

قياس الأثر الاقتصادي المتوقع للتغيرات المناخية على محصول بنجر السكر باستخدام نموذج ريكاردو

عادل محمد عبد الوهاب صالح^١، سمير محمود محمد صالح^٢

الملخص العربي

تؤثر التغيرات المناخية علي كثير من القطاعات الاقتصادية في مصر وخاصة القطاع الزراعي، ويُعد محصول بنجر السكر من المحاصيل السكرية الهامة، حيث تمثل المساحة المزروعة منه نحو ٦٤% من إجمالي مساحة المحاصيل السكرية. وتمثل المشكلة البحثية التعرف علي أثر التغير المناخي في مصر ومدى تأثيرها علي إنتاجية بنجر السكر والتي تؤثر بدورها علي صافي عائد المحصول، مما دفع الباحثين لدراسة تلك التغيرات والتقلبات المناخية في المستقبل. ولهذا يهدف البحث إلي قياس الأثر الاقتصادي المتوقع لتغير المناخ على محصول بنجر السكر باستخدام نموذج ريكاردو، وكان من نتائج البحث خلال الفترة (٢٠١٢ - ٢٠٢١) ما يلي: - زيادة متوسط صافي العائد الفدائي لمحصول بنجر السكر حوالي ٣,٨ ألف جنيه/فدان. - تنذب درجة الحرارة أثناء زراعة ونمو وجمع المحصول. - انخفاض الحرارة الصغري ٠,٥ : ١ م° يؤدي إلي زيادة صافي عائد المحصول، وعلي العكس زيادة الحرارة العظمي ١ م° يؤدي لانخفاض صافي العائد. لذلك لابد من اختيار المحافظة وتحديد المواعيد المناسبة لزراعة المحصول محل الدراسة.

الكلمات المفتاحية: التغيرات المناخية- طريقة ريكاردو-

تحليل الحساسية.

المقدمة

يُعد قطاع الإنتاج الزراعي من أهم القطاعات الرئيسية للاقتصاد القومي في مصر حيث يمد السكان بالغذاء والكساء، ويمد القطاع الصناعي بالمواد الأولية اللازمة للإنتاج، وتُعد المحاصيل السكرية من أهم المحاصيل

الاستراتيجية الزراعية في مصر والتي منها محصولي قصب السكر وبنجر السكر. وتشير بيانات الإدارة المركزية للاقتصاد الزراعي أن تلك المحاصيل تمثل حوالي ١٠% من إجمالي مساحة المحاصيل الزراعية حوالي ٩,٤ مليون فدان خلال الفترة (٢٠١٩ - ٢٠٢١). ويُمثل محصول بنجر السكر حوالي ٦٤% من إجمالي مساحة المحاصيل السكرية والتي بلغت حوالي ٩٣٨ ألف فدان خلال نفس الفترة، لذلك يُعد محصول بنجر السكر أحد المصادر الرئيسية للحصول علي السكر في مصر ولا سيما في ظل الأزمة المائية حيث يُعد محصول قصب السكر من المحاصيل الزراعية الشريفة للماء. ويؤثر التغير المناخي علي الكثير من قطاعات الاقتصاد في مصر وبصفة خاصة قطاع الإنتاج الزراعي. كما تؤثر مثل هذه الظواهر المناخية علي الإنتاجية الزراعية. مما دفع مسئولو قطاع الزراعة في مصر علي اتخاذ بعض الإجراءات والتدابير التي من شأنها تقليل هذه الظواهر السلبية الناتجة عن التغير المناخي وتأثيرها علي إنتاجية المحاصيل الزراعية.

المشكلة البحثية

تكمن المشكلة في أن التغيرات المناخية التي حدثت في العالم بصفة عامة ومصر بصفة خاصة ومدى تأثيرها علي المدخلات الإنتاجية والتي تؤثر بدورها علي الإنتاجية الفدائية لكثير من المحاصيل الزراعية ومنها محصول بنجر السكر محل البحث، ومن ثم التأثير علي صافي العائد الفدائي مما

معرف الوثيقة الرقمية: 10.21608 /asejaiqsae.2023.312606

^١باحث أول معهد بحوث الاقتصاد الزراعي - مركز البحوث الزراعية.

^٢رئيس بحوث- المعمل المركزى للمناخ الزراعي- مركز البحوث الزراعية.

استلام البحث في ١٥ يوليو ٢٠٢٣، الموافقة على النشر في ١٤ أغسطس ٢٠٢٣

التعريف الرياضي لنموذج ريكاردو:

هو نموذج انحداري مقطعي يُبين مدى استجابة سعر الأرض أو صافي العائد للتغير في خصائص البيئة، ويسمح بقياس مدى مساهمة هذه العوامل في صافي العائد أو سعر الأرض، وذلك بهدف الوصول لمدى حساسية محصول البحث للتغير المناخي. وهذا النموذج يستند على الخصائص الأتية (تفاضل الدالة مرتين، وتكون الدوال شبه مقعر، ونواتج الدالة حدية وموجبة). فإذا كانت دالة الإنتاج تأخذ الصيغة التالية:

$$Q_i = Q_i(K_{ij}, E) \quad (1)$$

حيث: Q_i كمية إنتاج السلعة i ، K_{ij} متجه مدخلات الإنتاج j المستخدمة لإنتاج Q_i ، E عبارة عن متجه العوامل البيئية الخارجية مثل درجة الحرارة وهطول الأمطار، والتربة، ومميزات مواقع الإنتاج. وبفرض وجود أسعار العناصر W_i ، وكل من E ، Q وتندنية التكاليف لدالة التكاليف الأتية:

$$C_i = C_i(Q_i, W, E) \quad (2)$$

حيث: C_i تكلفة إنتاج السلعة i ، $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ متجه أسعار العناصر، باستخدام دالة التكاليف C_i بأسعار السوق، وتعظيم الأرباح للمزارعين في موقع معين على النحو التالي:

$$\text{Max}_i = [P_i Q_i - C_i(Q_i, W, E) - P_L L_i] \quad (3)$$

حيث: PL التكلفة السنوية الثابتة أو إيجار الأرض، في ظل المنافسة الكاملة فإن كل الأرباح التي تزيد عن العائد الطبيعي لكل العناصر الإنتاجية تؤول إلى الصفر.

$$P_i Q_i^* - C_i^*(Q_i^*, W, E) - P_L L_i^* = 0 \quad (4)$$

وإذا كان إنتاج السلعة i من الأستخدام الأقصى للأرض E ، فإن الإيجار السوقي للأرض يساوى صافي الأرباح السنوية من إنتاج السلعة. وبالحل لـ PL من المعادلة السابقة، وأن إيجار وحدة الأرض مساوية لصافي الإيرادات لكل وحدة. والقيمة الحالية لتدفقات الإيرادات الحالية والمستقبلية يعطى قيمة الأرض V_L كما في المعادلة (٦):

دفع القائمين بالبحث العلمي إلى عمل توقعات مستقبلية لتأثر المحصول محل البحث بتلك التغيرات المناخية في المستقبل.

هدف الدراسة:

يهدف البحث إلى قياس الأثر الاقتصادي المُحتمل لتغير المناخ على محصول بنجر السكر في محافظات مصر باستخدام منهج ريكاردو، وذلك من خلال دراسة تطور المتغيرات الاقتصادية لمحصول بنجر السكر، ومحاكاة تأثيرات تغير المناخ والوصول إلى مدى حساسية محصول الدراسة لهذا التغير المناخي، وكذلك التعرف على بعض الآليات والإجراءات التي تعمل على التخفيف من حدة هذه الآثار الناتجة عن هذا التغير.

الطريقة البحثية ومصادر البيانات

تحقيقاً لهدف البحث فقد تم الاستعانة بنموذج ريكاردو في تقييم الأثر الاقتصادي للتغيرات المناخية، والذي اعتمد على تحليل حساسية الزراعة للمناخ في بلدان مختلفة مثل البرازيل، والهند (Dinar et al., 1998)، والولايات المتحدة. ومنهج ريكاردو هو مدخل تجريبي طوره مندلسون وآخرون (Mendelsohn et al., 1994)، (IPCC, 1996) لقياس أثر المناخ في زراعة الولايات المتحدة، وقد سمي بذلك لأنه يقوم على الملاحظة التي أباها ريكاردو (١٨١٧)، في أن قيمة الأراضي تعكس إنتاجيتها تحت المنافسة الكاملة. أي أن قيمة الأرض تعكس مجموع الأرباح المستقبلية المخصومة والتي يمكن الحصول عليها من استخدامها، حيث أن أي عنصر يؤثر على إنتاجية الأرض فهو بالتالي يؤثر على قيمة الأرض أو صافي الإيراد، ولذلك فقيمة الأرض أو صافي الإيراد يحتوى على معلومات عن قيمة المناخ باعتبارها واحدة من صفات إنتاجية الأرض. وتم الحصول على البيانات اللازمة لتحقيق الهدف المنشود من نشرات قطاع الشئون الاقتصادية بوزارة الزراعة والمعمل المركزي للمناخ الزراعي خلال الفترة (٢٠١٢ - ٢٠٢١).

وفى هذا السياق فقد تم استخدام عدة سيناريوهات للتوقع بمدى قياس الأثر الاقتصادي لتغير المناخ في محافظات الإنتاج لمحصول بنجر السكر كما يلي:

السيناريو الأول: انخفاض درجة الحرارة الصغرى ٠,٥ درجة مئوية أو ١ درجة مئوية وآثره علي صافي العائد الفدائي المحسوب.

السيناريو الثاني: زيادة درجة الحرارة العظمى ٠,٥ درجة مئوية أو ١ درجة مئوية وآثره علي صافي العائد الفدائي المحسوب.

