

دراسة اقتصادية قياسية لأثر التغيرات المناخية على الإنتاج الزراعي في سوريا للفترة 1990-2020

علاء حمو^{1*} وناجي الفرج²¹ قسم الاقتصاد الزراعي، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، دمشق، سورية.² قسم الاقتصاد الزراعي، كلية الهندسة الزراعية بالحسكة، جامعة الفرات، الحسكة، سورية.(*للمراسلة: د.علاء حمو، البريد الإلكتروني: alaasuliman@outlook.com ، هاتف: 0951850626).

تاريخ القبول: 2025 /08 /3

تاريخ الاستلام: 2025 /06 /27

الملخص

يُعد القطاع الزراعي في سوريا من القطاعات الحيوية التي تواجه تحديات متزايدة بسبب التغيرات المناخية. وعليه، هدفت هذه الدراسة إلى تحليل تأثير التغيرات المناخية على الإنتاج الزراعي في سوريا خلال الفترة (1990-2020) باستخدام دالة إنتاج كوب-دوغلاس. وقد اعتمدت الدراسة على بيانات سنوية من قاعدة بيانات منظمة الأغذية والزراعة والبنك الدولي. حيث أظهرت النتائج أن درجات الحرارة سجلت ارتفاعاً مطرداً بلغ ذروته عام 2010 بمتوسط زيادة قدره 1.5 م. في المقابل، شهدت معدلات الهطول المطري تقلبات حادة بين أعلى مستوى سُجل عام 1988 (450 مم) وأدنى مستوى عام 2008 (150 مم). كما أظهرت النتائج تفاوتاً ملحوظاً في تأثير العوامل المناخية حسب الفصول. حيث ساهمت الأمطار الشتوية والخريفية في زيادة الإنتاج بنسبة 0.15% لكل 1% زيادة، بينما أدت الزيادة في هطول الأمطار خلال فصلي الربيع والصيف إلى انخفاض الإنتاج بنحو (-0.054%) و-0.0208% (على التوالي). أما بالنسبة لتأثير درجات الحرارة، فقد أشارت دالة الإنتاج إلى أن ارتفاعها في الربيع والصيف له علاقة طردية مع الإنتاج الزراعي (T_2 ، T_3)، في حين أن درجة حرارة الشتاء أثرت بشكل إيجابي على الإنتاج (T_1). غير أن ارتفاع درجة حرارة الربيع ارتبط بانخفاض في الإنتاجية الزراعية (مرونة -0.069%). إضافة إلى ذلك، أظهرت النتائج أن المساحة الزراعية والعمالة لهما تأثير إيجابي ومعنوي على الإنتاج الزراعي. في حين لوحظت علاقة عكسية بين كمية الأسمدة والمبيدات المستخدمة والإنتاج، ما يشير إلى الاستخدام المفرط أو غير الفعال لهذه المدخلات. من ناحية أخرى، أكد مؤشر باغنولد-غاوسن على تفاقم مشكلة الجفاف، حيث امتد الموسم الجاف من أيار إلى تشرين الأول، ووصل ذروته في تموز وآب. توصي الدراسة إدراج تغير المناخ في التخطيط الزراعي لضمان استدامة القطاع، بالإضافة إلى تعزيز الزراعة البعلية التي تعتمد على الموارد الطبيعية، كما أنه من الضروري تطوير نظم الإنذار المبكر للجفاف لتجنب الآثار السلبية للتقلبات المناخية. وأخيراً يجب دعم المزارعين ماليًا وتقنيًا لتمكينهم من تنفيذ هذه الإجراءات بشكل فعال.

الكلمات المفتاحية: التغيرات المناخية، الإنتاج الزراعي، دالة كوب-دوغلاس، سوريا، الأمن الغذائي.

المقدمة:

يُعدُّ تغيُّر المناخ العالمي تحديًا كبيرًا في عصرنا الحالي. منذ عام 1850، ارتفعت درجات حرارة اليابسة والمحيطات بمعدل متوسط قدره 0.06 درجة مئوية لكل عقد. ومنذ عام 1982، تسارع هذا الارتفاع إلى حوالي 0.20 درجة مئوية لكل عقد، مما يشير إلى زيادة ملحوظة في وتيرة الاحتباس الحراري العالمي (NOAA, 2023).

يشكل الاحتباس الحراري، الناتج عن عوامل طبيعية وبشرية، تأثيرًا كبيرًا على دورة المياه في الأرض، مما يؤدي إلى تقليل كمية المياه المتاحة على اليابسة (Ballarin et al., 2021). كما يتسبب في تغييرات في وتيرة وشدة الهطول المطري (Zhao and Dai, 2022). مما يعكس بشكل مباشر على إمدادات المياه الضرورية للزراعة. وتؤثر هذه التغييرات بشكل كبير على الإنتاج الزراعي، نظرًا لأن الهطول يعد المصدر الرئيسي للمياه المستخدمة في الأنشطة الزراعية. علاوة على ذلك، يمكن أن تؤدي أحداث الهطول الشديد إلى نتائج سلبية، منها تراجع نمو المحاصيل، وتدهور جودة التربة، وانخفاض إنتاجية الزراعة (Thackeray, 2022) من ناحية أخرى، يؤدي تغيُّر المناخ إلى ارتفاع درجات الحرارة، وزيادة معدل تبخر المياه، وانخفاض رطوبة التربة، مما يؤثر لاحقًا على كفاءة استخدام المياه في المحاصيل (Yuan et al., 2024).

بالإضافة إلى ذلك، يؤدي تغيُّر المناخ إلى توزيع غير متساوٍ للموارد المائية مكانياً وزمانياً، حيث تواجه بعض المناطق فائضاً في المياه بينما تعاني مناطق أخرى من ندرة المياه، مما يخلق تحديات لتحقيق التوازن واستقرار الإنتاج الزراعي (Cardoso, 2019). وتُعد منطقة البحر المتوسط نقطة محورية لتغير المناخ (Lionello and Scarascia, 2018)، حيث ترتفع درجات الحرارة السنوية فيها بمعدل أسرع من المتوسط العالمي (Cramer et al., 2018). ومن المتوقع أن تزداد حدة وتكرار الجفاف في المنطقة مع تجاوز الاحتباس الحراري حاجز 1.5 درجة مئوية (Tramblay et al., 2020). ويُعد التكيف مع تغير المناخ أمراً حيوياً لدول البحر المتوسط، خاصة في شرق وجنوب شرق المنطقة، التي تعاني من ضعف كبير أمام تقلبات المناخ وتفتقر إلى الجاهزية لمواجهة الصدمات الاجتماعية والاقتصادية الناتجة عن تغير المناخ (Abel et al., 2019).

أما في سوريا، الواقعة عند تقاطع آسيا والبحر المتوسط، فهي من بين المناطق الأكثر تعرضاً لشح المياه والجفاف، حيث تلعب درجات الحرارة والتبخر دوراً كبيراً في ذلك (Alsafadi et al., 2022). وتشير الدراسات إلى أن معظم المناطق القاحلة في سوريا، خاصة في الشمال الشرقي، تتجه نحو زيادة الجفاف، بينما تحولت أجزاء واسعة من المنطقة القاحلة الوسطى بالفعل إلى حالة من الجفاف الشديد (Houmsi et al., 2019).

أظهرت نتائج (Alboghady 2016) أن معامل انحدار درجة الحرارة كان موجباً وذو دلالة إحصائية في فصول الربيع والصيف والخريف. على العكس، كانت درجة الحرارة في الشتاء ذات معامل سالب عند مستوى دلالة 1% بالنسبة لهطول الأمطار، أظهرت النتائج معاملاً موجباً عند مستوى دلالة 5% خلال فصل الربيع. أشارت المعلمات المقدره للمتغيرات المناخية غير الخطية إلى أن مربع درجة حرارة الصيف كان موجباً عند مستوى دلالة 0.05، بينما كان مربع درجة حرارة الشتاء سالباً وذو دلالة إحصائية عند مستوى 0.05. أظهرت النتائج أن زيادة درجة الحرارة في فصل الشتاء لها تأثير سلبي على الإنتاج الزراعي، حيث إن زيادة بنسبة 1% في درجة الحرارة خلال الشتاء تؤدي إلى انخفاض قيمة الإنتاج الزراعي بنسبة 1.12%. فيما يتعلق بتغيرات هطول الأمطار، أظهرت النتائج أن زيادة هطول الأمطار في فصلي الشتاء والخريف لها تأثير سلبي على الإنتاج الزراعي في دول شرق المتوسط وشمال إفريقيا، بينما كان لها تأثير إيجابي في فصلي الربيع والصيف.

