مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
مجلد 42 العدد 2(2026): 269-281

Damascus University Journal for Agricultural Sciences Vol 42-No.2 (2026): 269-281

تقييم أداء النموذج Aquacrop لمحاكاة إنتاج بعض أصناف القمح المزروعة في محافظة ريف دمشق

يائل معين دالي[1]، إيهاب علي جناد[2]، رجاء المهلب الصالح[3]، علا عمر مصطفى[4]

1- طالب دكتوراه، قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

2- استاذ، قسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

3- مدرس، قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

4- دكتورة، بحوث المحاصيل، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم أداء النموذج Aquacrop لمحاكاة إنتاجية (الغلة الحبية – الغلة الحيوية) بعض أصناف القمح المزروعة في محافظة ريف دمشق – بلدة قرحتا تحت ظروف الزراعة المروية شام9- شام7- دوما1 (قمح قاسي) وشام4 – بحوث8- شام10 (قمح طري) بمعدل بذار (200)كغ. هكتار$^{-1}$، نفذت الزراعة لموسمين 2014 – 2015 و2015 – 2016، تم استخدام بيانات الموسم 2014 – 2015 لمعايرة النموذج، وتم تقييم أداء النموذج باستخدام مقاييس الاختلاف، حيث أظهرت نتائج مقاييس الاختلاف لجميع الأصناف نتائج جيدة لكل من الغلة الحبية والغلة الحيوية حيث حقق كل من مقياس خطأ التحيز MBE والخطأ المطلق MAE قيماً تراوحت بين (0.05 – 0.31)، كما كانت قيم الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ RMSE جيدة حيث تراوحت بين (0.06 – 0.32)، وكان التوافق من جيد إلى جيد جداً وذلك حسب مؤشر ويلموت بنسبة (99%)، وتراوحت قيمة NRMSE بين (1 – 2%).

تم استخدام بيانات الموسم 2015 – 2016 للتحقق من قدرة النموذج على المحاكاة حيث حقق كل من MBE وMAE قيماً تراوحت بين (0.02- 0.04)، كما كانت قيم RMSE جيدة تراوحت بين (0.03 – 0.19)، وكان التوافق من جيد إلى جيد جداً وذلك حسب مؤشر ويلموت بنسبة (99%)، وقيمة NRMSE (1%)، مما يدل على دقة النموذج Aquacrop على محاكاة أصناف القمح المزروعة في منطقة الدراسة وإمكانية استخدامه في دراسة أثر التغيرات المناخية المتوقعة على إنتاجية أصناف القمح المزروعة في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: القمح، المعايرة، المحاكاة، النموذج Aquacrop، الغلة الحيوية، الغلة الحبية.

تاريخ الإيداع:2024/01/22
تاريخ القبول: 2024/03/20

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

Evaluation of the performance of the Aquacrop model to simulate the production of some wheat cultivars grown in Rural Damascus Governorate

Yael mouen Dali[1], Ihab ali Jnad[2], Rajaa almouhalab AL-saleh[3], Ola omar Moustafa[4]

1- PHD student, Depart. of renewable natural resources and environment, Faculty of Agriculture, Damascus University.

2- Professor, Depart. of Rural engineering, Faculty of Agriculture, pp. Damascus University.

3- Lecturer, Depart. of renewable natural resources and environment, Faculty of Agriculture, Damascus University.

4- Dr. Researcher, Dept. of Field Crop Researches, General Commission for Scientific Agricultural Research (G.C.S.A.R), Damascus, Syria.

Received:22/01/2024
Accepted:20/03/2024

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract:

This study aims to evaluate the performance of the Aquacrop model to simulate the productivity (grain yield - biomass) of some wheat cultivars grown in the city of Damascus rural - the town of Karhta, (irrigated) Cham9 – Cham7 - Doma1 (durum) and Cham4– Bohoth8– Cham10 (aestivum) with a seeding rate of (200) kg.hectare^{-1}, cultivation was carried out for two growing seasons 2014-2015 and 2015-2016, the data of the 2014-2015 agricultural season was used to calibrate the model, the performance of the model was evaluated using the measures of variation, the results showed good results for both grain yield and biomass, the MBE and MAE achieved values that ranged between (0.05 − 0.31), and the values of the RMSE were good, ranging between (0.06 - 0.32), and the agreement was from good to very good, according to the Wilmott index by (99%), and the NRMSE value ranging between (1- 2%).

The data of the 2015-2016 growing season was used to validation the model ability to simulate, the MBE and MAE achieved good values that ranged between (0.02 − 0.04), and the RMSE values were good, ranging between (0.03 - 0.19), and the agreement was from good to good according to the Wilmot index by (99%), and the NRMSE value (1%), which indicates the accuracy of the Aquacrop model to simulating the growth of wheat varieties grown in the study area, and the possibility of using it in studying the impact of expected climate changes on the productivity of Wheat varieties grown in the region.

Key words: Wheat, Calibration, Simulation, Aquacrop Model, Biomass, Grain Yield.

المقدمة:

يعد القمح واحد من أهم المحاصيل التي تزرع على مستوى العالم حيث يوفر حوالي 20% من احتياج الطاقة والبروتين لحوالي نصف سكان العالم (Amiri et al.,2022,1) بالإضافة للفيتامينات (خاصةً فيتامين B) وغيرها من العناصر الغذائية الضرورية لصحة الإنسان (Shewry and Hey,2015,2).

