10.21608/meae.2024.344523.1351

المجلة المصرية للإقتصاد الزراعى
ISSN:2735-4040(Online), 1110-6832 (print)
https://meae.Journals.ekb.eg/

تأثير التغيرات المناخية على إنتاجية محاصيل الحبوب الاستراتيجية في مصر

أ.د جمال محمد صيام د. يسري نصر أحمد
قسم الاقتصاد الزراعي، كلية الزراعة، جامعة القاهرة

المستخلص

يتمثل الهدف الرئيسي لهذا البحث فى تحديد التأثير العام للتغير المناخي على الإنتاجية في قطاع محاصيل الحبوب الاستراتيجية فى مصر، وتقديم توصيات بشأن خيارات السياسات الاستثمارية التي تدعم بناء مرونة طويلة الأجل في نظام الأغذية الزراعية في مصر مشتملا على الحبوب باعتبارها العمود الرئيسي للنظام الغذائي، مع تسليط الضوء على الفرص المتاحة للتكيف مع التغيرات المناخية. . ويعتمد البحث، في منهجيته، علي معايرة وتطبيق مجموعتين من النماذج. الأولي، مجموعة النماذج البيوفيزيقية ، والثانية مجموعة النماذج الاقتصادية ، لتقدير تأثيرات التغيرات المناخية على القطاع الزراعي والاقتصاد بشكل عام وعلى محاصيل الحبوب الاستراتيجية بشكل خاص. وتنضوي هذه النماذج تحت "النموذج الدولي لتحليل سياسات السلع الزراعية والتجارة . وهذا النموذج بمشتملاته يعالج القضايا المرتبطة بالتغيرات المناخية علي مستوي القطاع الزراعي. وبالإضافة إلى ذلك، تستخدم الدراسة نموذج التوازن العام الحسابي (CGE)الذي يغطي الاقتصاد ككل، والذي ثبت فعاليته في تكملة النموذج الجزئي للأسواق المتعددة في تحليل الاتجاهات على المدى الطويل تحت تأثير التغيرات المناخية.

وتشير نتائج المحاكاة أن التأثيرات الفردية والتراكمية لمؤثرات الإجهاد البيوفيزيقي يمكن أن تؤدي إلى تقليص إنتاجيات محاصيل الحبوب الاستراتيجية بنسبة تصل إلي أكثر من 14%علي مستوي القطاع ككل وتؤدي التغيرات المناخية منفردة إلي نقص فى إنتاجية الحبوب بنسبة 7.9%، بينما تؤدي ندرة المياه والتملح إلي نقص قدره 6,7%. وقد قام البحث أيضا بعرض النتائج فيما يتعلق بأثر التغيرات المناخية علي الإنتاج الكلي وأسعار وتجارة المحاصيل موضع الدراسة. وفى مجال السياسات الاستثمارية التي يمكن تبنيها لمواجهة الآثار السلبية للتغيرات المناخية علي قطاع الحبوب خاصة والقطاع الزراعي عامة، عرضت الدراسة نتائج المحاكاة لسياستي "التطوير التكنولوجي والإرشاد" و"تنمية المشروعات الريفية"، حيث أثبتت الأخيرة مستوي عال من الجدوي الاقتصادية والبيئية فى مواجهة مخاطر التغيرات المناخية. وفى ضوء ما أوضحه البحث من تهديدات مستقبلية بسبب التغيرات المناخية سواء لقطاع الحبوب الاستراتيجية أو القطاع الزراعي علي اتساعه، هناك حاجة ملحة لوضع وتنفيذ أيا من هاتين السياستين لجعل القطاع أكثر مرونة تجاه المناخ، وأكثر قدرة على المنافسة، وأكثر استدامة.

بيانات البحث

استلام 2024/11/15
قبول 15 / 12/ 2024

الكلمات المفتاحية:
مصر، الحبوب الاستراتيجية، التغيرات المناخية، لزراعة الذكية مناخياً (CSA)، النموذج الدولي لتحليل سياسات السلع الزراعية والتجارة (IMPACT)، نموذج التوازن العام الحسابي (CGE) .

لباحث المسئول: جمال محمد صيام
البريد الإلكتروني: gamal_siam@hotmail.com

10.21608/meae.2024.344523.1351

Egyptian Journal Of Agricultural Economics
ISSN:2735-4040(Online), 1110-6832 (print)
https://meae.Journals.ekb.eg/

The Impact of Climate Changes on the Productivity of Strategic Cereal Crops in Egypt

Prof. Gamal Mohamed Siam
Dr. Yosri Nasr Ahmed
Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Cairo University, Egypt.

ARTICLE INFO

Article History
Received:15-11-2024
Accepted:15-12- 2024

Keywords: Egypt, strategic grains, climate change, climate-smart agriculture, International Model for Analysis of Agricultural Commodities and Trade, Computable General Equilibrium model.

ABSTRACT

The primary objective of this research is to identify the overall impact of climate change on the productivity of Egypt's strategic cereal crop sector and to provide recommendations on investment policy options that support building long-term resilience within Egypt's agri-food system, particularly cereals, which serve as the cornerstone of the food system. To achieve these objectives, the research employs and calibrates two sets of models: first, biophysical models to assess climate change impacts on crop yields and production, and second, economic models to estimate the broader economic effects of these changes. The International Food Policy Research Institute (IFPRI) integrates these models within the International Model for Analysis of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT). This model addresses climate change-related issues in the agricultural sector. The study also uses a Computable General Equilibrium (CGE) model, which looks at the whole economy and works well with the multi-market partial equilibrium model to look at long-term trends that are affected by climate change. The simulations show that biophysical stressors can lower the productivity of strategic cereal crops by more than 14% at the sectoral level, both when they act alone and when they add up over time. Specifically, climate change alone contributes to a 7.9% decline in cereal productivity, while water scarcity and salinization result in a 6.7% reduction. At the crop level, maize is the most affected, both cumulatively and individually. The research also presents findings on the impacts of climate change on total production, prices, and trade of the studied crops. In the context of investment policies to mitigate the adverse effects of climate change on the cereal sector in particular and the agricultural sector in general, the study simulated the effectiveness of two policies: **"technological development and extension"** and **"rural project development."** Thus, there is an urgent need to formulate and implement one of these policies to enhance the sector's climate resilience, competitiveness, and sustainability.

Corresponding Author: Gamal Mohamed Siam
Email: gamal_siam@hotmail.com

10.21608/meae.2024.344523.1351

1. مقدمة

يعدّ القطاع الزراعي أحد القطاعات الرئيسية في الاقتصاد المصري، حيث يمثل حوالي 11% من الناتج المحلي الإجمالي السنوي و24% من فرص العمل. وعلى النقيض، يساهم القطاع الصناعي بثلث الناتج المحلي الإجمالي وربع فرص العمل. وفيما يتعلق بإنتاج الغذاء خلال العقود الثلاثة الماضية. إجمالاً، نما إنتاج اللحوم بمعدل سنوي بلغ 3.8% من عام 1990 إلى 2020، بينما نما إنتاج الحبوب بمعدل 1.9%. كما نما الإنتاج السنوي من الفواكه والخضروات والجذور والدرنات (وخاصة البطاطس) المُعدة للتصدير بمعدلات 3.5% و2.1% و4.3% على التوالي (Perez et al., 2021).

وتمثل التغيرات المناخية تهديدًا متزايدًا ومستدامًا تتفاقم حدّته بسبب ندرة المياه والأراضي الزراعية (Selim et al,. 2024). ومن المتوقع أن تستمر درجات الحرارة في الارتفاع، مع تزايد التفاوت السنوي والموسمي في هطول الأمطار، وفى الأغلب تتم تأثيرات التغير المناخي على القطاع الزراعي بصورة تدريجية، إذ تتغير أنماط درجات الحرارة وهطول الأمطار بشكل تدريجي. ومع ذلك، تتخلل هذه التغيرات التدريجية أحداث مناخية متطرفة، مثل الجفاف والفيضانات، التي تتزايد تكرارًا وحدّة بفعل التغير المناخي. وفى مصر، التي تعاني أصلا من الجفاف، يمكن أن تؤدي درجات الحرارة المرتفعة وانخفاض معدل الأمطار إلى تأثيرات سلبية على الزراعة ونظم الغذاء في مصر، مما قد يؤدي إلى انخفاض حاد في إنتاجية المحاصيل والإنتاج الزراعي، الأمر الذي يستوجب معالجة آثار التغيرات المناخية وندرة المياه والأراضي ودمجها في السياسات الحكومية والاستثمارات الاستراتيجية الموجهة للتكيف Adaptation والتخفيف Mitigation (Khedr, 2019).

وفي ضوء ما تتسم به مصر من ندرة فى الأراضي والمياه فإن تأثير التغيرات المناخية يفاقم التهديدات المستقبلية التي تواجه الزراعة في مصر. فالأراضي الخصبة المحدودة على طول نهر النيل المناسبة للزراعة تتعرض لتراجع مستمر بسبب ارتفاع معدلات التوسع العمراني خلال العشرين عامًا الماضية. كما أن المياه تعد موردًا محدودًا يعتمد بشكل كبير على نهر النيل ومصادر المياه الجوفية. وتعتبر الزراعة المستهلك الأكبر للمياه، إذ تستهلك نحو 82% من إجمالي الموارد المائية المتاحة. ومع تزايد عدد السكان، وزيادة الاستثمارات في القطاع الصناعي، وارتفاع الفاقد نتيجة التبخر، ستصبح ندرة المياه تهديدًا متزايدًا للاقتصاد الزراعي المصري (هلالي، 2016).

وعلي ذلك، تبرز أهمية تقدير تأثيرات التغيرات المناخية على القطاع الزراعي عامة وقطاع الحبوب الاستراتيجية بصفة خاصة، ومن ناحية أخري تبرز أهمية وضع سياسات ملائمة واستثمارات استراتيجية لجعل القطاع الزراعي بما فيه قطاع الحبوب أكثر قدرة على التكيف مع التغير المناخي، وأكثر تنافسية واستدامة. إذ تمثل الاستثمارات في القطاع الزراعي مفتاحًا لتحقيق المرونة طويلة الأجل في نظم الأغذية الزراعية من خلال تطوير المعرفة والتقنيات، وبناء البنية التحتية، وتحفيز المجتمعات على التكيف مع التغير المناخي والتخفيف من آثاره المحتملة.

1.1 مُشكلة البحث

لقد زاد تكرار ومدة الأحداث الجوية المتطرفة فى مصر مثل الحرارة الشديدة، البرد، الأمطار والرياح خلال السنوات الـ 25 الماضية، مما أثر سلبًا على إنتاجية المحاصيل. تم تسجيل سبع أحداث جوية متطرفة بين عامي 1998 و2015، بما في ذلك حادثة الانخفاض الشديد فى الحرارة في عامي 2011. و2010، أدت موجة حر في فصل الشتاء إلى تقليص إنتاجية محصول القمح بنسبة 8% في محافظات الدلتا و21% في محافظات الصعيد. وفي نفس العام، تسببت الأمطار الغزيرة التي بلغت حوالي 80 مم يوميًا في حدوث فيضانات مفاجئة في سيناء ومناطق البحر الأحمر

وأســـوان. كانت هذه الفيضـــانات الأولى منذ عام 1994. وفي يناير 2008، أدت موجة برد إلى فقدان 50% من محصول الموالح في عدة محافظات عندما انخفضت درجة الحرارة بدرجتين مئويتين تحت المعدل المعتاد لشهر يناير في السنوات العشر التي سبقت عام 2008. علاوة على ذلك، تضرر 40% من محاصيل الموز والفاصوليا، بالإضافة إلى 30% من محاصـــيل المانجو و20% من محصـــول الطماطم. وعلي مســـتوي القطاع، تظهر بيانات التغيرات المناخية من التقرير الوطني الثاني لمصـــر إلى الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) أن التغيرات المناخية ســتؤدي إلى انخفاض الإنتاج الزراعي بنســبة 6% وزيادة في الأســعار بنســبة 19% (McCarl et al., 2015). وقد تم تعزيز هذه النتائج بدراسة حديثة من المعهد الدولي لبحوث السياسات الغذائية (IFPRI) (Perez et al.2021)، التي توقعت انخفاضًا بنسبة 10% في إنتاجية المحاصيل الغذائية في مصر وزيادة فى الأسعار تتراوح بين 19% إلى 23%.

وفى ضوء هذه التطورات على صعيد التغيرات المناخية، أجريت فى السنوات الأخيرة العديد من الدراسات المتعلقة بتحليل أثر هذه التغيرات علي الإنتاج الزراعي فى مصر وبعضها يتعلق بمحاصيل الحبوب علي مستوي كل محصول علي حده. ومع ذلك تظل هناك الكثير من الأســـئلة التي لم تتم الإجابة عليها. وتتعلق الدراســـة الحالية بالإجابة علي الســـؤال البحثي الرئيســـي، ما هو أثر التغيرات المناخية علي إنتاجية محاصـــيل الحبوب الاســـتراتيجية فى إطار من التفاعلات علي مســـتوي القطاع الزراعي متصـــلة بالتوازن العام. ويتصـــل بهذا الســـؤال، عددا من الأســـئلة البحثية الفرعية. اولها ما هي الآثار غير المباشـــرة المترتبة علي تأثيرات الإنتاجية مثل المســـاحة المزروعة من محاصـــيل الحبوب المدروسة ومن ثم الإنتاج الكلي منها فى إطار من التوازن العام. أما السؤال الفرعي الثاني، فيتمثل في ماهية الحزم التكنولوجية المحســـنة التي يمكن تطبيقها فى مجال إنتاج الحبوب وتأثير هذه الحزم، حال تطبيقها، علي التكيف مع التغيرات المناخية.

