

التغيرات المناخية وأثرها في إنتاجية بعض المحاصيل الاقتصادية في الجمهورية اليمنية

عبد الواحد عبد الله سيف*⁽¹⁾ وحازم حزام الأشوال⁽¹⁾ ومحمد عبد الواسع الخرساني⁽²⁾

(1). المحطة الإقليمية للبحوث الزراعية في المرتفعات الشمالية، صنعاء، اليمن.

(2). مركز بحوث الموارد الطبيعية، ذمار، اليمن.

(* للمراسلة: د. عبد الواحد عبد الله سيف. البريد الإلكتروني: amozaid@yahoo.com).

تاريخ الاستلام: 2020/03/08 تاريخ القبول: 2020/04/23

الملخص

تم دراسة تأثير التغيرات المناخية على محصولين استراتيجيين هما القمح والذرة الرفيعة المنزرعة في اقليمي المرتفعات الشمالية (صنعاء) والوسطى (ذمار) في الجمهورية اليمنية باستخدام النموذج AquaCrop وكذا تقييم فعالية هذا النموذج في محاكاة إنتاجية هذين المحصولين بفعل التغيرات المناخية على المدى القريب (2020-2030)، والمتوسط (2040-2050)، مقارنة بسنوات الأساس (1985-2005). نفذت الدراسة تحت أنظمة ري مختلفة في بيئتين زراعتين في نطاق المرتفعات (إقليم المرتفعات الشمالية، والمرتفعات الوسطى) ولهذا الغرض فقد استخدمت بيانات ثلاثة نماذج مناخية وسيناريوهين (RCP 4.5 و RCP-8.5) لكل نموذج، بعد إجراء عملية المعايرة والتي استخدمت فيها البيانات المناخية اليومية (لفترة عشر سنوات) والمرتبطة بدرجة الحرارة العظمى (Tmax) والصغرى (Tmin)، والرطوبة النسبية (% RH)، وسرعة الرياح (Wind speed m/sec)، والاشعاع الشمسي (Radiation MJ/m².day) والهطول المطري مم/يوم ومتغيرات المحصول والإنتاجية المحصولية عند المحاكاة، إذ تم معايرة مؤشر موعد وكمية مياه الري، والمحتوى الرطوبي وإدارة الحقل (مستوى التسميد، ومكافحة الأعشاب) للمحصولين المشار اليهما سابقاً بهدف الحصول على تطابق نسبي بين القيم الفعلية والمقدرة بالبرنامج الخاص بالإنتاجية. جمعت البيانات السالفة الذكر من محطات الأرصاد القريبة من المزارع البحثية التي اختيرت كموقع للدراسة وهي محطة العرة بصنعاء، ومحطة بحوث المرتفعات الوسطى بذمار. هذه المحطات البحثية متفاوتة من حيث ارتفاعها عن مستوى سطح البحر وطبيعتها المناخية والايكولوجية. استخدم بعض المؤشرات الإحصائية لتحديد الدقة وسلامة المعايرة عند تحديد القيم الفعلية والمقدرة بالبرنامج. أظهرت نتائج الدراسة أن محصولي القمح والذرة سيشهدان انخفاضاً معنوياً في متوسط الإنتاج الحبي والاستهلاك المائي عند ثبات تركيز (CO₂)، كما ستتناقص دورة النمو نتيجة الارتفاع في درجة الحرارة في النماذج الثلاثة على المدى المتوسط 2040-2050 مقارنة بفترة الأساس 1985-2005 ويكون هذا التناقص أكثر معنوية عند السيناريو (RCP-8.5) مقارنة بالسيناريو (RCP 4.5) أما عند الزيادة في تركيز (CO₂) فإن محصول القمح في (ذمار وصنعاء) سيشهد تحسناً في الإنتاجية والاحتياج المائي على المدى المتوسط (2040-2050) وذلك تحت ظروف الري التكميلي، في حين تناقصت الإنتاجية الحبية والاحتياج المائي للذرة الرفيعة في كلا السيناريوين، لكن هذا التناقص كان أقل في صنعاء مقارنة بذمار في حالة التركيز المتزايد لثاني أكسيد الكربون، وذلك بسبب تذبذب كمية الأمطار الهائلة، وحدوث الجفاف المتكرر، كون الذرة تعتمد في زراعتها على الأمطار.

الكلمات المفتاحية: التغيرات المناخية، الإنتاجية، المحاصيل الاقتصادية.

المقدمة:

برزت قضية تغير المناخ وتأثيره على الزراعة وأنماط المحاصيل في الآونة الأخيرة بشكل كبير، وأهم معالم التغير ظهر في نمط وموعد هطول الأمطار وارتفاع في درجة الحرارة نتيجة للاحتباس الحراري. ووفقاً لنماذج المناخ المتوقعة تجدر الإشارة إلى وجود تغيرات في أنماط وموعد هطول الأمطار والتي ستؤثر على إنتاج الغذاء، باعتبار أن هطول الأمطار هو العامل الرئيسي في نمو وإنتاج المحاصيل الغذائية (World Bank, 2010) و (Al-Dobaee, 2016). تشير التوقعات المستقبلية حول المناخ على مستوى العالم إلى أن درجات الحرارة سترتفع وستزداد الأمطار في بعض الأماكن، كما في أماكن أخرى سوف تنخفض وهذا يؤثر على أنماط المحاصيل ونموها، ليس هذا فقط ولكن ستؤدي إلى حدوث ظواهر مناخية متطرفة تتمثل في حدوث فيضانات يمكن أن تؤدي إلى جرف الكثير من مساحات الأراضي المتاحة للزراعة (Al-Dobaee, 2016). يجد المزارعون صعوبة كبيرة في التعامل مع هذه التغيرات البيئية، حيث أن جميع المحاصيل تقريباً تعتمد على الموسم وعلى هطول الأمطار، كما أنه من المرجح أن تتفاعل التغيرات في درجات الحرارة وهطول الأمطار الناتجة عن تغير المناخ مع عوامل أخرى لنمو النبات مثل الغازات الجوية والأسمدة والحشرات ومسببات الأمراض النباتية والأعشاب الضارة والمواد العضوية في التربة، وينتج عن ذلك انعكاسات سلبية غير متوقعة على إنتاج المحاصيل بشكل عام (Al-Dobaee, 2016).