توصلت دراسة رزق الله (2020) إلى أن هناك علاقة معنوية طويلة الاجل بين متوسط درجات الحرارة وإنتاجية كل من محصولي الذرة الشامية والقمح. وان درجة الحرارة تؤثر بشكل كبير على إنتاجية المحصولين في الاجل الطويل أكثر منها في الاجل القصير. وان متوسط هطول الامطار لم يكن له تأثير معنوي سواء على الاجل الطويل والقصير.

بينت نتائج دراسة رايح ومسعود (2022) أن زيادة درجة الحرارة في فصلي الربيع والصيف بـ 1% أدت إلى انخفاض في الإنتاج الزراعي بـ 0.48% و 0.34% على التوالي. ووجود أثر سلبي بين تساقط الأمطار في فصل الشتاء وفصل الصيف، فزيادة تساقط الأمطار في فصلي الشتاء والصيف بـ 1% أدت إلى انخفاض في الإنتاج الزراعي بـ 0.05% أما زيادة معدل التساقط في فصل الربيع والخريف بـ 1% أدت إلى زيادة في الإنتاج الزراعي بـ 0.05% و 0.008% على التوالي. وبينت نتائج تقدير المعلمات الخاصة بمربع درجة الحرارة ومربع معدل التساقط وجود علاقة غير خطية معنوية بين التغير المناخي والإنتاج الزراعي.

بينت نتائج دراسة (Amouzay et al (2024) عن وجود علاقة غير خطية بين دالة الإنتاج الزراعي والطقس في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. حيث أظهرت تأثيرات هامشية قصيرة الأجل سلبية لارتفاع درجات الحرارة في الشتاء، بينما كانت هذه التأثيرات إيجابية في الفصول الأخرى على الإنتاج الزراعي في المنطقة. فيما يتعلق بهطول الأمطار، كان هطول الأمطار في الشتاء مفيد وغير ذي دلالة إحصائية، بينما كان لهطول الأمطار في الفصول الأخرى تأثير سلبي غير ذي دلالة إحصائية على الإنتاج الزراعي في هذه المنطقة.

تكمن مشكلة البحث في اعتماد زراعة المحاصيل الاستراتيجية في سوريا بشكل رئيسي على الزراعات البعلية، التي تتأثر بشكل كبير بالتقلبات المناخية التي تختلف من سنة إلى أخرى. هذه التقلبات، مثل الجفاف المتكرر وعدم انتظام هطول الأمطار، تؤدي إلى تذبذب كبير في إنتاجية المحاصيل، مما ينعكس سلباً على دخول المزارعين ويزيد من عدم استقرارهم الاقتصادي. يهدد هذا الوضع الأمن الغذائي للبلاد ويضعف قدرة المزارعين على تحقيق دخل مستدام، خاصة في ظل محدودية الموارد وعدم توفر استراتيجيات تكيف فعالة.

تكمن أهمية البحث في دوره الفعال في تشخيص واقع التغير المناخي وتحليل آثاره على الإنتاج الزراعي، حيث يسهم في تقييم هذه الآثار وتوقعها، مما يسهل عملية تكيف الزراعة بشكل علمي لتعزيز الإنتاجية الزراعية. هذا الأمر يتطلب إحداث تحولات جذرية في السياسات الزراعية الحالية لدعم النمو الزراعي المستدام، وصولاً إلى تحقيق الاكتفاء الذاتي. كما يُعزز البحث دور الزراعة في التنمية الاقتصادية، ويساعد في مواجهة التحديات المناخية والزراعية المستقبلية بأساليب استراتيجية وفعالة.

يهدف البحث إلى دراسة وتوصيف التغيرات المناخية الرئيسية، بما في ذلك درجات الحرارة ومعدلات هطول الأمطار، وتحليل وقياس العلاقة بين هذه المتغيرات (المناخية والاقتصادية) وأثرها على الإنتاج الزراعي.

مواد البحث وطرقه:

شملت منطقة الدراسة سوريا بسبب اعتمادها الرئيسي على الزراعة البعلية، وفقاً للمجموعة الإحصائية لعام 2023، حيث بلغت نسبة الأراضي البعلية 73.17% من إجمالي الأراضي المستثمرة، كما بلغت نسبة المحاصيل الشتوية المزروعة بعبلاً 74.22% من إجمالي المساحة المزروعة (المجموعة الإحصائية، 2023).

اعتمد البحث على منهجية مزدوجة تجمع بين الدراسة الوصفية والدراسة القياسية. ففي الجانب الوصفي، تم استخدام بيانات ثانوية سنوية للمتغيرات المناخية التي تعود للفترة من 1951 إلى 2023، أما في الجانب القياسي، فقد استند البحث إلى بيانات ثانوية سنوية لعدد من المتغيرات الاقتصادية (نسبة العمالة الزراعية، كمية الأسمدة المستخدمة، عدد الجرارات، مساحة الأرض المزروعة، كمية المبيدات المستخدمة)، تعود للفترة من 1990 إلى 2023، وبلغ عدد مشاهداتها 32، ذلك نظراً لعدم توفير البيانات لكافة المتغيرات

الاقتصادية إذ تمّ الحصول عليها من قاعدة بيانات منظمة الأغذية والزراعة، وقاعدة البنك الدولي وتم إجراء التحليل الإحصائي الوصفي والتحليل الاقتصادي القياسي بالاعتماد على برامج EViews 10 & Excel.

أعتمد البحث في التحليل الاقتصادي على الأدوات التحليلية الآتية:

- دالة الإنتاج الاقتصادية: تُعرّف بأنها العلاقة بين قيمة الناتج الإجمالي المتحقق من جهة، وقيم العوامل المؤثرة من جهة أخرى (زيدان، 2016)، وتعتبر دالة الإنتاج كوب - دوغلاس من الصور الرياضية الشائعة الاستخدام في دوال الإنتاج الزراعي، في صورتها الأسية وفق المعادلة التالية

$$Y_{it} = \beta_0 * M_{it}^{\beta_1} * F_{it}^{\beta_2} * L_{it}^{\beta_3} * A_{it}^{\beta_4} * V_{it}^{\beta_5} * e_{it}^5 * e^{\beta_6 T_{it} + \beta_7 T_{it}^2 + \beta_8 T_{it} + \beta_9 P_{it}^2} * e^{\epsilon_{it}}$$

حيث Y تمثل القيمة الاجمالية للإنتاج الزراعي (بالألف ليرة سورية بالأسعار الثابتة لعام 2014-2016)، (M, F, L, A, V) تمثل عوامل الإنتاج: النسبة المئوية للعمالة الزراعية، كمية الأسمدة المستخدمة/طن، عدد الجرارات/آلة، مساحة الأرض المزروعة/هكتار، كمية المبيدات المستخدمة/طن.

T_j تمثل درجة الحرارة خلال الفصل j، P_j متوسط تساقط الأمطار خلال الفصل j، مع العلم أن z تمثل فصول السنة الأربعة (j=1,2,3,4) وβ₀ تمثل الحد الثابت، وβ₁, β₂, ..., β₉ هي معاملات الانحدار. وقد تم إدراج تربيع كل من معدل تساقط الأمطار ومتوسط درجة الحرارة من أجل النقاط العلاقة غير الخطية بين متغيرات المناخية والإنتاج الزراعي (Alboghday, 2016). ومن أجل تقدير النموذج بطريقة المربعات الصغرى العادية يتم تحويل المعادلة (1) إلى الشكل الخطي عن طريق إدخال اللوغاريتم الطبيعي على أطراف المعادلة (1) فينتج لدينا:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln M_{it} + \beta_2 \ln F_{it} + \beta_3 \ln L_{it} + \beta_4 \ln A_{it} + \beta_5 \ln V_{it} + \beta_6 T_{it} + \beta_7 T_{it}^2 + \beta_8 P_{it} + \beta_9 P_{it}^2 + \mu_{it} + \epsilon_i$$

- مرونة الإنتاج: يقصد بها درجة التغير في حجم الإنتاج نتيجة التغير في حجم أحد عوامل الإنتاج المستخدمة، وهي قيمة معاملات الدالة المقدرة في النموذج اللوغاريتمي المزدوج (الرؤيس، 2009).

$$\text{Marginal Effect} = \beta_i * \frac{\bar{Y}_i}{\bar{X}_i} \quad \text{يُحسب بالعلاقة:}$$

β_i: معامل المرونة، \bar{X}_i القيمة المتوسطة للمتغير التابع، \bar{Y}_i القيمة المتوسطة للمتغير المستقل.

