

تخمين متطلبات مياه الري لمحافظة واسط في ظل التغير بالمناخ باستخدام النموذجين CROPWAT-8 و LARS-WG

فؤاد حسين سعيد

الهيئة العامة لصيانة مشاريع الري والبزل، وزارة الموارد المائية
البريد الإلكتروني للمؤلف المراسل: fouadhusseinsaeed@gmail.com

الخلاصة

تعتبر الزراعة الأكثر إستهلاك للمياه السطحية والجوفية على مستوى العالم. بفعل التغير بالمناخ سيتغير الطلب على مياه الري. في العراق، فإن التغير بالمناخ ينطوي على زيادة درجة الحرارة وتناقص الأمطار. في هذه الدراسة، تم تسقيط درجتي الحرارة العظمى والصغرى والأمطار لمحطة الكوت للفترة المرجعية من عام 1990 لغاية 2019 بواسطة النموذج LARS-WG الى الفترة من عام 2030 للغاية 2050 بالاعتماد على النموذج المناخي HadGEM2-ES والمسار RCP4.5. كذلك، تم حساب متطلبات الري لمحافظة واسط بواسطة البرنامج CROPWAT-8 للفترتين المرجعية والمستقبلية. بينت نتائج الدراسة بان المعدل السنوي لدرجتي الحرارة العظمى والصغرى ستنز ايدان بمقدار 1.44 و 1.24 درجة مئوية. سينعكس ذلك على زيادة معدل التبخر السنوي من 2721.3 الى 2848.2 ملم/سنة. في نفس السياق، سيزاد الطلب على مياه الري بحدود 36.7 م³ /ثا بفعل العوامل المناخية المستحدثة. لذلك، يتطلب اللجوء الى طرق ري أكثر كفاءة لغرض تقليل الضغط على الموارد المائية التي هي بتناقص أيضاً بفعل التغيرات المناخية.

الكلمات المفتاحية: التغير بالمناخ، متطلبات مياه الري، CROPWAT-8، LARS-WG.

Forecasting of Irrigation Water Requirements in Wasit Province under Climate Change Conditions using LARS-WG and CROPWAT-8 Models

Fouad H. Saeed

General Directorate of Maintenance the Irrigation and Drainage Projects, Ministry of Water Resources

Corresponding author's email: fouadhusseinsaeed@gmail.com

Abstract

Agriculture is the largest consumer of surface and groundwater globally. Due to climate change, the demand for irrigation water will shift. In Iraq, climate change involves increased temperatures and decreased rainfall. In this study, the maximum and minimum temperatures and rainfall for Al-Kut station during the reference period from 1990 to 2019 were downscaled to the period from 2030 to 2050 using the LARS-WG model, based on the HadGEM2-ES climate model and the RCP4.5 scenario. Additionally, irrigation requirements for Wasit Governorate were calculated using the CROPWAT-8 program for both the reference and future periods. The results indicate that the annual average of maximum and minimum temperatures will rise by 1.44°C and 1.24°C, respectively. This will lead to an increase in the annual evaporation rate from 2721.3 mm/year to 2848.2 mm/year. Similarly, the demand for irrigation water is projected to increase by about 36.7 m³/s due to these updated climatic factors. Therefore, it is essential to adopt more efficient irrigation methods to reduce pressure on water resources, which are also declining due to climate change.

Keywords: Climate change, Irrigation water requirements, CROPWAT-8, LARS-WG.

1. المقدمة

الزراعة المروية تعتبر المستهلك الأكبر للمياه حول العالم حيث تبلغ تلك الاستهلاكات بحدود 70% من المياه العذبة (Fischer et al., 2007). يعتبر المناخ المحدد الرئيسي لكمية المياه المطلوبة للري (Shalhevet & Bielorai, 1978) (Konzmann et al., 2013). لذلك فإن أي تغيير بالعناصر المناخية سؤدي حتما الى تغيير كمية المياه المطلوبة للري (Gorguner & Kavvas, 2020). يندرج التغير بالمناخ في المناطق الجافة وشبه الجافة على زيادة درجة الحرارة وبالتالي زيادة التبخر واستنزاف رطوبة التربة (Holsten et al., 2009). لذلك يحتاج النبات للمزيد من المياه للحفاظ على الكتلة الأحيائية (Haskett et al., 2000).

