IRAQI Academic Scientific Journals

Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ) Vol.26, No.2, October 2021, pp.280-290

تقييم أنموذج AquaCrop لإنتاجية الحنطة خلال سنوات مضمونة الامطار في منطقة ربيعة

الاء إسماعيل ناصر
engalaaismail79@uomosul.edu.iq

انتصار محمد غزال
e.gazzal@uomosul.edu.iq

جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم هندسة السدود والموارد المائية

تاريخ الاستلام: 1/6/2021 تاريخ القبول: 15/8/2021

الخلاصة

يعد أنموذج AquaCrop أحد الأدوات المهمة للتنبؤ وتقييم تأثيرات البيئة وادارة مياه الري على انتاجية المحاصيل. تهدف الدراسة الحالية الى تقييم أنموذج AquaCrop لانتاجية محصول الحنطة خلال سنوات مضمونة الامطار في منطقة ربيعة ودراسة تأثير توزيع الامطار على الإنتاجية، مع محاولة اقتراح أفضل موعد للري التكميلي خلال الموسم للحصول على أفضل إنتاجية للحنطة ولمياه الري. تم معايرة أنموذج AquaCrop بالبيانات المناخية والتجريبية لمنطقة ربيعة وتحديد موعد بدء الموسم الزراعي بالاعتماد على البلة وموعد سقوط الامطار، وحساب الرطوبة الابتدائية لعمق جذري يعادل 30سم، كما تم دراسة تأثير التوزيع المطري قبل البذار على الإنتاجية لمواعيد بذار مختلفة (1تشرين الثاني، 15تشرين الثاني، 1كانون الاول، 15كانون الأول، 1كانون الثاني). كذلك تحديد مدى الحاجة لإضافة رية بلة قبل البذار لتحسين الإنتاجية، بالإضافة الى تحديد أفضل موعد وعمق الري التكميلي حسب الاحتياج المائي خلال مراحل النمو. بينت النتائج أهمية دراسة وملاحظة التوزيع المطري قبل البذار وخلال موسم النمو اذ ان تأخير موعد البذار يمكن ان يؤدي الى زيادة الإنتاجية كما ان إضافة رية بلة بعمق 20 ملم تعتبر مفيدة لتحسين الإنتاجية بسب سوء توزيع الامطار. كما ظهرت زيادة واضحة بالإنتاجية عند إضافة رية تكميلية للسنوات الرطبة الخمسة بحدود (60-70) ملم خلال المرحلة الثالثة او الرابعة من مراحل النمو وحسب التوزيع المطري لكل سنة.

الكلمات المفتاحية :

AquaCrop؛منطقة ربيعة; مضمونة الامطار; إنتاجية الحنطة.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).
https://rengj.mosuljournals.com

==========

1. المقدمة :

يعد ترشيد استهلاك المياه من الامور التي تتصدر الاهتمامات نتيجة الزيادة السكانية وزيادة الحاجة الى المياه في مختلف القطاعات وخاصة الزراعية منها التي تعد من أكبر المستهلكين للمياه حيث خلق عدم التوازن بين كمية المياه المتاحة والطلب اليها الى التفكير بأساليب مختلفة من اجل المحافظة على المياه والاستفادة منها [1] . تزرع الحنطة في العديد من المناطق الجافة في العالم، مثل شمال العراق ومناطق البحر الأبيض المتوسط، تحت مياه الأمطار والري التكميلي [2]. يعتبر محصول الحنطة من المحاصيل الشتوية الاستراتيجية والمهمة التي تزرع في العراق وفي محافظة نينوى بشكل خاص ولها أهمية إستراتيجية في تحقيق الامن الغذائي الامر الذي يتطلب الاهتمام بزراعتها وتوفير الاحتياجات المائية المناسبة لها بما يساهم في زيادة انتاجه ورفع كفاءة استخدام المياه[3] . يعتمد انتاج الحنطة بالعراق على الامطار لكن التفاوت في كميات هطول الامطار وتوزيعها يؤدي الى تفاوت إنتاجية الحنطة من عام لآخر اذ يؤدي انخفاض او توقف هطول المطر في الفترة الحرجة من موسم نمو المحصول الى انخفاض الإنتاجية وتعرض المزارعين للخسارة، مما دعا الى ضرورة اللجوء الى الري التكميلي الذي يعتبر ممارسة فعالة لاستكمال النقص الحاصل في الهطول المطري بما يحقق حاجة النبات واستهلاكه للمياه وكذلك تحديد الفترة الحرجة لنمو النبات التي تستدعي إضافة الري التكميلي لتحسين الإنتاجية وبما يحقق كفاءة استخدام مياه جيدة الا ان التكاليف المترتبة على الري التكميلي يمكن ان تكون كبيرة لذا لابد من إدارة مياه الري من خلال تحديد كميات مياه الري ومواعيد اضافتها لتحقيق اقصى مردود اقتصادي[4]. ان معدل سقوط الامطار عندما يكون منخفضا تكون الحاجة للري التكميلي أكبر لتلبية احتياجات النبات وان الزيادة بالإنتاجية يمكن ملاحظتها حتى لو كان المجموع المطري لذلك الموسم أكثر من 500 ملم وهذا يعني كلما تكون الاستجابة لإضافة المياه أكبر تعني ان التوزيع المطري لذلك الموسم غير مناسب لتلبية احتياجات المحصول[5] . يعتبر مشروع ري الجزيرة الشمالي، أحد الخطط الطموحة لتعزيز التقنيات المطورة من أجل الاستخدام الفعال للموارد المائية، اذ يعتمد الري التكميلي لخدمة ما يقرب من 60000هكتار باستخدام نظام الري بالرش الخطي[6] . يكتسب التنبؤ لمستوى المياه المضافة لغرض الري واستجابة الإنتاجية لها أهمية كبيرة في تحديد الكمية الأنسب من المياه في ظل ظروف شحة المياه وندرتها، وقد عبرت منظمة الأغذية والزراعة الدولية (الفاو) عن هذه الأهمية بطرحها أنموذج AquaCrop وهو أنموذج حاسوبي يحاكي العلاقة المتبادلة بين النبات والتربة والماء، طورته المنظمة لمواجهة مشكلة الامن الغذائي وتقييم تأثيرات البيئة

والإدارة على انتاج المحاصيل، حرص مصممو البرنامج على تحقيق أفضل توازن بين البساطة اثناء استخدامه إضافة الى الدقة والموثوقية، يعتبر هذا البرنامج من الوسائل الحديثة والناجحة في التنبؤ بالإنتاجية الزراعية[7] . وهو برنامج مهم وفعال يسهم في محاكاة الإنتاجية المائية بأسلوب سهل ومبسط وبعيد عن الإجراءات المعقدة التي يتم استخدامها في تقدير الإنتاجية المائية وعلاقتها بكمية المياه المضافة وأساليب الإدارة الزراعية حيث قام [8] بدراسة في شمال سوريا استخدم خلالها بيانات تجريبية لعشر سنوات اختار منهم ثلاث سنوات ذات مجموع وتوزيع مطري مختلف، اثبتت الدراسة ان الاجهاد المائي يعتمد بشكل كبير على الامطار والتوزيع المطري على طول موسم النمو وان الاجهاد يكون في السنوات الرطبة والمعتدلة والجافة ولكن يختلف حسب توزيع الامطار. اذ يبدأ الاجهاد للسنوات الرطبة والمعتدلة بمنتصف نيسان، بينما للسنين الجافة يبدا بأوائل شهر اذار او حتى في مرحلة البذار كذلك اقتراح موعد للري على أساس مؤشر حساسية المحاصيل للإجهاد المائي مع الاخذ بالاعتبار احتمالية هطول الأمطار وكمية المياه المتاحة في التربة.

