Journal of Water Resources and Geosciences
Vol. 1, No. 2 , 2022

دراسة تأثير التغير المناخي على الاستهلاك المائي وكفاءة استخدام المياه لمحصول الحنطة في العراق

د. سعدي ستار شحاذه[1]، م. رياض مظهر صالح[2]، د. سهير لؤي زكي[3]، م. إبراهيم عباس داود[4]، م. احمد هاتف سالم[5]
[1] جامعة الكرخ للعلوم
[2،3،4،5] المركز الوطني لأدارة الموارد المائية
*الكاتب المراسل: saadishahadha@kus.edu.iq

الخلاصة

نظراً للتغيرات المناخية الحاصلة في المنطقة أصبح من الضروري ايجاد السُبل المناسبة للتكيف معها فيما يتعلق بنمو وانتاجية المحاصيل الاستراتيجية من خلال التركيز على نظم الري الحديثة. ان الهدف من هذه الدراسة هو ادارة الري الحقلي بشكل يلائم التغيرات المناخية من حيث ارتفاع درجة حرارة الهواء وانخفاض رطوبته النسبية. نُفذت الدراسة في محطة أبحاث الرائد خلال الموسم الشتوي 2020 -2021 حيث تم انتخاب قطعة ارض في المحطة وزرعت بمحصول الحنطة وتم تقسيم الارض الى نظامين: الري بالرش والري السيحي. في هذه الدراسة، تم استخدام نموذج RZWQM2 لمحاكاة تأثيرات تغير المناخ على الاستهلاك الحقيقي وكفاءة استخدام المياه للحنطة وسبل التكيف مع التغير المناخي حيث تم تطبيق ثلاثة سيناريوهات مختلفة. تم اجراء النمذجة بشكل مستقل لكل سيناريو وقد أظهرت النتائج ازدياد كمية التبخر-نتح تحت نظام الري بالرش للسيناريو المناخي T وT&H بنسبة 2% و4%، على التوالي. اما تحت نظام الري السيحي كانت الزيادة للسيناريو المناخي T وT&H بنسبة 4 % و11 %، على التوالي. ان كمية الانتاج لمحصول الحنطة تحت نظام الري بالرش قد انخفضت بنسبة 6 % و14 % تحت تأثير السيناريو T وT&H، على التوالي. بينما كان تاثير التغير المناخي على انتاج الحنطة قليل جدا تحت تأثير الري السيحي. كما بينت النتائج انخفاض كفاءة استخدام المياه لمحصول الحنطة بنسبة 7 % و17 % تحت تأثير السيناريو T وT&H، على التوالي للري بالرش. اما لنظام الري السيحي فقد انخفضت كفاءة استخدام المياه بنسبة 6 % و9 % تحت تأثير السيناريو T وT&H، على التوالي.

الكلمات المفتاحية: التغيرات المناخية، RZWQM2، كفاءة استخدام المياه، ألاستهلاك المائي، محصول الحنطة.

Journal of Water Resources and Geosciences
Vol. 1, No. 2 , 2022

Studying the Impact of Climate Change on the Evapotranspiration and Water Use Efficiency of Wheat Crop in Iraq

Saadi Sattar Shahadha [1],* Suhair L. Zeki [2] Riyadh M. Salih[2]
Ahmed H. Salim[2] Ibrahim A. Dawood [2]
[1] College of Energy and Environmental Sciences, Al-Karkh University of Science, Baghdad, Iraq..
[2] Ministry of water resources, Baghdad, Iraq.
* Correspondence: saadishahadha@kus.edu.iq

Abstract

Finding appropriate adaptation strategies to climate change in Iraq become necessary, especially, regarding the growth and productivity of strategic crops by focusing on modern irrigation systems. This study aims to discover appropriate field irrigation strategies to adapt to climatic changes in terms of high air temperature and low relative humidity. The study was conducted at Al-Raeeid Research Station during the winter season of 2020-2021. The land was divided into sprinkler and surface irrigation. In this study, the Root Zone Water Quality Model (RZWQM2) was used. Three different modeling scenarios were applied which are normal weather data, increasing the temperature by 2 degrees, and increasing the temperature by 2 degrees with decreasing the relative humidity by 0.2. The modeling was performed independently for each scenario. The results showed that the actual evapotranspiration increased under the sprinkler irrigation for the T and T&H climate scenarios by 2% and 4%, respectively, and under the surface irrigation, the evapotranspiration increase was 4% and 11% for climate scenarios of T and T&H, respectively. The yield of wheat under the sprinkler irrigation system decreased by 6% and 14% under the influence of T and T&H scenarios, respectively. The results also showed a decrease in the water use efficiency of wheat by 7% and 17% under the influence of T and T&H scenarios, respectively, for sprinkler irrigation. Whereas, for the surface irrigation system, the water use efficiency decreased by 6% and 9% under the influence of T and T&H scenarios, respectively.

