الاستهلاك المائي لمحصول الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) تحت ظروف الري الناقص في تربة جبسية

أوس ممدوح خيرو [1] وعبدالوهاب عبدالرزاق القيسي
قسم علوم التربة والموارد المائية– كلية الزراعة– جامعة تكريت

الخلاصة

نفذت تجربة حقلية لمعرفة الاستهلاك المائي الفعلي لمحصول الذرة الصفراء تحت ظروف الري الناقص بتصميم الالواح المنشقة العاملية في تربة جبسية في محطة ابحاث قسم علوم التربة والموارد المائية – كلية الزراعة /جامعة تكريت التي تقع على خط عرض ً49 َ40 °34 شمالاً وخط طول ً40 َ38 °43 شرقاً وعلى ارتفاع 129م عن مستوى سطح البحر. تضمنت القطع الرئيسية معاملات مستويات الري بعد استنفاد 25 و50 و75 % من الماء الجاهز (I_1 و I_2 وI_3) والقطع الثانوية معاملات الري الناقص، بدون قطع ري و قطع ريتين في مرحلة النشوء والنمو الحضري والتزهير وتكوين الحبوب(d_0 وd_1 و d_2 و d_3 و d_4). زرعت بذور الذرة الصفراء صنف CADZ للموسم الخريفي بتاريخ 2013/7/20 وحصدت بتاريخ 2013/11/15. بلغ اعلى استهلاك مائي فعلي قيمة له 624.3 مم لمعاملة $I_1 d_0$ ، بينما بلغ اقل استهلاك مائي 554.2 مم لمعاملة $I_3 d_3$ ، وبلغ اعلى استهلاك مائي في مرحلة النمو الخضري للمعاملة $I_1 d_0$ التي بلغت 212.7 مم.

الكلمات المفتاحية:
مستوى الري، الري الناقص، الاستهلاك المائي، الذرة الصفراء، الترب الجبسية.

للمراسلة:
اوس ممدوح خيرو
البريد الالكتروني:
awsskhairo@tu.edu.iq

Effect of the Deficit Irrigation and Partial Root-Zone Drying on Water Consumption Use, Growth and Yield of Corn in Gypsiferous Soil

Awss M. Khairo and Abdulwahab A. Al-Kayssi
Soil Science &Water resource Dept. College of Agriculture - University of Tikrit

ABSTRACT

Keywords:
irrigation levels , deficit irrigation, water consumption use, Corn, gypsiferous soil.

Correspondence:
Awss M. Khairo
E-mail:
awsskhairo@tu.edu.iq

Field experiment was carried out at the experimental station of soil and water resources department, college of Agriculture, Tikrit university. located at 34°40 49 and 43° 38 40 longitudes and 129m above sea level.to determine the consumptive use of Corn (zea mays L.) under different irrigation levels and deficit irrigation condition in a gypsifereous soil. The experiment was conducted with a split plot design. The main plots consist of three irrigation levels I1,I2 and I3(irrigation after 25, 50 and 75% after the available water depletion respectively). While sub plots consist of deficit irrigation treatment d0,d1, d2,d3,d3 and d4 (omitting two irrigations at (seedling , vegetative growth , flowering and grain maturity plant growth stages respectively. Corn seeds variety :Cadz were planted on 20/7/2013 for fall season and harvested at the end of growing season on 15/11/2013.Highst consumptive use value was 624.3mm for I_1 d_0 treatment. While the least consumptive use for I_3 d_3 was 554.2 mm .Maximum consumptive use was recorded at the vegetative growth stage of the treatment I_1d_0 212.7mm.

المقدمـــة:

يعد الماء العامل الرئيس المحدد للإنتاج في الكثير من دول العالم والتي لا تكون كمية الامطار فيها كافية لتلبية الاحتياجات المائية للمحاصيل فضلاً عن تزايد الطلب على الموارد المائية المحدودة (FAO، 2012). تعرف الاحتياجات المائية للمحصول بانها مجموع ما يستهلكه النبات من الماء في عمليتي النتح من النبات والتبخر من سطح التربة مضافاً اليه الماء المستهلك في بناء أنسجة النبات أو ما يبقى مخزوناً داخل النبات (Jensen ، 1971). يعرف الري الناقص بانه عملية اضافة ماء الري بكمية اقل من الكمية المطلوبة لغرض الوصول الى إجهاد في التبخر– نتح، بحيث يمكن ان تمارس هذه العملية بصورة مكثفة على المحاصيل المقاومة للجفاف (Eck, 1986)، كما عرف Kirda (2002) الري الناقص بأنه تلك العملية التي يعرض

[1] البحث مستل من أطروحة دكتوراه للباحث الاول

فيها المحصول إلى مستوى شد معين عند مرحلة معينة من مراحل نموه أو خلال موسم النمو الكامل، لذا يعد الري الناقص أفضل طريقة تهدف إلى زيادة كفاءة استخدام الماء. الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) هو احد محاصيل الحبوب الاستراتيجية وتبلغ المساحة المزروعة بالعراق 117.000 الف هكتار، وأنتجت ما يقارب 267 الف طن أي بمعدل 2.282 طن هكتار$^{-1}$ حسب بيانات المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2011). ان دراسة الاحتياجات المائية للمحاصيل في ظروف الترب الجبسية له من الاهمية بمكان لما تتميز به هذه الترب من انخفاض في قابليتها للاحتفاظ بالماء فضلاً عن المشاكل الكيميائية والخصوبية عند استخدامها كوسط لنمو النبات. لذا تهدف هذه الدراسة الى تحديد الاحتياجات المائية الفعلية لمحصول الذرة الصفراء تحت ظروف الترب الجبسية، ودراسة استجابة محصول الذرة الصفراء لتطبيق تقنية الري الناقص من خلال قطع ريتين خلال مراحل النمو(النشوء والنمو الخضري والتزهير وتكوين الحبوب).