قام[9] بدراسة كان الهدف منها معرفة تأثير مواعيد الزراعة والرية المفردة على زيادة الإنتاجية حيث أجريت التجربة خلال الفترة(2004-2000) في معهد البحوث الزراعية للأراضي الجافة (DARI) في ايران تضمنت البذار في وقت(مبكر، طبيعي، متأخر) ولثلاث أصناف من الري المفرد (مطر فقط،50 ملم،100 ملم) لخمس أصناف من الحنطة .بينت الدراسة ان اختلاف الإنتاجية للزراعة الديمية يكون باختلاف سقوط الامطار وتوزيعها وان افضل انتاج للرية المفردة كانت عند 100 ملم في الوقت المبكر و75 ملم للوقت الطبيعي و50 ملم في الوقت المتأخر.

قام[4] بدراسة كان الهدف منها معرفة تأثير الري التكميلي على معدل الإنتاجية لمحصول القمح في محافظة نينوى للموسم الزراعي (2002-2001) كذلك ملاحظة تأثير مجموع الامطار والتوزيع المطري لكافة موسم النمو على الإنتاجية. تبين من تحليل البيانات التي تخص الدراسة ان 65% من الاختلافات في معدل الإنتاجية تكون بسبب الاختلافات في كمية سقوط الامطار وموعدها ومدى ملاءمتها للاحتياج المائي للمحصول اثناء فترة نموه. كذلك ان انخفاض الإنتاجية لمحاصيل الحبوب والتي تكون معدل الامطار فيها تتراوح (400-200) ملم تكون بسبب سوء توزيع الامطارعلى طول موسم النمو مقارنة بالاحتياج المائي الفعلي للنبات.

قامت[10] بدراسة على محصول الحنطة في منطقة الموصل اعتمدت على برامج محاكاة تم تصميمها من قبل الباحثة لتحديد موعد الزراعة المطرية بالاعتماد على معيار العمق التراكمي للمياه المبزولة من الطبقة السطحية والتي تساوي أو تزيد عن 10 ملم شريطة ألا يأتي بعد ذلك الموعد عشرة أيام متتالية وجافة. اضافة الى تحديد سنوات النجاح والفشل اعتمادا على مجموع المطر السنوي لتلك السنة بالإضافة الى معرفة انتاجية المحصول من الزراعة المطرية فقط وكذلك بإضافة ريات تكميلية، بينت النتائج ان السنة التي يقل فيها المجموع المطري السنوي عن 200 ملم تعتبر سنة فاشلة للزراعة المطرية كذلك عند اضافة رية تكميلية واحدة بعمق 75 ملم زادت الانتاجية بمقدار % 9 في حين عند اضافة ريتين في نهاية الموسم المطري بعمق 50 ملم زادت قيمة الانتاجية بمقدار % 30.

اجرى الباحثون[11] دراسة كان من اهدافها تقييم قدرة أنموذج AquaCrop على محاكاة اداء القمح في ظل ظروف المياه الكاملة والعجز في بيئة جافة وحاره في جنوب ايران حيث تم دراسة سيناريوهات مختلفة للري (مراحل نمو المحصول وعمق الماء المستخدم) اعتمادا على بيانات تجريبية تم جمعها من ثلاث تجارب حقلية اجريت في منطقة الاحواز للسنوات 2000-2001، 2004-2005، 2006- 2007 ، حيث كان الأنموذج قادرا على محاكاة محتوى الماء في التربة بدقة في منطقة الجذر والكتلة الحيوية ومحصول الحبوب اذ كانت قيمة RMSE لا تتجاوز 10% واظهر تحليل سيناريوهات الري انه يمكن الحصول على اعلى انتاجية عن طريق تطبيق اربع ريات (200ملم) للسنوات الرطبة والسنوات العادية وحسب مراحل نمو الحنطة ، وست ريات (300ملم) للسنوات الجافة. وكانت أقل كمية من مياه الري لتوفير كمية كافية من المياه للاستجابة للاستهلاك المائي وتحسين كفاءة استخدام المياه للسنوات الرطبة والعادية والجافة هي 100 و200 و250 ملم على التوالي.

قامت[12] بدراسة تضمنت بناء نموذج محاكاة حاسوبي كان الهدف منه ملاحظة تأثير رية تكميلية بعمق75ملم على إنتاجية الحنطة في منطقة الموصل، حيث تم فرض سيناريوهين للمحتوى الرطوبي الابتدائي للمنطقة الجذرية تضمن السيناريو الأول ان تكون الطبقة السطحية بعمق 15 سم عند السعة الحقلية اما العمق المتبقي فان المحتوى الرطوبي له يتغير خطيا من منتصف نقطة الذبول الى السعة الحقلية اما السيناريو الثاني فتكون الطبقة السطحية بعمق 15 سم عند منتصف المحتوى الرطوبي بين السعة الحقلية ونقطة الذبول اما العمق المتبقي فان المحتوى الرطوبي له يتغير خطيا من المحتوى الرطوبي الابتدائي للطبقة السطحية الى السعة الحقلية. وتم إعطاء الرية لكل أسبوع من أسابيع موسم النمو البالغ 26 أسبوع، وإيجاد الإنتاج النسبي لمحصول الحنطة لسنوات الدراسة (28) سنة. بينت النتائج ان أفضل موعد إعطاء رية كان في الأسبوع الأول او الثاني او الخامس للسيناريو الأول بينما للسيناريو الثاني كان عند الأسبوع الأول او السادس كذلك بينت الدراسة انه في حالة توفر رطوبة ابتدائية كافية في التربة فان إعطاء رية بعمق 75ملم في الأسبوع التاسع عشر (مرحلة التزهير) تعمل على زيادة الإنتاج بشكل ملحوظ.

أجرى الباحثون[13] دراسة في وسط الاناضول – تركيا باستخدام أنموذج AquaCrop الاصدار (V5.0) للتنبؤ بإنتاجية القمح واتخاذ القرار فيما لو كان الري ضروريا ام لا حيث تعتمد هذه المناطق بشكل أساسي على المطر لكن تلك المحاصيل قد تتأثر بسبب احداث الجفاف المتناوبة الشدة لذلك تم اعتماد اعماق ري مختلفة وقدمت النتائج ان البرنامج يمكنه اتخاذ قرار مناسب للري في المناطق ذات المصادر المائية المحدودة.

قامت[14] بدراسة في منطقة الموصل استعملت فيها بيانات مناخية يومية لمدة 23 سنة للحصول على بيانات انتاجية الحنطة للزراعة الديمية والتكميلية باستخدام برنامج AquaCrop حيث تم تشغيل البرنامج بافتراض ثلاث مواعيد زراعية (15/11 ، 15/12 ،15/1) وكذلك اعتماد رية تكميلية واحدة بأعماق (25،50،100) ملم تم اضافتها في نهاية كل أسبوع من أسابيع الموسم ال23 وفرض ثلاث مستويات للرطوبة الابتدائية، من خلال الدراسة تم الحصول على ان افضل موعد بذار للزراعة الديمية والتكميلية هو كانون الأول وتشرين الثاني على التوالي كذلك افضل كفاءة استخدام مياه للزراعة الديمية كانت عند 15كانون الأول إضافة الى ان افضل موعد لرية تكميلية واحدة هو الأسبوع الأول من الموسم الزراعي في حالة الرطوبة

الابتدائية المفترضة المتوسطة والجافة وفي الأسبوع السابع عشر الى التاسع عشر في حالة الرطوبة الابتدائية القريبة من السعة الحقلية.

