Journal of Water Resources and Geosciences
Vol. 1, Issue 2 , 2022

تقدير البصمة المائية للمحاصيل الاستراتيجية في العراق: الحنطة والشعير كحالة دراسة

احمد هاتف سالم [1] , سارة محمد داوود [1]

[1] المركز الوطني لا دارة الموارد المائية – وزارة الموارد المائية – بغداد

* المؤلف المرسل : (en_ahmedh @yahoo.com , engsarah34@gmail.com,)

المستخلص

أن مفهوم البصمة المائية يمكن أن يوفر معلومات مهمة لأدارة الموارد المائية خاصة في البلدان التي تعاني من ندرة المياه والتي تعتمد على الري للمساعدة في تلبيه متطلباتها الغذائية. في هذه الدراسة تم تقدير البصمة المائية للحنطة والشعير خلال العامين 2019 و2020 في 15 محافظة من محافظات العراق (باستثناء إقليم كردستان)، حيث تم حساب البصمة المائية باستخدام طريقة (Ewaid et al., 2019) وموديلات CROPWAT8.0 و CLIMWAT2.0. أظهرت النتائج في هذه الدراسة أن معدل البصمة المائية لمحصول الحنطة للمحافظات العراقية كان حوالي 908 م3/طن و747 م3/طن للعامين، على التوالي. بينما بلغ معدل البصمة المائية لمحصول الشعير للمحافظات العراقية حوالي 2849 م3/طن و4198 م3/طن للعامين، على التوالي. حيث بلغت اعلى قيمة لها في محافظات ميسان (3118.5 م3/طن) والمثنى (1620.2 م3/طن) خلال العامين. بينما كانت اقل قيمة لها في محافظات صلاح الدين (592 م3/طن) وكركوك (495 م3/طن) خلال العامين. أما البصمة المائية لمحصول الشعير كانت متقاربة في جميع المحافظات العراقية بمعدل 3524 م3/طن عدا البصرة كانت مرتفعة قياسا لبقية المحافظات حيث بلغت 22657 م3/طن و45598 م3/طن خلال العامين على التوالي والسبب يعود إلى قلة الإنتاجية. أن زيادة الإنتاجية لكل وحدة مساحة يؤدي تقليل البصمة المائية ويمكن استغلال المساحات الديمية لتحقيق هذا الهدف مما يقلل الحاجة من الإنتاج من المساحات المروية وبالتالي تقليل استخدام المياه الزرقاء وتحقيق فائدة اقتصادية أكبر.

الكلمات المفتاحية: البصمة المائية، CROPWAT8.0، CLIMWAT 2.0 for CROPWAT، المياه الافتراضية، محصول االحنطة، محصول الشعير

Journal of Water Resources and Geosciences
Vol. 1, Issue 2 , 2022

Estimation of the water footprint for the strategic crops in Iraq: wheat and barley as a case study

Ahmed Hatif Salim , Sarah Mohammed Dawood
National Center for Water Resources Management, Ministry of Water Resources, Baghdad, Iraq
*Corresponding author's email: (en_ahmedh @yahoo.com , engsarah34@gmail.com,)

Abstract

The concept of water footprint provide important information for water resource management, especially in water-scarce countries that depend on irrigation to meet their nutritional requirements. In this study, the water footprint of wheat and barley were estimated during the years 2019 and 2020 in 15 governorates of Iraq using the method (Ewaid et al., 2019) and models CROPWAT8.0 and CLIMWAT2.

The results showed that the average water footprint of the wheat crop was about (908 m^3/ton) and (747 m^3/ton) for the two years, respectively. While the average water footprint of the barley crop was about (2849 m^3 / ton) and (4,198 m^3 / ton) for the two year, respectively. The maximum value was in Maysan (3118.5 m^3 / ton) and Muthanna (1620.2 m^3 / ton) during two years. While the minimum value was in Salah al-Din (592 m^3 / ton) and Kirkuk (495 m^3 / ton) during two years. The water footprint of the barley crop was close in all Iraqi governorates at a rate of (3524 m^3 /ton) except for Basra was high compared to the rest of the governorates due to the lack in Productivity. Increasing productivity per unit area can reduce the water footprint, so cultivation of rain fed area can be achieve this goal by reduces the need for production from irrigated areas and consequently reducing the use of blue water footprint and achieving greater economic benefit.

Keywords: water footprint, CROPWAT8.0, CLIMWAT 2.0 for CROPWAT, virtual water, wheat crop, barley crop.

المقدمة

تعتبر المياه من القضايا الهامة والحيوية لتحقيق التنمية الاقتصادية بصفة عامة والزراعية بصفة خاصة، إذ تعد الزراعة القاعدة الأساسية لتحقيق الأمن الغذائي لأهميتها في إنتاج المحاصيل الزراعية لسد حاجات السكان الاستهلاكية الغذائية، إذ يشهد العالم ضغطا متزايدا على الغذاء ويعاني أكثر من 500 مليون نسمة من نقص الغذاء باستمرار. وفي العراق كانت وما تزال هناك ضرورة ملحة لتنمية وتطوير الإنتاج الزراعي ولاسيما إنتاج الحبوب الاستراتيجية (القمح، الرز، الشعير، الذرة) بوصفها من اهم محاصيل منظومة الأمن الغذائي.

أن تطبيق المفاهيم الحديثة لتقييم الاستهلاك المائي كمفهوم البصمة المائية لتقدير حجم المياه اللازمة لإنتاج مختلف السلع التي يستهلكها البشر أصبحت في غاية الأهمية وخاصة في ظل الأزمة المائية في العراق بسبب التغيرات المناخية والاستخدام المفرط لدول المنبع. أدى التغير المناخي إلى ازدياد الحاجة إلى المياه وكذلك أنشاء العديد من السدود على نهري دجلة والفرات في تركيا وسوريا وإيران إلى نقص الواردات المائية، لذلك فأن هناك حاجة ضرورية لخفض الاستهلاك والتخطيط الجيد للموارد المائية وتحديد الاحتياجات المائية للمحاصيل الرئيسية (Ewaid, 2018).