تتسم الزراعة في اليمن بالتنوع نظراً لما تتمتع به من تباين في الخصائص المناخية الناتجة عن تفاوت معدلات الأمطار ودرجات الحرارة والرطوبة واختلاف الظروف الطبوغرافية، ونتج عن هذا تباين في الأقاليم البيئية الزراعية من حيث طبيعة وتنوع الانتاج النباتي. وتحتل محاصيل الحبوب 57.1% من إجمالي المساحة المزروعة سنوياً (وزارة الزراعة والري، 2016) وتعتمد معظمها على الأمطار، وتتذبذب هذه المساحة من سنة إلى أخرى بحسب كمية الهطول المطري، كما أن متوسط إجمالي إنتاج الحبوب بما فيها القمح والذرة الرفيعة والذرة الشامية في تناقص مستمر (وزارة الزراعة والري، 2016)، على الرغم من أهميتها كمصدر غذاء أساسي للسكان، ويعزى ذلك للتغيرات المناخية المتعاقبة كارتفاع درجة الحرارة وتذبذب كمية الهطول المطري، كما أن ارتفاع أسعار الوقود وارتفاع أسعار المدخلات الأخرى من سماد وبذور أثر على عمليات سلاسل الإنتاج لهذه المحاصيل وزيادة في تكلفة إنتاجها ونتج عن هذا عزوف العديد من المزارعين عن إنتاج تلك المحاصيل.

في هذه الدراسة سيتم استعراض تأثيرات تغير المناخ على محصولي القمح والذرة لرفيعة وسيتم تناول اتجاه هذه التغيرات وكيف سيكون أداء هذين المحصولين في المدى القريب والمتوسط بفعل التغيرات المحتملة للمناخ باستخدام النموذج AquaCrop الذي يستخدم على نطاق واسع في مناطق مختلفة من العالم لتحديد استجابة المحاصيل للإجهاد المائي ومحاكاتها في المدى الزمني القريب والمتوسط كما في جنوب إيطاليا (Todorovic et al., 2009) وفي شمال أثيوبيا (Araya et al., 2010) وشمال إيران (Khoshraveh et al., 2012)، وفي الهند (Abedinpour et al., 2012) وكينيا (Ndambuki, 2013)؛ ولتحسين الإدارة الحقلية للزراعة الصغيرة يستخدم هذا النموذج بفعالية (Ngetich et al., 2012)؛ والتنبؤ بالعائد في ظل سيناريوهات توفر المياه في المستقبل (Abedinpour et al., 2014; Mainuddin et al., 2012). ولا توجد أي دراسات في استخدام AquaCrop لمحاكاة إنتاج المحاصيل الزراعية في اليمن. المعلومات المستخلصة من تطبيقات البرنامج ستساعد المختصين وصناع القرار في وضع الاستراتيجيات الخاصة بترشيد استخدام الموارد سواء فيما يتعلق بمياه الري أو التربة وكذلك في وضع سياسة محصوليه تتناسب مع

التغير الحاصل في انماط ومواعيد الهطول المطري وستؤسس لسياسة محصولية واقعية تخفف من تأثيرات تغيرات المناخ على إنتاجية المحاصيل لضمان توفير غذاء آمن وصحي.

مواد البحث وطرائقه:

تم نمذجة العناصر المناخية المتوقعة للوطن العربي في دراسة ضمن مشروع RICCAR، وتضمنت ثلاثة نماذج مناخية (CNRM-) (CM5, EC-EARTH, GFDL-ESM2M) وسيناريوهين لكل نموذج (RCP 4.5, RCP 8.5)، وبالنظر إلى البيانات المناخية المتوقعة وفقاً لهذه السيناريوهات لمنطقة الدراسة صنعاء، يتضح أن درجة الحرارة العظمى في صنعاء من المتوقع أن ترتفع في الفترة (2030-2020) بمقدار -0.75 - 1.20 درجة مئوية، والصغرى بمقدار -0.35 - 0.68 درجة مئوية بحسب السيناريو المناخي المتوقع، وفي الفترة (2050-2040) سترتفع بمقدار -1.51 - 2.23 و -0.62 - 1.30 درجة مئوية لكل من درجة الحرارة العظمى والصغرى على التوالي بحسب السيناريو المناخي المتوقع، ويعتبر النموذج GFDL-ESM2M أكثر النماذج توقعاً لارتفاع درجة الحرارة وكذلك السيناريو RCP 8.5 (الجدول 1 و2). أما كمية الأمطار السنوية فإن التوقعات تشير إلى أنها ستخف في معظم الحالات ماعداً في النموذج CNRM-CM5 خلال الفترة 2030-2020 بمقدار حوالي من 10 إلى 22 مم بحسب السيناريو والنموذج GFDL-ESM2M في السيناريو RCP 8.5 بقدر يقارب 22 مم خلال الفترة 2050-2040 على التوالي مقارنة بفترة الأساس.

الجدول 1. التغيرات المتوقعة للهطول المطري والحرارة الصغرى والحرارة العظمى للفترتين (2030-2020) و (2050-2040) مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في منطقة صنعاء باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth، CNRM-CM5، GFDL-ESM2M وفقاً

للسيناريو RCP 4.5

2050-2040	2030-2020	Parameter
CNRM-CM5		
-13.32	+22.44	الهطول المطري السنوي (مم)
+1.51	+0.75	درجة الحرارة العظمى (°C)
+0.62	+0.35	درجة الحرارة الدنيا (°C)
EC-Earth		
-9.79	-18.61	الهطول المطري السنوي (مم)
+1.55	+0.92	درجة الحرارة العظمى (°C)
+0.77	+0.52	درجة الحرارة الدنيا (°C)
GFDL-ESM2M		
+17.45	-22.69	الهطول المطري السنوي (مم)
+1.55	+1.15	درجة الحرارة العظمى (°C)
+0.88	+0.68	درجة الحرارة الدنيا (°C)

الجدول 2. التغيرات المتوقعة للهطول المطري والحرارة الصغرى والحرارة العظمى للفترتين (2030-2020) و (2050-2040) مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في منطقة صنعاء باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth، CNRM-CM5، GFDL-ESM2M وفقاً للسيناريو RCP 8.5

2050-2040	2030-2020	Parameter
CNRM-CM5		
-22.05	+10.34	الهطول المطري السنوي (مم)
+1.83	+0.95	درجة الحرارة العظمى (°C)
+0.81	+0.45	درجة الحرارة الدنيا (°C)
EC-Earth		
-26.87	-3.15	الهطول المطري السنوي (مم)
+2.23	+1.18	درجة الحرارة العظمى (°C)
+1.30	+0.66	درجة الحرارة الدنيا (°C)
GFDL-ESM2M		
-22	+10	الهطول المطري السنوي (مم)
+1.82	+0.95	درجة الحرارة العظمى (°C)
+0.79	+0.44	درجة الحرارة الدنيا (°C)

