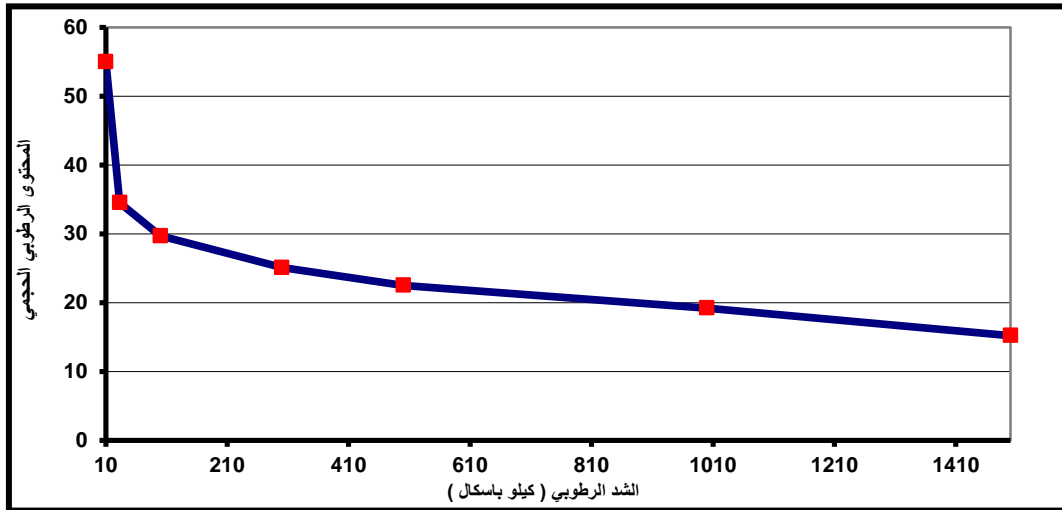
الشمسي والتبخّر من حوض التبخّر صنف A من محطة الأنواء الجوية في محطة أبحاث الرائد التابعة لوزارة الري في أبو غريب واستعملت لحساب التبخّر-تنتح المرجعي.

### طريقة الإرواء

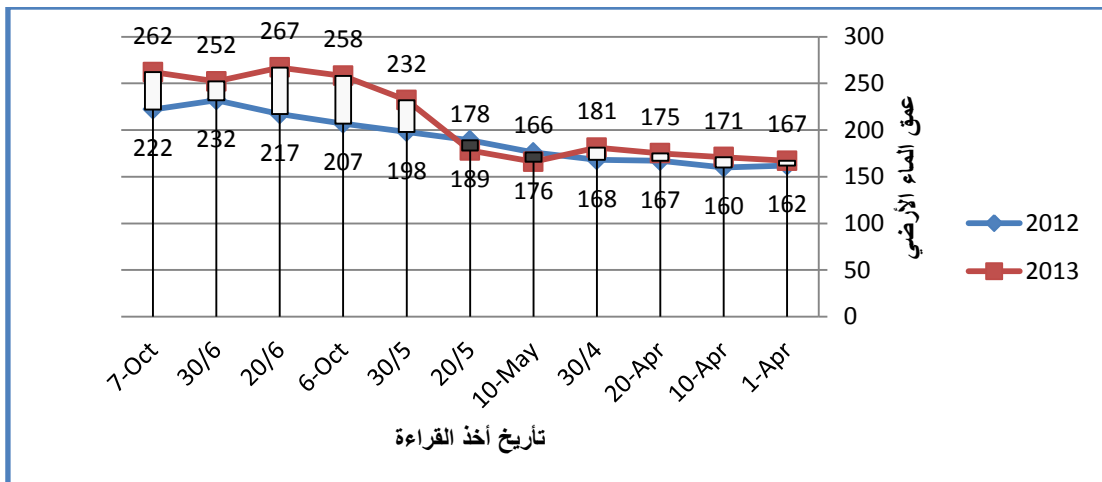
تمت عملية الري باستعمال ماء البئر ذي الايصالية 2.4 ملليموز/سم<sup>2</sup> (جدول 2) بواسطة أنابيب بلاستيكية مرنة بقطر 2.54 سم مربوطة بمصدر مغذ للماء ومقياس مانوميتر Monometer للسيطرة على كمية المياه المضافة المحسوبة.

### قياس المحتوى الرطوبي

تم حساب كمية ماء الري في كل ريه ووقت إضافتها اعتماداً على قياس المحتوى الرطوبي للتربة بالطريقة الوزنية Gravimetric



شكل 1. منحنى الوصف الرطوبي لتربة حقل الدراسة



شكل 2. منسوب الماء الأرضي لموسمي الزراعة

الوزن الجاف ثم احتسب المتوسط الحسابي للمحتوى الرطوبي، ثم أخذت عينة أخرى من نموذج تربة الحقل وجزئت إلى عينات بوزن 50 غم، جففت منها عينتان بالمايكروويف واحتسب متوسطهما عند 5 دقائق، استمرت عملية التجفيف للعينات الباقية وزيد وقت التجفيف دقيقة واحدة وبمتواليه عديدة إلى زمن تجفيف 12 دقيقة، لوحظ ثبات الوزن الجاف للعينات عند زمن 10 دقيقة وكانت مقارنة للقيمة المقدره بالفرن الكهربائي، وبذلك اعتمد زمن 10 دقائق لتجفيف العينات في Microwave oven طوال مدة التجربة.

### الري وحساب كميات المياه

تم إرواء النباتات عند استنزاف 55-50% من الماء الجاهز في معاملة القياس T1 طيلة موسم نمو المحصول بينما تم حجب ريتين غير متتاليتين في المعاملات الرئيسة T2 نهاية مرحلة النشوء إلى بداية مرحلة البطان 80% من النمو الخضري و T3 بداية مرحلة البطان إلى 50% تزهير و T4 من 50% تزهير إلى النضج الفسلجي، يكون عمق الماء المضاف على أساس عمق جذري 30 سم من الزراعة إلى نهاية مرحلة T2 و 40 سم خلال مرحلة T3 و 50 سم خلال مرحلة T4.

تم حساب كمية الماء المضاف بحسب معادلة Kohnke (24):

$$W = a \cdot A_s \left( \frac{P_{WFC} - P_{Wbi}}{100} \right) \times \frac{D}{100} \dots\dots\dots(3)$$

W = حجم الماء الواجب إضافته خلال رية.

A = المساحة المروية.

AS = الكثافة الظاهرية (ميكافرام.م<sup>-3</sup>).