Keywords: Climate changes, RZWQM2, water efficiency, water consumption, wheat crop

1. المقدمة

تعد النظم الزراعية حساسة للغاية لتغير المناخ وذلك لأن تغير العوامل المناخية يؤثر بشكل مباشر على العمليات الأساسية التي يعتمد عليها نمو المحاصيل وإنتاجيتها (Shahadha et al., 2019 ; Meza and Silva, 2009). يعاني العراق من آثار تغير المناخ بطرق مماثلة أو حتى أسوأ من العديد من البلدان الأخرى حيث تؤدي زيادة درجات الحرارة وانخفاض معدلات هطول الأمطار وتغير أنماط التوزيع إلى جانب زيادة التبخر إلى إجهاد مائي في العراق وسيؤدي هذا حتماً إلى مزيد من الضائقة للسكان في المستقبل وسيؤدي إلى اضطرابات اجتماعية ستضيف ضغوط كبيرة تواجه الحكومات المستقبلية ما لم تتخذ الحكومة التخطيط والحلول الوقائية (Adamo et al., 2018).

تمت دراسة تأثيرات تقلبات المناخ على نمو المحاصيل وإنتاجيتها في مجموعة واسعة من الأبحاث (Ahmad et al., 2017 ; Li et al., 2020 ; Xiao et al., 2018 ; Zhang et al., 2017) ومع ذلك، فإن حساسية المحاصيل لتغير المناخ وقدرتها على التكيف مع الظروف المناخية الجديدة تختلف إقليمياً (Olesen , et.al., ; Kahiluoto , et.al.,2019 2011). في أكثر من 50٪ من الدراسات، تبين أن تأثير ارتفاع درجة الحرارة هو الأكثر سلبية على انتاجية المحاصيل (Karimi et al., 2018). تشهد إنتاجية المحاصيل تحسناً في بعض المناطق بينما تشهد انخفاضاً في مناطق أخرى من العالم (Kristensen et al., 2011 ; Karimi et al., 2018) يعود هذا الاختلاف إلى العديد من العوامل، مثل هطول الأمطار وزيادة ثاني أكسيد الكربون وزيادة درجة الحرارة. تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة نتح المحاصيل وتبخر مياه التربة، كما تؤدي إلى زيادة جفاف التربة وبالتالي تؤثر سلبا على نمو وإنتاجية المحاصيل (Leisner, ; Daba, et.al.,2016 2020).

المحاصيل الاستراتيجية هي المحاصيل الأكثر نمواً في جميع أنحاء العالم بسبب كونها مصدراً للغذاء والاقتصاد (Zheng et al., 2020). يعتبر كل من محصول القمح والشعير والذرة من اهم المحاصيل الاستراتيجية في العراق. ومع ذلك، فإن إنتاجيتها أقل بكثير من الإنتاجية العالمية بسبب عدم اتباع أساليب زراعية علمية في إدارة الحقول في معظم أنحاء الأراضي العراقية (Minati and Mohammed-Ameen, 2019 ; Ali , et.al.,2020).

هناك عدد قليل جدًا من الدراسات حول التكيف مع التغير المناخي في العراق بسبب الحروب المستمرة وعدم الاستقرار السياسي في العراق منذ الثمانينيات مما أدى إلى انخفاض التمويل والدعم المخصص للبحوث الزراعية والبيئية (Daham et.al.,2019; Jaradat, 2003) , تعتبر هذه الدراسة هي الأولى لتقييم تأثير التغير المناخي على المحاصيل الاستراتيجية وعلى كفاءة استخدام المياه، وكذلك اختبار القدرة على استخدام تطبيقات الري والادارة في استراتيجية تكيف التغير المناخي باستخدام موديل (RZWQM2).

نظام النمذجة الزراعية، RZWQM2 هو نموذج زراعي شامل يحاكي العمليات الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية التي تحدث في الحقول الزراعية. كما أنه يحاكي آثار ممارسات الإدارة الحقلية على ديناميكيات المياه في التربة ونمو المحاصيل وإنتاجيتها (Fang , et.al.,2014 ; Cameira, et.al.,2007) كما يستخدم لمحاكاة تغير المناخ وتأثيراته على المحصول، وايضاً اختبار استراتيجيات التكيف مع التغيرات المناخية (Liu , et.al.,2019; Anex , et.al.,2018)

في هذه الدراسة، تم استخدام موديل RZWQM2 لمحاكاة تأثيرات تغير المناخ وسبل التكيف مع التغير المناخي. تهدف هذه الدراسة إلى التنبؤ بآثار ارتفاع درجة الحرارة بمقدار درجتين وتأثير ارتفاع درجة الحرارة بمقدار درجتين مع تقليص الرطوبة النسبية بمقدار 20% على إنتاجية وكفاءة استخدام المياه بالإضافة الى مقدار التبخر-النتح لمحصول الحنطة.