أما في منطقة الدراسة ذمار من المتوقع أن ترتفع درجة الحرارة العظمى في الفترة (2030-2020) بمقدار 1.29 - 0.80 درجة مئوية، والصغرى بمقدار 0.64-0.46 درجة مئوية بحسب السيناريو المناخي المتوقع، وفي الفترة (2050-2040) سترتفع بمقدار 1.71 - 2.57 و 0.64-1.19 درجة مئوية لكل من درجة الحرارة العظمى والصغرى على التوالي بحسب النموذج والسيناريو المناخي المتوقع، ويعتبر النموذج GFDL-ESM2M أكثر النماذج توقعاً لارتفاع درجة الحرارة وكذلك السيناريو RCP 8.5 (جدول 3، 4). أما كمية الأمطار السنوية فإن التوقعات تشير إلى أنها سترتفع أو تنخفض بحسب النموذج والسيناريو المناخي إذ نجد أن كمية الهطول المطري سترتفع في الفترة 2030-2020 وتنخفض في الفترة 2050-2040 في النموذج CNRM-CM5 في كلا السيناريوهين، أما النموذج EC-Earth فيتوقع انخفاض معدل الأمطار خلال الفترتين في السيناريو RCP 4.5 بينما يتوقع ارتفاعها في السيناريو RCP 8.5 لهذا النموذج (الجدول 3 و 4)، أما النموذج GFDL-ESM2M فالنتائج في الهطول المطري طفيفة عدا في السيناريو RCP 8.5 خلال الفترة 2050-2040 إذ من المتوقع تناقص كمية الهطول المطري بما يقارب 27 مم.

الجدول 3. التغيرات المتوقعة للهطول المطري والحرارة الصغرى والحرارة العظمى للفترتين (2030-2020) و (2050-2040) مقارنة بفترة الأساس (1985-2005) في منطقة ذمار باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth، CNRM-CM5، GFDL-ESM2M وفقاً للسيناريو RCP 4.5

2050-2040	2030-2020	Parameter
CNRM-CM5		
-37	+23	الهطول المطري السنوي (مم)
+1.71	+0.80	درجة الحرارة العظمى (°C)
+0.76	+0.48	درجة الحرارة الدنيا (°C)
EC-Earth		
-17	-11	الهطول المطري السنوي (مم)
+1.84	+1.11	درجة الحرارة العظمى (°C)
+0.64	+0.46	درجة الحرارة الدنيا (°C)
GFDL-ESM2M		
+2	-9	الهطول المطري السنوي (مم)
+1.76	+1.17	درجة الحرارة العظمى (°C)
+0.90	+0.64	درجة الحرارة الدنيا (°C)

الجدول 4. التغيرات المتوقعة للهطول المطري والحرارة الصغرى والحرارة العظمى للفترتين (2030-2020) و (2040-2050) مقارنة بفتره الأساس (1985-2005) في منطقة دمار باستخدام المحاكاة RCA4 للنماذج EC-Earth، CNRM-CM5، GFDL-ESM2M وفقاً للسيناريو RCP 8.5

2050-2040	2030-2020	Parameter
CNRM-CM5		
- 19.95	+ 41.63	الهطول المطري السنوي (مم)
+2.10	+1.04	درجة الحرارة العظمى (°C)
+0.91	+0.56	درجة الحرارة الدنيا (°C)
EC-Earth		
+6.02	+22.18	الهطول المطري السنوي (مم)
+ 2.52	+1.25	درجة الحرارة العظمى (°C)
+ 1.11	+ 0.56	درجة الحرارة الدنيا (°C)
GFDL-ESM2M		
-26.87	-6.31	الهطول المطري السنوي (مم)
+2.57	+ 1.29	درجة الحرارة العظمى (°C)
+ 1.19	+ 0.57	درجة الحرارة الدنيا (°C)

منهجية الدراسة في التنفيذ:

جرى اختيار محصول القمح والذرة الرفيعة المنزرعة في إقليمي المرتفعات الشمالية (صنعاء) والوسطى (ذمار) كموضوع دراسة لتقييم أثر التغيرات المناخية على إنتاجيتها على المدى القريب (2030-2020) والمتوسط (2040-2050) مقارنةً بسنوات الأساس (1985-2005). تم محاكاة هذين المحصولين تحت أنظمة ري مختلفة في بيئتين مختلفتين (إقليم المرتفعات الشمالية والمرتفعات الوسطى) لتحديد الإنتاجية الفعلية من واقع التجارب المنفذة في المحطات البحثية المختلفة والمتوقعة في ضوء التغيرات المناخية على المدى القريب والمتوسط ولهذا الغرض فقد استخدمت بيانات متوسط ثلاثة نماذج مناخية وسيناريوين (RCP 4.5 و RCP-8.5) لكل نموذج، استخدمت البيانات المناخية اليومية (لفترة عشر سنوات) والمرتبطة بدرجة الحرارة العظمى (Tmax) والصغرى (Tmin)، والرطوبة النسبية (RH %)، سرعة الرياح (Wind speed m/sec)، الإشعاع الشمسي (Radiation MJ/m².day) والهطول المطري مم/يوم ومتغيرات المحصول والإنتاجية المحصولية عند المحاكاة من مصادر مختلفة، كما تم الاكتفاء بمعايرة مؤشر موعد وكمية مياه الري، المحتوى الرطوبي وإدارة الحقل (مستوى التسميد، مكافحة الأعشاب) للمحاصيل الأنفة الذكر. جمعت البيانات السالفة الذكر من محطات الأرصاد القريبة من المزارع البحثية التي اختيرت كموقع للدراسة وهي محطة العرة كموقع ممثل لمنطقة صنعاء، محطة بحوث المرتفعات الوسطى كموقع ممثل لمنطقة دمار، هاتين المحطتين البحثية متفاوتة من حيث ارتفاعها عن مستوى سطح البحر وطبيعتها المناخية والايكولوجية. استخدم بعض المؤشرات الإحصائية لتحديد الدقة وسلامة المعايرة عند تحديد القيم الفعلية والمقدرة بالبرنامج أهمها معامل التحديد (Coefficient of Determination (R²))، (أو معامل الاختلاف (CV))، وكفاءة النموذج (Efficiency coefficient (EF))، ودليل التوافق (Index of agreement (D)).

معايرة النموذج الرياضي AquaCrop:

تم معايرة بعض المتغيرات مثل بيانات الإدارة (كمية مياه الري المضافة، التسميد، مكافحة الأعشاب) وكذلك المحتوى الرطوبي الابتدائي، وذلك بأسلوب الضبط الدقيق Fine Tuning بتغيير القيمة المبدئية في كلا الاتجاهين (زيادة ونقصان) حتى الحصول على أفضل تطابق بين الإنتاجية المقاسة والإنتاجية المقدرة بالبرنامج من خلال عدة معايير إحصائية أهمها معامل التحديد (Coefficient

of Determination (R^2)، جذر متوسط مربع الخطأ (Root Mean Square Error (RMSE)، جذر متوسط مربع الخطأ المعدل (أو معامل الاختلاف) (NRMSE or CV)، وكفاءة النموذج (Efficiency coefficient (EF)، ودليل التوافق (Index of agreement (D)، مع الأخذ في الاعتبار النقاط التالية عند إعداد ملفات البيانات:

- وضع قيمة "الأداء في ظل تركيز مرتفع لغاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي" performance under elevated atmospheric CO_2 concentration في ملف المحصول بأنها تساوي الصفر.