2.1 هدف البحث

الهدف الرئيســـي لهذه الدراســـة هو تحديد التأثير العام للتغير المناخي على الإنتاجية في قطاع محاصـــيل الحبوب الاســـتراتيجية، وتقديم توصـــيات بشـــأن خيارات الســـياســـات الاســـتثمارية التي تدعم بناء مرونة طويلة الأجل في نظام الأغذية الزراعية في مصـــر مشـــتملا علي الحبوب باعتبارها العمود الرئيســـي للنظام الغذائي، مع تســـليط الضـــوء على الفرص المتاحة للتكيف مع التغير المناخي. وتتضمن الأهداف الفرعية التي تدعم الهدف الرئيسي ما يلي:

- تقدير تأثيرات التغيرات المناخية على القطاع الزراعي. بوجه عام وعلى محاصـــيل الحبوب الاســـتراتيجية بوجه خاص، وهي بالتحديد القمح والأرز والذرة، مع التركيز علي الإنتاجيات والإنتاج الكلي
- تقدير تأثيرات التغيرات المناخية غير المباشـــرة علي أســـعار المحاصـــيل موضـــع الدراســـة وانعكاســـاتها علي المستوي الكلي، بما فى ذلك التجارة الخارجية لهذه المحاصيل.
- تحديد فعالية سياسات الاستجابة التكيفية المصممة لمواجهتها وتعزيز بناء مرونة واستدامة طويلة الأجل في الزراعة عموما وفى قطاع إنتاج الحبوب بوجه خاص.

3.1 منهجية البحث ومصادر البيانات

تعتمد الدراســـة، في تحقيق أهدافها، علي معايرة وتطبيق مجموعتين من النماذج. الأولي، مجموعة النماذج البيوفيزيقية Biophysical Models، والثانية مجموعة النماذج الاقتصـــادية Economic Models، كما يعرضـــها شـــكل (1) لتقدير تأثيرات التغيرات المناخية على القطاع الزراعي والاقتصـــاد بشـــكل عام وعلي محاصـــيل الحبوب الاســـتراتيجية بشـــكل خاص. وتنضـــوي هذه النماذج تحت "النموذج الدولي لتحليل ســـياســـات الســـلع الزراعية والتجارة International Model for Analysis of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT)". وهذا

النموذج بمشتملاته يعالج القضايا المرتبطة بالتغيرات المناخية علي مستوي القطاع الزراعي. الذي تم تطويره من قبل المعهد الدولي لبحوث السياسات الغذائية(IFPRI) ، كما هو موضح في شكل 1. وبالإضافة إلى ذلك، يستخدم البحث نموذج التوازن العام الحسابي (CGE)الذي يغطي الاقتصاد ككل وينقل مخرجات النموذج الدولي IMPACT وبالتحديد نموذج الأسواق المتعددة ، وهو نموذج جزئي ، إلي مستوي الاقتصاد الكلي، بقصد تحليل اتجاهات تأثير التغيرات المناخية علي المتغيرات الأساسية للاقتصاد الكلي المصري فى المدي الطويل..

وتشتمل مجموعة النماذج البيوفيزيقية على أربعة نماذج، هي كما يلي:

- **نموذج المياه Water model:** يشمل النماذج العالمية للهيدرولوجيا، تخصيص المياه، ونموذج الإجهاد المائي، ويركز على إمدادات المياه والطلب عليها وتخصيصها بين الاستخدامات المختلفة وهي الري، والاستخدامات المنزلية والصناعية، والتدفقات البيئية.
- **نموذج المحاصيل (DSSAT Model):** يحدد نمو المحاصيل وإنتاجيتها في ظل ظروف مختلفة فيما يتعلق بالتربة والمياه والمناخ.
- **نموذج تخصيص الإنتاج المكاني (SPAM) :** يحدد التوزيعات الجغرافية للمحاصيل الغذائية عالميًا في ظل بيئات مختلفة من الأراضي والمياه.
- **نماذج الدوران (GCMs):** تستهدف تقييم المناخات المستقبلية حتى عام 2100 .

يجمع نموذج IMPACT بين النماذج الفيزيائية الحيوية (المناخ، الهيدرولوجيا، ونمو المحاصيل) والنماذج الاقتصادية لتقديم توقعات حول العرض والطلب على المياه والغذاء، بالإضافة إلى التجارة الغذائية والأسعار في ظل التغير المناخي. تعتمد نماذج المياه، التي تستند إلى نماذج المناخ، على تقدير التغيرات في إمدادات المياه من مصادر متعددة وتخصيص الإمدادات المتاحة للمستخدمين المختلفين، بما في ذلك الأسر، والصناعة، والثروة الحيوانية، والري، والبيئة.

- **نموذج الأسواق المتعددة Multimarket model**

يقع هذا النموذج ضمن نموذج IMPACT، وهو يحاكي الأسواق الوطنية والعالمية للإنتاج الزراعي، والطلب، والتجارة المرتبطة بـ 62 سلعة زراعية في 158 دولة ومنطقة. وتتم المحاكاة من خلال حل معادلات الإنتاج، والطلب، والأسعار التي تعادل العرض والطلب عبر العالم. يرتبط النموذج الأساسي بعدد من الوحدات النمطية التي تشمل نماذج المناخ) نماذج النظام الأرضي، (ESMs، ونماذج المياه (الهيدرولوجيا، إدارة أحواض المياه، ونماذج الإجهاد المائي)، ونماذج محاكاة المحاصيل على سبيل المثال نموذج نظام دعم اتخاذ القرار لنقل التكنولوجيا الزراعية [DSSAT]المستخدم في هذه الدراسة، ونماذج ما بعد المعالجة لاستخدام الأراضي (على مستوى البيكسل لاستخدام الأراضي، وأنماط الزراعة حسب المناطق) (انظر شكل1).

دوال العرض والطلب

على الرغم من تعقيد هيكلها مع العديد من الوحدات الفيزيائية الحيوية والاقتصادية، فإن IMPACT في جوهره يحتوي على هيكل بسيط للغاية، ينتظم حول نموذج عالمي للأسواق المتعددة لإنتاج الغذاء الزراعي، والطلب، والتجارة، والأسعار. يقوم النموذج متعدد الأسواق بمحاكاة عمل الأسواق الوطنية والعالمية للسلع الزراعية التي تحدد سلوك العرض والطلب في جميع الأسواق. وبالتالي، يتم حل الأسعار والكميات التي توازن العرض والطلب من خلال

التعديل المتكرر في العرض والطلب على المستوى الوطني أولًا، ثم على المستوى العالمي، حتى يتم التوازن بين العرض والطلب العالمي، حيث يتقاطع السعر العالمي التوازني.

دوال العرض والطلب الأساسية لمحاصيل الحبوب الاستراتيجية

يتم تحديد عرض محاصيل الحبوب الاستراتيجية وغيرها من المحاصيل والمنتجات الزراعية فى مصر من خلال تفاعل نموذجي المناخ ونمو المحاصيل. وينشأ عن هذا التفاعل تحديد التغيرات في الإنتاجيات والإنتاج الناتجة عن التغيرات المناخية. بينما يتم تحديد الطلب علي هذه المحاصيل من خلال النماذج الاقتصادية علي أساس المدخلات الاقتصادية الكلية والعوامل المحددة للطلب مثل نمو السكان، ونمو الدخل/الناتج المحلي الإجمالي، والتوظيف، والتغيرات في تفضيلات الغذاء.

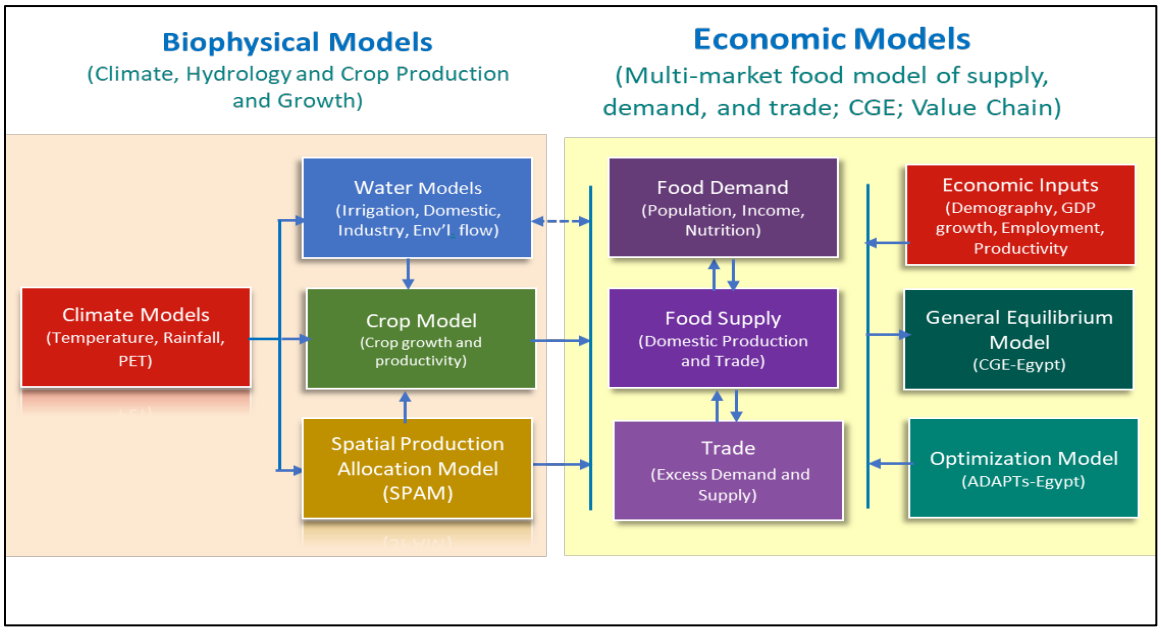
يقوم نموذج IMPACT بدمج تدفق المعلومات بين الوحدات المكونة في إطار توازن متسق يدعم تحليل السيناريوهات طويلة المدى. بعض العلاقات بين النماذج تكون أحادية الاتجاه، دون روابط ارتدادية، ومثال علي ذلك أن مخرجات نماذج المناخ تتجه إلي نماذج المياه وإلى نماذج محاكاة المحاصيل)، بينما تتطلب روابط أخرى التقاط الحلقات الارتدادية (على سبيل المثال، يجب التوفيق بين الطلب على المياه من النموذج الأساسي للأسواق المتعددة وإمدادات المياه من نماذج المياه لتقدير تأثيرات الإجهاد المائي على إنتاجيات المحاصيل) (للتفاصيل، انظر Robinson et al., 2015 at DC. http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/129825).

- **النماذج الاقتصادية ووحدة الاقتصاد الكلي**

تشتمل مجموعة النماذج الاقتصادية علي:

- نموذج الأسواق المتعددة Multimarket Model الذي يحاكي العرض والطلب والتجارة.
- نموذج التوازن العام الحسابي (CGE-Egypt) الذي يقيّم تأثيرات الصدمات المناخية على الاقتصاد بشكل شامل.
- وحدة الاقتصاد الكلي (السكان، والدخل القومي، والتوظيف، والإنتاجية) التي تعمل كمدخلات وقيم أولية (أساسية) للنماذج.

شكل 1. نظام النمذجة المُستخدم في البحث.



4.1 تنظيم البحث

يشتمل البحث علي خمسة أجزاء بما فيها المقدمة. ويختص الجزء الثاني بالوضع الراهن للقطاع الزراعي المصري مع التركيز على قطاع الحبوب الاستراتيجية، مع الإشارة إلي الموارد الأرضية والمائية ومعدلات النمو فى إنتاج المحاصيل موضع الدراسة. أما الجزء الثالث فيتناول عرضا للتغيرات المناخية التاريخية والمستقبلية في دول حوض النيل الشرقي بما فيها مصر. ويحتوي الجزء الرابع علي عرض نتائج النظام النمذجي فيما يتعلق بتقدير التغيرات المناخية المستقبلية علي إنتاجية وإنتاج وأسعار وتجارة المحاصيل المدروسة. أما الجزء الخامس، فيتناول اختيارات مصر فيما يتعلق بسياسات التكيف فى قطاع الحبوب فضلاً عن نتائج النظام النمذجي فيما يتعلق بتقدير أثر هذه السياسات على قدرة قطاع الحبوب علي التكيف فى مواجهة التحديات المستقبلية.

2. نظرة عامة على الوضع الراهن الزراعة المصرية

تعد الزراعة مصدرا رئيسيا للمعيشة لملايين الأسر الريفية ومساهمًا رئيسيًا في الأمن الغذائي للبلاد، حيث تعتبر الأراضي الزراعية في مصر عالية الإنتاجية تنعكس فى إنتاجيات مرتفعة وكثافة زراعية عالية (Karajeh et al., 2013) على الرغم من تناقص نصيبها في الناتج المحلي الإجمالي على مر السنين، إلا أنها لا تزال توفر جزءًا مهما فى الناتج المحلي الإجمالي والعمالة في البلاد، حيث يعيش نصف السكان في المناطق الريفية، ويسودها ملايين المزارعين من أصحاب الحيازات الصغيرة الذين يعتمدون على الزراعة كمصدر رئيسي للمعيشة. ويستمر نصيبا الزراعة فى الناتج المحلي الإجمالي والعمالة في التراجع بشكل مستمر منذ التسعينيات، حيث انخفض نصيب الزراعة من الناتج المحلي الإجمالي من 18% في عام 1990 إلى 11% في عام 2019، وانخفض نصيبها فى العمالة القومية من 39% في عام 1991 إلى 24% في عام 2019.(Perez et al., 2021)

إن النمو السكاني والنمو القطاعي سيزيدان من الطلب على المياه من جهة، بينما من المتوقع أن تؤثر التغيرات المناخية وتطوير السدود على النيل على توفر المياه من جهة أخرى. ومن المتوقع أن يكون لسد النهضة الإثيوبي الكبير(GERD) ، الذي تم بناؤه تقريبا، تأثيرات كبيرة غير مدروسة على الدول المتشاطئة للنهر، وخاصة على مصر (Day et al., 2021) . وستتفاوت هذه التأثيرات بشكل كبير اعتمادًا على استراتيجيات تشغيل السد، وجدول ملء بحيرة السد، بالإضافة إلى التعاون بين الدول. علاوة على ذلك، تحتاج مصر إلى الاستعداد لحصة أقل من المياه المتدفقة إلى النهر حيث سيزيد السودان من سحب المياه للري..(Heggy et al., 2021) ، وعلي ذلك تعد السياسات الزراعية والمائية والاقتصادية، بالإضافة إلى الاستثمارات، ضرورية لمساعدة مصر في الحفاظ على أمن المياه، وتحفيز المنتجين الزراعيين على زيادة الكفاءة، وتحسين مرونة القطاع الزراعي والمزارعين في مواجهة المخاطر، لا سيما تلك المتعلقة بالتغيرات المناخية.