المواد وطرائق البحث:

نفذت تجربة حقلية لدراسة الاحتياجات المائية لمحصول الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) صنف CADZ (من انتاج شركة Fito الاسبانية) خلال الموسم الخريفي 2013 في محطة أبحاث قسم علوم التربة والموارد المائية / كلية الزراعة– جامعة تكريت التي تقع على خط عرض ً49 َ40 °34 شمالاً وخط طول ً40 َ38 °43 شرقاً وعلى ارتفاع 129م عن مستوى سطح البحر. اخذت نماذج التربة للعمق 0– 0.3 م من عشرة مواقع في الحقل المخصص للدراسة قبل الزراعة ثم جففت عينات التربة هوائيا ومررت من منخل قطر فتحاته 2 ملم لتقدير بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة وحسب الطرق الواردة في (Richards، 1954 وBlak،1965 وArtieda وآخرون، 2006) وكما مبين في الجدول (1).

استخدمت طريقة الري بالتنقيط ونفذت استخدم تصميم التجربة العاملية بترتيب الالواح المنشقة Split Plot العاملية بتوزيع القطاعات العشوائية الكاملة وبثلاثة مكررات. ضمت معاملات التجربة:

- القطع الرئيسية: معاملات مستويات الري بعد استنفاد 25 و50 و75 % من الماء الجاهز (I_1 و I_2 وI_3).
- القطع الثانوية: معاملات الري الناقص(d_1 و d_2 و d_3 و d_4) مع قطع ريتين (تفصل بينهما رية واحدة) في احد مراحل النمو الاربعة (جدول 2).فضلاً عن معاملة عدم قطع الري (d_0)

تم نصيب منظومة الري بالتنقيط في الحقل، والتي شملت (خزان للماء سعة 2500 لتر ومضخة ومرشح ومقياس التصريف وحاقنة اسمدة ومنظم ضغط وشبكة التوزيع التي تكونت من انابيب رئيسة بقطر 0.0625 م وطول26م وانابيب فرعية بقطر 0.032 م وطول 144م وانابيب التنقيط الشريطي بقطر 16مم والمجهزة بمنقطات داخلية المسافة بينها 0.25 م وبتصريف تصميمي قدره 3لتر ساعة$^{-1}$ لكل منقط.

تم قياس تجانس التوزيع الحقلي لمنظومة الري في بداية موسم الزراعة اذ بلغ 91.4 وفي نهاية الموسم 87.2 وباستعمال معادلة الربع الأقل التي اقترحت من قبل Keller وKarmeli (1974):

$$Eu = (qn / qa) * 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

إذ أن:

Eu = تجانس التوزيع %.

qn = معدل النصريف للربع الأقل (لتر التصريف الكلي (لتر ساعة$^{-1}$).

حرثت الأرض وتم تسوية الحقل وتقسيمه الى الواح بابعاد 3×3 م مع ترك فاصلة قدرها 1.0 م بين لوح واخر لغرض السيطرة على حركة الماء. زرعت بذور الذرة الصفراء صنف CADZ (من انتاج شركة Fito الاسبانية) للموسم الخريفي في 2013/7/20 بواقع 3-4 بذور في كل جورة ثم خفت الى نبات واحد بعد عشرة ايام من الانبات. بلغت المسافة بين خط وآخر 75 سم وبين جورة وآخرى 25 سم . أضيف سماداليوريا (46% N) بمعدل 200 كغم N هكتار$^{-1}$ وعلى دفعتين: اضيفت الدفعة الاولى بواقع 100 كغم N هكتار$^{-1}$ و 150 كغم P هكتار$^{-1}$ من سماد السوبرفوسفات الثلاثي (21% P) و120 كغم K هكتار$^{-1}$ من سماد كبريتات البوتاسيوم (43% K) عند الزراعة. اضيفت الاسمدة وفق الجرعات المذكورة انفاً في جورة تبعد 10 سم عن خط

الزراعة وبعمق 10 سم وضمن منطقة الابتلال. اضيفت الدفعة الثانية من السماد النتروجيني بعد 30 يوماً من الانبات. أجريت عملية التعشيب اليدوي دوريا وللمعاملات كافة. تم مكافحة حفار ساق الذرة الصفراء (*Sesamia Cretica* L.) بأستعمال مبيد الديازينون المحبب 10 % مادة فعالة وبواقع 6 كغم هكتار$^{-1}$ تلقيماً في قلب النبات ولمرتين بعد 20 و40 يوماً من الانبات.