$P_{WFC}$  % = النسبة المئوية لرطوبة التربة عند السعة الحقلية منحني الشد الرطوبي (شكل 1).

$P_{Wbi}$  % = النسبة المئوية لرطوبة التربة قبل موعد الري.

D = عمق التربة المطلوب ريهها.

كمية المياه الواجب اضافتها للوحده التجريبية التي مساحتها 9 م<sup>2</sup> عند استنزاف 50% من الماء الجاهز هي 350 و 466 و 583 لتر عند الري لعمق 30 و 40 و 50 سم بالتتابع.

### الصفات المدروسة

1. الأستهلاك المائي الكلي الفعلي  $ET_a$ .

2. الأستهلاك المائي الكلي الفعلي  $ET_a$  خلال مراحل نمو المحصول.

3. الأستهلاك المائي الفعلي اليومي  $ET_a$  (ملم) خلال أوقات

### جدول 1. بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة قبل

#### الزراعة

| الوحدة                            | القيمة               | الصفة                                  |
|-----------------------------------|----------------------|--|
| ----                              | 8.37                 | درجة تفاعل التربة pH                   |
| $ds.m^{-1}$                       | 1.78                 | الإيصالية الكهربائية $EC_e$            |
| سنتي مول . كغم <sup>-1</sup> تربة | 16.33                | السعة التبادلية للأيونات الموجبة (CEC) |
| غم.كغم <sup>-1</sup> تربة         | 240                  | الكلس                                  |
| غم.كغم <sup>-1</sup> تربة         | 10.6                 | الجبس                                  |
| غم.كغم <sup>-1</sup> تربة         | 30.43                | المادة العضوية                         |
| ملغم.كغم <sup>-1</sup> تربة       | 48                   | N الجاهز                               |
| ملغم.كغم <sup>-1</sup> تربة       | 10.23                | P الجاهز                               |
| ملغم.كغم <sup>-1</sup> تربة       | 180                  | K الجاهز                               |
| مليمكافى . لتر <sup>-1</sup>      | 8.5                  | $Ca^{+2}$                              |
| مليمكافى . لتر <sup>-1</sup>      | 5.5                  | $Mg^{+2}$                              |
| مليمكافى . لتر <sup>-1</sup>      | 0.38                 | $K^{+}$                                |
| مليمكافى . لتر <sup>-1</sup>      | 11.6                 | $Na^{+}$                               |
| مليمكافى . لتر <sup>-1</sup>      | Nil                  | $CO_3^{-}$                             |
| مليمكافى . لتر <sup>-1</sup>      | 1.2                  | $HCO_3^{-}$                            |
| مليمكافى . لتر <sup>-1</sup>      | 3.2                  | $SO_4^{2-}$                            |
| مليمكافى . لتر <sup>-1</sup>      | 14                   | $Cl^{-}$                               |
|                                   | مزيج طينية<br>غرينية | النسجة                                 |
| غم.كغم <sup>-1</sup> تربة         | 370                  | الطين                                  |
| غم.كغم <sup>-1</sup> تربة         | 505                  | الغرين                                 |
| غم.كغم <sup>-1</sup> تربة         | 125                  | الرمل                                  |
| ميكافرام.م <sup>-3</sup>          | 1.34                 | الكثافة الظاهرية للتربة                |

### جدول 2. التحليل الكيميائي لمياه الري المستخدمة في

#### التجربة

| الوحدة                     | القيمة | الصفة       |
|----------------------------|--------|-------------|
| $ds.m^{-1}$                | 2.4    | Ec          |
| ----                       | 7.8    | pH          |
| مليمول . لتر <sup>-1</sup> | 3.1    | $Ca^{+2}$   |
|                            | 1.7    | $Mg^{+2}$   |
|                            | 0.5    | $K^{+}$     |
|                            | 4.5    | $Na^{+}$    |
|                            | 2.3    | $HCO_3^{-}$ |
|                            | 4.3    | $Cl^{-}$    |
|                            | 4.1    | $SO_4^{2-}$ |

### تعيير فرن المايكروويف

إستعمل فرن كهربائي مايكروويف نوع LG Microwave oven ذي مواصفات إستهلاك الطاقة للفرن: 230 فولت-50 هيرتز-1550 واط، قوة فرن المايكروويف بالموجات القصيرة: 1000 واط، قوة الفرن عند التسخين: 1400 واط، لوحة التحكم: تحكم بدرجة الحرارة ووقت التجفيف، إنتظام تجفيف الفرن: بواسطة صينية دوارة، بهدف تقدير المحتوى الرطوبي لنماذج التربة. تمت معايرة Microwave oven مع الفرن الكهربائي الموجود في قسم المحاصيل الحقلية على وفق الطريقة المقترحة من قبل Zein (37). تم أخذ عينة من تربة الحقل بعد تهيئتها للزراعة، قسمت إلى ثلاثة أقسام متساوية في الوزن، جففت بالفرن الكهربائي على درجة 105° لمدة 24 ساعة، سجل

حجب الري.

4. معامل المحصول خلال مراحل نمو المحصول وأوقات حجب الري.

5. كفاءة استعمال المياه الحقلية ( $WUE_f$ ): تم احتسابه حسب المعادلة الآتية (12):

$$100 \times WUE = GY / WA \dots\dots\dots(4)$$

إذ أن:

$WUE =$  كفاءة استعمال الماء الحقلية (كغم حبوب/م<sup>3</sup>)<sup>1-</sup> ماء.

$GY =$  حاصل الحبوب الكلي. كغم.ه<sup>1-</sup>.

$WA =$  كمية المياه المضافة فعلياً إلى الحقل. م<sup>3</sup>.ه<sup>1-</sup>.

8. معامل المحصول  $Kc$ : تم حسابه من المعادلة الآتية:

$Kc =$  معامل المحصول (بدون وحدات).

$ET_a =$  التبخر-نتح الفعلي (ملم).

$ET_o =$  التبخر-نتح المرجعي (ملم).

تم قياس كمية المياه المتبخرة موقعياً من حوض التبخر صنف A في محطة أبحاث الرائد وذلك بأخذ القراءات يوميا.

حسب التبخر نتح المرجعي  $ET_o$  باستخدام المعادلة الآتية:

$$K_p \times E_p = ET_o \dots\dots\dots(5)$$

إذ أن:

$ET_o =$  التبخر نتح المرجعي (ملم).

$E_p =$  التبخر من حوض التبخر (ملم).

$K_p =$  معامل الحوض ويأخذ قيم تتراوح بين 0.60-0.65 (16).