حوالي 10% فقط من الأراضي تعتمد على الري الجوفي من مصادر مياه قابلة للتجديد وغير قابلة للتجديد (Wada et al., 2012). تشكل الأراضي القديمة في مصر، المحيطة بوادي ودلتا النيل، حوالي 85% من المساحات المزروعة في البلاد وتعتمد على النيل كمصدر للمياه. ومع ذلك، بدأ الفلاحون في وادي ودلتا النيل يعتمدون بشكل متزايد على المياه الجوفية من خزان النيل المتجدد لمواجهة نقص المياه في قنوات الري، حيث يُقدّر معدل ضخ المياه الجوفية بحوالي 3 مليار متر مكعب سنويًا، باستثناء الخزانات الجوفية الأخرى .(ElDidi and Corbera, 2017) أما الأراضي الجديدة في مصر، التي تشكل 15% المتبقية، فهي الأراضي المستصلحة شرق وغرب وادي ودلتا النيل، التي تعتمد على المياه الجوفية للري(McCarl et al., 2015) ، حيث أصبح الخزان الجوفي غير المتجدد من الحجر الرملي النوبى يتعرض للنضوب بشكل متزايد أيضًا.

10.21608/meae.2024.344523.1351

ونظرًا لأن نهر النيل هو المصدر الرئيسي الوحيد للمياه، بالإضافة إلى بعض خزانات المياه الجوفية الضحلة والعميقة، فإن 95% من سكان مصر يعيشون على ما يعادل 5% من المساحة الضيقة حول وادي ودلتا النيل. ومنذ أوائل التسعينيات، انخفض نصيب الفرد من المياه إلي ما تحت العتبة المعيارية للندرة، والتي تقدر بـــ 1,000 متر مكعب للفرد سنويًا. وفي الوقت الراهن (2020) انخفض نصيب الفرد من المياه إلي أقل من 600 مت مكعب سنويا، كما أن البلاد تواجه عجزًا سنويًا في المياه يصل إلي نحو 21 مليار متر مكعب سنويا (وزارة الموارد المائية والري،2020).

1.2 الموارد الأرضية

تتمتع مصر بمساحة أرضية واسعة تتجاوز 100 مليون هكتار، ولكن نظرًا للمناخ الصحراوي الحار وقلة الأمطار، فإن حوالي 3.9% فقط من هذه الأراضي صالحة للزراعة، وغالبًا ما تُزرع بمحاصيل موسمية، بينما تُزرع 15% فقط بمحاصيل دائمة. تقريبًا جميع الأراضي الزراعية في مصر تُروى، مع وجود نسبة صغيرة (1%) فقط على الساحل الشمالي تعتمد على الأمطار. كما توجد قطع صغيرة من الغابات المزروعة تبلغ مساحتها حوالي 45,000 هكتار. على الرغم من كونها محدودة كخيار قابل للتكثيف الزراعي، إلا أن الأراضي الزراعية قد زادت مساحتها بنسبة 50% من 1990 إلى 2020، بمعدل نمو سنوي قدره 1%، وكذلك الأراضي القابلة للزراعة والمناطق المروية (جدول 1).

جدول 1. استخدامات الأراضي وموارد مياه الري، 1990-2020

الموارد الأرضية والمائية	1990	2000	2010	2020
الموارد الأرضية				
مساحة الدولة	100,145	100,145	100,145	100,145
الموارد الأرضية				
الأراضي الزراعية	2,648	3,291	3,671	3,971
الأراضي المزروعة	2,648	3,291	3,671	3,971
الأراضي الصالحة للزراعة (ألف هكتار)	2,284	2,801	2,873	3,365
مساحة المحاصيل الدائمة	364	490	798	606
المروج والمراعي المؤقتة	غير متوفر	647	572	608
الغابات (الغابات المزروعة)	44	59	66	45
موارد الري				
الإمكانيات المتاحة للري	4,420	4,420	4,420	4,420
المساحة المجهزة للري	3,246	3,383	3,610	3,823
المساحة المروية فعليًا	2,585	3,383	3,422	3,422
كثافة المحاصيل المروية	166	174	185	185
المساحة المتملحة بفعل الري	900	900	900	900
المساحة المزروعة والمجهزة بالصرف	3,024	3,024	3,024	3,024
المساحة المروية بمياه الصرف الصحي المعالجة	39	74	71	71

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة (الفاو). قاعدة بيانات *FAOSTAT* عبر الإنترنت

10.21608/meae.2024.344523.1351

2.2 الموارد المائية

تُظهر بيانات العرض والطلب على المياه في مصر على المدى الطويل (جدول 2) أن كمية الأمطار السنوية في مصر تبلغ حوالي 18.1 ملم/سنة، وقد كانت أعلى خلال التسعينيات مع بعض التغيرات الطفيفة منذ عام 2000. وهذه الكمية تعتبر منخفضة نسبيًا مقارنة بالدول الأخرى في حوض نهر النيل، حيث تساوي الموارد المائية المتجددة الداخلية في المتوسط فقط 1.0 مليار متر مكعب (م^3) سنويًا، مقسمة بين المياه السطحية (SW) والمياه الجوفية .(GW) ويأتي حوالي 0.2 م^3 من تحلية المياه، و 4.3 م^3 من مياه الصرف الصحي المعالجة. ومع ذلك، فإن معظم إمدادات المياه في مصر تأتي من مصادر خارجية، حيث يدخل المياه السطحية والجوفية إلى البلاد عبر نهر النيل، بمقدار 55.5 بم^3 و 1.0 م^3 سنويًا على التوالي.

جدول 2. العرض والطلب على المياه في مصر على المدى الطويل، 1990-2020

الموارد المائية	1990	2000	2010	2020
إمدادات المياه				
مؤشر هطول الأمطار الوطني 1999=100 (مم/سنة)	157.3	102.4	106.6	106.6
عمق الهطول السنوي طويل الأجل (مم/سنة)	18.1	18.1	18.1	18.1
المصادر الداخلية				
المياه السطحية المنتجة داخليًا (مليار م3/سنة)	0.5	0.5	0.5	0.5
المياه الجوفية المنتجة داخليًا (مليار م3/سنة)	0.5	0.5	0.5	0.5
الموارد المائية المتجددة الداخلية (مليار م3/سنة)	1	1	1	1
نصيب الفرد من الموارد المائية المتجددة الداخلية (م3/سنة)	34.3	14.5	12.1	10
المياه المحلاة المنتجة (مليار م3/سنة)	0	0.1	0.2	0.2
مياه الصرف الصحي المعالجة (مليار م3/سنة)	0	1.9	3.4	4.3
المصادر الخارجية				
تدفق المياه السطحية إلى البلاد (مليار م3/سنة)	55.5	55.5	55.5	55.5
المياه السطحية الخارجة من البلاد (مليار م3/سنة)	0	0	0	0
إجمالي الموارد السطحية المتجددة الخارجية (مليار م3/سنة)	55.5	55.5	55.5	55.5
المياه الجوفية الواردة للبلاد (مليار م3/سنة)	1	1	1	1
المياه الجوفية الخارجة من البلاد (مليار م3/سنة)	0	0	0	0
الموارد المائية المتجددة الخارجية (مليار م3/سنة)	56.5	56.5	56.5	56.5
الإجمالي				
إجمالي المياه السطحية المتجددة (مليار م3/سنة)	56	56	56	56
إجمالي المياه الجوفية المتجددة (مليار م3/سنة)	1.5	1.5	1.5	1.5
التداخل بين المياه السطحية والجوفية (مليار م3/سنة)	0	0	0	0
إجمالي الموارد المائية المتجددة (مليار م3/سنة)	57.5	57.5	57.5	57.5
نصيب الفرد من الموارد المائية المتجددة (م3/سنة)	1,024.30	835.4	694.8	572.8
إجمالي سعة السدود (مليار م3/سنة)	168.2	168.2	168.2	168.2
سعة السدود للفرد (م3/سنة)	2,996.30	2,443.60	2,032.30	1,675.50
الطلب على المياه				
سحب المياه للاستخدام الزراعي (مليار م3/سنة)	47.4	59	67	61.4
سحب المياه للاستخدام الصناعي (مليار م3/سنة)	4.6	4	2	5.4
سحب المياه للاستخدام البلدي (مليار م3/سنة)	3.1	5.3	9	10.8
إجمالي سحب المياه (مليار م3/سنة)	54	68.3	78	77.5
سحب المياه للفرد (م3/سنة)	961.1	992.3	942.5	772
المتطلبات البيئية لتدفق المياه (مليار م3/سنة)	2.6	2.6	2.6	2.6
إجمالي عدد السكان (ألف)	56134	68832	82761	100388

المصدر: منظمة الأغذية والزراعة (الفاو). قاعدة بيانات AQUASTAT عبر الإنترنت

يتكون الطلب طويل الأجل على المياه في مصر بشكل أساسي من الاستخدامات الزراعية (التي تتراوح بين 47 إلى 67 مليار متر مكعب سنويًا)، والاستخدامات الصناعية (من 2.0 إلى 5.4 مليار متر مكعب)، الاستخدامات البلدية/المنزلية (من 3.1 مليار متر مكعب في عام 1990 إلى 10.8 مليار متر مكعب في عام 2020)، ومتطلبات التدفق البيئي التي تقدر بحوالي 2.6 مليار متر مكعب سنويًا.

وفيما يتعلق بتوازن المياه بين المصادر والاستخدامات أنه في المتوسط، يوجد حوالي 76 مليار متر مكعب من المياه المتاحة. حيث يمد نهر النيل أكبر كمية من المياه، 55.5 مليار متر مكعب (73%)، بينما يأتي الاستخدام الزراعي كأكبر مستهلك للمياه بحوالي 62.3 مليار متر مكعب (82%). وتأتي الاستخدامات المنزلية في المرتبة التالية، حيث تقدر بحوالي 10 مليار متر مكعب، أي ما يعادل 13% من إجمالي استخدام المياه السنوي (جدول 3).

جدول 3. الموارد المائية واستخدامات المياه في مصر، متوسط السنوات الزراعية من 2012-2016.

الموارد المائية	متوسط 3 سنوات زراعية (2012-13، 2013-14، 2014-15)	
المصادر	**مليار م^3**	**%**
حصة مصر فى مياه النيل	55.5	73
المياه الجوفية في الوادي والدلتا	6.8	9
إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي	11.6	15
إعادة استخدام مياه الصرف الصحي	1.3	2
مياه الأمطار والسيول	0.8	1
تحلية مياه البحر	0.1	0
الإجمالي	**76.1**	**100**
الاستخدامات		
الزراعة	62.3	82
الاستخدامات المنزلية الشرب	10.1	13
الصناعة	1.2	2
الفاقد من شبكة الري	2.5	3
الإجمالي	**76.1**	**100**

المصدر: حسبت من الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء (2019)

3.2 نمو الإنتاج الكلي من محاصيل الحبوب الاستراتيجية

يعرض جدول 4 معدلات الأداء التاريخية فيما يتعلق بنمو الإنتاج الكلي من محاصيل الحبوب الاستراتيجية خلال العقود الثلاثة المنقضية من 1990- 2020.ويتضح منه أن العقد الأول 1990-2000 شهد معدلات نمو فى الإنتاج الكلي لمحاصيل الحبوب أعلي بصورة واضحة بالمقارنة للعقود الثلاثة التالية. ويعزي ذلك إلي مجموعة الأصناف عالية الإنتاجية التي تم تبنيها، وعلي الأخص بالنسبة للأرز (5.9%) والقمح (4.7%)، بينما شهد العقد الأخير (2010-2020) تراجعًا حادًا فى معدلات النمو سواء علي مستوي القطاع ككل (0.3%-) أو علي مستوي المحاصيل الثلاثة منفردة.

10.21608/meae.2024.344523.1351

جدول 4. معدلات الأداء التاريخية فيما يتعلق بنمو الإنتاج الكلي من محاصيل الحبوب الاستراتيجية، 1990- 2020

السلعة	السنوات العقدية				معدل النمو السنوي حسب الفترة				التغير من 1990 إلى 2020
	1990	2000	2010	2020	1990-2000	2000-2010	2010-2020	1990-2020	
	ألف طن				%				
إجمالي الحبوب	13022	20106	19465	20836	4.3	1.2	-0.3	1.6	60
الذرة	4799	6474	7041	7944	2.9	1.6	-0.5	1.6	66
الأرز	2113	4002	2888	2894	5.9	-0.6	-2.1	0.6	37
القمح	4268	6564	7177	8936	4.7	2.3	0.8	2.6	109

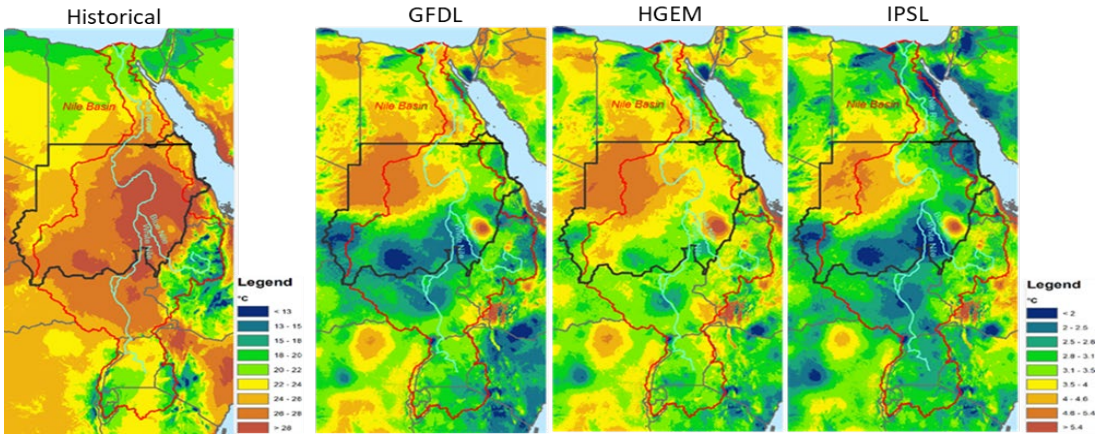
المصدر: بيانات FAOSTAT تم تحميلها عبر الإنترنت، 2022

3.التغيرات المناخية المستقبلية في مصر وحوض نهر النيل تم إجراء التوقعات المناخية المستقبلية لحوض نهر النيل سواء علي مستوي الحوض بأكمله، أو علي مستوي دول الحوض الشرقي والتي تشمل مصر ودول إثيوبيا والسودان بالإضافة إلي جنوب السودان، وذلك من خلال عرض بيانات المناخ الأساسية أو التاريخية للفترة 1970-2000 ومقارنتها مع مؤشرات المناخ المستقبلي حول عام 2050 (2040-2060)، باستخدام مجموعات بيانات لثلاثة نماذج مناخية CMIP5 (GCMs) هي GFDL و HGEM و IPSL فى ظل سيناريوهات RCP 8.5 و SSP2. تم دراسة التغيرات في الأمطار (الهطول)، ودرجة الحرارة، والتبخر المحتمل (PET) للتعرف بصورة أدق علي تأثير التغيرات المناخية على الزراعة في مصر حيث تسقط أمطار قليلة جدًا.