- مؤشر باغنول و غاوسن للجفاف (Bagnouls-Gaussens aridity index):

اقترح Bagnouls and Gaussens هذا المؤشر لتحديد الفترات الجافة من السنة في المواسم التي تتخللها مواسم جفاف. ويعتمد المؤشر على مقارنة كمية التساقطات المطرية الشهرية (P) بضعف متوسط درجة الحرارة الشهرية (2T)، وإذا كانت $P < 2T$ يُعتبر الشهر جافاً (Bagnouls and Gaussens, 1953).

- المؤشرات الإحصائية المستخدمة في تحليل الانحدار (شبيخي، 2011):

- اختبار (Jarque-Bera) للتوزيع الطبيعي للأخطاء: يهدف هذا الاختبار إلى التحقق ما إذا كانت الأخطاء تتبع التوزيع الطبيعي ويحسب من العلاقة التالية:

$$JB = (n / 6) * [S^2 + ((K - 3)^2) / 4]$$

حيث أن n عدد المشاهدات، S الالتواء، K التقرب

- اختبار (Durbin-Watson) لعدم الارتباط الذاتي: يهدف إلى الكشف عن الارتباط الذاتي بين الأخطاء ويحسب من العلاقة التالية:

$$DW = \frac{\sum(e_t - e_{t-1})^2}{\sum(e_t^2)}$$

$DW \approx 2$ لا يوجد ارتباط ذاتي، $DW < 2$ ارتباط ذاتي موجب، $DW > 2$ ارتباط ذاتي سالب

- اختبار (Breusch-Pagan) لتجانس التباين: يهدف إلى اختبار ما إذا كان تباين الأخطاء ثابتاً ويحسب من العلاقة التالية:

$$BP = n * R^2$$

حيث أن R^2 معامل التحديد، n عدد المشاهدات.

- مؤشر التعددية الخطية (Variance Inflation Factor - VIF): يهدف إلى الكشف عن وجود ارتباط خطي عالي بين

المتغيرات المستقلة ويحسب من العلاقة التالية:

$$VIF_j = 1 / (1 - R_j^2)$$

$VIF \approx 1-5$ لا توجد مشكلة كبيرة.

- اختبار (Chow Test) لثبات المعلمات: يهدف إلى اختبار ما إذا كانت معلمات النموذج ثابتة بين مجموعتين يحسب من العلاقة:

$$F = [(RSS_p - (RSS_1 + RSS_2)) / k] / [(RSS_1 + RSS_2) / (n_1 + n_2 - 2k)]$$

حيث: RSS_p مجموع مربعات البواقي للنموذج الكامل، RSS_1, RSS_2 مجموع مربعات البواقي للفترتين، K عدد المعاملات المقدر

n_1, n_2 عدد الملاحظات في كل مجموعة.

- اختبار (Ramsey RESET) لصحة النموذج: يهدف إلى الكشف عن خطأ في تحديد النموذج ويحسب من خلال

الحصول على التقديرات ونحسب القيم المقدر \hat{Y} ، نضيف \hat{Y}^2 و \hat{Y}^3 إلى النموذج، ويحسب من العلاقة:

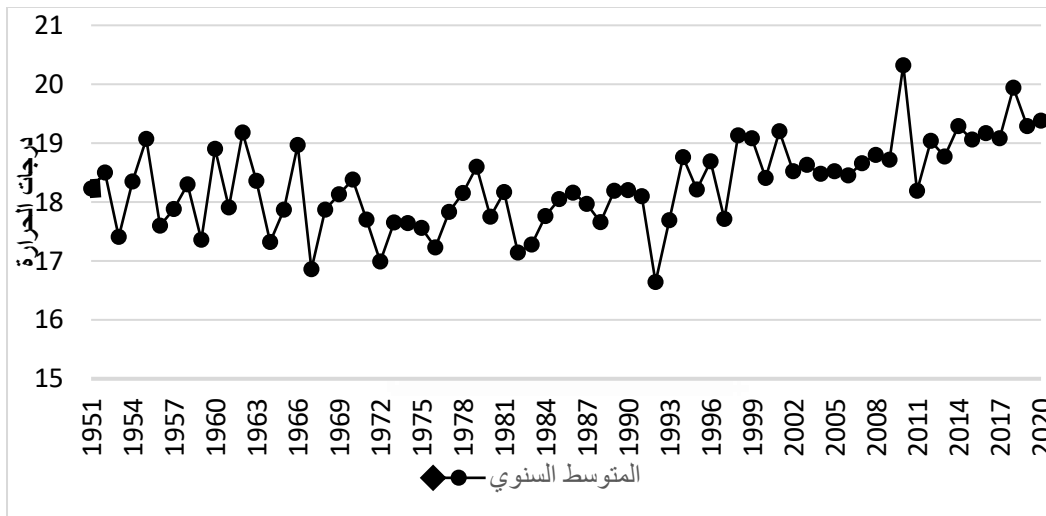
$$F = [(R^2_2 - R^2_1)/q] / [(1 - R^2_2)/(n - k)]$$

النتائج والمناقشة:

الواقع الحالي للتغيرات المناخية في سورية.

- تغيّر درجات الحرارة خلال الفترة (1951-2020).

تتمتع سوريا بمناخ متنوع بسبب موقعها الجغرافي وتضاريسها المتباينة. ويُعدُّ متوسط درجة الحرارة أحد المؤشرات الرئيسة للتغيرات المناخية فيها، حيث تتباين درجات الحرارة تبايناً كبيراً بين المناطق الساحلية والداخلية والبادية. ويتميز المناخ بارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة خلال فصل الصيف، لا سيما في المناطق الصحراوية (البادية).



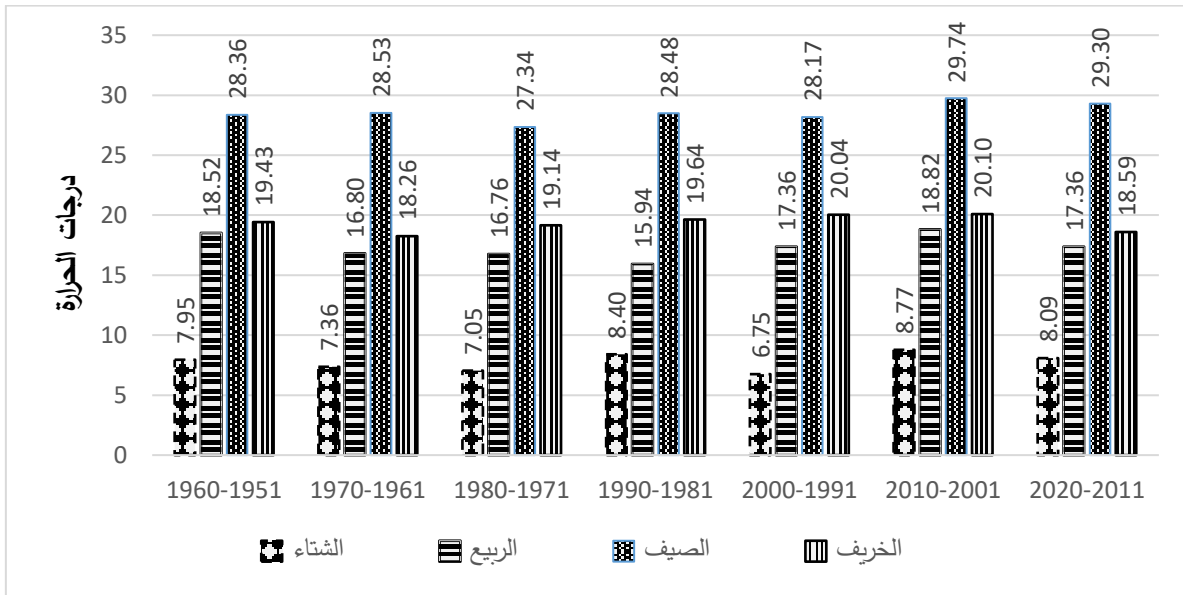
الشكل (1): تغيّر درجات الحرارة في سوريا خلال الفترة (1951-2020).

المصدر: Climate Change Knowledge Portal, 2025.

