https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

الاتجاهات الزمنية لإنتاج محصولي الذرة الرفيعة والدخن بولاية شمال كردفان خلال الفترة (2005ـ2021م)

د. وجدان ضرار عمراحمد
استاذ مساعد بقسم الجغرافيا/ كلية التربية
جامعة القرآن الكريم والعلوم الاسلامية، أم درمان– السودان
dr.wegdanahmed@gmail.com

تاريخ الاستلام 2025/10/29 تاريخ القبول 2025/11/26 تاريخ النشر 2026/01/01

الملخص:

هدفت الدراسة إلى تحليل الاتجاهات الزمنية لمحصول الدخن والذرة الرفيعة في ولاية شمال كردفان (2005 – 2021). وقياس الفروق بين المحليات المختلفة، ومعرفة مدى مساهمة الولاية في الإنتاج الوطني. واستندت على بيانات رسمية عن الإنتاج والأراضي المزروعة من وزارة الزراعة ولاية شمال كردفان وبيانات إنتاج السودان من منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة FAOSTAT، بالإضافة إلى بيانات الأمطار من CHIRPS، واستُخْدِمَت اختبارات Mann–Kendall وTheil–Sen، إلى جانب تحليل الانحدار الخطي، لتقدير الميل ودلالاته. أوضحت نتائج الدراسة إن الإنتاج يتغير من سنة لأخرى، مع وجود ارتفاع بشكل عام لاسيما الدخن، الذي أظهر معدل زيادة تقريبا 605 طن لكل هكتار/السنة، وكانت الزيادة معنوية. أما الذرة الرفيعة، حوالي 263 طن لكل هكتار/السنة، وكانت الزيادة غير معنوية. وكان العام 2015 استثنائياً، إذ سجل أعلى إنتاج ومساهمه في الانتاج القومي رغم ضعف الأمطار 134 ملم، وأظهر الدخن ارتباطًا أقل بالأمطار فالإنتاج يزدهر في كل من جبرة الشيخ، بارا، وسودري مقارنة بالذرة الرفيعة، الأكثر انتشارًا في المحليات الجنوبيه أم روابة، الرهد، وشيكان، التي تكون فيها الأمطار مستقرة نسبيا. وأوصت الدراسة بالعديد من التوصيات، منها: بناء قاعدة بيانات متكاملة تكون مرجع لاتخاذ قرارات مبنية على أدلة واضحة وسهلة الوصول، وإجراء دراسة مفصلة عن العوامل التي أدت لنجاح الإنتاج في 2015، بهدف تحويلها لنموذج إداري وتقني مستدام.

الكلمات المفتاحية: تحليل السلاسل الزمنية، التذبذب المناخي، الإنتاج والإنتاجية، التنمية الزراعية.

© Journal of Libya for Geographical Studies, Sirte University 2026

Temporal Trends in the Production of Sorghum and Millet Crops in North Kordofan State during the Period 2005–2021

Wigdan Dirar Omer Ahmed
Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Education
University of the Holy Quran and Islamic Sciences, Omdurman, Sudan
dr.wegdanahmed@gmail.com

Received: 29/10/2025 Accepted: 26/11/2025 Published: 01/01/2026

Abstract:

This study aimed to analyze the temporal trends in the production of millet and sorghum in North Kordofan State during the period 2005–2021, to assess differences among the various localities, and to determine the state's contribution to national production. The study was based on official data on crop production and cultivated areas obtained from the Ministry of Agriculture of North Kordofan State, national production data from the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT), in addition to rainfall data derived from the CHIRPS dataset. The Mann–Kendall and Theil–Sen tests were applied, alongside linear regression analysis, to estimate trends and their statistical significance. The results indicated that production fluctuates from year to year, with an overall increasing trend, particularly for millet, which exhibited an increase rate of approximately 605 tons per hectare per year, and this increase was statistically significant. In contrast, sorghum production increased by about 263 tons per hectare per year, but this trend was not statistically significant. The year 2015 was exceptional, recording the highest production levels and contribution to national output despite relatively low rainfall (134 mm). Millet showed a weaker correlation with rainfall, as its production thrived in the localities of Jabra Al-Sheikh, Bara, and Sodari, compared to sorghum, which is more prevalent in the southern localities of Um Rawaba, Al-Rahad, and Sheikan, where rainfall is relatively more stable. The study recommended several measures, including the establishment of an integrated and accessible database to support evidence-based decision-making, and conducting a detailed investigation into the factors that contributed to the production success in 2015, with the aim of transforming these factors into a sustainable managerial and technical model.

***Keywords*:** Time series analysis; Climatic variability; Production and productivity; Agricultural development.

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

مُقدمة

تُعَدُّ محاصيل الحبوب وتحديدًا الذرة الرفيعة والدخن من أهم المحاصيل الغذائية في السودان، وتشكل المورد الأساسي للغذاء في معظم الأراضي والأقاليم شبه الجافة، وتلعب دوراً رئيسياً في الأمن الغذائي الوطني، وتزويد العلف الحيواني (وزارة الزراعة والغابات، 2021). وتُظهر الأرقام الإحصائية لمنظمة الأغذية والزراعة العالمية أن الذرة الرفيعة والدخن تمثلان أكثر من (75%) من إنتاج الحبوب الغذائية في البلاد .(FAO, 2020)، إن ولاية شمال كردفان مهمة كونها تقع في منطقة الحزام شبه القاحل للسودان، إذ تتراوح الأمطار من 150 إلى 450 ملم سنويًا، مما يعني اعتماد الزراعة بصورة شبه كلية على الأمطار الموسمية (Elsheikh et al., 2018) إذ تشكل مساحة النشاط الزراعي بالولاية حوالي (80%)، وتُعتبر محصولي الذرة الرفيعة والدخن المحاصيل الرئيسة المعتمدة في دورة الإنتاج الزراعي، إلى جانب محاصيل إخرى، مثل: السمسم والفول السوداني .(Ministry of Agriculture, 2019) في العقود القليلة الماضية، ظهرت تقلبات ملحوظة في إنتاج الحبوب بالولاية، إذ ارتفع معدل العائد في بعض المواسم استجابة لتحسّن توزيع الأمطار أو تبنّي المزارعين لممارسات زراعية محسّنة، في حين تراجعت الإنتاجية في سنوات أخرى نتيجة تكرار موجات الجفاف، وتدهور خصوبة التربة، وتذبذب بداية الموسم الزراعي .(Mahmoud & Ahmed, 2017)، أو ربما يعود السبب إلى التغيرات المناخية الذي ظهرت بشكل واضح خلال الأزمنة الماضية في المناطق الغربية للسودان، إذ زادت الحرارة وانخفضت كمية الأمطار الفعلية نسبيًا (Hassan et al., 2019) ، بجانب عدم الاستقرار السياسي في البلاد والأوبئة والحروب التي صاحبتها.

إنَّ أداة تحليل الاتجاهات الزمنية Trend Analysis تُعد أحد الأدوات المهمة في الإنتاج الزراعي التي تؤثر في عملية التخطيط الزراعي ورسم السياسات الغذائية، و يُوفر مؤشرات كمية تُقيس التغيرات عبر الزمن وتحديد الإنتاج إذ تستقرّ أو تتراجع (Kendall, 1975)؛ من هنا تظهر أهمية إجراء دراسة منهجية تركز على تحليل تطورات إنتاج الحبوب في ولاية شمال كردفان من عام 2005 وحتى 2021. بهدف معرفة إذا كان الإنتاج في زيادة، استقرار، أو تراجع. كما لابد من اجراء اختبار لبيان دلالاتها ، إذا كانت هذه الاتجاهات لها معنى إحصائي حقيقي. ومعرفة مساهمة الولاية في إجمالي إنتاج هذه المحاصيل على مستوى البلد.

أولاً: مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة الدراسة في محاولة فهم الاتجاه العام لإنتاجية محصولي الذرة الرفيعة والدخن، في ولاية شمال كردفان خلال الفترة من 2005 إلى 2021.وذلك لمعرفة :

1.ما الاتجاه العام لتطور إنتاج محصولي الذرة الرفيعة والدخن في منطقة الدراسة؟

2.ما أوجه التباين المكاني لكميات الانتاج لمحصولي الذرة الرفيعة والدخن في منطقة الدراسة؟

3.ما مدى مساهمة منطقة الدراسة في الإنتاج الوطني من الحبوب خلال فترة الدراسة؟

ثانياً: فرضيات الدراسة:

1. هناك اتجاه واضح في نقصان إنتاجية محصولي الذرة الرفيعة والدخن، في ولاية شمال كردفان خلال فترة الدراسة.
2. إنّ إنتاج محصولي الذرة الرفيعة والدخن في ولاية شمال كردفان كان في البداية في ارتفاع تدريجي خلال السنوات الأولى من الدراسة، نتيجة لتحسن الظروف الزراعية، لكن مع مرور الوقت، بدأ الأداء يتراجع في السنوات الأخيرة بسبب النزاعات والأوبئة والحروب.
3. هناك فروق مهمة في متوسط الإنتاج بين محليات ولاية شمال كردفان لمحصولي الذرة الرفيعة والدخن خلال فترة الدراسة.
4. هناك علاقة معنوية إحصائياً بين الإنتاج الكلي في محليات الولاية لمحصولي الذرة الرفيعة والدخن خلال فترة الدراسة.
5. مساهمة ولاية شمال كردفان في الإنتاج الوطني من الحبوب تختلف من سنة لأخرى، بسبب التغيرات المناخية وظروف الزراعة المختلفة.

ثالثاً: أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل وتقييم الاتجاهات الزمنية لإنتاج محصولي الذرة الرفيعة والدخن بولاية شمال كردفان خلال الفترة (2005–2021م)، بما يسهم في دعم متخذي القرار في التخطيط الزراعي لمحصولي الحبوب، وذلك من خلال:

1. التعرف على تطور إنتاج محصولي الذرة الرفيعة والدخن عبر السنوات لمعرفة ما إذا كان الإنتاج يتجه نحو النمو أم التراجع.
2. اختبار دلالة الاتجاهات الزمنية إحصائيًا؛ لتحديد ما إذا كانت هذه الاتجاهات إيجابية، ثابتة، أم سلبية.

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

3. تحديد المحليات التي حققت أعلى متوسط إنتاج وأعلى كفاءة في محصولي الذرة الرفيعة والدخن على مستوى ولاية شمال كردفان.
4. تقدير وبيان مدى مساهمة ولاية شمال كردفان في الإنتاج السنوي الكلي للسودان من محصولي الذرة الرفيعة والدخن.

رابعاً: أهمية الدراسة:

تبرز أهمية الدراسة في إنها:

1. تعطي مؤشرات كمية دقيقة تساعد في توجيه سياسات وخطط وزارة الزراعة، لاسيما فيما يخص المحصولين والمناطق التي ينمو فيها الإنتاج بشكل ثابت أو التي تعاني من التراجع.
2. تسهم في متابعة حركة إنتاج الغذاء في منطقة ذات كثافة سكانية عالية، وتعد من الركائز الأساسية للأمن الغذائي في السودان.
3. تدعم صناع القرار والمخططين في المجال الزراعي، وتحديد أولويات الاستثمار في القطاع الزراعي بشكل أدق.