ذكر[2] انه لا يقتصر تأثير الري التكميلي على العائد فحسب، بل والأهم من ذلك أيضًا على إنتاجية المياه. يتم تحسين إنتاجية كل من مياه الري ومياه الأمطار عند استخدامها بشكل متزامن. يبلغ متوسط إنتاجية مياه الأمطار لحبوب القمح في المناطق الجافة حوالي 0.35 كغم/م^3. ومع ذلك، قد يزيد إلى ما يصل إلى 1.0 كغم/م^3 مع تحسين الإدارة والتوزيع المناسب لسقوط الأمطار. وجد أن 1 م^3 من الماء المطبق على الري التكميلي في الوقت المناسب قد ينتج زيادة بمقدار 2.0 كغم من حبوب القمح أكثر من ذلك الناتج من هطول الأمطار فقط.

يهدف البحث الحالي الى معايرة وتقييم أنموذج AquaCrop لإنتاجية الحنطة في منطقة ربيعة، وتحديد أفضل موعد للزراعة اعتمادا على البلة ودراسة تأثير توزيع الامطار خلال السنوات الرطبة على الإنتاجية، مع محاولة اقتراح أفضل موعد للري التكميلي خلال الموسم للحصول على أفضل إنتاجية للمحصول ولمياه الري.

2. المواد وطرق البحث:

2-1. وصف منطقة الدراسة:

موقع الدراسة في مشروع ري الجزيرة الشمالي الذي يقع ضمن ناحية ربيعة في محافظة نينوى عند خط طول '06 °42 شرقا و '40 °36 شمالا وارتفاع 382 متر فوق مستوى سطح البحر. تم جمع بيانات مناخية يومية لمنطقة ربيعة من مديرية الانواء الجوية والرصد الزلزالي / بغداد لمدة 23 سنة للفترة من (1990-2013) متمثلة بالأمطار ودرجات الحرارة العظمى والصغرى ومتوسط الرطوبة النسبية والرياح على ارتفاع (2) متر عن مستوى سطح البحر وكذلك الاشعاع الشمسي.

تم اختيار أحد قطاعات المرحلة الأولى من المشروع ذات تربة غير متجانسة طمية طينية مزيجيه (SicL) للعمق (0-60) سم وتربة طمية طينية (Sic) للعمق (60-90) سم ذات سعة حقلية 34% ونقطة ذبول18%على أساس حجمي، تروى باستخدام أجهزة الري بالرش المتحرك عرضيا. تم الاعتماد على أطروحة دكتوراه عن محصول الحنطة مزروع في منطقة ربيعة لنفس القطاعات المختارة في الدراسة الحالية[15] ، والحصول منها على بيانات حقلية تضمنت موعد الزراعة وطول موسم النمو واقصى عمق جذري والوقت المطلوب للوصول الى أقصى عمق جذري وانتاجية المحصول خلال سنوات الدراسة.

2-2. وصف البرنامج المستخدم:

أنموذج منظمة الأغذية والزراعة AquaCrop [16] يحاكي الغلات التي يمكن تحقيقها من المحاصيل العشبية الرئيسية كدالة لاستهلاك المياه في ظل ظروف الري الديمية والتكميلية والري الناقص والكامل، وهو يجمع بين أربعة نماذج فرعية: توازن المياه في التربة؛ تنمية المحاصيل ونموها وإنتاجيتها؛ النموذج الفرعي للغلاف الجوي (التبخر المرجعي، ETo) وتركيز ثاني أكسيد الكربون؛ والنموذج الفرعي للإدارة والذي يشمل الري والتسميد[17]. النموذج مشتق من ورقة منظمة الأغذية والزراعة رقم 33، اخر اصدار لـ AquaCrop (6.1) عام 2018.يستخدم النموذج الغطاء الأرضي المظلي بدلاً من مؤشر مساحة الورقة (LAI) كأساس لحساب النتح وفصل التبخر عن النتح. يعمل AquaCrop على فصل التبخر النتح (ET) إلى نتح المحصول (Tr) وتبخر التربة (E)، لان التبخر يؤدي إلى إرباك تأثير الاستخدام الاستهلاكي غير المنتج للمياه خلال المراحل المبكرة عندما يكون الغطاء النباتي غير مكتمل [11].

2-3. معايرة النموذج المستخدم:

يعتبر أنموذج AquaCrop من الوسائل الفعالة والناجحة في التنبؤ بالإنتاجية الزراعية. ويعد كأداة لتخطيط وإدارة الزراعة الديمية والمروية على حد سواء. يحتاج البرنامج عند تشغيله الى مجموعة من المدخلات والتي تتضمن البيانات المناخية لمنطقة الدراسة وخصائص المحصول ووصف مقطع التربة ورطوبتها الابتدائية والظروف التي ينمو فيها المحصول.

لغرض تحديد المتغيرات الأساسية للحنطة تم معايرة أنموذج AquaCrop اعتمادا على البيانات المناخية والحقلية ومواعيد الزراعة المعتمدة في منطقة ربيعة بالإضافة الى الامطار للسنوات (2000-2001، 2001-2002، 2002-2003، 2003-2004، 2004-2005، 2006- 2005) [15][18].الجدول (1) يبين معاملات الحنطة المستخدمة في مُعايرة أنموذج AquaCrop.

جدول (1) معاملات معايرة أنموذج AquaCrop لمحصول الحنطة في منطقة ربيعة.

مدخلات معايرة أنموذج AquaCrop	القيمة
الغطاء النباتي الاولي	%7.5
الغطاء/ نبتة	5 سم^2/نبتة
كثافة النبات	150 نبتة/م^2
طريقة الزراعة	(البذار)
الايام الحرجة	20 يوم
اقصى فترة لإكمال الغطاء النباتي	80 يوم
اقصى غطاء نباتي	85 %
الوقت الى الشيخوخة	150 يوم
الوقت الى الحصاد	180 يوم
اقصى عمق جذري	90 سم
فترة الوصول الى اقصى عمق جذري	108 يوم
درجة الحرارة الاساسية	10درجة مئوية
درجة الحرارة العليا	30 درجة مئوية
مؤشر الحصاد المرجعي	%50

واعتمادا على بيانات الامطار للسنوات المذكورة، تم إيجاد البلّة واعتبارها تعادل عمق المطر الفعال المساوي لعمق الارواء اللازم لملىء خزان التربة من مستوى رطوبة عند نقطة الذبول الى مستوى رطوبة عند السعة الحقلية والذي يعادل الماء المتيسر AW، فاذا كان عمق المنطقة الجذرية RZD الابتدائي للحنطة 30سم [11] وسعة حفظ التربة للماء WHC، وان المطر الفعال يعادل 80% من عمق المطر [19] وطبقا لذلك فالرطوبة الابتدائية للتربة قبل البذار θ_{init} هيθ_{FC} ، وعمق المطر للوصول الى البلة كما يلي:

$$\text{Rain}_{eff} = \text{AW} = \text{WHC} * \text{RZD} \dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Rain} = 1.25 * Rain_{eff} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

تم اعتماد المعايير الإحصائية معامل التحديد R^2، وجذر متوسط مربع الخطأ RMSE، والجذر الطبيعي لمتوسط مربع الخطأ NRMSE، ومؤشر القبول d، ومعامل الكفاءة EF للمقارنة بين قيم الإنتاجية الحقلية والقيم المخمنة من البرنامج [20] وكالاتي:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Mi - Oi)^2} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

$$NRMSE = \frac{RMSE}{\overline{O}} * 100 \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (4)$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(Oi - Mi)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|Mi - \overline{O}| + |Oi - \overline{O}|)^2}\right] \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Mi-Oi)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Oi-\overline{O})^2} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (6)$$

اذ ان:

n: عدد السنين المرصودة. M_i: البيانات المخمنة من الأنموذج.

