دراسة محاكاة النموذج الرياضي Cropwat 8للإحتياجات المائية للذرة الصفراء [*Zea mays* L.]وفق مستويات وطرق ري مختلفة في شمال سورية

د. ندى التنجي[1] ,د. عبد الغني الخالدي[2], د. إلهام منير بدور[2]

قسم تقانات الهندسة البيئية، كلية الهندسة التقنية، جامعة حلب، سورية[1]

إدارة بحوث الموارد الطبيعية، مركز بحوث حلب، سورية[2]

قسم تقانات الهندسة البيئية، كلية الهندسة التقنية، جامعة حلب، سورية[3]

Email: dr_elham_bador@hotmail.com

Received: 6.12.2016
Accepted: 9.2.2017

ABSTRACT- The irrigation water management in an era of water scarcity must be applied more efficiently and effectively in order to save water and get to a higher production of the crop. Cropwat 8: mathematical model developed and produced by the Food and Agriculture Organization (FAO). It aims to help decision-makers in development of water plans by computing the crop requirement water and irrigation needs. In 2014 was the introduction of the data to the model mentioned above and for six seasons maize under selected irrigation treatments irrigation methods (developed surface, spray, drip), and. The implementation of four agricultural seasons in Srbaya Research Station (2004-2007), and two seasons in Tel Hadya Research Station (2007 and 2008), followed to Aleppo Research Center. In order to test the extent of this simulation program for the results obtained from the field experiments. The results showed between Cropwat 8 simulation program and the reality field results for 100% and 85% irrigation treatments that the model has a weak sensitivity. Also it showed there was no shortage of production of grain yields in spite of its presence in the reality of the experience. The deficit irrigation treatments, cropwat 8 improved the performance, and improved performance in its response to the shortage of grain yield.
The resultsshowed that programmay be more insensitivefor full irrigation onmaize,and may be improveits performancewell withlow wateraddedquantity.There are many studies to agreement this results,It is possiblethat this programhelpsconcernedto augurynecessaryplansfor futurewaterrequirements.

المستخلص – إن إدارة مياه الري في عصر ندرة المياه يجب أن تطبق بشكل أكثر كفاءة وفاعلية بهدف توفير المياه والوصول إلى أعلى إنتاج للمحصول. النموذج الرياضي Cropwat 8 أنتج وطور من قبل منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO). يهدف الى مساعدة أصحاب القرار في ادارة ووضع الخطط المائية عن طريق حساب احتياجات المحصول المائية واحتياجات الري. في عام 2014 تم ادخال البيانات المطلوبة للنموذج المذكور أعلاه ولستة مواسم زراعية للذرة الصفراء بمعاملات مائية مختلفة من السعة الحقلية وبأربع طرق ري (سطحي مطور، رذاذ، تنقيط). تم تنفيذ 4 مواسم زراعية في محطة بحوث صربايا (2004–2007)، و2 موسمين زراعيين في محطة بحوث تل حديا (2007 و2008)، والتابعتين لمركز بحوث حلب. وذلك لاختبار مدى دقة محاكاة هذا البرنامج للنتائج التي تم الحصول عليها من الواقع. أظهرت النتائج بين المحاكاة ببرنامج Cropwat8 وبين واقع التجارب المنفذة ولمعاملات 100% و85% أنالنموذج ذو حساسية ضعيفة.كما أظهرت عدم وجود نقص بالإنتاج للغلة الحبية بالرغم من وجوده في واقع التجربة.أما المعاملات والتي كان فيها عجز مائي، فقد تحسن أداء هذا البرنامج، كما تحسن أداءه في استجابته لنقص الغلة الحبية.

نستنتج أن البرنامج الرياضي المذكور أعلاه وعلى محصول الذرة الصفراء من الممكن أن يكون حساس وغير دقيق في حالة الري الكامل وكميات المياه المضافة العالية ، ويتحسن أداءه بشكل جيد مع انخفاض كمية المياه المضافة. ويتفق مع هذه النتيجة عدد من الدراسات السابقة والتي أشارت الى نجاح البرنامج في التنبؤ بانخفاض إنتاجية المحصول في الزراعات المطرية وفي معاملات الري الناقص. ومن الممكن أن يساعد هذا البرنامج المعنيين في التنبؤء بالاحتياجات المائية اللازمة للخطط المستقبلية.

الكلمات المفتاحية: Cropwat 8، التبخر–نتح، الذرة الصفراء، العجز المائي، الاستهلاك المائي.

المقدمة: إن المصدر الرئيسي للغذاء لسكان العالم تكون من الزراعة، حوالي 90% من سكان العالم الحالي لا يستطيعون الاستمرار من دون الزراعة.تعد الزراعة هي المستهلك الأكبر للمياه [1] . في الوقت الحاضر 20% فقط من الأراضي الصالحة للزراعة في العالم هي زراعة مروية، أما 80% من تلك الأراضي هي تحت الزراعة البعلية [2]. حيث يستهلك القطاع الزراعي في العالم حوالي 67% من الموارد المائية[3].في الوقت الذي تشكل فيه الرقعة الأرضية العربية نحو 9.6% من الرقعة العالمية فإن نصيبها من موارد المياه المتجددة لا يكاد يعادل فقط 0.5% من موارد المياه العالمية، حيث تشكل الأراضي المروية منها نحو 22.5% من رقعة الأراضي الزراعية العربية [4]، وبالتالي تعد المنطقة العربية من أكثر مناطق العالم جفافاً، إذ يغطي المناخ الجاف أو شبه الجاف نحو 90% من مساحة الوطن العربي، والمساحة التي يقل فيها معدل الهطول المطري السنوي عن 100 مم تقدر بحوالي 52% من المساحة الكلية، أما التي يتراوح فيها معدل الأمطار 100 – 300 مم سنوياً تقدر 30%[5].في سورية تمثل الأراضي المروية نحو24.5% من مجمل المساحة المستثمرة وهي تشكل 100% من المحاصيل الصيفية كالقطن والذرة الصفراء... إلخ [6].مع بداية الربع الأخير للقرن الحالي وفي كثير من دول العالم تم تبني تقنيات ري حديثة أكثر وفراً للمياه، منها الري الموضعي والري بالرذاذ... إلخ، ومع استمرار نضوب تلك الموارد وتعاقب سنوات الجفاف في كثير من الدول، فقد تم تبني تقنيات أكثر وفراً مثل الري التكميلي وجدولة الري والإجهاد المائي المنتظم، وفي السنوات الأخيرة تم اختبار آلية الري الجزئي المتناوب لمنطقة الجذور[7]والتي مازالت تثبت جدواها في بعض الأشجار المثمرة كونها إحدى طرق ترشيد استهلاك مياه الري والحصول على إنتاج جيد [8]. تتمثل هذه الطريقة بتعريض جزء من النظام الجذري لجفاف التربة بينما الجزء الأخر يروى بشكل طبيعي وبشكل متناوب[7].تعتبر الذرة الصفراء من المحاصيل ذات القيمة الاقتصادية والغذائية العاليتين، حيث تدخل في العديد من الاستخدامات الغذائية والصناعية والعلفية، فهي تستخدم لاستخراج دقيق الذرة الذي يدخل في صناعات عديدة وهامة[9]. كما أن هذا المحصول الهام يستخدم بشكل واسع في إنتاج الوقود الحيوي (Fuel ethanol)، فقد أنتجت الولايات المتحدة الأمريكية عام 2000 حوالي 1.8 بليون غالون من وقود الإيتانول، كان 95% من هذا الوقود من محصول الذرة الصفراء [10]. تزرع الذرة في معظم بلدان العالم ومنها سورية التي تطورت زراعة هذا المحصول فيها بشكل ملحوظ من حيث المردود والمساحة، وازدادت المساحة المزروعة من حوالي أربعة ألاف هكتار في نهاية الستينات إلى ما يزيد عن تسع وخمسون ألف هكتار لموسم 2011 بمتوسط إنتاجية 5048 كغ/ها[6].