- تم تحويل سرعة الرياح من ارتفاع 10 م إلى 2 م كون البيانات المناخية لصنعاء مأخوذة من محطة المطار.

تم إعداد ملفين مناخيين لمنطقة الدراسة (صنعاء ودمار) وهي بيانات يومية لفترة 10 سنوات وكذلك تم إنشاء المشاريع وإعداد الملفات الأخرى الخاصة بكل مشروع ابتداء بملف المحصول إذ تم اختيار ملف المحصول المخزن في قاعدة بيانات البرنامج وتم التعديل عليه بنظام التقويم اليومي CD وفقاً لبيانات المحصول المذكورة آنفاً ثم تحويله إلى تقويم الحرارة التراكمية GDD، وتم إنشاء ملفات الري وتحديد موعد الري وكمية مياه الري المضافة في كل رية، وقد جرى معايرتها ثم تم إنشاء ملف الحقل المتضمن مستوى التسميد ومكافحة الحشائش بقيم افتراضية "معتدل Moderate للمعايرة وتم وضع الخيار "منع الجريان السطحي" باعتبار أن الزراعة لا بد أن تكون في أحواض مغلقة، ثم إنشاء ملف التربة بحسب البيانات المذكورة، ثم بعد ذلك تم إعداد ملف الرطوبة الابتدائية ومعايرتها إذ وضعت القيم المبدئية TAW%75، وتم إنشاء ملف المشروع لكل حالة للحصول على قيم المتغيرات بعد عملية المعايرة.

النتائج:

1- أثر التغيرات المناخية المحتملة على القمح والذرة الرفيعة في صنعاء:

من تحليل النتائج يتضح أن إنتاجية القمح ستشهد ارتفاعاً تحت الظروف المدروسة في منطقة الدراسة -صنعاء في حالة التركيز المتزايد لثاني أكسيد الكربون وستتناقص في حالة تناقص تركيز ثاني أكسيد الكربون لكلا السيناريوهين RCP 4.5، RCP 8.5 وكل النماذج المناخية المدروسة خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050. تراوحت الإنتاجية من 2.7 - 2.8 طن للهكتار مقارنة بفترة الأساس 2.49 طن/هكتار في حالة السيناريو RCP 4.5 وستتناقص من 2.31 - 2.26 طن للهكتار على التوالي مقارنة بفترة الأساس 2.41 طن/هكتار بنسبة نقصان تتراوح بين 4.24 - 6.11% لنفس الفترة عند تناقص تركيز ثاني أكسيد الكربون. كما ستتناقص دورة النمو معنوياً من 96 يوماً في فترة الأساس إلى ما يقارب 94، 93 يوماً في حالة زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون أو تناقص التركيز، ويزداد معدل التبخر-نتح المرجعي بسبب ارتفاع درجة الحرارة وبالرغم من ذلك فإن التبخر-نتح الفعلي سينخفض انخفاضاً طفيفاً بسبب قصر فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن ترتفع معنوياً إلى 0.82 - 0.85 كغ/م³ خلال نفس الفترة مقارنة ب 0.74 لفترة الأساس في حالة تناقص تركيز ثاني أكسيد الكربون لنفس السيناريو، أما في حالة ثبات التركيز لثاني أكسيد الكربون، كما سيزداد معدل التبخر-نتح المرجعي بسبب ارتفاع درجة الحرارة، وبالرغم من ذلك فإن التبخر-نتح الفعلي سينخفض انخفاضاً طفيفاً بسبب قصر فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن تنخفض معنوياً إلى 0.70 و0.68 كغ/م³ خلال نفس الفترة مقارنة ب 0.72 في فترة الأساس في حالة السيناريو RCP 8.5. كما ستتناقص إنتاجية القمح تحت الظروف المدروسة في حالة ثبات تركيز ثاني أكسيد الكربون عند السيناريو RCP 8.5 معنوياً خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050 إلى ما يقارب 2.30 و2.21 طن للهكتار على التوالي مقارنة بفترة الأساس 2.39 طن/هكتار بنسبة نقصان تتراوح بين 3.81 - 7.62%، وستتناقص دورة النمو معنوياً

من 96 يوماً في فترة الأساس إلى ما يقارب 94، 92 يوماً خلال نفس الفترة، كما سيزداد معدل التبخر-نتح المرجعي بسبب ارتفاع درجة الحرارة وبالرغم من ذلك فإن التبخر-نتح الفعلي سينخفض انخفاضاً طفيفاً بسبب قصر فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن تنخفض معنوياً إلى 0.69 و0.67 م/كغ/3 خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنة بـ 0.72 في فترة الأساس. أقل معدل تزايد في إنتاجية القمح عند النموذج GFDL-ESM2M وذلك لتناقص معدل الهطول المطري الموسمي، بينما تنخفض في حالة ثبات تركيز ثاني أكسيد الكربون، بينما معدل تناقص دورة النمو والتبخر-نتح الفعلي تكون أعلى قليلاً في السيناريو RCP 8.5 مقارنة بالسيناريو RCP 4.5 ويعزى ذلك إلى ارتفاع درجة الحرارة التي تؤدي إلى نضج المحاصيل أسرع وأيضاً بسبب شح الأمطار والجفاف الذي يدفع النبات إلى الإزهار والنضج المبكر، ويكون قصر فترة النمو بشكل أكبر في السيناريو RCP 8.5 والذي يكون فيه ارتفاع درجة الحرارة أكبر. فيما يتعلق بالذرة الرفيعة، سينخفض متوسط الإنتاجية تحت الظروف المدروسة في منطقة صنعاء بشكل طفيف خلال الفترة 2020-2030 ومعنوياً خلال الفترة 2040-2050 إلى ما يقارب 1.97 و1.91 طن للهكتار على التوالي مقارنة بفترة الأساس 2.04 طن/هكتار بنسبة انخفاض تتراوح بين 3.05-6.03%، وستتناقص دورة النمو معنوياً من 102 يوماً في فترة الأساس إلى ما يقارب 98، 95 يوماً خلال نفس الفترتين للسيناريو RCP 4.5 في حالة تغير تركيز ثاني أكسيد الكربون، كما يلاحظ انخفاض وتزايد طفيف في معدل التبخر-نتح المرجعي بسبب ارتفاع درجة الحرارة وينخفض التبخر-نتح الفعلي انخفاضاً معنوياً بسبب قصر فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن ترتفع بصورة غير معنوية إلى 0.77 خلال الفترة 2020-2030، 0.76 م/كغ/3 خلال الفترة 2040-2050 مقارنة بـ 0.75 في فترة الأساس.