O_i: البيانات الحقلية $\overline{O}$: معدل البيانات الحقلية.

4-2. تطبيق أنموذج AquaCrop لإدارة الري:

اعتمادا على بيانات الامطار لمنطقة ربيعة تم تصنيف السنوات لفترة من (1990-2013) الى مجاميع رطبة وشبة رطبة وجافة وشبة جافة حسب المجموع المطري السنوي والاستهلاك المائي لمحصول الحنطة. اذ تم اعتبار السنوات التي يزيد فيها المجموع المطري عن الاستهلاك المائي للحنطة والبالغ 350 ملم، على انها سنوات رطبة أو مضمونة الامطار[21] . وتبعا لذلك تم اختيار السنوات المضمونة الامطار (2001-2000، 2002-2003، 2003-2004، 2004-2005، 2006-2005)، لتقييم آثار سيناريوهات مختلفة على إنتاجية محصول الحبوب وانتاجية مياه الري، تم تطبيق أنموذج AquaCrop لإدارة الري خلال السنوات الرطبة (المضمونة الامطار) من خلال استخدام السيناريوهات التالية:

1- افتراض مواعيد للبذار هي (1تشرين الثاني،15تشرين الثاني،1كانون الأول،15كانون الأول،1كانون الثاني) ثم حساب كميات سقوط الامطار وتحديد الرطوبة الابتدائية لكل موعد بذار، وبالاستعانة بأنموذج AquaCrop تم ايجاد الإنتاجية لكل موعد لغرض اختيار الموعد الأفضل.

2- لمعالجة النقص في رطوبة التربة بسبب تأخر سقوط المطر خلال المرحلة الابتدائية من موسم نمو الحنطة. تم تكرار تطبيق الأنموذج بإضافة رية بلة بأعماق مختلفة لكل موعد من المواعيد الفعلية والمفترضة بأعماق (20,25,30).

3- تم دراسة أهمية التوزيع المطري خلال موسم النمو على الإنتاجية باختيار سنتين ذات مجموع مطري وموعد زراعة متقارب وهما سنتي (2000-2001،2003-2004) وتحديد مراحل نمو المحصول ومعرفة المرحلة الحساسة لكل منها من خلال مقارنة المطر الفعال لتلك المرحلة مع الاحتياج المائي لها وعندها يتم إضافة الرية التكميلية المناسبة التي يتطلبها نمو المحصول.

4- دراسة كفاءة استخدام المياه باعتباره مؤشر مفيد لتقدير تأثير قرارات جدولة الري فيما يتعلق بإدارة المياه. ففي نظام إنتاج المحاصيل، يتم استخدام الانتاجية المائية (WP) لتحديد العلاقة بين إنتاج المحاصيل وكمية المياه المستخدمة لذلك، معبرًا عنها بإنتاج المحاصيل لكل وحدة حجم من المياه [22] كما موضح بالمعادلة التالية.

$$WP = \frac{GY}{ET} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (7)$$

اذ ان:

WP: الإنتاجية المائية (كغم/م^3).

GY : إنتاجية الغلة (طن/هكتار).

ET :كمية المياه المستهلكة للحصول على ذلك الإنتاج(ملم)

3. النتائج والمناقشة:

يبين الجدول (2) وجود توافق جيد بين البيانات المخمنة من أنموذج AquaCrop والمرصودة لإنتاجية الحنطة في منطقة ربيعة للسنوات (2001- 2006). اذ بينت قيم المعاملات الإحصائية التي تم تطبيقها دقة البرنامج وقدرته على المحاكاة للبيانات حيث يعتبر RMSE مؤشر الى مقدار الاختلاف بين القيم المخمنة والمرصودة وحدوده بين (0-∞) وتكون المحاكاة جيدة في حالة اقترابه من الصفر في حين كانNRMSE مؤشر الى دقة النموذج ومقدار التشتت حول متوسط القيم المرصودة وتعتبر النتيجة ممتازة إذا كان اقل من 10% في حين تعتبر النتيجة جيدة ما بين (10-20) %، وتعتبر مقبولة (20-30) % في حين تعتبر فشل إذا كانت القيمة أكبر من 30% اما EFفيشير الى مدى جودة البيانات المرصودة مقابل المحاكاة وحدوده بين 1 و∞- وكلما اقترب من الواحد كانت النتيجة جيدة اما دليل المقبولية (d) فيشير الى مدى المقبولية بين القيم المخمنة والمرصودة وحدوده (0-1) وكلما اقترب من الواحد كانت المحاكاة أفضل والجدول (3) يوضح دقة أنموذج AquaCrop في التنبؤ بإنتاجية الحنطة.

الجدول (2) قيم محصول الحنطة Yield والكتلة الحيوية Biomass المرصودة في منطقة ربيعة والمخمنة من أنموذج AquaCrop.

السنوات	إنتاجية الحنطة بالمطر (طن/هكتار)			
	القيم المرصودة		القيم المخمنة	
	Yield	Biomass	Yield	Biomass
2000-2001	1.32	2.98	1.59	3.45
2001-2002	2.04	2.26	2.12	4.42
2002-2003	2.01	4.86	2.06	5.08
2003-2004	1.8	4.09	1.90	6.58
2004-2005	1.2	3.34	1.18	2.50
2005-2006	2.35	5.98	2.48	8.26

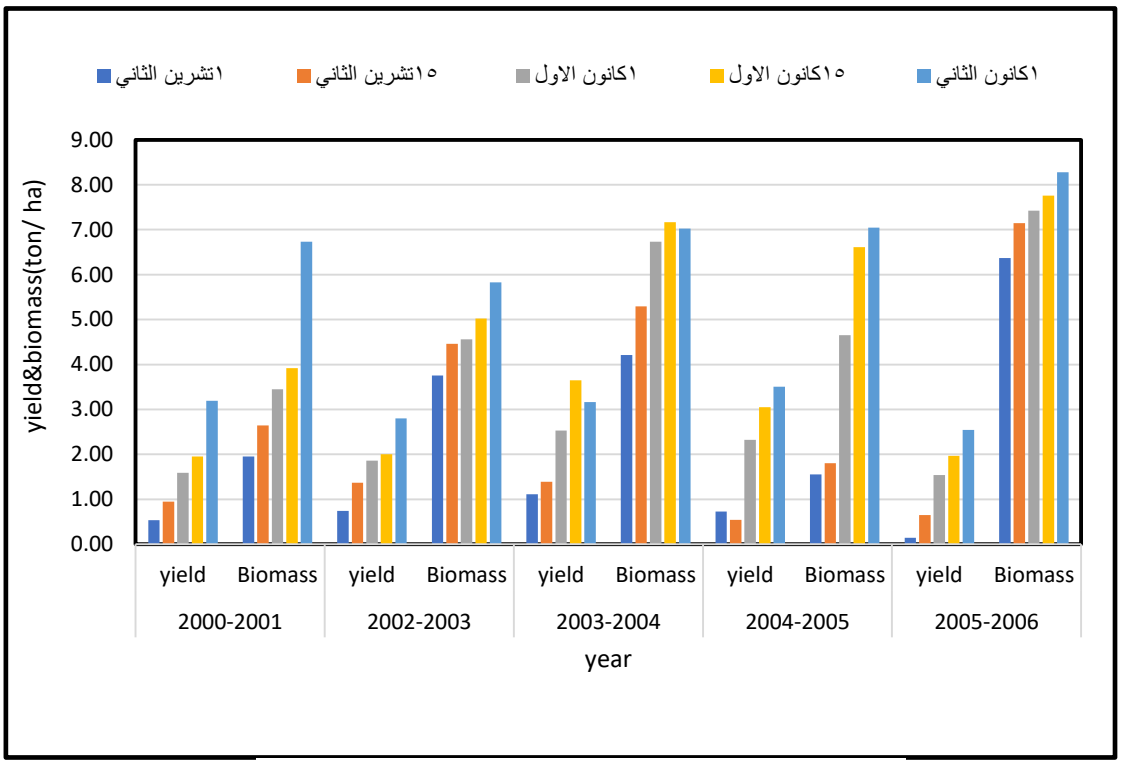
الجدول (3) المعاملات الإحصائية الناتجة من معايرة أنموذج AquaCrop لإنتاجية الغلة للسنوات الرطبة.