يبين العديد من الباحثين حول العالم بتغيير متطلبات الري طبقا للتغير المتوقع في مناخ المناطق المدروسة (Lelieveld et al., 2012) et al., (2019) (Ouarda et al., 2019). في الشرق الأوسط، بينت العديد من الدراسات بتناقص الأمطار وزيادة التبخر بفعل تزايد درجة الحرارة (Waha et al., 2017) (Sowers et al., 2011) مما يعني المزيد من الطلب على مياه الري لتعويض النقص الحاصل بالأمطار و فقدان الرطوبة بفعل زيادة التبخر (Abteu & Melesse, 2013) (Wang et al., 2009). في نفس السياق، فإن تدفق المياه في الأنهر ضمن منطقة الشرق الأوسط ستتناقص بحدود 15-45% بفعل التغير بالمناخ (Salman et al., 2018). بالنسبة للعراق، بينت الدراسات السابقة ان الطلب على مياه الري في العراق في تزايد مستمر بفضل التغير بالمناخ (Allen et al., 1998) (Ewaid et al., 2019).

البرنامج CROPWAT-8 طبق بنجاح في العديد من مناطق العالم ذات المناخات المختلفة لغرض تخمين متطلبات الري لمحاصيل مختلفة. يعتمد البرنامج على حساب التبخر منح المرجعي ETo باستخدام معادلة بينمان، كذلك، يحسب البرنامج التبخر نتج المحصولي ETc بالاعتماد على معامل المحصول Kc لغرض حساب صافي متطلبات الري NIWR مع الأخذ بنظر الاعتبار كمية المياه التي يوفرها المطر للنبات (Semenov et al., 1998). من الممكن حساب التصريف اللازم لإرواء مساحة معينة GIWR من خلال حساب NIWR ونوع المحصول (أو المحاصيل) وكمية المياه المطلوبة لغسل التربة ومعدل الهطول المطري (IPCC, 2014).

النموذج LARS-WG هو نموذج لتوليد بيانات الطقس المستقبلية من خلال محاكات نمط التغير في العناصر المناخية (درجاتي الحرارة العظمى والصغرى و الأمطار والسطوع الشمسي) لمحطة مناخ معينة. يأخذ النموذج بنظر الاعتبار المسارات المستقبلية للتغير المناخي RCPs و مخرجات النماذج العالمية GCMs بالاعتماد على CMIP. نُفذ النموذج بنجاح في تطبيقات الموارد المائية في العديد من مناطق العالم و أعتد في العديد من الدراسات (Japan International Cooperation Agency, 2016). كما تم تطبيق النموذج LARS-WG في بعض مناطق العراق الشمالية والغربية للتحري عن المناخ المستقبلي. أكدت جميع تلك الدراسات على ارتفاع درجات الحرارة وتناقص الامطار في المناطق التي تم دراستها (Japan International Cooperation Agency, 2016).

حددت اللجنة الدولية للتغير بالمناخ IPCC أربع مسارات للتغير بالمناخ المستقبلي طبقا لكمية الانبعاثات المتوقعة و نمط الزيادة السكانية و أسلوب العيش المتوقع. هذه المسارات تتضمن RCP2.6، RCP4.5، RCP6، RCP8.5 و التي تعتمد على مخرجات النماذج المناخية العالمية GCM ضمن CMIP5 (Jaradat, 2003).

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد متطلبات الري لعموم المساحة المزروعة في محافظة واسط التي تقع وسط العراق. و من اجل تحقيق ذلك الهدف تم حساب عناصر المناخ (درجات الحرارة العظمى والصغرى والأمطار) للفترة من 2030 لغاية 2050 (كفترة مستقبلية) بالاعتماد على بيانات الطقس المرصودة خلال الفترة من 1990 لغاية 2019 (كفترة مرجعية) بالاعتماد على النموذج LARS-WG. و بالاعتماد على البرنامج CROPWAT-8 تم حساب GIWR، NIWR،ETC،ETo للفترتين المرجعية والمستقبلية. تم الاعتماد على المسار المتوسط RCP4.5 والنموذج البريطاني HadGEM2-ES في حساب عناصر المناخ المستقبلية.