2. مصادر البيانات والطريقة البحثية

2. 1. منطقة الدراسة

نفذت الدراسة في محطة أبحاث الرائد خلال الموسم الشتوي 2020-2021 (من 18 تشرين الثاني 2020 الى 30 نيسان 2021) في حقل مفتوح، وهي محطة بحثية متخصصة تقوم بأجراء أبحاث المقننات المائية وطرق أدارة التربة والري الحقلي تابعة الى قسم الدراسات البيئية/ المركز الوطني لإدارة الموارد المائية. تقع المحطة على مسافة 20 كم غرب بغداد على خط طول 24 ° 44 شمالاً وخط عرض 22 ° 33شرقاً وبارتفاع 34 متر عن مستوى سطح البحر. بلغ مستوى الماء الارضي طول فترة الدراسة بين (110-170) سم. تصنف تربة موقع الدراسة على أنها Typic Torrifluvents حسب التصنيف الامريكي Soil taxonomy,USDA2010. تم انتخاب قطعة ارض في المحطة مخدومة بأنابيب الري وشبكة بزل وتم اعداد الارض بأجراء عمليات الحراثة والتنعيم والتسوية وتقسيم الحقل الى لوح مساحته 510 م^2 (30×17) للري بالرش وبعدد 3 الواح بمساحة 45 م^2 (9 × 5) للري السيحي.

2. 2. الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة وماء الري

تم اخذ نماذج ترابية لعمق 1 م من عدة مواقع من منطقة الدراسة لغرض اجراء الفحوصات الفيزيائية والكيميائية حيث اتبعت طرق التحليل الفيزيائية والكيمياوية المعتمدة في قسم المختبرات التابع للمركز الوطني لإدارة الموارد المائية اذ قيست كل من الكثافة الظاهرية، نسجة التربة، ونسبة الرطوبة الوزنية عند مستويات شد مختلفة (0، 0.34، 15 بار) لغرض التحليل الفيزيائي، بينما تم قياس تركيز الايصالية الكهربائية لمستخلص التربة المشبع، الرقم الهيدروجيني (pH)، الكالسيوم، المغنيسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، الكلور، الكبريتات، الكاربونات، البيكاربونات والنترات. الجدول رقم (1) يوضح الخصائص الفيزيائية للنماذج الترابية، بينما الجدول رقم (2) يوضح الخصائص الكيميائية للنماذج الترابية. بلغت قيمة الايصالية الهيدروليكية في ثلاث مواقع 0.25 و0.6 و1.8 متر/يوم وتصنف هذه القيم للإيصالية المائية من متوسطة البطء الى متوسطة السرعة حسب تصنيف SOLAR, 1982 تم اضافة الاسمدة الكيمياوية على دفعتين الاولى عند الزراعة باستعمال السماد المركب DAP بمعدل 200 كغم / هكتار في بداية الزراعة والدفعة الثانية بمعدل 200 كغم / هكتار سماد يوريا بعد مرور 45 يوم. تمت مكافحة الادغال بأستعمال مبيد (2,4 -D) بعد مرور 40 يوم من تأريخ الزراعة وحسب الجرعة المعتمدة لهذا الغرض. مصدر الماء الرئيسي للمحطة كان من نهر ابي غريب والمتفرع من القناة الموحدة الواقعة على نهر الفرات ويبلغ معدل ملوحته 0.89 dS/m. الجدول رقم (3) يوضح نتائج التحليل الكيميائي لماء الري.

جدول (1). الخصائص الفيزيائية للتربة

عمق التربة (سم)	مفصولات التربة غم .كغم$^{-1}$			نسجة التربة	الكثافة الظاهرية (غم/سم^3)	المحتوى الرطوبي الوزني عند الشدود المائية (بار)			الماء الجاهز (نسبة وزنية)
	الطين	الغرين	الرمل			0	0.34	15	
0-25	350	530	120	SiCl	1.39	51.39	31.99	14.72	17.27
25-50	370	520	110	SiCl	1.42	52.86	31.56	15.10	16.46
50-75	380	520	100	SiCl	1.46	53.22	32.26	15.36	16.89
75-100	370	530	100	SiCl	1.48	53.98	32.12	15.75	16.37

جدول (2). الخصائص الكيميائية للتربة

عمق التربة (سم)	ECe dS/m	pH	Ca^{+2} meq/l	Mg^{+2} meq/l	Na^+ meq/l	K^+ meq/l	Cl^- meq/l	$SO4^-$ meq/l	$CO3^-$ meq/l	$HCO3^-$ meq/l	NO3 PPm
0-25	11.68	7.44	198	116	1679	36	3088	3100	0	122	22.25
25-50	11.04	7.00	170	100	2093	26	830	3100	0	170.6	25
50-75	6.68	7.24	136	79	1665	28.5	1150	1998	0	146.6	33.5
75-100	2.6	7.92	200	86	400	31	873	3000	0	280.6	39.5