1.3 التغيرات في أنماط درجات الحرارة حتى عام 2050

يظهر شكل 2 خرائط توضح تدرج درجات الحرارة للتغيرات التاريخية والمستقبلية في متوسط درجة الحرارة اليومية لمصر والدول الأخرى في حوض نهر النيل. تُسجل أعلى درجات الحرارة في السودان، تليها جنوب السودان وأجزاء من جنوب مصر. أما أقل درجات الحرارة في حوض النيل فتوجد في منطقتي المرتفعات الإثيوبية والمناطق الساحلية في مصر، لا سيما شمال غرب مصر (في الجزء التاريخي). أما لوحات التغير في درجات الحرارة GFDL) و HGEMو (IPSL فتعرض التغيرات في درجات الحرارة من الفترة 1970-2000 إلى 2040-2050، حيث تكون التغيرات أعلى في السودان وأجزاء من جنوب مصر، وأقل في جنوب السودان.

شكل 2. درجات الحرارة المتوقعة فى حوض النيل بحلول 2050



Source: WorldClim 2.0 online

10.21608/meae.2024.344523.1351

يوضح جدول 5 أنه تاريخيًا، كانت درجات الحرارة اليومية المتوسطة عند أقل مستوي في إثيوبيا عند 21.0 درجة مئوية، تليها مصر بـــ 23.2 درجة مئوية، وأعلى في السودان عند 27.4 درجة مئوية. التغيرات المتوقعة جميعها إيجابية لحوض النيل، حيث تكون أعلى في السودان (+3.4 و +3.95 درجة مئوية) و +3.3 درجة مئوية في مصر.

جدول 5 . درجات الحرارة التاريخية والمستقبلية في حوض نهر النيل بحلول عام 2050

الدولة	التاريخية	التغير عن القيم التاريخية			
		GFDL	HGEM	IPSL	المتوسط
	درجة الحرارة (°م)				
مصر	23.2	3.7	3.5	2.8	3.3
السودان (النيل)	27.4	3.2	3.8	3.1	3.4
السودان (خارج النيل)	24.9	3.9	4.2	3.6	3.9
جنوب السودان	26.9	2.8	3.3	2.7	2.9
إثيوبيا	21	3	3.4	3.2	3.2

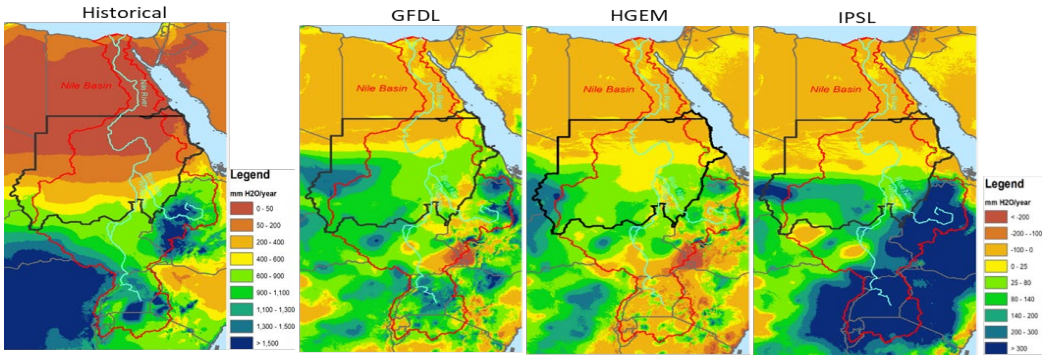
المصدر: *البيانات الأساسية: WorldClim 2.0 عبر الإنترنت*

2.3 معدلات الهطول التاريخية والمستقبلية فى حوض النيل

يظهر شكل 3 متوسط الأمطار السنوية (الهطول) لفترة الأساس (التاريخية) أن مصر تشهد القليل جدًا من الأمطار، على الرغم من أن المنطقة الساحلية تستقبل كمية أكبر قليلاً من بقية البلاد. أما مرتفعات إثيوبيا، خاصة منطقة جنوب غرب بحيرة تانا، فهي أكثر رطوبة، كما هو الحال في المنطقة المحيطة ببحيرة فيكتوريا وجنوب غرب جنوب السودان .ويوضح جدول 6 هطول الأمطار خلال فترة الأساس (التاريخية) من 1970-2000، وكذا الانحرافات (التغيرات) المتوقعة عن قيم الأساس لدرجات الحرارة في الفترة من 2040-2060. كانت إثيوبيا وجنوب السودان الأكثر رطوبة بين دول حوض النيل، حيث سجلت الأمطار السنوية المتوسطة 1,173 و 959 مم/سنة على التوالي. باستثناء مصر، التي من المتوقع أن تصبح أكثر جفافًا. ومن المتوقع أن تشهد جميع الدول الأخرى زيادة في الهطول مقارنة بفترة الأساس. كذلك من المتوقع أن تصبح إثيوبيا وجنوب السودان أكثر رطوبة بحلول عام 2050، بزيادة لإثيوبيا 201 مم، ولجنوب السودان 85 مم/سنة.

تشهد جميع الدول الأخرى زيادة في الهطول مقارنة بفترة الأساس. كذلك من المتوقع أن تصبح إثيوبيا وجنوب السودان أكثر رطوبة بحلول عام 2050، بزيادة لإثيوبيا 201 مم، ولجنوب السودان 85 مم/سنة.

شكل 3: هطول الأمطار فى حوض النيل بحلول 2050:



Source: WorldClim 2.0 online

جدول 6. معدلات الأمطار التاريخية والمستقبلية في حوض نهر النيل بحلول عام 2050

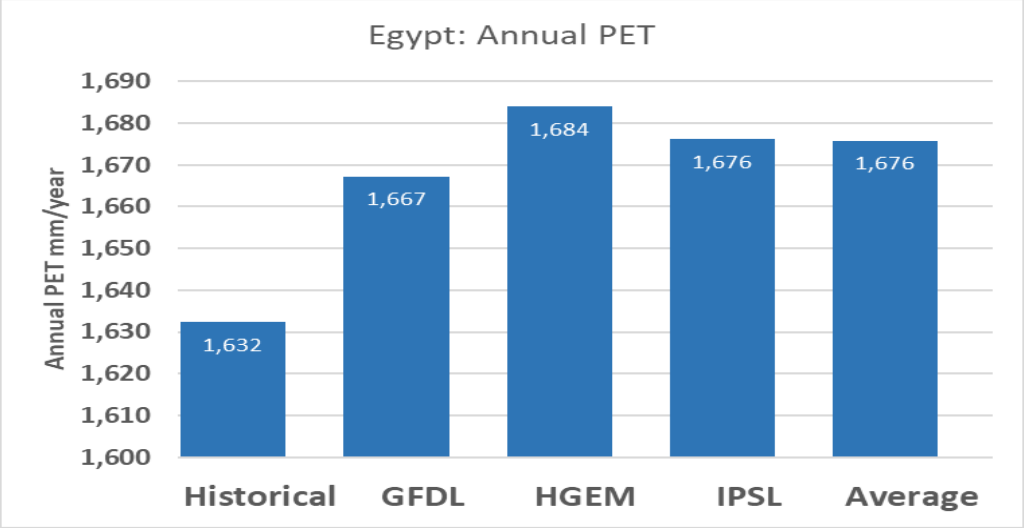
الدولة	التاريخية	التغير عن القيم التاريخية			
		GFDL	HGEM	IPSL	المتوسط
	مم / سنة				
مصر	15	1-	2-	3-	2-
السودان (النيل)	257	60	36	69	55
السودان (خارج النيل)	140	80	53	49	61
جنوب السودان	959	68	34	153	85
إثيوبيا	1173	90	40	472	201

Source: WorldClim 2.0 online

3.3 زيادة الطلب على المياه للري في حوض نهر النيل

فى ظل التوقعات بزيادة هطول الأمطار في جميع دول حوض نهر النيل، باستثناء مصر، بحلول عام 2050، من المتوقع أن يتوفر المزيد من المياه للري (علي مستوي الحوض)؛ جزء منها سيستخدم مباشرة فى ري المحاصيل (المياه الخضراء)، بينما ستشهد مصر انخفاضًا في الهطول. كما يتوقع أن تزيد مياه الجريان السطحي (ما تسمي بالمياه الزرقاء) التي تتدفق إلى شبكة الأنهار وتغذي المياه الجوفية في حوض النيل – وكلا المصدرين يتم الاستفادة منهما فى الري فى كل دول الحوض، بما في ذلك في مصر. ومن ناحية أخري فإنه فى ظل التوقعات بارتفاع درجات الحرارة، من المتوقع زيادة معدلات بخر المياه من نهر النيل، كما سيزيد البخر- نتح Evapotranspiration للمحاصيل، مما يعني زيادة طلب المحاصيل على المياه (ما يطلق عليه المقننات المائية)، ومن ثم زيادة الضغط المائي للمحاصيل الغذائية (الحبوب وغيرها) في مصر (شكل 4).

شكل 4. زيادة طلب المحاصيل علي المياه، 2050



Source of basic data: DSSAT crop model

10.21608/meae.2024.344523.1351

4. تأثيرات التغيرات المناخية على محاصيل الحبوب الاستراتيجية

يعد تقدير تأثيرات التغيرات المناخية على قطاع الزراعة والاقتصاد ككل، أمرًا علي درجة من التعقيد، حيث يتطلب تضمين التأثيرات البيوفيزيقية، مثل التغيرات المتوقعة فى إنتاجيات المحاصيل؛ وكذا العوامل الاقتصادية، مثل أسعار الغذاء، وتأثيرات الدخل والعمالة؛ وأيضًا آثارها على الرفاهية والأمن الغذائي. وفيما يلي يتم عرض وتحليل ومناقشة نتائج محاكاة نموذج IMPACT وبالتحديد فيما يتعلق بتأثير التغيرات المناخية علي إنتاجية وأسعار الحبوب الاستراتيجية واستجابة المزارعين للأسعار، وأثر التغيرات المناخية علي التجارة الخارجية لمحاصيل الحبوب الاستراتيجية، وتقدير التكاليف الاقتصادية للتغيرات المناخية. وتجدر ملاحظة أن نتائج المحاكاة فى الأصل تشمل جميع المحاصيل الزراعية والمنتجات الحيوانية فى القطاع الزراعي المصري، ومع ذلك تم الاكتفاء بعرض النتائج المتعلقة بالحبوب الاستراتيجية الثلاثة، وهى القمح والأرز والذرة، التزاما بنطاق هذا البحث.

1.4 تأثير التغيرات المناخية علي إنتاجية وأسعار الحبوب واستجابة المزارعين للأسعار

فيما يتعلق بمصر، يمكن تصنيف تأثيرات التغيرات المناخية إلى تأثيرات بيوفيزيقية وأخري اقتصادية. وتتمثل التأثيرات البيوفيزيائية في التغيرات في نمو النبات (الإنتاجية) نتيجة للإجهاد الحراري Heat stress بسبب ارتفاع درجات الحرارة؛ والإجهاد المائيWater stress بسبب زيادة الطلب على المياه رغم زيادة الهطول؛ والتملح Salinization الناتج عن تسرب المياه المالحة والترسبات طويلة الأجل من المعادن والأملاح من نهر النيل، والتي لم يتم تنظيفها بانتظام عن طريق الصرف الزراعي.ويظهر جدول 7 أن التأثيرات الفردية والتراكمية لمؤثرات الإجهاد البيوفيزيقي Biophysical stress يمكن أن تؤدي إلى تقليص إنتاجيات محاصيل الحبوب الاستراتيجية بنسبة تصل إلي أكثر من 14%علي مستوي القطاع ككل وتؤدي التغيرات المناخية منفردة إلي نقص فى إنتاجية الحبوب بنسبة 7.9%، بينما تؤدي ندرة المياه والتملح إلي نقص قدره 6,7%أما علي مستوي المحصول فيد الذرة الأكثر تأثرا سواء علي المستوي التراكمي أو علي مستوي الأثر المنفرد.

جدول 7. التأثيرات البيوفيزيائية لتغير المناخ وندرة المياه والملوحة على إنتاجية المحاصيل في مصر بحلول عام 2050

السلعة	تأثيرات تغير المناخ	تأثيرات ندرة المياه والملوحة	التأثيرات التراكمية
		%	
جميع الحبوب	7.91-	6.7-	14.09-
الذرة	18.26-	13.45-	29.26-
الأرز	9.32-	2.43-	11.52-
القمح	1.27	4.03-	2.8-

المصدر: وحدات التأثيرات البيوفيزيائية في IMPACT

من جهة أخرى، فإن التأثيرات الاقتصادية للتغيرات المناخية تظهر من خلال أسعار الغذاء، التي من المتوقع أن ترتفع بسبب انخفاض الإنتاجية والإنتاج عالميًا. ويتم مناقشة تأثيرات التغيرات المناخية على الأمن الغذائي

والتغذية ورفاهية المجتمع نتيجة لزيادة أسعار الغذاء في الأقسام التالية. وفي هذا القسم، يتم التركيز على المفهوم الاقتصادي لاستجابة العرض من المنتجين لزيادة الأسعار العالمية للغذاء، حيث تؤثر هذه الأسعار على الآثار المرتدة على الإنتاجية الفعالة (المحاصيل) والإنتاج نتيجة لتأثيرات التغير المناخي.

