التقييم الجغرافي لإمكانات تأسيس المصفاة الحيوية القائمة علي المخلفات الزراعية في ولاية كسلا بالسودان: دراسة في الجغرافيا الاقتصادية الحيوية بالتطبيق علي مشروع حلفا الجديدة الزراعي

د. جمال محمد عطية(*) د. عمر أحمد عبدالجليل(**)

• **مُلخص:**

تهدف الدراسة إلي تصميم إطار نظري ومفاهيمي للجغرافية الاقتصادية الحيوية المرتبطة بظهور الاقتصاد الحيوي الدائري، وبناء نموذج تكنومكاني لدورة حياة المخلفات الزراعية داخل المصفاة الحيوية، ودراسة الخصائص الجغرافية لأنماط الزراعة المتعددة في ولاية كسلا، وتقييم وقياس امكانات الكتلة الحية والطاقة الحيوية المتاحة من المخلفات الزراعية في الولاية، وتحليل محدداتها الجغرافية، ثم بناء نموذج مكاني لتحديد أنسب المواقع والمواضع لتأسيس المصفاة الحيوية، وأخيرا دراسة حالة لمشروع حلفا الجديدة الزراعي مخرج التحليل متعدد المعايير كأنسب موقع لتوطن المصفاة الحيوية.

اعتمدت الدراسة علي نموذج يعتمد بشكل أساسي علي مدخل التقييم التكنو مكاني لدورة حياة المخلفات الزراعية داخل المصفاة الحيوية Spatial life cycle Assessment Approach Techno. واستخدمت الدراسة أيضا منهج دراسة الحالة القائم علي نتائج الاستبيانات للمزارعين في قري مشروع حلفا الجديدة. اعتمدت الدراسة علي برنامج ARC GIS في عمل Mosaic لخرائط الارتفاعات الرقمية و عمل Mosaic لعدد 6 صور فضائية لإنتاج خريطة دليل الإخضرار النباتي NDVI واستعانت الدراسة بتحليل IDW -Interpolation . وتحليل التطابقoverlay. tools والتحليلات الاحصائية لتقييم وقياس الكتلة الحية والطاقة الحيوية.

انتهت الدراسة إلي تقدير الكتلة الحية في ولاية كسلا بإجمالي 6.35 مليون طن سنويا منها 3.9 مليون طن مخلفات حيوانية و2.1 مليون طن مخلفات زراعية و385 ألف طن مخلفات صناعة السكر وهي مواد أولية تشكل حجم اقتصادي أمثل لتوطن المصفاة الحيوية في الولاية. وكشف التحليل متعدد المعايير لعدد20 متغيرا مكانيا عن أن مصنع سكر حلفا الجديدة يشكل أولوية أولي في توطن المصفاة الحيوية في ولاية كسلا بسبب تمتعه بمزايا واعتبارات طبيعية واقتصادية واجتماعية وبيئية وخدمات بنية أساسية تفوق غيرها من الأقاليم داخل الولاية.

الكلمات المفتاحية: المصفاة الحيوية، المخلفات الزراعية، الجغرافية الاقتصادية الحيوية، ولاية كسلا، السودان

(*) أستاذ الجغرافيا المساعد بكلية الدراسات الأفريقية العليا– جامعة القاهرة
(**) قسم الجغرافيا – كلية التربية – جامعة كسلا – السودان

Geographical Assessing of Bio-Refinery setting up potentials based on agricultural residues in Kassala State, Sudan A study in Bio-Economic Geography applied to New Halfa Scheme

Dr. Gamal Mohamed Attia **Dr. Omar Ahmed Abdel Jalil**

- **Abstract**

The study aims to design a theoretical and conceptual framework for Bio-Economic Geography associated with the emergence of Circular Bio-Economy, build a techno-spatial model of the life cycle of agricultural residues in the Bio-refinery, a study the geographical characteristics of the multiple agricultural patterns in Kassala State, , and evaluate and measure the potential of Biomass and Bioenergy available from agricultural wastes in state,and analyze their geographical determinants, then building a spatial model to determine the most appropriate locations and sites for establishing the biorefinery, and finally a case study for New Halfa agricultural Scheme.

The study relied on a model that relies mainly on Techno-spatial life cycle Assessment Approach. . The study also used a case study approach based on the results of questionnaires for farms in the New Halfa. The study made use of the ARC GIS software to designate Mosaic maps for each digital elevation model, create Mosaic for 6 satellite images to produce an NDVI map. The study used Interpolation-IDW analysis, Overlay analysis and statistical analyzes to evaluate and measure Biomass and Bioenergy.