المعايير الإحصائية	R2	RMSE	NRMSE	D	EF
القيمة	0.95	%14	%8	0.97	0.89

البذار على الإنتاجية:

لتحديد أفضل موعد للبذار تم تطبيق أنموذج AquaCrop، لإيجاد إنتاجية الحنطة لمواعيد بذار (1-تشرين الثاني،15-تشرين الثاني،1-كانون الاول،15-كانون الاول، 1-كانون الثاني) بينت النتائج ان تأخير موعد البذار يمكن ان يؤدي الى زيادة الإنتاجية بسبب اختلاف التوزيع المطري قبل موعد البذار، وان مواعيد البذار الأكثر تأثيرا في زيادة إنتاجية الغلة والإنتاجية المائية هي 15 كانون الاول، و1كانون الثاني، اذ كان معدل إنتاجية هذه المواعيد هي 2.52 طن/هكتار و3.04 طن/هكتار على التوالي. بين الشكل (1) تأثير تغيير موعد البذار على زيادة إنتاجية الغلة والكتلة الحيوية.

ويبين الجدول (4) اختلاف الإنتاجية والإنتاجية المائية من سنة الى أخرى لنفس موعد البذار وذلك بسبب اختلاف التوزيع المطري بالرغم من انها سنوات رطبة (مضمونة الامطار).



الشكل (1) تأثير تغيير موعد البذار على إنتاجية الغلة والكتلة الحيوية.

3-1. تأثير موعد

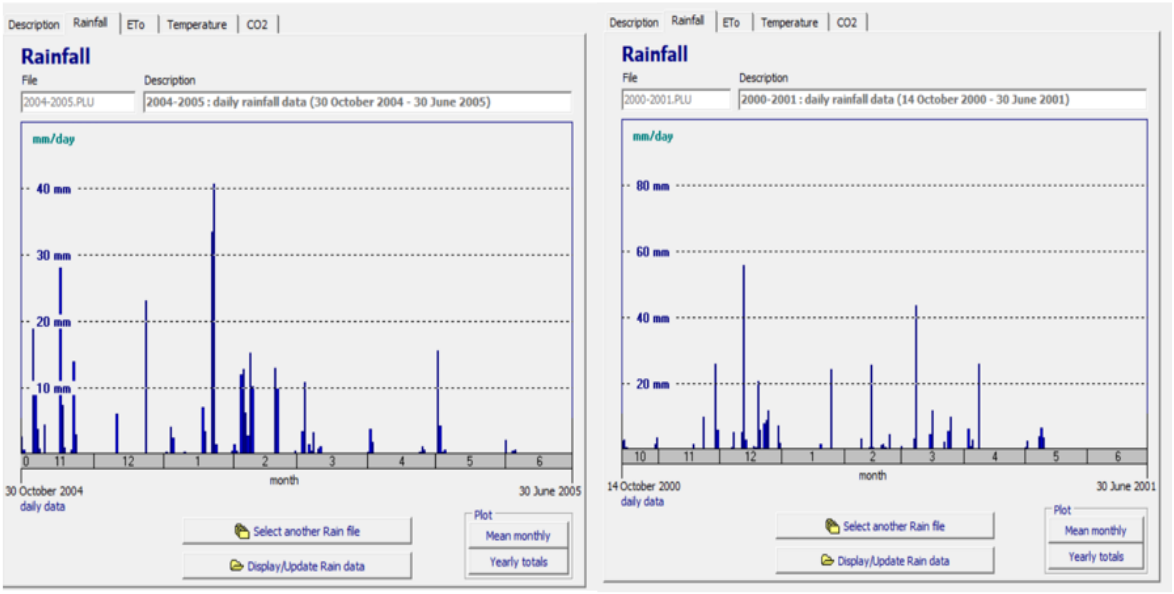
الجدول (4) الإنتاجية والإنتاجية المائية لمواعيد البذار المفترضة.

السنوات / المواعيد المفترضة	2000-2001		2002-2003		2003-2004		2004-2005		2005-2006	
	الإنتاجية (ton/ha)	الإنتاجية المائية (kg/m^3)	الإنتاجية (ton/ha)	الإنتاجية المائية (kg/m^3)	الإنتاجية (ton/ha)	الإنتاجية المائية (kg/m^3)	الإنتاجية (ton/ha)	الإنتاجية المائية (kg/m^3)	الإنتاجية (ton/ha)	الإنتاجية المائية (kg/m^3)
1- تشرين الثاني	0.53	0.14	0.74	0.21	1.11	0.29	0.73	0.21	0.15	0.03
15- تشرين الثاني	0.95	0.25	1.37	0.39	1.39	0.37	0.54	0.17	0.65	0.15
1- كانون الاول	1.59	0.47	1.86	0.55	2.53	0.83	2.33	0.89	1.54	0.37
15- كانون الاول	1.95	0.74	2.00	0.62	3.65	1.29	3.05	1.19	1.97	0.48
1- كانون الثاني	3.2	1.60	2.80	1.19	3.17	1.37	3.51	1.51	2.54	0.65

2-3. تأثير إضافة رية بلة على الإنتاجية:

لغرض دراسة تأثير إضافة رية بلة لمواعيد البذار الفعلية للسنوات الرطبة المختارة تم تطبيق أنموذج AquaCrop بإضافة رية بلة بأعماق 20 ملم، 25 ملم، 30 ملم، بينت النتائج أهمية دراسة وملاحظة التوزيع المطري قبل وبعد موعد البذار. اذ ان إضافة رية بلة بعمق 20 ملم تعتبر مفيدة لتحسين الإنتاجية خلال السنتين (2002-2003) و(2005-2006)

بينما كانت الامطار كافية لسنة 2003-2004. وكما مبين في الجدول (5)، بينما ظهرت استجابة سلبية لرية البلة في السنتين (2000-2001) و (2004-2005). والسبب في ذلك سوء توزيع وزيادة كميات الامطار قبل البذار وخلال المرحلة الأولى من مراحل النمو مما أدى الى تغدق التربة. وكما يظهر من توزيع الامطار المبينة في الشكل (2).



ب- 2004-2005 أ- 2000-2001

الشكل (2) مخرجات أنموذج (AquaCrop) لتوزيع الامطار.

جدول (5) إضافة رية بلة في مواعيد الزراعة الفعلية.

السنة	المجموع المطري (ملم)	موعد الزراعة الفعلي	الإنتاجية المرصودة (ton/ha)	الإنتاجية المخمنة (ton/ha)	الإنتاجية لأعماق ريات بلة مختلفة		
					20(mm)	25(mm)	30(mm)
2000-2001	390	1- كانون الاول	1.32	1.59	0.29	0.29	0.29
2002-2003	362	17- كانون الاول	2.01	2.06	2.38	2.40	2.35
2003-2004	397	28- تشرين الثاني	1.8	1.90	1.90	1.90	1.90
2004-2005	358	19-تشرين الثاني	1.2	1.18	0.67	0.67	0.67
2005-2006	433	26-كانون الاول	2.35	2.48	3.78	3.78	3.78

اما تأثير رية البلة على مواعيد البذار المفترضة للسنوات الرطبة المختارة بينت نتائج تطبيق أنموذج Aquacrop اختلاف استجابة الإنتاجية لرية بلة حسب التوزيع المطري قبل البذار، اذ تراوحت نسبة الزيادة الفعالة للإنتاجية بعد إضافة رية بلة بعمق (20-35) ملم بحدود (9-91) %، مع ظهور بعض مواعيد بذار حققت نسبة زيادة في الإنتاجية عالية فقط عند تغيير موعد البذار بدون الحاجة لرية بلة وكما مبين في الجدول (6).