من المتوقع أن ترتفع أسعار السلع الغذائية بسبب التغيرات المناخية، وسيتفاعل المزارعون في مصر بشكل إيجابي من خلال زيادة الإنتاج – إما بتوسيع المساحات الزراعية أو من خلال تطبيق التقنيات المتاحة لتحسين الإنتاجية في مزارعهم. وفي السياق المصري، حيث المساحات الزراعية محدودة، فإن استجابة العرض المنطقية تتم من خلال تبني تقنيات أفضل، وفي هذه الحالة، تقنيات التكيف مع التغير المناخي، أو التقنيات الزراعية الذكية .(CSA) الرسالة الرئيسية هنا هي أن المزارعين على استعداد للاستفادة من زيادة أسعار منتجاتهم من خلال تبني التقنيات الزراعية الذكية المتاحة لهم.

تم تقديم تأثير استجابة العرض من المنتجين لزيادة الأسعار على أنه زيادة في إنتاجيات المحاصيل الغذائية مقارنة بما سيحدثه التغير المناخي، باستثناء الحبوب حيث لا تكون الزيادة في الأسعار مرتفعة بما يكفي لتحفيز الاستجابة المناسبة من العرض. بالنسبة لجميع المحاصيل الأخرى، ستعمل استجابة المزارعين على تقليل تأثيرات التغير المناخي على الغلال بشكل فعال – لا سيما بالنسبة للحبوب (-14.09% مقابل -9.96%)، خاصة للذرة (-29.26% مقابل -20.95%). ومع ذلك، فإن استجابة عرض المزارعين، بمفردها، غير كافية لمواجهة الآثار السلبية على الإنتاجية الناتجة عن التغيرات المناخية

جدول 8. تأثير تغير المناخ على انتاجية المحاصيل الحقلية في مصر بحلول عام 2050

السلع الغذائية	توقعات 2050		
	2020 بدون تغيرالمناخ	مع تغير المناخ	التغير
	طن/فدان		%
إجمالي الحبوب	2.76	2.95	2.66	9.96-
الذرة	3.20	3.41	2.69	20.95-
الأرز	2.42	2.47	2.24	9.58-
القمح	2.71	2.89	2.87	0.04-

المصدر: نتائج محاكاة نموذج IMPACT

تنعكس الآثار اللاحقة لخسائر الإنتاجية على إنتاج السلع الغذائية. ويجب ملاحظة أن تأثيرات المناخ على إنتاج المنتجات الغذائية ذات المصادر الحيوانية تحدث بشكل غير مباشر من خلال تأثر الأعلاف (مثل الحبوب الخشنة والحبوب الأخرى). ومن المتوقع أن ينخفض إنتاج معظم السلع الغذائية، بما في ذلك المنتجات

10.21608/meae.2024.344523.1351

ذات المصـادر الحيوانية، بسـبب التغير المناخي، الحبوب (-11.53%)، خاصـة للذرة (-23.77%) والأرز (8.10%) جدول 9، مقارنة بسيناريو عدم وجود تغيرات مناخية.

جدول *9* . أثر التغيرات المناخية على الإنتاج الكلي للحبوب في مصر بحلول عام 2050

المحصول	2020	توقعات 2050		
		بدون تغير المناخ	مع تغير المناخ	التغير
	ألف طن			%
إجمالي الحبوب	20836	22556	19954	11.53-
الذرة	7944	9076	6919	23.77-
الأرز	2894	2772	2548	8.1-
القمح	8936	9528	9405	1.29-

المصدر: نتائج محاكاة نموذج IMPACT

تتوقع الاتجاهات المماثلة لخسـائر الإنتاجية الناتجة عن التغير المناخي وانخفاض الإنتاج في مصـر. وبالتالي، من المتوقع أن ترتفع أسعار السلع الغذائية بنحو 23% للذرة، ونحو 19% للأرز، بينما يزيد سعر القمح بحو 2.5% مما يجعل الطعام أقل قدرة على التحمل وبالتالي أقل وصولًا للفقراء (جدول 10، شكل 5).

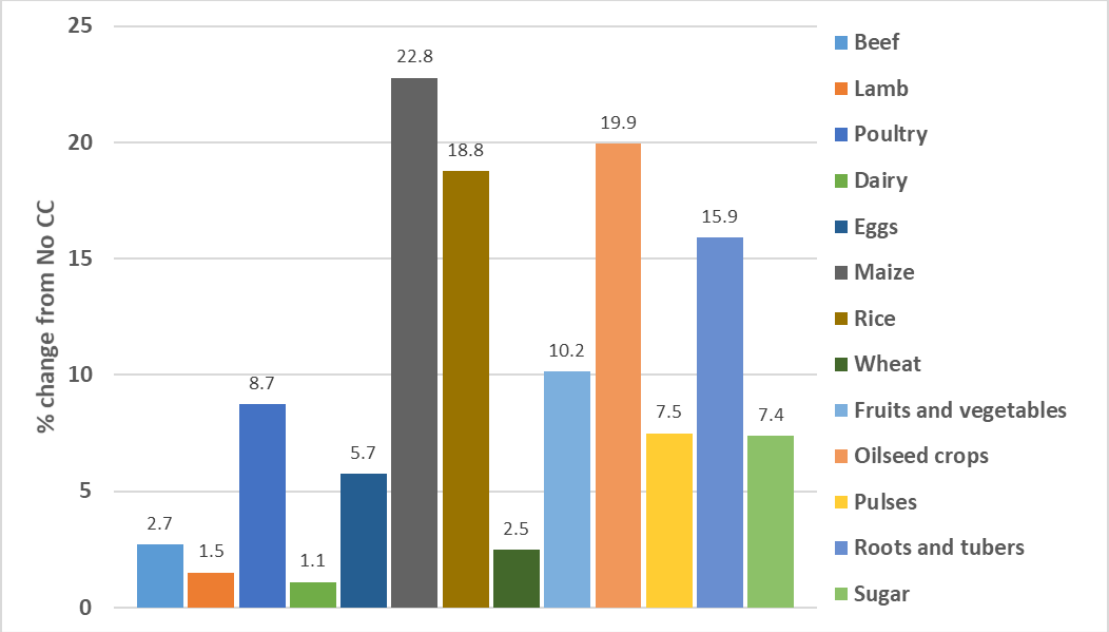
جدول 10: أثر التغيرات المناخية علي أسعار محاصيل الحبوب، بحلول 2050

السلعة	توقعات 2050			
	الخط الأساس 2020	بدون تغير المناخ	مع تغير المناخ	التغير
	دولار/طن			%
إجمالي الحبوب	237	268	305	14
الذرة	174	212	260	22.8
الأرز	374	427	507	18.8
القمح	253	287	294	2.5

المصدر: نتائج محاكاة نموذج IMPACT

10.21608/meae.2024.344523.1351

شكل 5 : الزيادات المتوقعة في الأسعار العالمية للسلع الغذائية نتيجة للتغيرات المناخية، بحلول 2050



المصدر: نتائج محاكاةIMPACT

2.4 أثر التغيرات المناخية علي التجارة الخارجية لمحاصيل الحبوب الاستراتيجية

من المتوقع أن يتراجع صافي التجارة الغذائية في مصر، حيث ستنخفض الواردات بشكل عام للحبوب (مثل الذرة والأرز)، والزيوت النباتية، والسكر؛ كما ستنخفض الصادرات من الفواكه والخضروات والألبان (جدول 11).

جدول 11. أثر التغيرات المناخية علي التجارة الخارجية للحبوب، بحلول 2050

السلع الغذائية	خط الأساس 2020	توقعات 2050		
		بدون تغير المناخ	مع تغير المناخ	التغير عن سيناريو عدم تغير المناخ
		ألف طن		
إجمالي الحبوب	17789-	40573-	36774-	3799
الذرة	7975-	20882-	16972-	3910
الأرز	1385-	2860-	2808-	51
القمح	7796-	13745-	13808-	63-

ملاحظة: القيم السلبية تعني إما انخفاض في الصادرات أو زيادة في الواردات، والقيم الإيجابية تعني إما زيادة في الصادرات أو انخفاض في الواردات. المصدر: نتائج محاكاة نموذجIMPACT

ومع ذلك، يمكن أن يكون التراجع في الواردات نتيجة لزيادة الإنتاج المحلي أو بسبب ارتفاع أسعار الواردات. بما أن الإنتاج المحلي لهذه السلع المستوردة من المتوقع أن ينخفض، فإن التراجع العام في الواردات يرجع إلى الأسعار التي أصبحت أقل قدرة على التحمل من قبل المستهلكين (Mostafa et al,. 2024) ، مما يؤدي

10.21608/meae.2024.344523.1351

إلى انخفاض الاستهلاك، ويؤثر على حالة الأمن الغذائي والتغذية في البلاد. ويعرض جدول 12 انخفاضات الاستهلاك الناجمة عن ارتفاع أسعار الغذاء العالمية وتراجع الإنتاج المحلي للغذاء. ومن المتوقع أن ينخفض استهلاك جميع السلع الغذائية. وسوف يكون الانخفاض في الاستهلاك أكبر بالنسبة للأرز ويبلغ 5.38%.

جدول 12 . التغيرات فى معدلات السعرات الحرارية من استهلاك الحبوب فى مصر نتيجة للتغيرات المناخية، بحلول 2050

السلع الغذائية	خط الأساس 2020	توقعات 2050 للاستهلاك		
		بدون تغيرالمناخ	مع تغير المناخ	التغير عن سيناريو عدم تغير المناخ
الاستهلاك السنوي	*كجم/فرد/سنة*			*%*
إجمالي الحبوب	236	235.2	231.6	1.52-
الذرة	56.8	55.4	54.1	2.32-
الأرز	36.8	35.6	33.7	5.38-
القمح	139.1	140.8	140.5	0.23-
استهلاك السعرات الحرارية اليومية	*كالوري/فرد/يوم*			%
	3,442	3,788	3,722	1.74-

المصدر: نتائج محاكاة نموذج IMPACT

3.4 التكاليف الاقتصادية للتغيرات المناخية

تم استخدام تحليل التكلفة والعائد (Cost/Benefit Analysis (CBA)) لتقدير الآثار الاقتصادية طويلة الأجل للتغيرات المناخية على رفاهية منتجي ومستهلكي السلع الزراعية، ومن ثم على رفاهية المجتمع ككل. وفى هذا الإطار يتم قياس التكاليف والمنافع التي تعود علي المجتمع نتيجة لحدوث التغيرات المتوقعة وتأثيرها علي العرض والطلب على المستوى العالمي علي المدي الطويل. وقد تم حساب التكلفة الاقتصادية للتغيرات المناخية بنحو 2.43 تريليون دولار أمريكي للفترة من 2020 إلى 2050 (جدول 13)، حيث يتحمل المستهلكون الجزء الأكبر من التكاليف عن طريق دفع أسعار أعلى للغذاء، مما يؤدي إلى خسائر في رفاهية المستهلكين تقدر بنحو 4.89 تريليون دولار. من ناحية أخرى، من المتوقع أن يسجل المنتجون صافي ربح قدره 2.47 تريليون دولار إجمالًا، بسبب ارتفاع الأسعار لمنتجاتهم، والتي يُتوقع أن تعوض الانخفاضات في الإنتاج.

أما بالنسبة للتكاليف الاقتصادية للسكان المصريين، فقد تم تقديرها بنحو 55.28 مليار دولار للفترة من 2020 إلى 2050، أي حوالي 1.84 مليار دولار سنويًا. وبالمثل، من المتوقع أن يتحمل المستهلكون المصريون الجزء الأكبر من تكاليف التغيرات المناخية، حيث تقدر هذه التكاليف بنحو 66.25 مليار دولار للفترة ذاتها أو 2.21 مليار دولار سنويًا، في حين يحقق المنتجون متوسط ربح قدره 1.97 مليار دولار إجمالًا، أي 0.37 مليار دولار سنويًا، مما يعني أن الأسعار المرتفعة تعوض أكثر من خسائر الإنتاجية. ومع ذلك، فإن معظم الفلاحين — وخاصة صغار المزارعين — هم منتجون هامشيون ومشترون صافي للغذاء، وبالتالي من المتوقع أن يتكبدوا في المجمل خسائر اقتصادية نتيجة للتأثيرات المجمعة على المنتجين والمستهلكين.

10.21608/meae.2024.344523.1351

جدول 13. التغير فى الرفاهية الاجتماعية نتيجة للتغيرات المناخية علي مستوي مصر والعالم، 2020-2050

الدولة/المنطقة	مؤشرات الرفاهية		
	الفائض المنتج	فائض المُستهلك	اجمالي الفائض الاقتصادي
	صافى القيمة الحالية (مليار دولار أمريكي) *		
العالم	2468	4894-	2427-
مصر	10.97	66.25-	55.28-
القيمة السنوية	0.37	2.21-	1.84-

فى ظل تطبيق معدل الخصم الفعلي 3% المصدر:نتائج محاكاة نموذج IMPACT

5. استراتيجيات الاستثمار والسياسات لبناء القدرة على التكيف علي المدي الطويل

تم تقدير التكلفة المترتبة علي آثار التغيرات المناخية وندرة المياه كبيرة في مصـــر بنحو 1.84 مليار دولار سنويًا، مما يبرز الحاجة الماسة لوضع سياسات استثمار وخيارات تكيفية لبناء القدرة على التكيف والاستدامة على المدى الطويل في نظم الأغذية الزراعية (Derouez et al,. 2024) . تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) الســادس، "تغير المناخ 2022: الآثار، التكيف والهشــاشــة"، لا يقتصــر على تقييم آثار التغير المناخي فقط، بل يراجع أيضًـــا المخاطر المرتبطة بالمجالات الرئيســية في نظم الأراضـــي والمياه، بما في ذلك الأمن المائي والغذائي. تشـــمل خيارات التكيف الممكنة لمواجهة مخاطر الأمن المائي كفاءة استخدام المياه وإدارة الموارد المائية (Jungudo et al,. 2023)، بينما تشمل خيارات التكيف لمخاطر الأمن الغذائي تحسين إدارة الأراضي الزراعية وأنظمة الثروة الحيوانية الفعّالة. تشمل تقنيات التكيف المحددة لإدارة الأراضـي الزراعية بشكل أفضـل تقنيات الأصـناف، إدارة خصـوبة التربة، إدارة مياه الري، تغييرات في مواعيد الزراعة، والتقنيات المشتركة أو المدمجة. يمكن أن تسهم هذه الخيارات، مع السياسات الاستثمارية العامة الداعمة، في تعزيز توفر الغذاء واســتقراره وتقليل المخاطر المناخية على نظم الغذاء مع تعزيز الاستدامة.