جدول (3). الخصائص الكيميائية لماء الري

ECe dS/m	pH	Ca^{2+} meq/l	Mg^{2+} meq/l	Na^+ meq/l	K^+ meq/l	Cl^- meq/l	$SO4^-$ meq/l	$CO3^-$ meq/l	$HCO3^-$ meq/l	NO3 PPm
0.897	7.63	2.00	68.00	65.09	36.00	85.2	3100	0	170.8	36.5

2. 3. مصادر البيانات المناخية

تم رصد وتسجيل بيانات المناخ اليومية من محطة الارصاد الجوية الاوتوماتيكية في محطة أبحاث الرائد. تتضمن البيانات المناخية درجة الحرارة العظمى، درجة الحرارة الصغرى، الرطوبة النسبية، شدة الاشعاع الشمسي، سرعة الرياح وعمق ماء المطر. جدول رقم (4) يوضح المعدلات الشهرية للبيانات المناخية للفترة من 2020/11/1 ولغاية 2021/5/1.

جدول (4). المعدلات الشهرية للبيانات المناخية

الشهر	درجة الحرارة العظمى (° C)	درجة الحرارة الصغرى (C°)	سرعة الرياح (كم/يوم)	شدة الاشعاع الشمسي	الرطوبة النسبية (%)	عمق الامطار (ملم)
تشرين الثاني	24.72	12.69	63.53	9.91	56.00	30.63
كانون الاول	18.41	5.51	35.11	8.83	64.58	4.40

0.80	53.27	9.19	156.18	5.71	19.20	كانون الثاني
18.10	57.74	12.57	184.89	8.46	20.65	شباط
3.30	43.82	18.65	93.39	10.71	24.84	أذار
0.01	35.47	23.47	98.49	15.46	32.89	نيسان

2. 4 حساب إنتاجية الحنطة

تم التعبير عن مجموع انتاج الحنطة (Yield) المتمثل بوزن الحبوب الجافة بوحدات (كغم/هكتار) بنفس الطريقة التي وصفت بواسطة (Mady and Derees, 2007) كالاتي:

$$\text{Yield} = \frac{Total\ wieght\ of\ the\ crop\ (kg)}{Totat\ area\ of\ the\ crop\ (ha)} \quad (1)$$

2. 5 حساب كفاءة استخدام المياه للحنطة

كفاءة استخدام المياه للنبات (CWUE) تمثل النسبة بين إنتاجية المحصول الى وحدة الماء المفقود بواسطة التبخر- نتح. المعادلة التالية تستخدم لحساب كفاءة استخدام المياه للنبات بوحدات (كغم/م^3)، (FAO, 1982):

$$\text{CWUE (kg/m}^3) = \frac{Yield\ (\frac{kg}{m2})}{Total\ depth\ of\ consumed\ water\ (m)} \quad (2)$$

2. 6 حساب التبخر-نتح الحقيقي للنبات

تم حساب التبخر-نتح لمحصول الحنطة (ETc) خلال الموسم الزراعي بالاعتماد على معادلة (Israelsen and Hansen, 1979) كالاتي:

$$\text{ETc} = (\theta p - \theta n) \times RD \quad (3)$$

حيث ان:

θp : المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة في اليوم السابق.

θn : المحتوى الرطوبي الحجمي للتربة في اليوم اللاحق.

RD : عمق المنطقة الجذرية (ملم)