تتوقع النماذج الخاصة بتقييم آثار التغير المناخي، آثاراً سلبية على موارد الأراضي في سورية.فقد تتناقص كمية المياه المتاحة بمقدار يصل إلى 40 ملم في العام وقد ترتفع درجات الحرارة بمقدار يصل إلى 3 أو 4 ْم، مما يؤدي إلى تناقص إنتاج المحاصيل الرئيسية بكميات تتراوح بين 15-35% أو 5-20% تبعاً لإضافة المادة العضوية بكميات كبيرة أو قليلة على التتالي[11] في تجربةلتقييم دقة برنامج CropWat لحساب التبخر-نتح (ETo) في المناطق الجافة وشبه الجافة في ايران، ومن خلال اختيار 9 مواقع في تلك المنطقة، و باستخدام طريقة الليزيمتر، من شهر أيار وحتى شهر تشرين الثاني في السنوات من 1988 الى 1997. أظهرت نتائج البحث أن معدل متوسط الخطأ النسبي المطلق (MARE) ومعامل الانحدار (R2) كان 31% و0.7 على التوالي في المناطق المدروسة.وقد وجد أنه عندما كانت سرعة الرياح حوالي 1 م/ثا مع تبخر-نتح مرجعي (ETo) منخفض (أقل من 6 مم/يوم)، فإن برنامج CropWat كان ذو حساسية منخفضة لتقييم (ETo)، وبالتالي CropWat لم يقيم (ETo) بشكل دقيق[12]. وجد أن قيم الاستهلاك المائي على محصول القطن المحسوبة باستخدام النموذج CropWat متقاربة جداً مع القيم المقاسة عملياً، حيث كانت تلك القيم 824، 906 مم في موقعي حلب والحسكة على التتالي للعام الأول، و835، 890 للعام الثاني، أما القيم التي قيست في الحقل وفقاً لمعطيات رطوبة التربة فقد كانت في العام الأول 850، 885 مم وفي العام الثاني 880، 910 مم في موقعي حلب والحسكة على التتالي. كما تم تحديد مواعيد الري وكميات المياه المستخدمة في الرية الواحدة وكانت قريبة جداً من القيم العملية، علماً أن الري كان عند وصول التربة الى 75% من السعة الحقلية[13]. إن نمذجة استجابة النبات للجفاف هو أمر أساسي وضروري للتنبؤ بإنتاجية النظم البيئية في مواجهة ازدياد المواسم جفافاً وزيادة الشدات المطرية[14]

دراسة مدى محاكاة النموذج الرياضي (CropWat 8) للاحتياجات المائية والاستهلاك

دراسة مدى محاكاة ذلك النموذج للاستهلاك المائي تحت مستويات ري وفق نسب (85، 65)% من الماء المتاح مقارنة بالشاهد 100% بطريقة الري بالتنقيط، إضافة لمحاكاته باستخدام طريقة الجفاف الجزئي لمنطقة الجذور (PRD).المائي لمحصول الذرة الصفراء لأربع مواسم زراعية ووفق طرق ري مختلفة (رش، Trans، Siphon).

مواد البحث وطرائقه:

CropWat إصدار (8) هو نموذج رياضي يستعمل معادلةPenman-Monteith لحساب التبخر-نتح المرجعي (ETo). حيث تستخدم لتقييم احتياجات المحصول المائية وجدولة الري.يستعمل البرنامج نفس منهجيةPenman-Monteith والمستخدمة في CropWat إصدار 5.7 و7.0، حتى أنه يستخدم نفس المعلومات للملفات المناخية والمطرية. يعمل البرنامج بنظام القائمة المرنة ومعالجة الملفات واستعمال شامل للرسوم البيانية. بيانات المعلومات المدخلة (المناخ، نموذج المحصول، التربة) والنتائج (احتياجات ماء المحصول، إجهاد رطوبة التربة) يمكن أن يزود بنماذج محاصيل عديدة وبتواريخ زراعة مقترحة، كما يستخدم لتقييم عمليات الري لدى المزارعين وتقييم نمو المحصول تحت نظام المطري والمروي.يعد النموذج الرياضي CropWat 8 ويندوز أداة لدعم إتخاذ القرارات والذي قد تم تطويره في قسم تنمية وتطوير المياه والأراضي في منظمة الأغذية والزراعة الدولية وذلك لحساب الاحتياجات المائية للمحصول (CWR) من خلال الاستناد عبر شبكة من بيانات المناخ والتربة والمحصول، بحيث يسمح هذا البرنامج في حساب جدولة الري في ظروف الإدارة المختلفة، اضافة لحساب إمدادات المياه لأنماط مختلفة من المحاصيل[2]يستند Cropwat 8 على اثنين من منشورات FAO[15,16].

الموقع والمناخ

الموقع الأول: هي محطة بحوث الري صرباياوالتابعة لمركز بحوث حلب-الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. تقع المحطة على بعد 28 كم جنوب حلب، على إحداثيات (شمالاً36.11o، شرقاً37.11o)، بارتفاع عن سطح البحر حوالي 290 متر. يتميز الموقع بمناخ متوسطي وبمعدل هطول سنوي يتراوح عادةً بين 300 و350 مم. تم في هذا الموقع تنفيذ أربع مواسم لزراعة الذرة الصفراء التكثيفية (2004 – 2007) وبثلاث طرق ري هي الرش والري بطريقة Transe، وطريقة Siphon. تحوي هذه المحطة البحثية على محطة مناخية تم الإعتماد عليها. بلغ التبخر-نتح المرجعي للأعوام (2004، 2005، 2006، 2007) على التتالي (685، 702، 710، 743) مم. أما الهطل المطري فقد كان خلال أشهر نمو المحصول وفي سنوات الدراسة (0، 17.9، 29.1، 5) مم على التتالي.

الموقع الثاني:هي محطة بحوث تل حديا والتابعة لمركز بحوث حلب-الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. تقع المحطة على بعد 35 كم جنوب حلب، على إحداثيات (شمالاً 35.65o، شرقاً 36.10o)، بارتفاع عن سطح البحر حوالي 274 متر. يتميز الموقع بمناخ متوسطي وبمعدل هطول سنوي يتراوح عادةً بين 250 و350 مم. أخذت معظم القياسات المناخية من المحطة المناخية التابعة للمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ICARDA) والقريبة من موقع البحث وذلك خلال موسمي زراعة المحصول 2007 و2008. تراوحت متوسط درجة الحرارة بين 32.7 مº لشهر تموز و23 مº في شهر تشرين الأول لعام 2007 و 31.0 مº و21.0 مº لعام 2008. أما الرطوبة النسبية فقد تراوحت كمتوسط شهري بين 35% لشهر تموز و 42.8% لشهر تشرين الأول لعام 2007 و بين 44.3% و57.2% لعام 2008 لنفس الأشهر. أما سرعة الرياح على ارتفاع مترين فقد تراوحت بين 4.1 م/ثا في شهر تموز و2.9 م/ثا في شهر تشرين الأول لعام 2007 أما في عام 2008 فقد تراوحت سرعة الرياح بين 4.9 م/ثا و2.5 م/ثا لنفس الأشهر. أما الهطل المطري فقد كان (7.6، 37.3) مم على التتالي.