علاوة على ذلك، يواصل التقرير المشار إليه بإصداراته المتتابعة (IPCC,2014) تصنيف استجابات التكيف إلى: 1) الاستجابات التكنولوجية (مثل تطوير أصناف جديدة من المحاصيل الأكثر تكيفًا مع التغير المناخي؛ تحســين ممارســات إدارة التربة والمياه؛ الجيل الجديد من الحماية النباتية)؛ 2) اســتجابات دعم المزارعين الصغار (مثل تعزيز الوصول إلى الائتمان والموارد الإنتاجية الأساسية؛ تنويع سبل العيش)؛ 3) الاستجابات المؤسسية (مثل تعزيز المؤسسات على المستويات المحلية والوطنية والإقليمية لدعم الزراعة، بما في ذلك المنظمات المجتمعية، والمؤســسـات الريفية، والسـياسـات الموجهة نحو النوع الاجتماعي)؛ 4) اسـتجابات التكيف الزراعي مثل الزراعة الحراجية والزراعة المســتدامة. وبناءً على هذه المبادئ، يهدف هذا الجزء إلى

10.21608/meae.2024.344523.1351

تطوير وتحليل وتوصية خيارات الاستثمار والسياسات، ليس فقط للتكيف ومواجهة آثار التغيرات المناخية، ولكن أيضًا لبناء القدرة على التكيف طويلة الأجل في الزراعة المصرية.

1.5 خيارات السياسات والاستثمار لمواجهة آثار التغيرات المناخية فى مجال إنتاج الحبوب الاستراتيجية والقطاع الزراعي

فى ضوء المخاطر المناخية المحددة التي يواجهها القطاع الزراعي (Elemam et al,. 2024)؛ بما فى ذلك من القيود المتعلقة بالموارد الأرضية والمائية ؛ والأداء المتراجع للزراعة مؤخرًا - والتي تهدد استقرار واستدامة نظم الغذاء – يتناول البحث بالتحليل محفظتين من خيارات (أو سيناريوهات) الاستثمار التي تمثل استجابات محتملة للتكيف مع التغيرات المناخية. كما يُنظر إليها على أنها تهدف إلى بناء قدرة أكبر على التكيف والاستدامة على المدى الطويل في القطاع. القدرة على التكيف - للبقاء فعّالة وقادرة على المنافسة في ظل الصدمات المناخية والاقتصادية؛ والاستدامة. وقد تم صياغة وتطبيق هذه السيناريوهات الاستثمارية، المحددة أدناه، في إطار IMPACT ، مجموعة النماذج البيوفيزيائية-الاقتصادية الموضحة مسبقا.

1.1.5 سياسة الاستثمار في التطوير التكنولوجي والإرشاد Technology Development and Extension (TDE)

يستند خيار التكيف هذا إلى استثمار في البحث والتطوير الزراعي لتطوير ونشر حزم من التكنولوجيا استجابةً للتغير المناخي. تُسمى هذه التقنيات تقنيات الزراعة الذكية مناخيًا Agriculture Climate-smart ((CSA) والتي تعد أكثر إنتاجية وكفاءة ومرونة في مواجهة الصدمات والمخاطر القصيرة والمتوسطة والطويلة الأجل المرتبطة بتغير المناخ وتباينه.

- **زيادة إنتاجية المحاصيل والمياه**

على الرغم من أن المجتمع البحثي في مصر يقود بالفعل تطوير بعض تقنيات مقاومة للمناخ ملائمة للظروف المحلية، فإن هناك حاجة ماسة إلى تمويل إضافي كبير وأكثر تركيزا علي البحث الزراعي والتنمية ونقل التكنولوجيا(Research and Development and Extension (RDE)) للتصدي بشكل كافٍ للمخاطر المناخية التي تواجهها مصر. مع ملاحظة أن معظم هذه التقنيات لا يزال في مراحل البحث سواء فى المعاهد البحثية أو في تقييمها على أرض الواقع، ولكن بعضها، على نطاق محدود، بدأ يتم تطبيقه بالفعل من قبل المزارعين في حقولهم، ومنها ماهو موجود فى القائمة التالية.

- **قائمة التكنولوجيات التي يمكن تطبيقها فى إطار الزراعة الذكية مناخيا**

- استخدام الأصناف المحسّنة التي تسمح للنبات بالحفاظ على العوائد عند درجات حرارة أعلى. (تكنولوجيا تحمل الحرارة/ تكنولوجيا الأصناف والتقاوي)
- أصناف بذور تتحمل الفيضانات أو الظروف الممطرة بشكل مكثف. بعض الأصناف يمكن أن تتحمل المياه الزائدة وحتى الغمر المستمر تحت الماء (تحمل الفيضانات)
- أصناف محسّنة تسمح للنبات بتحقيق عوائد أفضل من الأصناف العادية بفضل قدرتها المحسّنة على امتصاص الرطوبة من التربة وتقليل قابليتها لنقص المياه (تحمل الجفاف)
- تطوير أصناف بذور مقاومة للتربة والمياه المالحة، بسبب التسلل المائي المالح وارتفاع مستوى البحر الناجم عن التغيرات المناخية. الحد الأدنى أو عدم وجود تقليب للتربة، وغالبًا ما يتم دمجها مع الاحتفاظ بالمخلفات، الدورة الزراعية، واستخدام المحاصيل المغطاة التي تعزز خصوبة

التربة الطبيعية. يُستخدم أيضًا البذر المباشر في هذه التكنولوجيا (البذر بدون حرث والبذر المباشر/ تكنولوجيا إدارة خصوبة التربة)

- مزيج من الأسمدة الكيميائية، المخلفات المحصولية، والسماد العضوي/الكومبوست. يتضمن إدارة خصوبة التربة الموجهة حسب الموقع، وتحليل التربة، ومطابقة الأسمدة مع نقص العناصر الغذائية (الإدارة المتكاملة لخصوبة التربة)
- استخدام مصادر الأسمدة العضوية فقط، بالإضافة إلى مكافحة الآفات والأعشاب الضارة، دون استخدام المواد الكيميائية في إنتاج وحماية المحاصيل (الزراعة العضوية، والتسميد البني والأخضر).
- زيادة استخدام المدخلات لزيادة وتحسين مستوى العوائد. عادة ما يتضمن ذلك زيادة استخدام الأسمدة وتوسيع المساحات الزراعية لزيادة امتصاص الضوء (التكثيف الكامل أو الجزئي).
- استخدام تكنولوجيا تحديد المواقع عبر الأقمار الصناعية (GPS) لتوزيع المدخلات الزراعية، جنبًا إلى جنب مع الممارسات المنخفضة التقنية التي تهدف إلى تحسين إدارة المحاصيل (مثل التباعد الفعال للنباتات، واستخدام النوافذ الزمنية المناسبة للزراعة). يشمل أيضًا التطبيق المحلي للمياه والمواد الكيميائية والأسمدة (الزراعة الدقيقة Precision Agriculture)
- توجيه المياه نحو حقول المحاصيل من خلال أنظمة تجميع كبيرة أو صغيرة أو باستخدام السدود الأرضية، أو التلال، أو التدرجات (حصاد المياه / تكنولوجيا إدارة المياه الري).
- استخدام تكنولوجيا الليزر الدقيقة في بناء السدود وتجهيز الأرض لإدارة تدفق المياه وتطبيق الري بكفاءة (تسوية الأرض بالليزر)
- تقنية توفير المياه تشمل تطبيق المياه للري بكفاءة، بما في ذلك توقيت الرِّيات بشكل يتزامن مع احتياجات النباتات للمياه في مراحل نمو مختلفة. يمكن دمجها مع تطبيق الأسمدة ومكافحة الأعشاب الضارة (نظام الجفاف والري المتناوب). مشابه للزراعة الدقيقة، ولكن يركز على التطبيقات الدقيقة للمياه على أساس الموقع والزمن. يشمل تقنيات مثل الري بالتنقيط، أنظمة الري بالرش، والأنظمة المائية مثل الزراعة المائية (تطبيق المياه بدقة).
- استخدام معالجات كيميائية لحماية المحاصيل من الأعشاب الضارة الحالية والتي قد تظهر بسبب التغيرات المناخية (حماية من الأعشاب الضارة /تكنولوجيا حماية المحاصيل).
- استخدام معالجات كيميائية لحماية المحاصيل من الحشرات والآفات المفصلية الحالية والمستقبلية الناجمة عن التغيرات المناخية (الحماية من الحشرات).
- استخدام معالجات كيميائية لحماية المحاصيل من الأمراض والعوامل الممرضة المرتبطة بالتغيرات المناخية (الحماية من الأمراض).
- تطبيق مجموعة من التقنيات المكملة من مجموعات تكنولوجيا مختلفة على نفس المزرعة. يتضمن ذلك عادةً استخدام ما لا يقل عن ثلاث تقنيات: واحدة من مجموعة الأصناف والبذور، وأخرى من مجموعة إدارة التربة والري، وأخرى من مجموعة حماية المحاصيل (مزيج من التقنيات المكملة /حزمة التكنولوجيا المركبة).

ويتمثل جوهر سيناريو الاستثمار في التطوير التكنولوجي والإرشاد في دعم البحث والتطوير والإرشاد (RDE)للنظام القومي للبحث الزراعي في مصر (NARS) بالتعاون مع المراكز الدولية للبحث الزراعي في مصر والمنطقة. يشمل الاستثمار أيضًا في الخدمات المساعدة مثل صناعة البذور، وأسواق المدخلات الأخرى (مثل الأسمدة والمواد الكيميائية والآلات الزراعية)، والخدمات البيطرية، والدعم المعلوماتي المستند إلى تكنولوجيا المعلومات، والمعلومات التسويقية، ونظام الإنذار المبكر للطقس، وتأمين المحاصيل، ومرافق الائتمان، والتي تشكل مكونات الدعم لحزمة الاستثمار فيTDE ، والتي يجب تنفيذها ليكون الاستثمار فعالاً . من المتوقع أن يصل معدل التبني إلى 60% خلال 25 سنة مع أهداف بنسبة 20% للسنوات الخمس الأولى (2025-2030)؛ و20% أخرى بحلول عام 2040؛ و20% إضافية بحلول عام 2050.

2.1.5 سياسة الاستثمار في تطوير المشاريع الريفية (RED)

تدرج الاستراتيجية الوطنية لتغير المناخ (NCCS) للفترة 2023-2030 العديد من مشاريع التكيف والتخفيف المتعلقة بالزراعة والمياه، بإجمالي 8.22 مليار دولار أمريكي للفترة الممتدة على 12 عامًا. تم تخصيص حوالي 35% من هذا المبلغ لتحسين كفاءة استخدام المياه في الري بنسبة لا تقل عن 20 نقطة مئوية (من 50% إلى 70%) من خلال تحديث قطاع الري، وحماية سبل عيش المزارعين، وتعزيز القدرة التنافسية والاستدامة للنظام الغذائي الزراعي. وتنطوي الاستراتيجية ضمنا علي الترويج لزراعة المحاصيل الزراعية عالية القيمة والأقل استهلاكًا للمياه (مثل الفواكه والخضروات) بدلاً من الحبوب منخفضة القيمة والمرتفعة استهلاكًا للمياه مثل الأرز، مما يؤدي إلى تحسين كفاءة الري من خلال تقليل الري بالغمر في أراضي الأرز. كما يتحقق مستوى من الاستدامة البيئية عندما يتم تقليل انبعاثات الميثان (CH4) مع تراجع مساحات الأرز .وتشمل مجالات الاستثمار المحتملة الأخرى المتعلقة بتكيّف المناخ والتخفيف من آثاره؛ تقليل التخمير المعوي في الثروة الحيوانية؛ الحد من الفاقد في المزرعة وما بعد الحصاد، وتحسين كفاءة سلاسل القيمة الغذائية، وتوفير البنية التحتية والتسهيلات السوقية؛ وتقليل تكاليف التسويق التي تؤثر على دخول المزارعين..

ويعد الاستثمار في تطوير المشاريع الريفية المجتمعية(RED) ، المقترح في هذه الدراسة، استراتيجية استثمارية بديلة يمكن أن يكون محل نظر متخذي القرار. هذه الخيار الشامل للتكيف يعتمد على الاستجابات المؤسسية التي تشمل التحفيز الريفي وتقوية المؤسسات المجتمعية على المستويات المحلية والوطنية والإقليمية لدعم العلاقة الثلاثية (الإنتاجية، سبل العيش ودخل الأسر، وتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة وأثر المياه) في النظم الغذائية في مصر .وهو يعتمد على إعادة هيكلة التعاونيات الريفية إلى مشاريع ريفية مجتمعية موجهة نحو الأعمال التجارية، حيث يعمل كل مزارع أو مجموعة مزارعين كأصحاب أسهم لهم مصلحة مالية. وتعمل هذه المشاريع الريفية المجتمعية أو مشاريع الأعمال الزراعية الريفية Rural agribusiness enterprises كمنظمات تجارية تهدف بشكل أساسي إلى أن تكون تنافسية في صناعة الأعمال الزراعية وأن تكون مربحة لكل عضو.