قدم (Hoekstra,2003) مفهوم البصمة المائية وهي ثلاثة أنواع (الزرقاء، والخضراء، والرمادية) والتي تعتبر مؤشر شامل ومتعدد الأبعاد للاعتماد على المياه العذبة إلى جانب المؤشرات التقليدية لاستهلاك المياه حيث يشمل أيضا حجم ونوع التلوث الناتج عن عمليات الإنتاج. أن هذا المفهوم يساعد في استكشاف المخاطر والفرص المتعلقة بالمياه، ومن ثم تقييم الأعمال التجارية الخاصة بإنتاج السلع والخدمات، والتي تمكن صانعي القرار من تحديد المخاطر الخاصة بالمياه وما يجب القيام به لمنع الهدر وإدارة السيطرة عليها.وقد بين (Hoekstra and Chapagain, 2008)أن إظهار وتقدير المياه الخفية وراء المنتجات يمكن أن يساعد في فهم الطابع العالمي للمياه العذبة، وقياس اثأر الاستهلاك والتجارة على استخدام الموارد المائية المحلية والعالمية، والإدراك الجيد لهذه المفاهيم يمكن أن يحسن من إدارة الموارد المائية على المستويين الوطني والعالمي.وذكر (سلام , 2016) إن البصمة المائية لا تأخذ في الاعتبار المياه غير المستخدمة في الإنتاج (المياه الراجعة) ولكنها في نفس الوقت تأخذ في الاعتبار المياه الرمادية والمياه الخضراء والعناصر الأخرى للاستخدام الغير مباشر للمياه. والبصمة المائية توفر وعلى نطاق واسع منظورا أفضل بشأن كيفية استخدام نظم المياه العذبة لأي مستهلك أو منتج، وهي مقياس حجمي لاستهلاك المياه والتلوث الحادث لها، وليست مقياسا لشدة تأثر البيئة المحلية باستهلاك وتلوث المياه العذبة، لأن الأثر البيئي لاستهلاك المياه وتلوثها يعود إلى أنظمة المياه وعدد المستهلكين ومصادر التلوث. وحسابات البصمة المائية تعطي معلومات واضحة بشأن كيفية تخصيص المياه للأغراض البشرية المختلفة، وتشكل أيضا أساسا جيدا ومهما لتقييم التأثيرات المحلية والبيئية والاجتماعية والاقتصادية لاستخدامات المياه العذبة. (قدم فوزي واخرون ,2019) دراسة اقتصادية للبصمة المائية ومؤشراتها لاهم محاصيل الحبوب في مصر (الأرز، الذرة الشامية، القمح) خلال الفترة من 2000 إلى 2016 حيث أظهرت النتائج تناقص البصمة المائية للفرد من الأرز بمعدل بلغ نحو 2% وتزايد نصيب الفرد منه بمعدل 1.7% مما يعكس الأثر الإيجابي للسياسة الزراعية الاروائية لمحصول الأرز، في حين تزايدت البصمة المائية للفرد من الذرة الشامية بصورة غير معنوية وتناقص نصيب الفرد منه بمعدل 2.68% مما يعكس قصورا بالسياسة الزراعية الاروائية للذرة الشامية، كما تبين زيادة البصمة المائية للفرد من القمح بمعدل 4.2% وتزايد نصيب الفرد منه بصورة غير معنوية مما يعكس قصورا بالسياسة الزراعية الاروائية للقمح. وقد اوصى الدراسة بضرورة حساب

البصمة المائية لمختلف المحاصيل للوصول إلى نسبة الاكتفاء الذاتي من الموارد المائية المحلية، ونسبة الاعتماد من الموارد المائية الخارجية وأيضا ضرورة الاهتمام بمفهومي البصمة المائية والمياه الافتراضية بما يحقق الكفاءة في استخدام المياه.

درس (Ewaid , et.al., 2019)البصمة المائية لمحصول الحنطة في العراق في 15 محافظة خلال للسنة 2016-2017، حيث بلغت البصمة المائية لمحصول الحنطة 1876 م3/طن. وذكرت الدراسة أيضا بأن قيم البصمات المائية للحنطة متفاوتة بين محافظة وأخرى ويعود السبب إلى الاختلاف في الظروف المناخية وكذلك اختلاف إنتاجية الحنطة بين محافظة وأخرى، حيث كانت اعلى قيمة للبصمة المائية للحنطة في محافظة نينوى (5477 م3/طن) تليها الانبار (4787 م3/طن) والمثنى (4323 م3/طن) والبصرة (3880 م3/طن). المحافظات الثلاثة الأخيرة كانت إنتاجية الحنطة فيها منخفضة ولها بصمة مائية عالية لذلك اقترحوا باستبدال محصول الحنطة بمحاصيل أخرى تحتاج إلى كميات اقل من المياه وتوفر فائدة اقتصادية أكبر.

ان الهدف من الدراسة الحالية هو تقدير البصمة المائية لمحصولي الحنطة والشعير (في خمسة عشر محافظة في العراق) التي تعتبر من المعايير المهمة في تحديد مقدار الزيادة أو الخفض في مساحة تلك المحاصيل وفقا لسياسة التجارة الخارجية من ناحية، وتحقيق الأمن الغذائي من هذه المحاصيل من ناحية أخرى. وكذلك لغرض الحصول على مؤشر يعتمد على المياه المستهلكة والذي يمكن أن يوفر معلومات قيمة بالإضافة إلى المؤشرات التقليدية القائمة على إنتاج المياه.

1. المواد وطريقة البحث

1. 1 منطقة الدراسة

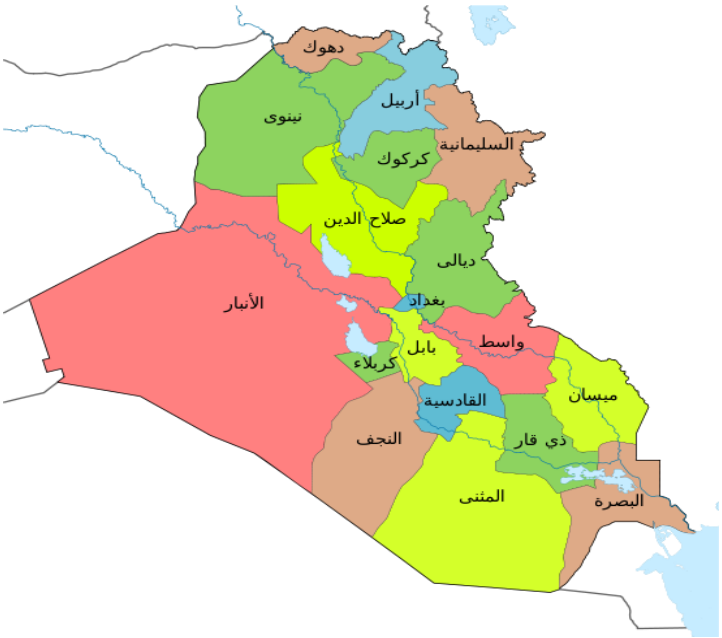
يقع العراق بين خطي عرض (º37.381096 وº29.057532) وخطي طول (º48.660797 وº38.793229). تبلغ مساحة العراق 438317 كم2 ويتكون من 18 محافظة (كما موضحة في الشكل رقم 1). طبيعة العراق متنوعة كسكانها، يمكن تقسيم العراق إلى أربع مناطق جغرافية تقريبا: الصحراء الصخرية والرملية في الغرب والجنوب الغربي، الجبال والتلال والسهول في الشمال والشمال الشرقي على طول الحدود التركية والإيرانية، التلال والسهول إلى الجنوب من تلك المنطقة وأراضي الأهوار المنخفضة (دلتا دجلة والفرات) حيث يصب النهران في الخليج العربي (Zakaria , et.al., 2013).