إن تطوير إنتاج القمح المروي من أهم أهداف السياسات والخطط الزراعية ولتحقيق ذلك يجب العمل على تحسين إدارة مياه الري بالشكل الأمثل لرفع كفاءة استخدامها ورفع إنتاجية وحدة المساحة من القمح بهدف تحقيق الأمن الغذائي (Davarpanah and Mehrabi et al.,2020,2؛ Ahmad,2021,2) كما تكتسب أهمية إدارة مياه الري أهمية كبيرة في ظل محدودية الموارد المائية المتاحة التي ستتأثر بشكل كبير بالتغيرات المناخية المتوقعة مما سينعكس سلباً على الإنتاج (Li et al.,2022,2) ومن المتوقع أن تؤدي التغيرات المناخية لزيادة شدة وطول فترات الجفاف على ثلث أراضي العالم وأن يتضاعف عجز المياه على مستوى العالم بمقدار خمسة أضعاف (Neupane et al.,2022,1) وخاصة في منطقتنا الذي يسودها المناخ الجاف وشبه الجاف والذي يعتبر من أكثر المناخات تأثراً بالتغيرات المناخية المتوقعة (Cabrera and Lee,2018,2) مما يشكل تحدياً كبيراً ليس فقط لشعوب المنطقة بل للعالم أجمع كون هذه المناخات تشغل مساحة أكثر من 3 مليار هكتار وتعتبر موطناً لحوالي 2,5 مليار شخص(ICARDA,2017,4)، وتشير التوقعات بأن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا واحدة من أكثر المناطق تأثراً بالتغيرات المناخية المتوقعة (Lelieveld et al.,2014,1؛ALmazroui et al.,2016,3) مع نسبة مخاطر مرتفعة من الجفاف والتصحر وانتشار الآفات الزراعية وبالتالي انخفاض الإنتاج (Varela et al.,2020,3) وما يرافق ذلك من نقص في الموارد الطبيعية ومشاكل في التنمية الاقتصادية وزيادة الطلب على الغذاء في ظل النمو السكاني المتوقع (Adeniy,2019,2) حيث سجلت خلال 20 سنة ماضية أعلى نسبة في زيادة عدد السكان (Awdeh and Hamadi,2019,2).

لذلك من الضروري العمل على دراسة تأثير التغيرات المناخية المتوقعة على القطاع الزراعي وتنفيذ الأبحاث والدراسات لفهم طبيعة هذه التأثيرات وإيجاد الطرق والأساليب لتخفيفها والتكييف معها، حيث يتم حالياً الاعتماد على نماذج محاكاة نمو المحاصيل وإنتاجيتها لدراسة تأثير هذه التغيرات على المحاصيل التي تتميز بقدرتها على إظهار استجابة المحصول للتغيرات التي تطرأ على كميات الأمطار أو الري والحرارة والرطوبة وخصائص التربة وكافة الظروف المناخية المحيطة به والخدمات المقدمة للمحصول (Hernandez-Ochoa et al.,2018,1؛Waller et al.,2018,2)، واستخدم في هذه الدراسة النموذج Aquacrop وهو نموذج رياضي يحاكي نمو المحاصيل تم تطويره من قبل منظمة الأغذية والزراعة FAO لتقييم أثر العوامل البيئية والعمليات الزراعية على إنتاجية المحاصيل(Vanuytrecht et al.,2014,3) الذي يعتمد في عمله على تفاعل التربة – المياه – النبات مع المناخ ويتميز بسهولة استخدامه وسهولة تأمين المدخلات اللازمة لعمله (Steduto et al.,2009,2؛Biazin et al.,2021,1) حيث استخدم النموذج في العديد من الدراسات وأظهر القدرة على محاكاة الغلة الحبية والغلة الحيوية للمحصول المزروع في مناطق مختلفة من العالم وبيئات متباينة وعلى محاصيل مختلفة (Ahmadi et al.,2022,1؛Davarpanah and Ahmad,2021,1؛Vahadati et al.,2020,1؛Raja et al,2018,1).

وتكمن أهمية هذه الدراسة باعتبار القمح من أهم محاصيل الأمن الغذائي في سورية ويحصل على اهتمام ودعم كبير من الدولة باعتباره محصولاً استراتيجياً ويشغل مساحات واسعة من الأراضي الزراعية (Alsafadi et al.,2023,2) حيث بلغت المساحة المزروعة لعام 2022 حوالي 1,184 مليون هكتار (منها 550 ألف هكتار مروي) وبلغ الإنتاج 2,848 مليون طن (المجموعة الإحصائية الزراعية،2022)، وهي خطوة أولى وأساسية لاستخدام النماذج الرياضية لدراسة تأثير التغيرات المناخية المتوقعة على إنتاج القمح في سورية.

يهدف هذا البحث إلى تقييم أداء النموذج الرياضي Aquacrop (Version6) على محاكاة الغلة الحبية والغلة الحيوية لأصناف القمح المزروعة في محافظة ريف دمشق – قرحتا.

مواد وطرائق العمل:

تمت الزراعة في ريف دمشق– بلدة قرحتا (33° 23′24″ N, 36° 25′12″ E) والتي تقع على ارتفاع 633م عن سطح البحر خلال موسمي 2014–2015 و2015–2016.

الأصناف المزروعة: تم زراعة أصناف القمح: شام9– شام7– دوما1 (قمح قاسي) وشام4 – بحوث8 – شام10 (قمح طري) بمعدل بذار (200 كغ. هكتار$^{-1}$حسب توصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي).

طريقة الزراعة: صممت التجربة وفق القطاعات العشوائية الكاملة بثلاث مكررات حيث تمت الزراعة على سطور باستخدام البذارة الآلية على عمق 5 سم ومسافة بين السطور 25سم وطول الخط7م (وفي نفس الحقل للموسمين) والمحصول السابق بور (بور– قمح– بور– قمح)، واستخدم نظام الزراعة المروية (ري سطحي) بتقديم سبع ريات (حسب الحاجة)، تمت الزراعة للموسم الأول 7\12\2014 الحصاد بتاريخ 2015/6/9 والموسم الثاني 7\12\2015 والحصاد 2016/6/10، وتمت إضافة الأسمدة الكيميائية (الأزوتية والفوسفوية) بعد تحليل التربة وبحسب توصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، مع مراعاة أن تكون ظروف زراعة موسمي المحصول أقرب للمثالية (عدم تعرضه لأي إجهاد) لضمان الحصول على القراءات الحقلية الصحية لنجاح عملية معايرة النموذج (Stedutoet al., 2009,3).