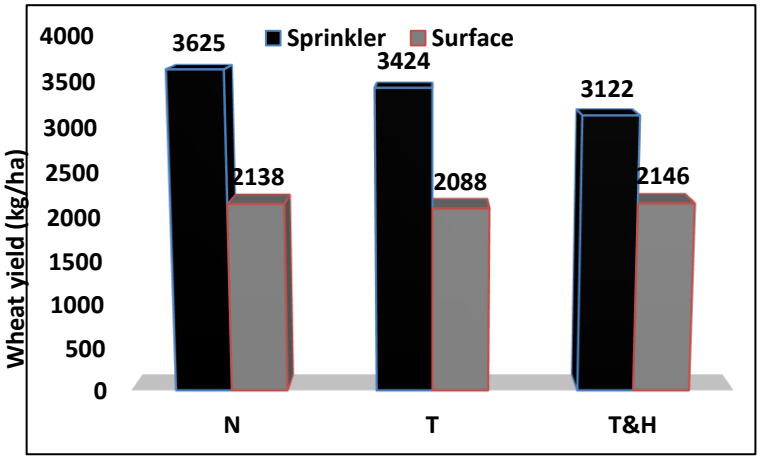
2. 7. المحاكاة باستخدام موديل RZWQM2

يقوم برنامج (RZWQM) بوصف حركة الماء في التربة بناءً على عدة معادلات. يتضمن البرنامج تطبيق معادلة ريتشارد (Richards equation) لتمثيل إعادة توزيع المياه ضمن الحدود العليا والدنيا لمقد التربة. يتم وصف عملية تغلغل المياه في التربة بتطبيق معادلة (Green-Ampt) خلال السقي وهطول الامطار (Ahuja et al., 2000). بينما يتم تطبيق الصيغة المعدلة لمعادلة Brocks and Corey (1964) لنمذجة الخصائص الهيدروليكية للتربة (Ahuja et al., 2000). يقوم الموديل تطبيق معادلة Nimah-Hanks (1973) لغرض تقدير كمية النتح بواسطة النبات. اما مقدار التبخر-نتح فيتم تقديره باستخدام معادلة Shuttleworth and Wallace, (1985) (Farahani and Ahuja, 1996). تم تطبيق موديل RZWQM2 لمحاكاة إنتاجية وكفاءة استخدام الماء بالإضافة الى الاستهلاك المائي لمحصول الحنطة كدالة للتغيرات المناخية الحالية والمتوقعة. تم وضع ثلاثة سيناريوهات مختلفة فيما يتعلق بالتغيرات في درجات الحرارة، لدراسة تأثير زيادة درجة حرارة الهواء العظمى والرطوبة النسبية على انتاجية وكفاءة استخدام المياه لمحصول الحنطة والاستهلاك المائي الحقيقي. في السيناريو الأول (N)، تم استخدام درجة الحرارة العظمى دون أي تغيير، اما في السيناريو الثاني (T) تمت إضافة 2 درجة مئوية إلى درجات الحرارة العظمى، بينما في السيناريو الثالث (T&H) تمت إضافة 2 درجة مئوية إلى درجات الحرارة العظمى مع خفض الرطوبة النسبية للهواء بنسبة 20 % ومن ثم اجراء النمذجة بشكل مستقل لكل سيناريو.

3. النتائج والمناقشة

3. 1. تأثير التغير المناخي على إنتاجية الحنطة

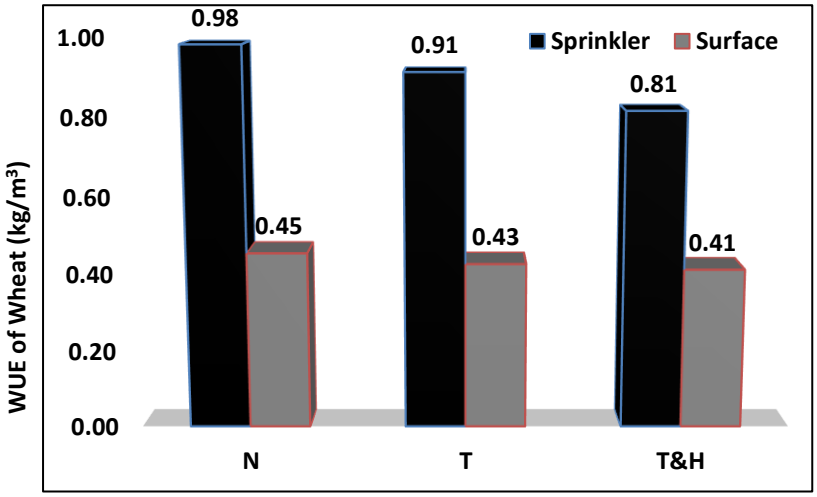
يواجه إنتاج الحبوب تأثيرات متنوعة بسبب الاحتباس الحراري وقلة هطول الأمطار وزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في جميع أنحاء العالم. لذلك، أصبح إنتاج الحبوب مصدر قلق رئيسي في المستقبل حيث يلاحظ زيادته في بعض المناطق بينما يمكن أن ينخفض في مناطق أخرى. ان تأثير التغير المناخي على إنتاجية محصول الحنطة كان واضحا تحت نظام الري بالرش، حيث كانت نسبة التقليص في إنتاجية الحنطة 6 % و14 % تحت تأثير السيناريو T وT&H، على التوالي. بينما كان تأثير التغير المناخي على انتاج الحنطة تحت نظام الري السيحي طفيفاً جدا. والشكل رقم (1) يوضح إنتاجية الحنطة الحالية والمتنبئة تحت معاملات التغيرات المناخية.



الشكل (1). إنتاجية الحنطة الحالية والمتنبئة تحت نظام الري بالرش والسيحي.