يعد القمح من اهم محاصيل الحبوب التي يرجع منشأها إلى منطقتي الشرق الأدنى والمرتفعات الأثيوبية، لكن يتم الأن زراعة المحصول بكافة أنحاء العالم. عالميا يتم زراعة ما يقارب من 220 مليون هكتار من القمح سنويا مغطيا بذلك أكبر مساحة مزروعة لمحصول. تحتل الصين المرتبة الأولى عالميا من حيث إنتاج القمح تليها الهند ثم الولايات المتحدة. يتركز إنتاج القمح في العراق في المنطقة الديمية (شمال العراق)، حيث تقدر مساحة الأراضي الديمية في محافظة نينوى بنحو 13 مليون دونم، منها 1.8 مليون دونم مضمونة الأمطار و4.4 مليون دونم شبه مضمونة الأمطار و6.8 مليون دونم غير مضمونة الأمطار، لذا فأن 85% من كميات القمح المنتج تخضع للظروف الديمية التي يتراوح معدل إنتاجيتها بنحو 104-335 كغم/دونم والتي تعد إنتاجية منخفضة مقارنة مع إنتاجية المحصول نفسه في دول الجوار ودول العالم (غزال وآخرون, 2010).

يعتبر الشعير من المحاصيل المهمة على مستوى العالم حيث يستخدم علفا للحيوان وغذاء للسكان على نطاق محدود، إذ يحتل المرتبة الرابعة بعد القمح والأرز والذرة وذلك لما يتمتع به من فوائد وميزات لا توجد في أي محصول أخر، كما ينمو بشكل

ممتاز تحت الظروف البيئية المختلفة ويتحمل بدرجة عالية ملوحة التربة وحدوث الجفاف كما انه يتحمل الآفات الزراعية. تحتل روسيا المرتبة الأولى عالميا من حيث إنتاج الشعير تليها فرنسا ثم ألمانيا. يتركز إنتاج الشعير في العراق في المحافظات الشمالية وأبرزها نينوى وكركوك.

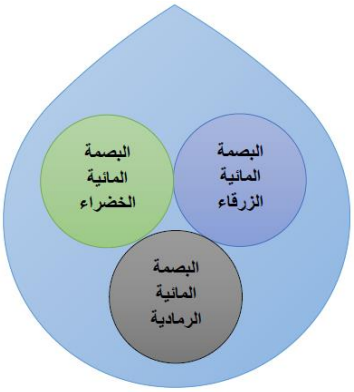
يعتبر إنتاج الحنطة والشعير من المؤشرات المهمة لقياس الأمن الغذائي للبلد حيث تعتبر الحنطة من أقدم المحاصيل الحقلية التي عرفت زراعتها في العالم كمصدر أساسي للغذاء وتزرع في العراق بمساحات واسعة وخاصة في المحافظات الشمالية (مديرية الإحصاء الزراعي العراقية, 2016). تم الحصول على المساحات المزروعة للحنطة والشعير في المحافظات وكذلك الإنتاجية من وزارة التخطيط/ الجهاز المركزي للإحصاء/ الإحصاء الزراعي.



الشكل (1) : خارطة العراق مع المحافظات

1. 2 انواع البصمة المائية

تنقسم البصمة المائية إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي البصمة المائية الزرقاء والبصمة المائية الخضراء والبصمة المائية الرمادية (اسامة, 2016) (كما موضحة في الشكل (2)) وفيما يلي وصف مختصر لكل نوع على حدة:



الشكل (2): الأنواع الرئيسية للبصمات المائية

1- البصمة المائية الزرقاء: قبل الخوض في تعريف البصمة المائية الزرقاء يمكن تعريف المياه الزرقاء بأنها مياه الأنهار والمياه الجوفية وتشير البصمة المائية الزرقاء إلى حجم المياه الزرقاء المستهلكة فعليا في كامل خطوط ومراحل وعمليات الإنتاج لأي منتج، أو سلعة والاستهلاك يشير إلى فقدان المياه المتاحة سواء كان مصدرها المياه الجوفية أو السطحية في منطقة أحواض تجميع المياه، وفقد المياه يتم إما بالبخر أو بالانتقال إلى مناطق أخرى من خلال الجريان السطحي أو بالنقل من خلال خطوط الأنابيب، أو من خلال منتج يتم إنتاجه و يتم نقله إلى مكان آخر.

2- البصمة المائية الخضراء: تشير إلى استهلاك الموارد المائية الخضراء وهي في الأغلب مياه الأمطار، والتي تستخدم مباشرة لإنتاج محاصيل أو تنمية الثروة الحيوانية من خلال المراعي الطبيعية أو أي استعمالات أخرى والمياه الخضراء بصفة عامة إذا تدفقت لمكان أخر غير مكان سقوطها يطلق عليها مياه زرقاء للمكان المستقبل وبصفة عامة فإن هذه المياه الخضراء لا تترك للتدفق لمناطق أخرى خارج منطقة أحواض تجميع المياه.

3- البصمة المائية الرمادية: تشير بصفة عامة إلى التلوث، وتعرف بأنها حجم المياه العذبة المطلوبة لاستيعاب حمولة الملوثات الناتجة عن عملية معينة، وتعطي خلفية عن طبيعية التركيزات الأساسية والمعايير الموجودة لنوعية المياه بالمنطقة المحيطة.