وبعد سيناريو الاستثمار في تنمية المشاريع الريفية:(RED) يعد سيناريو الاستثمار هذا خيارًا أكثر شمولاً بالمقارنة بسيناريو "التطوير التكنولوجي والإرشاد " TDE يتضمن جميع مكوناته مضافا إليها مكون يتعلق بتحفيز المجتمعات الريفية وتطوير صناعة الأعمال الزراعية المجتمعية. وله القدرة على تحقيق فوائد اقتصادية واجتماعية أكبر من خلال تحقيق الثلاثية المنتجة وهي: زيادة الإنتاجية، وتحسين سبل العيش

والدخل الأســـري، وتقليل انبعاثات غازات الدفيئة وملامح المياه – وهي المؤشـــرات التي تدل على مرونة واســتدامة النظام الزراعي الغذائي في البلاد .بالإضــافة إلى نفس دعم البحث والتطوير والإرشــاد والخدمات المســاعدة كما فيTDE ، يشـمل سـيناريو الاسـتثمار في :RED (أ) تحديث أنظمة الري مثل الري بالتنقيط لمحاصــيل الفاكهة والخضــروات وأنظمة الري بالرش؛ (ب) تقليص مســاحة الأرز إلى حوالي (700,000 فدان تتم زراعتها فى منطقة شـمال الدلتا ؛ (ج) توفير البنية التحتية والتسـهيلات لما بعد الحصـاد، المعالجة، التخزين، والتســويق للحد من الفاقد وتقليل التكاليف التســويقية – مما يؤدي إلى تقليص الفاقد والتلف بنســبة 75% وتكاليف التسويق بنسبة 50%؛ (هـ) توفير خدمات المدخلات المساعدة مثل صناعة البذور للمحاصيل الحقلية، وبصــفة خاصــة محاصــيل الحبوب، والفواكه والخضــروات؛ والأســمدة ومواد مكافحة الآفات أو التقنيات؛ وتأمين المحاصــيل؛ محطات الإنذار المبكر للطقس؛ وخدمات تكنولوجيا المعلومات لإدارة التربة والمياه .يتضـمن ذلك أيضًـا تطوير وتشـغيل المشـاريع الزراعية المجتمعية في جميع أنحاء البلاد، حيث يمتلك المزارعون أو جمعيات المزارعين حصــصًــا ملكية ومالية .من المتوقع أن يصــل معدل التبني في ســيناريو الاستثمار في RED أيضًا إلى 60% خلال 25 سنة مع أهداف بنسبة 20% للسنوات الخمس الأولى (2025-2030)؛ و20% أخرى بحلول عام 2040؛ و20% إضافية بحلول عام 2050.

2.5 تحليل مقارن لخيارات الاستثمار في تكنولوجيا التطوير والإرشاد (TDE) وتطوير المشاريع الريفية المجتمعية(RED)

أظهرت دراسة حديثة في مصر أنه رغم أن تقنيات تحسين الأصناف أو تقنيات بذور الأصناف تمتلك إمكانات كبيرة لمواجهة آثار تغير المناخ، نظرًا لأنها مخصــصــة لتعديل الصــفات لمواجهة الضــغوط المناخية (مثل الحرارة والجفاف والفيضـــانات والملوحة)، إلا أنه لا توجد تقنية واحدة من تقنيات الزراعة الذكية مناخيًا (CSA)يمكن أن تعوض بشــكل كامل آثار تغير المناخ وندرة المياه على الإنتاجية. بدلاً من ذلك، يُوصـــى بتطبيق مجموعة من التقنيات المكملة أو "التقنيات المكدســة" كاســتراتيجية تكيّف مفضــلة (انظر المربع 1 لوصف مجموعة التقنيات المكدسة).

أي تقنية أو حزمة تقنيات يجب تطبيقها؟ ومع ذلك، فإن اختيار التقنية أو حزمة التقنيات المناســبة للتطبيق هو الأفضل أن يترك للمزارع نفسه، لأنه يعتمد على الظروف البيئية المحددة لمزرعته، وقدرته المالية ومستوى المخاطر التي يرغب في تحملها، حيث أن معظم التقنيات تتطلب استثمارات إضافية ورأس المال التشغيلي مع المخاطر المرتبطة بها. على الرغم من أن الخرائط التقنية العامة تســاعد، إلا أن الأصــناف المقاومة للحرارة هي الأكثر ملاءمة لمصر، وتحتاج المزارع التي تعاني من ملوحة التربة والمياه إلى أصناف مقاومة للملوحة. الري بالتنقيط للمجالات الزراعية هو الأنسـب، في حين أن تسـوية الأرض باسـتخدام الليزر وممارسـة الري الجاف والرطب بالتناوب هي الأفضل لمحاصيل الحبوب. المفتاح هو أن تقوم الحكومة، بالتشاور مع الخبراء الفنيين والمزارعين، بتقديم توصيات تقنيات بديلة مناسبة للموقع يمكن للمزارع اختيار من بينها.

ممكنات توسيع حزمة التكنولوجيا وكيفية تقييمها أو تحديدها:

هناك منظوران في الأدبيات لتقييم محددات تبني التكنولوجيا. الأكثر تطبيقًا هو ارتباط خصــائص المزارع بمسـتوى تبنيه للتكنولوجيا. يُنسـب الارتباط العالي إلى عمر المزارع وخبرته، والتحصـيل العلمي، والوضـع الاقتصــادي والاجتماعي، والمشــاركة في الأنشــطة المجتمعية. أما المنظور الآخر، فيركز على خصــائص

التقنيات نفسها من حيث التعقيد (أو البساطة) والأنشطة المرتبطة بالتبني، ومتطلبات رأس المال والنفقات التشغيلية، ومستوى المخاطر (مخاطر الأسعار أو مخاطر الإنتاج) المرتبطة بالتكنولوجيا. كما هو مذكور في عمود حزمة التقنيات في المربع 1، هناك تزايد في التعقيد والمخاطر، حيث تعتبر التقنيات المكدسة الأكثر تعقيدًا. إن تحديد عوامل تبني التكنولوجيا وتوافر تقنيات الزراعة الذكية مناخيًا (CSA) الفعالة والمعقولة التكلفة يمكن أن يزيد من إمكانيات توسيع كل من خيارات الاستثمار في التطوير التكنولوجي والإرشاد (TDE)وتطوير المشاريع الريفية المجتمعيةBottom of Form.(RED)

3.5 نتائج المحاكاة لسياستي الاستثمار TDE و RED فى ظل التغيرات المناخية: التأثيرات على إنتاجيات وإنتاج محاصيل الحبوب

1.3.5 أثر السياسات البديلة علي إنتاجيات الحبوب

أظهرت الدراسة الحالية، كما تم الإشارة سابقا، أن التغيرات المناخية يؤثر بشكل مباشر على الإنتاجية الزراعية، مما يؤدي إلى تقليل إنتاجيات الحبوب بنسبة -9.96%، حيث سجلت أكبر الانخفاضات في محصول الذرة (-20.95%) والأرز (-9.58%) (جدول 8 السابق الإشارة إليه). ومع ذلك، في سيناريوهين TDEوRED ، تم تصميم الاستثمارات في TDE لمواجهة تأثيرات تغير المناخ على الإنتاجية بشكل كامل (إن لم يكن تفوقها)، بحيث من المتوقع أن ترتفع الغلات في الحبوب بنسبة 7.07% مقارنةً مع سيناريو تغير المناخ؛ والذرة بنسبة 13.5%؛ والأرز بنسبة 9.83%؛ والقمح بنسبة 2.25% – ضمن سيناريو TDE)(جدول 14).أما في سيناريوRED ، فتتوقع النتائج أيضًا مكاسب إيجابية في الإنتاجيات بنسبة 14.61% للحبوب؛ و24.67% للذرة؛ و23.86% للأرز؛ و4.11% للقمح – بمعدل أعلى بسبب الاستثمارات الإضافية في الري، والبنية التحتية للأسواق، وتطوير الأعمال الزراعية الريفية.

جدول 14 . آثار كل من سياسة الاستثمار المعتمدة علي "التطوير التكنولوجي والإرشاد" *TDE*مقابل سياسة الاستثمار فى "تنمية المشروعات الريفية"،*RED* علي إنتاجيات محاصيل الحبوب فى مصر، بحلول 2050

السلع	قيم 2020	2050		بدائل الاستثمار		التغير عن سيناريو المناخ	
		بدون تغير المناخ	مع تغير المناخ	TDE	RED	TDE	RED
الإنتاجية		طن/فدان				%	
إجمالي الحبوب	2.77	2.95	2.66	2.85	3.05	7.07	14.61
الذرة	3.20	3.41	2.69	3.06	3.36	13.5	24.67
الأرز	2.42	2.47	2.24	2.46	2.77	9.83	23.86
القمح	2.71	2.89	2.89	2.95	3.01	2.25	4.11

المصدر: نتائج محاكاة نموذج IMPACT

ترتبط الزيادة في الإنتاجية أيضًا بتغيرات في الإنتاج(TDE) ، باستثناء الحالات التي تتغير فيها مساحات المحاصيل أو العمليات الزراعية .(RED) يظهر الجدول 15 أن معظم مكاسب الإنتاجية في سيناريو TDE

يتم تحويلها إلى زيادات في الإنتاج، وهو ما ينعكس إيجابًا على جميع المنتجات الحيوانية ومعظم المحاصيل الغذائية، باستثناء القمح وبعض المحاصيل غير المدروسة ومنها المحاصيل الجذرية (مثل البطاطس) والمحاصيل السكرية التي كانت مكاسبها في الإنتاجية أقل، مما يجعلها أكثر عرضة للمنافسة من حيث المساحة المزروعة.

2.3.5 أثر السياسات البديلة علي الإنتاج الكلي من الحبوب

جدول 15. آثار كل من سياسة الاستثمار المعتمدة علي "التطوير التكنولوجي والإرشاد" *TDE* مقابل سياسة الاستثمار فى "تنمية المشروعات الريفية"، *RED* علي الإنتاج الكلي من محاصيل الحبوب بحلول 2050

السلع الغذائية	قيم 2020	2050		بدائل الاستثمار		التغير عن سيناريو " تغير المناخ"	
		بدون تغير المناخ	مع تغير المناخ	TDE	RED	TDE	RED
	ألف طن					%	
إجمالي الحبوب	20,836	22,556	19,954	21,283	21,473	6.66	7.61
الذرة	7,944	9,076	6,919	8,075	9,102	16.71	31.55
الأرز	2,894	2,772	2,548	2,861	1,975	12.28	22.46-
القمح	8,936	9,528	9,405	9,317	9,357	0.93-	0.51-

المصدر: نتائج محاكاة نموذج IMPACT

3.3.5 أثر السياسات البديلة على تجارة الحبوب والوصول إلى الغذاء وتوافره واستهلاكه

على الرغم من الزيادة الكبيرة في الإنتاج التي من المتوقع أن تحدث في كلا من خيارات استثمار TDE و REDللتكيف، من المتوقع أن تزيد واردات الحبوب، وخاصة الأعلاف مثل الذرة، وكذلك السكر؛ بينما من المتوقع أن تنخفض واردات بذور الزيت والبقول (جدول 16).

جدول 16. آثار كل من سياسة الاستثمار المعتمدة علي "التطوير التكنولوجي والإرشاد" *TDE* مقابل سياسة الاستثمار فى "تنمية المشروعات الريفية"، *RED* علي تجارة محاصيل الحبوب فى مصر، بحلول 2050

السلع الغذائية	قيم 2020	2050		بدائل الاستثمار		التغير عن سيناريو المناخ	
		بدون تغير المناخ	مع تغير المناخ	TDE	RED	TDE	RED
صافى التجارة		*ألف طن*					
جميع الحبوب	-17,789	-40,573	-36,774	-38,013	-40,759	1,240-	3,985-
الذرة	-7,975	-20,882	-16,972	-17,546	-18,520	574-	1,548-
الأرز	-1,385	-2,860	-2,808	-2,548	-3,486	260	678-
القمح	-7,796	-13,745	-13,808	-14,274	-14,654	466-	846-

المصدر: نتائج محاكاة نموذج IMPACT

4.3.5 الجدوي الاقتصادية والبيئية للسياسات فى ظل التغيرات المناخية

يلخص جدول 17 التأثير العام لخيارات الاستثمار على رفاهية المجتمع. يحقق المجتمع مكاسب في كلا السيناريوهين، حيث يتمتع خيار الاستثمار في RED بفائض اقتصادي إجمالي يصل إلى 236.57 مليار دولار على مدار 30 عامًا،

ما يعادل 7.89 مليار دولار سنويًا، وهو تقريبًا أربعة أضعاف الفائض الاقتصادي المتوقع من TDE. هذه المكاسب الاقتصادية المتوقعة من الاستثمار في RED أعلى بكثير من الخسائر الناتجة عن التغير المناخي. يستفيد المنتجون بشكل أكبر بسبب الزيادات في الإنتاجية، بينما يستفيد المستهلكون بشكل طفيف لأن أسعار الغذاء تظل مرتفعة. ويُتوقع أن يصل الفائض الاقتصادي في استثمار TDE إلى 1.96 مليار دولار سنويًا، وهو ما يمكن أن يعوض بشكل ضيق الخسائر الناتجة عن التغير المناخي.

جدول 17. التغيرات في الرفاهية الاجتماعية نتيجة للتغيرات المناخية فى مصر والعالم، 2020-2050

	مؤشرات الرفاهية		
	فائض المُنتج	فائض المُستهلك	إجمالي الفائض الاقتصادي
مع تغير المناخ	*صافى القيمة الحالية (مليار دولار)*		
العالم	2,468	-4,894	-2,427
القيمة السنوية	82.3	-163.1	-80.9
مصر	10.97	-66.25	-55.28
القيمة السنوية	0.37	-2.21	-1.84
تأثير تطبيق سياسات التكيف مع تغير المناخ			
TDE	56.52	2.15	58.67
القيمة السنوية	1.88	0.07	1.96
RED	232.97	3.6	236.57
القيمة السنوية	7.77	0.12	7.89

المصدر: نتائج محاكاة نموذج IMPACT

5.3.5 تقييم الآثار الاقتصادية للتغيرات المناخية علي المستوي القومي

تقييم الآثار الاقتصادية والتمويلية على المستوى القومي نموذج التوازن العام القابل للحساب (CGE) لمصر هو أحد النماذج الاقتصادية المرتبطة بـــ IMPACT المستخدم في قياس الآثار الاقتصادية على مستوى الاقتصاد الكلي والتوزيع الناتج عن التغيرات المناخية. يتم استخدام نموذج CGE في هذه الدراسة لتحليل تأثيرات التغيرات المناخية والإجراءات المضادة من خلال استثمار TDE على المؤشرات الاقتصادية الكلية (مثل الناتج المحلي الإجمالي، الناتج المحلي الزراعي، الامتصاص، مؤشر أسعار المستهلك وغيرها)، وكذلك التأثيرات التوزيعية على دخل الأسر واستهلاكها) .