3. 2. تأثير التغير المناخي على كفاءة استخدام المياه للحنطة

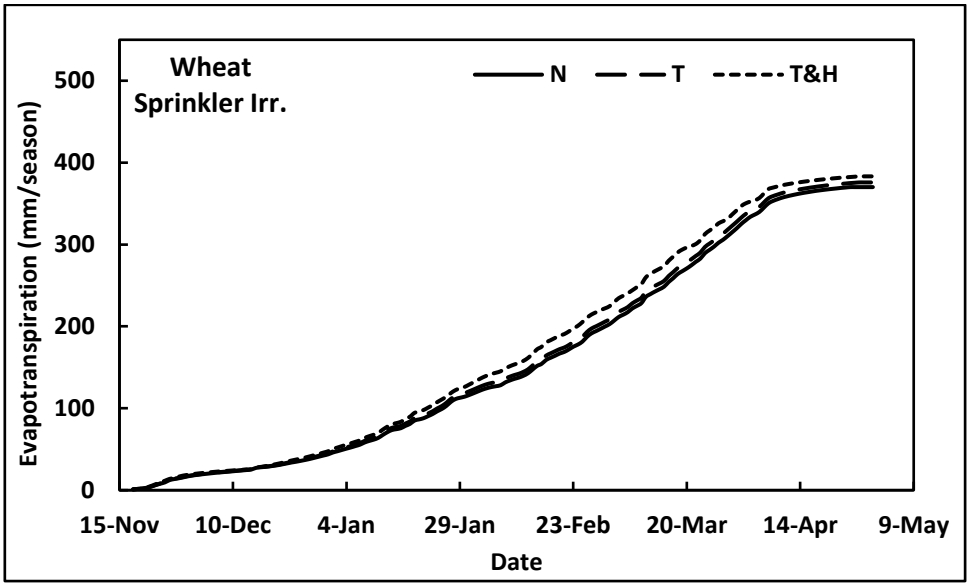
ان كفاءة استخدام المياه للنبات هو مصطلح واسع الاستخدام في الزراعة حيث يعبر عن كفاءة ماء الري. كما ان زيادة الكفاءة من القضايا المهمة في ظل الزيادة السكانية وندرة المياه العذبة. اظهرت النتائج انخفاض كفاءة استخدام المياه لمحصول الحنطة بنسبة 7 % و17 % تحت تأثير السيناريو T وT&H، على التوالي للري بالرش. اما لنظام الري السيحي فقد انخفضت كفاءة استخدام المياه بنسبة 6 % و9 % تحت تأثير السيناريو T وT&H، على التوالي. والشكل رقم (2) يوضح كفاءة استخدام المياه للحنطة الحالية والمتنبئة تحت معاملات التغيرات المناخية.



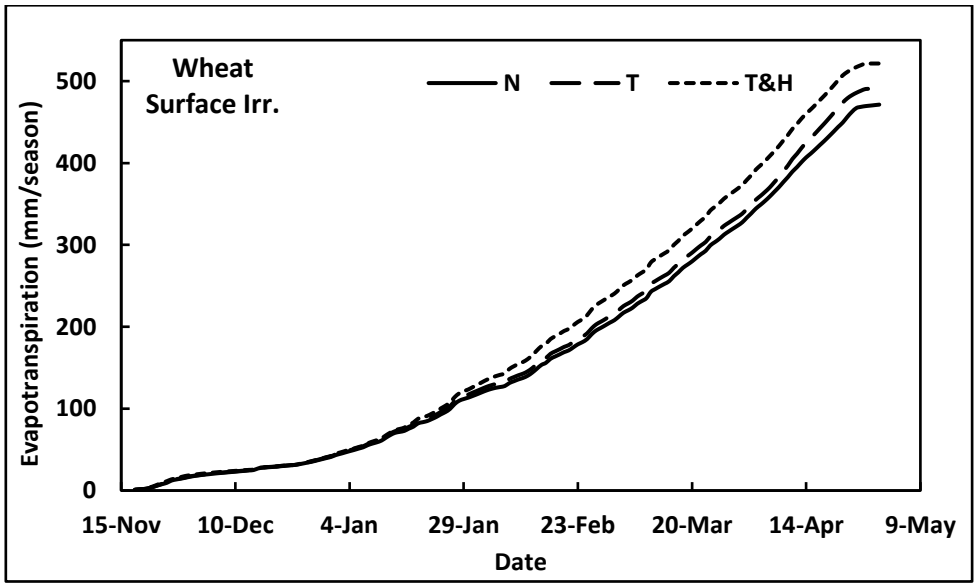
الشكل (2). كفاءة استخدام المياه للحنطة الحالية والمتنبئة تحت نظام الري بالرش والسيحي.

