

تأثير جدولة الري باستخدام برنامج CROPWAT على كفاءة استخدام المياه والحاصل ومكوناته للذرة الصفراء (Zea mays L.) في المناطق شبه الجافة

احمد أزهر ذنون

ahmedalnamey@ntu.edu.iq

المعهد التقني الموصل-الجامعة التقنية الشمالية

تاريخ القبول: 2020-2-24

تاريخ الاستلام: 2019-11-9

المخلص

جدولة الري هي اختيار الوقت وكمية المياه المناسبة للوصول إلى أقصى إنتاج . في هذا البحث تم حساب جدولة الري باستخدام برنامج CROPWAT التابع لمنظمة الأغذية والزراعة FAO الذي يعتمد في تشغيله توفر بيانات عن المناخ والمحصول والتربة . تم تطبيق البرنامج على بيانات مناخية تمثل معدل التبخر الانثاني لمدينة الموصل وللسنوات (1971-2007) لحساب التبخر-نتح المرجعي وإدخالها كقيم جاهزة ، وعلى محصول الذرة وتربة ذات نسجه خفيفة . تم استخدام البرنامج لحساب جدولة الري تتضمن ثلاثة مستويات مختلفة لتوقيت الري هي حين يصل استنزاف رطوبة التربة إلى 100% و 70% و 50% من الماء المتاح (الاستنزاف الحرج والاستنزاف الأقل من الحرج) مع عودة رطوبة التربة إلى السعة الحقلية عند إضافة الري. وتم في هذا البحث تطبيق نتائج جدولة الري من البرنامج في تجربة حقلية في المعهد التقني الموصل خلال صيف 2010، وتم قياس الحاصل ومكوناته عند الحصاد لتخمين أفضل جدولة ري لمحصول الذرة في المناطق شبه الجافة.

أظهرت النتائج بان عمق الري المضاف لمعاملات 100% و 70% و 50% من الماء المتاح بلغ 860 و 881 و 900 ملم على التوالي بعدد ريات 15 ، 21 ، 29 . وان أفضل جدولة ري للحصول على أعلى كفاءة استخدام المياه 0.55 كغم/م³ وأعلى إنتاج للمحصول 356 غم/م² كانت لمعاملة الري 70% من الماء المتاح . لذلك يعتبر برنامج CROPWAT أداة فعالة للتخطيط وإدارة مياه الري لمحصول الذرة في المناطق شبه الجافة .

الكلمات الدالة

جدولة الري، CROPWAT، الاستنزاف الرطوبي، محصول الذرة، التبخر-نتح للمحصول، كفاءة استخدام المياه .

<https://rengj.mosuljournals.com>

Email: alrafidain_engjournal1@umosul.edu.iq

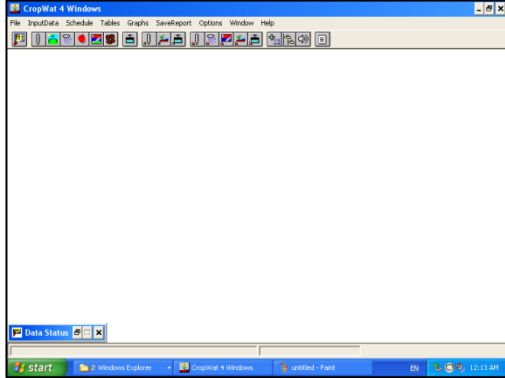
1. المقدمة

العميق وتعدق التربة ومن ثم متطلبات البزل [4] . وتعد كفاءة استخدام المياه المعيار الرئيس لتقييم إنتاجية نظم الإنتاج الزراعي في المناطق التي تتسم بمحدودية مصادر المياه [5]. أن كمية مياه الري المضافة والوقت المطلوب للري يتحدد بظروف المناخ السائدة ، والمحصول المزروع ، ومرحلة نموه وسعة حفظ ماء التربة ، ونمو الجذر الممتد في التربة الذي يتحدد هو أيضا بنوع المحصول ومرحلة نموه والتربة [6]. يعتبر مناخ مدينة الموصل ضمن المناخ شبه الجاف المداري تبعا لتقسيم كوبن [7]. وتنتشر في المناطق الجافة وشبه الجافة من العالم الترب الكلسية وهذه التربة تكون غير نفاذة وجاهزية الماء تكون قليلة [8]. توصل الباحثون في [9] بان أفضل موعد لبدء الري

تعرف الجدولة الاروائية على أنها الطريقة التي يتم من خلالها تحديد وقت وعمق الإرواء مسبقا اعتمادا على معلومات العوامل الجوية ، وتهدف هذه الطريقة إلى سد النقص الحاصل لرطوبة التربة نتيجة الاستهلاك المائي أو بمعنى آخر حصول النبات على متطلبات المائية في الوقت المناسب [1] .