خامساً: حدود الدراسة:

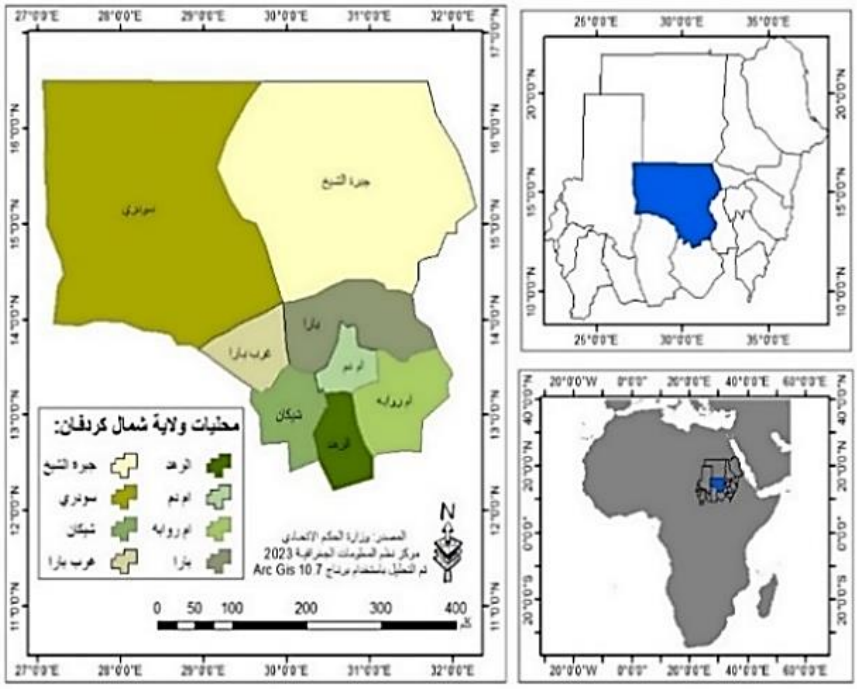
هذه الدراسة محددة بثلاث مجالات رئيسية، وهي:

1. **المجال المكاني**: يقتصر على ولاية شمال كردفان، لأنها من الولايات الرئيسية التي تنتج الذرة الرفيعة والدخن، وتعد مناسبة جدًا لدراسة التغيرات التي تحدث في الإنتاج الزراعي.
2. **المجال الزماني**: الدراسة تغطي الفترة من 2005 الى 2021، بهدف تتابع التغييرات على مدى طويل، ومعرفة كيف تغيرت الأمور على مر السنين.
3. **المجال الموضوعي**: يركز على تحليل الاتجاهات الزمنية في إنتاج الذرة الرفيعة والدخن، لأهميتهما محلياً وقومياً.

سادساً: منطقة الدراسة:

إحدى الولايات الوسطى لدولة السودان يحدها من الشمال الولاية الشمالية ومن الغرب شمال دارفور ومن الشرق الخرطوم والنيل الأبيض ومن الجنوب جنوب كردفان وغرب كردفان خريطة (1) وتقع بين دائرتي عرض 075' .13" .12° و 049' .29" .16° وخطي طول 307'. 4.16" .27° و 016'. 16.35" .32° بمساحة 156.16كلم^2 .

خريطة(1) موقع منطقة الدراسة.



سابعاً: المنهجية المستخدمة في الدراسة:

استخدم المنهج التحليل الاستقرائي والمنهج الموضوعي بجانب المنهج الإقليمي.

1. نوع البيانات ومصادرها:

أ. بيانات سنوية رسمية عن الإنتاج لمحصول الذرة الرفيعة والدخن، من وزارة الزراعة السودانية والإحصاء الزراعي لعام 2025.

ب. بيانات سنوية رسمية عن الإنتاج لمحصولي الذرة الرفيعة والدخن للسودان من منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) FAOSTAT

ج. بيانات الأمطار CHIRPS هي بيانات Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data، وتُعد قاعدة عالمية موثوقة توفر سجلات مطرية شبكية عالية الدقة (0.05°)، مناسبة للتحليل المناخي طويل الأمد.

2. معالجة البيانات:

أ. معالجة مشكلة نقص البيانات لموسم 2009–2010 في متغير الإنتاج من خلال استنتاجها رياضيًا، باستخدام العلاقة بين المساحة المزروعة والإنتاجية.

ب. معالجة القيم المفقودة أو التي كانت خارجة عن المألوف (الشاذة) باستخدام طرق إحصائية مناسبة، متمثلة في حساب المتوسطات والاعتماد على الاستيفاء الزمني (Time Interpolation)، حسب طبيعة البيانات وتوزيعها على الزمن؛ بهدف ضمان استمرارية السلاسل الزمنية والحصول على نتائج دقيقة وموثوقة.

3. الأساليب الإحصائية:

1. تحليل الاتجاه الزمني (Trend Analysis) .

أ. تمَّ استخدام اختبار Mann–Kendall لقياس معنوية الاتجاه الزمني (زيادة أو نقصان منتظم عبر الزمن).

ب. حساب ميل Sen's slope لتقدير معدل التغير السنوي في الإنتاج (طن/هكتار) لكل محصول.

ج. حساب الزيادة التراكمية للإنتاج تقريبًا، فالزيادة التراكمية =الميل*عدد السنوات الفعلية (sen,1968)

2. تحليل خط الاتجاه العام (Linear Trend Line Analysis) .

أ. تمَّ تطبيق نموذج الانحدار الخطي البسيط (Linear Regression) بين الإنتاج والزمن لتحديد الاتجاه العام (General Trend Line) لكل من الذرة الرفيعة والدخن.

ب. استخدمت معادلة الاتجاه: $Yt=a+bt$

إذ أن:

- Y_t_إنتاجية في السنة t
- a الثابت (قيمة الإنتاجية عند بداية الفترة)
- b ميل الاتجاه الذي يوضح معدل الزيادة أو النقصان السنوي.

ج. تمَّ اختبار معنوية الميل b إحصائيًا عند مستوى دلالة 0.05؛ لتحديد ما إذا كان الاتجاه صاعدًا أو هابطًا أو ثابتًا (sen,1968).

د. كما تم تمثيل خط الاتجاه بيانيًا لإظهار العلاقة الزمنية بصريًا ومقارنتها بنتائج اختبار Mann–Kendall.

3. **التحليل النسبي:**

حساب نسبة مساهمة ولاية شمال كردفان من إجمالي إنتاج السودان لكل سنة باستخدام المعادلة:

النسبة = إنتاج شمال كردفان / إنتاج السودان الكلي × 100(sen,1968)

4. **التحليل المقارن للمحليات:**

أ. حساب المتوسط الحسابي لإنتاج كل محلية خلال فترة الدراسة (2005–2021).

ب. ترتيب المحليات تصاعديًا وتحديد الأعلى إنتاجًا والأقل.

5. **التمثيل البياني:**

تمَّ الاعتماد على الرسم البياني كأداة مساعدة لتحليل البيانات:

أ. الرسوم الخطية والمخططات العمودية لعرض الاتجاهات الزمنية في إنتاج محصولي الذرة الرفيعة والدخن خلال فترة الدراسة.

ب. رسم منحنيات مقارنة بين السنوات والمحصولين والمحليات، بهدف بيان الاختلافات في الإنتاج من مكان لآخر ومن سنة لأخرى داخل ولاية شمال كردفان.

ج. رسم خط الاتجاه العام (Trend Line)؛ لقياس الاتجاه العام للتغير في الإنتاج، ومعرفة إذا كانت تميل للارتفاع أو الانخفاض على المدى الطويل.

ثامناً: الدراسات السابقة:

في دراسة **Abay, K. A. et.al (2023)** بعنوان Evaluating Cereal Market (Dis) Integration in Sudan إذ تناول الباحثون تكامل أسواق الحبوب بين ولايات السودان مع التركيز على الأسعار، إلا أن النتائج أوضحت أن الاختلافات في إنتاج الحبوب بين الولايات تعكس تفاوتات في الإنتاجية الزراعية، إذ تسهم ولاية شمال كردفان بنحو(10–12%) من إجمالي إنتاج السودان من الذرة الرفيعة في المتوسط خلال الفترة (2000–2018).

استعرض **George, T. T. et.al (2022)** دراسة بعنوان Trends and Progress in Sorghum Research التطور العالمي والإقليمي في إنتاج الذرة الرفيعة. وأشارت الدراسة إلى أن مناطق إفريقيا الشرقية، و لاسيما السودان، لم تشهد تحسنًا ملموسًا في الغلة منذ مطلع

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

الألفية مقارنة بالدول الأخرى ذات الأنظمة الزراعية الحديثة.

أما تقرير **البنك الدولي (World Bank, 2021)** بعنوان *Agricultural Productivity and Poverty in Rural Sudan* يوضح أن إنتاجية الحبوب في ولايات كردفان ودارفور هي الأدنى مقارنة بولايات النيل الأزرق والجزيرة. كما بين التقرير أن معدل النمو في الغلة لم يتجاوز (1%) سنويًا خلال العقدين الماضيين؛ مما يدل على بطء التحسن الزراعي في المناطق شبه القاحلة.

أما دراسة **مُحَمَّد عبد الرحيم فضل (2021)** بعنوان االتحليل الإحصائي للاتجاهات الزمنية في الإنتاج الزراعي السوداني باستخدام اختبار Mann–Kendall، استخدم الباحث الأساليب الإحصائية غير المعلمية لتحليل اتجاهات إنتاج الذرة الرفيعة والقمح على مستوى السودان. وأظهرت النتائج أن الإنتاج الكلي اتجه نحو الانخفاض الطفيف خلال العقدين الماضيين، مع وجود اختلاف واضح بين الولايات فضلاً عن الاتجاهات ودلالتها الإحصائية.

في تقرير **مفوضية الاستثمار والصناعة بولاية شمال كردفان (2019)** بعنوان الخرائط الرقمية والإحصاءات الزراعية لاستخدامات وغطاءات الأرض، تم عرض بيانات دقيقة حول المساحات والإنتاج لمحصولي الذرة الرفيعة والدخن خلال الفترة (2000–2018) موزعة حسب المحليات. وأوضح التقرير أن محليات شيكان وأم روابة كانت الأعلى إنتاجًا في معظم السنوات، مما يجعله مرجعًا رسميًا مهمًا لحساب نسبة مساهمة الولاية من إجمالي الإنتاج القومي.

دراسة **التيجاني مُحَمَّد أحمد (2018)** بعنوان تحليل الأداء الزراعي لمحاصيل الحبوب في المناطق شبه القاحلة بالسودان تناول الباحث اتجاهات الغلة والإنتاج ركزت الدراسة على خمس ولايات رئيسة من بينها شمال كردفان للفترة (1990–2015). وتوصل إلى أن إنتاجية الحبوب في شمال كردفان هي الأدنى على مستوى السودان، وأن الاتجاه العام كان ثابتًا أو متناقصًا بشكل طفيف.

وفي دراسة **Abdelrahman, A. H. (1998)** بعنوان Trends in Sudanese Cereal Production تم تحليل الاتجاهات التاريخية لإنتاج الحبوب في السودان خلال الفترة (1960–1995). أظهرت النتائج أن مناطق كردفان ظلت ذات إنتاجية منخفضة نسبيًا، مع تأثر بالغ بالجفاف والتقلبات المطرية .

هذه الدراسة تكمل الأبحاث السابقة من خلال تحليل كيف يتغير إنتاج الذرة الرفيعة والدخن مع مرور الزمن في ولاية شمال كردفان، خلال الفترة من 2005 إلى 2021. تم استخدام بيانات محدثة ورسوم بيانية وإحصائيات دقيقة على مستوى المحليات، بهدف فهم التغيرات المكانية والزمنية في الإنتاج وربطها بالعوامل المؤثرة. تمت الاستفادة من خبرات ومنهجيات الدراسات السابقة، مع التركيز على الفترة الأخيرة ، لاسيما بعد إعادة رسم الحدود الإدارية والزراعية بعد سنة 2011.