The study concluded by estimating the biomass in Kassala State at a total of 6.35 million tons annually, including 3.9 million tons of animal wastes, 2.1 million tons of agricultural residues, and 385 thousand tons of sugar industry wastes, which are raw materials that constitute an optimal economic size for locating the biorefinery in the state.

Multi-criteria analysis of 20 spatial variables revealed that the New Halfa Sugar plant has a first priority in the localization of the biorefinery in Kassala State because it possesses natural, economic, social, environmental, and infrastructural services advantages, superior to other regions within Kassala State.

Keywords: Bio-Refinery, agricultural residues, Bio-Economic Geography, Kassala State, Sudan

- **مقدمة:**

ترجع **أهمية** الموضوع إلي كون الجغرافية الاقتصادية الحيوية إتجاه حديث في الجغرافيا الاقتصادية وتستطيع أن تقدم حلولا مبتكرة جديدة لمشكلات نقص الوقود، ويمكنها تحويل المخلفات قليلة القيمة إلي وقود حيوي ومنتجات كيماوية حيوية عالية القيمة، كما أن المصفاة الحيوية القائمة علي المخلفات الزراعية تعد أداة فعالة من أدوات التنمية المستدامة، وتسهم في التخفيف من إنبعاثات الغازات الدفيئة، وتستفيد من الخدمات والتسهيلات اللوجستية الموجودة حول المؤسسات الصناعية القائمة بالفعل وتقنيات المعالجة بها. ويمكن أن تسهم بنحو 14% من إجمالي الطلب علي الطاقة، إذا تم إدارتها إدارة رشيدة (Freitas et al, 2021:4).

تهدف الدراسة إلي تصميم إطار نظري ومفاهيمي للجغرافية الاقتصادية الحيوية المرتبطة بظهور الاقتصاد الحيوي الدائري، وبناء نموذج تكنومكاني لدورة حياة المخلفات الزراعية داخل معامل التكرير الحيوية ، ودراسة الخصائص الجغرافية لأنماط الزراعة المتعددة في ولاية كسلا ، وتقييم وقياس امكانات الكتلة الحية والطاقة الحيوية المتاحة من المخلفات الزراعية في الولاية، وتحليل محدداتها الجغرافية، ثم بناء نموذج مكاني لتحديد أنسب المواقع والمواضع لتأسيس معامل التكرير الحيوية القائمة علي المخلفات الزراعية. وأخيرا دراسة حالة لمشروع حلفا الجديدة الزراعي مخرج التحليل متعدد المعايير كأنسب موقع لتوطن المصفاة الحيوية.

مشكلة البحث تتمثل في كثرة المخلفات الزراعية في ولاية كسلا وتعدد مصادرها، وظهور بعض المشكلات الناجمة عنها، وامكانية الاستفادة منها في إنتاج الوقود الحيوي والمواد الكيماوية الحيوية عالية القيمة كحلول ابتكارية.

تفترض الدراسة أن نشأة الجغرافيا الاقتصادية الحيوية ترتبط بالتطور في علم الاقتصاد وظهور الاقتصاد الحيوي والاقتصاد الحيوي الدائري. وأن معامل التكرير الحيوية (المصفاة الحيوية) أداة رئيسة من أدوات الاقتصاد الحيوي ولها بعد مكاني واضح. أن معامل التكرير الحيوية تقدم حلولا مبتكرة لأزمات الطاقة في البلاد التي تعاني من ذلك مثل السودان. وأن ولاية كسلا تتمتع بامكانات كبيرة من الكتلة الحية والطاقة الحيوية

لتوطين معامل التكرير الحيوية القائمة علي المخلفات الزراعية فهي ولاية زراعية بالأساس تتنوع بها الأنماط الزراعية والمحاصيل وتحظي بتعدد مصادر المواد الأولية Multi-feed stocks.