السيناريو الثالث: انخفاض أو ارتفاع الرطوبة النسبية ١٠% آثره علي صافي العائد الفدائي المحسوب.

وقد استخدم البحث منهج ريكاردو حيث تم استخدام صافي العائد للفدان الواحد لمحصول بنجر السكر لكل محافظة كمتغير تابع وهو منحدر على المتغيرات المستقلة، وقد تم اختيار النموذج غير الخطي من الدرجة الثانية وذلك لأنه سهل التفسير (مجلس الوزراء المصرى. ٢٠٠٩).

- بعض المصطلحات الخاصة بالمناخ والتغيرات المناخية:

يُقصد بالتغيرات المناخية التحولات طويلة الأجل في درجات الحرارة وأنماط الطقس. وقد تكون هذه التحولات طبيعية فتحدث من خلال التغيرات فى الدورة الشمسية. كما يمكن أن تعرف باعتبارها كل أشكال التغيرات التي يمكن التعبير عنها بوصف إحصائي، والتي يمكن أن تستمر لعقود طويلة، والنتيجة عن النشاط الإنساني أو الناتجة عن التفاعلات الداخلية لمكونات النظام المناخي. ومن أهم المتغيرات المناخية ارتفاع درجة حرارة الجو، واختلاف كميات وأوقات هطول الأمطار، وما يتبع ذلك من تغير فى الدورة المائية وعملياتها المختلفة (منظمة الأمم المتحدة، ١٩٩٢).

- المناخ (الباجورى، ٢٠٠٧؛ عبد العزيز، ٢٠١٥):

هو متوسط حالة الجو المتعاقبة فى مكان ما لمدة طويلة قد تكون شهراً أو فصلاً أو سنة أو سنوات متعددة.

$$P_L = (P_i Q_i^* - C_i(Q_i^*, W, E)) / L_i \quad (5)$$

$$V_L = \int_a^x P_L e^{-rt} dt = \int_a^x [(P_i Q_i^* - C_i(Q_i^*, W, E)) / L_i] e^{-rt} dt \quad (6)$$

وأساس التحليل هو تأثير التغيرات الخارجية للمتغيرات البيئية علي صافي الرفاهية الاقتصادية (ΔW)، وصافي الرفاهية الاقتصادية هي التغير فى الرفاهية الناجمة عن تغير البيئة من منطقة إلي أخرى. ويتم قياس التغير فى الرفاهية الاقتصادية من حيث التغير فى القيمة الرأسمالية للأرض أو التغير فى صافي الدخل المزرعي. والتغير فى الرفاهية السنوية كنتيجة للتغير البيئي من منطقة بيئية A إلي المنطقة B، والتي تسبب مدخلات بيئية للتغيير من المنطقة EA إلي المنطقة EB. ويُقاس كالاتى:

$$\Delta W = W(E_B) - W(E_A) = \int_0^{Q_B} [(P_i Q_i - C_i(Q_i, W, E_B)) / L_i] e^{-rt} dQ - \int_0^{Q_A} [(P_i Q_i - C_i(Q_i, W, E_A)) / L_i] e^{-rt} dQ$$

وإذا كانت الأسعار السوقية لم تتغير كنتيجة للتغير فى E فإن المعادلة السابقة تُؤول إلي المعادلة (٧):

$$\Delta W = W(E_B) - W(E_A) = \left[P_{Q_B} - \sum_{i=1}^n C_i(Q_i, W, E_B) \right] - \left[P_{Q_A} - \sum_{i=1}^n C_i(Q_i, W, E_A) \right] \quad (7)$$

وباحلال $P_L L = P_i Q_i^* - C_i(Q_i^*, W, E)$ من المعادلة (٥) حيث: أن كل من P_{L_A} ، L_A عند E_A ، وكل من P_{L_B} ، L_B عند E_B والقيمة الحالية لتغير الرفاهية هي على النحو التالى: فإن نموذج ريكاردو يأخذ إما المعادلة (٨) أو المعادلة (٩) وفقاً علي ما إذا كانت البيانات متاحة لصافي العائد السنوي أو صافي العائد الرأسمالي (قيمة الأرض V_L).

$$\Delta W = W(E_B) - W(E_A) = \sum_{i=1}^n (P_{L_B} L_{B_i} - P_{L_A} L_{A_i}) \quad (8)$$

$$\int_0^{Q_B} \Delta W e^{-rt} dt = \sum_{i=1}^n (V_{L_B} L_{B_i} - V_{L_A} L_{A_i}) \quad (9)$$

- درجات الحرارة المثلى:

هي درجة الحرارة الأكثر ملائمة لكي يقوم النبات بوظائفه، مما يصعب معه تحديد درجة حرارة مثلي لجميع المراحل الفسيولوجية التي يمر بها النبات، وذلك لتوقف كل مرحلة علي عدد من الظروف المناسبة لها سواء كانت فيزيقية أو كيميائية، ولا توجد درجة حرارة مناسبة واحدة لجميع مراحل نمو النبات. والدرجة المثلي هي الدرجة التي يستطيع النبات عندها أن يزدهر وينمو أفضل نماءً، ولا يمكن أن تكون درجة واحدة ولكن من عدة درجات، لذلك فأن الظروف المثلي للإنبات والنمو لا تتحقق بدرجة الحرارة المثلي فقط بل يجب أن يتوفر الماء والمواد الغذائية أيضاً.

درجات الحرارة العظمي:

هي الدرجة التي يتحملها كل نبات دون أن تظهر عليه أي أعراض إصابة قد تتسبب في القضاء عليه وتختلف باختلاف نوع النبات، وأيضاً باختلاف مراحل نمو النبات، فهناك أطوار نباتية أقدر من غيرها على تحمل الحرارة والبرودة فتبلغ المقاومة نهايتها القصوي في أطوار السكون وخاصة البذور والكرومات وغيرها.

- درجات الحرارة الصغري:

يستمر نشاط بعض النباتات عند درجة الحرارة الصغري وهي الدرجة التي يتجمد عندها المياه تقريباً، وتختلف الحرارة الصغري باختلاف أوقات السنة واختلاف الأطوار المتباينة للنباتات، ويرجع سبب هذه الاختلافات إلي كمية المياه التي يحتويها النبات.

- الرطوبة النسبية:

يُسمى الماء الموجود بالهواء على شكل بخار بالرطوبة الجوية (الصوالحي، ٢٠٢٢)، وهي من أهم العوامل ذات التأثير المباشر على شدة النتج، وتمثل الرطوبة العامل الخارجي الذي يتحكم في فقد الماء من المجموع الخضري، وتقاس الرطوبة النسبية بالعلاقة بين كمية بخار الماء

الموجودة في الغلاف الجوي عند حرارة وضغط معين، وكمية تشبع الهواء ببخار الماء في تلك الظروف.

وقد تم تقسيم نتائج البحث إلي جزئين تناول الجزء الأول: بعض الدراسات السابقة المتعلقة بالتغيرات المناخية في مجال الزراعة، والجزء الثاني: قياس الأثر الاقتصادي لتغير المناخ وآثره علي محصول بنجر السكر خلال الفترة (٢٠١٢-٢٠٢١).

النتائج البحثية ومناقشتها**أولاً: بعض الدراسات السابقة للتغيرات المناخية وآثارها علي الإنتاج الزراعي:**

يواجه النظام البيئي بنوعين من التغيرات المناخية التي تؤثر علي الإنتاج الزراعي أولاً: التأثير المباشر والذي يتمثل في درجات الحرارة وكميات الأمطار والظروف الجوية القاسية. ثانياً: الأثار غير المباشرة وتتمثل في انتشار الحشرات والأمراض. علاوة على ذلك فإن تأثير التباين الزمني والمكاني وعدم اليقين على مدى العقود القليلة الماضية يجعل دراسة تغير المناخ أكثر صعوبة (Fadina & Barjolle, 2018 and Ahmed et al., 2020).

ومن المتوقع أن يكون للتغير المناخي وارتفاع درجة الحرارة بمعدل ٢ م° يؤدي إلي تناقص إنتاجية القمح بنسبة ٩% في حين زيادة درجة الحرارة بمعدل ٤ م° يؤدي إلي تناقص الإنتاجية بنسبة ١٨%، وفي حالة ارتفاع الحرارة حوالي ٣,٥ م° يكون له أثر سلبي علي إنتاجية محاصيل الحبوب (الشامي والأرز) بنحو ١٩%، ١٧% علي التوالي، مع زيادة استهلاك المياه للمحاصيل الزراعية الذرة الشامي وفول الصويا والقصب بحوالي ٨%، ٦%، ٣,٣% علي التوالي. ومن المتوقع نقص العائد المحصولي من وحدة المياه بنحو ٢٥,٦%، أما ارتفاع درجة الحرارة بمعدل ٤ م° يؤدي إلي زيادة الاستهلاك المائي لمحصول القمح نحو ٢,٥% بالمقارنة بالاستهلاك المائي له تحت الظروف الجوية الحالية. في حين ارتفاع الحرارة نحو ٢% يؤثر سلبياً علي إنتاجية

الشتوية، والصفية حوالي ٦٤,٥، ٧٧,٢ ألف فدان على التوالي الأمر الذي يترتب عليه نقص في صافي العائد قدره ١,٠١، ١٦٤ مليون جنيه على الترتيب، وفي ظل التغيرات المناخية ومع ثبات نسبة السكان سيبلغ معدل الاكتفاء الذاتي في محاصيل القمح والذرة الشامية وقصب السكر نحو ٣٤,١%، ٤٦,٢%، ٤٥,٧%، وفي حالة وجود تغير المناخي وارتفاع في عدد السكان سيصل الاكتفاء الذاتي من محصول القمح والذرة الشامي والقصب حوالي ٢٦,٩%، ٣٢,٨%، ٢٥,٤% (عبد العزيز، ٢٠١٥).