2. طريقة العمل والمواد

1.1. منطقة الدراسة

تقع محافظة واسط في شرق العراق تتوسط بين الشمال والجنوب بين الإحداثيات 33.023769°، 44.74249° و 32.051390°، 46.516452° و 32.935547°، 46.355668° و 32.378308°، 45.339997° يحدها من الشرق والشمال محافظتي ديالى وبغداد ومن الغرب محافظات بابل والديوانية ومن الجنوب محافظتي ذي قار وميسان ومن الشرق جمهورية إيران. يتسم مناخ المحافظة بالصيف الحار والجاف حيث يبلغ معدل أقصى درجة حرارة عظمى صيفاً بحدود 47.1 درجة مئوية في شهر تموز ومعدل أقل درجة حرارة صغرى يبلغ 6.6 درجة مئوية في شهر كانون الثاني (Fuka et al., 2014). كذلك، تهطل الأمطار خلال الأشهر من أيلول لغاية مايس بمعدل هطول سنوي يبلغ 126 ملم أما بقية أشهر السنة فتقترب الأمطار من الصفر (Fuka et al., 2014). توجد في المحافظة العديد من المساحات الزراعية المستصلحة وغير المستصلحة التي تعتمد بشكل أساس على الري من نهر دجلة (Japan International Cooperation Agency, 2016) وكما موضح في الجدول 1. تعتمد المحافظة على المحاصيل الشتوية بشكل أساس وعلى المحاصيل الصيفية والبساتين بشكل أقل وتشمل تلك المحاصيل ما يلي: القمح، الشعير، الذرة الربيعية، دوار الشمس، القطن، البطاطس الربيعية، الخضروات الربيعية الصغيرة، فول الصويا، الحبوب الصغيرة، الدخن، الطماطم، الذرة الرفيعة، الذرة الخريفية، البطاطس الخريفية، الخضروات الخريفية الصغيرة، والبرسيم وتبلغ الكثافة الزراعية للمحاصيل الشتوية 60% وللمحاصيل الصيفية 25% من مجموع الأراضي المزروعة المذكورة في الجدول (1) (Jaradat, 2003).

جدول (1): المساحات الزراعية في محافظة واسط (Japan International Cooperation Agency, 2016).

المساحة المزروعة (دونم)* (1000)	المساحة الإجمالية (دونم* 1000)	المنطقة الزراعية
129.8	148	الصويرة والحفرية
48.2	55	كصبية
63.2	72	الشحيمية
463.3	528.2	أواسط دجلة
59.6	68	الدبوني
65.8	75	بدره وجصان
259.6	296	دلمج

295.6	337	غرب الغراف
399.7	475	شرق الغراف
116.7	133	كوت-بثيرة
163.2	186	الدجيله
82.5	94	البسروكية
10.5	12	الموقفية
120.2	137	تطوير أواسط دجلة-الصويرة
2277.9	2616.2	المجموع

2.2. البيانات المستخدمة

في هذه الدراسة، تم استخدام بيانات الأمطار التي تم تجميعها من هيئة الأنواء الجوية والرصد الزلزالي العراقية للفترة المرجعية من عام 1990 لغاية 2019 لمحطة الكوت التي تقع في الإحداثي $32^{\circ}.628$ $45^{\circ}.625$ ، وبمنسوب 19.00 فوق مستوى سطح البحر. كذلك، فقد تم اعتماد بيانات درجتي الحرارة العظمى والصغرى والرياح والرطوبة النسبية لساعات السطوح الشمسي من الموقع الأمريكي CFSR والذي أعتد في العديد من الدراسات السابقة داخل وخارج العراق كمصدر لبيانات الطقس للمناطق الغير مرصودة (Fuka et al., 2014). بالنسبة لبيانات الدورات الزراعية وتوقيتاتها وأنواع المحاصيل والمساحات المروية فقد تم الاعتماد على تقرير منظمة التعاون اليابانية JICA (Japan International Cooperation Agency, 2016).

3.2. النموذج المناخي LARS-WG

LARS-WG هو نموذج لتوليد بيانات الطقس في موقع واحد يُستخدم للتطبيقات الهيدرولوجية وإدارة البيئة وتقييم المخاطر الزراعية. ينتج النموذج بيانات طقس يومية بناءً على متغيرات الطقس المرجعية بما في ذلك هطول الأمطار والحد الأدنى والحد الأقصى لدرجة الحرارة والإشعاع الشمسي. ينفذ LARS-WG توزيعاً شبه تجريبي (SED) لفترة هطول الأمطار والسطوح الشمسي اليومية وتكرار فترات الجفاف وفترات الرطوبة. يمثل SED (المعادلة 1) رسماً بيانياً مكوناً من 10 فترات x_{i-1}, x_i ، حيث $x_{i-1} < x_i$ هو فاصل زمني واحد و e_i هو عدد الأحداث في الفاصل الزمني i استناداً إلى المتغيرات المرصودة.