البصمة المائية الزرقاء (WFblue) تمثل نسبة مياه الري المستهلكة من قبل المحصول (م3/ هكتار) إلى غلة المحصول (طن/ هكتار)، وتمثل البصمة المائية الخضراء (WFgreen) نسبة المياه الخضراء المستخدمة من قبل المحصول (م3/ هكتار) إلى غلة المحصول (طن/ هكتار)، ومجموع البصمات المائية الزرقاء والخضراء تمثل البصمة المائية الكلية.

وتقسم البصمة المائية للدولة إلى قسمين رئيسيين هما:

1- بصمة المياه الداخلية للدولة: تعرف بأنها المياه المستخدمة سنويا ضمن حدود الدولة لإنتاج السلع والخدمات المستهلكة للمياه من قبل مواطني تلك الدولة.

2- بصمة المياه الخارجية للدولة: تعرف بأنها المياه المستخدمة سنويا لإنتاج بضائع وخدمات مستوردة تستهلك من قبل مواطني تلك الدولة.

1. 3 موديل CROPWAT

موديل CROPWAT هو لأدارة عملية الري طورته ادراة تطوير الأراضي والمياه في منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 1992)، يمكن باستعمال هذا الموديل وباستعمال خوارزمية الميزان المائي اليومي الموجودة فيه نمذجة البدائل الممكنة لعملية الري وتقدير الانخفاض المتوقع في الإنتاج. تقوم الدوال الأساسية في الموديل CROPWAT بحساب التبخر- نتح المرجعي (ET0) وفقا لمعادلة بنمان – مونتيث (FAO, 1998)، الاحتياجات المائية للري (IWR)، والاحتياجات المائية للمحصول (CWR) ومقننات الري وذلك لتطوير جداول الري في ظروف إدارة مختلفة بالاعتماد على البيانات المناخية، وخصائص المحصول والتربة.

في هذه الدراسة، الاحتياجات المائية للمحصول (CWR) في موديل CROPWAT استخدمت لحساب الاستهلاك المائي للنبات (ET) تحت ظروف نمو مثالية (من دون حدوث إجهاد للنبات). هناك اربعة بيانات ضرورية يجب توفرها لغرض حساب الاحتياجات المائية للمحصول (CWR) في موديل CROPWAT هي بيانات المناخ، الأمطار والمحصول. تم الحصول على بيانات المناخ للفترة من (1971-2000) المستلمة من 12 محطة أرصاد جوية منتشرة ضمن المحافظات العراقية من CLIMWAT 2.0 for CROPWAT حيث يحتوي على قاعدة بيانات مناخية، (كما موضحة في الجدول (1))، ومرتبط بموديل CROPWAT (FAO, 2019). بيانات الأمطار في موديل CROPWAT تم استخدامها لحساب عمق المطر الفعال (Eff. Rain) وفقا لوزارة الزراعة الأمريكية (S.C Method) (USDA). أما بيانات المحصول الموجودة في الموديل فأنها تتضمن معامل النبات (kc) لكل مرحلة من مراحل النمو وعمق الجذور. أما موعد الزراعة والحصاد للحنطة والشعير فكانت من شهر تشرين الثاني إلى شهر أيار، على التوالي (دائرة الإرشاد والتدريب الزراعي, 2018).

جدول (1): بعض مواصفات محطات الأنواء الجوية (FAO, 2019)

المحطة	المحافظة	الارتفاع (m)	خط العرض	خط الطول	الرطوبة (%)	الرياح km/h	الامطار السنوية mm	ET_0 mm/day	درجة الحرارة العظمى	درجة الحرارة الصغرى
بصرة	بصرة	2	30.56	47.78	64	205	134	4.81	30.4	17.8
عمارة	ميسان	9	31.85	47.16	46	197	168	5.57	31	16.4
ناصرية	ذي قار	3	31.8	46.23	44	259	107	6.23	31.6	16.6
سماوة	مثنى	6	31.3	45.26	38	204	109	5.73	31.3	16.4
كوت	واسط	15	32.16	46.05	46	215	151	5.62	31.5	16.2
نجف	نجف كربلاء	32	31.98	44.31	39	241	96	6.11	31.1	16.8
ديوانية	قادسية	20	31.98	44.98	44	241	116	5.68	31	14.7
بغداد	بغداد بابل	34	33.23	44.23	45	220	149	5.59	30.4	14.7
عنه	انبار	150	34.46	41.95	44	179	122	4.92	28.3	13.6

خانقين	ديالى	202	34.3	45.43	36	158	317	4.8	30	14.7
كركوك	كركوك	31	35.46	44.4	42	184	441	4.86	28.4	15.3
	صلاح الدين									
موصل	نينوى	223	36.31	43.15	55	194	421	4.72	28.2	11.1

1. 4 الاحتياجات المائية للمحصول (CWR)

تعتمد الاحتياجات المائية للمحصول على عدة عوامل منها الظروف المناخية السائدة وطبيعة المحصول والصنف ونوع التربة وقابلية التربة على مسك الماء وخصائصها الهيدروليكية الأخرى. CWR يتأثر بعاملين هما kc وET_0 وهذان العاملان يتأثران بالعوامل المناخية مثل سرعة الرياح، درجة الحرارة، الرطوبة و شدة السطوع الشمسي. CWR يحسب بضرب ET_0 و kc معا والذي يساوي الاستهلاك المائي الحقيقي (ETc). أن حساب ETc عن طريق معرفة سعة خزن التربة للرطوبة والأمطار يساعد في تخمين الاحتياجات المائية خلال عملية الري (Linwood, 2012). يتحدد الفرق بين ETc وET_0 في مقدار معامل المحصول kc، ويفيد الاستهلاك المائي في حساب المقنن المائي الذي يمثل الكمية التي يحتاجها المحصول من مياه الري الناتجة من جمع كمية الاستهلاك المائي ومقدار الفقد الناتج عن الانسياب الفائض والمتسرب في باطن التربة (احمد، 2005).

$$CWR = Kc \times ET0 \quad (1)$$

$$CWR = ETc \quad (2)$$

ET_0 هو التبخر من عشب اخضر ارتفاعه 12 سم يغطي الأرض تماماً، خالي من الأمراض ويتم إمداده بالسماد المطلوب والماء الكافي، أن قيم kc تكون مختلفة خلال مراحل نمو النبات، حيث يمر النبات بأربع مراحل نمو وهي مرحلة الأنشاء (initial stage) وتمتد من موعد زراعة المحصول إلى أن يغطي 10% تقريبا من الأرض، مرحلة النمو (development stage) ويمتد من 10% إلى مرحلة التزهير، مرحلة منتصف الموسم (mid-season stage) وتمتد من مرحلة التزهير إلى النضج، مرحلة أخر الموسم (late season) وتمتد من مرحلة النضج إلى أخر الموسم (Allen , et.al.,1998).