وتظهر أهمية جدولة الري عندما يكون تجهيز الماء قليل و مكلف ، أو تكون ظروف التربة الموجودة تقيد من حركة الماء ونمو الجذر [2] . لهذا أصبحت جدولة الري أداة أساسية لتحسين كفاءة استخدام المياه وزيادة الإنتاج ، وسوف تقود إلى زيادة العوائد وتعظيم وفرة مصادر المياه [3]. بالإضافة إلى تقليل فواقد التخلل

CropWat4 Windows 4.3 تم استخدام الاصدار
[17] الذي يعمل تحت نظام النوافذ. ويوضح الشكل (1) الواجهة
الرئيسية لبرنامج CROPWAT . حيث يحتوي البرنامج على قوائم
وأشرطة أدوات للتعامل مع إدخال وحفظ البيانات واستخراج النتائج .



الشكل (1) يوضح الواجهة الرئيسية لبرنامج CROPWAT

3. التبخر-نتح

يعرف التبخر-نتح للنبات بأنه مجموع الفوائد التي تحدث
من سطح التربة والنبات ، وبحسب برنامج CROPWAT
الاستهلاك المائي (التبخر-نتح للمحصول) من المعادلة الآتية
: [11]

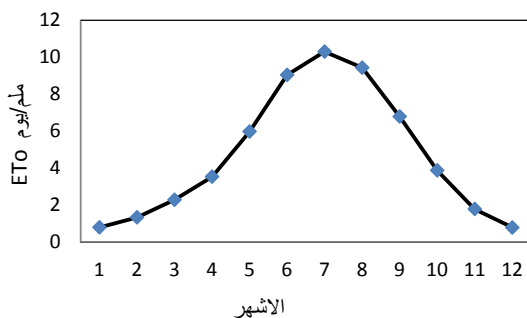
$$ET_c = ET_o * K_c \quad \text{-----(1)}$$

حيث أن :

ET_c : التبخر-نتح للمحصول ملم/يوم ،

K_c : معامل المحصول (بدون وحدات)

ET_o : التبخر-نتح المرجعي ملم / يوم ، و تم إدخال قيم التبخر-
نتح المرجعي جاهزة ومحسوبة (حاصل ضرب التبخر الانائي في
معامل الاناء) من قائمة Input Data ثم ET_o في البرنامج ،
وتم الاعتماد على التبخر الانائي لمعدل البيانات لمدينة الموصل
من 1971 إلى 2007 الموهوذة من الأنواء الجوية في محطة
الرشيدية في الموصل [18] ، بينما تم حساب معامل الإناء
بالاعتماد على الباحثين في [19]. ويوضح الشكل (2) التبخر-نتح
المرجعي المحسوب من التبخر الانائي.



لمحصول الذرة هو عندما تصل الرطوبة في العمق 30-45 سم إلى
75% من السعة الحقلية للحصول على الإنتاج الأقصى في
المعاملات المختلفة لمنطقة حوض الفرات الأسفل في سوريا.
واستخدم الباحثون في [10] خمسة معاملات ري للذرة في باكستان
بالاعتماد على قيم التبخر الانائي (0.5 و 0.75 و 1.0 و 1.25 من
التبخر الانائي) وأخرى التي يمارسها الفلاحين ، وان أعلى أنتاج
كان 2933 كغم/هكتار للمعاملة 0.75 منالتبخر الانائي.

اتجهت دراسات إلى استخدام برامج جاهزة للتخطيط
وإدارة مياه الري كبرنامج CROPWAT التابع لمنظمة الأغذية
والزراعة [11] FAO حيث يقوم البرنامج بحساب الاحتياجات
المائية للمحاصيل وجدولة الري لحالات مختلفة والتبخر-نتح ET_o
بمعادلة بنمان-موننتيث أو يمكن إدخال قيم جاهزة لـ ET_o ، ولقد طور
بعدة إصدارات .

قام الباحثون في [12] باستخدام برنامج CROPWAT
في حساب الاحتياجات المائية وجدوله الري لمحصول الذرة
بالاعتماد على بيانات المناخ والمحصول والتربة واختيار أفضل
جدوله للري تحت ظروف شحة المياه في الهند . كما وجد الباحثون
في [13] الاحتياجات المائية لعدد من المحاصيل الرئيسية كالحنطة
والشعير والذرة البيضاء والطماطة في جنوب العراق باستخدام برنامج
CROPWAT .