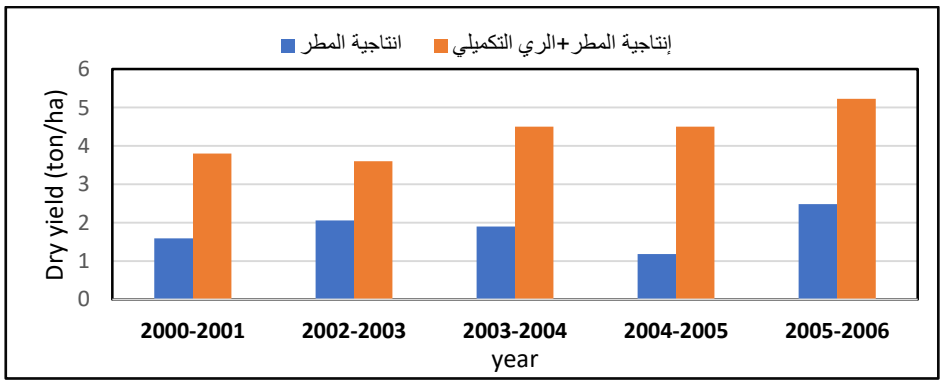
جدول (6) ريات البلة المختارة للمواعيد المفترضة.

السنة	موعد البذار الفعلي	الإنتاجية المرصودة (ton/ha)	الإنتاجية المخمنة (ton/ha)	موعد البذار المفترض	الإنتاجية (ton/ha)	عمق البلة المضاف (ملم)	الإنتاجية (ton/ha)	نسبة الزيادة بالإنتاجية %
2000-2001	1-ك 1	1.32	1.59	15-كانون الاول	1.95	*	*	23
				1-كانون الثاني	3.2	*	*	101.2
2002-2003	17-ك1	2	2.06	**1- كانون الاول**	**1.86**	**35**	**2.49**	**21**
				15-كانون الاول	**2.00**	**25**	**2.24**	**9**
				1-كانون الثاني	2.80	*	*	36
2003-2004	28-ت2	1.8	1.90	15- تشرين الثاني	1.39	25	2.65	39.5
						30	**2.76**	**45**
						35	**2.81**	**48**
				1- كانون الاول	2.53	*	*	33
				15-كانون الاول	3.65	*	*	92
				1-كانون الثاني	3.17	*	*	67
2004-2005	19-ت2	1.2	1.18	1- كانون الاول	2.33	*	*	97
				15-كانون الاول	3.05	*	*	158
				1-كانون الثاني	3.51	*	*	197
2005-2006	26-ك1	2.35	2.48	**15- تشرين الثاني**	**0.65**	**30**	**3.56**	**43.5**
				1- كانون الاول	**1.54**	**25**	**4.03**	**62.5**
						30	**4.10**	**65**
						35	**4.19**	**69**
				15-كانون الاول	**1.97**	**35**	**4.74**	**91**
				1-كانون الثاني	**2.54**	**20**	**4.27**	**72**

***: لم تظهر نتائج البرمجة أي فعالية في إضافة رية بلة.**

3-3. تأثير الري التكميلي والتوزيع المطري على الإنتاجية:

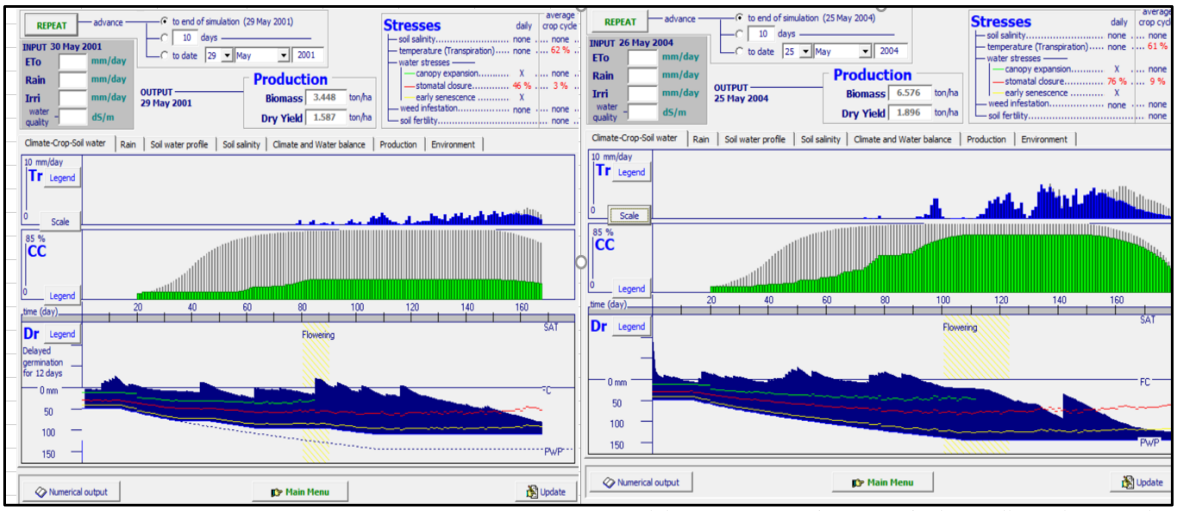
بينت الدراسة زيادة واضحة بالإنتاجية عند إضافة رية تكميلية للسنوات الرطبة الخمسة بحدود (60-70) ملم خلال المرحلة الثالثة او الرابعة من مراحل النمو وحسب التوزيع المطري لكل سنة، وباعتماد نسبة استنزاف40-60% وكما مبين بالشكل (3).



الشكل (3) تأثير إضافة الري التكميلي على زيادة الإنتاجية لمواعيد الزراعة المفترضة.

ولتوضيح تأثير التوزيع المطري على مراحل نمو المحصول، تم تطبيق أنموذج AquaCrop على سنتين من السنين الرطبة ذات موعد زراعة ومجموع مطري متقارب وهما سنة (2000-2001) وسنة (2003-2004) والتي كانت نتائج الإنتاجية الفعلية فيهما مختلفة، اذ بينت النتائج أهمية التوزيع المطري لهما وليس المجموع الكمي للمطر الفعال من خلال تباين إنتاجية الغلة

وتطور الغطاء النباتي للمحصول حيث تظهر مخرجات أنموذجAquaCrop المبينة في الشكل (4) اختلاف الغطاء النباتي خلال موسم النمو من خلال ملاحظة المساحة الرمادية التي تمثل العجز بالإنتاجية الكلية بالرغم من تقارب المجموع المطري للسنتين.