اجري تحليل التباين ولكل موسم على حدة على وفق ترتيب الألواح المنشقة بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة باستخدام برنامج GenStat، كما تم استعمال اختبار أقل فرق معنوي (L.S.D) لتميز المتوسطات المختلفة إحصائياً عند مستوى معنوية 0.05.

#### النتائج والمناقشة

##### كفاءة استعمال الماء

يتضح من الجدول 3 أن معاملة الري T2 قد تفوقت معنوياً بأعلى معدل لكفاءة استعمال الماء لحاصل الحبوب بلغ 0.782 و 0.733 كغم حبوب/م<sup>3</sup> ماء مقارنة بمعاملي الري T3 و T4 التي اعطت أقل معدل لكفاءة استعمال الماء لحاصل الحبوب كغم حبوب/م<sup>3</sup> ماء بلغ 0.721 و 0.737 للموسم

الأول و 0.701 و 0.713 للموسم الثاني. يعود سبب انخفاض كفاءة استعمال الماء في معاملي الري T1 إلى زيادة كمية الماء المستعمل نسبة إلى ما أنتجه المحصول من حاصل حبوبى قياساً ببقية المعاملات، إن زيادة كفاءة استعمال الماء تعني زيادة إنتاجية وحدة الماء أي بمعنى آخر تحقيق حاصل أعلى بكمية مياه أقل، وهي مسألة أصبحت مهمة عند المختصين بعلوم الزراعة والنبات ولاسيما بعد تفاقم مشكلة المياه (4). كما أن زيادة وزن 500 حبة أدى إلى زيادة حاصل الحبوب مما أثر في كفاءة استعمال الماء في معاملي الري الناقص T2. كما يتضح من الجدول 3 أن النباتات المسمدة بالمستوى K3 للبتواسيوم (150 كغم K.ه<sup>1-</sup>) قد اعطت أعلى معدل لكفاءة استعمال الماء كغم حبوب/م<sup>3</sup> ماء بلغ 0.806 و 0.791 كغم حبوب/م<sup>3</sup> ماء للموسمين بالتتابع ولم تختلف كثيراً مع النباتات المسمدة بالمستوى 100 كغم K.ه<sup>1-</sup> للموسمين، بينما اختلفتا معنوياً عن نباتات المقارنة (K0) التي اعطت أدنى معدل لكفاءة استعمال الماء لحاصل الحبوب بلغ 0.658 و 0.600 كغم حبوب/م<sup>3</sup> ماء للموسمين بالتتابع. إن زيادة كفاءة استعمال الماء لحاصل الحبوب بزيادة مستوى السماد البوتاسي المضاف قد ترجع إلى دور العنصر في زيادة المساحة الورقية وإرتفاع النبات وعدد الحبوب بالنبات. اتفقت هذه النتيجة مع ما وجدته Oweis (30) الذي لاحظ أن إضافة الاسمدة العضوية أو الكيميائية تقلل من التأثير السلبي للشد الرطوبي في النبات ومن ثم تعمل على رفع كفاءة استعمال الماء. أدى التداخل الثنائي بين معاملات الري ومستويات السماد البوتاسي إلى أحداث تأثير معنوي في كفاءة استعمال الماء لحاصل الحبوب لمحصول الذرة البيضاء الحبوبية فسلكت الصفة سلوكاً موجباً بزيادة مستويات البوتاسيوم. كما يتضح من الجدول 3 أن هناك زيادة معنوية في كفاءة استعمال الماء لحاصل الحبوب عند معاملة الري T2K2 التي سجلت أعلى قيمة للصفة بلغ 0.844 كغم حبوب/م<sup>3</sup> ماء للموسم الأول قياساً بالمعاملة T2K0 التي سجلت أعلى قيمة للصفة بلغ 0.622 كغم حبوب/م<sup>3</sup> ماء. إن إضافة الأسمدة البوتاسية للتربة كان لها دور ايجابي في مضاعفة الإنتاج لوحدة المساحة وذلك من خلال زيادة جاهزية العنصر مما زاد من مقدرة التربة على امداد النبات بهذا العنصر الحيوي بما يتلاءم وحاجة النبات إليه. اتفقت هذه النتيجة مع ما توصل إليه Tisdale (34) الذي ذكر أن نباتات الذرة الصفراء

المائي وعزوا ذلك الى أن رطوبة التربة عند الري الكامل تكون قريبة من السعة الحقلية، كما وجد Ismail (20) أن المتطلبات المائية الفعلية لمحصول الذرة البيضاء في العراق بحدود 840 ملم.موسم<sup>-1</sup>، وتراوح بين 783-984 ملم.موسم<sup>-1</sup> بحسب الظروف الجوية السائدة وطريقة الري سواء كانت بالمرور أو الألوام (15). تلك التجارب لم تأخذ بنظر الاعتبار ترطيب المجموع الجذري أو المجموع الجذري الفعال نتيجة إضافة كمية من المياه تزيد عن الاحتياج المائي الفعلي مما انعكس في زيادة الصرف العميق أو التبخر من سطح التربة.

### الاستهلاك المائي الفعلي الكلي (ET<sub>a</sub>) خلال مراحل نمو المحصول

من خلال البيانات المناخية التي جمعت في أثناء مراحل النمو المختلفة لمحصول الذرة البيضاء الحبوبية وأعطت على معادلة الموازنة المائية (16) لوحظ زيادة في معدل استهلاك الماء الفعلي للمحصول مع تقدم مراحل النمو ولجميع المعاملات (الشكل 4)، إذ كانت قيم الاستهلاك المائي منخفضة في مرحلة النشوء مقارنة بسائر مراحل النمو وذلك لصغر حجم النبات وانخفاض المساحة الورقية للنبات، ثم حصل إرتفاع كبير في إحتياج النبات للماء في مرحلتي النمو الخضري والتزهير بسبب وصول نباتات محصول الذرة البيضاء إلى أقصى مساحة ورقية فضلاً عن زيادة حاجة النباتات للماء لبناء مواد غذائية أكثر لتلبية متطلبات بناء أنسجة النبات والتزهير وإمتلاء الحبوب. حدث بعد ذلك إنخفاض في قيمة الاستهلاك المائي للمحصول عند مرحلة النضج الفسلجي، ويعزى ذلك الى إكتمال بناء أنسجته النبات وجفاف نسبة عالية من الأوراق السفلية. بلغت نسبة الإستهلاك المائي لمعاملة الري الكامل في مرحلة النشوء حوالي 25.51 و 25.28% من مجموع الاستهلاك المائي للموسمين بالتتابع، ثم ارتفعت الى 29.05 و 29.39% في مرحلة النمو الخضري و 26.69 و 26.60% في مرحلة التزهير ثم انخفضت إلى 25.51 و 25.29% في مرحلة تكوين الحاصل، واختلفت هذه النسب في معاملات الري الناقص، إذ بلغت نسبة إستهلاك الماء عند قطع ريتين غير متاليتين في مرحلة النمو الخضري 20.38 و 19.20% وعند قطع ريتين في مرحلة التزهير 15.07 و 15.31% و 10.93 و 8.78% عند قطع ريتين غير متاليتين في مرحلة تكوين الحاصل. بالرغم من إختزال في كمية مياه الري عند معاملات الري الناقص T2 و T3