كما أنه من المتوقع أن النظام البيئي سيواجه نوع من التأثيرات المباشرة وهو التغيير طويل المدى في درجة الحرارة والمطر داخل القطاع الزراعي، وباستخدام نماذج محاكاة المحاصيل أظهرت الدراسة أن هذا التأثير المباشر يمكن أن يقلل من الإنتاج العالمي للقمح والأرز والذرة بنسبة ١١%، ٢٥% خلال عام ٢٠٥٠، مقارنة بعام ٢٠١٠، بغض النظر عن التغيير التكنولوجي وتأثير الأسواق (Hachigonta et al., 2013).

ويتوقع أن يكون للتغيرات المناخية وارتفاع درجة الحرارة حوالي ٢ درجة مئوية تأثير علي انخفاض إنتاجية القمح إلى أقل من ٩%، أما ارتفاع درجة الحرارة ٣,٥ درجة مئوية تأثير بانخفاض إنتاجية محاصيل القمح، والذرة الشامي، وفول الصويا، ودوار الشمس، وقصب السكر نحو ١٨%، وأقل من ١٩%، ٢٩%، ٣٠%، ٢٦% على الترتيب. مع زيادة الاستهلاك المائي لهذه المحاصيل بنحو ٢,٥%، ٨%، ٦%، ٨%، ٢,٣% عام ٢٠٣٠ علي الترتيب. وبالتالي نقص إنتاج المحاصيل الزراعية نحو ١٢% حتي عام ٢٠٣٠، وارتفاع أسعارها نحو ١٦% مع قلة فرص العمل حوالي ٢%، في حين زيادة منسوب سطح البحر حوالي ٠,٥ متر، قد يؤدي إلي نقص (١٢% إلى ١٥%) من مساحة الأراضي الزراعية عالية الجودة في منطقة شمال الدلتا، وفي حالة احتمال غرق نحو ١٥% من أراضي الدلتا مع افتراض ثبات التكثيف

دوار الشمس، وفول الصويا، والقصب حوالي ٢٩%، ٢٨%، ٢٤,٥% على التوالي حتي عام ٢٠٥٠ (أبو حديد، ٢٠٠٩).

ومن خلال اجراء دراسة مقارنة بين الوضع الطبيعي للزراعة والغذاء في مصر والمتوقع للتغيرات المناخية خلال عام ٢٠٣٠، تبين أنه في حالة غرق ١٥% من أرض الدلتا مع زيادة الأنبعاثات الكربونية سيصل حجم الفجوة الغذائية لمجموعة الحبوب، البقوليات، الزيوت، السكريات حوالي ٢٠,٩، ١,٥، ٦,٣، ٤,٣ مليون طن على الترتيب، أما بالنسبة لنسبة الاكتفاء الذاتي في كل من القمح، دوار الشمس، السكريات سوف تبلغ نحو ٤٠,٦%، ١٠,٨٥%، ٣٣,٣% علي الترتيب بحلول عام ٢٠٣٠ (صيام، فياض، ٢٠٠٩؛ مجلس الوزراء المصري، ٢٠١٠).

ومن التأثيرات المباشرة للتغير المناخي ارتفاع الكميات المنبعثة من الغازات في الغلاف الجوي بمعدل ١٢,٢ مليون طن سنويًا، وأن ارتفاع درجات الحرارة بمعدل ٤ درجات مئوية يترتب عليه انخفاض العائد وزيادة الاحتياج المائي بحوالي ١,٢ مليار متر مكعب وزيادة كمية مياه الري لمحاصيل القمح، الذرة الشامية، القطن، الشعير، الأرز، فول صويا، عباد الشمس، قصب السكر، الطماطم نحو ٢,٥%، ٨%، ١٠%، ٢%، ١٦%، ١٥%، ٦%، ٢,٣%، ١٤% على الترتيب وذلك بحلول عام ٢٠٥٠. كما أن هناك تأثير مباشرة آخر متوقع للتغير المناخي متمثلًا في زيادة درجة حرارة الغلاف الجوي وغرق مساحة من الدلتا مما يؤثر سلبيًا على كمية وقيمة واردات بعض المحاصيل الزراعية لتصل إلي حوالي ٦,٦ مليون طن، ٤٦,٦ مليار دولار علي الترتيب، وبالتالي يصل العجز في الميزان الغذائي إلي حوالي ٣٢,٢ مليار دولار (سليمان، ٢٠١٢؛ عبد الجواد، ٢٠١٢).

وفي ظل احتمال حدوث تغير للمناخ وتأثيره علي قطاع الإنتاج الزراعي في مصر (فواز، سليمان، ٢٠١٥)، لوحظ أن ارتفاع الحرارة يؤدي إلي زيادة احتياجات الفدان من المياه، مما يؤدي إلي انخفاض المساحات المزروعة في العروة

مقارنة بالأعوام الأخرى الموجبة والتي حققت صافي عائد مرتفع. كما بلغ أعلى صافي عائد لمحصول البحث حوالي ٤,٧ ألف جنيه عام ٢٠١٨ بنسبة زيادة بلغت بنحو ١٦,٨% مقارنة بعام ٢٠٢٠.

٢- تطور الحرارة العظمي:

باستقراء بيانات الجدول (١) تبين أن متوسط الحرارة العظمي بلغ حوالي ٢٩,٣ م° سنوياً خلال فترة البحث، ويقع هذا المتوسط بين حدين بلغ أعلاهما حوالي ٢٩,٧٥ م° في عام ٢٠١٨، وبلغ أدناها حوالي ٢٨,٧٥ م° في عام ٢٠١٧.

وبحساب معدل تغير الحرارة العظمي السنوي خلال الفترة (٢٠١٢-٢٠٢١)، واعتبار ٢٠١٢ سنة الأساس، تبين أن معدل التغير في الأعوام ٢٠١٥، ٢٠١٧، ٢٠٢٠ حققت معدلات سالبة مما يدل على انخفاض للحرارة العظمي هذه الأعوام عند مقارنتها بزيادة باقي الأعوام الأخرى الموجبة. كما بلغ تسجيل أعلى درجات للحرارة العظمي حوالي ٢٩,٧٥ م° في عام ٢٠١٨، وبنسبة ارتفاع تصل إلي ٢,٥%، وذلك بمقارنتها بعام ٢٠١٧.

٣- تطور الحرارة الصغرى:

يشير الجدول (١) إلي أن متوسط الحرارة الصغرى السنوي بلغ حوالي ١٦,٢٩ م°، وذلك خلال فترة (٢٠١٢-٢٠٢١)، ويقع هذا المتوسط بين حدين بلغ الحد الأدنى لها حوالي ١٥,٥٨ م° في عام ٢٠١٣، وبلغ الحد الأقصى حوالي ١٦,٩٧ م° في عام ٢٠١٨.

ويتقدير معدل التغير السنوي لدرجة الحرارة الصغرى خلال فترة البحث تبين أنها حققت معدلات سالبة عامي ٢٠١٣، ٢٠١٧، مما يعكس انخفاض درجة الحرارة الصغرى خلال الأعوام السالبة وارتفاعها خلال باقي الأعوام. كما بلغ أعلى تسجيل للحرارة الصغرى حوالي ١٧ م° في عام ٢٠١٨، وبنسبة زيادة تصل إلي ٧,١% عند مقارنتها بعام ٢٠١٣.

٤- تطور نسبة الرطوبة:

المحصولي عند ١,٩ فإن المساحة المزروعة ستخفض حوالي ٠,٩ مليون فداناً، كما ستخفض الموارد المائية المتاحة نحو ١٧,٩، ٩ مليار متر مكعب علي الترتيب، بما يعادل نحو ٢٠%، ١٠,١% من الموارد المائية المتاحة في حالة عدم غرق أي أجزاء من الدلتا بحلول عام ٢٠٣٠ (عبد العزيز، ٢٠١٥).

هذا ويتبين من استعراض بعض نتائج وتوصيات الدراسات والبحوث السابقة الدولية والمحلية للتغيرات المناخية وأثارها علي الزراعة المصرية ندرة بعض التحليلات الاقتصادية المرتبطة بأثر التغيرات المناخية علي بنجر السكر محل البحث، مما دفع الباحثين لدراسة هذا المحصول للوقوف على مدى حساسيته للتغيرات المناخية المتوقعة.

ثانياً: تطور بعض المتغيرات الاقتصادية لبنجر السكر في مصر:

يهتم البحث بعرض وتحليل بعض المتغيرات الاقتصادية المرتبطة بمحصول بنجر السكر والتي تشمل كل من صافي عائد محصول البحث، والتغير المناخي والذي يتمثل في الحرارة العظمي والصغرى، ونسبة الرطوبة للفترة (٢٠١٢-٢٠٢١).

١- تطور صافي العائد الفدائي:

تشير البيانات الواردة بالجدول (١) إلي أن المتوسط السنوي للعائد الفدائي لمحصول بنجر السكر خلال الفترة (٢٠١٢-٢٠٢١) بلغ حوالي ٣,٨٧ ألف جنيه للفدان. وقد تبين أن هذا المتوسط يقع بين حدين بلغ أعلاهما حوالي ٤,٧٢ ألف جنيه عام ٢٠١٨، وأدناها حوالي ١,٧٦ ألف جنيه عام ٢٠٢٠، بزيادة ونقص عن ذلك المتوسط بلغت حوالي ٩٥٦، ٢٠١٦ جنيه للفدان.