جدول 1: بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع الدراسة

الخاصية	الوحدة	الكمية
النسجة*	–	–
المحتوى الرطوبي الحجمي عند 33 كيلو باسكال	سم^3. سم$^{-3}$	0.37
المحتوى الرطوبي الحجمي عند 1500 كيلو باسكال	سم^3. سم$^{-3}$	0.14
الماء الجاهز	سم^3. سم$^{-3}$	0.23
الكثافة الظاهرية	ميكا غرام . م$^{-3}$	1.5
الايصالية الكهربائية EC_e	ديسي سيمنز . م$^{-1}$	2.85
الأس الهيدروجيني pH	—	7.10
المادة العضوية OM	غم. كغم$^{-1}$	6.35
الجبس	غم. كغم$^{-1}$	187.25
معادن كاربونات الكالسيوم	غم. كغم$^{-1}$	207.65

***لم يكن بالامكان تقدير النسجة نتيجة لحصول ترسيب بسبب ارتفاع نسبة الجبس في التربة**

جدول 2: مراحل النمو التي تم تطبيق الري الناقص فيها وتوصيف كل مرحلة

مراحل النمو	زمن تطبيق الري الناقص	توصيف مرحلة النمو*	الفترة الزمنية
مرحلة النشوء	اسبوعان بعد البزوغ	اربعة اوراق متكاملة	تبدأ من البزوغ الى اكتمال ستة اوراق (23 يوماً)
النمو الخضري	خمسة اسابيع بعد البزوغ	عشرة اوراق متكاملة	من بداية تكوين ثمانية اوراق الى اكتمال اربع عشرة ورقة (30 يوم)
مرحلة التزهير	ثمانية اسابيع بعد البزوغ	ظهور النورة الذكرية (التزهير الذكري)	تبدأ من بداية تكوين ست عشرة ورقة الى نهاية التلقيح (17 يوم)
مرحلة تكوين الحبوب	اثنى عشر اسبوعاً بعد البزوغ	تكوين الحبوب (الطور العجيني لنضج الحبة)	تبدأ من بداية الطور الحليبي الى اكتمال نضج الحبة (42 يوم)

*** تم توصيف المراحل التي تم قطع ريتين فيها حسب (الساهوكي، 1990)**

حسبت كميات مياه الري والوقت اللازم للري بالاعتماد على قياسات المحتوى الرطوبي في التربة بالطريقة الوزنية (Gravimetric Method) كما استخدم فرن الموجات القصيرة (Microwave oven) في تقدير المحتوى الرطوبي لعينات التربة بعد معايرته مع فرن التجفيف التقليدي.

أستخدمت معادلة الموازنة المائية كطريقة مباشرة في حساب الاستهلاك المائي الفعلي للمحصول(Allen واخرون 1998).

$$(I + P + C) - (ET_a + D + R) = \pm \Delta S \quad \ldots\ldots\ldots(2)$$

اذ أن:

I : كمية مياه الري المضافة الى الحقل خلال الموسم (مم).

P : كمية السقيط خلال الموسم (مم).

C :مساهمة الماء الارضي بالخاصية الشعرية (مم).

ET_a: التبخر –نتح الفعلي (مم).

D:الماء المفقود بالتخلل العميق (مم).

R : الجريان السطحي (مم).

$\pm \Delta S$: التغير في المحتوى الرطوبي خلال فترة زمنية محددة(مم).

تم قياس كمية الامطار باستخدام مقياس المطر (Rain gauge) ،حسبت كميات مياه الري المضافة وفقاً للمعادلة التالية (Israelson وHansen , 1962):

$$Q\,t = A\,d \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

أذ أن:

Q : تصريف الماء (م^3 ثا$^{-1}$).

t : زمن التشغيل (الري) (ثانية).

A : مساحة الوحدة التجريبية (م^2).

d : عمق الماء الواجب أضافته (م).

تم حساب حجم الماء المضاف من العلاقة التالية:

$$V = A * d \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

V = حجم الماء المضاف (م^3)

اهمل العامل C وذلك لكون الماء الارضي عميقاً وغير مؤثر، اهمل العامل R لكون الوحدات التجريبية كانت مستوية تماماً ولا يوجد جريان سطحي (Kisekka واخرون، 2010) كما هملت قيمة العامل D تهمل لان الري تم بعد استنفاد 25 و50 و75 % من الماء الجاهز)

وعليه فان المعادلة تكون بالشكل الاتي:

$$I + P = ET_a \pm \Delta S \ldots\ldots\ldots(5)$$

استخدمت معادلة بنمان مونتيث (Allen واخرون 1998) في حساب التبخر–نتح المرجعي وباستخدام برنامج Cropwat (Smith واخرون 1992)

$$ET_o = \frac{0.408 \times \Delta\,(Rn - G) + \gamma \left[\frac{900}{T+273} U2\,(es - ea)\right]}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34\,U2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

اذ أن :

ETo : التبخر– نتح المرجعي للمحصول (ملم يوم$^{-1}$).

Rn : صافي الإشعاع عند سطح المحصول (ميكاجول م $^{-2}$ يوم $^{-1}$).

es: ضغط البخار المشبع (كيلو باسكال).

ea : ضغط البخار الحقيقي(كيلو باسكال).

G : كثافة دفق حرارة التربة (ميكاجول م $^{-2}$ يوم $^{-1}$).

T : المتوسط اليومي لدرجة حرارة الهواء عند ارتفاع 2 م (م$^{\circ}$).

U2 : سرعة الرياح مقاسه عند ارتفاع 2 م (م ثا$^{-1}$).

Δ : انحدار منحنى ضغط البخار (كيلوباسكال م$^{-1\circ}$).

γ : الثابت السايكروميتري (كيلوباسكال م$^{-1}$°).

900 : عامل تحويل.

كما تم قياس كمية الماء المتبخرة موقعياً (Epan) بأستخدام حوض التبخر صنف -A وذلك بأخذ القراءات يومياً. حسب التبخر– نتح المرجعي (ET_o) بأستخدام المعادلة الاتية (Allen وآخرون , 1998).

$$ETo = E_{pan} \times Kp \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(7)$$

إذ أن:

ET_o: التبخر – نتح المرجعي (مم).

E_{pan}: التبخر من حوض التبخر (مم).