يتضح من الشكل (1) أن متوسط درجات الحرارة في سوريا قد ارتفع بشكل ملحوظ منذ عام 1990. ففي بداية التسعينيات، كان المتوسط حوالي 16.5 درجة مئوية، بينما بلغ ذروته في عام 2010 عند نحو 20.32 درجة مئوية. كما أن هناك تقلبات سنوية في درجات الحرارة، لكن الاتجاه العام يشير إلى زيادة مستمرة، وهو ما يمكن ربطه بالتغيرات المناخية العالمية، بما فيها ظاهرة الاحتباس الحراري. ويؤثر هذا الارتفاع في درجات الحرارة سلباً على الإنتاجية الزراعية، خصوصاً في المحاصيل الحساسة للحرارة، ما يؤدي إلى انخفاض الغلة. كما قد يتسبب ارتفاع الحرارة في زيادة معدلات التبخر، مما يؤثر على توفر الموارد المائية، ويزيد من الضغط على أنظمة الري وإمدادات المياه.

- توزيع متوسط درجات الحرارة الفصلية خلال الفترة (1951-2020).

يتضح من الشكل (2) أن درجات الحرارة في سوريا شهدت ارتفاعاً عاماً خلال العقود الأخيرة، مع اختلاف في معدلات الزيادة بين الفصول. فقد شهد فصل الشتاء انخفاضاً ملحوظاً في درجات الحرارة مقارنة بباقي فصول السنة، لا سيما في المناطق الشمالية والمرتفعات. في العقود الأولى، كانت معدلات درجات الحرارة مستقرة إلى حد كبير، إلا أنها أخذت في الارتفاع التدريجي، وخاصة خلال العقد الأخير (2011-2020).



الشكل (2): توزيع متوسط درجات الحرارة الفصلية خلال الفترة (1951-2020).

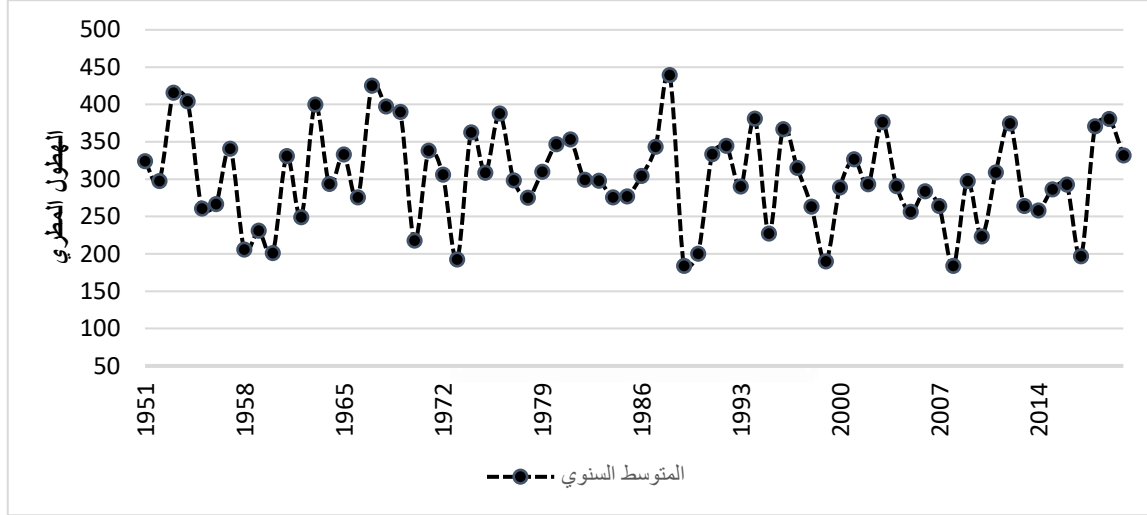
المصدر: Climate Change Knowledge Portal, 2025.

أما فصل الربيع فقد تميز بدرجات حرارة معتدلة، مع تسجيل زيادة تدريجية في المعدلات مع مرور العقود. ويُعد الصيف الفصل الأكثر حرماً، حيث تبلغ درجات الحرارة ذروتها خلاله. وقد لوحظ ارتفاع واضح في معدلات الحرارة خلال العقود الأخيرة، خصوصاً في الفترة بين عامي 2001 و2020، مما يُظهر تأثير التغيرات المناخية بشكل جلي. أما فصل الخريف فقد امتاز بدرجات حرارة معتدلة، مع وجود بعض التقلبات في المعدلات. كما شهد ارتفاعاً تدريجياً في درجات الحرارة، خاصة خلال العقود الأخيرة. بشكل عام، يمكن القول إن التغيرات المناخية أدت إلى ارتفاع ملحوظ في درجات الحرارة في سوريا، مع وجود اختلافات طفيفة بين الفصول. حيث سجل فصل الصيف أعلى معدلات زيادة، بينما جاء الشتاء بأقل زيادة نسبية.

- تغيير معدلات الهطول المطري خلال الفترة (1951-2020).

يبين الشكل (3) تقلبات كبيرة في معدلات الهطول المطري بين السنوات خلال الفترة المدروسة. وتتميز هذه التقلبات بتأثيرات بالغة على القطاع الزراعي، وخاصة الزراعة البعلية. ففي عام 1988، سجلت أعلى معدل هطول مطري بلغ 439 ملم، مما أسهم في

تحسين الإنتاجية الزراعية بشكل ملحوظ. بينما شهد عام 2008 أدنى معدل هطول بلغ 183 ملم فقط، وهو ما ارتبط بموجة جفاف شديدة أثرت سلباً على كافة القطاعات (الزراعة والموارد المائية). أدى ذلك إلى نقص في المياه وتدهور في الإنتاجية الزراعية، مما أثر بشكل مباشر على الأمن الغذائي. على سبيل المثال، انخفض إنتاج القمح بشكل كبير خلال سنوات الجفاف، مما أدى إلى ارتفاع أسعار الغذاء ونقص الإمدادات. بالإضافة إلى ذلك، تأثرت الثروة الحيوانية بسبب نقص المراعي الطبيعية.

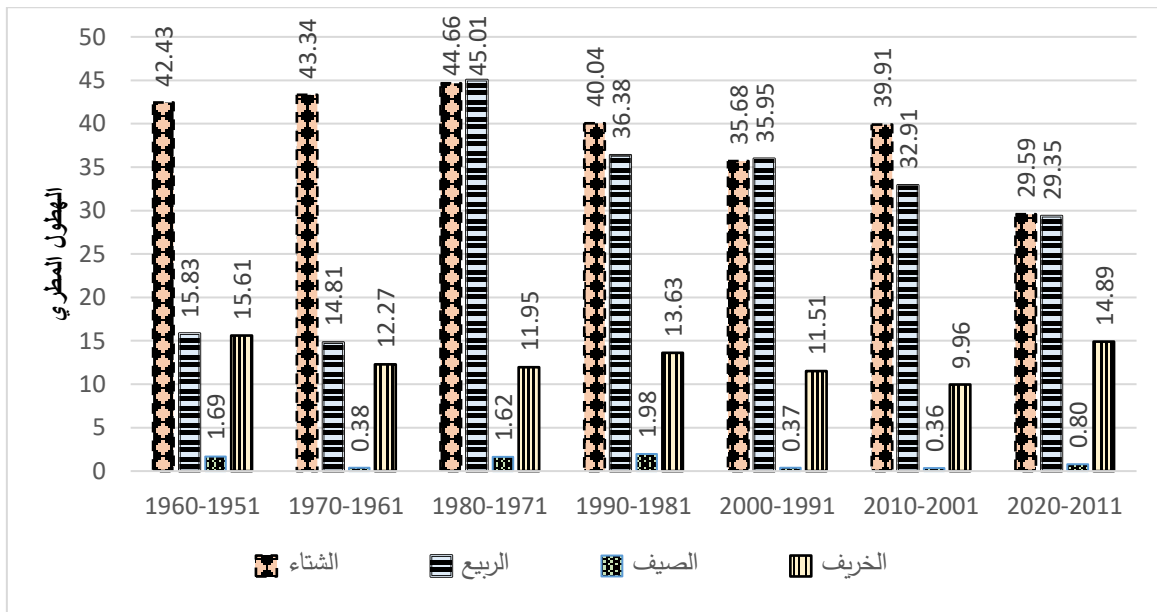


الشكل (3): تغير معدلات الهطول المطري في سوريا خلال الفترة (1951-2020).

المصدر: Climate Change Knowledge Portal, 2025.

- توزيع متوسط الهطول المطري الفصلي خلال الفترة (1951-2020).