المزروعة في التربة المسمدة بشكل جيد اعطت الحاصل نفسه لتربة غير مسمدة وبإستعمال ربع الكمية من الماء المعطى لها أي غير المسمدة، مما يشير إلى أهمية التسميد في رفع كفاءة إستعمال الماء. من جهة أخرى لم يكن التداخل معنويًا بين عاملي الدراسة في الموسم 2013.

### جدول 3. تأثير الري الناقص والسماذ البوتاسي في كفاءة استعمال الماء لحاصل الحبوب (كغم حبوب.م<sup>-3</sup>) (م<sup>3</sup> ماء)

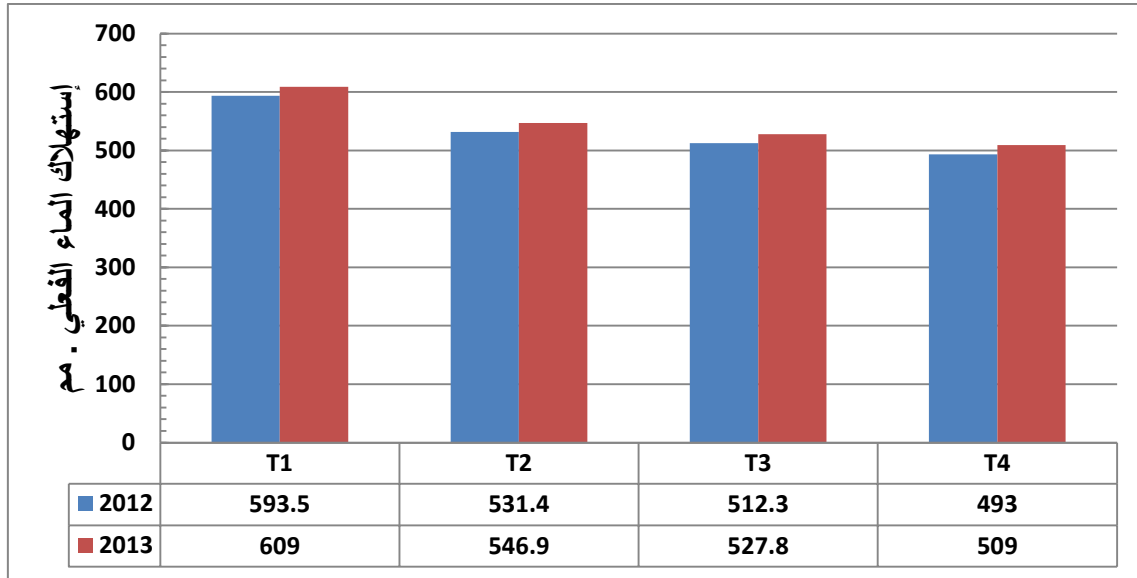
| موسم 2012    |                         |       |       |       |         |
|--------------|-------------------------|-------|-------|-------|---------|
| معاملات الري | مستويات السماذ البوتاسي |       |       |       | المتوسط |
|              | K3                      | K2    | K1    | K0    |         |
| T1           | 0.836                   | 0.830 | 0.773 | 0.622 | 0.765   |
| T2           | 0.830                   | 0.844 | 0.798 | 0.655 | 0.782   |
| T3           | 0.782                   | 0.756 | 0.719 | 0.629 | 0.721   |
| T4           | 0.776                   | 0.761 | 0.754 | 0.658 | 0.737   |
| أف.م 5%      |                         |       |       | 0.020 | 0.010   |
| المتوسط      | 0.806                   | 0.798 | 0.761 | 0.641 |         |
| أف.م 5%      |                         |       |       | 0.010 |         |
| موسم 2013    |                         |       |       |       |         |
| معاملات الري | مستويات السماذ البوتاسي |       |       |       | المتوسط |
|              | K3                      | K2    | K1    | K0    |         |
| T1           | 0.815                   | 0.803 | 0.751 | 0.624 | 0.748   |
| T2           | 0.795                   | 0.796 | 0.732 | 0.609 | 0.733   |
| T3           | 0.775                   | 0.761 | 0.688 | 0.578 | 0.701   |
| T4           | 0.779                   | 0.773 | 0.713 | 0.588 | 0.713   |
| أف.م 5%      |                         |       |       | N.S   | 0.010   |
| المتوسط      | 0.791                   | 0.783 | 0.721 | 0.600 |         |
| أف.م 5%      |                         |       |       | 0.010 |         |