وبحساب معدل تغير صافي عائد بنجر السكر السنوي عن بداية فترة البحث تبين أن معدلات التغير كانت سالبة خلال الأعوام ٢٠١٤، ٢٠١٥، ٢٠١٦، ٢٠٢٠، مما يدل علي وجود خسائر لصافي عائد المحصول هذه الأعوام

على قطاع الزراعة، حيث أن ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى إحداث تغير في التركيب المحصولي السائد في مصر ومن المتوقع أن يحدث انخفاض في العائد من بعض المحاصيل ويتزامن مع هذه التغيرات في التركيب المحصولي والعائد المتوقع من المحاصيل حدوث تغيرات في الطلب على المياه لغرض الزراعة.

١- صافي العائد الفدائي:

يُشير جدول (٢) إلى أن المتوسط السنوي للعائد الفدائي في محافظات إنتاج محصول بنجر السكر خلال الفترة (٢٠١٢-٢٠٢١)، بلغ حوالي ٣,٨ ألف جنيه، وتبين أنه بلغ أقصاه حوالي ٤,٧ ألف جنيه عام ٢٠١٨، وأدناه ١,٨ ألف جنيه عام ٢٠٢٠. بمعدل نمو سالب بلغ نحو ٠,٢%.

٢- متوسط الحرارة الصغرى:

تُشير بيانات الجدول (٢) إلى أن المتوسط السنوي للحرارة الصغرى بلغ حوالي ٢٠,٧ °م، ١١,٧ °م، ١٥,٤ °م في فترات الزراعة والنمو والحصاد خلال فترة البحث.

جدول ١. تطور صافي عائد محصول بنجر السكر ودرجات الحرارة العظمى والصغرى والرطوبة النسبية خلال الفترة (٢٠١٢-٢٠٢١)

البيان	صافي العائد (جنيه/فدان)	معدل التغير السنوي عن سنة الأساس ٢٠١٢	متوسط درجات الحرارة العظمى	معدل التغير السنوي عن سنة الأساس ٢٠١٢	متوسط درجات الحرارة الصغرى	معدل التغير السنوي عن سنة الأساس ٢٠١٢	متوسط الرطوبة النسبية	معدل التغير السنوي عن سنة الأساس ٢٠١٢
٢٠١٢	٤٠٦٥	-	٢٩,٠٨	-	١٦,٠٥	-	٥٢,٢٧	-
٢٠١٣	٤٦٠١	١٣,٢	٢٩,٢٥	٠,٥٨	١٥,٨٥	٠,٥٨	٥١,٧٩	(٠,٩٢)
٢٠١٤	٣٦٣٧	(١٠,٥)	٢٩,٤٤	١,٢٤	١٦,٣٤	١,٢٤	٥٣,٢٩	١,٩٥
٢٠١٥	٣٢٦٦	(١٩,٧)	٢٨,٩٩	(٠,٣١)	١٦,٣٤	(٠,٣١)	٥٣,٧٣	٢,٧٩
٢٠١٦	٢٧٤٣	(٣٢,٥)	٢٩,٥٤	١,٥٨	١٦,٤٥	١,٥٨	٥٣,٦١	٢,٥٦
٢٠١٧	٤٣١٣	٦,١٠	٢٨,٧٥	(١,١٣)	١٥,٨٩	(١,١٣)	٥٥,٤٤	٦,٠٦
٢٠١٨	٤٧٣٣	١٦,٤	٢٩,٧٥	٢,٣٠	١٦,٩٧	٢,٣٠	٥٣,٧١	(٣,١٢)
٢٠١٩	٤٢٣٥	٤,١٨	٢٩,٢٦	٠,٦٢	١٦,٢٠	٠,٦٢	٥٢,٦١	٠,٦٥
٢٠٢٠	١٧٦١	(٥٦,٧)	٢٩,٠٥	(٠,١٠)	١٦,١٩	(٠,١٠)	٥٦,٩٣	٨,٩٢
٢٠٢١	٤٤١٧	٨,٦٦	٢٩,٧١	٢,١٧	١٦,٥٧	٢,١٧	٥٤,٤٢	٤,١١
المتوسط	٣٧٧٧	-	٢٩,٢٨	-	١٦,٢٩	-	٥٣,٧٨	-

() الأرقام داخل الأقواس سالبة.

المصدر: وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، مركز البحوث الزراعية، المعمل المركزي للمناخ الزراعي، بيانات غير منشورة.

تشير البيانات الواردة بالجدول (١) إلى أن المتوسط السنوي للرطوبة بلغ حوالي ٥٣,٨% خلال فترة (٢٠١٢-٢٠٢١)، وأن هذا المتوسط يقع بين حدين بلغ أعلاهما نحو ٥٦,٩٣% في عام ٢٠٢٠، وبلغ أدناها نحو ٥١,٧٩% في عام ٢٠١٣.

وبتقدير معدل التغير السنوي للرطوبة النسبية في مصر خلال نفس الفترة، تبين أنها حققت معدلات سالبة عامي ٢٠١٣، ٢٠١٨، مما يعكس انخفاض الرطوبة النسبية خلال هذه الفترة عن الأعوام الأخرى وارتفاعها خلال باقى الأعوام كما سجلت الرطوبة النسبية أعلى ارتفاع لها نحو ٥٧% عام ٢٠٢٠ بنسبة ارتفاع بلغ نحو ٩,٩% عند مقارنتها بعام ٢٠١٣.

ثالثاً: قياس الأثر الاقتصادي لتغير المناخ في محافظات إنتاج محصول بنجر السكر:

يتأثر الإنتاج الزراعي (محمد، ٢٠٢٢) بالعوامل الفيزيائية والاقتصادية وتعتبر التغيرات المناخية أحد العوامل التي تؤثر

جدول ٢. متوسط صافي العائد الفدائي والتغيرات المناخية لمحصول بنجر السكر خلال الفترة (٢٠١٢-٢٠٢١)

السنوات والمحافظات	متوسط صافي العائد (جنيه)	متوسط درجة الحرارة الصغرى			متوسط درجة الحرارة العظمى			متوسط الرطوبة النسبية %		
		الزراعة	النمو	الحصاد	الزراعة	النمو	الحصاد	الزراعة	النمو	الحصاد
كفر الشيخ	٢٥٥٩,٨	٢٢,٠	١٣,٧	١٦,٤	٢٧,٠	١٨,٥	٢٣,٢	٦٦,٣	٦٩,١	٦٦,٣
الدقهلية	٤١٧٩,٠	٢١,٨	١٣,٣	١٦,٢	٢٧,٤	١٨,٧	٢٣,٨	٦٥,٧	٦٨,٥	٦٥,٢
الشرقية	٣١٩٨,٥	٢١,٦	١٢,٩	١٦,٠	٢٧,٨	١٨,٩	٢٤,٤	٦٤,٩	٦٧,٩	٦٣,٩
البحيرة	٢٤٤٢,٥	٢١,٣	١٢,٦	١٥,٨	٢٨,٢	١٩,٢	٢٥,٠	٦٤,١	٦٧,٦	٦٢,٨
بنى سويف	٤٣٢٥,٩	٢١,١	١٢,٢	١٥,٦	٢٨,٦	١٩,٤	٢٥,٦	٦٣,٥	٦٧,١	٦١,٧
الفيوم	٢٥٣٧,٨	٢٠,٩	١١,٨	١٥,٥	٢٩,١	١٩,٦	٢٦,٢	٦٢,٩	٦٦,٨	٦٠,٥
بور سعيد	٢٣٣٣,٤	٢٠,٦	١١,٤	١٥,٣	٢٩,٥	١٩,٨	٢٦,٨	٦٢,٣	٦٦,٧	٥٩,٤
المنيا	٦٠٧٣,٨	٢٠,٤	١١,١	١٥,١	٢٩,٩	٢٠,١	٢٧,٥	٦١,٦	٦٦,٥	٥٨,٢
الغربية	٤٩٣٩,٨	٢٠,١	١٠,٧	١٤,٩	٣٠,٣	٢٠,٣	٢٨,٠	٦٠,٩	٦٥,٨	٥٧,١
أسيوط	٨٠١٥,١	١٩,٩	١٠,٣	١٤,٧	٣٠,٧	٢٠,٥	٢٨,٥	٦٠,٣	٦٥,٦	٥٦,٣
الأسماعيلية	٣٠٠٦,٨	١٩,٧	١٠,٠	١٤,٥	٣١,٢	٢٠,٨	٢٩,٢	٥٩,٧	٦٥,٣	٥٥,٣
النوبارية	١٧١٢,٨	١٩,٥	٩,٩	١٤,٤	٣١,٣	٢٠,٨	٢٩,٣	٥٩,٥	٦٥,١	٥٤,٧
المتوسط	٣٧٧٧,١	٢٠,٧	١١,٧	١٥,٤	٢٩,٢	١٩,٧	٢٦,٥	٦٢,٦	٦٦,٨	٦٠,١
٢٠١٢	٤٠٦٥,٢	١٩,١	٨,٥	١٣,٧	٣١,٠	١٩,٣	٢٨,٥	٥٦,٠	٥٩,٦	٤٧,٩
٢٠١٣	٤٦٠٠,٨	١٧,٩	٩,٠	١٤,٨	٣٠,٢	٢٠,٧	٣٠,٠	٥٤,٧	٥٨,٧	٤٦,١
٢٠١٤	٣٦٣٧,٢	١٨,٣	١٠,٠	١٤,٩	٣٠,٠	٢١,٨	٢٩,٣	٥٥,٢	٦٢,١	٤٨,٢
٢٠١٥	٣٢٦٥,٨	١٩,٩	٩,٠	١٣,٩	٣١,٢	١٩,٩	٢٨,٣	٥٧,٠	٥٩,٩	٥٠,٥
٢٠١٦	٢٧٤٣,٢	١٨,٧	٩,٠	١٥,٤	٣٠,٧	٢٠,١	٣٠,٢	٥٧,١	٦٣,٩	٤٦,٦
٢٠١٧	٤٣١٣,٣	١٧,٤	٨,٩	١٤,٣	٢٩,٦	١٩,٨	٢٨,٥	٥٧,٦	٦٥,٩	٥١,١
٢٠١٨	٤٧٣٢,٨	١٨,٩	١٠,١	١٥,٩	٣٠,٦	٢٠,٨	٣٠,٩	٥٥,٦	٦٤,٢	٤٧,٢
٢٠١٩	٤٢٣٤,٩	١٩,٢	٨,٧	١٣,٨	٣١,٤	٢٠,٠	٢٨,٤	٥٥,٤	٥٩,٥	٤٨,٩
٢٠٢٠	١٧٦٠,٩	١٩,٧	٩,٦	١٣,٦	٣١,٨	٢٠,٣	٢٧,٤	٥٧,٦	٦٥,٦	٥٦,٩
٢٠٢١	٤٤١٧,٠	١٩,٣	١٠,٠	١٤,٢	٣١,٢	٢١,١	٢٩,٣	٥٦,٨	٦٣,٤	٥٠,٧
المتوسط	٣٧٧٧,١	١٨,٨	٩,٣	١٤,٤	٣٠,٨	٢٠,٤	٢٩,١	٥٦,٣	٦٢,٣	٤٩,٤
معدل النمو السنوي	(٠,٠٢٢)	٠,٠٠٥	٠,٠٠١	(٠,٠٠٢)	٠,٠٠٣	٠,٠٠٢	(٠,٠٠٢)	٠,٠٠٣	٠,٠٠١	٠,٠١٢