واتجه الباحثون في [14] لتقييم إرواء أشجار الزيتون
باستخدام برنامج CROPWAT لبعض البساتين في منطقة بعشيقه
في شمال العراق ، حيث قاموا بحساب الاحتياجات المائية وجدوله
الري لتلك الأشجار من البرنامج ومقارنتها مع قيم الإرواء التي
تعطى فعلياً لتلك البساتين بحيث كانت بعيدة عن الاحتياج الفعلي
المحسوب من البرنامج مما عزز قلة الإنتاج . كما قام الباحثون في
[15] بدراسة ملائمة برنامج CROPWAT لجدولة الري وتحديد
الاستهلاك المائي لعدة محاصيل والأشجار المثمرة في غوطه دمشق
بسوريا باستخدام بيانات تجارب حقلية منفذة مسبقاً ، وكما وجدوا
تطابق في عدد الريات بنسبة كبيره بين القيم المقدره من البرنامج
والقيم الحقيقية بالنسبة للمشمش والزيتون والذرة . كما استنتج الباحث
في [16] بان نموذج CROPWAT من أفضل النماذج لتخطيط
وإدارة الري لمحصول الذرة تحت ظروف الزراعة المروية والديمية .

الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير جدولة الري من
برنامج CROPWAT بثلاث معاملات إرواء هي حين يصل
استنزاف رطوبة التربة إلى 100% و 70% و 50% من الماء المتاح
على كفاءة استخدام المياه والحاصل ومكوناته للذرة الصفراء في
المناطق شبه الجافة .

2. برنامج CROPWAT

الشكل (4) يوضح خصائص التربة Light المستخدمة في برنامج CROPWAT

أما جدولة الري فيتم اختيارها من قائمة Schedule ثم اختيار Criteria فتظهر نافذة يوجد فيها اختياران مهمان تحت توبيخ Scheduling في البرنامج : الأول هو توقيت الري Application Timing ، والثاني هو أعماق الري Application Depths . فتم اختيار ثلاث معاملات T_1, T_2, T_3 هي حين يصل استنزاف رطوبة التربة إلى 100% و 70% و 50% من الماء المتاحة بالمنطقة الجذرية من مخازن توقيت الري Application Timing ، مع كل اختيار لتوقيت الري يتم معه عمق الري المضاف هو عوده رطوبة التربة إلى السعة الحقلية أي 100% من الماء المتوفر من مخازن Application Depths . وتبدأ الجدولة من بداية الزراعة ، وكما في الشكل (5).

الشكل (5) يوضح واجهة جدول الري في برنامج CROPWAT

ويتم حساب كمية المياه المضافة للحقل بعد إهمال الاحتياجات الغسيلية (لان التربة ومياه الري لا تحتوى على الأملاح) من المعادلة الآتية [20]:

$$V = (NetDep / Eff) * A \quad (3)$$

حيث أن :

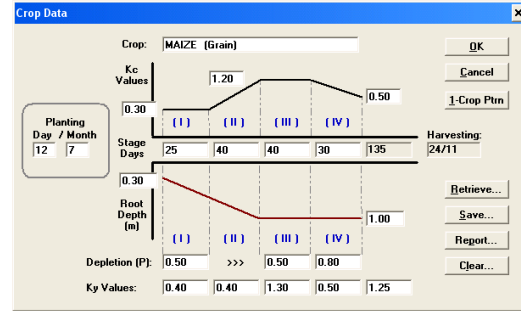
NetDep : صافي عمق الري (ملم) المحسوب من برنامج CROPWAT ،

Eff : كفاءة الري الحوضي وهي تقريباً 0.75 ،

V : حجم الماء المضاف للري (لتر) ،

الشكل (2) يوضح التبخر-نتح المرجعي المحسوب من التبخر الإثنائي ،

وتم اختيار قائمة Input Data ثم Crops في البرنامج واختيار محصول الذرة الصفراء Maize في البرنامج وتم إضافة تاريخ الزراعة وكما في الشكل (3).