يتضح من الشكل (4) أن هناك تبايناً في كميات الهطول المطري بين الفصول والفترات الزمنية. حيث شهدت الفترة من 1971 إلى 1980 أعلى متوسط هطول مطري، بلغ 44.66 ملم. في المقابل، شهدت الفترة من 2011 إلى 2020 أدنى متوسط هطول مطري، حيث بلغ 29.56 ملم.



الشكل (4): توزيع متوسط الهطول المطري الفصلي في سوريا خلال الفترة (1951-2020).

المصدر: Climate Change Knowledge Portal, 2025.

في فصل الشتاء، أظهر الاتجاه العام انخفاضاً في القيم مع مرور الزمن. حيث كانت القيم الأعلى خلال الفترة 1971-1980 بمعدل 44.66 ملم، بينما انخفضت بشكل ملحوظ في الفترات الأخيرة لتصل إلى 29.59 ملم خلال الفترة من 2011-2020. أما في فصل الربيع، فقد أظهر الاتجاه العام زيادة في القيم مع مرور الزمن. حيث كانت القيم الأعلى خلال الفترة 1971-1980 بمعدل 45.01 ملم.

خلال فصل الصيف، كانت القيم منخفضة جداً مقارنة بباقي الفصول على مدار جميع الفترات، مع استقرار نسبي في الانخفاض. أما في فصل الخريف، فيلاحظ اتجاه تناقصي مماثل للفصول الأخرى. حيث انخفضت القيم من 15.61 ملم في الفترة 1951-1960 إلى حوالي 9.96 ملم في الفترة 2001-2010، ثم إلى 9.80 ملم في الفترة 2011-2020.

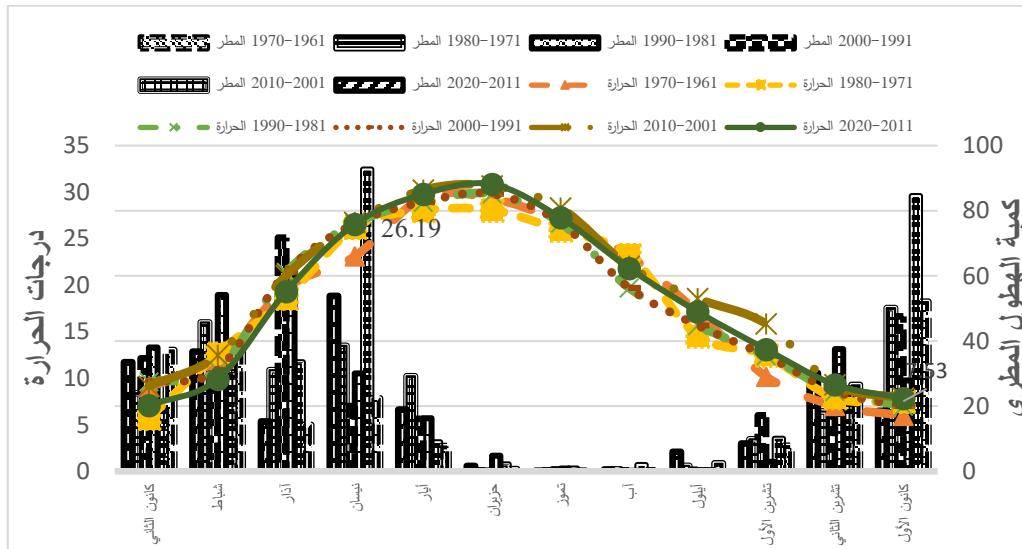
- مؤشر باغنول و غاوسن للجفاف (Bagnouls-Gausson aridity index):

يُظهر الشكل (5) أن الفترة الجافة، التي تتميز بارتفاع معدلات درجات الحرارة مقارنة بمعدلات الهطول المطري السنوي، أطول زمنياً من الفترة الرطبة. وتمتد هذه الفترة من شهر أيار حتى تشرين الأول، وتزداد شدتها خلال أشهر حزيران وتموز وآب، وهي الأشهر التي تسجل أعلى درجات حرارة، وتبلغ الذروة في شهر آب.

بشكل عام، تبين البيانات المناخية أن الفترة 2010-2001 تميّزت بارتفاع واضح في معدلات درجات الحرارة، يقابله انخفاض في معدلات التساقط المطري، مقارنةً ببقية الفترات الزمنية المدروسة.

أما الفترة الرطبة، فتبدأ عادةً من شهر تشرين الثاني وتستمر حتى شهر نيسان، وتشمل فصلي الخريف والشتاء، بالإضافة إلى جزء من فصل الربيع. وتبلغ ذروة الهطولات المطرية خلال هذه الفترة في شهري كانون الأول وكانون الثاني، وهما الشهران اللذان يتصفان بانخفاض ملحوظ في درجات الحرارة.

عموماً يمكن القول إن الفترة 1971-1980 تميّزت بارتفاع في معدلات الهطول المطري مقارنةً ببقية الفترات الزمنية الأخرى.



الشكل (5): منحى باغنول و غاوسن للجفاف في سوريا خلال الفترة 1961-2023.

- دالة الإنتاج في سوريا خلال الفترة 1990-2023:

يؤثر في الإنتاج الزراعي عوامل مناخية واقتصادية واجتماعية وفنية كثيرة ومتعددة، حيث تمّ تحديد متغيرات الأنموذج بناءً على مبادئ النظرية الاقتصادية، ومدى توفرّ البيانات والمعلومات اللازمة عن العينة موضوع الدراسة، فضلاً عن الاستعانة ببعض

الدّراسات والبحوث السّابقة في هذا المجال. بيّنت نتائج التّحليل أنّ الأنموذج اللّوغاريتمي المزدوج هو الأكثر ملائمةً لتمثيل العلاقة المعتمدة في الدّراسة كما في الجدول (1).

الجدول (1): المعالم المقدّرة لدالة الإنتاج كوب دوغلاس، وخصائصه الإحصائية.

المتغير	المعامل (β)	الخطأ المعياري	قيمة t	p-value
الثابت	2.4567	0.345	7.12	0.001
المساحة (A)	0.8521	0.112	7.61	0.001
السما (F)	-0.1234	0.078	-1.58	0.134
العمالة (M)	1.2345	0.156	7.91	0.001
المبيدات (V)	-0.0456	0.089	0.51	0.616
الجرارات (L)	0.3457	0.067	5.16	0.001
متوسط درجة الحرارة (الشتاء) (T ₁)	-0.0567	0.034	-1.67	0.116
متوسط درجة الحرارة (الربيع) (T ₂)	0.1234	0.045	2.74	0.015
متوسط درجة الحرارة (الصيف) (T ₃)	0.0789	0.029	2.72	0.016
متوسط درجة الحرارة (الخريف) (T ₄)	-0.0123	0.021	-0.59	0.567
متوسط الهطول المطري (الشتاء) (P ₁)	0.0678	0.018	3.77	0.002
متوسط الهطول المطري (الربيع) (P ₂)	-0.045	0.025	-1.8	0.092
متوسط الهطول المطري (الصيف) (P ₃)	-0.0208	0.015	-1.39	0.186
متوسط الهطول المطري (الخريف) (P ₄)	0.0337	0.012	2.81	0.013
مربع متوسط درجة الحرارة (الشتاء) (T ₁) ²	0.1021	0.04	2.55	0.022
مربع متوسط درجة الحرارة (الربيع) (T ₂) ²	-0.0562	0.03	-1.87	0.081
مربع متوسط درجة الحرارة (الصيف) (T ₃) ²	0.0875	0.035	2.5	0.025
مربع متوسط درجة الحرارة (الخريف) (T ₄) ²	-0.0137	0.01	-1.37	0.191
مربع متوسط الهطول المطري (الشتاء) (P ₁) ²	0.0709	0.022	3.22	0.006
مربع متوسط الهطول المطري (الربيع) (P ₂) ²	0.0486	0.028	1.74	0.102
مربع متوسط الهطول المطري (الصيف) (P ₃) ²	-0.0227	0.016	-1.42	0.176
مربع متوسط الهطول المطري (الخريف) (P ₄) ²	0.0364	0.013	2.8	0.014

المصدر: نتائج التّحليل الإحصائيّ لمتغيرات الدّراسة بالاعتماد على برنامج EViews، 10.