() الأرقام داخل الأقواس سالبة.

* فترة الزراعة لأشهر سبتمبر وأكتوبر ونوفمبر. فترة النمو لأشهر ديسمبر ويناير وفبراير. فترة الحصاد لأشهر مارس وإبريل ومايو.

المصدر: حسب من بيانات: - وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، الإدارة المركزية للاقتصاد الزراعي، نشر الإحصاء، أعداد مختلفة.

- المعمل المركزي للمناخ الزراعي مركز البحوث الزراعية.

م°، ١٤,٤ م° في محافظة كفر الشيخ ومنطقة النوبارية علي الترتيب.

٣- متوسط الحرارة العظمى:

يتضح من الجدول (٢) أن متوسط الحرارة العظمى بلغ حوالي ٢٩,٢ م°، ١٩,٧ م°، ٢٦,٥ م° أثناء زراعة ونمو وجمع محصول بنجر السكر علي التوالي للفترة (٢٠١٢-٢٠٢١). وبلغ الحد الأعلى أثناء زراعة المحصول في منطقة

ويبلغ أقصاه حوالي ٢٢ م° للزراعة في محافظة كفر الشيخ بينما بلغ أدناه حوالي ١٩,٥ م° في منطقة النوبارية. أما في فترة النمو فقد بلغ المتوسط السنوي لدرجة الحرارة الصغرى حوالي ١١,٧ م° وبلغ أقصاه وأدناه حوالي ١٣,٧ م°، ٩,٩ م° في محافظتي كفر الشيخ والنوبارية علي الترتيب، بينما درجة الحرارة الصغرى أثناء الحصاد فقد بلغ متوسطها السنوي حوالي ١٥,٤ م° بحدي أقصى وأدنى حوالي ١٦,٤

يتبين من جدول (٣) والذي يوضح معالم تقدير نموذج ريكاردو أثار التغيرات المناخية على صافي العائد الفدائي لمحصول بنجر السكر خلال الفترة (٢٠١٢-٢٠٢١)، وأن المتغيرات موضع البحث تفسر نحو ٧٢% من التغيرات في المتغير التابع، وقد أتضح التأثير المعنوية لكل متغيرات البحث بإستثناء كل من درجة الحرارة العظمي، والرطوبة النسبية، ومربع الرطوبة النسبية وذلك خلال فترات النمو. بالإضافة إلي ناتج ضرب درجة الحرارة الصغري مع الرطوبة النسبية في فترة الحصاد.

كما يتضح من نفس الجدول وجود علاقة عكسية لأثر كل من المتغيرات المناخية الأتية على صافي العائد الفدائي لمحصول بنجر السكر: - متوسط الحرارة الصغري أثناء جمع محصول بنجر السكر حوالي ٣,٢ ألف جنيهه. - مربع الحرارة الصغري أثناء زراعة المحصول بحوالي ٤٧,٢ جنيهه. - درجة الحرارة العظمي أثناء الحصاد بحوالي ١٠,٧ ألف جنيهه. - تأثير مربع الحرارة العظمي أثناء زراعة ونمو محصول الدراسة حوالي ١٣٢,٢، ١٢٣,٧ جنيهه علي التوالي. - الرطوبة النسبية أثناء الجمع حوالي ٤,٥ ألف جنيهه.

- حاصل ضرب الحرارة الصغري في الرطوبة النسبية لفترات (زراعة ونمو وحصاد) محصول الدراسة حوالي ٢٠,٤، ٢٠٨,١، ٨,٧ جنيهه علي التوالي. - ضرب متوسط الحرارة العظمي مع الرطوبة النسبية أثناء زراعة محصول بنجر السكر بقيمة بلغت حوالي ٦٤,٩ جنيهه.

نستنتج مما سبق أنه كلما زادت المتغيرات السابقة انخفض صافي العائد الفدائي لمحصول البحث خلال فترة البحث (٢٠١٢-٢٠٢١). وأن هذا النموذج المُقدر خالي من مشكلة الارتباط الذاتي من الدرجة الأولى وذلك نظراً لبلوغ قيمة ديرين واتسون الإحصائية نحو ١,٥٣.

النوبارية حوالي ٣١,٣ م°، وبلغ أدناه حوالي ٢٧ م° في محافظة كفر الشيخ. أما في فترة النمو فقد بلغ المتوسط السنوي لدرجة الحرارة العظمي حوالي ١٩,٧ م°، وبلغ أقصاه حوالي ٢٠,٨ م° في محافظة أسيوط ومنطقة النوبارية علي الترتيب، وبلغ أدناه حوالي ١٨,٥ م° في محافظة كفر الشيخ، بينما درجة الحرارة العظمي أثناء الحصاد بلغ متوسطها السنوي حوالي ٢٦,٥ م° بحدي أقصى وأدني حوالي ٢٩,٣ م°، ٢٣,٢ م° في منطقة النوبارية ومحافظة كفر الشيخ علي الترتيب مع ملاحظة زيادة درجات الحرارة الصغري والعظمي (باستثناء فترة النمو)، وذلك خلال الفترة السابق ذكرها.

٤- متوسط نسبة الرطوبة:

باستقراء البيانات الواردة بالجدول (٢) تبين أن متوسط الرطوبة النسبية بلغ نحو ٦٢,٦%، ٦٦,٨%، ٦٠,١% خلال فترات زراعة ونمو وحصاد محصول بنجر السكر خلال فترة البحث. وبلغ الحد الأقصى للرطوبة أثناء فترة زراعة المحصول في محافظة كفر الشيخ نحو ٦٦,٣%، وبلغ أدناه في منطقة النوبارية نحو ٥٩,٥%. أما في فترة النمو فقد بلغ المتوسط السنوي للرطوبة النسبية نحو ٦٦,٨%، وبلغ أقصاه وأدناه نحو ٦٩,١%، ٦٥,١% في محافظة كفر الشيخ ومنطقة النوبارية علي الترتيب، بينما بلغ المتوسط السنوي للرطوبة النسبية أثناء الحصاد نحو ٦٠,١% بحدي أقصى وأدني نحو ٦٦,٣%، ٥٤,٧% في محافظة كفر الشيخ ومنطقة النوبارية علي الترتيب، ومن الملاحظ زيادة الرطوبة النسبية في فترتي الزراعة والنمو (ما عدا فترة الحصاد) خلال الفترة (٢٠١٢-٢٠٢١).

- معالم تقدير نموذج ريكاردو:

جدول ٣. معالم تقدير نموذج ريكاردو لآثار التغيرات المناخية على صافي عائد محصول بنجر السكر خلال الفترة (٢٠١٢-٢٠٢١)

Prob.	t-Statistic	Std. Error	Coefficient	فترة الزراعة	المتغيرات
0	4.55	717.05	3262.3	الزراعة	متوسط درجة الحرارة الصغري
0	14.21	575.10	8169.8	النمو	
0.001	-3.22	998.04	-3213.4	الحصاد	
0.044	-2.01	23.47	-47.18	الزراعة	مربع متوسط درجة الحرارة الصغري
0	13.37	22.32	298.4	النمو	
0.016	2.40	29.64	71.26	الحصاد	
0	9.36	1086.1	10164	الزراعة	متوسط درجة الحرارة العظمي
0.055	1.92	1412.4	2707.4	النمو	
0	-8.23	1300.7	-10701	الحصاد	
0	-8.91	14.83	-132.17	الزراعة	مربع متوسط درجة الحرارة العظمي
0	-4.16	29.75	-123.72	النمو	
0	8.62	16.02	138.1	الحصاد	
0	4.92	284.81	1402.5	الزراعة	متوسط الرطوبة النسبية
0.099	1.65	278.57	459.9	النمو	
0	-12.52	361.44	-4524.3	الحصاد	
0	6.28	1.326	8.32	الزراعة	مربع متوسط الرطوبة النسبية
0.16	1.39	1.70	2.37	النمو	
0	17.24	1.34	23.06	الحصاد	
0.01	-2.56	7.97	-20.38	الزراعة	متوسط درجة الحرارة الصغري × متوسط الرطوبة النسبية
0	-19.20	10.84	-208.1	النمو	
0.11	-1.58	5.50	-8.69	الحصاد	
0	-8.48	7.65	-64.91	الزراعة	متوسط درجة الحرارة العظمي × متوسط الرطوبة النسبية
0	5.19	6.91	35.89	النمو	
0	11.84	7.63	90.29	الحصاد	
0	-12.37	8.67	-107.29		الموقع (المحافظات)
0	11.14	11.37	126.7		الفترة الزمنية للبحث
16.90	Akaike info criterion		0.722		Adjusted R-squared
16.95	Schwarz criterion		1125.9		S.E. of regression
16.92	Hannan-Quinn criter.		2136.8		S.D. dependent var
1.53	Durbin-Watson stat				

المصدر: حسب من بيانات: ١- وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، الإدارة المركزية للاقتصاد الزراعي، أعداد متفرقة.