الشكل (3) يوضح خصائص محصول الذرة Maize المستخدمة في برنامج CROPWAT

4. جدولة الري

بحسب برنامج CROPWAT جدولة الري على أساس يومي عندما يصل الاستنزاف الرطوبي إلى الماء المتاح في المنطقة الجذرية وتسمى بالاستنزاف الحرج ، بينما يكون الماء المتاح RAM هو الماء المتيسر الكلي TAM مضروباً بنسبة الاستنزاف ، ويمكن كتابة معادلة استنزاف ماء التربة بالبرنامج بالشكل الآتي [11]:

$$SMD_i = SMD_{i-1} + ETa - P_{tot} - I_{rr} Appl + R_o + D_p \quad (2)$$

حيث أن :

SMD_i : استنزاف ماء التربة عند اليوم i ملم ،

SMD_{i-1} : استنزاف ماء التربة لليوم السابق $i-1$ ملم ،

ETa : التبخر-نتح الفعلي ملم ،

P_{tot} : عمق الإمطار الفعالة ملم ،

$I_{rr} Appl$: عمق الري ملم ،

R_o : عمق السيخ السطحي ملم ،

D_p : التخلل العميق أسفل مقطع التربة ملم .

وتم اختيار قائمة Input Data ثم Soil في البرنامج وتم اختيار نوع التربة Light خفيفة من مجموع اختيارات Light و Medium و Heavy ، تكون تربة الحقل تتراوح من نسجه مزيجية طينية رملية إلى مزيجية غرينية ويوجد الكلس بنسب مختلفة من 31% إلى 40% في الحقل ، وكانت الكثافة الظاهرية 1.3 إلى 1.5 غم/سم³ للتربة . وتم تشبيخ التربة بالماء قبل الزراعة للوصول استنزاف رطوبي ابتدائي 0% ، وكما في الشكل (4).

1. ارتفاع النبات : تم حساب معدل طول النباتات في الحوض (سم) .
2. عدد الأوراق : تم حساب معدل عدد الأوراق لكل نبات في الحوض.
3. طول الورقة : تم حساب معدل أطوال الأوراق للنباتات في الحوض (سم) .
4. وزن النبات : تم حساب معدل أوزان النباتات في الحوض (غم).
5. عدد العرائص : تم حساب معدل أعداد العرائص لكل نبات في الحوض.
6. وزن 100 حبة : تم انتخا ب 100 حبة عشوائياً من الحبوب في الحوض ثم وزنه (غم) .
7. الإنتاج : والمقصود به وزن الحبوب في الحوض (م²) والتي تم استخراجها من العرائص وزنها بوحدة غم/م² .

الجدول (1) يوضح نتائج جدولة الري من برنامج CROPWAT

50% of RAM		70% of RAM		100% of RAM	
Net Dep ملم	التاريخ	Net Dep ملم	التاريخ	Net Dep ملم	التاريخ
8.3	7/14	14.1	7/16	19.8	7/18
11.3	7/18	14.1	7/21	25.3	7/27
11.3	7/22	16.8	7/27	30.9	8/7
14	7/27	19.4	8/3	36.4	8/16
13.9	8/1	22	8/10	37.9	8/23
17	8/7	25.9	8/16	45.2	8/30
18.4	8/12	26.3	8/21	51.4	9/6
18	8/16	30.2	8/26	56.4	9/13
20.7	8/20	33.7	8/31	56.7	9/20
23	8/24	36.7	9/5	52.3	9/27
25.6	8/28	39.3	9/10	54	10/5
27.7	9/1	41.3	9/15	53.4	10/14
22.1	9/4	40.1	9/20	50.1	10/24
23	9/7	37.8	9/25		
23.9	9/10	35.4	9/30		
24.6	9/13	39.4	10/6		
32.9	9/17	35.9	10/12		
31.5	9/21	37.4	10/19		
30	9/25	40.4	10/28		
28.5	9/29				
27	10/3				
25.5	10/7				
29.7	10/12				
27.2	10/17				
29.8	10/23				
28.4	10/30				
36.6	11/14				

A : مساحة الحوض (م²) .
ويتم حساب كفاءة استخدام المياه من المعادلة الآتية [21]:

$$WUE = \frac{Y}{ETc} \quad \text{----- (4)}$$

حيث أن :
WUE : كفاءة استخدام المياه كغم/م³ ،
Y : الإنتاج/م² ،
ETc : التبخر-نتح للمحصول ملم .

5. طريقة العمل

تم تشغيل برنامج CROPWAT بالاعتماد على البيانات المناخ والتربة والمحصول والمشروحة سابقاً ثم استخراج نتائج جدولة الري من قائمة Tables في البرنامج وكما في الجدول (1) وتطبيقها في تجربة حقلية لغرض تخمين أفضل جدولة ري عن طريق دراسة صفات المحصول والإنتاج باستخدام جدولة الري لثلاث معاملات

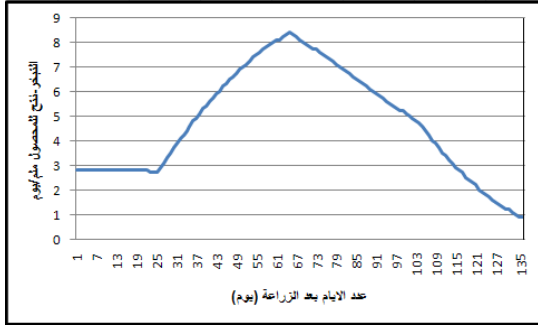
ري هي :

T1 : المعاملة الأولى توقيت الري حين يصل استنزاف رطوبة التربة إلى 100% من الماء المتاح (100% of RAM) وتسمى بالاستنزاف الحرج ، ومع عودة رطوبة التربة إلى السعة الحقلية عند إضافة الري.