Kp: معامل الحوض وقدره 0.75 (Doorenbos وPruitt ، 1984).

حسبت كفاءة استعمال الماء الحقلي (WUE_f) بوساطة المعادلة الاتية (Lee،2012).

$$WUE_f = Y / WA \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(8)$$

إذ أن:

WUE_f : كفاءة استعمال الماء الحقلي (كغم م$^{-3}$).

Y : حاصل الحبوب (كغم).

AW : كمية المياه المضافة في عملية الري (م^3 موسم $^{-1}$).

وتم حساب كفاءة استعمال الماء المحصولي (WUE_c) بوساطة المعادلة الاتية (Lee،2012).

$$WUE_c = Y / ETa \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(9)$$

إذ أن:

WUE_C : كفاءة استعمال الماء المحصولي (كغم م $^{-3}$)

ET_a : التبخر– نتح الفعلي (م^3 موسم$^{-1}$)

النتائج والمناقشة:

1: الاستهلاك المائي والاحتياجات المائية الكلية لمحصول الذرة الصفراء:

اختلف الاستهلاك المائي لمعاملات مستويات الري اذ بلغت اعلى قيمة له 624.3 مم في معاملة الري بعد استنفاد 25% من الماء الجاهز(جدول 3)،اذ استهلكت هذه المعاملة اعلى كمية مياه ري واعلى عدد ريات بلغت 81 رية خلال موسم النمو، كما ان معدل استهلاك النبات للماء ازداد بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة نتيجة لزيادة كمية مياه الري المضافة (William واخرون،1986). بلغت النسبة المئوية لتوفير المياه 4.69 و8.04 % لمعاملتي الري بعد استنفاد 50 و75% من الماء الجاهز على الترتيب مقارنة بمعاملة الري بعد استنفاد 25% من الماء الجاهز .

انخفض الاستهلاك المائي لمعاملات الري الناقص (قطع ريتين في مراحل نمو النبات) بالمقارنة مع المعاملات التي لم تعاني من نقص الري (جدول 3) اذ كان الاستهلاك المائي لمعاملات الري الناقص خلال مراحل النمو، 602.4 و575.4 و554.2 مم عند قطع ريتين في مرحلة التزهير لمستويات الري بعد استنفاد 25 و50 و75% من الماء الجاهز على الترتيب وتم توفير 3.51 و3.46 و3.81% من كمية المياه الكلية المستعملة لري مستويات الري الثلاث على الترتيب . بينما اعطت معاملة قطع ريتين في مرحلة النشوء اعلى استهلاك مائي مقارنة بمعاملات الري الناقص الاخرى، اذ بلغت 611.6 و582.9 و562.1 مم لمستويات الري بعد استنفاد 25 و50 و75% من الماء الجاهز على الترتيب.

جدول 3 : كميات الماء المضاف والاستهلاك المائي الكلي الفعلي لمحصول الذرة الصفراء

المعاملات	عدد الريات	عمق ماء الري (مم.موسم$^{-1}$)	المطر (مم)	الاستهلاك المائي الفعلي الكلي (مم.موسم$^{-1}$)	توفير الماء* (%)
$I_1 d_0$	81	610.0	14.3	624.3	-
$I_2 d_0$	71	580.7	14.3	595.0	4.69
$I_3 d_0$	63	559.8	14.3	574.1	8.04
$I_1 d_1$	79	597.3	14.3	611.6	2.03
$I_2 d_1$	69	568.6	14.3	582.9	2.03
$I_3 d_1$	61	547.8	14.3	562.1	2.09
$I_1 d_2$	79	592.7	14.3	607.0	2.77
$I_2 d_2$	69	561.7	14.3	576.0	3.03
$I_3 d_2$	61	542.6	14.3	556.9	3.11
$I_1 d_3$	79	588.1	14.3	602.4	3.51
$I_2 d_3$	69	561.1	14.3	575.4	3.46
$I_3 d_3$	61	539.9	14.3	554.2	3.81
$I_1 d_4$	79	591.4	14.3	605.7	2.98
$I_2 d_4$	69	558.5	14.3	572.8	3.55
$I_3 d_4$	61	539.3	14.3	553.6	3.57

*** نسبة الانخفاض في الاستهلاك المائي لمستويات الري 50 و75% مقارنة بالمستوى 25% ،اما نسبة الانخفاض في معاملات الري الناقص والتجفيف الجزئي مقارنة بمستويات الري فقط وكل حسب مستوى الري المماثل.**

ان ارتفاع الاستهلاك المائي لمعاملة قطع ريتين في مرحلة النشوء يمكن ان يعزى الى ان عمق ماء الري المضاف خلال مرحلة النشوء كان الاقل بالمقارنة بعمق ماء الري المضاف خلال مراحل النمو الاخرى (النمو الخضري والتزهير وتكوين الحبوب) نتيجة لانخفاض الاحتياجات المائية خلال هذه المرحلة لصغر حجم النبات وصغر مجموعه الجذري، لذا فان قطع ريتين خلال مرحلة النشوء كانت الاقل تأثيراً في تقليل الاستهلاك المائي وتوفير الماء بالمقارنة مع قطع ريتين خلال المراحل المتقدمة من نمو النبات، اذ ان عمق ماء الري المضاف ازداد مع تقدم نمو النبات وتزايدت احتياجاته المائية. اذ ازداد الاستهلاك المائي خلال مرحلة النمو الخضري نتيجة لطول هذه المرحلة (30 يوم) ولزيادة المتطلبات المائية للنبات فضلاً عن تأثير الظروف المناخية (درجات الحرارة وزيادة عدد ساعات سطوع الشمس وانخفاض الرطوبة النسبية) (ملحق 1)، وانخفض الاستهلاك المائي في معاملة قطع ريتين خلال مرحلة التزهير بالمقارنة بمعاملة قطع ريتين في مرحلة النمو الخضري نتيجة لقصر هذه المرحلة (17 يوم) فضلاً عن انخفاض درجات الحرارة وعدد ساعات سطوع الشمس وازدياد الرطوبة النسبية خلال هذه المرحلة (ملحق 1). ان انخفاض الاستهلاك المائي لمعاملة قطع ريتين في مرحلة تكوين الحبوب يمكن ان يعزى الى انخفاض الاحتياجات المائية للنبات نتيجة اكتمال النمو فضلاً عن انخفاض درجات الحرارة وساعات السطوع وازدياد الرطوبة النسبية بالمقارنة بمرحلة التزهير .