$$SED = (x_0, x_i; e_i, i = 1, \dots, 10) \quad (1)$$

بالنظر إلى العملية الإحصائية، يتنبأ LARS-WG بالحد الأدنى والحد الأقصى لدرجة الحرارة بناءً على المتوسط اليومي والانحراف المعياري اليومي المرتبط بالحالة الرطبة والجافة ليوم واحد. إن الإصدار السادس من LARS-WG قادر على توقع هطول الأمطار والإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة الدنيا والقصى اختياريًا من عام 2011 إلى عام 2100 خلال 20 عامًا. يأخذ النموذج في الاعتبار التوزيع العام المتنوع لمختلف مراحل مشروع المقارنة بين النماذج المزدوجة (CMIP5) في إطار أربعة مسارات تركيز تمثيلية (RCP 2.6، RCP 4.5، RCP 6، RCP 8.5) (Semenov & Barrow, 2002).

4.2. البرنامج CROPWAT-8

CROPWAT-8 هو برنامج طورته منظمة الأغذية والزراعة FAO لغرض حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل بناءً على بيانات المحاصيل والمناخ والتربة (Allen, Richard G., PEREIRA, Luis S., RAES, Dirk and SMITH, 1998). ويحسب البرنامج التبخر المرجعي ET_0 بناءً على طريقة Penman-Monteith (المعادلة 2). بالنسبة لحسابات ET_0 ، يحتاج CROPWAT-8 بيانات درجتي الحرارة العظمى والصغرى والرطوبة النسبية وسرعة الرياح وساعات سطوع الشمس كبيانات مدخلة لمحطة مناخية محددة. يمثل معامل المحصول (K_c) أحد عوامل مراحل نمو المحصول، ويحسب CROPWAT-8 التبخر والنسبة للمحصول (ET_c) بناءً على ET_0 و K_c كما هو موضح في المعادلة 3. في هذه الدراسة، تم حساب المطر المؤثر (R_e) بناءً على معادلة وزارة الزراعة الأمريكية (المعادلة 4). وعلاوة على ذلك، تم حساب صافي متطلبات مياه الري (NIWR) بطرح R_e من ET_c (المعادلة 5). يتم حساب إجمالي متطلبات مياه الري (GIWR) بواسطة المعادلة 6، بالنتيجة لكل هكتار واحد بناءً على NIWR والتربة ونمط المحاصيل المحدد من قبل المستخدم.

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \frac{900 \gamma U_2 (e_s - e_a)}{T + 273}}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (2)$$

حيث:

ET_0 : التبخر المرجعي (ملم/يوم)

R_n : صافي الإشعاع الشمسي ($MJ.m^2/day$)

G : كثافة التدفق الحراري للتربة ($MJ.m^2/day$)

T : متوسط درجة حرارة الهواء اليومية عند ارتفاع 2 متر (درجة مئوية)

U_2 : سرعة الرياح على ارتفاع 2 متر (م/ث)

e_s : ضغط بخار التشبع (KPa)

e_a : ضغط البخار الفعلي (KPa)

Δ : ميل منحنى ضغط البخار المشبع ($KPa/^\circ C$)

γ : الثابت السيكرومتري ($KPa/^\circ C$).

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (3)$$

حيث:

ET_c : تبخر المحاصيل (ملم/يوم)

K_c : معامل المحصول (بدون وحدات).

$$R \leq 250 \text{ (ملم)} \quad R_e = R \frac{(125 - 0.2 R)}{125}$$

$$R > 250 \text{ (ملم)} \quad R_e = 125 + 0.1 R \quad (4)$$

حيث:

Re : إجمالي هطول الأمطار (ملم).

$$NIWR = ETc - R_e \quad (5)$$

$$GIWR = \frac{NIWR + L_r}{E_a} \times 100 \quad (6)$$

حيث:

GIWR: إجمالي متطلبات مياه الري (ملم)

Ea: كفاءة التطبيق للري

Lr: متطلبات غسل التربة (ملم) والتي يتم حسابها بواسطة $L_r = f \times NIWR$ ، حيث تراوحت f من 5 إلى 12% بناءً على ملوحة التربة المتاحة (Rai et al., 2017).