### الاستهلاك المائي

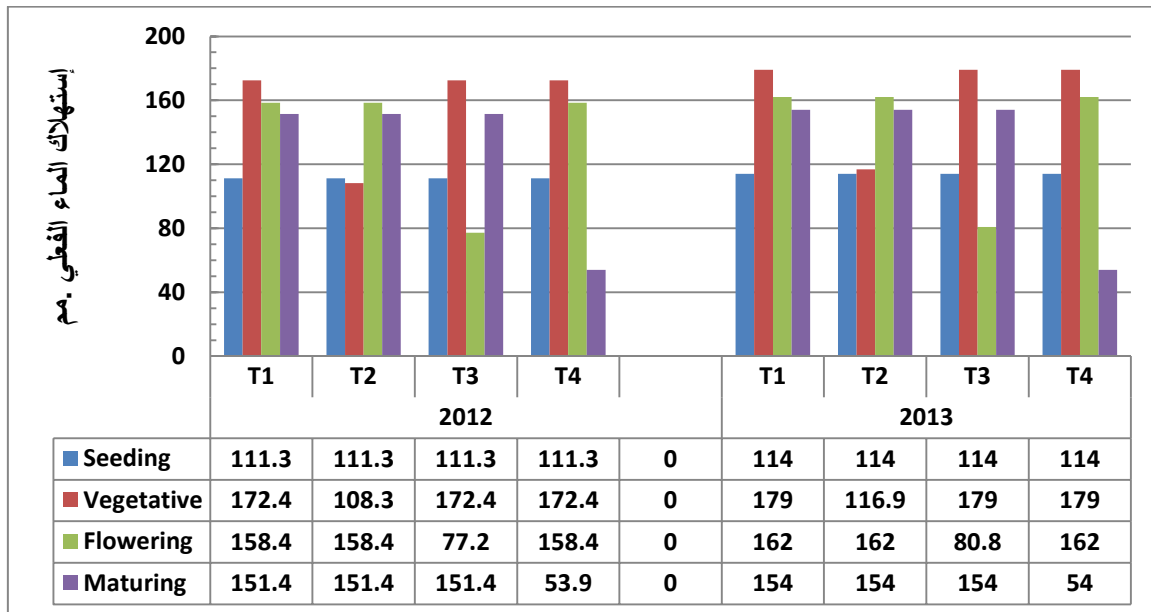
إستهلاك الماء الكلي ET<sub>a</sub> لمحصول الذرة البيضاء الحبوبية يبين شكل 3 مقدار الإستهلاك المائي الفعلي ET<sub>a</sub> لمعاملات الري الكامل T1 والناقص لمحصول الذرة البيضاء الحبوبية للموسمين 2012 و 2013 من خلال البيانات التي جمعت خلال مدة نمو المحصول وأعطت على معادلة الموازنة المائية (16)، إذ استنفذت معاملة الري الكامل T1 أعلى استهلاك مائي ET<sub>a</sub> بلغ 593.5 و 609.0 ملم.موسم<sup>-1</sup> وبنسبة زيادة بلغت 19.65 و 15.38 و 11.35% و 19.65 و 15.38 و 11.35% عن معاملات الري الناقص T2 و T3 و T4 التي استهلكت أدنى متوسط بلغ 493.0 و 512.3 و 531.4 ملم.موسم<sup>-1</sup> و 509 و 527.8 و 546.9 ملم.موسم<sup>-1</sup> للموسمين بالتتابع، إذ يزداد معدل إستهلاك النبات للماء بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة نتيجة زيادة كمية مياه الري المضافة (27). اتفقت هذه النتائج مع ما ذكره باحثون آخرون (21 و 2) الذين لاحظوا زيادة في الإستهلاك المائي لمعاملة الري الكامل لمحصول الذرة البيضاء الحبوبية بالمقارنة مع معاملات الشد

أنها انتجت حاصلًا لم يختلف كثيرا عن معاملة الري الكامل جزء من مياه الري. اتفقت هذه النتيجة مع نتائج باحثون آخرون (36 و 2) الذين لاحظوا إختلاف تأثر مراحل نمو محصول الذرة البيضاء بالشد المائي، فكان تأثيره قليلاً في حاصل الحبوب عندما حدث في مرحلة النمو الخضري قياساً بحدوثه في مرحلة التزهير وأن مرحلة التزهير وبداية تكوين البذور هي أكثر حساسية للجفاف.

و T4 خلال مرحلة النمو الخضري والتزهير وتكوين الحاصل إلا T1 وذلك لزيادة كفاءة إستعمال الماء لنباتات محصول الذرة البيضاء، وبما أن الهدف الرئيس للبحث هو الحفاظ على الموارد المائية من الهدر والتبذير لذا بات من الضروري خلق توازن بين كمية المياه التي يمكن توفيرها والانخفاض في كمية الحاصل (13)، ومن هنا يكون بالإمكان ممارسة الري الناقص في إحدى مراحل النمو دون التأثير في كمية الحاصل النهائي مع توفير



شكل 3. إستهلاك الماء الفعلي الكلي  $ET_a$  ملم. موسم<sup>1</sup> لموسمي الزراعة



شكل 4. استهلاك الماء الفعلي  $ET_a$  (ملم) خلال مراحل النمو لموسمي الزراعة



يختلف كثيراً عن معاملة الري الكامل. وذلك لزيادة كفاءة استعمال الماء لنباتات الذرة البيضاء.