المبحث الأول

المقومات الطبيعية لمحصولي الذرة الرفيعة والدخن بولاية شمال كردفان

1. الموقع المُناخي:

تقع ولاية شمال كردفان في الإقليم شبه الجاف/السافنا ذات الأمطار المنخفضة، ضمن نطاق السافنا بالأمطار في حدود 200–400 مم، (Abdalla, Abdel Nour, 2001) ، وتسود درجات حرارة مرتفعة أغلب شهور السنة، مع موسم مطير قصير يتركّز من يوليو إلى أكتوبر تقريبًا، ما يجعل الزراعة قائمة على محاصيل قصيرة الدورة ومتسامحة مع الجفاف، وفي مقدمتها الذرة الرفيعة والدخن.(Sulieman , Niamir-Fuller, 2024)

2. التربة وخصائصها:

تُعدُّ التربة السائدة في شمال كردفان من نوع الأرينوسول (Arenosols) المعروفة محليًا باسم تربة القوز والقردود (goz & gardud)، وهي تربة رملية عميقة، فقيرة في المادة العضوية والغذائية، وسريعة الصرف، وحساسة جدًّا لعوامل التعرية الريحية والمائية (Egemi, Ganawa,2015)

هذه الترب، رغم فقرها، تمتاز بسهولة الحرث وإمكانية زراعتها بالأساليب التقليدية، وقد أشارت دراسات (Abdalla, Abdel Nour, 2001)، إلى أن أراضي السافنا، المهيمنة فيها تربة القوز، مناسبة للزراعة المطرية التقليدية للذرة الرفيعة والدخن وغيرها من المحاصيل الزيتية

3. الموارد المائية:

تُعَدُّ ولاية شمال كردفان فقيرة في الموارد المائية السطحية الدائمة؛ إذْ تعتمد على مياه الأمطار الموسمية والجريان السطحي في الأودية والخيران، إلى جانب الحفائر والخزانات الصغيرة

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

وبعض المخزون الجوفي المحدود. ويؤدي تذبذب الأمطار وتفاوت توافر المياه بين الأعوام إلى هشاشة النظام الزراعي—الرعوي، ما يجعل الزراعة المطرية لمحصولي الذرة الرفيعة والدخن هي النمط الغالب، ويُبرز أهمية تقنيات حصاد مياه الأمطار داخل الحقل لتحسين رطوبة التربة وزيادة إنتاجية الحبوب (Ahmed,et.al,2025)

4. الغطاء النباتي والنظام الزراعي—الرعوي:

يَسود ولاية شمال كردفان غطاء نباتي من السافنا شبه الجافة، يتكوّن أساسًا من أعشاب حولية وأشجار متناثرة مثل أنواع الأكاسيا والبلانيتس وFaidherbia albida، وهو ما يهيئ بيئة ملائمة للرعي والزراعة المختلطة ضمن نظام زراعة—رعي تقليدي. وفي هذا النظام تُعَدّ الذرة الرفيعة والدخن من أهم محاصيل الغذاء والدخل لصغار المزارعين، إذ يعتمد معظم السكان الريفيين على الزراعة والرعي معًا في تأمين معيشتهم (Sulieman , Niamir-Ibrahim, 2018؛ Fuller, 2024)

وعليه، يمكن القول إن الموقع المناخي شبه الجاف، والأمطار منخفضة الكمية متذبذبة التوزيع، والتربة الرملية (القوز/القردود)، مع الغطاء النباتي الشجري—العشبي والنظام الزراعي—الرعوي السائد، تشكل جميعها منظومة من المقوّمات الطبيعية التي تفسّر انتشار الذرة الرفيعة والدخن باعتبارهما من أهم محاصيل الحبوب الغذائية في نظم الزراعة المطرية التقليدية بولاية شمال كردفان.

المبحث الثاني

الاتجاة العام لإنتاج محصولي الذرة الرفيعة والدخن بولاية شمال كردفان

يعتبر تحليل الاتجاه العام في الإنتاج الزراعي أداة مهمة جدًا تساعدنا على فهم الاتجاهات الطويلة الأمد، بعيدًا عن التغيرات الموسمية أو المفاجآت القصيرة. من خلاله، يمكن للباحث تحدد إذا كان النمو في الإنتاج سببه تحسين مستمر في الإنتاجية، أو مجرد ظروف مناخية مؤقتة. Singh et al. (2018) أشارو إلى إن استخدام نماذج الاتجاه العام لدراسة إنتاجية المحاصيل في ولاية هاريانا بالهند أظهرت أن الزيادة المستمرة كانت نتيجة مباشرة لتطور التقنيات الزراعية وكفاءة استخدام الموارد، ليس فقط توسعة الأراضي المزروعة .

أمَّا خدمة البحوث الاقتصادية الأمريكية (USDA ERS, 2022) فهي تؤكد أن تحليل الاتجاه العام هو الأساس لفهم كيف تتغير الإنتاجية الزراعية على المدى الطويل. وبياناتهم

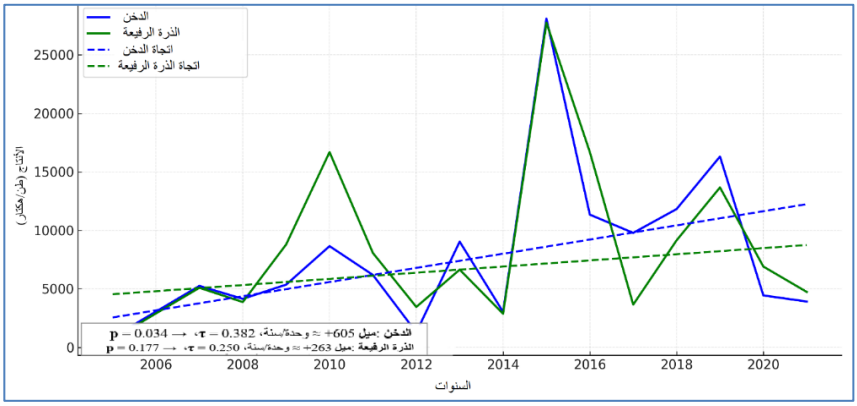
بينت إن معظم النمو الذي حصل في الزراعة الأمريكية خلال العقود الماضية كان بسبب تحسين مستدام في الإنتاجية، وليس توسعة الأراضي الزراعية .

الاتجاه العام لإنتاج محصولي الذرة الرفيعة والدخن في ولاية شمال كردفان يوضح الشكل (1) أن إنتاج الدخن بدأ يزيد بشكل ملحوظ مع مرور الوقت، ويظهر ذلك باتجاه تصاعدي متوسط القوة، وهو أمر تم تثبيته إحصائيًا .(p=0.034) أما الذرة الرفيعة، فالاتجاه تصاعدي، لكنه أبطأ وأقل حدة مقارنة بالدخن

ويظهر أن عام 2015 هو الأعلى في الإنتاج، إذ تجاوز تقريبًا 25,000 طن/هكتار لكل من الذرة الرفيعة والدخن. وفي المقابل، شهدت فترات 2005–2008 و2012 و2014 و2017 و2020–2021 انخفاضات واضحة في الإنتاج، إذ سجلت حوالي 9 سنوات متوسط إنتاج أقل من 5000 طن/هكتار.

شكل(1) الاتجاه العام لانتاج الدخن والذرة الرفيعة بولاية شمال كردفان

(متوسط عبر المحليات)2005–2021



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

المبحث الثالث

الاتجاه الزمني لإنتاج محصولي الذرة الرفيعة والدخن بولاية شمال كردفان

تحليل الاتجاه الزمني هو إحدى الأساليب الإحصائية الأساسية، والهدف منها معرفة إذا كانت القيم تتجه للارتفاع، أو الانخفاض أو تظل ثابتة خلال فترة معينة. يستخدم هذا التحليل بشكل واسع في مجالات الزراعة والبيئة والاقتصاد، لمتابعة التطورات على المدى

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

الطويل وبيان مدى فاعلية السياسات الزراعية والتقنيات الجديدة (Gujarati & Porter, 2009). كما أنه، يعطي فكرة عن العلاقة بين الزمن والمتغير الذي تتم دراسة، سواء كان إنتاج أو إنتاجية أو مساحة مزروعة. ممُّا يساعد على التميز بين الاتجاه الحقيقي والتقلبات الموسمية أو العشوائية التي يمكن أن تظهر فجأة (Makridakis et al., 2019).

بناءً على ذلك، فأن دراسة الاتجاه الزمني لإنتاجية محصولي الذرة الرفيعة والدخن في شمال كردفان خلال الفترة من 2005 إلى 2021 تُعدُّ خطوة مهمة لفهم كيف يتغير الإنتاج على المدى الطويل؛ ممَّا يساعدنا في معرفة إذا كانت الولاية تتجه نحو تحسين مستمر، أو إذا كانت تواجه تراجع كبير يحتاج لتدخلات زراعية وتقنية سريعة لإصلاح الوضع.

بناءً على دراسة وتحليل بيانات متوسط الإنتاج عبر محليات ولاية شمال كردفان، خلال فترة الدراسة تبين أن هنالك تبايناً واضحاً بين مؤشرات الاتجاه الولائي بين محصول الذرة الرفيعة والدخن بالنسبة لمعدل النمو واستقرار الاتجاه الإحصائي.

وعند دراسة الاتجاهات الزمنية للإنتاجية بينت أن محصول الدخن يظهر تحسن واضح على مدى 16 سنة، زاد الإنتاج بحوالي 9,680 وحدة، يعني تقريبًا 6,050 وحدة لكل عشر سنوات، وهذا يدل على تطور ملحوظ في الإنتاج. لو استمر الوضع هكذا، سوف يحقق الدخن مكاسب أسرع من الذرة الرفيعة على مستوى الولاية، عند حساب المتوسط بين المناطق.

أمَّا بالنسبة لمحصول الذرة الرفيعة، فالاتجاه كان غير واضح من الناحية الإحصائية ($p>0.05$)، مع إن الميل كان إيجابي، وارتفع الإنتاج حوالي 4,208 وحدة خلال نفس الفترة، لكن هذا أقل من نصف مكاسب الدخن تقريبًا. يعني، وجود تحسن بسيط .

وتمَّ حساب الزيادة التراكمية للإنتاجية باستخدام المعادلة الآتية:

الزيادة التراكمية = الميل * عدد السنوات الفعلية (2005-2021) 16 سنة

يوضح الجدول (1)، أن معدل التغير السنوي في إنتاج كل من المحصولين يظهر استقرارًا ومتانة، لاسيما باستخدام طريقة Theil–Sen التي تُعدُّ الأفضل ضد أي تقلبات أو شوائب في البيانات. مثلاً، الدخن بيزيد بمعدل 605 وحدة في السنة، معناه إن الإنتاج عمومًا يتحرك للأعلى بشكل مستمر. أما الذرة الرفيعة، فمعدل الزيادة حوالي 263 وحدة سنويًا، مما يعني بطء النمو.

ولقياس قوة واتجاه العلاقة مع مرور الزمن تم استخدام معامل Kendall τ ،فكانت قيمة للدخن 0.382 = τ، وهذا يدل على علاقة موجبة متوسطة، يعني الإنتاج يتجه للأعلى مع الوقت. أما الذرة الرفيعة، فكانت 0.25 = τ، فهي تعد علاقة موجبة ضعيفة، فالنمو محدود.

ولمعرفة إذا كان الاتجاه معنوي إحصائيًا تم استخدام القيمة الاحتمالية (p-value)، إذ بلغت للدخن 0.034 = p، وهي أقل من 0.05، مما يعني اتجاه تصاعدي حقيقي. لكن الذرة الرفيعة، كانت 0.177 = p، مما يعني صعوبة تأكيد وجود اتجاه واضح، رغم إن الميل موجب، لكن التغير غير معنوي إحصائيًا. وتُعزى هذه النتيجة إلى ملاءمة الدخن لبيئات شبه جافة مقارنةً بالذرة الرفيعة التي تتطلب انتظامًا أعلى في هطول الأمطار.