T2 : المعاملة الثانية توقيت الري حين يصل استنزاف رطوبة التربة إلى 70% من الماء المتاح (70% of RAM) وتسمى بالاستنزاف الأقل من الحرج ، ومع عودة رطوبة التربة إلى السعة الحقلية عند إضافة الري .

T3 : المعاملة الثالثة توقيت الري حين يصل استنزاف رطوبة التربة إلى 50% من الماء المتاح (50% of RAM) وتسمى بالاستنزاف الأقل من الحرج ، ومع عودة رطوبة التربة إلى السعة الحقلية عند إضافة الري.

تم زراعة محصول الذرة الصفراء صنف بحوث 106 (Zea mays L.) في تاريخ 2010/7/12 على مسافات 30 سم بين جوره وأخرى وصف وأخر بمعدل تسعة نباتات في الحوض وباستخدام ثلاث مكررات حيث وزعت بشكل عشوائي على أحواض مساحة الحوض الواحد (1×1) م². وتم زراعة نباتات حارسة حول المساحة المزروعة ، تم تسميد التربة بسماد النيويا وسماد سوبر فوسفات مركب على شكل دفتين حسب المواصفات الزراعية وتم إضافة الريات حسب برنامج CROPWAT مع إضافة رييتين قبل نهاية الموسم لتأخر موسم الأمطار. وتم حصاد الأحواض التي تمثل المعاملات والمكررات يدوياً عند النضج التام بعد مرور 135 يوم بعد الزراعة ودراسة ما يأتي :



الشكل (6) يوضح التبخر-تنح للمحصول الذرة الصفراء المحسوب من برنامج CROPWAT خلال موسم النمو

3.6 صفات المحصول

يوضح الجدول (3) متوسطات الصفات المدروسة والتي تشمل ارتفاع النبات ، وعدد الأوراق ، وطول الورقة ، ووزن النبات ، وعدد العرنائيس ، ووزن 100 حبة ، وتم تحليل البيانات إحصائياً عند أقل فرق معنوي 5% LSD. حيث تفوقت المعاملة T3 معنوياً عن المعاملة T1 بطول الورقة لكون تقليل فاصلة الإرواء ساهم بزيادة الصفات الخضرية خلال مرحلة النمو وخاصة المبكرة منها. وهذا ما يتفق مع الباحثين في [23] بأن تقليل فاصلة الإرواء من 10 إلى 5 أيام زادت من الصفات الخضرية لمحصول الذرة كارتفاع النبات والمساحة الورقية. بينما تفوقت المعاملة T2 معنوياً لصفة عدد العرنائيس عن المعاملة T1 لكون زيادة الكمية الكلية للري وعدد الريات وتقليل فاصله الإرواء في تلك المعاملة ساهم في زيادة إنتاج الحبوب لكون التربة تحتوي على الكلس الذي يقوم بتقليل قدرة التربة بالاحتفاظ بالماء . وهذا ما يتفق أيضاً مع الباحثين في [24] بأن تقليل فاصله الإرواء يساهم في زيادة عدد العرنائيس وزن الحبة وبالتالي كمية الحاصل .

الجدول (3) يوضح متوسطات الصفات المدروسة.

المعاملة	ارتفاع النبات سم	عدد الأوراق	طول الورقة سم	وزن النبات غم	عدد العرنائيس	وزن 100 حبة غم
T ₁	133	11.3	69	270.6	1.22	16.1
T ₂	150	12	67.4	279	1.59	22.7
T ₃	134	11.1	73.2	266	1.27	19.8
L.S.D	NS	NS	3.7	NS	0.3	NS

L.S.D: أقل فرق معنوي عند 5%

NS: لا توجد فروقات معنوية

المجموع	570	586	630
---------	-----	-----	-----

6. النتائج والمناقشة

1.6 نتائج برنامج CROPWAT

يوضح الجدول (2) ملخص نتائج برنامج CROPWAT ، حيث نلاحظ بان عمق الري الكلي كان 860 و 881 و 900 ملم بعدد ريات 15 و 21 و 29 لمعاملات الري على التوالي ، وان التبخر-تنح للمحصول كان 640 ملم والنقص بالإنتاج 0% لجميع معاملات الري . بينما كانت معدل فاصله الإرواء (معدل فاصله الإرواء هي قسمة طول الموسم على عدد الريات وهي عدد صحيح) 9 و 6 و 5 يوم على التوالي . حيث تزداد عدد الريات وتقل فاصله الإرواء كلما قلت النسبة في جدولة الري من 70% إلى 50% من الماء المتاح .