التربة والمياه

تربة الموقع الأول طينية عميقة حمراء Montmorillonitic Thermic CalcixerollicXerochrept (1) يبين الجدول رقم . بعض المواصفات الفيزيائية والكيميائية لهذه التربة. أما المصدر المائي فقد كانت الناقلية الكهربائية 0.7 dS/m، ودرجة الحموضة 7.6 .

جدول رقم 1: يبين بعض المواصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة الموقع الأول

نوع التحليل	نتائج التحليل
درجة (pH)	7.2 في العمق السطحي و7.5 مادون السطحي
الناقلية الكهربائية (EC_e)	للعجينة المشبعة 0.8 dS/m
الكثافة الظاهرية	تراوحت بين 1.1 و1.44 غ/سم^3 للأعماق من 0- 105 سم
السعة الحقلية (FC)	تراوحت بين و31.5% و36.4% وزناًلعمق 105 سم

تربة الموقع الثاني طينية ثقيلة عميقة حمراء مصنفة ChromoxereicRhodoXeralf. يبين الجدول رقم (2) بعض المواصفات الفيزيائية والكيميائية لهذه التربة. أخذت عينات مائية من المصدر المائي عند بداية كل الموسم، وكان متوسط الموسمين للناقلية الكهربائية 1.1 dS/m، ودرجة الحموضة 7.9، والكلور 3.2 ميل مكافئ/ليتر، والصوديوم 3 ميل مكافئ/ليتر، أي المصدر المائي ذو ملوحة خفيفة جداً.

جدول رقم 2: يبين بعض المواصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة الموقع الثاني

نوع التحليل	نتائج التحليل
درجة (pH)	7.3 في العمق السطحي و7.8 مادون السطحي
الناقلية الكهربائية (EC_e)	للعجينة المشبعة 1.35 dS/m في الطبقة السطحية للتربة وزادت تدريجياً حتى بلغت حوالي 2 dS/m للعمق 105 – 120 سم.
الكثافة الظاهرية	تراوحت بين 1 و1.38 غ/سم^3 للأعماق من 0- 120 سم.
السعة الحقلية (FC)	تراوحت بين 38.7% و41.5% وزن الّعمق 120 سم.

المادة النباتية

في الموقع الأول تم زراعة الذرة الصفراء الصنف غوطة-82 ، يصل إلى النضج الفيزيولوجي بعد حوالي 110-120 يوم من الزراعة تقريباً. انتاجه كمتوسط 6.4 طن/هكتار وقد يصل من 7- 9 طن/هكتار. زرعت التجربة وعلى مدار الأربع سنوات في 7/1 يدوياً بطريقة التقبيع، أضيف السماد الأزوتي والفوسفاتي على ضوء نتائج تحليل التربة ووفقاً لتوصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي 2005.

في الموقع الثاني تم زراعة الذرة الصفراء [Zea mays L.]، الهجين باسل-1 لموسمين (وهو هجين فردي معتمد يتميز بإنتاجية عالية تصل إلى 9-10 طن/هكتار وفقاً لتقرير اعتماد الهجن، مديرية البحوث العلمية الزراعية، 2001)، مخصص للزراعة التكثيفية، يصل إلى النضج الفيزيولوجي بعد حوالي 100 يوم من الزراعة تقريباً. تم تجهيز الأرض بفلاحتين متعامدتين لتهيئة الأرض ثم تم تنعيمها. زرعت التجربة يدوياً بطريقة التقبيع بتاريخ 2007/7/15 في الموسم الاول و2008/7/13 في الموسم الثاني، أضيف السماد الأزوتي والفوسفاتي على ضوء نتائج تحليل التربة ووفقاً لتوصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي 2005 .

المعلومات التي تم إدخالها الى النموذج الرياضي CropWat 8:

للموقع الأول:تم إدخال التبخر - نتح المرجعي((ETo والمحسوب بطريقة Penman–Monteith وبشكل عشري، حيث كان المتوسط الشهري في موسم 2004 (7.1، 6.5، 5.0، 3.6) مم، وفي موسم 2005 (8.6، 7.4، 5.2، 3.3) مم،موسم 2006 كان (8.7، 7.5، 5.3، 3.3) مم، موسم 2007 فقد كان (8.8، 7.9، 5.7، 3.5) مم لأشهر النمو (تموز، أب، ايلول، تشرين الأول) على التتالي. تم اعتبار الكمية الهاطلة في أشهر نمو المحصول هي أمطار فعالة حيث تم ادخالها الى البرنامج.

بيانات المحصول اعتمدت تاريخ الزراعة في المواسم الأربعة تراوح بين 1 و 2 تموز. معامل المحصول (Kc) تم اعتماده وفق ألأرقام منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO). طول فترة نمو النبات تراوحت خلال المواسم الأربعة بين 112 يومو116 يوم. العمق الذي تم اضافة مياه الري على أساسه كان في البداية 0.45 مثم 0.75 م. الاستنزاف الحرج (Critical depletion fraction) كان عند وصول رطوبة التربة الى 80% من السعة الحقلية، وبالتالي فق دكانت ووفق اللسعة الحقلية ونقطة الذبول حوالي 55% . استجابة الغلة للإجهاد المائي (Ky) تم اعتماده وفق الـFAO،وهو (0.4، 0.4، 1.3، 0.5) لمراحل نمو النبات الأربعة، والاجمالي كان 1.25.

بيانات التربة لتيتم ادخالها اجمالي رطوبة التربة المتاحة (Total available soil moisture) حوالي 190 مم/متر،معدل النفاذية الأعظم يفقد كان 36 مم/يوم. رطوبة التربة في البداية فقد تم ادخالها وفق القراءات جهاز التشتت النيتروني عند بداية كل موسم (طريقة الري).

لقدتم ادخال كفاءة الريلك لطريقة في كل سنة من سنوات البحث، تم اختيار بند (Irrigation timing) و (Irrigate at critical depletion) ،وفي بند (Irrigation application) تم اختيار (Refill soil to field capacity). من القائمة Settings .

الموقع الثاني: تم إدخال المعطيات المناخية بشكل عشري لدرجات الحرارة الدنيا والصغرى والرطوبة النسبية وسرعة الرياح وساعات السطوع لموسم 2007،ليتم حساب Etoمن قبل النموذج الرياضي (10.95، 9.30، 6.73، 4.60) مم،وفي موسم 2008 كانت (10.55، 9.60، 6.30، 3.63) مم لأشهر نمو المحصول (تموز،أب،أيلول،تشرين الأول) على التتالي. الأمطار تم إدخالها أيضاً بشكل عشري.