ممَّا سبق يتبين أن الدخن يظهر اتجاه ثابت وواضح ويتزايد مع الوقت، أما الذرة الرفيعة، تحسنها طفيف وغير مؤكّد ، لأنها تتأثر بشكل كبير بتقلبات الإنتاج بين المواسم

جدول (1) الاتجاهات الزمنية للإنتاجية السنوية لمحصولي الذرة الرفيعة والدخن في ولاية شمال كردفان من سنة 2005 إلى 2021

المحصول	الدخن/طن	الذرة الرفيعة/طن
ميل Theil–Sen وحدة/سنة	+605	+263
زيادة تراكمية تقريبية خلال الفترة	≈ +9,680	≈ +4,208
Kendall τ	0.382	0.250
p-value	0.034	0.177
إحصائياً	اتجاه تصاعدي معنوي (α=0.05)	اتجاه تصاعدي غير معنوي
قراءة عملية لكل 10 سنوات	≈ +6,050	≈ +2,630

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

المبحث الرابع

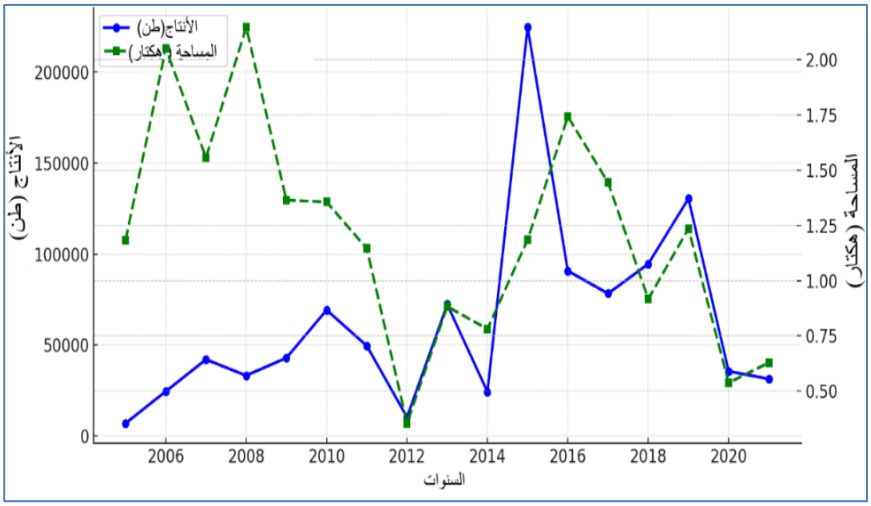
اتجاهات الانتاج والمساحة

إنَّ الزيادة والنقصان في الإنتاج لمحصول الذرة الرفيعة والدخن لا يرجع لزيادة أو نقصان مساحة الأرض الزراعية؛ بل هو نتيجة عوامل أخرى يبين الشكل(2) ان العام 2015 يعتبر الأعلى في الإنتاج للمحصولين إلاَّ إنَّ مساحة الأرض أقل مقارنة مع حجم الإنتاج ومساحات الإنتاج لسنوات أخرى. سجل محصول الدخن 224684 طنًا، بينما

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

بلغت أكبر مساحة لمحصول الدخن خلال فترة الدراسة نحو 2145910 هكتارًا لعام 2008 بإنتاج بلغ 33196 طنًا، ومن العام 2005 الى 2021 ارتفع الإنتاج من 6974 إلى 31366 طنًا (349.8%)، بينما تراجعت المساحة المزروعة من 1183014 هكتارًا إلى 628894 هكتارًا أي (-46.8%)، يُلاحظ تحسن في الإنتاج رغم تقلص المساحة ما يشير إلى تحسن في التقنيات الزراعية وغيرها دون المساحات.

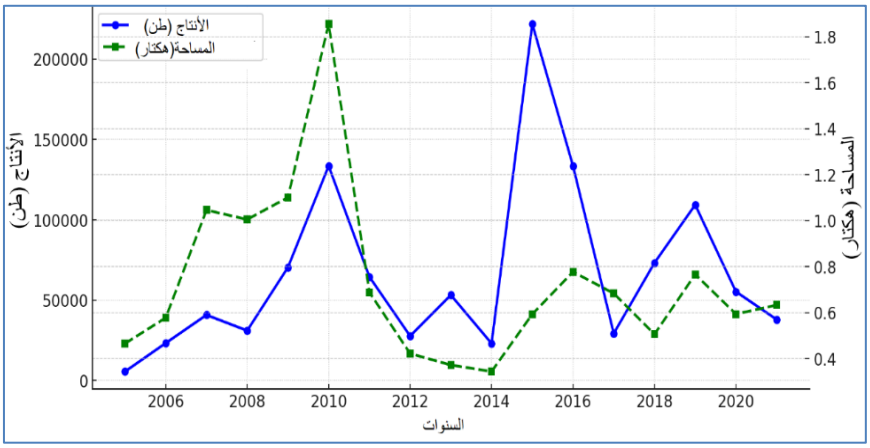
شكل (2) تطور الانتاج والمساحة المحصودة لمحصول الدخن
عبر السنوات بولاية شمال كردفان.



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

أمَّا الشكل (3) يوضح تطور الانتاج والمساحة المحصودة لمحصول الذرة الرفيعة إذ سجلت قيمة 221929 طنًا، وهي أعلى إنتاج متمثلة في العام 2015 بينما بلغت أكبر مساحة محصودة حوالي 1855750 لعام 2010، كما يلاحظ ارتفاع الإنتاج من 5559 إلى 37931 طنًا من العام 2005 إلى 2021 على التوالي أي بنسبة (582.3%) كما ارتفعت المساحة من 465.199 إلى 632619 هكتارًا أي (36.0%)؛ مما يعني أن زيادة مساحة الأراضي هي السبب في زيادة الإنتاج.

شكل (3) تطور الإنتاج والمساحة المحصودة لمحصول الذرة الرفيعة
عبر السنوات بولاية شمال كردفان.



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

ممَّا سبق يتبين إن المساحة المزروعة ليست العامل الأساسي الذي يحدد كمية الإنتاج في شمال كردفان من 2005 إلى 2021، مع إن المساحات كانت تتغير بشكل كبير أحياناً تصل لأكثر من مليوني فدان، ومن ثم تنقص بشكل كبير- إلا إن الإنتاج لم يتبع نفس الاتجاه. في بعض السنوات مثل 2015 و2018، كان الإنتاج يزيد بشكل واضح حتى مع تقلص المساحة. وعلى العكس، في سنوات كانت المساحة المزروعة كبيرة، مثل 2008 و2010، إلاّ إن الإنتاج انخفض.

يتضح إنَّ زيادة مساحة الأرض ليس لها دور كبير كما أن الفروقات السنوية والارتفاعات والانخفاضات الحادة في بعض السنوات تعكس التقلبات المناخية والاقتصادية. والتي ليس من الممكن تقديرها فقط من خلال متوسط الميل السنوي، لكنها واضحة عند السلاسل الزمنية في الرسم البياني.

المبحث الخامس

تحليل الاتجاهات الزمنية لإنتاج الدخن والذرة الرفيعة في المحليات

يهدف هذا الجزء إلى تحليل التغيرات الزمنية في إنتاجية محصول الدخن والذرة الرفيعة لمحليات ولاية شمال كردفان خلال الفترة 2005 إلى 2021، وذلك استنادًا إلى نتائج اختبار

الاتجاه الزمني (Kendall τ) وميل Theil–Sen الذي يقيس معدل التغير السنوي في الإنتاجية، فضلاً عن مؤشرات التباين والإنتاجية المتوسطة لكل محلية.

جدول(2) المقارنة بين المحليات والاتجاه العام لإنتاجية الدخن والذرة الرفيعة بولاية شمال كردفان.

المحلية	الرهد	شيكان	أم روابة	أم دوم	غرب بارا	بارا	سودري	جبرة الشيخ
متوسط الدخن	3867.5	8580.3	7940.6	1616.6	6753.4	11059.1	10994.8	11597.0
ميل الدخن (Theil–Sen) وحدة/سنة	529.6	172.7	-150.5	61.7	529.9	474.7	923.3	872.7
Kendall τ الدخن	0.6	0.1	-0.1	0.4	0.5	0.2	0.5	0.6
p-valueالدخن	0.0	0.5	0.4	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
معامل التغير CV للدخن%	104.9	74.0	99.4	141.3	139.3	62.5	150.1	125.0
متوسط الذرة الرفيعة	21617.7	14663.4	22760.3	849.4	3836.8	1162.5	1625.3	147.2
ميل الذرة الرفيعة (Theil–Sen) وحدة/سنة	1484.5	199.9	-9.6	28.7	68.4	54.1	179.8	0.0
Kendall τالذرة الرفيعة	0.4	0.1	0.0	0.6	0.5	0.2	0.6	-0.1
p-valueالذرة الرفيعة	0.0	0.5	1.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.7
معامل التغير CV للذر الرفيعة%	129.9	87.0	69.3	197.7	312.8	164.9	164.7	240.4

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

تُظهر النتائج وجود تباين مكاني واضح في إنتاجية الحبوب؛ إذ تتصدر جبرة الشيخ، بارا، سودري، متوسطات الدخن على مستوى الولاية، بينما تحوز أم روابة، الرهد، وشيكان أعلى متوسطات الذرة الرفيعة، مع بقاء جبرة الشيخ في أدنى مرتبة لهذا المحصول. وعلى صعيد الاتجاهات الزمنية، برزت الرهد، سودري، غرب بارا، وأم دوم باتجاهات تصاعدية معنوية في المحصولين، في حين تميّزت جبرة الشيخ بتحسّن معنوي في الدخن فقط، وبقيت أم روابة وشيكان عند ثبات زمني (اتجاه غير معنوي).

تُظهر هذه النتائج أن نمط الإنتاجية في ولاية شمال كردفان يتباين مكانياً وزمانياً تبعاً لاختلاف الظروف البيئية والبشرية بين المحليات، فضلاً عن تنوع مستويات الأداء بين مناطق

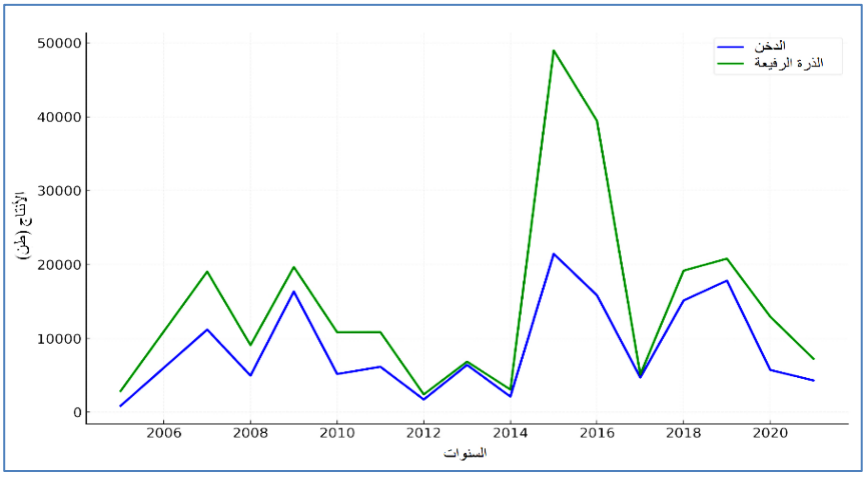
الريادة والإنتاج المستقر والمناطق ذات التحسن المحدود. ومن أجل تعميق الفهم لهذه الاتجاهات، يُستعرض فيما يلي تحليل تفصيلي لكل محلية على حدة، يوضّح خصائصها الإنتاج والاتجاهات الزمنية الخاصة بمحصول الذرة الرفيعة والدخن، بما يسهم في تحديد مكامن القوة ومواطن الضعف التي يمكن البناء عليها في سياسات التنمية الزراعية المستقبلية.