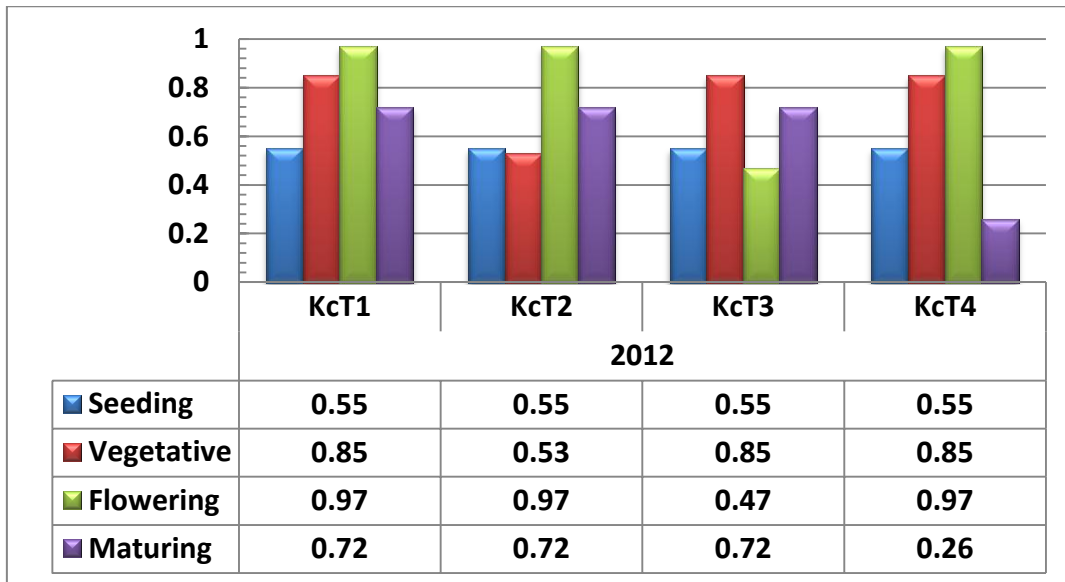
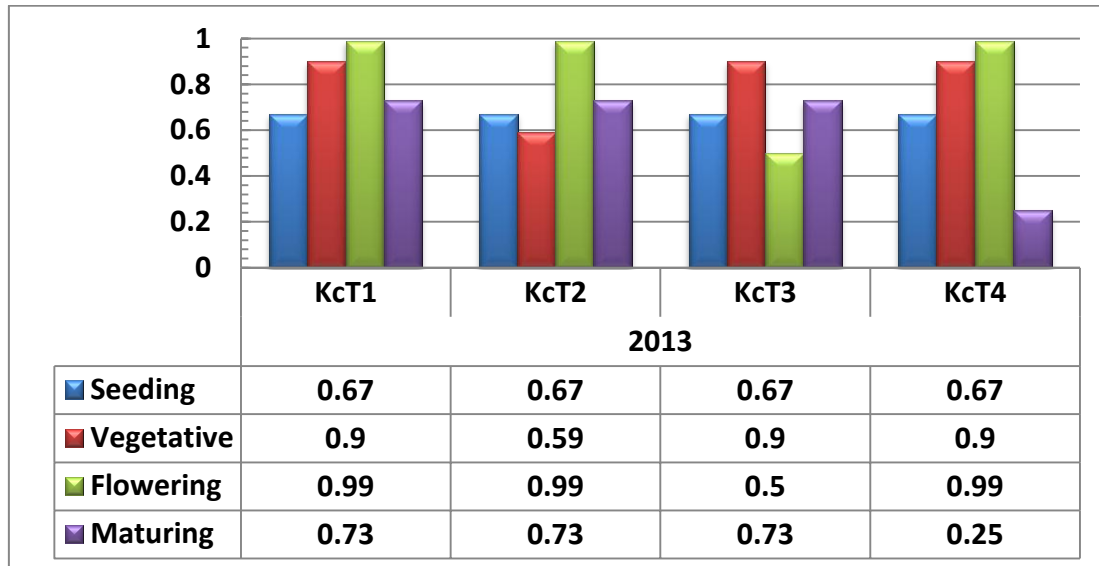
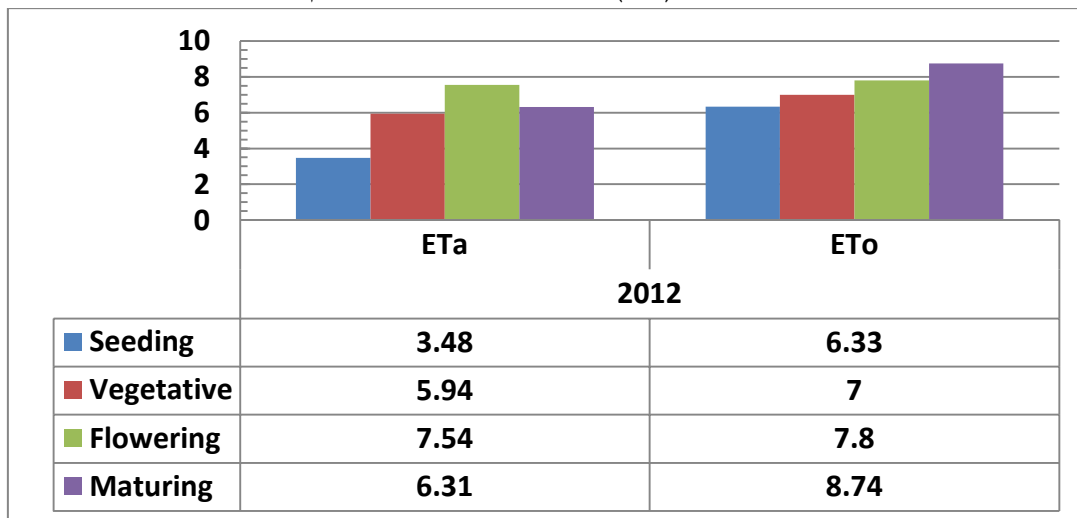
### معامل المحصول $K_C$

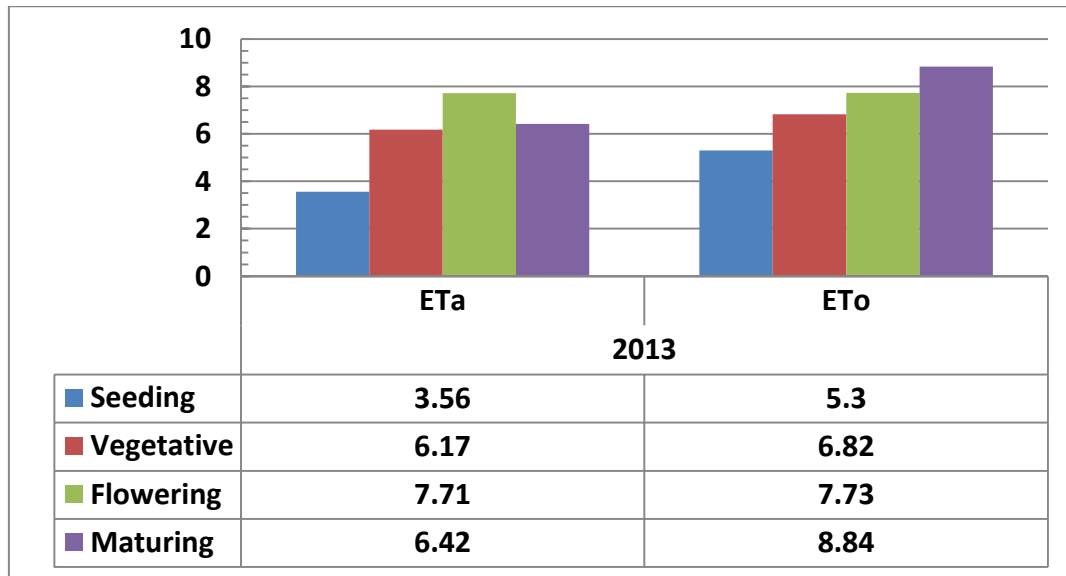
يبين الشكلان 6 و 7 الاستهلاك المائي الفعلي لمعاملة القياس  $ET_a$  المحسوب من إستنفاد رطوبة التربة بين الريات بإستعمال معادلة الموازنة المائية (16)، إذ يلاحظ أن أعلى قيمة للاستهلاك المائي اليومي كان عند معاملة التزهير بلغ 7.54 و 7.71 ملم.يوم<sup>-1</sup> للموسمين بالتتابع في حين كانت أقل قيمة عند مرحلة النشوء بلغت 3.38 و 3.56 ملم.يوم<sup>-1</sup>. إذا اعطت معاملة التزهير أعلى قيمة لمعامل المحصول بلغت 0.97 و 0.99 للموسمين بالتتابع. يعود السبب إلى أن الفارق بين  $ET_a$  و  $ET_o$  كان أقل ما يمكن عند معاملة التزهير قياساً بالمعاملات الأخرى. يكون هذا المعامل قليل القيمة في بداية موسم النمو لكون النباتات صغيرة وتغطي مساحة محدودة في الحقل وتزداد قيمته عندما تغطي النباتات الأرض بشكل كامل وتزداد قيمة إستهلاك الماء الفعلي بالنسبة المرجعي (14 و 6). كما يبين الشكلان 8 و 9 العلاقة بين الاستهلاك المائي الحقيقي  $ET_a$  ملم.يوم<sup>-1</sup> لمعاملة القياس المحسوب عن طريق معادلة الموازنة المائية (16) والتبخر نتح المرجعي  $ET_o$  ملم.يوم<sup>-1</sup> المحسوب من حوض التبخر، إذ يلاحظ إرتفاع قيمة  $ET_a$  عند معاملة التزهير وإنخفاضها عند مرحلة النضج الفسلجي بينما إزدادت قيم  $ET_o$  عند النضج الفسلجي لارتفاع درجات الحرارة في نهاية الموسم، كذلك إزدادت قيم معامل المحصول مع تقارب قيم  $ET_o$   $ET_a$  عند مرحلة التزهير (الشكل 10).