2: الاستهلاك المائي خلال مراحل نمو المحصول:

اختلف الاستهلاك المائي خلال مراحل نمو المحصول والتي تم تقديرها بوساطة معادلة الموازنة المائية (1) اذ كان سلوك جميع المعاملات متاشبه (جدول 4). لوحظ ان اقل قيم لمعدل الاستهلاك المائي الفعلي كانت عند مرحلة النشوء مقارنة مع مراحل النمو الاخرى (النمو الخضري والتزهير وتكوين الحبوب) والذي يمكن ان يعزى الى صغر حجم النبات من جهة وانخفاض مساحته الورقية من جهة اخرى، وحصل الارتفاع الاعلى في الاستهلاك المائي في مرحلة النمو الخضري اذ بلغ الاستهلاك المائي خلال هذه المرحلة نسبة 33.11% من مجموع الاستهلاك المائي الكلي (تمثل هذه النسبة متوسط عام تم حسابه لجميع المعاملات) نتيجة لتطور حجم النبات وزيادة مساحته الورقية فضلاً عن تأثير ارتفاع متوسط درجات الحرارة وزيادة عدد ساعات السطوع وانخفاض الرطوبة النسبية خلال هذه المرحلة (ملحق 1)، ثم انخفض الاستهلاك المائي الفعلي قليلاً في مرحلة التزهير مع

استمرار حاجة النباتات للماء وانخفاض معدل درجات الحرارة، ثم حدث أنخفاض في قيم الاستهلاك المائي عند نهاية فترة النمو نتيجة لاكتمال تكوين أنسجة النبات وخلاياه وجفاف نسبة كبيرة من أجزائه .

بلغ الاستهلاك المائي الفعلي الاعلى لمعاملة الري بعد استنفاد 25% من الماء الجاهز خلال جميع مراحل النمو تلتها معاملة الري بعد استنفاد 50 و75% من الماء الجاهز على الترتيب (جدول 4)، وذلك تبعاً لكمية المياه المستهلكة من قبل كل معاملة وعدد الريات وكما ذكر في الاستهلاك المائي الكلي.

بلغ الاستهلاك المائي الفعلي اقل قيمة له 118.5 و113.4 و108.8 مم في مرحلة النشوء ، بينما بلغ الاستهلاك المائي الفعلي اعلى قيمة له 212.7 و192.5 و189.3 مم في مرحلة النمو الخضري لمعاملات الري بعد استنفاد 25 و50 و75% من الماء الجاهز على الترتيب.

ان قطع ريتين في احدى مراحل النمو ينتج عنه انخفاض في الاستهلاك المائي بشكل عام(جدول 4) ،اذ بلغ اقل استهلاك مائي لمعاملات الري الناقص 108.5 و100.6 و97.4 مم عند قطع ريتين في مرحلة النشوء، بينما بلغ اعلى استهلاك مائي فعلي195.5 و174.8 و170.4 مم عند قطع ريتين في مرحلة النمو الخضري لمعاملات الري بعد استنفاد 25 و50 و75% من الماء الجاهز على الترتيب. ان انخفاض الاستهلاك المائي الفعلي لمعاملات الري الناقص يمكن ان يكون له علاقة بانخفاض معدل النتح من قبل النبات اذ تتناقص كمية النتح مع زيادة تناقص الماء الجاهز في التربة(Boldt واخرون، 1996). كما ان نقص رطوبة التربة تؤثر بشكل كبير في قيم التبخر(Villalobos وFereres ، 1990).اذ كان ترتيب الاستهلاك المائي لمراحل النمو التي تم قطع ريتين فيها كالتالي :

النمو الخضري > مرحلة التزهير > مرحلة تكوين الحبوب > مرحلة النشوء .

جدول 4 :الاستهلاك المائي (مم) الفعلي خلال مراحل النمو لمحصول الذرة الصفراء للمعاملات المختلفة