3. 3. تأثير التغير المناخي على الاستهلاك المائي الحقيقي للحنطة

الاستهلاك المائي الحقيقي للنبات يمثل كمية الماء المفقودة من سطح التربة بسبب التبخر وعمليات النتح. يتأثر الاستهلاك الحقيقي للنبات بعدة عوامل منها طول موسم النمو، الغطاء الخضري للنبات (Hall, 2001)، الرطوبة، درجة حرارة الهواء، شدة السطوع الشمسي وسرعة الرياح (Allen, et.al.,2005)، خصائص التربة (Burt, et.al.,2005). أظهرت نتائج الدراسة الحالية ازدياد كمية التبخر-نتح تحت نظام الري بالرش للسيناريو المناخي T وT&H بنسبة 2% و4%، على التوالي. اما تحت نظام الري السيحي كانت الزيادة للسيناريو المناخي T وT&H بنسبة 4 % و11 %، على التوالي، حيث كانت الزيادة واضحة تحت تأثير الري السيحي بسبب كون كمية الماء الجاهزة للتبخر تحت نظام الري السيحي أكبر من كمية الماء تحت نظام الري بالرش. والاشكال رقم (3) و(4) توضح الاستهلاك الحقيقي الحالي للحنطة والقيم المتنبئة تحت معاملات التغيرات المناخية لنظام الري بالرش والسيحي.



الشكل (3). الاستهلاك المائي الحقيقي للحنطة تحت نظام الري بالرش.



الشكل (4). الاستهلاك المائي الحقيقي للحنطة تحت نظام الري السيحي.

4. الاستنتاجات

تم اجراء التجارب الحقلية بهدف اختبار وتقييم موديل RZWQM2 بناءً على الظروف المناخية للعراق، كذلك لاختبار استراتيجيات التكيف مع التغيرات المناخية. ان للتداخل بين طريقة الري المتبعة والسيناريوات المناخية تأثيرا واضحا على إنتاجية محصول الحنطة. ان موديل RZWQM2 يعتبر أداة فعالة في تمثيل تأثيرات ارتفاع درجات الحرارة على إنتاجية محصول الحنطة تحت نظامي الري بالرش والري السيحي كفاءة استخدام المياه، والاستهلاك للنبات. بينت النتائج ان إنتاجية

وكفاءة استخدام المياه تحت نظام الري بالرش اعطى نتائج أفضل من الري السيحي رغم كون الري بالرش أكثر حساسية للتغيرات المناخية تحت تأثير السيناريوهات المستخدمة. ان طريقة الري السيحي قللت من تاثير التغير المناخي على إنتاجية الحنطة وكفاءة استخدام المياه بسبب زيادة كميات الماء المضافة والتي قللت بدورها من العجز المائي الناتج من زيادة التبخر- نتح عند ارتفاع درجات الحرارة. بينما كان التبخر- نتح تحت نظام الري السيحي أكثر تأثرا للتغيرات المناخية. هنالك حاجة بالمستقبل لاختبار إمكانية تطبيق الموديل على محاصيل استراتيجية اخرى، ومناطق مختلفة بالإضافة الى تجربة طرق الري الحديثة الاخرى كأحد طرق التكيف مع التغيرات المناخية.

المصادر

Adamo, N., AL-Ansari, N., Sissakian, V. K., Knutsson, S., and Laue, J., (2018), Climate change: Consequences on Iraq's Environment. J*ournal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*. 8 (3), 43-58.

Ahmad, S., G. Abbas, Z. Fatima, R. Khan, M. Anjum, M. Ahmed, M. Khan, C. Porter and G. Hoogenboom. ,(2017), Quantification of the impacts of climate warming and crop management on canola phenology in punjab, pakistan. *Journal of Agronomy and Crop Science* 203: 442-452.

Ahuja, L., Rojas, K. W., & Hanson, J. D. (Eds.), (2000), Root zone water quality model: modelling management effects on water quality and crop production. Water Resources Publication.

Ali, H.Z., M.S. Hameed, A.A. Abdulrahman and H.M. Saood,(2020), First report on fusarium brachygibbosum isolate fir 16_its isolated from iraqi wheat plant. *Journal of Ecological Engineering* 21.

Allen, R. G., Clemmens, A. J., Burt, C. M., Solomon, K., and O'Halloran, T., (2005), Prediction Accuracy for Project Wide Evapotranspiration Using Crop Coefficients and Reference Evapotranspiration, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 131, No. 1, pp. 24-36.

Anex, R., L. Gu and M. Helmers, (2018), A metric for evaluating the ability of the rzwqm model to project the impact of climate change.

Brooks, R., Corey, T., (1964), Hydraulic Properties of Porous Media. Hydrology Papers. *Colorado State University*.

Burt, C. C., Mutziger, A. J., Allen, R.G., and Howell, T. A., (2005), Evaporation Research: Review and Interpretation, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 131, No. 1, pp. 37-58

Cameira, M., R. Fernando, L. Ahuja and L. Ma.,(2007),Using RZWQM to Simulate the fate of nitrogen in field soil–crop environment in the mediterranean region. *Agricultural Water Management* 90: 121-136.