الجدول (2) يوضح ملخص نتائج برنامج CROPWAT

50% of RAM	70% of RAM	100% of RAM	
630	586	570	Net Dep صافي عمق الري ملم
840	781	760	GrDep إجمالي عمق الري ملم
0	0	0	النقص بالإنتاج %
640	640	640	التبخر-تنح للمحصول ETC ملم
60	100	100	ريتين إضافيتين ملم
900	881	860	عمق الري الكلي ملم
29	21	15	عدد الريات الكلي

2.6 الاستهلاك المائي للمحصول

يوضح الشكل (6) التبخر-تنح للمحصول الذرة الصفراء المحسوب من برنامج CROPWAT خلال موسم النمو ، حيث نلاحظ إن التبخر-تنح للمحصول يبدأ بعمق قليل ويبقى ثابتاً لكون النبات يستهلك كمية من المياه قليلة عند الإنبات في شهر تموز وبداية آب، ثم يزداد التبخر-تنح للمحصول أثناء النمو الخضرى للمحصول خلال آب حتى يصل أقصى عمق له خلال مرحلة تكوين التزهير خلال شهر أيلول ، ثم يبدأ بالانخفاض في شهري تشرين الأول والثاني عند تكوين العرنائيس وامتلاء الحبوب و ثم النضج التام ، ويعود السبب إلى أن النبات أكمل نموه وبناء الخلايا و ثم أن العوامل المناخية انخفضت بصورة تدريجية ، وقد بلغ الاستهلاك المائي الكلي المحسوب من برنامج CROPWAT هو 640 ملم بالاعتماد التبخر-تنح المحسوب من وعاء التبخر . وقد وجد الباحثان في [22] بأن اعلى استهلاك مائي بلغ 610 ملم والمحسوب بالاعتماد على معادلة بنمان-مونتيت للري الكامل لمحصول الذرة الصفراء صنفت بحوث 106 في وسط العراق .

لمعاملات الري حين يصل الاستنزاف الرطوبي إلى 100% و70% و50% من الماء المتاح بـ 860 و881 و900 ملم على التوالي .
3. نوصي باستخدام برنامج CROPWAT للتخطيط وإدارة الري لمحصول الذرة في المناطق شبه الجافة .

8. المصادر

1. الحداد، عامر حسن .
تأثير الجدولة الاروائية على نمو نباتات الحنطة". المجلة العراقية للهندسة المدنية .
السنة الأولى . العدد 2، 2001.
2. M.E. Jensen, D.C.N. Robb, and C.E. Franzoy, "Scheduling irrigations using climate-crop-soil data" *Journal of Irrigation and Drainage of Division*. (ASCE) Vol.96 Issue: IR1 , pp25-38.1970 .
3. M. Smith , L.S. Pereira , J. Berengena , B. Itier , J. Goussard, R. Ragab, L. Tollefson, and P. van Hoffwegen (eds). *Irrigation Scheduling: From Theory to Practice*. FAO Water Reports , Vol. 8 , pp.69-74. Rome , International Commission on Irrigation and Drainage. 1996.
4. S. Kumari, " Irrigation Scheduling using CROPWAT "International Conference on Communication and Computational Technologies by RIET, Jaipur and IJCRT.ORG, pp.394-403, 2017.
5. ذيب عويس . الري التكميلي ، المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا)، حلب، سوريا ، 16 صفحة . 2003.
6. R.D. , Burman , P.R. Nixon , J.L. Wright , and W.O. Pruitt ,. *Water requirements* .In: Jensen ,M.E. eds. *Design and operation of farm irrigation systems*, chap 6. ASAE, pp.189-232. 1980.
7. بدر جاسم علوي ، ورحمن حسن عزوز. "الاحتياجات المائية للذرة الصفراء المرؤة بطريقتي الرش والمرور للوروتين الخريفية والربيعية لمنطقة حمام العليل". *مجلة زراعة الرفادين* . المجلد 15 . العدد 1 . ص 35-60 . 1980.
8. يوسف محمد عبد الهادي . أسس علوم الأراضي والمياه - التجارب العملية . كتاب صادر عن دار وائل ، عمان ، الأردن . 2005 .
9. خلف خليفة ، ونجم الدين شرابي، وعامر الأصفر ، وفاروق الشوا ، واحمد سليمان .
دراسة الاحتياجات المائية لمحصول الذرة الصفراء في حوض الفرات الأسفل . هيئة الطاقة الذرية ، والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد). دمشق، سوريا. 1984 .
10. J. A. Tariq, M. J. Khan , and K. Usman, "Irrigation Scheduling of Maize Crop by Pan Evaporation Method", *Pakistan Journal of Water Resources*, Vol.7 Issue:2 , pp 29-35. 2003.
11. M. Smith , CROPWAT - A computer program for irrigation planning and management. FAO Irrigation and Drainage Paper, 46, Rome . Italy. 1992.
12. S. A. Bhat , B.A. Pandit , J.N. Khan, R. Kumar and R. Jan , "Water Requirements and Irrigation Scheduling of Maize Crop using CROPWAT Model", *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* , Vol.6 Issue: 11, pp. 1662-1670, 2017.