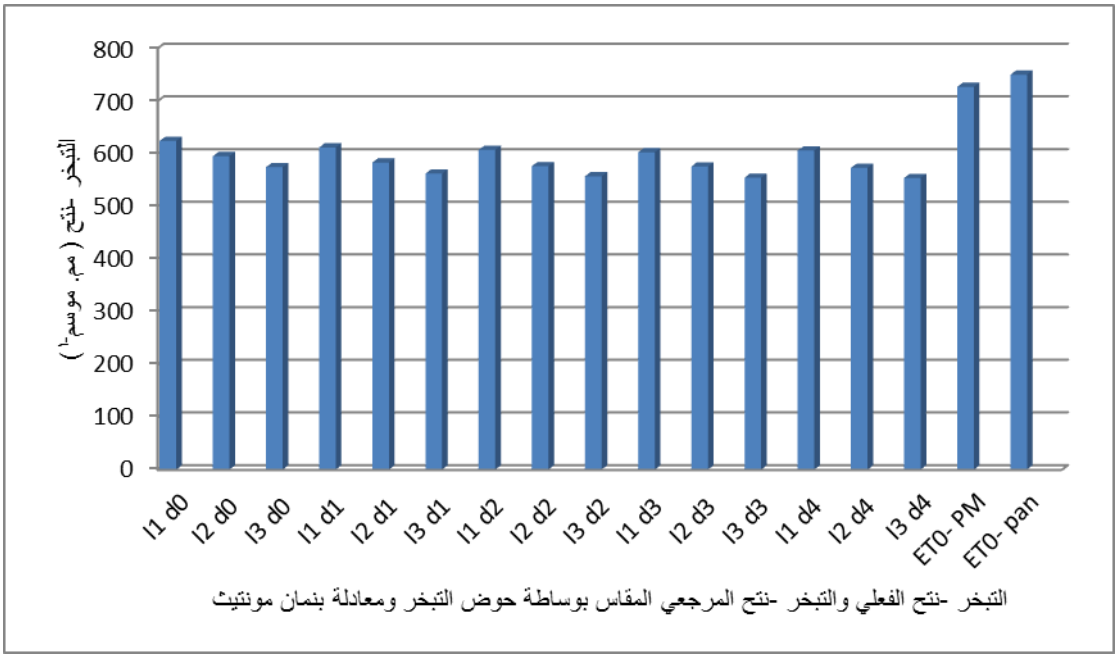
المعاملات	مرحلة النشوء	مرحلة النمو الخضري	التزهير	تكوين الحبوب
$I_1 d_0$	118.5	212.7	152.5	140.6
$I_2 d_0$	113.4	192.5	151.3	137.8
$I_3 d_0$	108.8	189.3	144.8	131.2
$I_1 d_1$	108.5	212.2	152.3	138.6
$I_2 d_1$	101.6	191.5	151.5	138.3
$I_3 d_1$	97.2	188.6	147.6	128.7
$I_1 d_2$	118.8	195.5	152.4	140.3
$I_2 d_2$	112.8	174.8	150.2	138.2
$I_3 d_2$	111.2	170.4	145.7	129.6
$I_1 d_3$	118.3	212.5	133.4	138.2
$I_2 d_3$	113.4	191.8	130.8	138.4
$I_3 d_3$	109.7	189.3	123.7	129.5
$I_1 d_4$	119.4	212.6	151.4	122.3
$I_2 d_4$	111.7	192.3	150.6	119.3
$I_3 d_4$	109.3	190.5	145.4	108.4

3: المقارنة بين التبخر– نتح الفعلي (ET_a) والمرجعي(ET_o)

يبين شكل 1 القيم المقاسة والمحسوبة لمتوسطات التبخر– نتح الفعلي (ET_a) والمرجعي (ET_o) المقاس بوساطة حوض التبخر (ET_{o-} pan) ومعادلة بنمان مونتيث المعدلة Penmam-Monteith (ET_{o-} PM).اذ بلغ التبخر– نتح المرجعي التجميعي 749.7 و714.9 مم المقاس من حوض التبخر ومعادلة بنمان مونتيث على الترتيب. وتراوحت قيم التبخر–نتح الفعلي

(ET_a) بين 574.1 و624.3 مم لمعاملات مستويات الري بدون قطع ري، بينما تراوحت قيمه بين 553.6 و611.6 مم لمعاملات الري الناقص مع مستويات الري.

يمكن ان يعزى أرتفاع قيم التبخر من حوض التبخر الى كون عملية التبخر من الحوض تحدث خلال ساعات النهار والليل على حد سواء دون أنقطاع بتأثير الظروف الجوية المحيطة اذ تجهز اشعة الشمس جزيئات الماء بالطاقة اللازمة لتحويلها من الحالة السائلة الى بخار من جهة، وتعمل الرياح على أزاحة طبقة الهواء المشبعة ببخار الماء فوق سطح التبخر وتحل محلها طبقة هواء جافة من جهة اخرى. فضلاً عن الاضطراب في درجة الحرارة والرطوبة النسبية وانتقال الحرارة خلال جوانب الحوض الذي يؤثر في توازن الطاقة (Wilson، 1974). أما قيم التبخر– نتح المرجعي المحسوبة بوساطة معادلة بنمان– مونتيث فانها تكون مرتبطة بدرجة كبيرة بدرجات حرارة الهواء الجوي وعدد ساعات سطوع الشمس. اذ تستمر عملية النتح من النبات خلال ساعات النهار تحت تأثير الاشعاع الشمسي، وخلال ساعات الليل يؤدي غلق الثغور الى خفض الاستهلاك المائي للنبات أو توقفه. أن أنخفاض قيم التبخر– نتح الفعلي للنبات عن قيم التبخر من حوض التبخر وقيم التبخر–نتح المرجعي يمكن ان يعزى لتأثير عدد من العوامل منها التربة (قابليتها على مسك الماء والايصالية المائية تحت ظروف الشد المائي) ونوع النبات وطبيعته الوراثية (William واخرون،1986 و Turner، 1974).