1. 5 استخدام المحصول للمياه (CWU)

حساب CWU يتطلب حساب معدل الاستهلاك المائي (ET) للمحصول الذي تتم دراسته ضمن الظروف المناخية للمنطقة والتي تم الحصول عليها من موديلات CROPWAT8.0 و CLIMWAT2.0. استخدام المياه الخضراء (CWUgreen, m3/ha) وهي كمية مياه الأمطار التي يستخدمها المحصول خلال الاستهلاك المائي، والتي تحسب بجمع الاستهلاك المائي اليومي للمياه الخضراء (ETgreen, mm/day) خلال موسم النمو الكلي، أما استخدام المياه الزرقاء (CWUblue, m3/ha) وهي كمية مياه الري المضافة (متطلبات الري IR) اللازمة لنمو المحصول سواء كان مصدرها المياه الجوفية أو السطحية والتي تمثل مجموع الاستهلاك المائي اليومي للمياه الزرقاء (Ewaid et al., 2019) (ETblue, mm/day).

$$CWUgreen = 10 \times \sum ETgreen \quad (3)$$

$$CWUblue = 10 \times \sum ETblue \quad (4)$$

حيث أن المعامل (10) هو لغرض تحويل الوحدات من وحدات (mm) إلى وحدات (m3/ha). أما ETgreen يمثل أما المطر الفعال (Eff. Rain) أو الاستهلاك المائي الحقيقي (ETc)، إذا كان عمق المطر الفعال أكبر من CWR فأن ETgreen ستكون مساوية الى ETc لأن النبات لا يستهلك كمية أكبر من المطلوب لنموه المثالي، وإذا كان عمق المطر الفعال أصغر من ETc، فأن ETgreen ستكون مساوية إلى المطر الفعال الكلي. أما ETblue فانه يمثل الفرق بين ETc وعمق المطر الفعال، إذا كان عمق المطر الفعال أكبر من ETc فأن ETblue ستكون قيمتها صفرا وفي هذه الحالة لا توجد حاجة لعملية الري (FAO, 2018).

$$ETgreen = \min (ETc, Eff. Rain) \quad (5)$$

$$ETblue = \max (0 , ETc – Eff. Rain) \quad (6)$$

2. حساب البصمة المائية الكلية (WF)

أن البصمة المائية الكلية للنبات (WF) تمثل مجموع البصمة المائية الخضراء (WFgreen, m3/ton) والبصمة المائية الزرقاء (WFblue, m3/ton) (Aldaya, 2010).

$$WF = WF_{green} + WF_{blue} \quad (7)$$

WFgreen تحسب بواسطة تقسيم (CWUgreen, m3/ha) على إنتاجية المحصول (Y, ton/ha)، اما WFblue تحسب بواسطة تقسيم (CWUblue, m3/ha) على إنتاجية المحصول (Y, ton/ha).

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \quad (8)$$

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \quad (9)$$

3. النتائج والمناقشة

نتائج الدراسة الحالية سيتم عرضها وفق الأقسام التالية:

3 . 1 البيانات المناخية والاستهلاك المائي

يعتبر مناخ العراق شبه جاف، تتساقط الأمطار من شهر تشرين الثاني إلى غاية نيسان تقريبا حيث يبلغ المعدل السنوي حوالي 216 mm. يكون شتاء العراق باردا حيث تكون درجة الحرارة حوالي (16 ºC) نهارا و (2 ºC) ليلا. بينما يكون صيف العرق حار جاف حيث ترتفع درجة الحرارة عن (43 ºC) في شهري تموز واب وتنخفض ليلا إلى (26 ºC) (Bishay, 2003).

النتائج المعروضة في جدول (2) وجدول (3) تبين قيم الاستهلاك المائي (ETc) والمطر الفعال (Eff. Rain) لمحصولي الحنطة والشعير، على التوالي والمحسوبة بواسطة موديلات CROPWAT8.0 و CLIMWAT2.0 حيث تبين النتائج تباين البيانات

بين المحطات وكذلك توزيع الامطار يكون منخفضا في الجنوب مقارنة مع شمال العراق، حيث كانت النجف هي الأقل معدل بينما كركوك كانت الأعلى من بين المحطات. تم حساب متطلبات الري (IR) عن طريق الفرق بين الاستهلاك المائي للمحصول والمطر الفعال، بينما تم حساب الاستهلاك المائي للمياه الخضراء (ETgreen) والاستهلاك المائي للمياه الزرقاء (ETblue) عن طريق معادلة (5) ومعادلة (6)، على التوالي.

جدول (2) : قيم الاستهلاك المائي، والمطر الفعال، ومتطلبات الري، والاستهلاك المائي اليومي للمياه الخضراء والزرقاء لمحصول الحنطة

ET green mm	ET blue mm	IR mm	Eff. Rain mm	ETc mm	المحطة
96.1	113.4	113.4	96.1	209.5	بصرة
121.4	87.2	87.2	121.4	208.5	عمارة
67.8	216.5	216.5	67.8	284.4	ناصرية
77.7	168.7	168.7	77.7	246.4	سماوة
89.4	165.6	165.6	89.4	255	كوت
56	218.3	218.3	56	274.3	نجف
75.6	202.5	202.5	75.6	278	ديوانية
98.7	138	138	98.7	226.7	بغداد
118.4	103.5	103.5	118.4	182	عنه
209.8	2.1	2.1	209.8	211.9	خانقين
190.3	0	0	259.4	190.3	كركوك
139.4	0	0	250	139.4	موصل

جدول (3): قيم الاستهلاك المائي، والمطر الفعال، ومتطلبات الري، والاستهلاك المائي اليومي للمياه الخضراء والزرقاء لمحصول الشعير

ET green mm	ET blue mm	IR mm	Eff. Rain mm	ETc mm	المحطة
91.4	98.2	98.2	91.4	189.6	بصرة
115.4	79.2	79.2	115.4	194.6	عمارة
63.1	203.4	203.4	63.1	266.5	ناصرية
75.1	150.1	150.1	75.1	225.2	سماوة
85.3	156	156	85.3	241.3	كوت
59.6	202.2	202.2	59.6	261.8	نجف

ديوانية	261.5	70.6	190.9	190.9	70.6
بغداد	204.6	89.3	115.3	115.3	89.3
عنه	164.8	72.1	92.7	92.7	72.1
خانقين	196.6	186.4	10.2	10.2	186.4
كركوك	179.3	228.7	0	0	179.3
موصل	124.8	222.2	0	0	124.8

3. 2 حساب البصمة المائية

أن كل محطة من محطات الأنواء الجوية الموزعة في العراق هي تمثل الظروف المناخية لمحافظة واحدة أو محافظتين في هذه الدراسة، والسبب يعود إلى نقص عدد المحطات في العراق، ومن ناحية أخرى أن تفاوت المناخ بين المحافظات العراقية صغيرا جدا. استخدام المحصول للمياه الزرقاء (CWUblue) والخضراء (CWUgreen) تم حسابها عن طريق معادلة رقم (3) و (4).