إستهلاك المائي الفعلي ( $ET_a$ ) اليومي خلال مراحل النمو اعتماداً على معادلة الموازنة المائية (16) والبيانات المناخية التي جمعت خلال مراحل نمو المحصول، وجد زيادة في معدل استهلاك الماء الفعلي اليومي للمحصول مع تقدم موسم النمو ولجميع المعاملات (الشكل 5)، فكانت قيم الاستهلاك المائي اليومي  $ET_a$  منخفضة في مرحلة النشوء ثم حصل ارتفاع كبير في احتياج النبات للماء في مرحلتي النمو الخضري والتزهير بسبب وصول النباتات الى أقصى مساحة ورقية فضلاً عن زيادة حاجة النباتات للماء لبناء مواد غذائية أكبر لتلبية متطلبات بناء أنسجة النبات والتزهير وإمتلاء الحبوب، حدث بعد ذلك إنخفاض في قيمة الإستهلاك المائي اليومي للمحصول عند مرحلة النضج، ويعزى ذلك لإكمال بناء أنسجة النبات وجفاف نسبة عالية من أوراق النبات السفلية، فبلغت نسبة الاستهلاك المائي اليومي لمعاملة الري الكامل في مرحلة التزهير 7.54 و 7.71 ملم.يوم<sup>-1</sup>، وبزيادة عن مرحلة النمو الخضري لمعاملة الري الكامل T1 بلغت نسبتها 26.94 و 24.96% للموسمين بالتتابع، واختلفت هذه النسب في معاملات الري الناقص، إذ بلغت قيمة الإستهلاك المائي اليومي عند قطع ريتين غير متتاليتين في مرحلة النمو الخضري 3.74 و 4.03 ملم.يوم<sup>-1</sup> وعند قطع ريتين في مرحلة التزهير 3.68 و 3.85 ملم.يوم<sup>-1</sup> و 2.25 و 2.25 ملم.يوم<sup>-1</sup> عند قطع ريتين غير متتاليتين في مرحلة تكوين الحاصل. بالرغم من أختزال كمية مياه الري عند معاملات الري الناقص T2 و T3 و T4 خلال مرحلة النمو الخضري والتزهير وتكوين الحاصل إلا أنها أنتجت حاصلاً لم

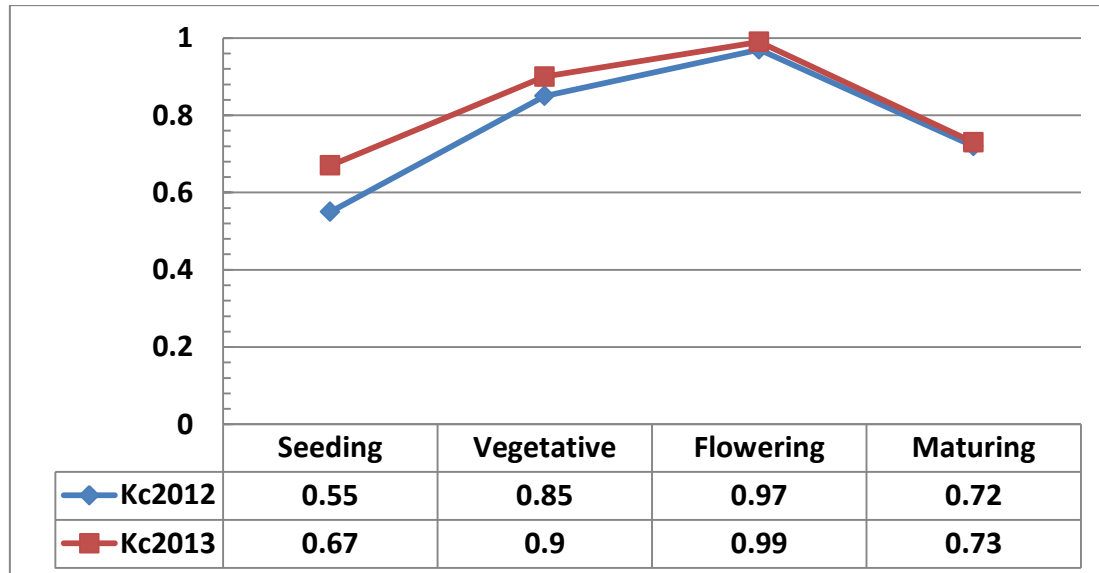


شكل 5. الإستهلاك المائي الفعلي اليومي  $ET_a$  (ملم) خلال مراحل النمو لموسمي الزراعة

شكل 6. معامل المحصول ( $K_c$ ) لمراحل النمو المختلفة لموسم الزراعة 2012شكل 7. معامل المحصول ( $K_c$ ) لمراحل النمو المختلفة لموسم الزراعة 2013شكل 8. العلاقة بين الإستهلاك المائي  $ET_a$  المقدر بواسطة معادلة الموازنة المائية و  $ET_0$  المقدر بواسطة حوض التبخر خلال مرحلة الري الكامل (T1) للموسم 2012



شكل 9. العلاقة بين الإستهلاك المائي  $ET_a$  المقدر بواسطة معادلة الموازنة المائية و  $ET_0$  المقدر بواسطة حوض التبخر خلال مرحلة الري الكامل T1 للموسم 2013