شكل 1: التبخر نتح الفعلي والتبخر – نتح المرجعي المقاس بوساطة حوض التبخر ومعادلة بنمان مونتيث

كانت قيم التبخر نتح الفعلي لمعاملة الري الناقص اقل مقارنة بقيم (ET_{0-} pan) و(ET_{0-} PM) والتبخر نتح الفعلي ويمكن ان يعود السبب في ذلك الى انخفاض كمية مياه الري المضافة فضلاً عن تأثير طريقة الري بالتنقيط المستعملة في ري النباتات والتي أدت الى تقليل الكمية المستهلكة من الماء نتيجة لإضافة الماء بالقرب من النبات وان جزءاً محدوداً من سطح التربة تم ترطيبه خلال عملية الري مما قلل بشكل كبير تبخر الماء من سطح التربة. كما ان لطريقة الري مع التجفيف الجزئي المتناوب للمنطقة الجذرية وتقليل مساحة الترطيب عند الري تأثيراً في خفض التبخر–نتح الفعلي لمعاملات التجفيف الجزئي سواء كانت مع مستويات الري او مع الري الناقص. تتفق هذه النتيجة مع ما وجده كل من الحديثي (2002) وفهد واخرون (2002) وفالح (2011) الذين لاحظوا ان أرتفاع قيم التبخر من حوض التبخر مقارنة مع قيم التبخر– نتح المرجعي والفعلي خلال موسم النمو لمحصول الذرة الصفراء وتوفيق (2006) لحاصل الذرة البيضاء.

4: كفاءة أستعمال الماء الحقلي (WUE_f) والمحصولي (WUE_c):

لم تختلف كفاءة استعمال الماء لمستويات الري الثلاث (جدول 5) اذ بلغت 1.14 و1.15 كغم م$^{-3}$ لكفاءة استعمال الماء الحقلي والمحصولي لمستويات الري بعد استنفاد 25 و50 و75% من الماء الجاهز على الترتيب. ان هذه النتائج تشير الى ان كفاءة استعمال الماء الحقلي والمحصولي تشابهت مع انخفاض مستوى الري ويمكن ان يعزى السبب في ذلك الى ان تقليل ماء الري تجعل النبات يبذل جهدا أكبر لامتصاص الماء من خلال تحفيز النظام الجذري لامتصاص كمية اكبر من الماء المجهز في عملية الري والذي يؤدي فيما بعد الى زيادة كفاءة أستعمال الماء (Phene وآخرون، 1990).

جدول 5: كفاءة أستعمال الماء الحقلي (WUE_f) والمحصولي (WUE_c) للمعاملات المختلفة

المعاملات	حاصل الحبوب كغم هكتار$^{-1}$	كمية الماء المضاف (مم موسم$^{-1}$)	الاستهلاك المائي الفعلي الكلي (مم موسم$^{-1}$)	كفاءة استعمال الماء الحقلي كغم م$^{-3}$	كفاءة استعمال الماء المحصولي كغم م$^{-3}$
$I_1 d_0$	7166.71	628.3	624.3	1.14	1.15
$I_2 d_0$	6823.27	599.6	595.0	1.14	1.15
$I_3 d_0$	6660.51	617.9	611.6	1.08	1.09
$I_1 d_1$	6660.51	617.9	611.6	1.08	1.09
$I_2 d_1$	6536.76	587.6	582.9	1.11	1.12
$I_3 d_1$	6389.72	566.5	562.1	1.13	1.14
$I_1 d_2$	5190.71	611.9	607.0	0.85	0.86
$I_2 d_2$	5146.10	582.0	576.0	0.88	0.89
$I_3 d_2$	5031.87	560.5	556.9	0.90	0.90
$I_1 d_3$	5537.74	610.3	602.4	0.91	0.92
$I_2 d_3$	5436.16	580.6	575.4	0.94	0.94
$I_3 d_3$	5331.98	558.5	554.2	0.95	0.96
$I_1 d_4$	6767.76	609.3	605.7	1.11	1.12
$I_2 d_4$	6590.18	579.6	572.8	1.14	1.15
$I_3 d_4$	6464.73	557.5	553.6	1.16	1.17

انخفضت قيم كفاءة استعمال الماء الحقلي والمحصولي لمعاملات الري الناقص مع مستويات الري مقارنة بمعاملات مستويات الري بدون قطع ري بشكل عام (جدول 5). اذ بلغت كفاءة استعمال الماء الحقلي عند قطع ريتين في مرحلة النمو الخضري 0.85 و0.88 و0.90 كغم.م$^{-3}$ و0.86 و0.89 و0.90 كغم.م$^{-3}$ لكفاءة استعمال الماء المحصولي لمستويات الري بعد استنفاد 25 و50 و75% من الماء الجاهز على الترتيب. و يمكن ان يعزى السبب في ذلك الى ان نقص الري وتعريض النبات للاجهاد المائي خلال مرحلة النمو الخضري ينتج عنه أنخفاضاً في حاصل الحبوب للنبات ومن ثم تنخفض قيم كفاءة استعمال الماء الحقلي والمحصولي. بينما ادى قطع ريتين في مرحلة اكتمال النمو الى اعطاء قيم اعلى بلغت 1.11 و1.14 و1.16 كغم.م$^{-3}$ لكفاءة استعمال الماء الحقلي و1.12 و1.15 و1.17 كغم.م$^{-3}$ لكفاءة استعمال الماء المحصولي لمستويات الري بعد استنفاد 25 و50 و 75% من الماء الجاهز على الترتيب.