بيانات المحصول اعتمدت تاريخ الزراعة في الموسم ينوقدكانا 15 و13 تموز. معامل المحصول (Kc) تم اعتماد المعامل المعتمد من قبل منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO). فترة نمو النبات خلال الموسمين كانت 102 و 101 يوم. أما العمق الذي تم اضافة مياه الري على أساسه كان في البداية 0.45 مثم 0.75 م. الاستنزاف الحرج (Critical depletion fraction) كان عند وصول رطوبة التربة الى 50% من الماء المتاح لإكمالها الى 100% في معاملة الشاهد (100%)،فقد كانت ووفقا للسعة الحقلية ونقطة الذبول حوالي 0.50 . وباقي المعاملات كانت تضاف وفق نسبتها من معاملة الشاهد. استجابة الغلة للإجهاد المائي (Ky) فقد اعتمد ماتعتمده FAO للذرة الصفراء وهو (0.4، 0.4، 1.3، 0.5) لمراحل نمو النبات الأربعة، والاجمالي كان 1.25.

في البيانات المتعلقة بالتربة فقد تم ادخال اجمالي رطوبة التربة المتاحة (Total available soil moisture) 180 مم/متر. معدل النفاذية الأعظم يفقد كان 40 مم/يوم، كما سبق ذكره هي تربة طينية عميقة. أم بالنسبة لرطوبة التربة في البداية فقد تم ادخالها وفق الكل معاملة في الموسم الواحد.

كفاءة الري كانت 92% في موسم 2007،و90% في موسم 2008،لأن طريقة الري كما أسلفنا كانت بالتنقيط. من قائمة البرنامج تم اختيار Settings ثم اختيار في بند (Irrigation timing) الخيار (Irrigate at user defined intervals)،ليتم إدخال مواعيد الري التي تم تطبيقها في المعاملات الأربعة وفي الموسمين الزراعيين. وفي البند الثاني (Irrigation application) الخيار (User defined application depth)،ليتم إدخال كميات الري(مم) التي تم تطبيقها في المعاملات الأربعة على أرض الواقع وفي الموسمين الزراعيين ايضاً.

النتـائج:

الموقع الأول:يبين الجدول (3) تحليل التباين (Analysis of variance) للتبخر-نتح وفقط رق الري المختلفة والتبخر- نتح الفعلية والمحاكاة.

جدول رقم 3:يظهر تحليل التباين للتبخر–نتح الفعلية والمحاكاة وفقا لطرق الري

Source of variation	d.f.	m.s	v.r.	F pr.
Met.	2	766	0.54	0.592
Sta.	1	17822	12.58	0.002

يبين تحليل التباين عدم وجود فروقات معنوية بين المحاكاة والفعلية بين طرق الري الثلاثة. بينما كان هنا كفروق معنوية عند مستوى 5% بين التبخر-نتح المحاكاة والفعلية.

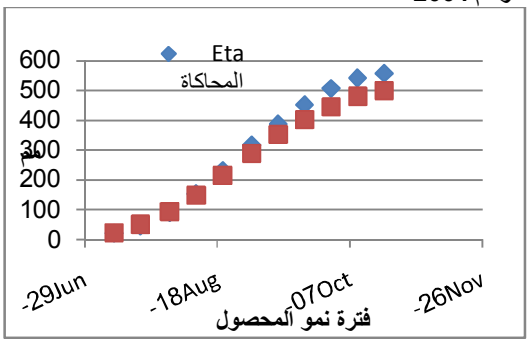
يبين الجدول (4) نتيجة التحليل الاحصائي للتبخر-نتح خلال السنوات الأربعة لطرق الري وET الفعلية والمحاكاة.

جدول رقم 4:يبين نتائج التحليل الاحصائي للتبخر–نتح وفق طرق الري

طريقة الري	ET	الحالة	ET
Tr.	576.6	الفعلية	560.4
Si.	595.2	المحاكاة	614.9
Sp.	591.1		
L.S.D	39.54	L.S.D	32.28
Cv%	9.2	Cv%	9.2

بين تنتائج المحاكاة بالنموذج الرياضي (CROPWAT 8) ولموسم 2004. وبطريقة الري بالرش (Sp.) أن التبخر-نتح الفعلي (Eta) لكامل موسم الذرة الصفراء في التجربة مقارنة بالمحاكاة كما هو موضح في الشكل-1 . حيث يظهر هذا الشكل أن Eta المحاكاة كانت في نهاية الموسم 559 مم.

الشكل 1:يوضح التبخر-نتح الفعلي (Eta) للتجربة والمحاكاة لموسم 2004



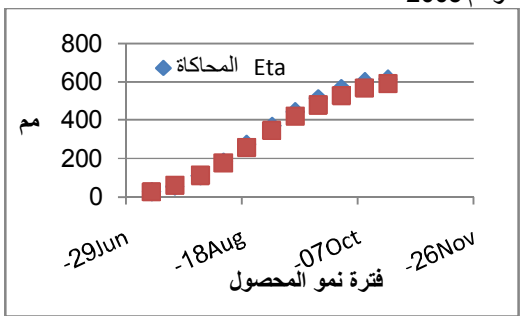
بينما في واقع التجربة 500 مم. أما Eta لنفس الموسم وبطريقة (Tr.)(Trans Irrigation) و طريقة (Siphon Irrigation)(Si) فهي موضحة بالجدول-5 . علماً أن الاحتياج المائي (Etc) للمحاكاة كانت (562، 562، 654) مم بينما للتجربة كانت (592، 597، 601). عدد الريات في التجربة فقد كانت (8، 8، 9)، بينما المحاكاة ناقص رية واحدة لطرق الري (Sp.، Tr.، Si) على التتالي. الإنتاج الحبي كان (6.87، 6.12، 5.56) طن/هكتار في التجربة على التتالي. ولم تظهر المحاكاة أي نقص فيه.

جدول رقم 5:يبين Eta التراكمي بطريقتي الري (Tr.) و(Si) خلال فترة نمو المحصول العشرية ولموسم 2004

أيام النمو	Trans Irrigation		Siphon Irrigation	
	Eta مم(محاكاة)	Eta مم(تجربة)	Eta مم(محاكاة)	Eta مم(تجربة)
تموز	22	23	22	26
	47	50	48	56
	94	93	98	105
آب	156	150	162	166
	234	215	241	239
	319	288	325	322
ايلول	390	352	396	391
	455	402	461	446
	509	444	514	491
تشرين الأول	544	479	548	529
	560	497	564	548

موسم 2005 وبطريقة الري (Sp.) وجد أن (Eta) في التجربة مقارنة بالمحاكاة كما هو موضح في الشكل-2 . يظهر هذا الشكل أن Eta المحاكاة كانت في نهاية الموسم 617 مم بينما في واقع التجربة 590 مم. أما Eta لنفس الموسم وبطريقتى الري (Tr.) و (Si) فهي موضحة بالجدول-2 . علماً أن الاحتياج المائي (Etc) للمحاكاة كانت (619، 607، 611) مم بينما للتجربة كانت (628، 653، 664). عدد الريات في التجربة كانت 9 ، بينما المحاكاة كانت 8 ريات لكافة الطرق (Sp.، Tr، Si). الإنتاج الحبي بلغ (7.57، 6.59، 5.72) طن/هكتار في التجربة على التتالي، ولم تظهر المحاكاة أي نقص في الانتاج الحبي.