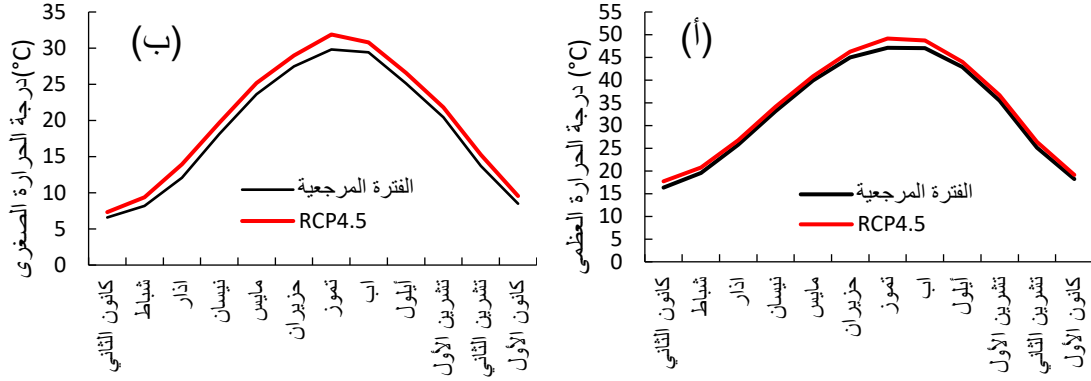
3. منهجية البحث

في هذه الدراسة تم تنفيذ النموذج LARS-WG للمحطة المناخية في الكوت للفترة المرجعية من عام 1990 لغاية 2019 لتسقيط بيانات الطقس للفترة المستقبلية من عام 2030 لغاية 2050 بالاعتماد على النموذج المناخي البريطاني HadGEM2-ES والمسار المتوسط RCP4.5. تم تغذية البرنامج CROPWAT-8 ببيانات المناخ للفترتين المرجعية والمستقبلية لحساب التبخر نتح المرجعي والمحصولي والأمطار المستقبلية وصافي وإجمالي متطلبات الري لعموم المساحة الزراعية باعتماد المحاصيل التي تزرع تقليدياً في المحافظة وبناءً على الدورات الزراعية المعتمدة واعتبار كفاءة الري التطبيق 55% وكفاءة النقل 85% وكفاءة التشغيل 75%. بما ان البيانات المدخلة للنموذجين هي بيانات مقاسة حقيقية وان النموذجين المستخدمين في هذه الدراسة يعتبران كأداة حسابية فلم يتم معايرة النتائج المستخلصة من هذه الدراسة. تم تحليل نتائج البحث وعرضها على شكل جداول ومنحنيات لبيان الفرق الذي سيحصل في متطلبات الري للمحاصيل التي تُزرع في محافظة واسط باعتبارها حالة دراسية لتصور مستقبل الطلب على مياه الري في عموم العراق.

4. النتائج والمناقشات

1.4. العناصر المناخية المستقبلية

بيّنت النتائج المستخلصة من النموذج LARS-WG حصول زيادة في درجتي الحرارة العظمى والصغرى بسبب التغير بالمناخ (شكل 1). حيث ستزداد درجة الحرارة العظمى والصغرى بحدود درجتين مئوية في شهر تموز، أما الزيادة في أشهر الشتاء ستكون بحدود درجة مئوية واحدة.



شكل (1): التغيرات في درجتي الحرارة العظمى والصغرى لمحطة الكوت: (أ) درجة الحرارة العظمى، (ب) درجة الحرارة الصغرى.

ستنعكس تلك الزيادة في درجة الحرارة على التبخر-نتح حيث إن معدل التبخر نتح السنوي في الفترة المرجعية والمحسوب بالبرنامج CROPWAT-8 يبلغ 2721.3 ملم/سنة سيزداد ذلك المعدل ليبلغ 2848.2 ملم/سنة أي بزيادة مقدارها 126.9 ملم مما يشكل أثر سلبي على متطلبات الري حيث يجب تعويض استنفاد الرطوبة من خلال زيادة كمية الري جدول (2).

جدول (2): التبخر-نتح للفترتين المرجعية والمستقبلية.