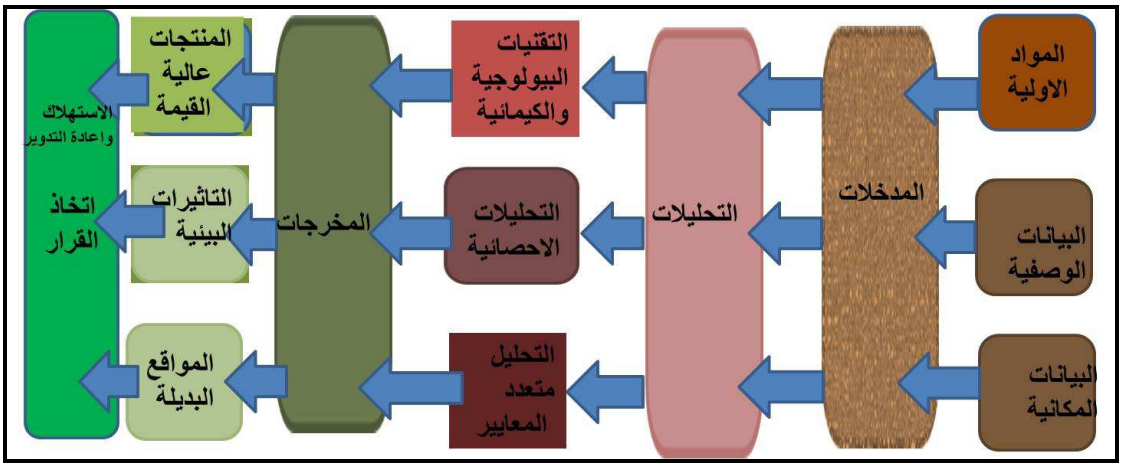
المناهج والأدوات

اعتمدت الدراسة علي نموذج المصفاة الحيوية القائم علي المخلفات الزراعية ، وهو نموذج يعتمد بشكل أساسي علي مدخل التقييم التكنو مكاني لدورة حياة المخلفات الزراعية داخل المصفاة الحيوية Spatial life cycle Assessment Approach Techno- الذي يجمع بين استخدام التحليلات الاحصائية في تقدير الكتلة الحية والطاقة الحيوية وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في بناء نموذج مكاني لاختيار أنسب المواقع لتوطن المصفاة الحيوية، والاستفادة من تقييم دورة حياة المخلفات الزراعية لتقدير امكانات تقليل إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون Hiloidhari, et al,2017:224) يوضحه شكل (1). واستعانت الدراسة أيضا بمنهج دراسة الحالة، واستخدمت الدراسة برنامج ARC GIS في عمل Mosaic لخرائط الارتفاعات الرقمية لعدد16 نموذج إرتفاع رقمي يغطي منطقة الدراسة وعمل Mosaic لعدد 6 صور فضائية لإنتاج خريطة دليل الإخضرار النباتي NDVI واستفادت الدراسة من تحليل Interpolation- IDW.

خطوات التحليل المكاني- تحليل التطابق overlay tools

1- ***Point layers – ecludian distance – reclassify***
2- ***Line layers – ecludian distance – reclassify***
3- ***Polygon layers- polygon to raster – reclassify***
4- ***Raster layers- reclassify***
5- ***All layers – overlay weighted***

والتحليلات الإحصائية لتقييم وقياس الكتلة الحية والطاقة الحيوية مثل معادلات قياس امكانات الكتلة الحية ، معادلة حساب إنتاجية الكتلة الحية، معادلة قياس كمية المخلفات المتروكة كعلف للحيوانات. معادلة معدل الإزالة المستدامة= نسبة المخلفات المتروكة لحماية التربة أو المخلفات المفقودة إلي اجمالي المخلفات الزراعية، تقييم الطاقة المستخلصة من المخلفات الزراعية من خلال قيمة طاقة البيوجاز المستخلصة من المخلفات الزراعية.



شكل (1) نموذج التقييم التكنومكاني لدورة حياة المخلفات الزراعية داخل المصفاة الحيوية

المصدر: من إعداد الباحثان اعتمادا علي Hiloidhari,et al, 2017, Vance, et al, 2022,

الدراسات السابقة

- **دراسة ساهو Sahoo وأخرون عام 2016 عن نظام تقييم الكتلة الحيوية القائم على نظم المعلومات الجغرافية ونظام لوجستيات التوريد للمصفاة الحيوية المستدامة: دراسة حالة لسيقان القطن في جنوب شرق الولايات المتحدة. في هذه الورقة، قام الباحثون بتطوير نظام المعلومات الجغرافية متكامل (GIS) يعتمد على التقييم المستدام للكتلة الحيوية وتحسين الموقع وإمداداته ونموذج التكلفة اللوجستية لتقييم التوافر المكاني والزماني لمخلفات المحاصيل، لتحديد الموقع الأمثل للمصنع وحساب تكلفة التسليم. تم تطوير نموذج التقييم على مستوى الشبكة (30 ×30 م). لمخلفات المحاصيل باستخدام ثلاثة مؤشرات رئيسية للاستدامة: (1) مؤشر تآكل التربة (جنوب شرق)، (2) مؤشر التكيف للتربة و (3) إنتاجية بقايا المحاصيل 2.5 طن جاف / هكتار. باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية تم تطوير نماذج التنبؤ (ANNs) لكل مؤشر وتنفيذها في منصة نظم المعلومات الجغرافية وتقييم مخلفات المحاصيل المتاحة بشكل مستدام.**
- **دراسة غونزاليسGonzales و سيرسي Searcy عام 2017 ،عن التخصيص المكاني القائم على نظام المعلومات الجغرافية للكتلة الحيوية العشبية للمصافي الحيوية ومستودعاتها. تهدف الدراسة إلي تحديد كل من موقع وحجم المصافي والمستودعات الحيوية المحتملة باستخدام الموقع الجغرافي للأراضي المناسبة للكتلة الحيوية، والبنية التحتية للنقل، والقيود الاقتصادية المفروضة على الحد الأدنى من الكتلة الحيوية الموردة إلى منشأة داخل منطقة محددة.**