كما أن متوسط إنتاجية الذرة الرفيعة تحت الظروف المدروسة لنفس السيناريو وفي حالة زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون ستتناقص معنوياً إلى ما يقارب 1.88 و1.78 طن للهكتار على التوالي مقارنة بفترة الأساس 2.02 طن/هكتار بنسبة نقصان تتراوح بين 6.71-11.93%، كما ستتناقص دورة النمو معنوياً من 102 يوماً في فترة الأساس إلى ما يقارب 98، 95 يوماً خلال نفس الفترتين، وسيزداد معدل التبخر-نتح المرجعي بسبب ارتفاع درجة الحرارة، وبالرغم من ذلك فإن التبخر-نتح الفعلي سينخفض انخفاضاً معنوياً بسبب قصر فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن تنخفض خلال الفترة 2020-2030 بشكل غير معنوي إلى 0.73 ومعنوياً خلال الفترة 2040-2050 إلى 0.71 م/كغ/3 مقارنة بـ 0.74 في فترة الأساس.

في حالة تناقص تركيز ثاني أكسيد الكربون عند السيناريو RCP 8.5، متوسط إنتاجية الذرة الرفيعة تحت الظروف المدروسة ستخفض معنوياً خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050 إلى ما يقارب 1.93 و1.85 طن للهكتار على التوالي مقارنة بفترة الأساس 2.02 طن/هكتار بنسبة انخفاض تتراوح بين 4.18-8.26%، وستتناقص دورة النمو معنوياً من 102 يوم في فترة الأساس إلى ما يقارب 96، 93 يوماً خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050 إلى انخفاض وتزايد طفيف في معدل التبخر-نتح المرجعي بسبب ارتفاع درجة الحرارة وينخفض التبخر-نتح الفعلي انخفاضاً معنوياً بسبب قصر فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن ترتفع بصورة غير معنوية إلى 0.77 و0.76 م/كغ/3 خلال نفس الفترتين مقارنة بـ 0.75 في فترة الأساس.

وفي حالة ثبات تركيز ثاني أكسيد الكربون وعند السيناريو RCP 8.5 ستتناقص الإنتاجية معنوياً خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050 إلى ما يقارب 1.84 - 1.72 طن للهكتار على التوالي مقارنة بفترة الأساس 2 طن/هكتار بنسبة نقصان تتراوح بين 8.22-13.88%، وستتناقص دورة النمو معنوياً من 102 يوماً في فترة الأساس إلى ما يقارب 96، 93 يوم خلال نفس الفترتين،

كما أن معدل التبخر-نتح المرجعي سيزداد بسبب ارتفاع درجة الحرارة وبالرغم من ذلك فإن التبخر-نتح الفعلي سينخفض انخفاضاً معنوياً بسبب قصر فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن تنخفض معنوياً خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050 إلى 0.73 - 0.71 كغ/م³ مقارنة بـ 0.75 في فترة الأساس.

2- أثر التغيرات المناخية المحتملة على القمح والذرة الرفيعة في دمار:

يتضح من تحليل النتائج وجود تفاوت في إنتاجية القمح في دمار عبر الفترات المختلفة بحسب السيناريو المناخي ويتضح جلياً التفاوت من سنة إلى أخرى، إذ أنها تصل في بعض السيناريوهات إلى ما يقارب 2 طن/هكتار لبعض السنوات وفي المقابل تتناقص في بعض السنوات شحيحة الأمطار ليصل إلى أقل من 1 طن/هكتار، وبشكل عام ترتفع الإنتاجية في حالة التركيز المتزايد من CO₂ في النموذجين المناخيين CNRM-CM5 و EC-EARTH وخاصة في السيناريو RCP 4.5، بينما ينخفض في النموذج GFDL-ESM2M ويرجع ذلك إلى نمط هطول الأمطار؛ وذلك لارتباط الإنتاجية بشكل مباشر مع كمية الأمطار الموسمية إذ تتناقص الإنتاجية في السيناريوهات التي تتناقص فيها كمية الأمطار الموسمية بشكل معنوي وبالنظر إلى كمية الأمطار السنوية يتضح أن النموذج GFDL-ESM2M أكثر النماذج تناقصاً في الأمطار خلال موسم زراعة القمح. متوسط إنتاجية القمح تحت الظروف المدروسة في دمار في حالة تغير تركيز ثاني أكسيد الكربون وعند السيناريو RCP 4.5 سترتفع بصورة غير معنوية خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050 إلى ما يقارب 1.65 و1.52 طن للهكتار على التوالي مقارنة بفترة الأساس 1.48 طن/هكتار بنسبة زيادة تتراوح بين 5.64 - 2.89%، وستتناقص دورة النمو معنوياً من 95 يوماً في فترة الأساس إلى ما يقارب 90، 87 يوماً خلال الفترتين، كما سيزداد معدل التبخر-نتح المرجعي بسبب ارتفاع درجة الحرارة وبالرغم من ذلك فإن التبخر-نتح الفعلي سينخفض انخفاضاً طفيفاً بسبب قصر فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن ترتفع بشكل غير معنوي إلى 0.46 كغ/م³ خلال الفترتين مقارنة بـ 0.43 في فترة الأساس. متوسط إنتاجية القمح تحت الظروف المدروسة ستتناقص بصورة غير معنوية إلى 1.33 طن/هكتار خلال الفترة 2020-2030، ومعنوياً إلى 1.23 طن/هكتار خلال الفترة 2040-2050 مقارنة بفترة الأساس 1.44 طن/هكتار بنسبة نقصان تتراوح بين 7.02 - 14.57% في حالة ثبات تركيز ثاني أكسيد الكربون وعند السيناريو RCP 4.5، وستتناقص دورة النمو معنوياً من 95 يوماً في فترة الأساس إلى ما يقارب 90، 87 يوماً خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050، كما يزداد معدل التبخر-نتح المرجعي بسبب ارتفاع درجة الحرارة وبالرغم من ذلك فإن التبخر-نتح الفعلي سينخفض انخفاضاً طفيفاً بسبب قصر فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن تسلك سلوك الإنتاجية في الاتجاه والمعنوية إذ ستتناقص إلى 0.39 و0.37 كغ/م³ خلال الفترتين مقارنة بـ 0.42 في فترة الأساس.