الشكل 2:يوضح التبخر-نتح الفعلي (Eta) للتجربة والمحاكاة لموسم 2005

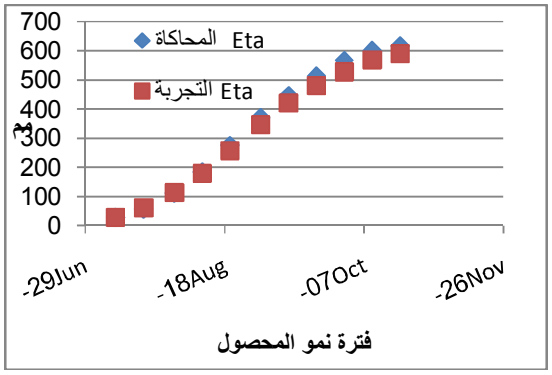


جدول رقم 6:يبين Eta التراكمي بطريقتي الري (Tr.) و (Si) خلال فترة نمو المحصول العشرية ولموسم 2005

أيام النمو	Trans Irrigation		Siphon Irrigation	
	Eta مم(محاكاة)	Eta مم(تجربة)	Eta مم(محاكاة)	Eta مم(تجربة)
تموز	27	25	27	27
	54	54	54	58
	104	100	106	108
آب	174	160	177	171
	264	229	267	247
	359	307	362	333
ايلول	435	376	438	404
	502	430	505	460
	556	475	559	508
تشرين الأول	590	512	593	546
	606	531	609	566

موسم 2006 وبطريقة الري (Sp.) وجد أن (Eta) لمحصول الذرة الصفراء في التجربة مقارنة بالمحاكاة كما موضح في الشكل-3 . حيث يظهر هذا الشكل أن Eta المحاكاة كانت في نهاية الموسم 637 مم بينما في واقع التجربة 575 مم. أما Eta لنفس الموسم وبطريقة (Tr.) وطريقة (Si) فهي موضحة بالجدول-7 . علماً أن الاحتياج المائي (Etc) للمحاكاة كانت 637 مم لكافة الطرق، بينما في واقع التجربة كان (659، 670، 670) على التتالي، عدد الريات في التجربة كانت 9 ، بينما المحاكاة كانت 8 ريات ولكافة الطرق (Sp.، Tr، Si). الإنتاج الحبي كان (7.25، 6.23، 5.41) طن/هكتار في التجربة على التتالي، ولم تظهر المحاكاة أي نقص في الإنتاج الحبي.

الشكل 3:يوضح التبخر-نتح الفعلي (Eta) للتجربة والمحاكاة لموسم 2006

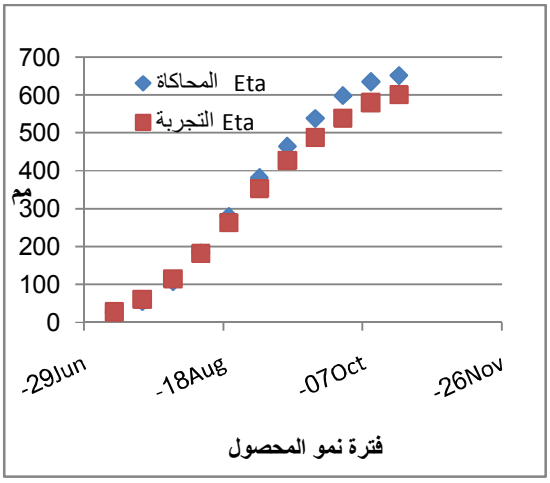


جدول رقم 6:يبين Eta التراكمي بطريقتي الري (Tr.) و (Si) خلال فترة نمو المحصول العشرية ولموسم 2006

أيام النمو	Trans Irrigation		Siphon Irrigation	
	Eta مم(محاكاة)	Eta مم(تجربة)	Eta مم(محاكاة)	Eta مم(تجربة)
تموز	27	26	27	28
	58	56	58	60
	119	104	119	113
آب	197	167	197	178
	292	239	292	257
	388	321	388	346
ايلول	466	392	466	420
	534	448	534	479
	588	495	588	528
تشرين الأول	621	534	621	568
	635	554	637	589

موسم 2007 وبطريقة الري (Sp.) وجد أن (Eta) في واقع التجربة مقارنة بالمحاكاة كان كما هو موضح في الشكل-4 . يظهر هذا الشكل أن Eta المحاكاة كانت في نهاية الموسم 651 مم بينما في واقع التجربة 600 مم. أما Eta لنفس الموسم وبطريقة (Tr.) وطريقة (Si) فهي موضحة بالجدول-8. علماً أن الاحتياج المائي (Etc) للمحاكاة كانت 654 مم لكافة الطرق، بينما للتجربة كانت (682، 652، 693) على التتالي، أما عدد الريات في التجربة فقد كانت 9 ريات، بينما المحاكاة كانت (9، 8، 8) ريات لطرق الري (Sp.، Tr، Si). الإنتاج الحبي كان (7.91، 6.78، 6.00) طن/هكتار في التجربة على التتالي. ولم تظهر المحاكاة أي نقص في الانتاج الحبي.

الشكل 4:يوضح التبخر–نتح الفعلي (Eta) للتجربة والمحاكاة لموسم 2007

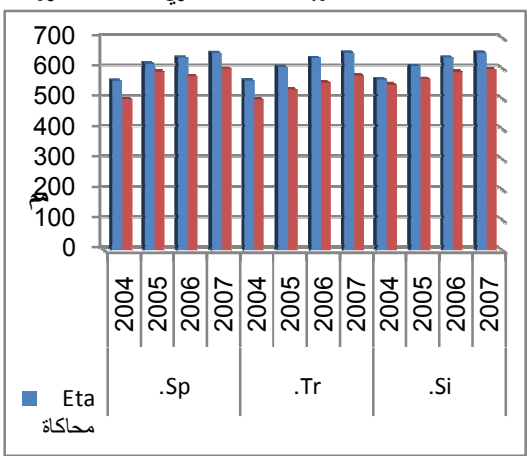


جدول رقم 8:يبين Eta التراكمي بطريقتي الري (Tr.) و (Si) خلال فترة نمو المحصول العشرية ولموسم 2007

أيام النمو	Trans Irrigation		Siphon Irrigation	
	Eta مم(محاكاة)	Eta مم(تجربة)	Eta مم(محاكاة)	Eta مم(تجربة)
تموز	27	27	27	28
	55	59	55	61
	110	108	110	114
آب	186	174	186	180
	284	250	284	261
	386	335	386	351
ايلول	469	409	469	426
	542	468	542	485
	600	517	600	535
تشرين الأول	635	557	635	576
	652	578	652	597

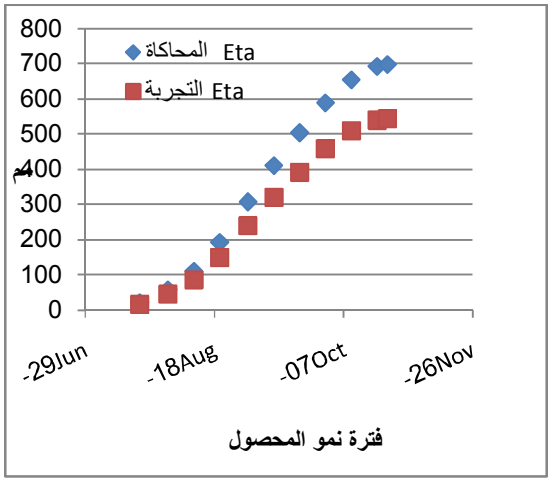
يوضح الشكل-5 أن نسبة Eta المحاكاة / Eta التجربة في طريقة الري (Sp.) كانت (0.89، 0.96، 0.90، 0.92)، وفي طريقة الري (Tr.) كانت (0.89، 0.88، 0.87، 0.89)، وفي طريقة الري (Si.) كانت (0.97، 0.93، 0.93، 0.92)، لمواسم التجربة الاربعة على التتالي.