ومن الجدول (1) يمكن الحصول على الأنموذج المقدّر كما في المعادلة رقم

$$Y = 2.45 + 0.85A - 0.12F + 1.23M - 0.04V + 0.34L - 0.05T_1 + 0.12T_2 + 0.08T_3 - 0.01T_4 + 0.06P_1 - 0.04P_2 - 0.02P_3 + 0.03P_4 + 0.10T_1^2 - 0.05T_2^2 + 0.08T_3^2 - 0.01T_4^2 + 0.07P_1^2 + 0.05P_2^2 - 0.02P_3^2 + 0.03P_4^2 + \epsilon$$

أوضحت نتائج التّحليل الاقتصاديّ أنّ إشارة أغلب المَعْلَمَات المقدّرة موجبة، أي هناك وجود علاقة طردية معنوية إحصائية بين عوامل الإنتاج المدروسة والإنتاج عند مستوى المعنوية 5%، واتّضح أيضاً أنّه توجد علاقة عكسية معنوية إحصائية بين كلّ من كمية الأسمدة والمبيدات المستخدمة ويمكن الرجوع لذلك الى الاستخدام المفرط لهذين المتغيرين.

كما تبين وجود علاقة طردية معنوية إحصائية بين المتغيرات المناخية وقيمة الإنتاج الزراعي عند مستوى المعنوية 5%، تتمثل في متوسط درجة الحرارة (الربيع) (T₂)، متوسط درجة الحرارة (الصيف) (T₃)، متوسط الهطول المطري (الشتاء) (P₁)، متوسط الهطول المطري (الخريف) (P₄)، مربع متوسط درجة الحرارة (الشتاء) (T₁)²، مربع متوسط درجة الحرارة (الصيف) (T₃)²، مربع متوسط الهطول المطري (الشتاء) (P₁)²، مربع متوسط الهطول المطري (الخريف) (P₄)². بينما لم تثبت معنوية باقي المتغيرات المناخية.

تشير الاختبارات التّشخيصية إلى أنّ هذا الأنموذج قد تجاوز كافة الاختبارات، من حيث معنوية المتغيرات المستقلة استناداً إلى قيمة T المحسوبة، ومعنوية الأنموذج ككل استناداً إلى قيمة F المحسوبة، بالإضافة إلى قيمة معامل التّحديد R²، وخطو النّموذج من الارتباط الذاتي باستخدام Durbin-Watson، كذلك تحقّق شرط التّوزيع الطّبيعيّ للبواقي باستخدام Jarque-Bera، وعدم وجود

مشكلة اختلاف التباين باستخدام Breusch-Pagan، كما يشير إحصاء اختبار Ramsey Reset إلى عدم ظهور مشكلة خطأ التّحديد للنموذج الجدول (2).

الجدول (2): الاختبارات الإحصائية لدالة الإنتاج المقدرة في سوريا خلال الفترة من 1990-2020.

نمط الاختبار	القيمة/النتيجة	المعيار	التفسير
معامل التحديد (R^2)	0.953	كلما اقترب من 1	النموذج يفسر 95.3% من التغيرات في الإنتاج ترجع إلى المتغيرات المدروسة
إحصائية F	42.85 ($p < 0.0001$)	$p < 0.05$	معنوية النموذج ككل عند مستوى 5%
التوزيع الطبيعي للأخطاء (Jarque-Bera)	1.789 ($p = 0.409$)	$p > 0.05$	الأخطاء تتبع توزيعاً طبيعياً
عدم الارتباط الذاتي (Durbin-Watson)	1.987	$1.5 < DW < 2.5$	لا يوجد ارتباط ذاتي في الأخطاء
تجانس التباين (Breusch-Pagan)	12.34 ($p = 0.214$)	$p > 0.05$	تجانس التباين
التعددية الخطية (VIF)	جميع القيم > 5	$VIF < 10$	لا توجد مشكلة تعددية خطية خطيرة
Chow Test	$F = 1.23$ ($p = 0.312$)	$p > 0.05$	لا يوجد تغيير هيكل في البيانات
Ramsey RESET	$F = 2.01$ ($p = 0.156$)	$p > 0.05$	النموذج محدد بشكل صحيح

المصدر: نتائج تحليل اقتصادي قياسي لمتغيرات الدراسة بالاعتماد على برنامج EViews، 10.

ولقياس الآثار الحدية للتغيرات المناخية على القيمة الإنتاج الزراعي، أُعيد تقدير النموذج مع تضمين متغيرات التغير المناخي فقط والجدول (4) يوضح ذلك.

تشير نتائج التقدير إلى وجود علاقة طردية معنوية إحصائياً بين المتغيرات المناخية (متوسط درجة الحرارة (الشتاء) (T_1))، متوسط درجة الحرارة (الصيف) (T_3) ، متوسط الهطول المطري (الشتاء) (P_1) وقيمة الإنتاج الزراعي عند مستوى المعنوية 5%، كما تبين وجود علاقة عكسية معنوية إحصائياً بين متوسط درجة الحرارة (الربيع) (T_2) ، متوسط الهطول المطري (الربيع) (P_2) ، متوسط الهطول المطري (الخريف) (P_4) ، وكما تشير النتائج إلى معنوية بعض معاملات المتغيرات المناخية المربعة (مربع متوسط درجة الحرارة (الصيف) $(T_3)^2$)، مربع متوسط الهطول المطري (الربيع) $(P_2)^2$) وهذا يدل على وجود علاقة غير خطية بين الإنتاج الزراعي والتغير المناخي، بينما لم تثبت معنوية باقي المتغيرات المناخية.

الجدول (4): المعالم المقدرة لدالة الإنتاج كوب دوغلاس، وخصائصه الإحصائية.

المتغير	المعامل (β)	الخطأ المعياري	t-value	p-value
الثابت	4.12	0.45	9.16	0.001
متوسط درجة الحرارة (الشتاء) (T_1)	0.11	0.025	4.4	0.001
متوسط درجة الحرارة (الربيع) (T_2)	-0.18	0.03	-6	0.001
متوسط درجة الحرارة (الصيف) (T_3)	0.28	0.035	8	0.001
متوسط درجة الحرارة (الخريف) (T_4)	0.03	0.015	2	0.052
متوسط الهطول المطري (الشتاء) (P_1)	0.09	0.02	4.5	0.001
متوسط الهطول المطري (الربيع) (P_2)	-0.07	0.018	-3.89	0.001
متوسط الهطول المطري (الصيف) (P_3)	0.02	0.01	2	0.052
متوسط الهطول المطري (الخريف) (P_4)	-0.15	0.022	-6.82	0.001
مربع متوسط درجة الحرارة (الشتاء) $(T_1)^2$	0.02	0.012	1.67	0.102
مربع متوسط درجة الحرارة (الربيع) $(T_2)^2$	0.03	0.015	2	0.052
مربع متوسط درجة الحرارة (الصيف) $(T_3)^2$	-0.05	0.02	-2.5	0.016
مربع متوسط درجة الحرارة (الخريف) $(T_4)^2$	0.01	0.008	1.25	0.218

0.322	-1	0.01	-0.01	مربع متوسط الهطول المطري (الشتاء) $(P_1)^2$
0.002	3.33	0.012	0.04	مربع متوسط الهطول المطري (الربيع) $(P_2)^2$
0.052	2	0.005	0.01	مربع متوسط الهطول المطري (الصيف) $(P_3)^2$
0.052	-2	0.01	-0.02	مربع متوسط الهطول المطري (الخريف) $(P_4)^2$

المصدر: نتائج تحليل اقتصادي قياسي لمتغيرات الدراسة بالاعتماد على برنامج EViews، 10. بينت الاختبارات التشخيصية إلى أنّ هذا النموذج قد تجاوز كافة الاختبارات والجدول (4) يوضح ذلك،

الجدول (4): الاختبارات الإحصائية لدالة الإنتاج المقدرة.

الاختبار/المعيار	القيمة	التفسير
اختبار F للنموذج	F=75.8 (p<0.001)	النموذج ككل ذو دلالة إحصائية عالية
R ²	0.93	93% من تباين Y يُفسر بالمتغيرات المستقلة
R ² المعدل	0.91	تأكيد قوة النموذج بعد تعديل عدد المتغيرات
AIC/BIC	152.4/168.2	قيم منخفضة تشير إلى جودة النموذج
Jarque-Bera (البواقي)	1.85 (p=0.396)	البواقي تتبع توزيعاً طبيعياً
Durbin-Watson	1.92	لا يوجد ارتباط ذاتي في الأخطاء
Breusch-Pagan	10.24 (p=0.248)	ثبات تباين الأخطاء (لا مشكلة في متغيرات التباين)
VIF (أعلى قيمة)	5.1 (tso)	جميع القيم >10 ⇒ لا تعددية خطية خطيرة
Chow Test	F=1.32 (p=0.267)	لا يوجد تغير هيكل في البيانات
RESET Test	F=0.98 (p=0.423)	النموذج محدد بشكل صحيح (لا حاجة لمتغيرات)
ARCH Test	LM=0.75(p=0.687)	لا يوجد مشكلة في تغير التباين المشروط

المصدر: نتائج تحليل اقتصادي قياسي لمتغيرات الدراسة بالاعتماد على برنامج EViews، 10.