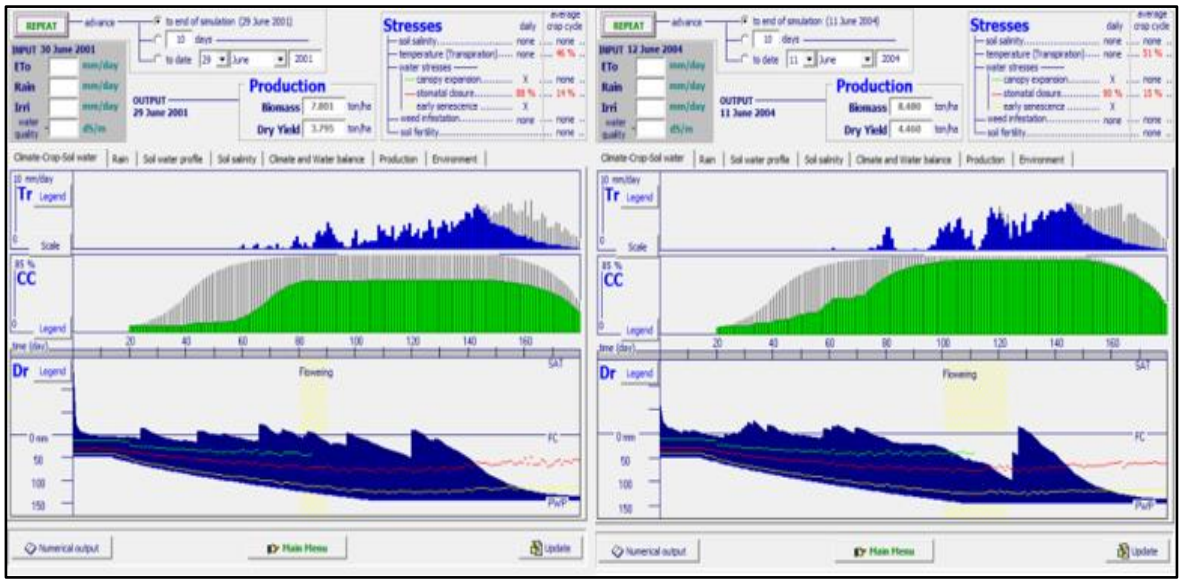
أ: 2003-2004 **ب:2000-2001**

الشكل (4) تباين الإنتاجية لسنتي المقارنة.

كما أظهرت النتائج ان اختلاف التوزيع المطري أدى الى اختلاف الموعد الأفضل للري التكميلي بين السنتين، اذ ان إضافة رية تكميلية بعمق 60 ملم بتاريخ (1- ايار) خلال المرحلة الثالثة من النمو لسنة (2000-2001) تؤدي الى زيادة بالإنتاجية بمقدار 139% بينما إضافة نفس المقدار بتاريخ (20-نيسان) من النمو لسنة (2003-2004) أعطت زيادة بالإنتاجية بنسبة 135% ويمكن الوصول الى نسبة زيادة بالإنتاجية تصل الى 139% عند إضافة ريتين بعمق (20) ملم و (40) ملم بتاريخ (20-اذار) و (20-نيسان) على التوالي وكما موضح بالجدول (7). كما يبين الشكل (5) تأثير الرية التكميلية على زيادة الإنتاج.

الجدول (7) أفضل الريات التكميلية للسنوات المختارة.

السنة	المجموع المطري (ملم)	الإنتاجية المخمنة (ton/ha)	موعد الزراعة المفترض	موعد إضافة رية تكميلية	الرية المضافة (ملم)	الإنتاجية (ton/ha)	نسبة الزيادة بالإنتاجية %
2000-2001	390	1.59	1كانون الاول	1-نيسان	50	1.60	
				1-ايار	50	1.69	
			15كانون الاول	20-نيسان	60	2.01	
				20-ايار	60	2.07	
			1-كانون الثاني	20-نيسان	60	3.46	
				1-ايار	60	3.80	139
2003-2004	397	1.9	28-تشرين الثاني	1-نيسان	50	2.16	
				1-ايار	90	2.26	
			15-كانون الاول	20-نيسان	60	4.46	135
				20-نيسان, 20-اذار	20,40	4.54	139
				10-ايار,20-نيسان	30,30	4.41	
			1-كانون الثاني	20-نيسان	50	4.14	
				20-نيسان	60	4.21	
				20-ايار,20-نيسان	30,30	4.18	



أ: 2003-2004 ب:2000-2001

الشكل (5) الزيادة الحاصلة بالإنتاجية عند إضافة رية تكميلية.

ويبين الجدول (8) التداخل الكلي للعوامل المؤثرة على زيادة إنتاجية الغلة والإنتاجية المائية والتي تضمنت (موعد البذار- رية البلة- الري التكميلي) حيث لم تظهر نتائج البرمجة أي فعالية لإضافة رية بلة في السنوات (2005،2004،2003،2001)، اما عند إضافة رية تكميلية بعمق 60 ملم فان الزيادة بالإنتاجية بلغت (1،0.9،0.8،0.6) طن / هكتار للسنوات الاربعة على التوالي. اما سنة (2005-2006) فكان لرية بلة بعمق 35 ملم ورية تكميلية بعمق 40 ملم ولموعد بذار 1-كانون الثاني، تأثير في زيادة الإنتاجية بقيمة 2.73 طن/ هكتار. وبينت النتائج أن أفضل إنتاجية مائية تحققت سنة (2004-2005)، اذ ان إضافة رية تكميلية بعمق 60 ملم، أدت الى زيادة ملحوظة في الإنتاجية المائية بلغت 1.17 كيلو غرام / متر مكعب. وقد كانت جميع مواعيد الرية التكميلية للسنوات الرطبة في فترة التأثير الفعال لزيادة الإنتاجية والتي تعتبر (رية فطام) لتحقيق ضمان الزيادة بالإنتاجية الفعلية.

جدول (8) التداخل الكلي للعوامل المؤثرة في الإنتاجية والإنتاجية المائية.

السنوات	المجموع المطري (ملم)	الإنتاجية المخمنة ton/ha	الإنتاجية المائية Kg/m^3	أفضل موعد بذار	الإنتاجية لأفضل موعد بذار	الإنتاجية المائية لأفضل موعد بذار	الزيادة بالإنتاجية ton/ha	الإنتاجية مع رية بلة لأفضل موعد بذار ton/ha	الإنتاجية المائية مع رية البلة Kg/m^3	الزيادة بالإنتاجية مع إضافة رية بلة	الإنتاجية لأفضل رية تكميلية مع رية البلة ton/ha	الإنتاجية المائية لأفضل رية تكميلية ton/ha	الزيادة بالإنتاجية عند إضافة الرية التكميلية
-2001	390	1.59	0.4	1- ك	3.2	1.6	1.6	-----*	1.6	------	3.8	1.5	0.6
-2003	362	2.06	0.57	1- ك	2.8	1.2	0.74	-----*	1.2	-------	3.6	1.2	0.8
-2004	397	1.90	0.5	-15	3.6	1.3	1.7	-----*	1.3	------	4.5	1.3	0.9
-2005	358	1.18	0.33	1- ك	3.5	1.5	2.3	-----*	1.5	-------	4.5	1.5	1
-2006	433	2.48	0.57	1- ك	2.5	0.6	0.02	4.7	1.05	2.2	5.23	1.07	2.73

*: لم تظهر نتائج البرمجة أي فعالية في إضافة رية بلة

4. الاستنتاجات:

تم تطبيق أنموذج AquaCrop لتقييم إنتاجية الحنطة في حالتي الري الديمي والتكميلي لخمس سنوات رطبة مضمونة الامطار في منطقة ربيعة وتم التوصل الى:

1- ان مواعيد البذار الأكثر تأثيرا في زيادة الإنتاجية والإنتاجية المائية هي 15كانون الاول و1 كانون الثاني، اذ ان تأخير موعد البذار يمكن ان يؤدي الى زيادة الإنتاجية كنتيجة لتراكم الامطار قبل موعد البذار.

2- اختلاف التوزيع المطري أدى الى اختلاف في قيمة الإنتاجية والإنتاجية المائية من سنة الى أخرى لنفس موعد البذار على الرغم من انها سنوات رطبة وذات مجموع مطري أكثر من 350 ملم.