الشهر	التبخر-نتح للفترة المرجعية (ملم)	التبخر-نتح للفترة المستقبلية RCP4.5 (ملم)
كانون الثاني	88.2	92.4
شباط	129.6	135
أذار	180.9	186.9
نيسان	250.5	256.8
مايس	326.1	332.7
حزيران	366	372.9
تموز	376.8	388.5
أب	346.8	356.1
أيلول	235.2	290.4
تشرين الأول	202.2	208.2
تشرين الثاني	131.1	137.1
كانون الأول	87.9	91.2
المجموع	2721.3	2848.2

بالنسبة للأمطار فإن التغير بالمناخ سيؤثر بشكل سلبي على الهطول المطري في محطة الكوت كما مبين في الجدول (3). حيث يتضح إن معدل الهطول المطري المقاس في محطة الكوت خلال الفترة المرجعية بحدود 126.1 ملم/سنة وذروة الهطول المطري شهر كانون الثاني بمعدل 27.5 ملم وما يقرب من الصفر خلال الأشهر من حزيران الى أيلول. إن الهطول المطري المحاكى بالنموذج LARS-WG يُبين تناقص واضح بالأمطار بسبب التغيرات المناخية حيث سيكون معدل الهطول المطري

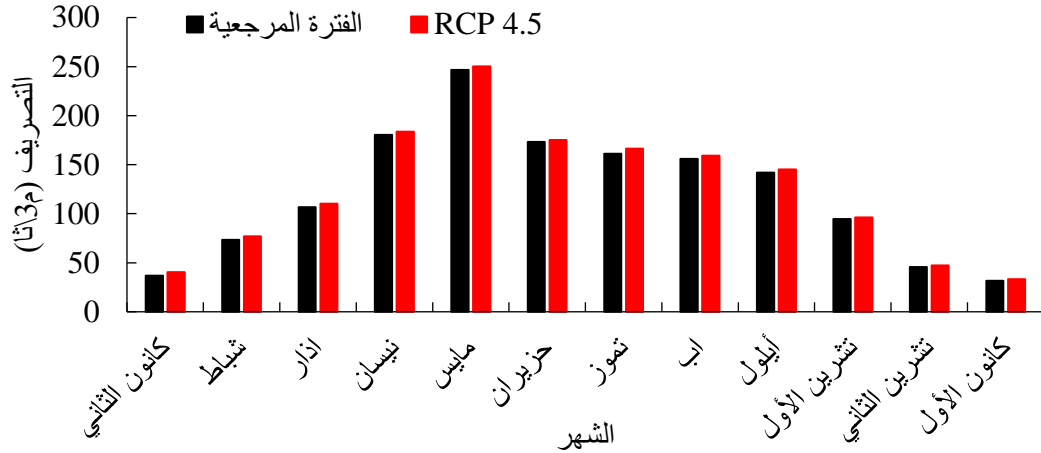
السنوي بحدود 119.7 ملم\سنة وذروة ذلك الهطول تحدث في شهر كانون الثاني بمعدل 25.7 ملم. يلاحظ كذلك، تناقص في الامطار الشهرية لعموم أشهر السنة ماعدا شهري أيلول وكانون الأول فتوجد زيادة طفيفة ويعود ذلك لسبب التغير في التوزيع الزمني للهطول المطري الناتج عن التغير بالمناخ.

جدول (3): تغير الهطول المطري في محطة الكوت.

الهطول المطري للفترة المستقبلية RCP4.5 (ملم)	الهطول المطري للفترة المرجعية (ملم)	الشهر
25.7	27.5	كانون الثاني
9.3	12.0	شباط
15.7	16.8	أذار
8.0	9.2	نيسان
6.2	5.6	مايس
0.0	0.0	حزيران
0.0	0.0	تموز
0.0	0.0	أب
3.0	2.3	أيلول
7.5	7.6	تشرين الأول
21.2	22.6	تشرين الثاني
23.0	22.5	كانون الأول
119.7	126.1	المجموع

2.4. متطلبات مياه الري

بفعل التغير بالمناخ ستزداد متطلبات الري لإرواء المحاصيل في المساحة الزراعية لمحافظة واسط بسبب زيادة التبخر- نتح وتناقص الهطول المطري حسب النتائج التي أخرجها البرنامج-8CROPWAT. يوضح الشكل (2) بأن ذروة الطلب على مياه الري خلال الفترة المرجعية تبلغ 246.7 م³ \ثا في شهر مايس وأقل طلب على مياه الري في شهر كانون الأول وتبلغ 31.5 م³ \ثا. ستزداد كمية المياه المطلوبة للري خلال الفترة المستقبلية بفعل التغير بالمناخ حيث سيبلغ أقصى طلب في شهر مايس 250.2 م³ \ثا وأوطأ طلب في شهر كانون الأول ويبلغ 33.2 م³ \ثا.



شكل (2): تغاير متطلبات مياه الري لمحافظة واسط.