عند السيناريو RCP 8.5 وفي حالة تغير تركيز ثاني أكسيد الكربون متوسط إنتاجية القمح تحت الظروف المدروسة سترتفع معنوياً خلال الفترة 2020-2030 إلى ما يقارب 1.6 طن للهكتار وستتخف بشكل طفيف إلى 1.4 طن/هكتار مقارنة بفترة الأساس 1.46 طن/هكتار بنسبة تغير تتراوح بين +9.8%، -3.96%، وستتناقص دورة النمو معنوياً من 94 يوماً في فترة الأساس إلى ما يقارب 91، 84 يوماً خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050، كما سيزداد معدل التبخر-نتح المرجعي بسبب ارتفاع درجة الحرارة وبالرغم من ذلك فإن التبخر-نتح الفعلي سينخفض انخفاضاً طفيفاً بسبب قصر فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن ترتفع إلى

0.47 كغ/م³ في الفترة 2020-2030 ثم تنخفض إلى 0.41 كغ/م³ في الفترة 2040-2050 مقارنة بـ 0.43 كغ/م³ في فترة الأساس.

عند السيناريو RCP 8.5 وفي حالة ثبات تركيز ثاني أكسيد الكربون، فإن متوسط إنتاجية القمح تحت الظروف المدروسة ستتناقص تناقصاً غير معنوي إلى 1.34 طن/هكتار خلال الفترة 2020-2030 ومعنوياً إلى 1.16 طن/هكتار خلال الفترة 2040-2050 مقارنة بفترة الأساس 1.42 طن/هكتار بنسبة نقصان تتراوح بين 5.21-22.35%، وستتناقص دورة النمو معنوياً من 94 يوماً في فترة الأساس إلى ما يقارب 91، 84 يوماً خلال الفترتين 2020-2030 و 2040-2050 كما سيزداد معدل التبخر-نتح المرجعي بسبب ارتفاع درجة الحرارة بينما التبخر-نتح الفعلي لن يتغير معنوياً، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن تنخفض انخفاضاً طفيفاً إلى 0.39 كغ/م³ خلال الفترة 2020-2030، ومعنوياً إلى 0.32 كغ/م³ خلال الفترة 2040-2050 مقارنة بـ 0.41 كغ/م³ في فترة الأساس. فيما يتعلق بالذرة ومن خلال تحليل النتائج المتحصلة يلاحظ وجود تفاوت كبير في الإنتاجية من عام إلى آخر إذ قد ترتفع إلى أكثر من 2 طن/هكتار في بعض السيناريوهات وفي بعض السنوات وخاصة في فترة الأساس والسنوات الممطرة، وفي المقابل تنخفض إلى ما دون 0.3 طن/هكتار في بعض كثير من السنوات شحيحة الأمطار والذي يعتبر فشل للمحصول في إنتاج غلة حبية، في الوقت الحاضر يلجأ المزارع إلى إضافة رية تكميلية أو ريتين في السنوات شحيحة الأمطار إذا توفر مصدر آخر للري وإذا لم يتوفر فإن المزارع يخسر محصوله ويحصده كعلف للحيوانات. وبشكل عام تتناقص الإنتاجية في كلا السيناريوهين المناخي RCP 4.5 و RCP 8.5 وفي حالتي التركيز المتزايد والثابت لثاني أكسيد الكربون. عند السيناريو RCP 4.5 وفي حالة تغير تركيز ثاني أكسيد الكربون، متوسط إنتاجية الذرة الرفيعة تحت الظروف المدروسة ستخفض خلال الفترتين 2020-2030 و 2040-2050 إلى ما يقارب 0.59 طن للهكتار على التوالي مقارنة بفترة الأساس 0.76 طن/هكتار بنسبة انخفاض تتراوح بين 21.63-24.29%، وستتناقص متوسط دورة النمو من 91 يوم في فترة الأساس إلى ما يقارب 85، 81 يوم خلال الفترتين 2020-2030 و 2040-2050 على التوالي كما ستخفض معدل التبخر-نتح المرجعي والفعلي بسبب قصر فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن تنخفض بصورة غير معنوية إلى 0.28 كغ/م³ خلال الفترة 2020-2030، 0.29 كغ/م³ خلال الفترة 2040-2050 مقارنة بـ 0.30 كغ/م³ في فترة الأساس. في حالة ثبات تركيز ثاني أكسيد الكربون وعند السيناريو RCP 4.5 متوسط إنتاجية الذرة الرفيعة تحت الظروف المدروسة ستتناقص خلال الفترتين 2020-2030 و 2040-2050 إلى ما يقارب 0.55 و 0.53 طن للهكتار على التوالي مقارنة بفترة الأساس 0.75 طن/هكتار بنسبة نقصان تتراوح بين 26.45-29.81%، وستتناقص متوسط دورة النمو من 91 يوم في فترة الأساس إلى ما يقارب 84، 80 يوم خلال الفترتين 2020-2030 و 2040-2050 كما ستتناقص معدل التبخر-نتح المرجعي والفعلي بسبب قصر فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن تنخفض إلى 0.27 كغ/م³ في كلا الفترتين مقارنة بـ 0.30 كغ/م³ في فترة الأساس. عند السيناريو RCP 8.5 وفي حالة تغير تركيز ثاني أكسيد الكربون نلاحظ أن متوسط إنتاجية الذرة الرفيعة تحت الظروف المدروسة سترتفع بشكل طفيف إلى 0.75 طن/هكتار خلال الفترة 2020-2030 ثم تميل للانخفاض بشكل طفيف إلى 0.71 طن/هكتار خلال الفترة 2040-2050 مقارنة بفترة الأساس 0.73 طن/هكتار بنسبة تغير تقدر بـ +2.64% و-2.47% على التوالي. وستتناقص دورة النمو معنوياً من 90 يوماً في فترة الأساس إلى ما يقارب 87، 83 يوماً خلال الفترتين 2020-2030 و 2040-2050، كما لوحظ

انخفاض وتزايد طفيف في معدل التبخر-نتح المرجعي والفعلي بسبب قصر متوسط فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن ترتفع 0.34 و0.35 كغ/م³ خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050 مقارنةً بـ 0.30 في فترة الأساس . عند السيناريو RCP 8.5 وفي حالة ثبات تركيز ثاني أكسيد الكربون متوسط إنتاجية الذرة الرفيعة تحت الظروف المدروسة ستتناقص خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050 إلى ما يقارب 0.70 و0.65 طن للهكتار على التوالي مقارنة بفترة الأساس 0.72 طن/هكتار بنسبة نقصان تتراوح بين 3.12-10.30%، وستتناقص متوسط دورة النمو من 90 يوماً في فترة الأساس إلى ما يقارب 86، 82 يوماً خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050 على التوالي، كما أن معدل التبخر-نتح المرجعي والفعلي سيتناقص بسبب قصر فترة النمو، أما الإنتاجية المائية فيتوقع أن ترتفع خلال الفترتين 2020-2030 و2040-2050 إلى 0.32 كغ/م³ مقارنةً بـ 0.30 كغ/م³ في فترة الأساس.