3- أظهرت النتائج إمكانية تحسين الإنتاجية بإضافة رية بلة في حالة قلة أو سوء توزيع الامطار قبل البذار.

4- أهمية دراسة التوزيع المطري وليس المجموع الكمي للمطر الفعال، اذ يمكن الحصول على زيادة واضحة بالإنتاجية عند إضافة رية تكميلية للسنوات الرطبة الخمس بحدود (60-70) ملم خلال المرحلة الثالثة او

الرابعة من مراحل النمو وحسب التوزيع المطري لكل سنة.

5- ان جميع مواعيد الرية التكميلية للسنوات الرطبة كانت في فترة التأثير الفعال لزيادة الإنتاجية والتي تعتبر (رية فطام) لتحقيق ضمان الزيادة بالإنتاجية الفعلية.

:References

[1]. A.A. Fahad, A.A Saif, M. M Kamil, "Water Requirement of Corn (Zeam mays L.) for Fall Season of Central Iraq Under Full and Deficit Irrigation". *Soil and Water Resources Center, Ministry of Science and Technology*.Vol 32. No 3.2005 .

[2]. T. Y. Oweis and A.Y Hachum,"Improving Water Productivity in The Dr Areas of West Asia and North Africa. Water Productivity in Agriculture": *Limits and opportunities for improvement*, 1, 179. 2003.

[3]. R.S. Huseen, Y.M Hassan, E. H. Sheet, " Improvement Water Productivity for Wheat Crop at Mosul Area" *Al-Rafidain Engineering Journal*, Vol.24, No.1, pp. 24-30. 2019.

[4]. I.H. Al-Najafi and A.W Mahdi,"The Effect of Supplementary Irrigation On the Average of Wheat Productivity at Ninavah Governorate to The Agricultural Season (2001-2002)" *Rafidain Development* No.93, Vol. 31, p.p. 307-324. 2009.

[5]. T. Y. Oweis, "Supplemental Irrigation: A Highly Efficient Water-use Practice". *International Center for Agricultural* Research in the Dry Areas, Aleppo, Syria. 1997.

[6]. A.A.A.M Al-Talib,"Optimal Irrigation for North Jazira Irrigation Project." Ph.D. *Thesis Water Resources Engineering, Collage of Engineering, University of Mosul.* 1999.

[7]. R. Dirk, H.V. Gaelen, "AquaCrop Training Handbooks—Book II Running AquaCrop". *Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy*. 2016.

[8]. H. Zhang and T. Oweis, "Water–Yield Relations and Optimal Irrigation Scheduling of Wheat In The Mediterranean Region". *Agricultural water management*, 38(3), 195-211. 1999.

[9]. T. Alireza, Z. Hassan, E, A. Jalil, K. Hadi, "Determining Optimal Single Irrigation Amount And Planting Date Of Five Wheat Varieties At Rainfed Condition". *Final Research Report, Dryland Agricultural Research Institute (DARI),* Maragheh, Iran. (in Persian). 2005.

[10]. R.M. Al-Gelany, "Maximizing the Benefit from Rain and Supplemental Irrigation Water in Mosul Area". *M. Sc. Thesis Water Resources Engineering, Collage of Engineering, University of Mosul*. 2009.

[11]. B. Andarzian, M. Bannayan, P. Steduto, H. Mazraeh, M.E. Barati, M.A. Barati, A. Rahnama, "Validation and Testing of the Aquacrop Model Under Full and Deficit Irrigated Wheat Production in Iran ". *AgriculturalWater Management*, 100(1), 1-8. 2011.

[12]. E.H. Sheet and N. M Jajjo," Optimal Timing of One Supplemental Irrigation". *Al-Rafidain Engineering*, Vol.21, No. 3. 2012.

[13]. S.K. Celik, S. Madenoğlu, B. Sonmez, "Evaluating Aquacrop Mode for Winter Wheat Under Various Irrigation Conditions in Turkey". *Journal of Agricultural Sciences*, 24(2), 205-217. 2018.

[14]. R.S.H. jabr," Optimal Timing and Amount of Single Supplemental Irrigation for Wheat Crop at Mosul Area Using Aquacrop Program". *M. Sc. Thesis Water Resources Engineering, Collage of Engineering, University of Mosul*. 2019.

[15]. M.M. Abed," Optimal Water Management in A Branch Sector at Jazira Irrigation Project- Rabaia" ph.D. *Thesis Water Resources Engineering, Collage of Engineering, University of Mosul.* 2008.

[16]. D. Raes, P. Steduto, T. C Hsiao, E. Fereres," AquaCrop—The Fao Crop Model to Simulate Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description"*Agronomy Journal*, 101(3), 438-447. (2009).

[17]. D. Raes, P. Steduto, T. C Hsiao, E. Fereres, "Fao Crop Water Productivity Model to Simulate Yield Response to Water". *AquaCrop version 6.0 – 6.1, FAO, Reference manual, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome Italy*. 2018.

[18]. E. M. Al-kaisy, E. A. Alani, M. M. Abid, "Using Aquacrop Model for Supplementary and Rain Fed Irrigation Innorth Iraq". *In 21st International Congress on Irrigation and Drainage, Tehran, Iran* (pp. 229-241). 2011.

[19]. A.A.TH. AL-Neami," Modeling Irrigation Water Requirement for Maize Crop During Spring and Autumn Seasons in The North of Iraq". *M. Sc. Thesis Water Resources Engineering, Collage of Engineering, University of Mosul*. 2002.

[20]. R. Sandhu and S. Irmak, "Performance of Aquacrop Model in Simulating Maize Growth, Yield, And Evapotranspiration Under Rainfedlimited and Full Irrigation". *Agricultural Water Management, 223, 105687*. 2019.

[21]. T.R.S. Mohammed,"Variations and Probabilities of Annual Rainfall in The Wavy Region of Iraq" *Journal of the Faculty of Arts* ،No 90. 2001.

[22]. M. H Ali and M. S. U Talukder, "Increasing Water Productivity in Crop Production ASynthesis". *Agricultural water* management, *95*(11), 1201-1213. 200

Evaluation of Aquacrop Model for Wheat Yield During Guaranteed Rain Years in Rabi'a Region

Alaa I. Naser **Entsar M. Gazal**
engalaaismail79@uomosul.edu.iq e.gazzal@uomosul.edu.iq

Dams and Water Resources Engineering Department, Collage of Engineering, University of Mosul

Abstract:

AquaCrop model is an important tool for predicting and evaluating the impacts of environment and irrigation water management on crop productivity. The current study aims to evaluate AquaCrop model for wheat yield during years of guaranteed rain in Rabi'a rejoin and to study the effect of rain distribution on productivity . with an attempt to suggest the best date for supplemental irrigation during the season to obtain the best productivity of wheat and irrigation water. AquaCrop model was calibrated with climatic and field data for Rabi'a region and start date of agricultural season was determined based on date and amount of valuable rain, with initial soil water content calculated for a root depth equivalent to 30 cm.

The effect of rain distribution before sowing on productivity for different sowing dates (November 1, November 15, December 1, December 15, and January 1) was also studied. As well as determining the extent of need to add irrigation before sowing to improve productivity, in addition to determining the best date and depth of supplemental irrigation according to water need during wheat growth stages. . The results showed the importance of studying and observing the rain distribution before sowing and during the growing season, as delaying the sowing date can lead to an increase in productivity, as adding water with a depth of 20 mm was considered useful for improving productivity due to poor rain distribution. There was also a marked increase in productivity when adding supplementary irrigation of (60-70) mm during third or fourth stage of growth and according to the rain distribution for each year.

Keywords:
AquaCrop; Rabi'a rejoin; guaranteed rain; Wheat yield.