1. محلية شيكان:

من خلال الجدول (2) تظهر محلية شيكان عدم وجود اتجاه زمني دال للدخن (ميل 172.7، τ=0.1، p=0.5) و الذرة الرفيعة (ميل 199.9، τ=0.1، p=0.5). ويصاحب ذلك تذبذب متوسط للدخن بنسبة (CV=74.0%)، وأعلى قليلاً للذرة الرفيعة بنسبة (CV=87.0%). فالمتوسطات معتدلة إلى مرتفعة، حوالي 8580 للدخن و14663 للذرة الرفيعة. إن النمط العام يظهر ثبات في المتوسط خلال فترة الدراسة دون مسار صعودي/ هبوطي دال، مع تذبذب سنوي ملحوظ.

وبيّن الشكل (4) بشكل واضح أن الذرة الرفيعة كانت تتفوق على الدخن في معظم السنوات. وصل الإنتاج لأقصاه بشكل غير متوقع في سنة 2015، وبعدها انخفض بشكل كبير في عامي 2016 و2017، قبل أن يعود ويرتفع مرة ثانية في 2018 و2019. من الملاحظ أن كلا المحصولين يتبعان بشكل عام اتجاهًا تصاعديًا، رغم وجود تقلبات موسمية، وهذا يتوافق مع التحليل الإحصائي الذي أكد وجود اتجاهات إيجابية ذات دلالة باستخدام اختبارَين، Theil–Sen و Kendall τ، كما أن التفاوت بين القيم السنوية تظهر بوضوح تأثير الظروف المناخية "الأمطار" وغيرها، على حجم الإنتاج، وهذا الذي يفسر التقلبات الكبيرة التي سجلها معامل التغير (CV%) في الجدول الإحصائي. ويُفهم من ذلك أن الإنتاج الإجمالي قوي عند المستوى العام ولكنه ثابت زمنيًا، ما يشير إلى ضرورة توجيه جهود فنية لتحويل الأداء المستقر إلى اتجاه نمو فعلي ومستدام في السنوات المقبلة.

شكل(4) تحليل الاتجاه الزمني لإنتاج محصولي الدخن والذرة الرفيعة بمحلية شيكان.



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

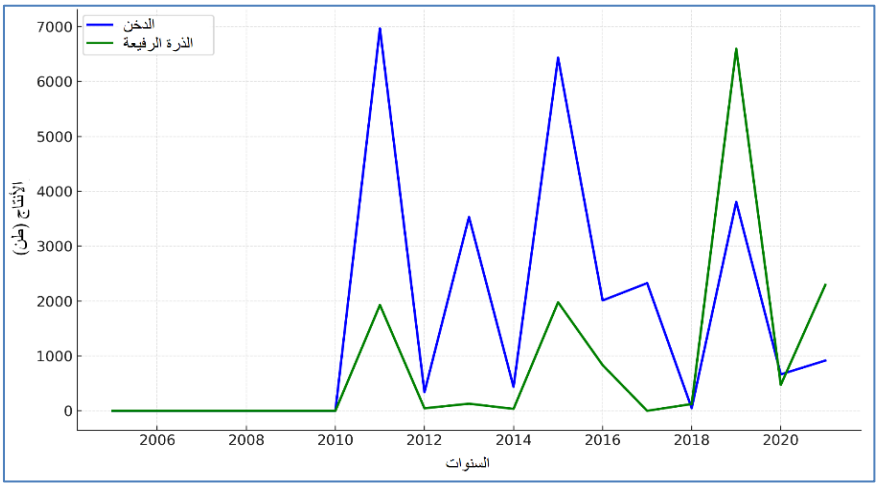
2. محلية أم دوم:

تُظهر نتائج التحليل في محلية أم دوم للدخن اتجاهًا واضحًا في الارتفاع، مع ميل موجب قدره 61.7، وبيان إحصائي قوي (τ=0.4، p=0.0). لكن، رغم هذا النمو، هناك تذبذب كبير حول المتوسط المنخفض تقريبًا 1617، ونسبة التباين (CV%) تصل إلى (141.3%). أما الذرة الرفيعة، فهي أيضًا تتجه نحو الزيادة بشكل ملحوظ، مع ميل 28.7، وبيان إحصائي قوي (τ=0.6، p=0.0)، لكن تذبذبها أعلى، ونسبة التباين تصل إلى 197.7، ومتوسطها أقل من الدخن، حوالي 849. بشكل عام، هناك نمط واضح في نمو المحصولين، لكن مع تقلبات سنوية كبيرة، ومع ذلك، يبقى الدخن متفوقًا على الذرة الرفيعة من حيث المتوسط.

ويبيّن الشكل (5) أن إنتاج الدخن يتذبذب بشكل واضح، مع فترات ارتفاع كبيرة في 2011 و2015، وانخفاضات حادة في 2014 و2018. أما الذرة الرفيعة، فهي عادةً أقل من الدخن في الإنتاج، لكن في 2019 شهدت ارتفاع ملحوظ.

هذه التغييرات المتكررة تظهر أن الإنتاج يتأثر بشكل كبير بسبب تحسين الظروف الزراعية أو الأمطار.

شكل(5) تحليل الاتجاه الزمني لإنتاج محصولي الدخن والذرة الرفيعة بمحلية أم دوم.



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

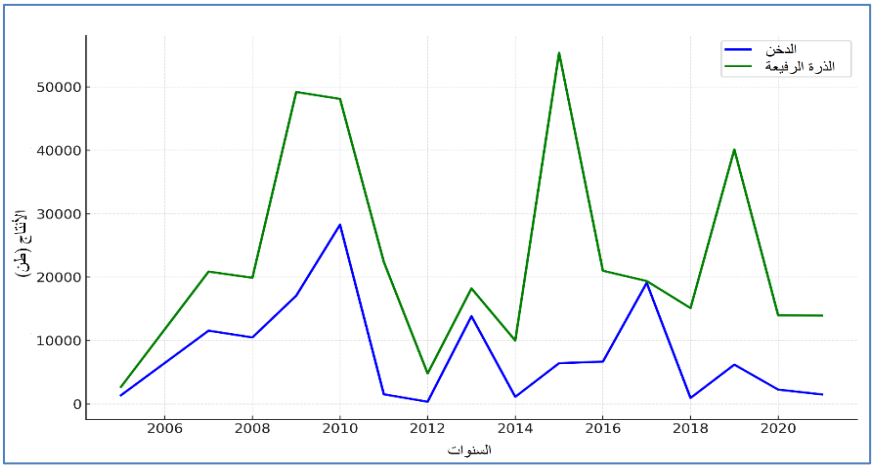
3. محلية أم روابة:

تُبيّن النتائج في محلية أم روابة أنّ إنتاجية الدخن تظهر اتجاه سلبي غير مهم بشكل واضح (−150.5، τ=−0.1، p=0.4)، مع تقلب بين متوسط إلى عالي (CV=99.4%)، ومتوسط مرتفع نسبيًا حوالي 7941. بالمقابل، الذرة الرفيعة لا تظهر أي اتجاه واضح (ميل −9.6، τ تقريبًا 0، p=1.0)، مع تذبذب أقل نسبياً (CV=69.3%)، ومتوسط مرتفع جدًا حوالي 22760. بشكل عام، الذرة الرفيعة تظل ثابتة تقريبًا حول المتوسط الكبير، بينما الدخن يظهر تراجع غير مهم من غير أن يكون له تأثير واضح.

ويوضح الشكل(6) أن الذرة الرفيعة تتفوق على الدخن في أغلب السنوات. مثلاً، كانت أعلى إنتاجية للذرة الرفيعة في عامي 2009 و2015، وتجاوزت 50 ألف طن. أما الدخن، فكان إنتاجه أقل بشكل عام، وبلغت قممه في الأعوام 2010 و2017، لكن بشكل متوسط. الذرة الرفيعة أكثر حساسية لتقلبات الموسم، فهي ممكن تكون عالية جدًا أو منخفضة جدًا، حسب كمية الأمطار الساقطة. بشكل عام فإن أم روابة تُعد من المحليات ذات الأداء العالي في الذرة، ولكن دون اتجاهٍ إحصائيٍ ثابت في أيٍّ من المحصولين.

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

شكل(6) تحليل الاتجاه الزمني لإنتاج محصولي الدخن والذرة الرفيعة بمحلية أم روابة.



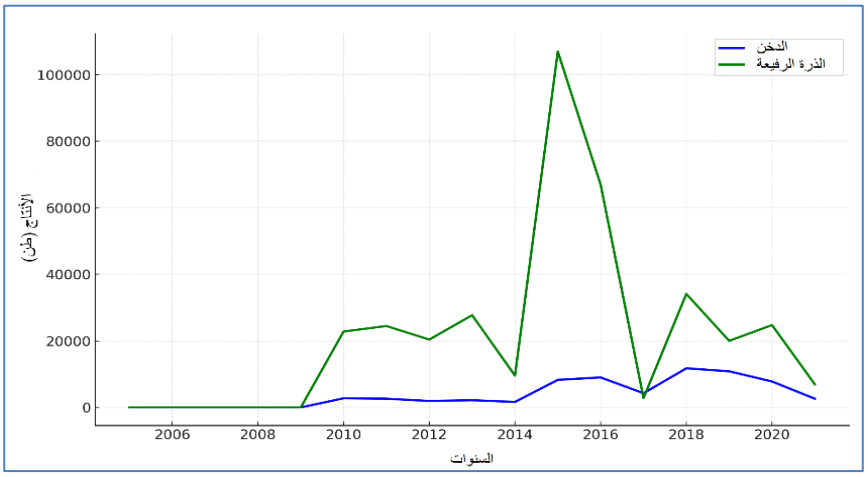
المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان

4.محلية الرهد:

تُعدُّ الرهد من أبرز محليات الولاية في تطوّر الأداء الزراعي؛ إذ تُظهر النتائج اتجاهًا تصاعديًا معنويًا وواضحًا في إنتاجية كلٍّ من الذرة الرفيعة والدخن، مع ميل مرتفع نسبيًا مقارنةً بسائر المحليات فالدخن (ميل 529.6، τ=0.6، p=0.0)، مع تذبذب متوسط (CV=104.9%) ومتوسط حوالي 3868. أما الذرة الرفيعة فهي كذلك تتحرك بشكل واضح للأعلى (ميل 1484.5، τ=0.4، p=0.0)، لكن مع تذبذب أعلى (CV=129.9%) ومتوسط كبير جدًا حوالي 21618. بشكل عام، في مسارين صاعدين واضحين، مع أن الذرة الرفيعة تتفوق في المتوسط ومعدل الزيادة سنويًا.

ويُظهر الشكل (7) أن الذرة الرفيعة تتفوق على الدخن في حجم الإنتاج خلال فترة الدراسة كلها. مثلاً، في عام 2015، وصلت ذروتها بأكثر من 100 ألف طنًا، بعدها شهِدت انخفاض كبير في 2017، وبعدها صعدت في 2018 و2019، لكن الإنتاج انخفض مرة ثانية في 2021. أما الدخن، فكان إنتاجه أكثر استقرار، مع بعض الزيادات الصغيرة بين 2010 و2016، وبعدها بدأ ينخفض تدريجيًا في السنوات الأخيرة. مما سبق يتضح أن الذرة الرفيعة أكثر حساسية لتقلبات الطقس والأمطار، وغالبًا ما ترتفع وتنخفض بشكل حاد مع تغيرات موسم الأمطار. بينما الدخن، بفضل قدرته على التكيف مع الجفاف، يظل محافظ على نمط إنتاج أكثر استقرارًا. بشكل عام.