- دراسة هيلويدهاري Hiloidhari وأخرون 2017، حول الدور الناشئ لنظام المعلومات الجغرافية (GIS)، وتقييم دورة الحياة (LCA Life Cycle Assessment) و تقييم دورة الحياة المكاني (GIS–LCA) في تخطيط الطاقة الحيوية المستدامة. هذه الورقة تستعرض دور وتطبيقات الأدوات الجغرافية المكانية مثل نظام المعلومات الجغرافية (GIS)، والتقييم الدقيق لموارد المخلفات الزراعية، والتصميم اللوجستي للكتلة الحيوية ومحطات الطاقة. علاوة على ذلك، تطبيق تقييم دورة الحياة (LCA) في فهم التأثير المحتمل لتوليد الطاقة الحيوية من المخلفات الزراعية على خدمات النظام البيئي المختلفة.
- دراسة شارما Sharma وأخرون عام 2017 حول النمذجة المكانية لتحديد مواقع مصانع الإيثانول الحيوي و إمكانات إنتاج الوقود الحيوي في الولايات المتحدة، فقد تم إجراء الاستبعاد والتفضيل المكاني وتحليلات نظم المعلومات الجغرافية الخاضعة للمعايير البيئية ومعايير البنية التحتية مقترنة بتقديرات إنتاجية الكتلة الحيوية. وحددت الدراسة 164 موقعًا أساسيًا و17 سيناريو للموقع المشترك.
- دراسة لوفراك Lovrak وأخرون عام 2020 حول مدخل قائم على نظام المعلومات الجغرافية (GIS) لتقييم التوزيع المكاني والتغير الموسمي لإمكانات إنتاج الغاز الحيوي من المخلفات الزراعية والنفايات الحيوية البلدية. يقدم هذا البحث المنهج القائم على نظام المعلومات الجغرافية (GIS) لتقييم التوزيع المكاني لإمكانية إنتاج الغاز الحيوي من خلال الأخذ في الإعتبار التباين الموسمي لإنتاج الكتلة الحيوية، من أجل تقييم تأثير موسمية الإنتاج علي الكتلة الحيوية. وتعتمد الطريقة التي تم تطويرها في البحث على مجموعة من الأساليب الإحصائية والمكانية. وقد تم إختبار المنهج المعروض في دراسة حالة لكرواتيا.
- دراسة تشنغ Zheng و تشيو Qiu عام 2020 ، عن الطاقة الحيوية في البراري الكندية: تقييم الكتلة الحيوية التي يمكن الوصول إليها من مخلفات المحاصيل الزراعية وتحديد مواضع المصافي الحيوية المحتملة. استخدمت هذه الورقة البحثية بيانات إنتاج المحاصيل التفصيلية ومنهج منطقة الخدمة القائم علي نظام المعلومات الجغرافية، تبحث هذه الدراسة في البيانات المتاحة والكتلة الحيوية التي يمكن الوصول إليها من مخلفات المحاصيل الزراعية وتحديد مواقع وأحجام المصفاة الحيوية المحتملة في البراري الكندية.
- دراسة فريتاسا Freitasa وأخرون عام 2021 عن المصافي الحيوية لقصب السكر: الفرص المحتملة للتحول من النفايات إلى المنتجات. ناقشت الورقة الطرق الممكنة لتحسين كفاءة معالجة الكتلة الحيوية، مثل استخدام المواد المضافة منخفضة التكلفة، إلى جانب الجوانب الاقتصادية والجوانب البيئية المتعلقة بتنفيذ معمل تكرير قصب السكر الحيوي.