مدخلات النموذج:

البيانات المناخية: يتطلب النموذج Aquacrop بيانات مناخية يومية (حرارة عظمى وصغرى– سرعة الرياح– الرطوبة النسبية– الهطول المطري– الإشعاع الشمسي) تم الحصول على الحرارة العظمى والصغرى والهطول المطري من المحطة المناخية في مكان الدراسة للفترة من عام 2014–2016، وباقي البيانات تم الحصول عليها من موقع ناسا على الانترنت (Power.larc.nasa.gov/data-access-viewer.com.).

بيانات التربة: أخذت عينات تربة من3 مواقع في الحقل المدروس (تم خلط العينات للحصول على عينة مركبة) وأجريت التحاليل الفيزيائية والكيمائية للتربة في مخابر الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

عدد الريات المقدمة أثناء موسم الزراعة: تم تسجيل عدد الريات المقدمة وكان عددها 7 ريات وكمية الري (50 – 60) ملم للرية الواحدة.

بيانات المحصول: تتضمن مواعيد الزراعة والإنبات والنضج وطول أطوار النمو والغلة الحبية والغلة الحيوية.

معايرة النموذج: تمت المعايرة باستخدام البيانات الحقلية للموسم الأول للزراعة 2014–2015 ، من خلال تثبيت بعض البيانات المقاسة حقلياً كموعد الزراعة وتاريخ الإنبات وموعد النضج بالإضافة للبيانات المناخية وبيانات التربة، وتعديل بعض البارمترات المدخلة (مقاسة حقلياً) (Steduto et al., 2009,2) وهي: المدة للوصول للغطاء الأخضر الأعظمي (يوم)– المدة لبلوغ عمق الجذور الفعال الأعظمي (يوم) - المدة لغاية بدء الإزهار(يوم) – المدة لغاية النضج الفيزيولوجي (يوم)– المدة لغاية بدء اصفرار أوراق النبات (يوم)– مدة الإزهار (يوم)– عدد الريات، وذلك للحصول على أفضل معاملات إحصائية عند مقارنة الغلة الحبية والغلة الحيوية الناتجة عن النموذج وتلك المقاسة حقلياً.

التحقق من نتائج النموذج: تم التحقق من صحة عمل النموذج من خلال استخدام البيانات الحقلية للموسم 2015–2016 ومقارنة الإنتاجية الحبية والغلة الحيوية المقاسة حقلياً مع تلك المقدرة بالنموذج الرياضي.

تحليل بيانات المحاكاة ومقاييس الاختلاف: لتقييم قدرة النموذج على محاكاة الغلة الحبية والغلة الحيوية للأصناف المزروعة، استخدمت مقاييس الاختلاف التالية:

1 –متوسط خطأ التحيز Mean Bias Error (MBE): يحسب متوسط خطأ التحيز من المعادلة 1:

$$\mathbf{MBE} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Si-Oi)}{n} \quad \textbf{(1)}$$

تمثل Si القيم المحاكاة وOi القيم الحقلية و n عدد القيم المستخدمة في المقارنة.

إن قدرة النموذج على المحاكاة تكون بالشكل الأمثل عندما تكون قيمة (MBE) تساوي الصفر أو قريباً من ذلك.

2 – متوسط الخطأ المطلق Mean Absolute Error (MAE): يحسب متوسط الخطأ المطلق من المعادلة 2:

$$\mathbf{MAE} = \frac{\sum_{i=1}^{n}|(Oi-Si)|}{n} \quad \textbf{(2)}$$

تمثل Si القيم المحاكاة وOi القيم الحقلية و n عدد القيم المستخدمة في المقارنة.

إن قدرة النموذج على المحاكاة تكون بالشكل الأمثل عندما تكون قيمة (MAE) تساوي الصفر أو قريباً من ذلك.

3 – الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ Root Mean Square Error (RMSE): يحسب الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ من المعادلة 3:

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

تمثل Siالقيم المحاكاة وOi القيم الحقلية و n عددا لقيم المستخدمة في المقارنة

إن قدرة النموذج على المحاكاة تكون بالشكل الأمثل عندما تكون قيمة (RMSE) تساوي الصفر أو قريباً من ذلك.

4 – دليل التوافق حسب مؤشر ويلموت Willmott Index of Agreement (d): يحسب دليل التوافق من المعادلة 4:

$$\mathbf{d} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Oi-Si)^2}{\sum_{i=1}^{n}[(|(Si-\bar{O})|+|(Oi+\bar{O}|)^2]} \quad \textbf{(4)}$$

تمثل Si القيم المحاكاة وOi القيم الحقلية و ō متوسط القيم الحقلية و n عدد القيم المستخدمة في المقارنة ويعتبر التوافق جيد جداً إذا كانت قيمة d≥0.9، جيد إذا كانت قيمة d بين 0.89 – 0.80، مُرضي إذا كانت قيمة d بين 0.79 – 0.65، غير مُرضي إذا كانت قيمة d ≥ 0.65.

5- Normalized Root Mean Square Error (NRMSE): يحسب (NRMSE) من المعادلة 5:

$$\mathbf{NRMSE} = \frac{\mathbf{RMSE}}{\bar{o}} \times \mathbf{100} \quad \textbf{(5)}$$

تمثل RMSEقيمة الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ و ō متوسطالقيمالحقلية.