٢- وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، مركز البحوث الزراعية، المعمل المركزي للمناخ، بيانات غير منشورة.

١٠% باعتبار أن مستوى تغير المناخ يرتبط مع مضاعفة ثاني أكسيد الكربون (الصوالحي، ٢٠١٧).

وقد اتضح من شكل (١) أن درجة الحرارة الصغري يتراوح مداها ما بين ٢,٦: ٩,٢ درجة مئوية، ومن الملاحظ أنه كلما زادت درجة الحرارة الصغري ارتفع صافي عائد محصول بنجر السكر، في حين يتراوح مدى درجة الحرارة العظمي ما بين ٧,١٧: ٥,٣٣ درجة مئوية، ومن الملاحظ أن تأثيرها سلبي على صافي عائد المحصول سواء اتجهت درجة الحرارة العظمي إلى الانخفاض أو الارتفاع وذلك باستثناء المدى

سيناريوهات تأثير التغير المناخي علي محصول بنجر السكر في مصر:

ولمحاكاة تأثير التغير المناخي (الصوالحي، ٢٠٢١) تم استخدام معاملات التقدير في نموذج ريكاردو الواردة بالجدول (٣) لقياس تأثير التغيرات المناخية على صافي عائد بنجر السكر، وقد تم حساب تأثير هذه السيناريوهات بالزيادة والنقص لكل من درجة الحرارة الصغري والعظمي بحوالي ٥,٠: ١ درجة مئوية، وزيادة وانخفاض الرطوبة النسبية نحو

السابق يؤدي إلى زيادة عائد المحصول نحو ٠,١١%، وأن هناك علاقة عكسية بين ارتفاع الحرارة العظمي ١ م° وصافي العائد. بمعنى أن ارتفاع الحرارة يؤثر سلبياً علي صافي عائد بنجر السكر بنحو ١,٣٦%.

- **السيناريو الثالث:** أوضح هذا السيناريو أن هناك علاقة طردية بين نقص الرطوبة النسبية ١٠% وصافي العائد الفداني لمحصول بنجر السكر أي أن نقص المتغير السابق يؤدي إلى زيادة صافي العائد بمعدل ٦١%، وأن هناك علاقة عكسية بين زيادة الرطوبة النسبية ١٠% ومتوسط صافي العائد المحسوب أي أن زيادة الرطوبة النسبية ١٠% يؤدي إلى انخفاض صافي العائد بمعدل ١٠%.

وقد تبين من العرض السابق الأتي:

- الأثر ايجابي بانخفاض درجة الحرارة الصغرى.
- الأثر سلبي بارتفاع درجة الحرارة العظمي.
- الأثر سلبي بزيادة الرطوبة النسبية ١٠%.

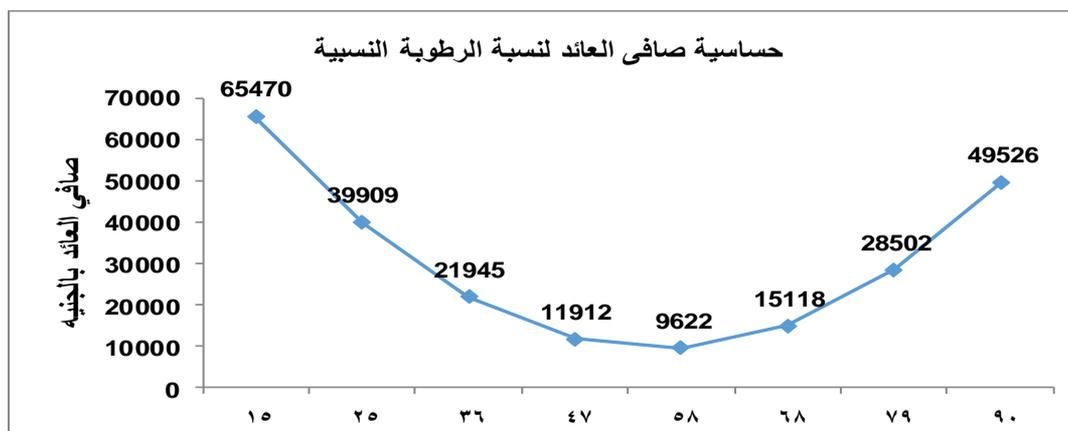
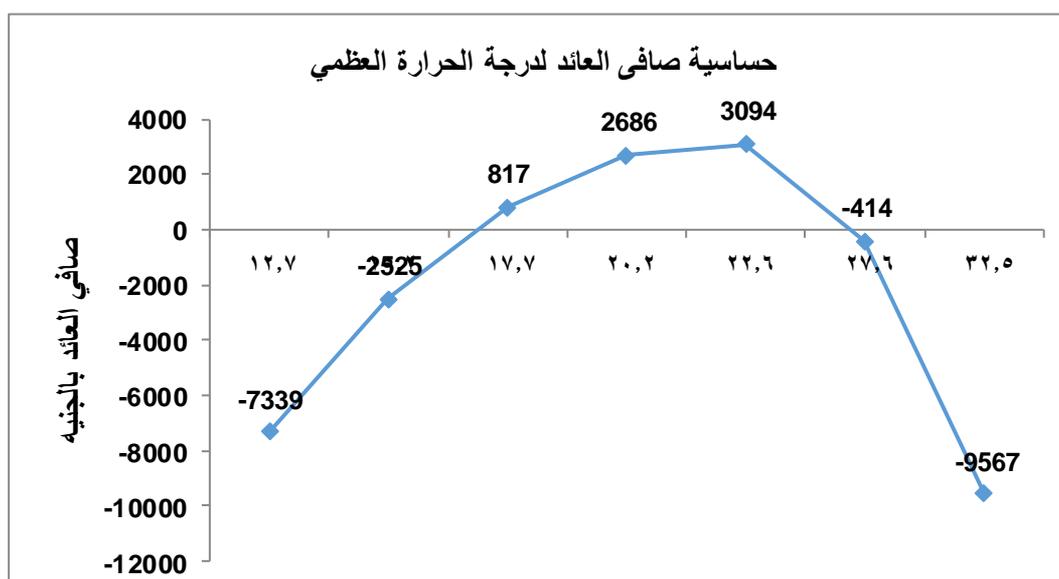
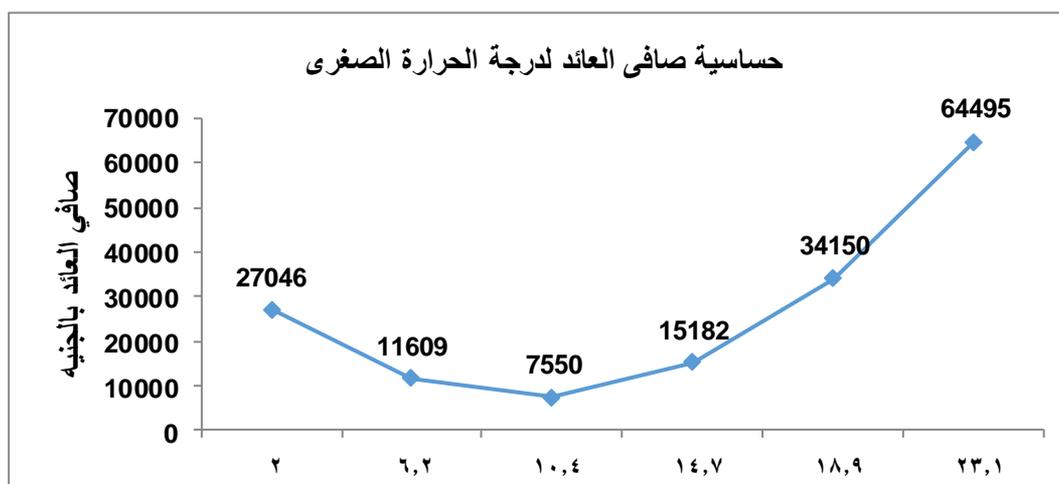
الحرج والذي يبلغ حوالي ١٧,٧ : ٢٢,٦ درجة مئوية، في حين يتراوح مدى الرطوبة النسبية ما بين ٢٥,٤% : ٧١,١% ومن الملاحظ أنه كلما زادت الرطوبة النسبية انخفض صافي العائد.

وباستقراء بيانات جدول (٤) والتي توضح تحليل الحساسية لسيناريوهات تأثير درجة الحرارة الصغرى والعظمي والرطوبة النسبية علي صافي العائد الفداني تم عمل ثلاث سيناريوهات لقياس أثر التغير في المناخ علي صافي العائد الفداني المحسوب لمحصول بنجر السكر في محافظات الإنتاج خلال الفترة (٢٠١٢ - ٢٠٢١)، وكانت النتائج علي النحو التالي:

- **السيناريو الأول:** تبين من نتائج هذا السيناريو وجود علاقة عكسية بين انخفاض الحرارة الصغرى وصافي عائد محصول بنجر السكر أي أن نقص الحرارة الصغرى حوالي ٠,٥ م° يؤدي لزيادة صافي عائد المحصول نحو ٨,٨%، ٢١,٩% علي التوالي.