الشكل 5:يوضح قيم (Eta) للتجربة والمحاكاة خلال المواسم 2007–2004 وبكافة الري المدروسة



الموقع الثاني: في البداية تم ادخال البيانات المناخية والأمطار والمحصول والتربة في واقع التجربة، ولم يتم اعطاء موعد وكميات الريات للنموذج الرياضي، حتى نتمكن من معرفة محاكاة البرنامج لهذه المعطيات. في موسم 2007 كانت نتائج Eta المحاكاة 698 مم، وطبعا لم يكن هناك نقص في الإنتاج. لأن النموذج هو الذي حدد كميات الري المناسبة لأحصل على أعلى إنتاج حبي ممكن، بينما في واقع التجربة Eta كانت 544 مم كما يوضح الشكل-6 ومتوسط الانتاج كان 8.9 طن/هكتار.

الشكل 6:يوضح (Eta)التر اكمي للتجربة والمحاكاة لمعاملة 100% لموسم 2007(دون ادخال كمية الريات ومواعيدها)

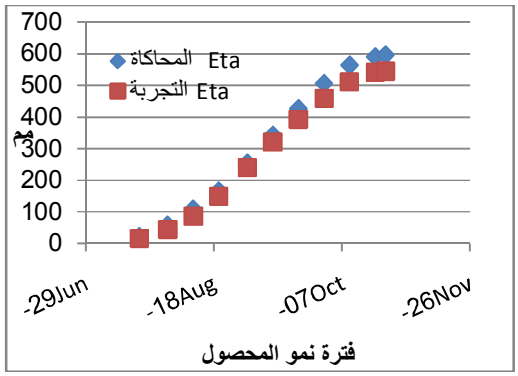


وبعد أن تم ادخال موعد الريات وكمية هذه الريات في معاملة الشاهد (100%) والمعاملتين 85% و65% إضافة للمعاملة التي رويت بطريقة الري الجزئي

لمنطقة الجذور حتى الـ 100% من الماء المتاح، وللموسمين 2007 و2008.

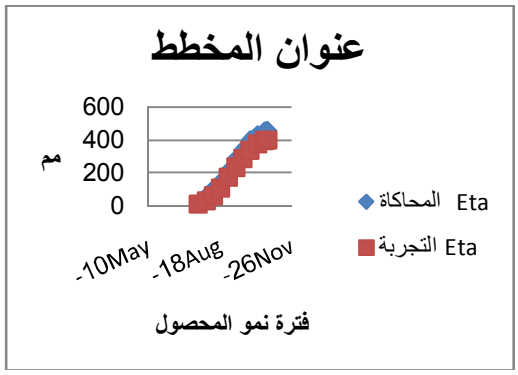
بينت النتائج لموسم 2007 أن محاكاة النموذج الرياضي لتلك المعطيات ولمعاملة 100% كان فيها Eta التراكمي 595 مم بينما في واقع التجربة 544 مم، كما يوضح الشكل-7 ، وكان نقص الانتاج 18.5%، علماً أن الانتاج كان في تلك المعاملة كما أسلفنا سابقاً 8.90 طن/هكتار.

الشكل 7:يوضح (Eta) التراكمي للتجربة والمحاكاة لمعاملة 100% لموسم 2007(بعد ادخال كمية الريات ومواعيدها).



معاملة الري 85% فقد كانت المحاكاة لـ Eta التراكمي 460 مم بينما في واقع التجربة 402 مم، كما يوضح الشكل-8، وكان نقص الانتاج 42.7% في المحاكاة بينما كان في واقع التجربة 10% فقط.

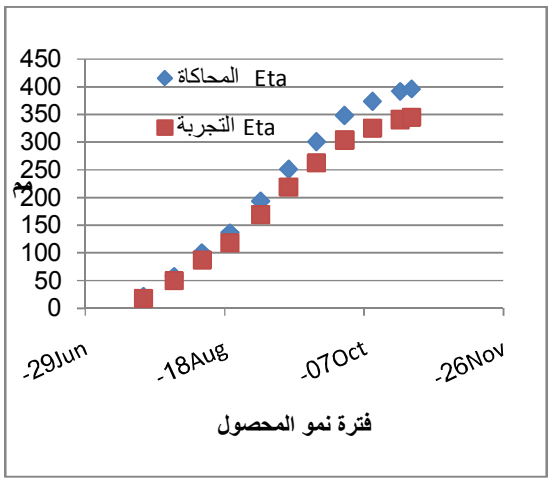
الشكل 8:يوضح (Eta) التراكمي للتجربة والمحاكاة لمعاملة 85% لموسم 2007



معاملة الري 65% كانت المحاكاة لـ Eta التراكمي 259 مم بينما في واقع التجربة 297 مم، كما يوضح الشكل-9، وكان نقص الانتاج 78.6%، علماً أنه في واقع التجربة كان 28% فقط.

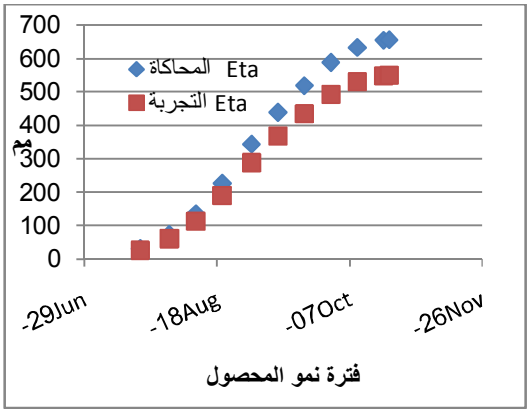
معاملة الري 100% بطريقة الري بالجفاف الجزئي لمنطقة الجذور (PRD)، فقد كانت المحاكاة لـ Eta التراكمي 396 مم بينما في واقع التجربة 345 مم، كما يوضح الشكل-10، نقص الانتاج في المحاكاة كان 54.1%، بينما في واقع التجربة كان حوالي 11%.

الشكل 10:يوضح (Eta) التراكمي للتجربة والمحاكاة لمعاملة 100% – PRD لموسم 2007.