تقييم قدرة النموذج على المحاكاة وفق قيمة (NRMSE) كالآتي: جيد جداً إذا كانت قيمة NRMSE≤ 5%، جيد إذا كانت قيمة NRMSE بين 15% – 6%، مُرضي إذا كانت قيمة NRMSE بين 16% – 25%، غير مُرضي إذا كانت قيمة NRMSE>25%.

النتائج والمناقشة: يلاحظ من الجدول (1) الذي يبين بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة المنفذ بها البحث بأنها تربة طينية لومية، مائلة للقلوية، منخفضة المادة العضوية، والكثافة وذات محتوى آزوت متوسط وذات محتوى عالي من الفوسفور والبوتاسيوم.

الجدول (1) بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة

العمق	pH	Ece (dS.m-1)	المادة العضوية (%)	الآزوت كلي%	الفوسفور ppm	البوتاسيوم ppm	التحليل الميكانيكي		
							الرمل (%)	السلت (%)	الطين (%)
30-0	8.3	1.2	1.32	0.02	21	350	42	20	38
الوصف	مائل للقلوية	عادي	منخفضة	متوسط	عالي	عالي	طينية لومية		

معايرة النموذج: ويظهر (الجدول 2) مؤشرات الأصناف لموسم الزراعة 2014-2015:

(الجدول 2) مؤشرات الأصناف لموسم الزراعة 2014-2015

البارامترات	شام9	شام7	دوما1	شام4	بحوث8	شام10
تاريخ الزراعة	07/12/2014	07/12/2014	07/12/2014	07/12/2014	07/12/2014	07/12/2014
تاريخ الإنبات	19/12/2014	19/12/2014	19/12/2014	19/12/2014	19/12/2014	19/12/2014
الفترة للوصول للغطاء الأخضر الأعظمي (يوم)	115	115	117	118	125	126
الغطاء النباتي الأعظمي %	96	97	97	96	99	97
الفترة لبلوغ عمق الجذور الفعال الأعظمي (يوم)	115	114	118	114	125	126
عمق الجذور الأعظمي (سم)	75	75	75	75	75	75
الفترة لغاية بدء الإزهار(يوم)	123	122	126	124	134	139
الفترة لغاية النضج الفيزيولوجي (يوم)	162	162	172	164	164	160
دليل الحصاد (%)	32	45	37	40	40	39
الفترة لغاية بدء اصفرار أوراق النبات (يوم)	135	133	132	137	143	146
فترة الإزهار (يوم)	3	2	3	3	3	3

محاكاة الغلة الحبية والغلة الحيوية لمعدل بذار 200 كغ. هكتار$^{-1}$:

يوضح (الجدول 3) قيم الإنتاجية الحبية والحيوية الحقلية والمحاكاة المحسوبة من النموذج في نهاية موسمي الزراعة:

الجدول رقم (3) الإنتاجية الحبية والحيوية الحقلية والمحاكاة للأصناف المزروعة لموسمي الزراعة

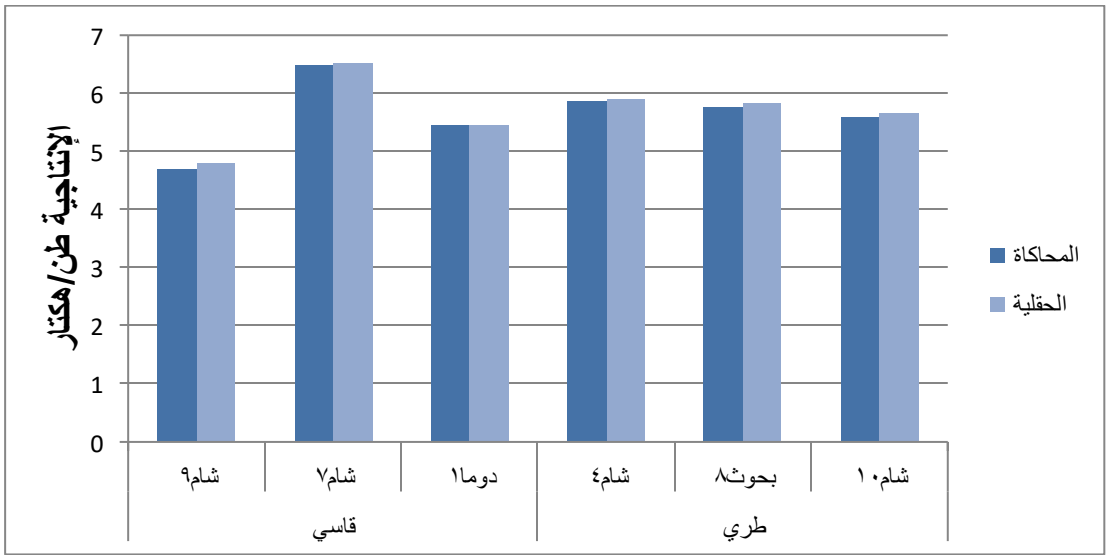
الموسم	النوع	الصنف	الإنتاجية الحبية/ طن.هكتار$^{-1}$		الإنتاجية الحيوية/ طن.هكتار$^{-1}$	
			المحاكاة	الحقلية	المحاكاة	الحقلية
2014 - 2015 المعايرة	قاسي	شام9	4.70	4.80	14.44	14.85
		شام7	6.49	6.51	14.10	14.38
		دوما1	5.46	5.44	14.45	14.90
	طري	شام4	5.86	5.90	14.44	14.79
		بحوث8	5.76	5.85	15.67	14.81
		شام10	5.61	5.66	14.10	14.34
2015 - 2016 التحقق	قاسي	شام9	4.45	4.47	13.54	13.55
		شام7	6.12	6.14	13.40	13.50