وفي ضوء النتائج المشروحة آنفاً يتضح أن محصول الذرة الرفيعة يتوقع أن يتأثر أكثر من حيث تناقص الإنتاجية مقارنةً بالقمح في منطقة وظروف دراسة الحالة في كل من صنعاء ودمار، إضافة إلى أن المحاكاة لمحصول الذرة الرفيعة جرت تحت ظروف عدد أقل من الريات التكميلية مقارنةً بالقمح، أما في دمار فقد تمت المحاكاة تحت ظروف الزراعة المطرية وبالتالي فإنه من المتوقع أن تكون أكثر الحالات حساسية للتغيرات المناخية. ومن حيث موعد زراعة الذرة الرفيعة في موقعي صنعاء ودمار فقد لوحظ أنه يتقدم على موعد زراعة القمح، كما أن موعد هطول الأمطار بدءاً يميل إلى التأخير في الموسم الصيفي وتتناقص كميته خلال موسم الذرة الرفيعة وظهر ذلك جلياً في دمار في كل السيناريوهات المدروسة بينما كمية الأمطار في موسم زراعة القمح فإنها تزداد في بعض السيناريوهات وبالتالي وهذا مؤشر هام يدل على أن موسم الأمطار الصيفي سينزاح نحو التأخر بما يقارب شهر، وهذا يفسر تأثر إنتاجية القمح إيجاباً مقارنةً بالذرة الرفيعة في كل من صنعاء ودمار؛ وبالتالي فإن تأخير موعد زراعة الذرة الرفيعة قد يقلل من التأثير السلبي للتغيرات المناخية، أو بإضافة رية تكميلية مقدارها 50 مم فيما لو تمت الزراعة في الموعد المعتاد للمزارع . وعموماً ترتفع إنتاجية المحاصيل بارتفاع درجة الحرارة وتركيز ثاني أكسيد الكربون مع ثبات كمية الأمطار (أو رطوبة التربة في حالة الزراعة المروية)، ولكن تناقص الإنتاجية بسبب شحة الأمطار تكون أكثر تأثيراً. بينما ارتفاع الإنتاجية المائية برغم تناقص الإنتاجية في بعض الحالات أو أن معدل التناقص أقل من تناقص الإنتاجية إلى أن تأثير التناقص في معدل الأمطار الموسمية على انخفاض الاستهلاك المائي بمعدل أكبر من تأثيره على تناقص الإنتاجية، إذ أن ارتفاع درجة الحرارة وتركيز CO₂ لعبت دوراً معاكساً وخففت التأثير السلبي لتناقص كمية الأمطار. ويتضح أنه في ظروف دراسة الحالة تشير النتائج والتوقعات إلى أن الزراعة المطرية بشكل عام يتوقع أن تكون أكثر تأثراً بالتغيرات المناخية وسينعكس ذلك على تناقص الإنتاجية بسبب شحة وتذبذب الهطول المطري مقارنةً بالزراعة المروية والزراعة التي تعتمد على الري التكميلي ويتضح ذلك من خلال ارتفاع إنتاجية القمح في صنعاء كون المحاكاة تمت للمحصول تحت إضافة مياه الري أكثر من الحالات الأخرى، وتبين أن الذرة الرفيعة في موقع دمار أكثر حساسية كون المحاكاة تمت باعتماد المحصول على الأمطار بشكل كامل، وهذه النتيجة تتفق مع دراسة كل من (Al-Dobaee , 2016) و(World Bank, 2010) اللتين تشيران إلى تغير نمط الهطول المطري وتذبذب الكميات بحسب المكان والزمان وهذا بدوره يؤدي إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل. سيكون محصول الذرة الرفيعة أكثر محاصيل الحبوب وبشكل عام يمكن أن نشير إلى أن زراعة القمح والذرة الرفيعة في إقليم المرتفعات الشمالية والوسطى

تحت النظام المروي أو الري التكميلي في الفترات الحرجة من تأخر الأمطار يتوقع أن تحسن من إنتاجيتها أيا كان السيناريو المناخي المتوقع.

ولكن مع ارتفاع أسعار المدخلات الزراعية والمشتقات النفطية ومنافسة المحاصيل الأخرى ذات الجدوى الأعلى، وعلاوة على ذلك فإن التغيرات المناخية ستؤثر سلباً على مصادر المياه الأخرى نظراً للاتجاه العام للتوقعات بانخفاض معدل الأمطار السنوية؛ كل هذه الأسباب تقود إلى التوقع بانحسار المساحة المروية للحبوب. كما أن إنتاجية هذين المحصولين تحت النظام المطري من المؤكد أن تتخفض وفقاً لمعدلات الهطول المطري التي ستخفض بحسب السيناريوهات المناخية المتوقعة وبالتالي فإنه من المتوقع أن تتضرر زراعة هذين المحصولين الاستراتيجيين في هذه المناطق وربما محاصيل أخرى مما يعني ذلك إلى تضرر الأمن الغذائي للمزارعين بصورة خاصة والاقتصاد الوطني بصورة عامة. لذلك ينبغي اتخاذ الإجراءات التي من شأنها تخفيف الأثر السلبي للتغيرات المناخية من خلال تطوير أصناف من الذرة والقمح للزراعة المطرية، وإدخال التقنيات الحديثة التي من شأنها رفع قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء ورفع كفاءه استخدام المياه والاستفادة من الأصناف المحلية والتنوع الوراثي الموجود فيها مع إجراء العمليات الزراعية للمحصولين كتحديد الموعد المناسب والجرعة السمادية المناسبة، مواعيد وكميات الري التكميلي. هذه التدابير يجب أن تؤطر ضمن برامج بحثية طارئة لتقاضي أي نقص في إنتاجية هذين المحصولين نتيجة التغيرات المناخية المتوقعة. كما أن وجود توصيات بحثية جاهزة للبرامج السالفة الذكر وتحديث التوصيات وقواعد البيانات المتعلقة بالمحصولين سيسهم في تحديد التدخلات المناسبة وفي الوقت المناسب.