- **السيناريو الثاني:** باستقراء بيانات هذا السيناريو يتضح أن هناك علاقة طردية بين زيادة الحرارة العظمي ٠,٥ م° وصافي عائد بنجر السكر مما يعني أن زيادة المتغير

الحالة الأثر	الحرارة الصغرى		الحرارة العظمي		نسبة الرطوبة %	
	انخفاض الحرارة ٠,٥ م°	انخفاض الحرارة ١ م°	ارتفاع الحرارة ٠,٥ م°	ارتفاع الحرارة ١ م°	انخفاض ١٠%	ارتفاع ١٠%
	+	+	-	+	+	-



شكل ١. مدى تأثير حساسية درجات الحرارة الصغرى والعظمى والرطوبة النسبية على صافي عائد محصول بنجر السكر

جدول ٤. تحليل الحساسية لسيناريوهات تأثير درجات الحرارة الصغرى والعظمى والرطوبة النسبية على متوسط صافي عائد محصول بنجر السكر خلال الفترة (٢٠١٢-٢٠٢١)

السنوات والمحافظات	صافي العائد الحالي	صافي العائد المحسوب	السيناريو الأول		السيناريو الثاني		السيناريو الثالث	
			نقص درجة الحرارة الصغرى ٠,٥ درجة	نقص درجة الحرارة الصغرى ١ درجة	زيادة الحرارة العظمى ٠,٥ درجة	زيادة الحرارة العظمى ١ درجة	نقص الرطوبة النسبية ١٠%	زيادة الرطوبة النسبية ١٠%
كفر الشيخ	٢٥٥٩,٨	٢٤٤٨,٤	٢٣٤٠,٢	٢٣٩٣,٣	٢٩٤٤,١	٣٣٨٠,٩	٨٣٩٦,١	(٥١١,٨)
الدقهلية	٤١٧٩,٠	٣٤٣٤,١	٣٩٧٢,٢	٤٦٧١,٦	٣٥٦١,٤	٣٦٢٩,٨	٥٣٨٧,٥	٣٦٩٢,٨
الشرقية	٣١٩٨,٥	٣٤٤٣,٥	٤٠٦٨,٧	٤٨٥٥,٢	٣٣٧٧,٦	٣٢٥٢,٨	٤٧٥٢,٧	٤٠٢٠,٦
البحيرة	٢٤٤٢,٥	٣٢٧٥,٨	٤١٢٣,١	٥١٣١,٧	٣٤٦٦,٤	٣٥٩٨,١	٤٦٦٤,٤	٤١٦١,١
بنى سويف	٤٣٢٥,٩	٤٣٤٦,٧	٤٣٣٣,١	٤٤٨٠,٨	٤٠١١,٥	٣٦١٧,٣	٧٠٦٣,٣	٢٧٧٦,٥
الفيوم	٢٥٣٧,٨	٣١٤٩,١	٣٧٠٤,٤	٤٤٢١,٠	٣٠٣٥,٨	٢٨٦٣,٦	٤٨٣٥,٠	٢٩٨٨,٢
بور سعيد	٢٣٣٣,٤	٢٣٠١,٦	٢٨٦٨,٤	٣٥٩٦,٥	٢٦٩٠,٣	٣٠٢٠,١	٤٢٨٤,٠	٢٩٨٩,٥
المنيا	٦٠٧٣,٨	٦٢٣٦,٦	٥٩٧٣,٦	٥٨٧١,٩	٥٧٨٣,٩	٥٢٧٢,٢	٨٩٩٤,٧	٤٣٣٨,١
الغربية	٤٩٣٩,٨	٣٥٦٩,٧	٤٣٩٠,٣	٥٣٧٢,١	٣٦٧٤,٠	٣٧١٩,٤	٤٥٢٠,٨	٤٨٠٠,٤
أسيوط	٨٠١٥,١	٧٦٢١,١	٦٩٢٣,٦	٦٣٨٧,٤	٧٠٩١,٥	٦٥٠٣,٠	١١٠٥٢,٧	٤٩٥٧,٠
الأسماعيلية	٣٠٠٦,٨	٣٣٦٧,٥	٣٩٥٤,٢	٤٧٠٢,٢	٣٢٩٥,٢	٣١٦٤,١	٤٢٣٣,٠	٤٤٢١,٠
النوبارية	١٧١٢,٨	١١٢٧,٥	٢٦٦٣,٣	٣٣٦٠,٣	٢٤٣٧,٩	٢٦٨٩,٣	٤٧٣٠,٨	٢١٣٩,٢
المتوسط	٣٧٧٦,١	٣٧٧٦,٨	٤١٠٩,٦	٤٦٠٣,٧	٣٧٨٠,٨	٣٧٢٥,٩	٦٠٧٦,٢	٣٣٩٧,٧
٢٠١٢	٤٠٦٥,٢	٣٤٢٠,٨	٣٧٦٢,٤	٤٢٦٥,٣	٣٣٣٢,٧	٣١٨٥,٦	٥٦٠٢,٨	٣٠٦٩,٥
٢٠١٣	٤٦٠٠,٨	٥٠٦٨,٣	٥٠١٩,٨	٥١٣٢,٥	٥٠٦٩,١	٥٠١١,٠	٧٠٣٩,٢	٤٨١٩,٥
٢٠١٤	٣٦٣٧,٢	٣٦١٥,١	٣٦٣٥,١	٣٨١٦,٤	٣٥٤٥,٥	٣٤١٦,٩	٦٥٤٠,٤	٢٥٢٨,٦
٢٠١٥	٣٢٦٥,٨	٣٦٧٨,٤	٣٩٣٧,٢	٤٣٥٧,٤	٣٥٦٠,٤	٣٣٨٣,٤	٦٠٦٦,٠	٣٢٦٠,١
٢٠١٦	٢٧٤٣,٢	٣٤٥١,٤	٣٩٦٧,١	٤٦٤٤,١	٣٥٤١,٩	٣٥٧٣,٤	٥٤٩٢,٠	٣٢٢٢,٤
٢٠١٧	٤٣١٣,٣	٣٦٢٦,٩	٤٤١٣,٤	٥٣٦١,٢	٣٨٨٢,٤	٤٠٧٨,٩	٤٧٤٦,١	٤٥٤٥,٨
٢٠١٨	٤٧٣٢,٨	٤٥٥٥,٦	٤٧٣٣,٣	٥٠٧٢,٣	٤٧٣٨,٣	٤٨٦٢,١	٧٦٣٠,٢	٣٢٩٨,٥
٢٠١٩	٤٢٣٤,٩	٣٦٨٤,٠	٣٩٥٩,٦	٤٣٩٦,٥	٣٥٠١,٢	٣٢٥٩,٥	٥٩٦٨,٧	٣٢٦٠,٧
٢٠٢٠	١٧٦٠,٩	٢٣١٢,٤	٣٠٤٤,٩	٣٩٣٨,٦	٢٣٣١,٠	٢٢٩٠,٦	٤٣٠٨,٥	٢٦٤٠,٤
٢٠٢١	٤٤١٧,٠	٤٣٥٤,٩	٤٦٢٣,١	٥٠٥٢,٥	٤٣٠٥,٥	٤١٩٧,٢	٧٣٦٨,٥	٣٣٣١,٦
المتوسط	٣٧٧٧,١	٣٧٧٦,٨	٤١٠٩,٦	٤٦٠٣,٧	٣٧٨٠,٨	٣٧٢٥,٩	٦٠٧٦,٢	٣٣٩٧,٧
معدل التغير عن الحالي %		٧,٩٤	٨,٨٠	٢١,٨٨	٠,١٠	(١,٣٥)	٦٠,٨٧	(١٠,٠)
معدل التغير عن المحسوب %		٠,٠	٨,٨١	٢١,٨٩	٠,١١	(١,٣٦)	٦٠,٨٨	(١٠,٠)

() الأرقام داخل الأقواس سالبة.

المصدر: حسب من بيانات: ١- وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، الإدارة المركزية للاقتصاد الزراعي، أعداد متفرقة.

٢- وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، مركز البحوث الزراعية، المعمل المركزي للمناخ، بيانات غير منشورة.

محل الدراسة بتلك التغيرات المناخية في المستقبل. ولهذا يهدف البحث إلي قياس الأثر الاقتصادي المتوقع لتغير المناخ على محصول بنجر السكر باستخدام منهج ريكاردو، وذلك من خلال دراسة تطور بعض المتغيرات الاقتصادية لمحصول بنجر السكر، ومحاكاة تأثيرات تغير المناخ وذلك للوصول إلى مدى حساسية هذا المحصول للتغيرات المناخية، والاجراءات التي تعمل علي مواجهة تلك التقلبات المناخية، وأثرها السلبي على صافي عائد محصول بنجر السكر. وقد توصل البحث لبعض النتائج الهامة خلال الفترة (٢٠١٢-٢٠٢١) وهي:

- زيادة صافي عائد محصول بنجر السكر الذي بلغ حوالي ٣,٨ ألف جنيه.

- تذبذب درجات الحرارة الصغرى والعظمى أثناء فترات زراعة ونمو وحصاد محصول الدراسة.

- زيادة الرطوبة النسبية أثناء فترات الزراعة والنمو (باستثناء فترة الحصاد).

- أن نقص درجة الحرارة الصغرى ٠,٥ م° يؤدي إلي زيادة صافي عائد محصول الدراسة نحو ٨,٨%، ٢١,٩% علي التوالي.

- أن زيادة درجة الحرارة العظمى ٠,٥ م° يؤدي لزيادة صافي عائد بنجر السكر نحو ٠,١١%، في حين زيادة درجة الحرارة العظمى ١ م° يؤدي لانخفاض صافي العائد نحو ١,٣٦%.