		دوما1	5.19	5.21	13.83	13.55
	طري	شام4	5.56	5.60	13.51	13.72
		بحوث8	5.42	5.45	13.70	13.62
		شام10	5.26	5.27	13.01	13.39

يلاحظ التقارب بين قيم الغلة الحبية الحقلية وقيم الغلة الحبية المحاكاة المحسوبة من النموذج، حيث تدل مقاييس الاختلاف المحسوبة (جدول 4) على وجود توافق جيد جداً بين الغلة الحبية المقاسة حقلياً وبين الغلة الحبية الناتجة عن عمل النموذج بعد إجراء المعايرة حيث سجلت d قيمة 0.99و NRMSE قيمة 1%، وحقق كل من MBE، MAE، RMSE قيماً منخفضة جداً (0.05 -0.05 – 0.06) على التتالي، كما يلاحظ من (الشكل 1) التقارب الكبير لقيم الغلة الحبية الحقلية وقيم الغلة الحبية المحاكاة، إن هذه القيم التي سجلتها مقاييس الاختلاف تبين قدرة النموذج على محاكاة الغلة الحبية للأصناف المزروعة، وهذا متوافق مع ما توصل له كل من (Amiri et al.,2022,1) .

الجدول رقم (4) مقاييس الاختلاف المحسوبة لتقدير حجم الخطأ عند معايرة النموذج ومدى اختلاف الغلة الحبية المحاكاة عن الغلة الحبية المقاسة حقلياً

متوسط خطأ التحيز	MBE	0.05
متوسط الخطأ المطلق	MAE	0.05
الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ	RMSE	0.06
دليل التوافق حسب مؤشر ويلموت	d	0.99
	NRMSE	1%



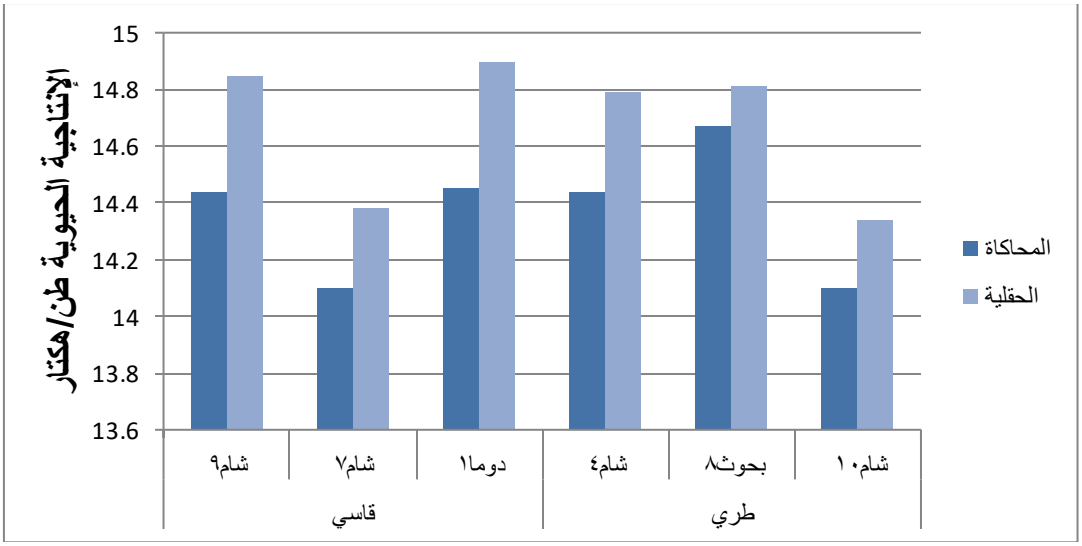
الشكل رقم (1) مقارنة الغلة الحبية المقاسة حقلياً لأصناف القمح المزروعة مع تلك الناتجة عن المحاكاة باستخدام النموذج الرياضي للموسم 2014-2015 بعد معايرة النموذج

كما يلاحظ التقارب بين قيم الغلة الحيوية الحقلية وقيم الغلة الحيوية المحاكاة المحسوبة من النموذج، حيث تدل مقاييس الاختلاف المحسوبة (جدول 5) على وجود توافق جيد جداً بين الغلة الحيوية المقاسة حقلياً وبين الغلة الحيوية الناتجة عن عمل النموذج حيث سجلت d قيمة 0.99، وNRMSE قيمة2%، وحقق كل من MBE، MAE، RMSE قيماً منخفضة (0.31 -0.31 – 0.32) على

التتالي، كما يلاحظ من (الشـــكل 2) التقارب بين قيم الغلة الحيوية الحقلية وقيم الغلة الحيوية المحاكاة، وبالتالي فإن النموذج اســـتطاع التنبؤ بالغلة الحيوية للأصـــناف المزروعة حيث كانت قيم الغلة الحيوية الحقلية وقيم الغلة الحيوية الناتجة عن محاكاة النموذج متقاربة، وهذا ينسجم مع ما ذكره كل من (Rosa et al.,2020,1).

الجدول رقم (5) مقاييس الاختلاف المحسوبة لتقدير حجم الخطأ عند معايرة النموذج ومدى اختلاف الغلة الحيوية المحاكاة عن الغلة الحيوية المقاسة حقلياً

متوسط خطأ التحيز	MBE	0.31
متوسط الخطأ المطلق	MAE	0.31
الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ	RMSE	0.32
دليل التوافق حسب مؤشر ويلموت	d	0.99
	NRMSE	2%



الشكل رقم (2) مقارنة الغلة الحيوية المقاسة حقلياً لأصناف القمح المزروعة مع تلك الناتجة عن المحاكاة باستخدام النموذج الرياضي للموسم 2014-2015 بعد معايرة النموذج

بشكل عام أظهرت نتائج مقاييس الاختلاف لجميع الأصناف القاسي والطري نتائج جيدة لكل من الغلة الحبية والغلة الحيوية حيث حقق كل من مقياس خطأ التحيز والخطأ المطلق قيماً قريبة من الصفر تراوحت بين (0.05 و0.31)،كما كانت قيم الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ RMSE جيدة حيث تراوحت بين (0.06 و0.32) وتعتبر جيدة كونها قريبة من الصفر، وكان التوافق من جيد إلى جيد جداً بين القيم المقاسة حقلياً وتلك الناتجة عن المحاكاة لكل من الغلة الحبية والغلة الحيوية وذلك حسب مؤشر ويلموت بنسبة (99%) باعتبار القيمة قريبة من الواحد.