التوصيات:

- يمكن تطبيق النموذج AquaCrop في ظروف مناخية زراعية مختلفة وبيئات مختلفة وعلى محاصيل أخرى.
- تحسين الممارسات الحقلية والإدارة المحصولية، وعليه تقترح الدراسة ضرورة إجراء معايرة تفصيلية للأصناف السائدة للمحاصيل المدروسة في مناطق مختارة وتحديد أفضلها تمهيداً لإجراء تجارب تتعلق بتحديد الموعد المناسب واختيار الصنف، وإدارة التسميد، وحصاد مياه الأمطار، وإدارة الأعشاب الضارة، وتحديد أفضل جرعة سمادية وموعد إضافتها على أساس مراحل النمو للأصناف المختارة.
- الاستفادة من التنوع الوراثي للمحاصيل في اليمن، وعمل دراسة تأقلم للأصناف المجمع في المناطق المستهدفة وفقاً للمخرجات التي يقدمها النموذج (AquaCrop)، والاستفادة من التصورات والتنبؤات التي تقدمها النماذج المناخية لمواجهة التغيرات التي ستشهدتها بعض المناطق، مثل اقتراح أفضل الأصناف، ومواعيد زراعة، لتحديد أفضل موعد وربما تعديل تاريخ الزراعة أيضاً.

شكر وتقدير:

عظيم الشكر والتقدير للدكتور عبدالواحد مكر، نقطة اتصال البرنامج على الدعم الموجه والقيم للفريق المنفذ أثناء تنفيذ دراسة الحالة، والشكر موصول لمنظمة الأغذية والزراعة (الفاو) وكذلك اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا) على الدعم الفني أثناء التنفيذ، ولكل الجهات التي منحتنا البيانات الضرورية لتنفيذ الدراسة.

المراجع:

- اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا) (2019). تقييم تأثير التغيرات في المياه المتاحة على إنتاجية المحاصيل الزراعية. تقرير دراسة الحالة في اليمن، 1-85.
- الهيئة العامة للبحوث والارشاد الزراعي، التقارير الفنية للسنوات 1998-2015 للمحطة الاقليمية للبحوث الزراعية في المرتفعات الشمالية ومحطة بحوث المرتفعات الوسطى.
- وزارة الزراعة والري (2016). كتاب الإحصاء الزراعي لعام 2015، الإدارة العامة للإحصاء الزراعي.
- Al-Dobae, H.Sh. (2016). Assessing the influence of climate change on cereal crop production in Dhamar. Msc. Thesis, Water and Environment Center, Sana'a University. Pp85
- Abedinpour, M.; A. Sarangi; T. Rajput; and M. Singh (2014). Prediction of maize yield under future water availability scenarios using the AquaCrop model. *The Journal of Agricultural Science*. 152(04):558-574.
- Abedinpour, M.; A. Sarangi; T.B.S. Rajput; M. Singh; H. Pathak; and T. Ahmad (2012). Performance evaluation of AquaCrop model for maize crop in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management*. 110: 55-66.
- Khoshravesh, M.; B. Mostafazadeh-Fard; M. Heidarpour; and A.R. Kiani (2012). AquaCrop model simulation under different irrigation water and nitrogen strategies. *Water Science and Technology*. 67(1): 232-238.
- Mainuddin, M.; K. Mac; and C.T. Hoanh (2012). Water productivity responses and adaptation to climate change in the lower Mekong basin. [Article]. *Water International*. 37(1): 53-74. doi:10.1080/02508060.2012.645192
- World Bank (2010). Assessing impact of climate change on water resources and agriculture in Yemen.
- Ngetich, K.F.; D. Raes; C.A. Shisanya; J. Mugwe; M. Murcheru-Muna; D.N. Mugendi; and J. Diel (2012). Calibration and validation of AquaCrop model for maize in sub-humid and semi-arid regions of central highlands of Kenya. *Research Application Summary*. 1525-1547.
- Todorovic, M.; R. Albrizio; L. Zivotic; M.T.A Saab; C. Stöckle; and P. Steduto, (2009). Assessment of AquaCrop, CropSyst, and WOFOST models in the simulation of sunflower growth under different water regimes. *Agronomy Journal*. 101(3): 509-521.

Climate Changes and its Impact on the Productivity of Some Economic Crops In the Republic of Yemen

Abdulwahid A. Saif^{*(1)} Hazem H. Al-Ashwal⁽¹⁾ and Mohammed A. Al-Khorasani⁽²⁾

(1). Northern Highlands Agricultural Research Station, Sanaa, Yemen.

(2). Natural Resources Center, Dahmar, Yemen.

(*Corresponding author: Dr. Abdulwahid A. Saif. E-Mail: amozaid@yahoo.com).

Received: 08/03/2020

Accepted: 23/04/2020

Abstract

The impact of climate changes on two strategic crops; wheat and sorghum which are grown in the Northern Highlands (Sana'a), Central (Dhamar) of Yemen were studied using the AquaCrop model. The effectiveness of this model also was included in this study to simulate yield of these two strategic crops due to the expected climatic changes over the short term (2020-2030) and medium term (2040-2050) in comparison to the base years (1985-2005). The study was conducted under different irrigation systems in two different environments (Northern Highlands and Central Highlands), for this reason an average data for three climate models and average of the two scenarios (RCP 4.5 and RCP-8.5) to each model were used. Daily climate data (for 10 years past) associated with (T_{max}), (T_{min}), Relative Humidity (RH%), wind speed m/sec, radiation MJ/m².day, rainfall mm/day and crop yield and crop data were used for the calibration. Timing and amount of irrigation, soil water content and field management (level of fertilization and weed control) were the only calibrated parameters in order to obtain a relative correspondence between the actual and estimated values of yield by the program. The above data were collected from the weather stations located near the research farms which belong to Al-Erra Station –Sana'a and the Central Highlands Research Station-Dhamar, which were the selected sites of the study. They were different in terms of elevation above sea level, climatic and ecological nature. Some statistical indicators were used to assess accuracy and correctness at calibration of AquaCrop. Results of this study showed that the two crops will had a significant decrease in average yields, water productivity and water consumption at fixed concentration of CO₂. Growth period will also decrease as a result of high temperature in the three models over medium term 2040-2050 compared with the base years 1985-2005, this decrease is more significant in the scenario (RCP-8.5) compared to the scenario (RCP 4.5). Wheat yield and water productivity in Dhamar and Sana'a will be improved with the increased concentration of CO₂ over the medium term (2040-2050) under both irrigation and supplementary irrigation. For sorghum, it was noticed that yield and water productivity were decreased with the increased concentration of CO₂ in both scenarios and it was lower in Sana'a than in Dhamar due to the fluctuation of rain precipitation and drought occurrence, as sorghum, its cultivation depends on rain.

Key words: Climate change, Economic crops, Productivity.