أوضح العديد من الباحثين زيادة درجة الحرارة في منطقة الشرق الأوسط بما فيها العراق مما سيزيد من التبخر من سطح التربة والنتج من جسم النباتات (Haskett et al., 2000). كذلك، بينت دراسات خرى بتناقص معدلات الأمطار على عموم مساحة العراق بسبب التغيرات المناخية (Ewaid et al., 2019)(Awchi & Kalyana, 2017). علاوة على ذلك، فإن متطلبات مياه الري ستزداد لتعويض النقص في رطوبة التربة بفعل التبخر وتناقص الأمطار (Mondal et al., 2014). تتماشى نتائج هذه الدراسة مع النتائج التي توصل لها الباحثين الآخريين في مناطق متعددة من العراق (Wasimi, 2010).

5. الاستنتاجات والتوصيات

في هذه الدراسة تم تخمين متطلبات مياه الري للمساحة الزراعية في محافظة واسط خلال الفترة المرجعية من عام 1990 لغاية 2019 وتسقيط تلك المتطلبات للفترة المستقبلية من عام 2030 لغاية 2050 بالاعتماد على بيانات المناخ المُخمنة بالنموذج LARS-WG ومتطلبات الري المحسوبة بالبرنامج CROPWAT-8.

يُستنتج من الدراسة ما يلي:

- 1- إن محافظة واسط ستعاني من الاحترار مما يعني زيادة التبخر واستنفاد رطوبة التربة والإجهاد على المحاصيل التي ستحتاج مياه أكثر لتعويض نقص الرطوبة في التربة.
- 2- سيلجأ النبات إلى سحب مياه أكثر من التربة لتعويض النقص الرطوبي في الكتلة الأحيائية للنبات. مما سيزيد الأمر سوءاً هو تناقص الهطول المطري بفعل التغيرات المناخية مما يستوجب تعويض النقص في الأمطار من خلال زيادة كمية المياه المتدفقة نحو المساحات الزراعية.
- 3- من المتوقع زيادة الطلب على مياه الري في محافظة واسط بفعل التغيرات المناخية والتي تمثل حالة دراسية ممكن تعميمها على مناطق العراق الأخرى.
- 4- إن معظم قنوات الري قد تم تصميمها اعتماداً على المقننات المائية المحسوبة خلال عقود سابقة، هذه المقننات ستتغير نحو الزيادة بفعل التغير بالمناخ لذلك يتوجب تحديث المقننات المائية لعموم المساحات الزراعية في العراق بناء على متطلبات التغير

بالمناخ. من أجل إبقاء الطلب على مياه الري ضمن الحدود المرسومة في خطط إدارة الموارد المائية يجب اعتماد طرق ري أكثر كفاءة كالري بالرش أو الري بالتنقيط أو زراعة محاصيل أقل استهلاكاً لمياه من أجل تقليل الضغط على مياه نهري دجلة والفرات.

المصادر

Abtew, W., & Melesse, A. (2013). Evaporation and evapotranspiration: Measurements and estimations. *Evaporation and Evapotranspiration: Measurements and Estimations*, 9789400747, 1–206. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4737-1>

Allen, Richard G., PEREIRA, Luis S., RAES, Dirk and SMITH, M. (1998). FAO Irrigation and Drainage Paper Crop by. *Irrigation and Drainage*, 300(56), 300. <http://www.kimberly.uidaho.edu/water/fao56/fao56.pdf>

Awchi, T. A., & Kalyana, M. M. (2017). Meteorological drought analysis in northern Iraq using SPI and GIS. *Sustainable Water Resources Management*, 3(4), 451–463. <https://doi.org/10.1007/s40899-017-0111-x>

Ewaid, S. H., Abed, S. A., & Al-Ansari, N. (2019). Crop water requirements and irrigation schedules for some major crops in southern Iraq. *Water (Switzerland)*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/w11040756>

Fischer, G., Tubiello, F. N., van Velthuisen, H., & Wiberg, D. A. (2007). Climate change impacts on irrigation water requirements: Effects of mitigation, 1990-2080. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(7), 1083–1107. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2006.05.021>

Fuka, D. R., Walter, M. T., Macalister, C., Degaetano, A. T., Steenhuis, T. S., & Easton, Z. M. (2014). Using the Climate Forecast System Reanalysis as weather input data for watershed models. *Hydrological Processes*, 28(22), 5613–5623. <https://doi.org/10.1002/hyp.10073>

Gorguner, M., & Kavvas, M. L. (2020). Modeling impacts of future climate change on reservoir storages and irrigation water demands in a Mediterranean basin. *Science of the Total Environment*, 748, 141246. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141246>

Haskett, J. D., Pachepsky, Y. A., & Acock, B. (2000). *Effect of climate and atmospheric change on soybean water stress : a study of Iowa*. 135, 265–277.