- الأثر الحدي:

بينت نتائج التحليل وجود علاقة طردية بين درجات الحرارة خلال الفصول (الشتاء والصيف والخريف) وهطول المطري خلال الفصول (الشتاء والصيف) والإنتاج الزراعي. فمثلاً عند ارتفاع درجة الحرارة الشتوية بمعدل درجة واحدة، يزداد قيمة الإنتاج الزراعي بـ 0.110، والجدول (5) يبين أثر الحدي المتغيرات على المناخية على قيمة الإنتاج الزراعي.

الجدول (5): الأثر الحدي للمتغيرات المناخية على قيمة الإنتاج الزراعي.

المتغير	الأثر الحدي	التفسير
متوسط درجة الحرارة (الشتاء) (T ₁)	0.11	كل زيادة بوحدة واحدة في T ₁ ← +0.110 في Y
متوسط درجة الحرارة (الربيع) (T ₂)	-0.18	كل زيادة بوحدة واحدة في T ₂ ← -0.180 في Y
متوسط درجة الحرارة (الصيف) (T ₃)	0.28	كل زيادة بوحدة واحدة في T ₃ ← +0.280 في Y
متوسط درجة الحرارة (الخريف) (T ₄)	0.03	كل زيادة بوحدة واحدة في T ₄ ← +0.030 في Y
متوسط الهطول المطري (الشتاء) (P ₁)	0.09	كل زيادة بوحدة واحدة في P ₁ ← +0.090 في Y
متوسط الهطول المطري (الربيع) (P ₂)	-0.07	كل زيادة بوحدة واحدة في P ₂ ← -0.070 في Y
متوسط الهطول المطري (الصيف) (P ₃)	0.02	كل زيادة بوحدة واحدة في P ₃ ← +0.020 في Y
متوسط الهطول المطري (الخريف) (P ₄)	-0.15	كل زيادة بوحدة واحدة في P ₄ ← -0.150 في Y

المصدر: نتائج تحليل اقتصادي قياسي لمتغيرات الدراسة بالاعتماد على برنامج EViews، 10.

ومن الجدول (5) تبين أنّ مرونة الإنتاج لمتغير متوسط درجة الحرارة (الشتاء) (T₁) بلغ نحو 0.031، أي إنّ زيادة متوسط درجة الحرارة (الشتاء) (T₁) بمقدار 1% سيؤدي إلى زيادة قيمة الإنتاج الزراعي بمقدار 0.031%، مع ثبات العوامل الأخرى. وكذلك الأمر

زيادة متوسط درجة الحرارة (الربيع)(T₂) بمقدار 1% سيؤدي إلى انخفاض قيمة الإنتاج الزراعي بمقدار 0.069%، مع ثبات العوامل الأخرى.

الجدول (6): الأثر الحدي ومرونة المتغيرات المناخية على قيمة الإنتاج الزراعي.

المتغير	الأثر الحدي	المتوسط	المرونة	التفسير
متوسط درجة الحرارة (الشتاء)(T ₁)	0.11	2.0964	0.031	↑1% في T ₁ ← ↑0.031% في Y
متوسط درجة الحرارة (الربيع)(T ₂)	-0.18	2.8926	-0.069	↑1% في T ₂ ← ↓0.069% في Y
متوسط درجة الحرارة (الصيف)(T ₃)	0.28	3.3826	0.126	↑1% في T ₃ ← ↑0.126% في Y
متوسط درجة الحرارة (الخريف)(T ₄)	0.03	3.0275	0.012	↑1% في T ₄ ← ↑0.012% في Y
متوسط الهطول المطري (الشتاء)(P ₁)	0.09	3.7096	0.044	↑1% في P ₁ ← ↑0.044% في Y
متوسط الهطول المطري (الربيع)(P ₂)	-0.07	2.9849	-0.028	↑1% في P ₂ ← ↓0.028% في Y
متوسط الهطول المطري (الصيف)(P ₃)	0.02	0.1376	0.0004	↑1% في P ₃ ← ↑0.0004% في Y
متوسط الهطول المطري (الخريف)(P ₄)	-0.15	2.7233	-0.054	↑1% في P ₄ ← ↓0.054% في Y

المصدر: نتائج تحليل اقتصادي قياسي لمتغيرات الدراسة بالاعتماد على برنامج EViews، 10.

-الاستنتاجات:

- شهدت سوريا ارتفاعاً ملحوظاً في متوسط درجات الحرارة منذ عام 1990، ووصلت ذروتها في عام 2010. هذا الارتفاع يؤثر سلباً على الإنتاجية الزراعية ويزيد من معدلات التبخر، مما يضغط على الموارد المائية.

- شهدت سوريا تقلبات كبيرة في معدلات الهطول المطري، مع تسجيل أعلى معدل في عام 1988 وأدنى معدل في عام 2008، مما أدى إلى موجة جفاف حادة أثرت سلباً على الزراعة والأمن الغذائي.

- الهطول المطري في الشتاء والخريف له علاقة إيجابية بالإنتاج الزراعي (P₁، P₄). ومع ذلك، فإن زيادة الهطول في الربيع والصيف تؤدي إلى انخفاض في الإنتاج الزراعي (مرونة -0.054% و -0.0208% على التوالي)، مما قد يشير إلى أن زيادة الأمطار في هذه الفصول قد تكون مصحوبة بظواهر أخرى ضارة (مثل الأمطار الغزيرة غير المنتظمة أو البرد)، أو أن هناك حدًا معينًا لكمية الأمطار يكون مفيدًا وتجاوزه يؤثر سلبًا.

- أشارت دالة الإنتاج إلى أن ارتفاع درجات الحرارة في الربيع والصيف له علاقة طردية مع الإنتاج الزراعي (T₂، T₃)، بينما درجة حرارة الشتاء تؤثر بشكل إيجابي على الإنتاج (T₁). ومع ذلك، فإن ارتفاع درجة حرارة الربيع يرتبط بانخفاض في الإنتاجية الزراعية (مرونة -0.069%). هذا يشير إلى أن هناك نطاقًا مثاليًا لدرجات الحرارة، وتجاوزه أو الانخفاض عنه يمكن أن يكون ضارًا. -أوضح مؤشر باغنول وغاوسن للجفاف أن الفترة الجافة أطول من الفترة الرطبة، وتمتد من أيار إلى تشرين الأول، وتزداد شدتها في أشهر الصيف. هذا يهدد الزراعة البعلية بشكل خاص.

- أظهرت دالة الإنتاج أن المساحة الزراعية والعمالة لهما تأثير إيجابي ومعنوي على الإنتاج الزراعي. كما أشارت النتائج إلى علاقة عكسية بين كمية الأسمدة والمبيدات المستخدمة والإنتاج، مما يوحي بالاستخدام المفرط أو غير الفعال لهذه المدخلات.

- التوصيات:

1- التكيف مع تغير المناخ وارتفاع درجات الحرارة:

- تحسين كفاءة الري: تبني أنظمة ري حديثة (كالري بالتنقيط أو الرذاذ) لتقليل فقدان المياه بسبب التبخر، خاصة في فصول الصيف الحارة.

- زراعة أصناف مقاومة للحرارة: تطوير أو استيراد بذور محاصيل تتحمل ارتفاع درجات الحرارة (خاصة في الربيع والصيف).

2- إدارة التقلبات المطرية والجفاف:

- تعزيز الزراعة البعلية: اختيار محاصيل ذات احتياجات مائية منخفضة وتوقيت زراعتها ليتوافق مع الفترات الرطبة (الشتاء والخريف).

- تخزين المياه الفائضة: بناء خزانات مياه وسدود صغيرة لتجميع مياه الأمطار في المواسم الغزيرة (مثل الشتاء) واستخدامها في فترات الجفاف.