بلغ معدل البصمة المائية لمحصول الحنطة للمحافظات العراقية (باستثناء إقليم كردستان) بوحدات حوالي 908 م3/طن و747 م3/طن لسنة 2019 و2020، على التوالي (كما موضحة في جدول 4 وجدول 5). بينما بلغ معدل البصمة المائية لمحصول الشعير للمحافظات العراقية (باستثناء إقليم كردستان) بوحدات حوالي 2849 م3/طن و4198 م3/طن لسنة 2019 و2020، على التوالي (كما موضحة في جدول (6) وجدول (7)).

أوضحت النتائج أن معدل استخدام المياه الخضراء والزرقاء لمحصولي الحنطة والشعير كانت متقاربة، وان استخدام المياه الخضراء كان في جميع المحافظات لأن جزء كبير من منطقة الدراسة يتعرض إلى ظروف مطرية متفاوتة بينما كان استخدام المياه الزرقاء صفرا في ثلاث محافظات (كركوك، صلاح الدين، نينوى). أن إدارة المياه الخضراء لها دور رئيسي في الإدارة الاقتصادية للمياه والأمن الغذائي من خلال زيادة الإنتاج الزراعي في جميع أنحاء العالم. أن التوسع في استخدام المياه الخضراء يؤدي إلى انخفاض البصمة المائية الخضراء (وهذا هو الهدف) بشرط زيادة كافية في غلة المحصول. الشكل (3) و (4) يوضح قيم البصمة المائية للحنطة والشعير، على التوالي:

جدول (4): حساب البصمة المائية للحنطة لسنة 2019

المحافظة	CWU_{blue}	CWU_{green}	المساحة ha	الإنتاجية ton	الإنتاجية ton/ha	WF_{blue} m^3/ton	WF_{green} m^3/ton	WF m^3/ton
بصرة	1134	961	15079	29021	1.92	589.2	499.31	1088.52
ميسان	872	1214	51592	64519	1.25	697.27	970.75	1668.03

1524.22	363.49	1160.7	1.86	145345	77924	678	2165	ذي قار
1292.80	407.67	885.13	1.90	78040	40946	777	1687	مثنى
869.71	304.91	564.8	2.93	515286	175747	894	1656	واسط
907.12	185.2	722	3.02	152095	50302	560	2183	نجف
844.29	172.36	671.93	3.24	53671	16520	560	2183	كربلاء
786.02	213.67	572.34	3.53	492025	139067	756	2025	قادسية
699.15	291.53	407.61	3.38	86416	25525	987	1380	بغداد
658.01	274.38	383.63	3.59	207076	57566	987	1380	بابل
796.35	425.98	372.37	2.77	261880	94220	1184	1035	انبار
638.83	632.5	6.33	3.31	556659	167823	2098	21	ديالى
604.78	604.78	0	3.14	395827	125796	1903	0	كركوك
592.08	592.08	0	3.21	454394	141376	1903	0	صلاح الدين
660.45	660.45	0	2.11	851219	403297	1394	0	نينوى
908.83	439.94	468.89	2.75	289565	105519	1123.73	1181.4	المعدل
13632.5	6599.2	7033.4	41.24	4343473	1582779	16856	17721	المجموع

جدول (5) : حساب البصمة المائية للحنطة لسنة 2020

WF m^3/ton	WF_{green} m^3/ton	WF_{blue} m^3/ton	الإنتاجية ton/ha	الإنتاجية ton	المساحة ha	CWU_{green}	CWU_{blue}	المحافظة
715.72	328.3	387.41	2.92	22735	7767	961	1134	بصرة
735.11	427.81	307.3	2.83	248296	87500	1214	872	ميسان
963.47	229.77	733.7	2.95	257243	87178	678	2165	ذي قار
1009.21	318.24	690.96	2.44	154975	63475	777	1687	مثنى
744.34	260.95	483.4	3.42	811384	236844	894	1656	واسط
936.27	191.15	745.12	2.92	186730	63737	560	2183	نجف
726.6	148.34	578.25	3.77	98040	25970	560	2183	كربلاء
773.61	210.3	563.31	3.6	495224	137761	756	2025	قادسية
688.37	287.04	401.33	3.43	133831	38921	987	1380	بغداد
602.27	251.14	351.13	3.93	295465	75180	987	1380	بابل
961.16	512.85	448.31	2.3	285088	123486	1184	1035	انبار
630.61	624.36	6.25	3.36	571748	170152	2098	21	ديالى
495.44	495.44	0	3.84	627324	163324	1903	0	كركوك
562.23	562.23	0	3.38	633101	187047	1903	0	صلاح الدين

664.02	664.02	0	2.1	1417208	675082	1394	0	نينوى
747.23	367.46	379.76	3.15	415892.8	142895	1123.73	1181.4	المعدل
11208.48	5512	5696.5	47.24	6238392	2143424	16856	17721	المجموع