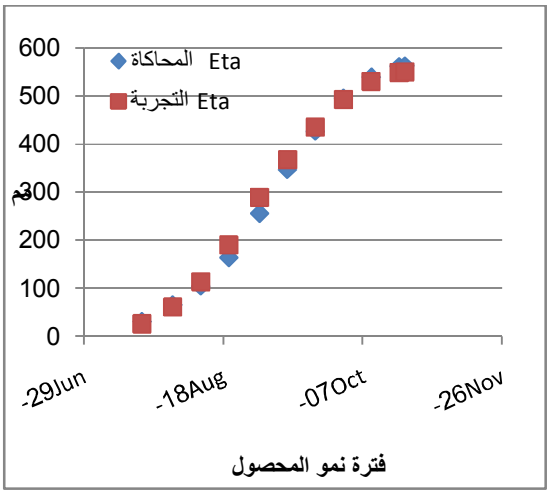
في موسم 2008 نتائج المحاكاة Eta للمعاملة 100% كانت 656 مم، لم يكن هناك نقص في الانتاج. بينما في واقع التجربة Eta كانت 550 مم كما يوضح الشكل-11، ومتوسط الانتاج كان 9.6 طن/هكتار.

الشكل 11:يوضح (Eta) التراكمي للتجربة والمحاكاة لمعاملة 100% لموسم 2008(دون ادخال كمية الريات ومواعيدها)



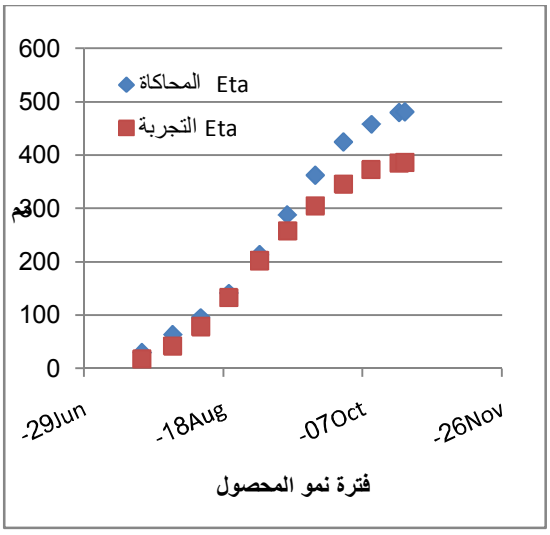
بعد ادخال موعد الريات وكمية هذه الريات في معاملة 100% من الماء المتاح، كانت المحاكاة لـ Eta التراكمي 562 مم، بينما في واقع التجربة 550 مم، كما يوضح الشكل-12.

الشكل 12:يوضح (Eta) التراكمي للتجربة والمحاكاة لمعاملة 100% لموسم 2008(بعد ادخال كمية الريات ومواعيدها)



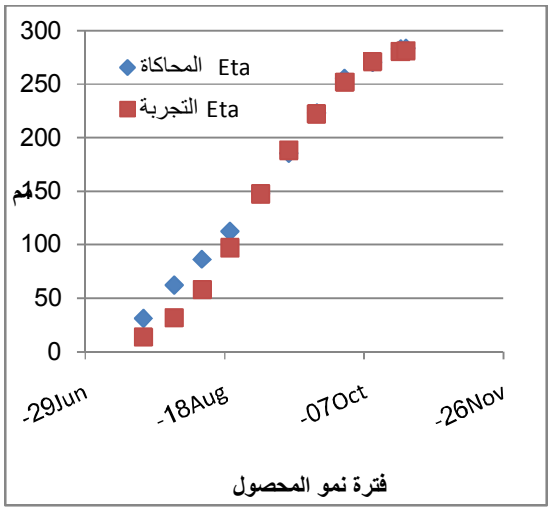
نقص الانتاج كان 17.9%، علماً أن الانتاج كان في تلك المعاملة كما أسلفنا سابقاً 9.6 طن/هكتار. في معاملة الري 85% فقد كانت المحاكاة لـ Eta التراكمي 481 مم بينما في واقع التجربة 387 مم، كما يوضح الشكل-13، وبلغ نقص الانتاج 33%، علماً أنه بلغ حوالي 20% في واقع التجربة

الشكل 13:يوضح (Eta) التراكمي للتجربة والمحاكاة لمعاملة 85% لموسم 2008



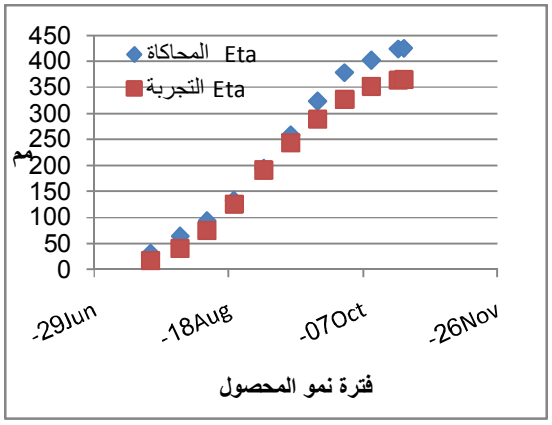
معاملة الري 65% فقد كانت المحاكاة لـ Eta التراكمي 283 مم، بينما في واقع التجربة 281 مم، كما يوضح الشكل-14، و نقص الانتاج 70.9%، علماً أنه بلغ حوالي 38% في واقع التجربة.

الشكل 14:يوضح (Eta) التراكمي للتجربة والمحاكاة لمعاملة 65% لموسم 2008.



معاملة الري 100% بطريقة (PRD)، فقد كانت محاكاة النموذج الرياضي لـ Eta التراكمي 424 مم بينما في واقع التجربة 364 مم، كما يوضح الشكل-15، و نقص الانتاج كان 44%، بينما كان في واقع التجربة حوالي 7%.

الشكل 15:يوضح (Eta) التراكمي للتجربة والمحاكاة لمعاملة PRD–%100 لموسم 2008



المناقشة والاستنتاجات

الموقع الأول: تبين أن التباين بين التبخر-نتح الفعلي لمحصول الذرة الصفراء صنف غوطة 82 في التجربة والمحاكاة ببرنامج CropWat 8 ولصالح المحاكاة لموسم 2004، كان حوالي (12% ، 13%، 3%)، ولموسم 2005 (5%، 14%، 8%)، ولموسم 2006 (11%، 15%، 8%)، ولموسم 2007 (8%، 13%، 9%)، لطرق الري (Sp، Tr، Si) على التتالي. وجد أن متوسط تلك الفروقات وخلال المواسم الأربعة على التتالي كان (9%، 9%، 11%، 10%)، وبالتالي لم تكن هناك فروقات معنوية بين المواسم الأربعة فيما يتعلق بالتبخر نتح الفعلي (Eta) بين المحاكاة وواقع التجربة.

أما بالنسبة للتباين لطريقة الري فنجد وخلال الأربع سنوات كان متوسط التباين لطريقة الري .Sp 9%، أما طريقة .Tr كانت حوالي 14%، وطريقة الري .Si كانت حوالي 7%. مما سبق نجد أنه ليس هناك اختلاف كبير بين المحاكاة وواقع التجربة لـ ETa باختلاف طرق الري السابقة. ويمكن أخذه بالاعتبار عند إجراء المحاكاة المستقبلية لمعرفة الاحتياج المائي وكميات الري المطلوبة. متوسط الغلة الحبية خلال السنوات الأربعة لطريقة الري .Sp كانت 7.4 طن/هكتار، ولطريقة .Tr 6.4 طن/هكتار، ولطريقة الري .Si كانت 5.7 طن/هكتار. علماً أن متوسط الأربع سنوات للـ Eta للطريقة الأولى كان 566 مم، والثانية 540 مم، والثالثة 575 مم، بينما كانت المحاكاة للثلاث طرق تقريباً متساوية وتساوي 614 مم. من الممكن أن يكون التبخر-نتح الفعلي الزائد في طريقة الري بالسيفون ناتج عن زيادة البخر من سطح التربة وبالتالي لم ينعكس على زيادة الإنتاجية .