4.6 حاصل الحبوب وكفاءة استخدام المياه

يوضح الجدول (4) عدد الريات وعمق الري الكلي والتبخر - نتح للمحصول وحاصل الحبوب وكفاءة استخدام المياه . حيث نلاحظ بان عدد الريات كان 15، 21، 29 وعمق الري الكلي كان 860، 881، 900 ملم ومعدل الحاصل 259، 356، 342غم/م² وكفاءة استخدام المياه 0.4، 0.55، 0.53 كغم/م³ على التوالي لمعاملات الري، بينما كان التبخر - نتح للمحصول 640 ملم لجميع معاملات الري . نلاحظ بان كمية الحاصل تزداد مع زيادة عمق الري المضاف ويتقليل فاصلة الإرواء وبالتالي ترفع من قيمة كفاءة استخدام المياه بزيادة الحاصل إلى حد معين ثم ينخفض كلاهما بحيث تكون الزيادة في كمية المياه غير مجددا اقتصادياً. وهذه النتيجة جاءت موافقة إلى الباحثان في [25] بان الإنتاج يزداد مع كمية المياه المضافة للمحصول للذرة إلى حد معين . بينما وجد الباحث في [26] بان الإنتاج النسبي يرتبط مع الري النسبي بعلاقة من الدرجة الثانية.

أما أعلى حاصل وكفاءة استخدام المياه فكانت للمعاملة الثانية حيث بلغت 356غم/م² و0.55كغم/م³ على التوالي .

الجدول (4) يوضح عدد الريات وعمق الري الكلي والتبخر - نتح للمحصول وحاصل الحبوب وكفاءة استخدام المياه

المعاملة	عدد الريات	عمق الري الكلي ملم	التبخر - نتح للمحصول ملم	حاصل الحبوب غم/م ²	كفاءة استخدام المياه كغم/م ³
T ₁	15	860	640	259	0.4
T ₂	21	881	640	356	0.55
T ₃	29	900	640	342	0.53

7. الاستنتاجات والتوصيات

- أن التطور السريع في مجال الحاسوب يقدم خدماته في مجال الري وخاصة في برنامج CROPWAT التابع لمنظمة الأغذية والزراعة FAO حيث تم استخدام إصدار CropWAT 4.3 Windows version 4 ومن هذا البحث نستنتج ما يأتي :
1. يؤكد البحث بأن أفضل معاملة ري هي عندما يحدد جدول توقيت الري حين يصل الاستنزاف الرطوبي إلى 70% أو 50% من الماء المتاح وبالتالي تزداد عدد الريات وتقل فاصله الإرواء وبالتالي ترتفع كفاءة استخدام المياه والإنتاج وخاصة في الترب المناطق شبه الجافة التي تحتوي على الكلس.
 2. بلغ الاستهلاك المائي خلال الموسم النمو 640 ملم لجميع معاملات الري المحسوب من البرنامج التي بلغ عمق الري المضاف

Applying Furrow or Drip Tape Irrigation Systems in Ghazvin Province, Iran ", *Irrig. and Drain.* 60 ,pp.35-41 ,2011.

22. عبد الامير نجيل صالح ،وعدنان شبار فالح . " ادارة ري محصول الذرة الصفراء (Zea mays L.) لزيادة كفاءة استخدام المياه في وسط العراق" *مجلة ديالى للعلوم الزراعية* ، المجلد 4، العدد 1، ص62-62.2012.75

23. هادي محمد كريم العبودي ، وريسان كريم شاطي أ-". دور جدولة الري وعمقه في نمو وحاصل الذرة الصفراء 1. بعض الصفات الحقلية " . *مجلة العلوم الزراعية العراقية* .، المجلد 41 ، العدد 6. ص29-39.2010.