شكل(7) تحليل الاتجاه الزمني لإنتاج محصولي الدخن والذرة الرفيعة بمحلية الرهد.



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

4. محلية بارا:

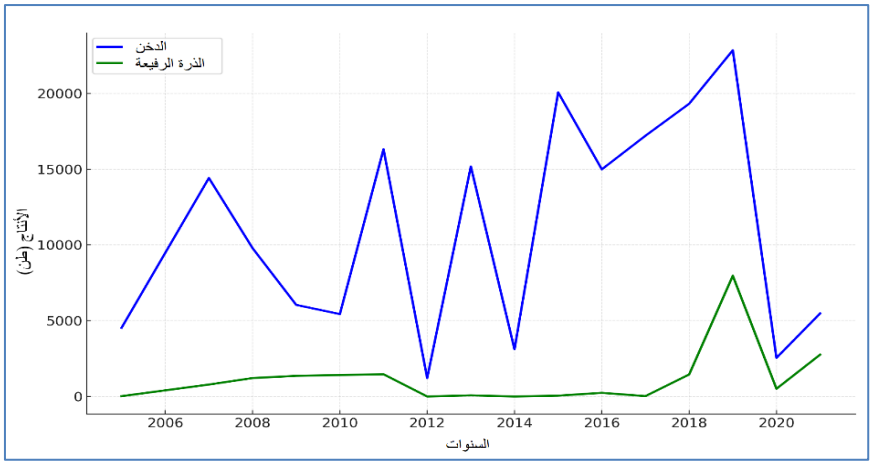
الدخن بمحلية بارا يميل للارتفاع بشكل عام، لكن ليس معنوياً (ميل 474.7، τ=0.2، p=0.3)، مع تقلب منخفض نسبياً (CV=62.5%) ومتوسط مرتفع حوالي 11059. أما الذرة الرفيعة، فهي تظهر ميل إيجابي لكن غير معنوي كذلك (54.1، τ=0.2، p=0.2)، مع تذبذب عالي (CV=164.9%) ومتوسط منخفض حوالي 1163. بشكل عام، الوضع مستقر نسبياً من ناحية الاتجاهات، مع وجود فرق واضح في مستويات المتوسط والتقلب بين المحصولين. يُفهم من ذلك أن بارا تملك قاعدة إنتاجية جيدة لاسيما في الدخن، إلا أنّ سرعة التحسّن السنوي محدودة.

ويُظهر الشكل (8) أن إنتاج الدخن يتفوق على الذرة الرفيعة في معظم سنوات الدراسة، ويظهر تقلبات واضحة بين سنة وأخرى. وصلت أعلى مستويات الإنتاج للدخن في عامي 2015 و2019، وأيضًا في 2020، لكن في المقابل، شهدت السنوات 2012 و2021 انخفاضات كبيرة.أما الذرة الرفيعة، فهي كانت عادةً منخفضة الإنتاج خلال أغلب الفترة، مع ارتفاع بسيط في 2019، قبل أن ينخفض بشكل حاد في 2020. الشكل يوضح أن الذرة الرفيعة أكثر حساسية لتراجع الأمطار مقارنة بالدخن، اللي عنده قدرة أعلى على مقاومة الجفاف، ولهذا السبب يظل مستمرًا في الإنتاج حتى في ظروف جوية صعبة.

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

فالنمط العام يظهر تذبذب في الإنتاج الزراعي في مناطق شبه قاحلة، مع تفوق ثابت للدخن على الذرة الرفيعة. ورغم التذبذبات من سنة لأخرى، إلاَّ إن الدخن يظهر اتجاهًا تصاعديًا عام، وهو ما توصلت إليه النتائج الإحصائية التي أكدت وجود اتجاه إيجابي ودال إحصائيًا في إنتاج الدخن في بعض المناطق بشمال كردفان.

شكل(8) تحليل الاتجاه الزمني لإنتاج محصولي الدخن والذرة الرفيعة بمحلية بارا.



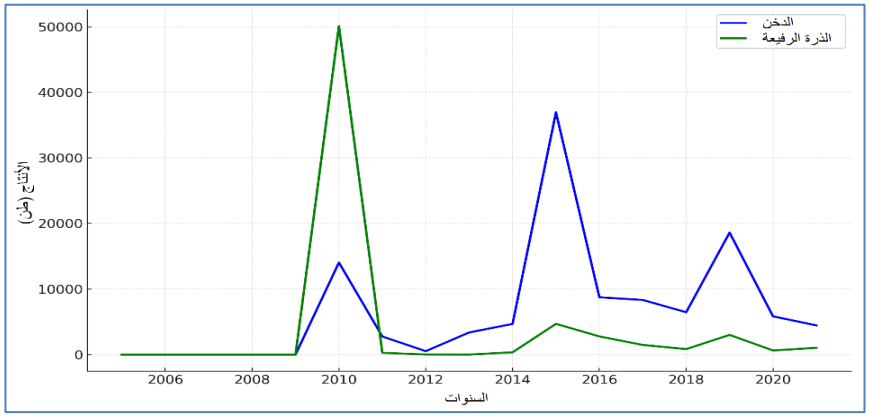
المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

5. محلية غرب بارا:

تُظهر غرب بارا اتجاهًا تصاعديًا معنويًا في إنتاجية كلٍّ من الدخن والذرة الرفيعة ($p<0.05$)، ما يعكس تحسّنًا مستمرًا ومعتدلًا فالدخن يتجه صعودًا بدلالة قوية (ميل 529.9، $\tau=0.5$، $p=0.0$)مع تقلب مرتفع ($CV=139.3\%$) ومتوسط متوسط (≈6753). بينما الذرة الرفيعة أيضًا صاعدة ودالّة (ميل 68.4، $\tau=0.5$، $p=0.0$) لكن مع تقلب حاد جدًا ($CV=312.8\%$) ومتوسط متوسط (≈3837). فهذا يعني مساران صاعدان دالّان، يتجاوران مع تفاوت سنوي كبير لا سيما في الذرة الرفيعة. وعند النظر إلى الشكل (9) ، نلاحظ إن إنتاج الذرة الرفيعة كان مرتفع بشكل غير معتاد في عام 2010، وتجاوز الـ50 ألف طن، وهو أعلى رقم سجلته السلسلة الزمنية كلها. ومن ثم، بدأ الإنتاج ينخفض بشكل حاد من سنة 2011 وما بعدها. أما الدخن، فهو أكثر استقرار من ناحية الإنتاج، مع بعض القمم الكبيرة في 2015 و2019، لكن بشكل عام، كانت مستويات

الإنتاج أقل في باقي السنوات. من خلال المنحنى، نلاحظ إن الذرة الرفيعة تتأثر بشكل كبير بالتقلبات المناخية، ويظهر عليها تغيرات حادة بين الارتفاع والانخفاض. بالمقابل، الدخن كان يميل للتزايد بشكل تدريجي، رغم تذبذبه. وهذا يرجع لفرق قدرة المحصولين على التكيف مع الجفاف؛ فالدخن أكثر مرونة في المناطق شبه الجافة، على عكس الذرة الرفيعة أكثر حساسية للتقلبات السنوية.

شكل(9) تحليل الاتجاه الزمني لإنتاج محصولي الدخن والذرة الرفيعة بمحلية غرب بارا.



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

6. محلية جبرة الشيخ:

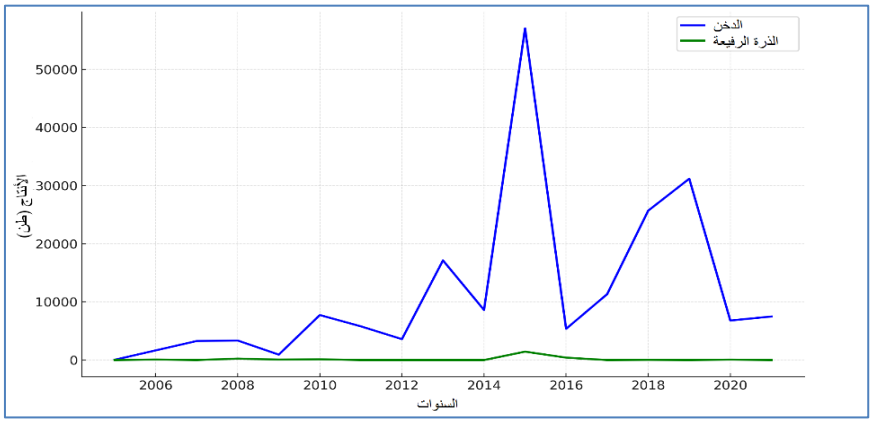
تتصدّر جبرة الشيخ محليات الولاية في متوسط إنتاجية الدخن الذي يظهر اتجاه صاعد قوي وواضح، مع ميل حوالي 872.7، وقيمة τ عند 0.6، ودرجة دلالة عالية جدًا (p=0.0). كمان، التذبذب عالي جدًا بنسبة (125%)، ومتوسط السعر مرتفع جدًا تقريبًا عند 11597. بالمقابل، الذرة الرفيعة لا تظهر أي اتجاه واضح، بنقطة ميل 0.0، وτ سالب بسيط -0.1، ومع دلالة ضعيفة جدًا (p=0.7). كمان، التذبذب عالي جدًا بنسبة (240.4%)، ومتوسط منخفض جدًا حوالي 147. بشكل عام، الدخن متفوق بشكل واضح على الذرة الرفيعة، ، والذرة الرفيعة تعد شبه ثابتة مع تقلبات عالية.

ويتبيّن من الشكل (10) أن الدخن أكثر إنتاجًا بشكل واضح على مدار السنين، إذ يحقق أرقامًا عالية بشكل خاص في عام 2015 (أكثر من 50 ألف طن) و2019. بعد هذه الفترات، نلاحظ انخفاضات نسبية، لكن بشكل عام، إنتاج الذرة الرفيعة يظل محدود

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

جدًا ويظل ثابت تقريبًا طوال الفترة بدون تغييرات كبيرة. أما إنتاج الدخن يتذبذب بشكل حاد من سنة لأخرى، وهذا طبيعي لأنه حساس جدًا للتقلبات في الأمطار. أما الذرة الرفيعة، فإنتاجها ثابت بشكل ضعيف، ويمكن السبب في ذلك هو ضعف انتشارها أو قلة المساحات المزروعة بشكل عام، الدخن يظل المحصول الرئيسي في الزراعة المطرية المحلية، ويظهر اتجاه نحو الزيادة رغم تغيّر الظروف المناخية، بينما الذرة الرفيعة لا تظهر عليها مؤشرات واضحة للنمو خلال فترة الدراسة.

شكل(10) تحليل الاتجاه الزمني لإنتاج محصولي الدخن والذرة الرفيعة بمحلية جبرة الشيخ.