الموقع الثاني: معاملة 100% التي تم فيها ادخال البيانات المناخية فقط دون موعد الريات وكمية الري لكل من موسمي النمو 2007 و2008 ليتمكن Cropwat 8 من محاكاة الواقع وإعطاء الاحتياج والاستهلاك المائي المتوقع وكميات الري المطلوبة وعدد الريات فقد كان الفرق في ETa في هذه المحاكاة والواقع وللموسمين على التتالي 28% و19% لصالح المحاكاة ولم يكن هناك نقص في الانتاج علماً أن الانتاج كان في الموسم الأول 8.9 والثاني 9.6 طن/هكتار. عندما تم ادخال مواعيد وكميات الري للتجربة للنموذج ولموسمي النمو كان التباين على التتالي 9% و2% ، وكان نقص الانتاج الذي أظهره البرنامج للموسمين على التتالي 18.5% و17.9% .

نستنتج أنه في الري الكامل عندما تركنا للبرنامج تحديد كميات الري كان هناك فروقات بين المحاكاة والواقع أعلى من 19% في الموسمين. بينما عندما حددنا للبرنامج كميات الري وجدنا أن البرنامج ذو حساسية في نقص الانتاج والذي كان حوالي 18% في الموسمين.

معاملة 85% كان التباين على التتالي لموسمي النمو في Eta للتجربة والمحاكاة 14% و24% ونقص الانتاج الذي أظهره البرنامج كان 42% و33% .

معاملة 65% كان التباين على التتالي لموسمي النمو في Eta للتجربة والمحاكاة 13% لصالح التجربة وتطابق في الموسم الثاني، أما في نقص الانتاج الذي أظهره البرنامج كان 78% و70%.

معاملة 100% - PRD كان التباين على التتالي لموسمي النمو في Eta للتجربة والمحاكاة 15% و16% لصالح المحاكاة، أما في نقص الانتاج الذي أظهره البرنامج كان 54% و44% .

نستنتج أنه كلما كان المحصول في حالة إجهاد مائي تقلص الفارق بين المحاكاة وواقع التجربة. بينما في تقدير الانتاج كان البرنامج ذو حساسية في هذا البحث.

من خلال نتائج المقارنة بين واقع التجربة والمحاكاة ببرنامج CropWat 8 تبين أن التباين في الاستهلاك المائي الفعلي تراوح بين 5% و15% بين طرق الري. وتراوح بين 9% و11% بين سنوات التجربة الأربعة. بينما كانت حساسية النموذج الرياضي الى نقص الغلة ضعيفة ولاسيما في طريقة الري .Si وهذا ماأكد عليه بعض العلماء. ان المحاكاة الضعيفة للتبخر-نتح بالنموذج CropWat في تجربتي الري بالغمر، تشير الى انه يجب أن نكون على حذر[17].

بينت نتائج المقارنة بين واقع التجربة والمحاكاة لمحصول الذرة الصفراء في الموقع الثاني، أن هذا البرنامج من الممكن أن يكون أقل حساسية وغير دقيق في حالة الري الكامل (100%) أو في حالة الكميات المضافة العالية نسبياً (85%)، وهذا ماأكد عليه بعض العلماء. من الممكن أن يكون حساس وغير دقيق في حالة الري الكامل[18]. وقد تحسن أداء هذا البرنامج بشكل جيد مع انخفاض كمية المياه المضافة (65%). أما في معاملة الجفاف الجزئي لمنطقة الجذور (PRD) لم تكن المحاكاة دقيقة لاسيما في الغلة الحبية. من الممكن أن يكون لها حالة خاصة يتطلب أخذها بعين الاعتبار من قبل مصممين البرنامج بعد التأكد منها.

REFERENCES

[1] FAO. Irrigation management transfer. Worldwide efforts and results. By C. Garces-Restrepo and D. Vermillion. FAO Technical Papers - Water Reports 32. Rome, Italy (2007) .

[2] Sertoli, P. E. " Irrnet estimation for maize and cotton in Piracicaba " São Paulo, Brazil. Journal of Agriculture and Environment for International Development - JAEID, 109 (1): 139 – 162 (2015).

[3] Jacobsen E. New crops for salt-effected environments. University of Copenhagen, Denmark.

[4] المنظمة العربية للتنمية الزراعية. دراسة تطوير أساليب استرداد تكلفة إتاحة مياه الري على ضوء التطورات المحلية والدولية. إصدارات المنظمة (2005).

[5] مجلة الزراعة والمياه في الوطن العربي. المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة – أكساد العدد 26 ص: 40 (2010).

[6] المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، الجمهورية العربية السورية (2011).

[7] Kang, S., and Zhang, J. Controlled alternate partial root-zone irrigation, its physiological consequences and impact on water use efficiency. Jou. of Exp. Botany, Water Saving Agriculture Special Issue, (55) 407: 2437-2446 (2004).

[8] Liu, F., Liang J., Kang S., Zhang J. Benefits of alternate *partial* root-zone *irrigation* on growth, water and nitrogen use efficiencies modified by fertilization and soil water status in *maize*. Plant and Soil, 295(1/2): Springer Science + Business Media, 279-291 (2007).

[9] Bressani, R. Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas. Food Rev. / nt, 6: 225-264 (1990).

[10] Dien, B.S., Bothast, R.J., Iten, L.B., Barrios, L. and Eckhoff, S.R. Fate of Bt Protein and influence of corn hybrid on ethanol production, Cereal Chem, 79 (4): 582-585 (2002).

[11] IPCC; Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D., Qin, M., Manning, Z., Chen, M., Marquis, K.B., Averyt, M. Tignor& Miller, H.L., eds. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp (2007).

[12] Najafi, P. Assessment of CropWat model accuracy for estimating potential evapotranspiration in arid and semi-arid region of Iran. Pak J BiolSci; 10(16): 2665-9 (2007).

[13] Aldarir, A.N., Ibrahim, B., Yacoub, A. " The use of Cropwat model in scheduling irrigation and determining water use of cotton in two different areas ". 46th science week lattakia book 4, p. 11-28 (2006).

[14] Easterling, D.R., Meehl, G.A., Parmesan, C., Changnon, S.A., Karl, T.R., Mearns, L.O. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. Science, 289: 2068-2074 (2000).

[15] FAO. Irrigation and drainage paper, n. 33, 193p. Roma. (1979).

[16] FAO. Crop evapotranspiration by R. Allen, LA. Pereira, D. Raes and M. Smith. Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome (1998).

[17] Cavero, J., Farre, I., Debaeke, P., Faci, T.M. Simulation of maize yield under water stress with EPIC phase and Cropwat models. Agron. J. 92, 679–690 (2000).

[18] Nazeer, M. Simulation of maize crop under irrigated and rainfed conditions with CropWat model. ARPN Jou. of Agric. and Biol. Sci., 4: 68-73 (2009).