ملحق 1 : العناصر المناخية لفترة الدراسة (الموسم الخريفي 2013)

الشهر	فترة عشرة ايام	درجات الحرارة (م°)		التبخر من حوض التبخر (مم)	مدة السطوع (ساعة يوم$^{-1}$)	سرعة الرياح (كم ساعة$^{-1}$)	الرطوبة النسبية (%)	الامطار
		العظمى	الصغرى					
تموز	1	43.54	25.81	–	12.39	278	24.02	0
	2	44.65	26.01	–	11.84	237	25.18	0
	3	41.38	25.82	10.70	11.32	298	25.01	0
اب	1	41.81	23.46	9.82	11.22	248	28.39	0
	2	44.54	24.80	9.89	11.34	167	25.51	0
	3	42.61	24.02	7.87	10.65	186	28.66	0
ايلول	1	42.07	22.45	7.24	10.45	173	25.87	0
	2	39.53	19.58	6.41	9.98	134	33.18	0
	3	35.65	18.55	6.07	10.09	163	38.58	0
تشرين اول	1	32.65	15.69	5.21	9.69	187	34.38	0
	2	33.72	14.53	4.16	9.12	139	33.60	0
	3	29.19	10.84	4.23	8.07	123	38.40	0
تشرين ثاني	1	24.93	14.64	2.49	4.55	151	68.25	9.48
	2	22.64	12.88	2.09	5.13	116	75.44	6.88
	3	21.12	11.72	–	4.85	127	77.93	0.03

المصادر:

توفيق ، حسام الدين احمد.2006 . استجابة الذرة البيضاء [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] لنقص الري خلال مراحل النمو المختلفة واثر ذلك في توزيع الجذور . اطروحة دكتوراه. كلية الزراعة – جامعة بغداد.

الحديثي ، سيف الدين عبد الرزاق سالم. 2002. جدولة الري الناقص لمحصول الذرة الصفراء لزيادة كفاءة استخدام المياه. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة – جامعة بغداد.

الساهوكي ، مدحت مجيد . 1990. الذرة الصفراء إنتاجها وتحسينها . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة بغداد.

فالح، عدنان شبار.2011. تقدير الأحتياجات المائية لمحصول الذرة الصفراء أعتمادا على الري الناقص ومقارنته بالمعادلات المناخية ومقاييس التبخر. اطروحة دكتوراه. قسم علوم التربة والموارد المائية. كلية الزراعة. جامعة بغداد. العراق.

فهد ، علي عبد ، رمزي محمد شهاب ، عبد الحسين وناس علي وعلي عباس محمد . 2002 . أدارة ري محصول الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) لزيادة كفاءة أستخدام المياه في وسط العراق . البحوث الفائزة بجائزة المنظمة العربية للتنمية الزراعية للعام 2002 .(72-50) .

المنظمة العربية للتنمية الزراعية.2011. الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية. المجلد (31) .الخرطوم . السودان.

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.

Artieda, O., J. Herrero, and P.J. Drohan. 2006.Refinement of the differential water loss method for gypsum determination in soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 70 : 1932- 1935.

Black, C. A., 1965. Methods of Soil Analysis. Am. Soc. Agron. No. 9, part 1. Madison, Wisconsin, USA.

Boldt, A. L., D. E. Eisenhauer, D. L. Martin, G. J. Wilmes. 1996. Irrigation water conservation practices for the central platte valley, Nebraska. Ecosystem Proceeding paper.

Doorenbos, J., and W. O. Pruitt. 1984. Guidelines For Predicting Crop WaterRequirements, FAO, Irrigation and Drainage. Paper No. 24, FAO, Rome,Italy.

Eck, H. V. 1986. Effect of water deficit on yield, yield components, and water use efficiency of irrigation corn. Agron. J. 78: 1035-1040.

FAO. 2012. Crop Yield Response to Water, Paper No. 66, FAO, Rome.

Israelson, O. V. and V. E. Hansen. 1962. Irrigation Principles and Practices. John Wiley and Sons, New York.

Jensen, M. E. 1971. Summary and challenges in irrigation scheduling for water and energy conservation in 1980,s. Proceeding at the Amer. Soc. Ag. Eng. Irrig. Scheduling.

Keller, J., and D. Karmel. 1974. Trickle irrigation design parameters Trans. ASAE 17: 684-685.

Kirda, C. 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit irrigation practices, FAO.

Kisekka, I.; K.W. Migliaccio ; M.D. Dukes ; B. Schaffer ; J.C. Crane and K,Morgan .2010.Evaportranspiration-based irrigation for agriculture:sources of evaportranspiration data for irrigationscheduling in Florida. University of Florida. Gainesville. AE455.P. 4.

Lee, T.S., 2012. Irrigation Systems and Practices in Challenging Environments. Publisher Intec. China.

Phene, C. J., B. Itier, and R. J. Reginato. 1990. Sensing irrigation needs In. Proc.] 3rd National Irrigation Symposium ASAE publication 04 – 90. PP. 429 – 443.

Richards, L.A.(ed.) 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S. Dept Agr. Hand Book. No. 60.

Smith , M. 1992 . Cropwat. A computer for irrigation planning and management. FAO Irrigation and Drainage.Paper 46.Rome.Italy.

Turner, N. C. 1974. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum, and tobacco under field conditions. II. At low soil water potential. Plant Physiol. 55: 360 – 365.

Villalobos, F. G., and E. Fereres. 1990. Evaporation measurementsbeneath corn, cotton, and sunflower canopies. Agron. J. 82: 1153 –1159 .

William, R., W. R. Kneebone, and I. L. Pepper. 1986. Cosumptive water use by subirrigated Turfgrasses under desert condition . J. Agric. Water Resour**. 5: 209 – 219.**

Wilson, E. M. 1974. Engineering Hydrology. 2nd edition MacMillan Co. London. p:22.