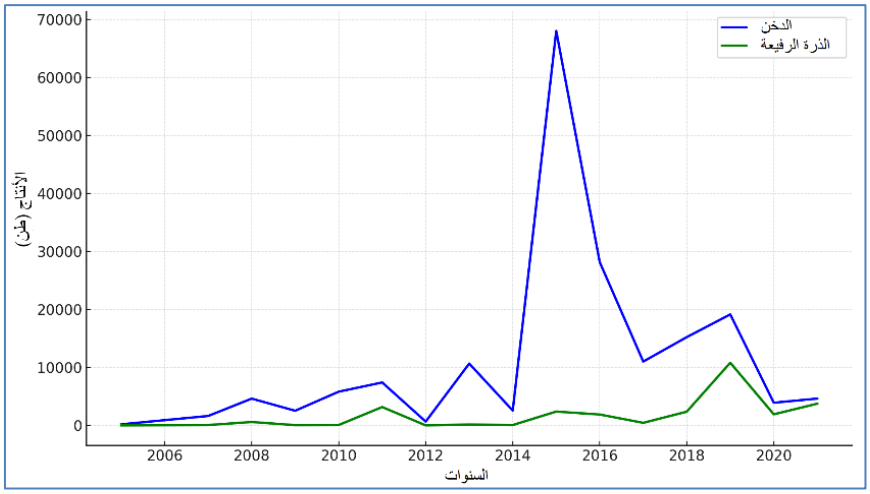
المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

7. محلية سودري:

تُعدُّ سودري من أكثر المحليات تميّزًا إحصائيًا؛ الدخن يظهر اتجاهًا واضحًا نحو الارتفاع، مع ميل قدره 923.3، ودرجة ارتباط عالية (τ=0.5، وp=0.0). لكن، التذبذب كبير جدًا، إذ نسبة التغيرات (CV%) وصلت لـ150.1، والمتوسط العالي حوالي 10995. بشكل مشابه، الذرة الرفيعة أيضًا تظهر نمط تصاعدي ومرتبط بشكل واضح (ميل 179.8، τ=0.6، p=0.0)، مع تذبذب مرتفع جدًا (CV=164.7%)، ومتوسط أقل بكثير حوالي 1625. بشكل عام، يمكن القول إن النمو مع مرور الوقت واضح للمنتجين، لكن فيه تقلبات كبيرة من سنة لأخرى، والدخن دائمًا أعلى بشكل ملحوظ من الذرة الرفيعة. تُجسّد سودري ديناميكية إيجابية لافتة في كلا المحصولين، وتُمثّل نموذجًا قابلًا للنقل إلى محلياتٍ أخرى بغرض تسريع وتيرة التحسّن الولائي.

ويبيّن الشكل(11) إن إنتاج الدخن يتفوق بشكل واضح على إنتاج الذرة الرفيعة في معظم السنين. كانت هناك فترات ارتفاع حادة كما في 2015 و2019، لكن في المقابل، شهدت بعض المواسم مثل 2012 و2017 انخفاضات ملحوظة. أما الذرة الرفيعة، فكان إنتاجها غالبًا منخفض، مع زيادة صغيرة جدًا في 2019، وهو الاستثناء الوحيد.ونلاحظ أن الدخن لدية نمط إنتاج أكثر نشاطًا وتذبذب، بينما الذرة الرفيعة تظل على مستوى ثابت، لكنه منخفض. ويرجع ذلك إلى الاختلاف في قدرة كل محصول على التكيف مع الظروف البيئية؛ فالدخن أكثر قدرة على تحمل الجفاف وفترات عدم انتظام الأمطار، أما الذرة الرفيعة فتتأثر أكثر بتقلبات المطر الموسمية.

شكل(11) تحليل الاتجاة الزمني لإنتاج محصولي الدخن والذرة الرفيعة بمحلية سودري.



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

ممَّا سبق يتضح إن محليات أم روابة والرهد وشيكان هي الأكثر إنتاجًا للذرة الرفيعة، بينما جبرة الشيخ وبارا وسودري هي الاعلى بإنتاج الدخن. بشكل عام، السلاسل الزمنية توضح إن الإنتاج في أغلب المناطق يميل للزيادة مع الوقت، لكن مع وجود تقلبات كبيرة من سنة لأخرى. ويرجع هذا في الألب إلى أن هذه المحاصيل تتأثر جدًا بالتغيرات في الطقس والأمطار. ويظهر بوضوح انتشار الذرة الرفيعة في المحليات الجنوبية مثل أم روابة والرهد وشيكان، وهي التي تحتاج لاستقرار في الأمطار لنجاحها وزيادة إنتاجها. أما الدخن، فهو

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

أكثر انتشار في الشمال الجاف مثل جبرة الشيخ وسودري وبارا، وهذا طبيعي و يتوافق مع البيئة.

المبحث السادس

نسبة مساهمة ولاية شمال كردفان لمحصول الدخن والذرة الرفيعة من إنتاج السودان

لمعرفة مساهمة ولاية شمال كردفان في إنتاج السودان من محصول الدخن والذرة الرفيعة، لابد من الاستناد على افضل مرجع وهو قاعدة بيانات FAOSTAT، التي تتحدث بشكل دوري وتنشر أحدث المعلومات على مستوى البلاد والإقليم والعالم. وتعتمد على البيانات الرسمية التي توفرها الأجهزة الإحصائية الوطنية ووزارات الزراعة، وتقوم بجمعها ومراجعتها من اجل تضمن دقتها وقابليتها للمقارنة على مستوى العالم. ولابد من الاخذ في الاعتبار 2011 والتي تعد نقطة مهمة في البيانات، إذ انفصال السودان عن جنوب السودان.

جدول(3) مساهمة ولاية شمال كردفان من إنتاج السودان للدخن والذرة الرفيعة.

السنة	الدخن %	الذرة الرفيعة %	السنة	الدخن %	الذرة الرفيعة %
2005	0.94	0.11	**2014**	1.95	0.37
2006	3.63	0.54	**2015**	46.23	8.09
2007	5.28	0.82	**2016**	6.26	2.06
2008	4.60	0.80	**2017**	8.92	0.71
2009	6.81	1.68	**2018**	3.57	1.35
2010	14.70	5.08	**2019**	11.52	11.52
2011	7.81	1.40	**2020**	1.85	1.84
2012	2.73	1.23	**2021**	3.48	1.08
2013	6.63	1.18			

المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

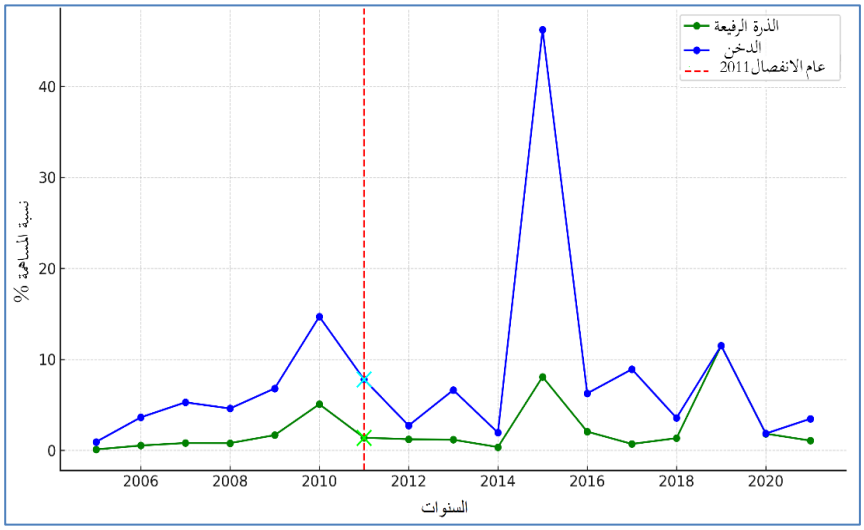
يلاحظ من الجدول(3) أنّ الفترة من عام 2005 إلى 2010، كانت مساهمة إقليم شمال كردفان في إنتاج الدخن تتراوح بين حوالي (1% و15%). أما إنتاج الذرة الرفيعة فظل غالبًا أقل من (2%)، وهذا يدل على أن الإقليم قبل 2011كان له دور محدود جدًا في الإنتاج الوطني. وفي 2011، بدأ ظهور ارتفاع نسبّي في مساهمة الدخن، وصل إلى حوالي (7.8%)، بينما بقيت مساهمة الذرة الرفيعة ثابتة عند حوالي (1.4%). هذه السنه مهمة لأنها كانت نقطة تحول كبيرة في الاقتصاد السوداني بعد انفصال الجنوب .

أمَّا خلال الفترة من 2012 إلى 2021، فكان إنتاج الدخن يتذبذب. وفي سنة 2015، حصلت قفزة استثنائية وصلت لـ (46%)، وغالب الظن إنه بسبب ضعف الإنتاج الكلي. على الجانب الآخر، كانت مساهمة الذرة الرفيعة منخفضة جدًا، أقل من (3%) تقريبًا، باستثناء عامي 2015 و2016، التي وصلت فيها إلى (8% و2%) على التوالي. بعد 2012، مما يلاحظ تحسن بسيط ومتوسط للمحصولين، رغم أن التذبذب كان واضح.

التحليل المقارن بيّن أن شمال كردفان كانت دائمًا أكثر مساهمة في إنتاج الدخن مقارنة بالذرة الرفيعة طول فترة الدراسة شكل (12). الدخن حساس جدًا للتغيرات المناخية من سنة لأخرى، بينما الذرة أكثر استقرار، لكن وزنها النسبي أقل. في الفترة من 2005 إلى 2011، كانت مساهمة الإقليم في إنتاج الدخن بمتوسط حوالي (6.3%)، مقابل (1.5%) للذرة الرفيعة. ومن 2012 إلى 2021، زاد الانتاج قليلاً، ووصل لمتوسط حوالي (9.3%) للدخن و(2.9%) للذرة الرفيعة. مما يعني إن الوضع تحسن نسبيًا بعد 2011، رغم إن التذبذب مازال كبير، لاسيما في محصول الدخن .

شكل (12) مساهمة ولاية شمال كردفان

من إنتاج الدخن والذرة الرفيعة (%) من الانتاج القومي.



المصدر: إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات وزارة الزراعة بولاية شمال كردفان، السودان.

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

المبحث السابع

انتاج العام 2015 من الدخن والذرة الرفيعة وعلاقتها بالأمطار

يظهر تحليل السلاسل الزمنية لإنتاج محصول الذرة الرفيعة والدخن في ولاية شمال كردفان خلال فترة الدراسة أن عام 2015 كان استثنائيًا إذ ارتفع الإنتاج بصورة ملحوظة، سواء على مستوى الولاية بشكل عام أو المحليات المختلفة. لكن عند النظر لبيانات الأمطار خلال نفس الفترة، يتضح أن عام 2015 كان من السنوات ذات الأمطار الضعيفة، مما يعني إن العوامل المناخية ليست وحدها التي كانت سبب في ارتفاع الانتاج.

اعتمد التحليل على بيانات الأمطار الشهرية من يونيو إلى أكتوبر، التي تمثل الموسم الزراعة الرئيسي في شمال كردفان، المعروف باسم موسم JASO (يوليو، أغسطس، سبتمبر، أكتوبر). وفي عام 2015، كان مجموع الأمطار حوالي 163.44 ملم، وهو أقل من المتوسط العام حوالي 210 ملم. والأمطار في تلك السنة كانت ضعيفة جدًا في يوليو (39.3 ملم)، مع وجود تذبذب واضح في أغسطس وسبتمبر، إذ وصلت الأمطار إلى 87.03 و27.61 ملم على التوالي (حسب بيانات CHIRPS، 2025). ووفقًا لمعايير منظمة FAO وICRISAT.2018، هذه الكميات ليست كفاية عادة لتحقيق إنتاجية عالية في المناطق شبه الجافة، فهذا يبين وجود عوامل اخرى لها دور في ارتفاع الإنتاج لعام 2015. بناءً على ذلك، يعتبر المطر عام 2015 عيفًا إلى متوسط، مع احتمالية حدوث فترات جفاف داخلي خلال الموسم. وهذا يوضح إن الأمطار لم تكن العامل الرئيسي لرفع الإنتاج. وفعلاً، معامل الارتباط بين إجمالي الأمطار السنوي والإنتاج الكلي كان ضعيف، حوالي $r \approx 0.25$ للدخن و $r \approx 0.18$ للذرة الرفيعة. واختبار Kendall τ أظهر إن العلاقة ليست معنوية ($p > 0.05$). على الرغم من إن إنتاج الدخن وصل حوالي 28 ألف طن، والذرة الرفيعة حوالي 26 ألف طن، وهذه كانت أعلى قيم مسجلة خلال فترة الدراسة.