Holsten, A., Vetter, T., Vohland, K., & Krysanova, V. (2009). Impact of climate change on soil moisture dynamics in Brandenburg with a focus on nature conservation areas. *Ecological Modelling*, 220(17), 2076–2087. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.04.038>

IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution. In *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Japan International Cooperation Agency, J. (2016). *Data Collection Survey on Water Resource Management and Agriculture Irrigation in the Republic of Iraq*. April, 125.

Jaradat, A. (2003). Agriculture in Iraq: Resources, potentials, constraints, research needs and priorities. *Agriculture*, 83. <http://ddr.nal.usda.gov/dspace/handle/10113/47863>

Konzmann, M., Gerten, D., & Heinke, J. (2013). Impacts climatiques selon 19 MCG sur les besoins globaux en irrigation simulés par un modèle d'hydrologie et de végétation. *Hydrological Sciences Journal*, 58(1), 88–105. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.746495>

Lelieveld, J., Hadjinicolaou, P., Kostopoulou, E., Chenoweth, J., El Maayar, M., Giannakopoulos, C., Hannides, C., Lange, M. A., Tanarhte, M., Tyrlis, E., & Xoplaki, E. (2012). Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. *Climatic Change*, 114(3–4), 667–687. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0418-4>

Mondal, P., Jain, M., Robertson, A. W., Galford, G. L., Small, C., & Defries, R. S. (2014). *Winter crop sensitivity to inter-annual climate variability in central India*. 61–76. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1216-y>

Ouarda, T. B. M. J., Charron, C., Kumar, K. N., Phanikumar, D. V., Molini, A., & Basha, G. (2019). Nonstationary warm spell frequency analysis integrating climate variability and change with application to the Middle East. *Climate Dynamics*, 53(9–10), 5329–5347. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04866-2>

Rai, R. K., Singh, V. P., & Upadhyay, A. (2017). Chapter 12 - Irrigation Scheduling. *Planning and Evaluation of Irrigation Projects*, 385–412. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128117484000121>

Salman, S. A., Shahid, S., Ismail, T., Ahmed, K., & Wang, X. J. (2018). Selection of climate models for projection of spatiotemporal changes in temperature of Iraq with uncertainties. *Atmospheric Research*, 213, 509–522. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.07.008>

Semenov, M. A., & Barrow, E. M. (2002). LARS-WG: A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies version 3. User Manual. *User Manual, Hertfordshire, UK, August*, 27.

Semenov, M. A., Brooks, R. J., Barrow, E. M., & Richardson, C. W. (1998). Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. *Climate Research*, 10(2), 95–107. <https://doi.org/10.3354/cr010095>

Shalhevet, J., & Bielorai, H. (1978). Crop water requirement in relation to climate and soil. In *Soil Science* (Vol. 125, Issue 4, pp. 240–247). <https://doi.org/10.1097/00010694-197804000-00008>

Sowers, J., Vengosh, A., & Weinthal, E. (2011). Climate change, water resources, and the politics of adaptation in the Middle East and North Africa. *Climatic Change*, 104(3–4), 599–627. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9835-4>

Waha, K., Krummenauer, L., Adams, S., Aich, V., Baarsch, F., Coumou, D., Fader, M., Hoff, H., Jobbins, G., Marcus, R., Mengel, M., Otto, I. M., Perrette, M., Rocha, M., Robinson, A., &

Schleussner, C. F. (2017). Climate change impacts in the Middle East and Northern Africa (MENA) region and their implications for vulnerable population groups. *Regional Environmental Change*, 17(6), 1623–1638. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1144-2>

Wang, Z., Zheng, H., & Wang, X. (2009). A Harmonious Water Rights Allocation model for Shiyang River Basin, Gansu Province, China. *International Journal of Water Resources Development*, 25(2), 355–371. <https://doi.org/10.1080/07900620902868836>

Wasimi, S. A. (2010). Climate change in the Middle East and North Africa (MENA) region and implications for water resources project planning and management. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 2(3), 297–320. <https://doi.org/10.1108/17568691011063060>