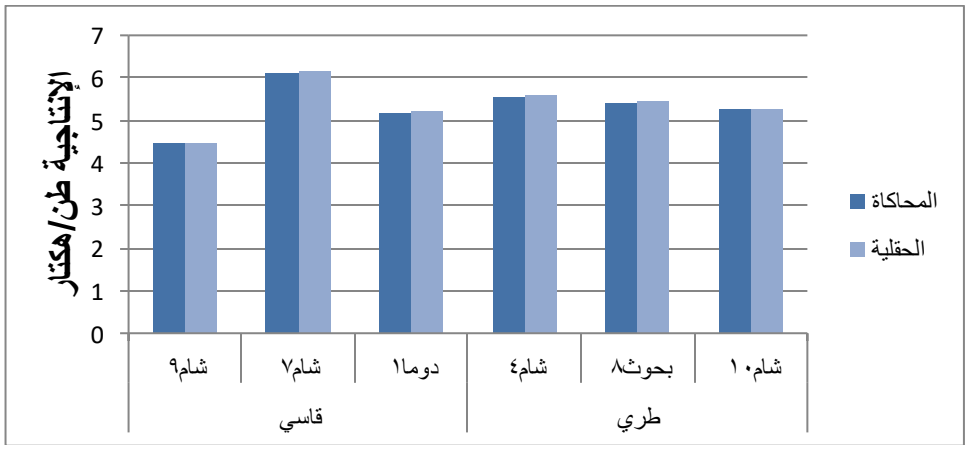
كما كانت قيم NRMSE لكل من الغلة الحبية والغلة الحيوية (1-2%) وتعتبر هذه القيمة جيدة جداً باعتبارها أصغر من5%، أي أن النموذج أظهر قدرة على التنبؤ بإنتاجية الأصـــناف المزروعة (حبية وحيوية)، وهذه النتائج متوافقة مع نتائج كثير من الأبحاث التي تناولت موضوع معايرة النموذج (Kourat et al.,2022,1؛Ahmadi et al.,2022,1,1).

التحقق من نتائج النموذج:

يلاحظ من (الشكل 3) التقارب الكبير بين الغلة الحبية الحقلية والغلة الحبية المحاكاة لجميع الأصناف القاسي والطري للموسم 2015-2016 ويبين الجدول (6) بأن كل من مقياس خطأ التحيز والخطأ المطلق حقق قيمة قريبة من الصفر (0.02)،كما كانت قيم الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ RMSE جيدة (0.03) وتعتبر جيدة كونها قريبة من الصفر، وكان التوافق جيد جداً بين القيم المقاسة حقلياً وتلك الناتجة عن المحاكاة للغلة الحبية وذلك حسب مؤشر ويلموت بنسبة (99%) باعتبار القيمة قريبة من الواحد، كما كانت قيمة NRMSE للغلة الحبية (1%) وتعتبر هذه القيمة جيدة جداً باعتبارها أصغر من5%، أي أن النموذج تمكن من التنبؤ بالغلة الحبية للأصناف المزروعة وهذا يتوافق مع ما توصل له كل من (Solgi et al,2022,1).

الجدول رقم (6) مقاييس الاختلاف المحسوبة لتقدير حجم الخطأ ومدى اختلاف الغلة الحبية المحاكاة عن الغلة الحبية المقاسة حقلياً

متوسط خطأ التحيز	MBE	0.02
متوسط الخطأ المطلق	MAE	0.02
الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ	RMSE	0.03
دليل التوافق حسب مؤشر ويلموت	d	0.99
	NRMSE	1%

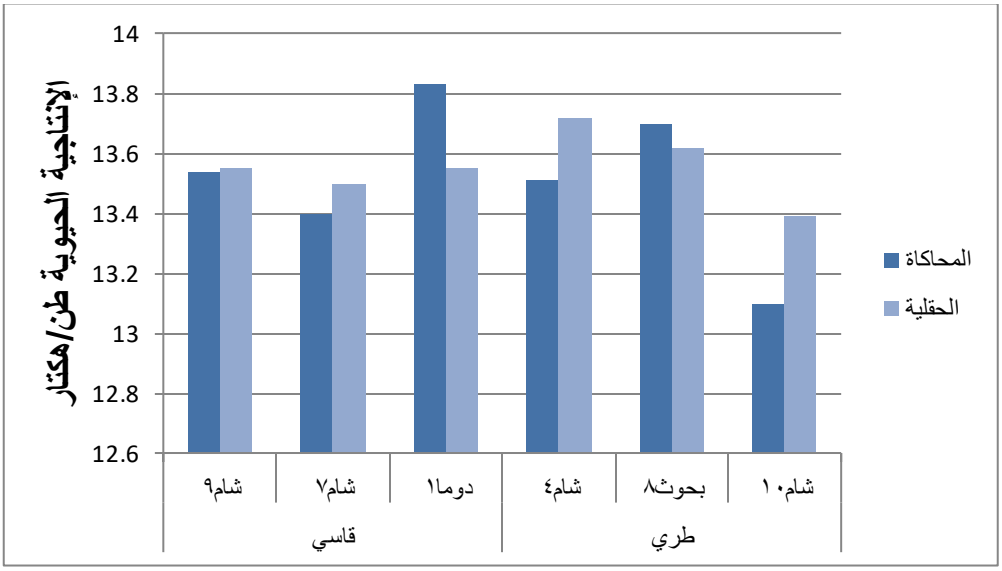


الشكل رقم (3) مقارنة الغلة الحبية المقاسة حقلياً لأصناف القمح المزروعة مع تلك الناتجة عن المحاكاة باستخدام النموذج الرياضي للموسم 2015-2016