- أن نقص الرطوبة النسبية ١٠% يؤدي إلي زيادة صافي العائد نحو ٦١%، وعلي العكس زيادة الرطوبة ١٠% يؤدي إلي خفض الصافي نحو ١٠%.

لذا كان من الضروري اختيار الأصناف المناسبة لمحصول بنجر السكر وتحديد مواعيد الزراعة بما يتلائم مع التغيرات المناخية داخل كل محافظة.

وبالتالي فإن صافي عائد المحصول محل البحث أكثر حساسية بزيادة الحرارة العظمى ١ م° ونسبة الرطوبة ١٠%، مما يدل علي أهمية تحديد المواعيد المناسبة لزراعة محصول بنجر السكر داخل كل محافظة وبما يتلائم مع التغير المستمر في درجات الحرارة والرطوبة علي مستوي الجمهورية.

بعض الإجراءات اللازمة لمواجهة الآثار السلبية الناتجة عن الظروف المناخية في مصر (الصوالحي، ٢٠٢٢):

- وضع بعض السياسات العامة والمتكاملة في إدارة وتنمية المناطق الشاطئية وحمايتها من احتمال زيادة منسوب سطح البحر، على أن تتوافر السبل التنفيذية لتعديل المسار في حالة وجود أخطاء.

- استكمال النقص الشديد في البيانات والمعلومات المتاحة عن الآثار السلبية لتغير المناخ على القطاعات المختلفة للتنمية في مصر وبصفة خاصة قضية الهجرة الداخلية والخارجية، وإنشاء قاعدة بيانات كاملة تحدث باستمرار، وذلك لإتاحتها للدراسة، وتشجيع البحوث العلمية والتكنولوجيا في كافة القضايا المرتبطة بتغير المناخ ووضع خطط محددة وتمويل واضح.

- للتقليل من الآثار السلبية للتغير المناخي على حياة المصريين يمكن الاستفادة من طائفة كبيرة من آليات التمويل المحدد الأهداف ومنها كالأهم المتحدة والمنظمات الأنامائية الدولية والمنظمات غير الحكومية التي توفر المعلومات والمنهجيات للتعامل مع التغيرات المناخية.

الملخص

يؤثر التغير المناخي علي الكثير من القطاعات الرئيسية في مصر وبصفة خاصة القطاع الزراعي. وعلي ذلك تتمثل المشكلة البحثية في التعرف علي تلك التغيرات المناخية في مصر وأثرها علي إنتاجية محصول بنجر السكر محل الدراسة وبالتالي تأثيرها علي صافي عائد المحصول، مما دفع الباحث إلي عمل سيناريوهات مستقبلية لتأثر المحصول

المراجع

فواز، محمود محمد؛ سرحان أحمد عبد اللطيف سليمان (٢٠١٥)، دراسة اقتصادية للتغيرات المناخية وآثارها على التنمية المستدامة في مصر، المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي، المجلد (٢٥)، العدد (٣)، سبتمبر.

مجلس الوزراء المصري (٢٠٠٩)، هل تغير المناخ في مصر خلال العشرين عاما الماضية؟، تقرير شهري يصدر عن مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار. السنة الثالثة، العدد ٢٧، مارس.

مجلس الوزراء المصري (٢٠١٠)، استراتيجية قطاع الزراعة للتكيف مع التغيرات المناخية المستقبلية، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، أغسطس.

محمد، شيماء حلمى صباح (٢٠٢٢)، الآثار الاقتصادية المحتملة للتغيرات المناخية على الأمن الغذائى فى مصر، قسم الاقتصاد، كلية الزراعة جامعة القاهرة، رسالة ماجستير.

منظمة الأمم المتحدة (١٩٩٢)، إتفاقية الأمم المتحدة بشأن تغير المناخ.

وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي (٢٠١٦)، مركز البحوث الزراعية، الأقاليم المناخية الزراعية فى مصر، المعمل المركزى للمناخ الزراعى.

وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، الإدارة المركزية للشئون الاقتصادية، نشرة الاحصاء، أعداد مختلفة.

وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، مركز البحوث الزراعية، المعمل المركزى للمناخ الزراعى، بيانات غير منشورة.

Ahmed, Y.N., H. Delin, C. Belford, V. Shaker and N.A.M. Abdelrahman (2020), An estimate of the potential economic impacts of climate change on Egypt's agriculture: A multi-market model approach. *Clim. Dev.* 13: 228-241.

Dinar, A., R. Mendelsohn, R. Evenson, J. Parikh, A. Sanghi, K. Kumar, J. McKinsey and S. Lonergan (1998), Measuring the Impact of Climate Change on Indian Agriculture. Technical Paper 402, World Bank, Washington, D.C.

Fadina, A.M.R. and D. Barjolle (2018), Farmers' adaptation strategies to climate change and their implications in the Zou Department of South Benin. *Environ.* 5, 15.

Hachigonta, S., G.C. Nelson, T.S. Thomas and L.M. Sibanda (2013), Southern African agriculture and climate change: a comprehensive analysis. *Intl Food Policy Res Inst.* 3.

أبو حديد، أيمن فريد (٢٠٠٩)، التغيرات المناخية وتأثيرها على قطاع الزراعة فى مصر، وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، مركز معلومات تغير المناخ، أكتوبر.

الباجورى، أحمد (٢٠٠٧)، آثار التغير فى كوكب الأرض على النظام البيئى لموارد الأرض فى مصر، وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، مركز بحوث الصحراء.

الصوالحي، حمدى (٢٠١٧)، مشروع التقييم الاقتصادى للتغيرات المناخية المتوقعة على الإنتاج الزراعى - التقرير السنوى الأول ٢٠١٦-٢٠١٧ - المركز القومى للبحوث- القاهرة.

الصوالحي، حمدى (٢٠٢١)، تقدير أثر التغيرات المناخية على استهلاك مياه الري فى الزراعة المصرية، مؤتمر اقتصاديات إدارة وترشيد استخدام مياه الري فى الزراعة المصرية، ٣ نوفمبر، نادى الزراعيين، الدقى، القاهرة.

الصوالحي، حمدى (٢٠٢٢)، الآثار الاقتصادية للتغيرات المناخية على الإنتاج الزراعى المصرى، مؤتمر الزراعة المصرية والتحديات المحلية والأقليمية والدولية، ٢١-٢٢ سبتمبر، نادى الزراعيين، الدقى، القاهرة.

سليمان، نيرة يحيى (٢٠١٢)، الآثار المتوقعة للتغيرات المناخية على أهم السلع الزراعية المصرية، مجلة الجمعية الاكاديمية المصرية لتنمية البيئة، مجلد ١٣، العدد (٣).

صيام، جمال محمد؛ شريف محمد سمير فياض (٢٠٠٩)، أثر التغيرات المناخية على أوضاع الزراعة والغذاء في مصر، مؤتمر التغيرات المناخية وآثارها على مصر، شركاء التنمية للبحوث والاستشارات والتدريب، القاهرة ٢-٣ نوفمبر.

عبد الجواد، سيدة حامد عامر (٢٠١٢)، قياس الأثر الاقتصادى لتغير المناخ على محصول الذرة الشامية الصيفى باستخدام منهج ريكاردو، المجلة المصرية للاقتصاد الزراعى، المجلد الثانى والعشرو، العدد الثانى.

عبد العزيز، محمد محمد (٢٠١٥)، تقديرات نماذج التنبؤ بأثر التغيرات المناخية على قطاع الزراعة فى مصر، رسالة دكتوراه، قسم الاقتصاد الزراعى، كلية الزراعة، جامعه الفيوم.

Mendelsohn, R., W. Nordhaus and D. Shaw (1994), The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis. *Am. Econ. Rev.* 84: 753-71.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (1996), *Impacts, Adaptations and Mitigation Of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution Of Working Group II To The IPCC Second Assessment Report*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

ABSTRACT

Measuring the Expected Economic Effect of Climate Change on the Sugar Beet Crop Using the Ricardo Model

Adel M.A. Saleh, Samir M. M.Saleh

Climate change affects many of the main sectors in Egypt, especially the agricultural sector. Accordingly, the research problem is to identify these climatic changes in Egypt and its impact on the productivity of the sugar beet crop at the study and thus its impact on the net yield of the crop, which prompted the researcher to make future scenarios for the impact of the crop at the study of these climatic changes in the future. That is why the research aims to measure the expected economic impact of climate change on the sugar beet crop using the Ricardo curriculum, by studying the economic developments of the sugar beet crop, and simulating the effects of climate change in order to reach the sensitivity of this crop of climate change, and the procedures that are facing these climate fluctuations. And its negative impact on the net revenue of the sugar beet crop. The research has reached some important results for the period (2012-2021):

- Increasing the net revenue of the sugar beet crop, which amounted to about 3.8 thousand pounds.

- Small and greatest temperatures fluctuate during the cultivation, growth and harvesting of the study crop.
- Increased relative humidity during agriculture and growth periods (except for the harvesting period).
- The low temperature decrease 0.5: 1 °C leads to an increase in the net return of the study crop of about 8.8%, 21.9%, respectively.
- The increase in the maximum temperature 0.5 °C leads to an increase in a net sugar beet yield of about 0.11%, while increasing the maximum temperature of 1 °C leads to a decrease in the net return of about 1.36%.
- The lack of relative humidity 10% leads to an increase in the net return of about 61%, and on the contrary, the increase in humidity 10% leads to a reduction in the net about 10%.

Therefore, it was necessary to choose the appropriate items for the sugar beet crop and determine the dates of agriculture in a manner consistent with climate changes within each governorate.