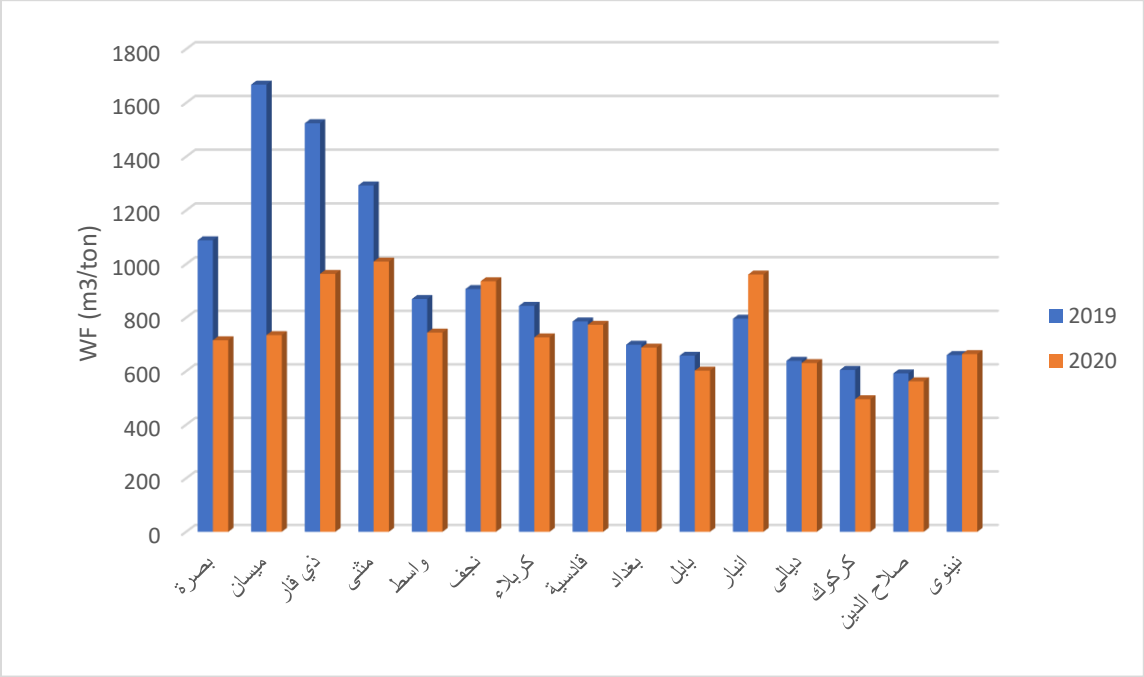
جدول(6) : حساب البصمة المائية للشعير لسنة 2019

WF m^3/ton	WF_{green} m^3/ton	WF_{blue} m^3/ton	الإنتاجية ton/ha	الإنتاجية ton	المساحة ha	CWU_{green}	CWU_{blue}	المحافظة
22657	10922	11735	0.083	10	119.5	914	982	بصرة
3118.5	1849.3	1269.2	0.624	17575	28165	1154	792	ميسان
1938	458.9	1479.1	1.37	29485	21441	631	2034	ذي قار
1293.1	431.2	861.9	1.74	52450	30117.25	751	1501	مثنى
1550.6	548.1	1002.5	1.55	36244	23290.5	853	1560	واسط
1339.6	305	1034.6	1.95	1629	833.5	596	2022	نجف
2042.8	465	1577.8	1.28	2579	2012.5	596	2022	كربلاء
1383.1	373.4	1009.7	1.9	78787	41672.25	706	1909	قادسية
911.3	397.8	513.5	2.24	4772	2125.5	893	1153	بغداد
1252.1	546.5	705.6	1.63	9657	5909.75	893	1153	بابل
1200.4	525.2	675.2	1.37	1031	751	721	927	انبار
1310.1	1242.1	68	1.5	14460	9635.5	1864	102	ديالى
1017.2	1017.2	0	1.76	3564	2022	1793	0	كركوك
976	976	0	1.83	4332	2358	1793	0	صلاح الدين
751.5	751.5	0	1.66	1261906	759860	1248	0	نينوى
2849.4	1387.3	1462.2	1.5	101232.1	62021	1027.1	1077.1	المعدل
42741.6	20810	21932	22.52	1518481	930313	15406	16157	المجموع

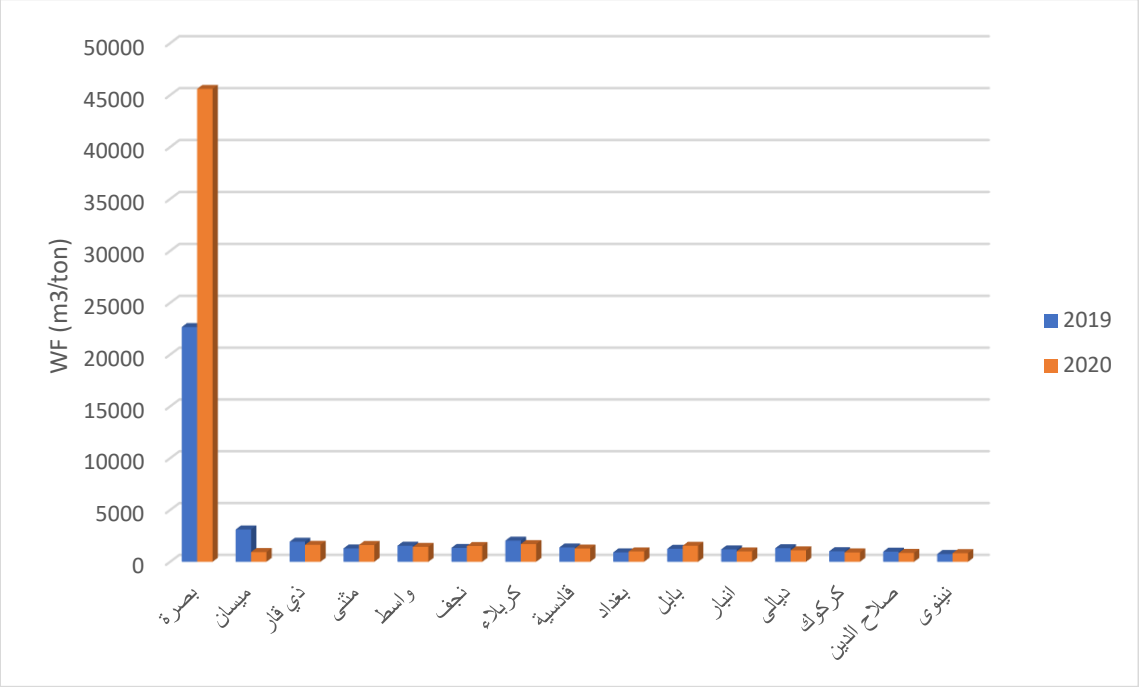
جدول(7) : حساب البصمة المائية للشعير لسنة 2020

WF m^3/ton	WF_{green} m^3/ton	WF_{blue} m^3/ton	الإنتاجية ton/ha	الإنتاجية ton	المساحة ha	CWU_{green}	CWU_{blue}	المحافظة
45598.8	21981	23617	0.04	10	240.5	914	982	بصرة
937.54	555.9	381.5	2.07	72647	35000	1154	792	ميسان
1635.13	387.15	1247.9	1.63	57786	35455	631	2034	ذي قار