يلاحظ من (الشكل 4) التقارب الجيد بين الغلة الحيوية الحقلية والغلة الحيوية المحاكاة لجميع الأصناف القاسي والطري ويبين الجدول (7) بأن كل من مقياس خطأ التحيز والخطأ المطلق حقق قيمة قريبة من الصفر (0.04)،كما كانت قيمة الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ (RMSE 0.19) وتعتبر جيدة كونها قريبة من الصفر، وكان التوافق جيد جداً بين القيم المقاسة حقلياً وتلك القيم الناتجة عن المحاكاة للغلة الحيوية وذلك حسب مؤشر ويلموت بنسبة (99%) باعتبار القيمة قريبة من الواحد، كما كانت قيمة NRMSE (1 %) وتعتبر هذه القيمة جيدة جداً باعتبارها أصغر من5%، مما يثبت بأن القيم الناتجة عن عمل النموذج كانت متقاربة لقيم الغلة الحيوية الحقلية، أي أن النموذج قادر على محاكاة الغلة الحيوية للأصناف المزروعة وهذا منسجم مع ما ذكره كل من (Hordofa et al.,2022,1).

الجدول رقم (7) مقاييس الاختلاف المحسوبة لتقدير حجم الخطأ ومدى اختلاف الغلة الحيوية المحاكاة عن الغلة الحيوية المقاسة حقلياً

متوسط خطأ التحيز	MBE	0.04
متوسط الخطأ المطلق	MAE	0.04
الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ	RMSE	0.19
دليل التوافق حسب مؤشر ويلموت	d	0.99
	NRMSE	1%



الشكل رقم (4) مقارنة الغلة الحيوية المقاسة حقلياً لأصناف القمح المزروعة مع تلك الناتجة عن المحاكاة باستخدام النموذج الرياضي للموسم 2015-2016

نلاحظ بأن نتائج مقاييس الاختلاف لجميع الأصناف القاسي والطري كانت جيدة لكل من الغلة الحبية والغلة الحيوية، وكان التوافق من جيد إلى جيد جداً بين القيم المقاسة حقلياً وتلك الناتجة عن المحاكاة لكل من الغلة الحبية والغلة الحيوية للموسم 2015-2016 (موسم التحقق)، وهذه النتائج متوافقة مع نتائج كثير من الأبحاث التي تناولت موضوع معايرة النموذج والتحقق من صحته (Davarpanah and Ahmadi,2021,1).

الاستنتاجات:

أظهرت النتائج بأن النموذج Aquacrop قادر على محاكاة إنتاج أصناف القمح المزروعة مروياً (القاسي والطري) في منطقة الدراسة، وذلك استناداً لنتائج مقاييس الاختلاف لجميع الأصناف لموسمي المعايرة والتحقق التي بينت وجود توافق من جيد إلى جيد جداً بين القيم المقاسة حقلياً وتلك الناتجة عن المحاكاة باستخدام النموذج الرياضي لكل من الغلة الحبية والغلة الحيوية، كما حقق كل من مقياس خطأ التحيز والخطأ المطلق والجذر التربيعي لمتوسط الخطأ قيماً جيدة كونها كانت قريبة من الصفر، بالإضافة لقيم NRMSE التي كانت جيدة جداً باعتبارها أصغر من5%، وبالتالي فإن قيم الغلة المقاسة حقلياً مقاربة لقيم الغلة المحاكاة باستخدام النموذج.

التوصيات: العمل على استخدام النموذج في دراسة ومحاكاة تأثير كل من أنواع وطرق الري المختلفة، وأثر التغيرات المناخية المتوقعة في إنتاجية أصناف القمح المزروعة في المنطقة.

التمويل:

هذا البحث ممول من قبل جامعة دمشق وفق رقم التمويل:(501100020595).

المراجع:

المراجع العربية:

1 – المجموعة الإحصائية الزراعية. (2022). وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. الجمهورية العربية السورية.

المراجع الأجنبية:

1. Adeniyi M. O. (2019). On the Influence of Variations in Solar Irradiance on Climate: A Case Study of West Africa. Earth Sys. and Environ. 3(2), 189–202.
2. Ahmadi, S., Jorenushc, M., Nasabd, S. 2022. Regional modeling of winter wheat yield and water productivity under water-saving irrigation scenarios. Journal of Water and Climate Change Vol1: 1-19.
3. Almazroui M., Islam M. N., Alkhalaf A. K., Saeed F., Dambul R. and Rahman M. A. (2016). Simulation of temperature and precipitation climatology for the CORDEX-MENA/Arab domain using RegCM4.Arab. J. Geosci. 9(1), 1–13.
4. Alsafadi K, Bi. SH , Abdo H, Almohamad H, Alatrach B, Srivastava A, Al‐Mutiry M, Bal S.K , Sarath Chandran S,Mohammed, S. 2023. Modeling the impacts of projected climate change on wheat crop suitability in semi‐arid regions using the AHP‐based weighted climatic suitability index and CMIP6. Geoscience Letters (2023) 10:20. https://doi.org/10.1186/s40562-023-00273-y
5. Amiri, E., Bahrani, A., Irmak, S. &Mohammadiyan R, N. 2022 .Evaluation of irrigation scheduling and yield response for wheat cultivars using the AquaCrop model in arid climate. J Water Supply 22, 602–614.
6. Awdeh A. and Hamadi H. (2019). Factors hindering economic development: evidence from the MENA countries. Int. J. Emerg. Market.
7. Biazin, B.; Wondatir, S.; Tilahun, G.; Asaro, N.; Amede, T. Using AquaCrop as a Decision-Support Tool for Small-Scale Irrigation Systems Was Dictated by the Institutional and Market Incentives in Ethiopia. Front. Water. 2021, 3, 1–13. https://doi.org/10.3389/frwa.2021.664127.
8. Cabrera, J.S.; Lee, H.S. Impacts of Climate Change on Flood-Prone Areas in Davao Oriental, Philippines. Water 2018, 10, 893. https://doi.org/10.3390/w10070893.
9. Davarpanah, R. &Ahmadi, S. H. 2021 Modeling the effects of irrigation management scenarios on winter wheat yield and water use indicators in response to climate variations and water delivery systems. Journal of Hydrology 598, 126269.
10. Hernández-Ochoa, I.M., Asseng, S., Kassie, B. T., Xiong,W., Robertson, R., Pequeno, D. N. L., Sonder, K., Reynolds, M., Babar, Md, . Milan, A. & Hoogenboom, A. M., G. 2018. Climate Change Impact on Mexico Wheat Production. Agricultural and Forest Meteorology 263, 373–387.
11. Hordofa AT., Leta O.T,Alamirew T.,Chukalla, A.D. Response of Winter Wheat Production to Climate Change in Ziway Lake Basin. Sustainability2022, 14, 13666. https://doi.org/ 10.3390/su142013666.
12. International Center for Agriculture Research in the Dry Areas ICARDA. ICARDA's New Strategic Plan 2017-2026 Highlights. Beirut, Lebanon: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). 2017. Available online: https://repo.mel.cgiar.org/handle/20.500.11766/8235 (accessed on 13 November 2022).
13. Kourat, T.,Smadhi, D., Madani, A. Modeling the Impact of Future Climate Change Impacts onRainfed Durum Wheat Production in Algeria. Climate 2022, 10, 50.https://doi.org/10.3390/cli10040050.
14. Lelieveld J., Hadjinicolaou P., Kostopoulou E., Giannakopoulos C., Pozzer A., Tanarhte M. et al.(2014). Model projected heat extremes and air pollution in the eastern Mediterranean and Middle East in the twenty-first century. Reg. Environ. change 14(5), 1937–1949.
15. Li, C., Li, Z., Xu, H., Hunag, J., Zhang, F. & Qian, Z. 2022 Fluctuation characteristics of wheat yield and their relationships with precipitation anomalies in Anhui province, China. International Journal of Plant Production 16, 483–494.
16. Mehrabi, F., Sepaskhah, A. R. & Ahmadi, S. H. 2020. Winter wheat root distribution with irrigation, planting methods, and nitrogen application. Nutrient Cycling in Agroecosystems 119, 231–245.
17. Neupane, D.; Adhikari, P.;Bhattarai, D.; Rana, B.; Ahmed, Z.;Sharma, U.; Adhikari, D. Does Climate Change Affect the Yield of the Top Three Cereals and Food Security in theWorld. Earth 2022, 3,45–71. https://doi.org/10.3390/ earth3010004
18. Power.larc.nasa.gov/data-access-viewer.com.

19. Raja, W., Kanth, R. H. & Singh, P. 2018. Validating the AquaCrop model for maize under different sowing dates. Water Policy 20, 826–840.
20. Rosa, S.L.K., Souza, J.L.M.D., Tsukahara, R.Y.2020. Performance of the AquaCrop model for the wheat crop in the subtropical zone in Southern Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.55, e01238, 2020.
21. Shewry, P.R.; Hey, S.J. The contribution of wheat to human diet and health. Food Energy Secur. 2015, 4, 178–202.
22. Steduto, P.; Hsiao, T.C.; Raes, D.; Fereres, E. Aquacrop-the FAO crop model to simulate yield response to water: I. concepts and underlying principles. Agron. J. 2009, 101, 426–437. https://doi.org/10.2134/agronj2008.0139s.
23. Solgi, S., Ahmadi, S. H., Sepaskhah, A. R. &Edalat, M. 2022 Wheat yield modeling under water-saving irrigation and climatic scenarios intransition from surface to sprinkler irrigation systems. Journal of Hydrology 612 (Part A), 128053.
24. Vahdati, A., Mohebalipour, N., Amiri, E., Ebadi, A. & Faramarzi, A. 2020. Simulating the production of rice genotypes by flood management and end-season water stress conditions using AquaCrop model. Communications in Soil Science and Plant Analysis 51 (16), 2137–2146. doi:10.1080/00103624.2020.1813750
25. Vanuytrecht E., Raes D., Steduto P., Hsiao TC., Fereres E., Henglk.(2014). Aquacrop:FAO'scropwater productivity and yield response model. Environ model softw 62:351-360.
26. Varela R, Rodrı´guez-Dı´az L, deCastro M.(2020) Persistent heat waves projected for Middle East and North Africa by the end of the 21st century. PLoS ONE 15(11): e0242477 https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242477.
27. Wallor, E., Kersebaum, K. C., Ventrella, D., Bindi, M., Cammarano, D.Coucheney, E., Gaiser, T., Garofalo, P., Giglio, L., Giola, P. ,Hoffmann, M. P., Iocola, I., Lana, M., Lewan, E., Maharjan, G. R., Moriondo, M., Mula, L., Nendel, C., Pohankova, E., Roggero, P. P., Trnka, M. & Trombi, G. 2018. The responseof process-basedagroecosystemmodels to within-fieldvariability in site conditions. Field Crops Res 228, 1–19.