Daba, K., T. D. Warkentin, R. Bueckert, C.D. Todd and B. Tar'an, (2016), Determination of photoperiod- sensitive phase in chickpea (Cicer arietinum L.). Front. Plant Sci. 11:478.

Daham, A., D. Han, W. Matt Jolly, M. Rico-Ramirez and A. Marsh, (2019), Predicting vegetation phenology in response to climate change using bioclimatic indices in iraq. *Journal of Water and Climate Change* 10: 835-851.

Fang, Q.X., L. Ma, D.C. Nielsen, T.J. Trout and L.R. Ahuja, (2014), Quantifying corn yield and water use efficiency under growth stage–based deficit irrigation conditions. Practical applications of agricultural system models to optimize the use of limited water 5: 1-24.

Farahani, H. J., & Ahuja, L. R., (1996), Evapotranspiration modeling of partial canopy/residue-covered fields. Transactions of the ASAE, 39(6), 2051-2064.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, (1982), *Crop Water Requirements*, irrigation and drainage. Paper no. 24, FAO, Rome, Italy.

Hall, A. E., 2001, *Crop Responses to the Environment*, Boca Raton, Florida

Israelsen, O. W. and Hansen V. E.,(1979),, *Irrigation Principles and Practices*, 3rd Ed. John Wily and Sons. New York. USA.

Jaradat, A.,(2003), Agriculture in Iraq: resources, potentials, constraints, research needs and priorities. *Journal of food, Agriculture and Environment*. 1(2) pp:160

Kahiluoto, H., J. Kaseva, J. Balek, J.E. Olesen, M. Ruiz-Ramos, A. Gobin, K.C. Kersebaum, J. Takáč, F. Ruget and R. Ferrise,(2019), Decline in climate resilience of european wheat. Proceedings of the National Academy of Sciences 116: 123-128.

Karimi, T., C. Stöckle, S. Higgins and R. Nelson, (2018), Climate Change and Dryland Wheat Systems in the Us Pacific Northwest. Agricultural Systems 159: 144-156.

Kristensen, K., K. Schelde and J.E. Olesen, (2011) Winter wheat yield response to climate variability in denmark. *The Journal of Agricultural Science* 149(1): 33-47.

Leisner, C.P. ,(2020), Climate change impacts on food security-focus on perennial cropping systems and nutritional value. Plant Science 293: 110412.

Li, Y., R. Hou and F. Tao, (2020), Interactive Effects of different warming levels and tillage managements on winter wheat growth, physiological processes, grain yield and quality in the north china plain. Agriculture, *Ecosystems & Environment* 295: 106923.

Liu, H., Y. Liu, L. Zhang, Z. Zhang and Z. Gao,(2019), Quantifying extreme climatic conditions for maize production using RZWQM in siping, northeast china. International *Journal of Agricultural and Biological Engineering* 12: 111-122.

Mady, A. A., and Derees, A. H., (2007), Effect of Water Stress and Application of Compost on Water Use Efficiency and Productivity of Cucumber in Plastic House Under Trickle Irrigation System, Misr J. Ag. Eng. Irrigation and Drainage, Vol. 24, No. 1, pp. 182-197.

Meza, F.J. and D. Silva, (2009), Dynamic adaptation of maize and wheat production to climate change. *Climatic Change* 94: 143-156.

Minati, M.H. and M.K. Mohammed-Ameen, (2019), novel report on six fusarium species associated with head blight and crown rot of wheat in Basra province, *Iraq. Bulletin of the National Research Centre* 43: 139.

Nimah, M. N., & Hanks, R. J. ,(1973), Model for estimating soil water, plant, and atmospheric interrelations: I. Description and sensitivity. *Soil Science Society of America Journal*, *37*(4), 522-527.

Olesen, J.E., M. Trnka, K.-C. Kersebaum, A.O. Skjelvåg, B. Seguin, P. Peltonen-Sainio, F. Rossi, J. Kozyra and F. Micale, (2011), Impacts and adaptation of european crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy* 34: 96-112.

Shahadha, S.S., O. Wendroth, J. Zhu and J. Walton, (2019), Can measured soil hydraulic properties simulate field water dynamics and crop production? Agricultural Water Management 223: 105661.

Xiao, D., H. Bai and D.L. Liu, (2018), Impact of future climate change on wheat production: a simulated case for china's wheat system. Sustainability 10: 1277.

Zhang, X., W. Qin, S. Chen, L. Shao and H. Sun,(2017), Responses of yield and WUE of winter wheat to water stress during the past three decades—a case study in the north china plain. Agricultural Water Management 179: 47-54.

Zheng, Z., G. Hoogenboom, H. Cai and Z. Wang,(2020), Winter wheat production on the guanzhong plain of northwest china under projected future climate with simclim. Agricultural Water Management. 239: 106233.