24. هادي محمد كريم العبودي ، وريسان كريم شاطي ب-". دور جدولة الري وعمقه في نمو وحاصل الذرة الصفراء 2-كفاءة الاستهلاك المائي وحاصل البذور ومكوناته " . *مجلة العلوم الزراعية العراقية* .، المجلد 41 ، العدد 6. ص40-47.2010.

25. نوال محمد ججو ، وباسم محمد نصيف الزبيدي " تأثير تناسق الإرواء بالرش في الإنتاج تحت الري الناقص " . *مجلة هندسة الرافدين* ، المجلد 18 ، العدد 12، ص23-35. 2010.

26 . E. C. Stegman, " Efficient Irrigation Timing Methods for Corn Production " , *TRANSACTIONS of ASAE*, Vol.29 Issue: 1, pp.203-210, 1986.

13. S.H. Ewaid, S.A . Abed and N. AL-Ansari . "Crop Water Requirements and Irrigation Schedules for some major crops in Sothern Iraq ", *Water*, Vol.11 Issue: 4 ,2019.

14. إيمان حازم شيت ، وانتصار محمد غزال ،وعباس فضيل داوود . " تقييم إرواء الزيتون في منطقة بعشيقية " . *مجلة زراعة الرافدين* ، المجلد 36 ، العدد 4 . 2008.

15. أيمن حجازي ، وراية الحايك ، ومحمد حقون . "مدى ملائمة برنامج CropWat8 لجدولة الري وتحديد الاستهلاك المائي لبعض المحاصيل والاشجار المثمرة المزروعة في غوطة دمشق" . *المجلة السورية للبحوث الزراعية* ، المجلد 3 ، العدد 2. ص 206-217 ، 2016 .

16. M.Nazeer , "Simulation of Maize Crop under Irrigated and Rainfed Conditions with CROPWAT model " , *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science*, Vol.4 Issue:2 ,pp.68-73. 2009.

17. FAO , IIDS , and NWRC . CropWat 4 Windows version 4.3 (Manual) (C) 1996-1999, Rome, Italy.

18. وزارة النقل ، الهيئة العامة لأنواء الجوية والرصد الزلزالي ، بيانات غير منشورة .

19. A.R. Pereira, N.A Villa Nova, A.S. Pereira, and V. Barbieri . "A Model for the Class A Pan Coefficient " . *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, Vol.76, pp.75-82, 1995.

20. J.Doorenbos , and W. O. Pruitt, Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24 , Rome, Italy. 1977.

21. M. Karimi ,and A. Gomrokchi. "Yield and Water Use Efficiency of Corn Planted in One or Two Rows and

Effect of Irrigation Scheduling Using CROPWAT on Water Use Efficiency and Grain Yield and Components for Maize (*Zea mays L.*) in Semi Arid Regions

Ahmed Azhor Thanoon

ahmedalnamey@ntu.edu.iq

Technical Institute of Mosul- Northern Technical University

ABSTRACT

Irrigation scheduling is determining the appropriate time and quantity of irrigation to reach maximum production. In this research the irrigation scheduling was determined using a computer program CROPWAT, developed by FAO. The program used the climate, crop, and soil data for calculation the irrigation scheduling. The climate data represents average years (1971-2007) of pan evaporation to Mosul city for calculating the reference evapotranspiration, maize crop and light soil data, were used to input data. The program was used cases include three different irrigation timing levels are 100%, 70% and 50% of the readily soil moisture depletion (critical depletion and belowcritical depletion) with refill soil moisture content to field capacity. The results of irrigation scheduling from the program were applied to the field experiment in the Mosul Technical Institute during the summer of 2010. The grain yield and components were measured at harvest to improve the best irrigation scheduling for maize crop in semi arid regions.

The results showed that the depth of irrigation added to three different irrigation levels 100% and 70% and 50% of the readily soil moisture depletion reached 860 and 881 and 900 mm respectively, the number of irrigations 15, 21, 29. The results also showed that the best irrigation scheduling for higher water use efficiency was 0.55 kg/m³ and highest production 356g/m² for the treatment of 70% of the readily soil moisture depletion. Therefore the CROPWAT is an effective tool for planning and management of irrigation maize in semi arid regions.

Keywords:

Irrigation scheduling ; CROPWAT ; Soil moisture depletion; Maize ; Crop evapotranspiration ; Water use efficiency .