- نظم الإنذار المبكر للجفاف: تطوير آليات مراقبة تتنبأ المزارعين مبكرًا لتقلبات الهطول المطري.

3- تحسين كفاءة المدخلات الزراعية (الأسمدة والمبيدات):

- تدريب المزارعين: توعيتهم بالكميات المثلى للأسمدة والمبيدات لتجنب الإفراط الذي يؤثر سلبًا على الإنتاج.

- التحول إلى الزراعة العضوية: تشجيع استخدام الأسمدة الطبيعية والمبيدات الحيوية لتقليل التكاليف والتلوث.

4- تعزيز العمالة والمساحة الزراعية:

- دعم المزارعين ماليًا وتقنيًا: تقديم قروض ميسرة أو إعانات لتمكينهم من توسيع المساحات المزروعة.

- تشجيع الزراعة المكثفة: استخدام تقنيات مثل التكتيف الزراعي أو الزراعة الرأسية لزيادة الإنتاج دون الحاجة إلى توسيع المساحة.

5- سياسات طويلة الأجل:

- إدراج تغير المناخ في التخطيط الزراعي: وضع استراتيجيات وطنية تتضمن تغير المناخ كعامل رئيسي في السياسات الزراعية.

- البحث والتطوير: دعم مراكز الأبحاث المحلية لدراسة تأثير المناخ على المحاصيل السورية وتطوير حلول مخصصة.

المراجع:

رابح، أبو عراب وفتح الله مسعود (2022). أثر التغيرات المناخية على الإنتاج الزراعي في الجزائر دراسة اقتصادية 1980-2020. مجلة الدراسات الاقتصادية والمالية. 15 (ديسمبر 2022): 9-27.

رزق الله، وسيم (2020). أثر التغيرات المناخية على إنتاجية الحاصلات الزراعية في مصر. مجلة السياسة والاقتصاد. 6(5). 99-135.

الرويس، خالد (2009). محاضرات في اقتصاديات الإنتاج الزراعي. جامعة الملك سعود. كلية علوم الأغذية والزراعة. قسم الاقتصاد الزراعي. 247 صفحة.

زيدان، علي غيدان (2016). قياس عوائد السعة والكفاءة التوزيعية وتقدير دالة الربح في إنتاج فستق الحقل في محافظة ديالى. مجلة الفرات للعلوم الزراعية. 8 (2): 270 - 278.

شيخي، محمد (2011). طرق الاقتصاد القياسي محاضرات وتطبيقات. منشورات مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة ورقلة، ورقلة، الجزائر. 437 صفحة.

وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي (2023). مديرية الإحصاء والتعاون الدولي، قسم الإحصاء والتخطيط، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سورية.

Abel, G.J., Brottrager, M., Cuaresma, J.C., Mutarak, R (2019). Climate, conflict and forced migration. Glob. Environ. Change 54, 239-249.

Alboghdady, M. and El-Hendawy, S.E (2016). Economic impacts of climate change and variability on agricultural production in the Middle East and North Africa region, International Journal of Climate Change Strategies and Management, 8(3), 463-472.

- Alsafadi, Ansari, N., Mokhtar, A., Mohammed, S., Elbeltagi, A., Sammen, S.S., B i, S (2022). An evapotranspiration deficit-based drought index to detect variability of terrestrial carbon productivity in the Middle East. *Environ. Res. Lett.* 17, 014051
- Amouzay, H., Chakir, R., Dabo-Niang, S., and El Ghini, A (2024). Impact of climate change on agriculture in the MENA region: A spatial panel econometric analysis. 2024 African Meeting, Abidjan, Côte d'Ivoire : June, 2024.
- Bagnouls, F., and Gaussen, H (1953). Saison sèche et indice xérothermique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 88, 193–239.
- Ballarin, A.S., Barros, G.L., Cabrera, M.C., Wendland, E.C (2021). A copula-based drought assessment framework considering global simulation models. *J. Hydrol. Reg. Stud.* 38, 100970
- Cardoso Pereira, S., Marta-Almeida, M., Carvalho, A. C., & Rocha, A (2019). Extreme precipitation events under climate change in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 40(2), 1255–1278.
- Climate Change Knowledge Portal (2023). Syria - Climate data. World Bank Group. Accessed January 5, 2025. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>.
- Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.P., Iglesias, A., Lange, M.A., Lionello, P., Llasat, M.C., Paz, S., Penueles, J., Snoussi, M., Toreti, A., Tsimplis, M.N., Xoplaki, E (2018). Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nat. Clim. Change* 8, 972–980.
- Dai, A.; Zhao, T.; Chen, J. Climate Change and Drought: A Precipitation and Evaporation Perspective. *Curr. Clim. Change Rep.* 2018, 4, 301–312.
- Houmsi, M.R., Shiru, M.S., Nashwan, M.S., Ahmed, K., Ziarh, G.F., Shahid, S., Chung, E.-S., Kim, S (2019). Spatial shift of aridity and its impact on land use of Syria. *Sustainability* 11, 7047.
- Lionello, P., Scarascia, L (2018). The relation between climate change in the Mediterranean region and global warming. *Reg. Environ. Change* 18, 1481–1493.
- NOAA National Centers for Environmental Information (2023). Monthly Global Climate Report for Annual 2023. Available online: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313> (accessed on 14 June 2024).
- Thackeray, C.W., Hall, A., Norris, J and D. Chen (2022). Constraining the increased frequency of global precipitation extremes under warming. *Nat. Clim. Chang.* 12, 441–448
- Tramblay, Y., Koutroulis, A., Samaniego, L., Vicente-Serrano, S.M., Volaire, F., Boone, A., Page, M.L., Llasat, M.C., Albergel, C., Burak, S., Cailleret, M., Kalin, K.C., Davi, H., Dupuy, J.L., Greve, P., Grillakis, M., Jarlan, L., Martin-StPaul, N., Vilalta, J.M., Mouillot, F., Velazquez, D.P., Quintana-Seguí, P., Renard, D., Turco, M., and Türkes, M (2020). Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios. *Environ. Earth Sci.* 210, 103348.
- Yuan, X.; Li, S.; Chen, J.; Yu, H.; Yang, T.; Wang, C.; Huang, S.; Chen, H.; Ao, X (2024). Impacts of Global Climate Change on Agricultural Production: A Comprehensive Review. *Agronomy* 14, 1360.

An Econometric Study of the Impact of Climate Change on Agricultural Production in Syria 1990–2020

Alaa Hamo ^{1*} and Naji Al-Faraj²

¹Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, University of Damascus, Damascus, Syria.

²Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering in Al-Hasakah, Al-Furat University, Al-Hasakah, Syria.

(*Corresponding author: Alaa Hamo, Email: alaasuliman@outlook.com, Phone: +963951850626)



Received: 27/ 06/ 2025

Accepted: 3/ 08/ 2025

Abstract

The agricultural sector in Syria is a vital part of the economy, yet it faces growing challenges due to climate change. This study aimed to analyze the impact of climate change on agricultural production in Syria from 1990 to 2020 using a Cobb-Douglas production function. The study relied on annual data from the FAO and World Bank databases. The results showed a steady rise in temperatures, peaking in 2010 with an average increase of 1.5°C. In contrast, precipitation rates exhibited sharp fluctuations, ranging from the highest recorded level in 1988 (450 mm) to the lowest in 2008 (150 mm). The findings also revealed significant seasonal variations in the impact of climatic factors. Winter and autumn rainfall contributed to a 0.15% increase in production per 1% rise in precipitation, while increased rainfall in spring and summer led to a decline in output (−0.054% and −0.0208%, respectively). Regarding temperature effects, the production function indicated that higher temperatures in spring and summer had a positive correlation with agricultural output (T2, T3), while winter temperatures also positively influenced production (T1). However, rising spring temperatures were associated with reduced agricultural productivity (elasticity of −0.069%). Additionally, the results demonstrated that both cultivated area and labor had a significant positive impact on agricultural production. In contrast, fertilizer and pesticide use showed an inverse relationship with output, suggesting either excessive or inefficient application of these inputs. Furthermore, the De Martonne aridity index highlighted worsening drought conditions, with the dry season extending from May to October and peaking in July and August. The study recommends integrating climate change into agricultural planning to ensure sector sustainability, promoting rainfed agriculture to optimize natural water resources, and developing early drought warning systems to mitigate the adverse effects of climate variability. Finally, farmers should receive financial and technical support to effectively implement these adaptive measures

Keywords: Climate change, agricultural production, Cobb-Douglas function, Syria, food security.