1620.2	540.3	1079.8	1.39	51054	36730.5	751	1501	مثنى
1439.9	509	930.9	1.67	31494	18793.5	853	1560	واسط
1519.7	345.9	1173.7	1.72	3528	2048	596	2022	نجف
1707.8	388.8	1319	1.53	1951	1272.75	596	2022	كربلاء
1279.5	345.4	934.1	2.04	105529	51637	706	1909	قادسية
997.7	435.5	562.2	2.05	8816	4299.25	893	1153	بغداد
1540.7	672.4	868.2	1.32	14812	11154	893	1153	بابل
1000.7	437.8	562.9	1.646	7245	4399.5	721	927	انبار
1106	1048.6	57.38	1.77	29873	16806	1864	102	ديالى
901.5	901.5	0	1.98	3101	1559.25	1793	0	كركوك
854.9	854.9	0	2.09	8198	3909	1793	0	صلاح الدين
833.8	833.8	0	1.5	1360166	908817.5	1248	0	نينوى
4198.3	2015.9	2182.3	1.63	117080.7	75475	1027.1	1077.1	المعدل
62974.4	30239	32735	24.5	1756210	1132122	15406	16157	المجموع



الشكل(3) : قيم البصمة المائية لمحصول الحنطة خلال سنة 2019 و 2020



الشكل (4) : قيم البصمة المائية لمحصول الشعير خلال سنة 2019 و 2020

الاستنتاجات

بينت نتائج الدراسة الحالية أن قيم البصمات المائية الخضراء والزرقاء كانت متقاربة نوعا ما ضمن سنة 2019 وكذلك سنة 2020 لكلا المحصولين نسبة المساحة المزروعة من الحنطة في المحافظات المدروسة ازدادت في سنة 2020 بنسبة 35% مقارنة مع سنة 2019، بينما إنتاجية الحنطة ازدادت بنسبة 44%، مما أدى إلى انخفاض البصمة المائية في سنة 2020 بنسبة 22%. أن توسيع المساحات المزروعة وزيادة الغلة يؤدي إلى تقليل البصمة المائية. نسبة المساحة المزروعة من الشعير ازدادت بنسبة 22% في سنة 2020 مقارنة مع 2019، بينما إنتاجية الشعير ازدادت بنسبة 16%، مما أدى إلى ازدياد البصمة المائية بنسبة 47%، بينما بينت نتائج درسة (Ewaid et al., 2019) ان معدل البصمة المائية هي ضعف نتائج الدراسة الحالية وذلك بسبب اختلاف المساحات المزروعة والغلة الزراعية لكل دونم.

ان حساب البصمة المائية للمحاصيل الاخرى تعتبر احد الطرق المهمة لمعرفة المحتوى المائي لمختلف المحاصيل للوصول إلى نسبة الاكتفاء الذاتي من الموارد المائية وتحقيق الأمن الغذائي.

المصادر

أولا: المصادر باللغة العربية

فوزي محمد الدناصوري، محمود محمد فواز، احمد بدير السعدي، ومحمد أشرف عبد المالك، 2019، دراسة اقتصادية للبصمة المائية وتجارة المياه الافتراضية لأهم محاصيل الحبوب في مصر، مجلة العلوم الزراعية المستدامة، م45، ع4، ص ص. 289-298.

الهيئة العامة الإرشاد والتعاون الزراعي، 2018، وزارة الزراعة، بغداد، العراق.

مديرية الإحصاء الزراعي العراقية، 2016، انتاج الحنطة والشعير، وزارة التخطيط/ الجهاز المركزي للإحصاء/ الإحصاء الزراعي، بغداد، العراق.

أسامة محمد سلام ، 2016، البصمة المائية المصرية مؤشر امن الماء والغذاء، المركز القومي لبحوث المياه، الطبعة الأولى، لندن، نيسان- ابريل.

قيس ناظم غزال، عماد عبد العزيز احمد، مهدي صالح خضر، ومحاسن محمود سلطان، 2010، تقدير دوال انتاج وتكاليف محصول القمح في محافظة نينوى للموسم الزراعي 2005-2006، تنمية الرافدين، العدد 98، مجلد 32، ص ص. 191-207.

ياسر احمد، 2005، إثر مناخ مصر في الاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية: دراسة في الجغرافيا المناخية التطبيقية، مجلة الشرق الأوسط، مركز بحوث الشرق الأوسط بجامعة عين الشمس، ع17، ص ص. 260-348.

ثانيا: المصادر باللغة الإنكليزية

Aldaya, M.M.; Allan, J.A.; Hoekstra, A.Y.(2010), The strategic importance of green water in international crop trade. Ecol. Econ., 69, 887–894.

Ewaid, S. H., Abed, S. A., and Al-Ansari, N.,(2019), Water Footprint of Wheat in Iraq, Water, Vol. 11, pp. 535.

FAO. CLIMWAT—Climatic Database to be Used with CROPWAT. (2018), Available online: http://www.fao. org/land water/databases-and-software/climwat-for-cropwat/en/ (accessed on 25 February 2019).

Zakaria, S., Al-Ansari, N., and Knutsson, S.,(2013), Historical and future climatic change scenarios for temperature and rainfall for Iraq, *J. Civ. Eng. Archit.*, Vol. 7,pp. 1574–1594.

Linwood, R. V., (2012), Residential and Water Conservation Potential of Smart Irrigation Technologies in The Catawba Wateree River Basin, Biological and Agricultural Engineering, Raleigh, North Carolina. USA.

Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A. K., (2008), Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources،*Blackwell Publishing*، Oxford، UK.

Hoekstra, A. Y., (2003), Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, IHE: Delft, The Netherlands.

Bishay, F.K., (2003), Towards Sustainable Agricultural Development in Iraq. *The Transition from Relief, Rehabilitation, and Reconstruction to Development,FAO*: Roma, Italy.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M., (1998), Guidelines for Computing Crop Water Requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper 56; *FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations*: Rome, Italy.

FAO, (1998), Crop evapotranspiration by Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith. *FAO Irrigation and Drainage* Paper No. 56. Rome.

FAO, (1992), CROPWAT, a computer program for irrigation planning and management by SmithM. *FAO Irrigation and Drainage* Paper No. 26. Rome.