وأظهر تحليل الاتجاهات إن معدل النمو طويل الأمد للإنتاج كان إيجابي، لكن الارتفاع الكبير في 2015 فاق الاتجاه العام، وهذا يثبت إن العوامل غير المناخية، مثل طريقة الإدارة الزراعية، واستخدام التقنيات الحديثة مما يعني وجود عوامل استثنائية غير مناخية أثرت على الأداء الزراعي لاسيما عند النظر للموضوع بشكل عام وعلى مدى فترة طويلة.

الخاتمة والنتائج:

في ختام هذه الدراسة يمكن القول إن القطاع الزراعي بولاية شمال كردفان يتسم بتذبذب كبير في الإنتاج من عام لآخر، مع وجود اتجاه عام نحو التحسن لاسيما الدخن، الذي يُعتبر محصول رئيسي ويتكيف بشكل جيد مع الظروف الجافة.

1. زيادة محصول الدخن خلال فترة الدراسة، مع ميل سنوي يقارب +605 طن/هكتار، وهذا يدل على تحسين تدريجي في الأداء الزراعي. أما بالنسبة للذرة الرفيعة، فكان الاتجاه العام للزيادة بطئ، بميل +263 طن/هكتار، مما يعني تحسن بشكل منتظم.
2. إنَّ محلية الرهد، سودري، وجبرة الشيخ أظهرت ارتفاعات قوياً في إنتاج كلا المحصولين، بينما أم روابة وشيكان كانت نسبياً ثابتة في الإنتاج .
3. السنة الأفضل كانت 2015، إذ سجلت أعلى إنتاج في الولاية، و الأعلى في مساهمة الولاية في الإنتاج الوطني، رغم أن موسم الأمطار كان ضعيف تقريبًا 134 ملم .
4. أنَّ العلاقة بين كميات الأمطار والإنتاج، كانت ضعيفة جدًا، مع قيم ارتباط قليلة (حوالي 0.25 للدخن و0.18 للذرة) وليست معنوية إحصائيًا، مما يعني إن كمية المطر ليست هي العامل الأساسي الذي يحدد كمية الإنتاج .
5. إنَّ التحسن في الإنتاج كان غالبًا بسبب عوامل بشرية وتقنية، مثل: استخدام بذور محسنة، إدارة مزرعة أفضل، الإرشاد الزراعي، وتوفير التمويل للريف.
6. المساحات المحصودة كانت تتغير بشكل حاد، وهذا يعكس حساسيتها للظروف المناخية والاقتصادية، لكن بشكل عام، كانت هناك علامة على استقرار نسبياً في النشاط الزراعي .مع بيان ضعف زيادة الإنتاج وفقا لزيادة المساحة.
7. بدأت شمال كردفان تسهم بشكل أكبر في الإنتاج الوطني بعد 2011، إذ وصل متوسط إنتاج الدخن فيها إلى حوالي(9.3%)، والذرة الرفيعة حوالي (2.9%). مع وجود تقلبات واضحة من سنة لأخرى، مع ذروة غير معتادة في عام 2015. بالرغم من ذلك، تظل الولاية أكثر فاعلية في إنتاج الدخن مقارنة بالذرة الرفيعة
8. إنَّ التنمية الزراعية المستدامة في شمال كردفان تعتمد أكثر على تحسين إدارة الموارد الموجودة، بدل التركيز على زيادة الأمطار أو التوسع في المساحات .

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

9. يشهد الأداء الزراعي في الولاية تقلبات سنوية واضحة، لكن بشكل عام، يوجد اتجاه تصاعدي من 2005 إلى 2021. مع وجود فترات تقلب كبيرة بين سنة وأخرى.
10. إنَّ الذرة الرفيعة وصلت أعلى مستوياتها في أم روابة والرهد وشيكان، وهي المحليات الجنوبية نسبياً إذ استقرار الأمطار نوعا ما. أما الدخن، فيتصدر الإنتاج في محليات جبرة الشيخ وبارا وسودري في المحليات الشمالية الأكثر جفافاً، وهذا طبيعي لأنه الدخن مناسب أكثر للظروف شبه الجافة.
11. إنَّ العوامل المناخية لها دور كبير في التغيرات السنوية، لكن العوامل البشرية والتقنية زي إدارة الزراعة، توفر المدخلات، الإرشاد، والتمويل، تكون مهمة جداً لتحويل هذه التغيرات إلى تحسين مستمر مع الوقت، وهذا السبب الرئيس في وصول الإنتاج لأعلى مستوياته حتى في السنوات قليلة المطر عند تطبيق الممارسات المناسبة بشكل صحيح.

التوصيات:

1. بناء قاعدة بيانات تكون مرجع لاتخاذ قرارات مبنية على أدلة واضحة وسهلة الوصول
2. إجراء دراسة مفصلة عن العوامل التي أدت لنجاح الإنتاج في 2015، بهدف تحويلها لنموذج إداري وتقني مستدام.
3. توسيع استخدام البذور المحسنة وتطبيق الممارسات الزراعية الحديثة المصممة، خصيصًا للزراعة المطرية
4. دعم برامج حصاد المياه وتقنيات الاحتفاظ بالرطوبة في التربة؛ من أجل تقليل تأثير تقلبات المطر خلال السنة .
5. رفع مستوى مهارات المزارعين في إدارة مزارعهم، وتوقيت الزراعة، وكيفية التعامل مع التغيرات المناخية المفاجئة .
6. تطوير نظم التمويل الريفي والتأمين الزراعي من أجل مساعدة الفلاحين في مواجهة المخاطر بشكل أفضل .
7. توجيه برامج الدعم الفني والإرشادي للمناطق اللي أداؤها أقل، لكي نقلل الفجوة في الإنتاجية بين المناطق .
8. تطوير أنظمة مراقبة الطقس الزراعي المحلية من أجل تحديد "المطر الفعّال" بدقة أكبر والاستفادة منه في التخطيط.

المصادر والمراجع:

- التيجاني، مُحَمَّد أحمد، (2018)، تحليل الأداء الزراعي لمحصولي الحبوب في المناطق شبه القاحلة بالسودان، مجلة جامعة الجزيرة للعلوم الزراعية، السودان.
- مُحَمَّد، عبد الرحيم فضل، (2021)، التحليل الإحصائي للاتجاهات الزمنية في الإنتاج الزراعي السوداني، مجلة العلوم التطبيقية السودانية، الخرطوم.
- مفوضية الاستثمار والصناعة، ولاية شمال كردفان، (2019)، الخرائط الرقمية والإحصاءات الزراعية لاستخدامات الأرض، وزارة الزراعة والغابات، شمال كردفان
- وزارة الزراعة والغابات، السودان، (2020–2010)، التقارير السنوية لإنتاج الحبوب المطرية، الخرطوم.
- Abay, K. A. et al., (2023), Evaluating cereal market (dis)integration in Sudan , Food Policy Journal .
- Abdalla, A. A., Abdel Nour, H. O. (2001). The agricultural potential of Sudan. Executive Intelligence Review, 28(8), 37–45 https://land.igad.int/index.php/documents-1/countries/sudan/investment-6/1123-the-agricultural-potential-of-sudan/file
- Abdelrahman, A. H., (1998), Trends in Sudanese Cereal Production: A Historical Perspective , Ph.D. dissertation (unpublished), Iowa State University, USA.
- Ahmed, I., Bresci, E., Alotaibi, K. D., Abdelmalik, A. M. A., Ahmed, E. M., & Almutairi, M.-B. R. (2024). Geographical information system-based site selection in North Kordofan, Sudan, using in situ rainwater harvesting techniques. Hydrology, 11(12), 204. https://doi.org/10.3390/hydrology11120204
- CHIRPS Climate Data Portal, (2025), Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data (CHIRPS) , Retrieved from: https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps.
- Egemi, O. , Ganawa, T. (2015). *ELD Sudan Report – The Economics of Land Degradation in Sudan*
- Elsheikh, A. M., Babiker, E. A., and Abdelrahman, M. A., (2018), Climate variability and agricultural production in semi-arid Sudan , Sudan Journal of Agricultural Sciences , Vol. (5), No. (2), pp. 45–58.

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3764

- FAO, (2022), Sudan country report on cereal production trends (2000–2021) , Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO,(2020),FAOSTAT database :Crop production and yields in Sudan, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAOSTAT, (2023), Sudan Agricultural Production Database , Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (2022), FAO Statistics Division – Data Portal , Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Retrieved from: https://www.fao.org/statistics/en/.
- George, T. T. et al., (2022), Trends and progress in sorghum research , Journal of Field Crops Research .
- Gujarati, D. N., and Porter, D. S., (2009), Basic Econometrics , 5th Edition, McGraw-Hill Education, New York.
- Hassan, A. A., Adam, H. M., and Elbashir, N. A., (2019), Climate change and variability in North Kordofan State, Sudan , Journal of Environmental Studies , Vol. (14), No. (3), pp. 22–38.
- Ibrahim, Elnour. I. (2018). Economic Efficiency of Sorghum and Millet Production for Small Scale Farmers in Traditional Rainfed, North Kordofan State, Sudan. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology, 6(2), 150–155,* DOI: https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i2.150-155.1490
- ICRISAT, (2018), Rainfall and Crop Productivity in Semi-Arid Tropics: Technical Report , International Crops Research Center for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, India.
- Kendall, M.J., (1975), Rank Correlation Methods , Charles Griffin Publishing, London.
- Mahmoud, A. M., and Ahmed, E. A., (2017), Rainfall fluctuation and its impact on cereal crops in North Kordofan, Sudan , Sudanese Geographical Review , Vol. (10), No. (1), pp. 67–81.

- Makridakis, S., Wheelwright, S.S., and Hyndman, R.J., (2019), Forecasting: Methods and Applications , 4th ed., John Wiley & Sons, Hoboken, USA.
- Ministry of Agriculture and Forestry, (2021), Agricultural Production Report 2021 , Government of Sudan, Khartoum.
- Ministry of Agriculture, (2019), Annual Agricultural Statistical Bulletin 2019 , Republic of Sudan, Khartoum.
- Sen, B. K., (1968), Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau , Journal of the American Statistical Association , Vol. (63), No. (324), pp. 1379–1389.
- Singh, B., Singh, R., and Kaur, J., (2018), Trend analysis of production and productivity of major crops and its sustainability: A case study of Haryana , Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry , Vol. (7), No. (6), pp. 1377–1382. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/328269358.
- Sulieman, H. M., Niamir-Fuller, M. (2024). The Kordofan Melon and Pastoralist Water Strategy in Sudan: Potential for Climate Change Adaptation and Sustainable Livelihoods, https://doi.org/10.1016/j.rala.2024.08.002
- United States Department of Agriculture, Economic Research Service (USDA ERS), (2022), Productivity Growth in US Agriculture , United States Department of Agriculture, Washington, D.C. Retrieved from: https://www.ers.usda.gov/data-products/agricultural-productivity-in-the-united-states/productivity-growth-in-us-agriculture.
- World Bank, (2021), Agricultural Productivity and Poverty in Rural Sudan , World Bank, Washington, D.C.