شكل 10. معامل المحصول لموسمي الزراعة

## REFERENCES

- Adriano, J. 2004. Potassium nutrition in North Great plains :News and views by potash and phosphate institute Canada (PPIC).
- Ahmed, Sh. A. 2007. Response of Two Cultivars of *Sorghum bicolor* Moench L. to Water Stress under Field Conditions. Ph.D. Dissertation, Dept. of Field Crops, Coll. of Agric., Univ. of Baghdad.
- Al-Amiri, A. A. 2005. The Effect of Some Sources and Levels of Potassium and Splitting It on Growth and Yield of *Zea mays* Merrill L. M.Sc. Thesis, Dept. of Field Crops, Coll. of Agric., Univ. of Baghdad.
- Al-Dahiry, A. A., E. K. Al-Hadithi and M. M. Al-Alwani. 2006. The effect of tensile levels of moisture and organic matter in yield, water consumption and water use efficient of *Sorghum bicolor* Moench L. Anbar J. Agric. Sci. 4(1): 34-48.
- Al-Hassani, S. H. J. 2001. Effect of Planting Dates on Growth and Yield of Two Cultivars of *Sorghum bicolor* Moench L. M.Sc. Thesis, Dept. of Field Crops, Coll. of Agric., Univ. of Baghdad.
- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage

- Paper No.56. Rome, Italy. FAO.
7. Al-Shibini, J. M. Potassium in Soil and Plant. Land, Water and Environment Res., Institute. ARC. pp. 208.
  8. Behnassi, M., S. A. Shahid and J. Dsilva. 2011. Sustainable agricultural development. springer, Heidelberg, Berlin. p. 275.
  9. Black, C. A. 1965. Methods of soil analysis. Am. Soc. Agron. No. 9. Part 1. Madison, Wisconsin. USA.
  10. Blake, G. R. and K. H. Hartge. 1986. Bulk density. in: C. A. Black et al. (Eds.). Method of soil analysis, Mono. part 1:363-375. 2<sup>nd</sup>. Agron. Mono. Am. Soc. Agron. Madison, WI.
  11. Central Organization for Statistics and Information Technology. 2012. The Ministry of Planning and Development Cooperation. Baghdad, Iraq.
  12. Craicum, M, 1996. Water and nitrogen use efficiency under limited water supply for maize to increase land productivity in Nuclear Technique to Assess irrigation Schedules for Field Crop. IAEA. TECDOC. 888: 203-210.
  13. Day, W. 1979. Water stress and crop growth. East. She. Agric. Sci. 30:199-214.
  14. Doorenbos, J., A. H. Kassam, C. Bentvelsen and G. Uittenbogaard. 1980. In S. S. John ed. J Irrigation and agricultural development. pp257–280. Pergamon press.
  15. Eck, H.V. 1986. Effect of water deficit on yield, yield components and water use efficiency of irrigation corn. Agron. J. 78: 1035-1040.
  16. FAO. 1998. Irrigation and drainage paper No.56. Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements. By: Richard G. Allen; Luis S. Pereira and Martin Smith).
  17. FAO. 2010. Production. Year Book. Rome, Italy.
  18. Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle Size analysis. in. A. Klute (ed.). Methods of Soil analysis, Agronomy No 9. Part 1, 2<sup>nd</sup> Edi.
  19. Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdal and W. L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers. 7<sup>th</sup> Edi. An introduction to nutrient management. Upper Saddle River, New Jersey.
  20. Ismail, L. K. 1988. Irrigation and Drainage. Dar Al-Kutob, Printing and Publ., Mosul Univ.
  21. Kirda, C. 2000. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit irrigation practices, FAO.
  22. Kirda, C., R. Kanber and K. Tulucu. 1996. Yield response of cotton, maize, soybean, sugarbeet, sunflower and wheat to deficit irrigation In nuclear techniques to assess irrigation schedules for field crops. IAEA. TECDOC. 888: 131-138.
  23. Klute, A., R. C. Dinauer, D. R. Buxton and J. J. Mortvedt. 1986. Methods of soil Analysis, Agron. Part 1, Madison, Wisconsin, USA.
  24. Kohnke, H. 1968. Soil Physics. Mc-Draw Hill.
  25. Lanyon, L. E. and W. R. Heald. 1982. Mangment, Calcium, Strontium and Barium. In. Al. Page et al., (ed.). Methods of soil analysis Agronomy. No. 9. Part 2. 2<sup>nd</sup> Edi.
  26. Ministry of Agriculture. 2006. Guidelines in the Cultivation and Production of Sorghum. Public Authority for Agricultural Guidance and Cooperation, Sorghum Research Project Development, guidance Bulletin.
  27. Najy, A. S. 2009. Response of corn *Zea mays L.* to deficit irrigation at different growth stages. M.Sc. Thesis, Coll. of Agric., Univ. of Al-Sulaimani.
  28. Nielsen, R. L. 2002. Drought and heat stress effects on corn pollination. Purdue Coop. Ext. Ser. URL: <http://www.agry.purdue.edu/ext/corn/pubs/corn-07.htm>.
  29. Nihaba, R. S. 2004. The Effect of Plant Distribution on Growth and Grain Yield of Three Cultivars of Sorghum. M.Sc. Thesis, Dept. of Field Crops, Coll. of Agric., Univ. of Baghdad.
  30. Oweis, T., H. Zhang and M. Pala. 2000. Water use efficiency of rainfed and irrigated bread wheat in Mediterranean environments. Agron. J. 92: 231-238.
  31. Romheld, V. and E. A. Kirkby. 2010. Research on potassium in agriculture. needs and prospects. plant soil.
  32. Shafiq, S. A. and A. A. Al-Dobali. 2008. Field Crops Production. Coll. of Agric., Bahna Univ., Egypt. pp. 594.
  33. Shehab, H. A. 2011. The Effect of Planting Density on Tilling of *Sorghum bicolor* Moench L. M.Sc. Thesis, Dept. of Field Crops, Coll. of Agric., Univ. of Baghdad.
  34. Tisdale, S. L., J. L. Havlin, W. L. Nelson and J. D. Beaton. 2005. Soil Fertility and Fertilizers. 5<sup>th</sup> Editions. USA.

35. Todd, D. K. 1980. Ground Water It Ideology. 2<sup>nd</sup> Edi. John Wiley, NewYork. p. 53.
36. Warrick, B. E., C. Sansone and J. Johnson. 2002. Grain sorghum production in west central Texas. The Texas A. and M. Univ. System. SCS. 2002-08.
37. Zein, A. K. 2002. Rapid determination of soil moisture content by the mic- ro wave oven drying method. Sudan Engineering Soc. J. 48(40): 43-54.