الزراعة والاقتصاد يُشكل القطاع الزراعي في مصر 11.7% من الناتج المحلي الإجمالي، و25.4% من العمالة، و6.7%، و4.3% من الواردات والصادرات على التوالي. يُعد قطاع المحاصيل والماشية الأكثر أهمية، حيث يساهمان بنسبة 6.3% و4.3% على التوالي، يليه قطاع الصيد بنسبة 1.1%. كما تهيمن المحاصيل على التجارة الزراعية، حيث يتم استيراد 14.2% منها، بينما تُصدر 4.7% من جميع المنتجات الزراعية (الجدول 18).

جدول 18. الهيكل القطاعي للاقتصاد القومي مع الإشارة إلي هيكل القطاع الزراعي

القطاعات	حصة من الكل				الصادرات/الإنتاج	الواردات/الطلب
	الناتج المحلي الإجمالي	التوظف	الصادرات	الواردات		
	%					
إجمالي القطاعات	**100**	**100**	**100**	**100**	**7.5**	**12.8**
الزراعة	**11.7**	**25.4**	**4.3**	**6.7**	**2.6**	**8.6**
المحاصيل	6.3	14.9	4.3	6.5	4.7	14.2
الماشية	4.3	9.5	0	0.2	0	0.7
الغابات	0.1	0.1	0	0	0	0
الصيد	1.1	0.9	0	0	0	0
الصناعة	**31.3**	**24.8**	**48.6**	**67.9**	**7.2**	**17.3**
الخدمات	**57**	**49.8**	**47.1**	**25.5**	**8.9**	**7.8**

المصدر: تجميع المؤلفين.

من المتوقع أن تؤدي آثار التغيرات المناخية السلبية على إنتاجية المحاصيل الغذائية إلى آثار اقتصادية مباشرة وغير مباشرة، مثل تقليص فرص العمل والدخل، والواردات، والمدخرات، والاستثمار. من ناحية أخرى، تقنيات الزراعة الذكية مناخيا (CSA)، مثل خيار استثمار TDE وخيار استثمارRED ، من المتوقع أن تخفف أو تعاكس هذه الآثار. ويعرض جدول 19 نتائج محاكاة نموذج التوازن العام الحسابي فيما يتعلق بأثر التغيرات المناخية علي أهم مؤشرات الاقتصاد الكلي فى ظل تطبيق سياسات التكيف TDE و.RED
يوضح جدول 19 (العمود الأول) الانحرافات النسبية عن مسار النمو المرجعي للمؤشرات الاقتصادية الكلية بحلول عام 2050. ويُتوقع أن تؤدي التغيرات في إنتاجية المحاصيل إلى تقليص الناتج المحلي الإجمالي والناتج المحلي الزراعي بنسبة -1.28% و-5.21% على التوالي. كما يُتوقع أن تشهد القيمة الحالية للامتصاص المحلي (الاستهلاك الأسري، والاستثمار الإجمالي، والاستهلاك الحكومي) انخفاضًا بنسبة -0.55%، مع انخفاضات موازية في استهلاك القطاع الخاص (-0.45%) والطلب على الاستثمارات (-1.12%). ومع ذلك، يُتوقع أن يرتفع مؤشر أسعار المستهلكين (CPI) بنسبة 1.01% بسبب انخفاض العرض (أي الإنتاج الكلي الناتج عن انخفاض الإنتاجية) وزيادة الأسعار.

جدول 19 . أثأر التغيرات المناخية وسياسات *TDE*و *RED* علي أهم متغيرات الاقتصاد الكلي، بحلول 2050

المؤشرات	أثر التغير المناخي	أثر التغير المناخي وسياسة TDE	أثر التغير المناخي وسياسة RED
	التغير عن CC%		
الناتج المحلي الإجمالي (GDP)	1.28-	0.34	0.73
الناتج المحلي الزراعي (Agri-GDP)	5.21-	1.86	2.88
الاستهلاك الخاص	0.45-	0.14	0.15
طلب الاستثمار	1.12-	0.26	0.27
الصادرات	0.74-	0.21	0.22
الرقم القياسي لاسعار المُستهلكين	1.01	0.72	0.71
الاستثمار	1.4-	0.29	0.35

المصدر: نتائج محاكاة النموذج العام للتوازن العام (CGE).

علاوة على ذلك، فإن انخفاض الإنتاجية وزيادة الأسعار سيؤثران بشكل أكبر على دخول الأسر. ويتسبب تقلب الدخل في التأثير بشكل غير متناسب على الأسر غير الفقيرة، حيث ينخفض الدخل الإجمالي للأسر غير الزراعية بنحو -0.9%. بالمقابل، فإن الأسر الزراعية هي الأقل تأثراً بتقليص الدخل، إذ تحقق دخلاً إضافياً من تأثيرات الأسعار نتيجة للتغيرات المناخية، بنسبة حوالي 5.16% مقارنة بالخط الأساسي.

ويُظهر هذا بشكل واضح تأثيرات وتوزيع انعدام الأمن الغذائي على المستويات الاستهلاكية للأسر المختلفة نتيجة للتغيرات المناخية. إلا إذا تم التخفيف من الزيادة المتوقعة في أسعار السلع، فإن خطر انعدام الأمن الغذائي في مصر سيستمر في الزيادة.

تظهر تأثيرات استثمار خيار TDE على الاقتصاد الكلي (العمود الثاني من الجدول 19) أنه فعال للغاية في مواجهة آثار التغير المناخي، حيث يتم تحويل جميع التأثيرات السلبية على الناتج المحلي الإجمالي، الناتج المحلي الزراعي، والمؤشرات الاقتصادية الأخرى إلى قيم إيجابية، مما يقلل من تأثيرات مؤشر الأسعار الاستهلاكية (CPI) إلى قيمة أقل تبلغ 0.72% مقارنة بـ 1.01.%

بعد تحديد التأثير العام لتغيرات الإنتاجية الناجمة عن التغير المناخي في الزراعة، والتأثيرات المقابلة لاستثمار TDE على المؤشرات الاقتصادية الكلية، تم إجراء تقييم إضافي على أساس القطاع. كما هو متوقع، من المتوقع أن يؤدي استثمار TDE إلى زيادة في إنتاج الغذاء وتقليل طفيف في أسعار الغذاء. هذا سيؤدي إلى زيادة في معدلات الاستهلاك لجميع الأسر، باستثناء الأسر الزراعية، التي ستنخفض استهلاكها (الشكل 14، لوحة الاستهلاك) نتيجة لانخفاض أسعار المحاصيل، مما يؤدي فعلياً إلى تقليص دخلها وقدرتها الشرائية.

تظهر تأثيرات استثمار خيار RED على الاقتصاد الكلي (العمود الأخير من الجدول 19) أنه فعال للغاية في مواجهة آثار التغير المناخي، حيث يحول جميع التأثيرات السلبية على الناتج المحلي الإجمالي، الناتج المحلي الزراعي، والمؤشرات الاقتصادية الأخرى إلى قيم إيجابية ويقلل من تأثيرات مؤشر الأسعار الاستهلاكية (CPI)إلى قيمة أقل تبلغ 0.71% مقارنة بـــ 1.01%. علاوة على ذلك، تُظهر نتائج سيناريو RED تحسنًا ملحوظًا مقارنةً بنتائج سيناريوTDE ؛ على سبيل المثال، يُتوقع أن يكون الناتج المحلي الإجمالي في سيناريو RED (0.73%)أفضل من سيناريو TDE (0.34%).

في نفس السياق، يُعد الناتج المحلي الزراعي (agri-GDP) أحد المؤشرات الأفضل استجابة لزيادة الإنتاجية، لذا نلاحظ تحسنًا واضحًا في تأثير السيناريوهات الاستثمارية المقترحة على نتائج الناتج المحلي الزراعي في التغلب على الآثار السلبية للتغير المناخي وتحقيق مزيد من الفوائد. الناتج المحلي الزراعي في سيناريو RED (2.88%)أفضل من نتائج سيناريو TDE (2.86%).

بعد تحديد التأثير العام لتغيرات الإنتاجية الناجمة عن التغير المناخي في الزراعة، والتأثيرات المقابلة لاستثمار RDE على المؤشرات الاقتصادية الكلية، تم إجراء تقييم إضافي على مستوى القطاع. كما هو متوقع، من المتوقع أن يؤدي استثمار RED إلى زيادة في إنتاج الغذاء وتقليل طفيف في أسعار الغذاء، لكن تأثيره لا يزال أعلى من نتائج سيناريو .TDE سيؤدي هذا إلى زيادة في معدلات الاستهلاك لجميع الأسر باستثناء الأسر الزراعية، التي سينخفض استهلاكها (الشكل 15، لوحة الاستهلاك) نتيجة لانخفاض أسعار المحاصيل، مما يؤدي فعليًا إلى تقليص دخلها وقدرتها الشرائية.

6. التوصيات السياسية

أظهرت هذه الدراسة أهمية خيارات سياسات التكيف لمواجهة تأثيرات التغير المناخية وفي الوقت نفسه تعزيز مرونة واستدامة القطاع الزراعي. لقد تم تطوير وتحليل خيارين استثماريين بديلين، وقد أظهرا إمكانية تعويض التأثيرات السلبية للتغيرات المناخية بشكل كامل، ويمكن أن تكون هذه الخيارات الاستثمارية هي الخيارات الموصى بها. وتحديدًا:

- الاستثمار في البحث والتطوير الزراعي والخدمات المساندة لدعمهم .هذا هو جوهر الاستثمار في كل من خيارات TDE و.RED
- إتاحة التمويل الكامل لتنفيذ الاســـتراتيجية الوطنية لتغير المناخ 2050(NSCC) ، حيث يدعم ذلك سيناريوهات السياسات البديلة TDE وRED، خاصة البحث والتطوير الزراعي وتحسين نظام الري والبنية التحتية.
- على الرغم من عرضـــهما كخيارات اســـتثمارية بديلة، فإنه يمكن تنفيذ خيارات TDE و REDفي وقت واحد كنهج ذي شقين في بعض المحافظات المختارة.
- الاســـتثمار في تطوير دراســـة أكثر تفصـــيلًا لإعداد خطة اســـتثمار وتنفيذ شـــاملة لخيارات TDE و.RED

المراجع:

أولاً: مراجع باللغة العربية

الاستراتيجية الوطنية لتغيير المناخ 2050 .(2022) .
https://www.eeaa.gov.eg/Uploads/Topics/Files/20221206130720570.pdf

هلالي، حنان عادل أحمد. (2016). التنمية الزراعية المُستدامة وتحدياتها البيئية في مصر .المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي, 26.1000-983 .

نشرة الري والموارد المائية. (2020). وزارة الري والموارد المائية، الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء. مصر.

ثانياً: مراجع باللغة الانجليزية

Day, J., Goodman, R., Chen, Z., Hunter, R., Giosan, L., & Wang, Y. (2021). Deltas in arid environments. *Water, 13*(12), 1677.

Derouez, F., & Ifa, A. (2024). Sustainable Food Security: Balancing Desalination, Climate Change, and Population Growth in Five Arab Countries Using ARDL and VECM. *Sustainability, 16*(6), 2302.

ElDidi, H., & Corbera, E. (2017). A moral economy of water: Charity wells in Egypt's Nile Delta. *Development and Change, 48*(1), 121-145.

Elemam, D., & Hamam, E. (2024). Using the vulnerability index to assess the risk of climate change impacts on agricultural and food security. *Alfarama Journal of Basic & Applied Sciences, 5*(2), 293-308.

Heggy, E., Sharkawy, Z., & Abotalib, A. Z. (2021). Egypt's water budget deficit and suggested mitigation policies for the Grand Ethiopian Renaissance Dam filling scenarios. *Environmental Research Letters, 16*(7), 074022.

Jungudo, M. (2023). The impact of climate change in Egypt. In *Resource conflict and environmental relations in Africa* (pp. 173-188). Singapore: Springer Nature Singapore.

Karajeh, F., Oweis, T., & Swelam, A. (2013). Water and agriculture in Egypt.

Khedr, M. (2019). Challenges and issues in water, climate change, and food security in Egypt. In *Conventional water resources and agriculture in Egypt* (pp. 229-243).

McCarl, B. A., Musumba, M., Smith, J. B., Kirshen, P., Jones, R., El-Ganzori, A., ... & Hynninen, R. (2015). Climate change vulnerability and adaptation strategies in Egypt's agricultural sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 20*, 1097-1109.

Mostafa, L., Elhaga, R., & Shalaby, H. (2024). Studying the impact of economic changes on consumption pattern and its relationship to food security in Egypt. *Journal of Sustainable Agricultural and Environmental Sciences, 3*(3), 1-7.

Perez, N. D., Kassim, Y., Ringler, C., Thomas, T. S., ElDidi, H., & Breisinger, C. (2021). Climate-resilience policies and investments for Egypt's agriculture sector: Sustaining productivity and food security. *International Food Policy Research Institute.*

10.21608/meae.2024.344523.1351

Robinson, S., Mason-D'Croz, D., Sulser, T., Islam, S., Robertson, R., Zhu, T., ... & Rosegrant, M. W. (2015). The international model for policy analysis of agricultural commodities and trade (IMPACT): Model description for version 3.

Selim, T., Moghazy, N. H., Elasbah, R., Elkiki, M., & Eltarabily, M. G. (2024). Sustainable agricultural development under different climate change scenarios for El Moghra region, Western Desert of Egypt. *Environment, Development and Sustainability, 26*(6), 14957-14979.

Sharma, J., & Ravindranath, N. H. (2019). Applying IPCC 2014 framework for hazard-specific vulnerability assessment under climate change. *Environmental Research Communications, 1*(5), 051004.

Wada, Y., van Beek, L. P., & Bierkens, M. F. (2012). Nonsustainable groundwater sustaining irrigation: A global assessment. *Water Resources Research, 48*(6).