وكذلك التطبيقات المحتملة لبقاس قصب السكر والقش للحصول على منتجات ذات قيمة، بما في ذلك الإنزيمات والأسمدة الحيوية والسليلوز النانوي.

- دراسة سيرانو هيرمانديز Serrano–Hernandez وأخرون عام 2021 حول حل مشكلة توطن المصفاة الحيوية في أسبانيا. يقدم هذا البحث دراسة حالة لمصفاة حيوية توطنت في نافاري في أسبانيا أخذا في الإعتبار عاملي الأسعار ووفرة الكتلة الحية. ويتم تقديم نموذج التحسين علي شكل شجرة متعددة المراحل تتكون من عقد استراتيجية وعقد تشغيلية. وتم استخدام نموذج البرمجة الخطية في حل مشكلة المصفاة الحيوية وكانت النتائج واعدة علي المستوي الاستراتيجي (موقع المصنع) والمستوي التكتيكي(موقع المستودعات) والمستوي التشغيلي (إدارة مشتريات الكتلة الحية).
- دراسة إيتزولد Etzold وأخرون عام 2023 حول التصميم الفني والتقييم الاقتصادي والبيئي لمفهوم المصفاة الحيوية لدمج الميثان الحيوي والهيدروجين في قطاع النقل. في هذه الدراسة تمت محاكاة معمل تكرير حيوي يحول 3.22 طن من قش القمح (14.28ميغاواط) و3.22 طن من روث الماشية (1.38 ميغاواط) سنوياً. تبلغ كفاءة استخدام الكتلة الحيوية المادية 18.3%، بينما تبلغ كفاءة استخدام الكتلة الحيوية النشطة 16.9%. وكفاءة تحويل الطاقة المسالة للميثان المتجدد 33.4%، وكفاءة المصفاة الحيوية بأكملها 52.8%.
- دراسة بيدراهيتا رودريغيز Piedrahita–Rodríguez وأخرون عام 2023 حول تقييم دورة الحياة وتحديد الموقع الجغرافي المحتمل لمصفاة حيوية متعددة المواد الخام : تكامل سلاسل قيم الأفوكادو والموز في المناطق الريفية في كولومبيا. هذا البحث موجه إلى تثمين المخلفات الزراعية لسلاسل قيم الأفوكادو والموز من خلال تطبيق مفهوم المصفاة الحيوية، وتقييم أفضل موقع لتسويق المنتجات ذات القيمة المضافة مع تقليل إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وتحديد تسويق منتجات المصفاة الحيوية بإعتباره العامل الأكثر مساهمة في إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- دراسة دا سيلفا روميرو da Silva Romero وأخرون عام 2023 عن مدخل مكاني لتكامل نظم المعلومات الجغرافية ونموذج فاذي Fuzzy في حل المشكلات متعددة المعايير لدعم تحديد المناطق المثالية لتوطين المصفاة الحيوية. هدفت هذه الدراسة إلى إنشاء نموذج متعدد المعايير (13 معيارا بيئيا واقتصاديا). وتكامل نظام المعلومات الجغرافية (GIS) مع نموذج فاذي لتحديد المناطق المحتملة لتنفيذ المصفاة الحيوية داخل منطقة

كامبيناس الإدارية في ساوباولو. النموذج الذي تم إنشاؤه كان مقارنة مع نموذجين آخرين، نموذج المركز الأوسط ونموذج بولينBoolean .

- مصادر الدراسة

التقارير غير المنشورة:

- وزارة الثروة الحيوانية والسمكية والمراعي، الإدارة العامة للتخطيط واقتصاديات الثروة الحيوانية، تعداد الحيوانات ونسبة الكثافة بالمحليات لعام، 2006، 2014، 2015 2018 م ، ولاية كسلا. تضم بيانات عن اعداد رؤوس الإبل والماشية والماعز والأغنام.
- وزارة المالية والقوي العاملة، الادارة العامة للسياسات والبرامج بالتعاون مع الجهاز المركزي للاحصاء، العرض الاقتصادي والاجتماعي 2017-2021، ولاية كسلا، إصدار اغسطس 2022.يشمل بيانات عن المحاصيل الزراعية علي مستوي المحليات.
- وزارة المالية والقوي العاملة، الإدارة العامة للسياسات والبرامج، العرض الاقتصادي والاجتماعي 2014-2018، ولاية كسلا، إصدار 2019. يحوي بيانات عن المحاصيل الزراعية علي مستوي المحليات.
- هيئة حلفا الجديدة الزراعية ، إدارة التخطيط والبحوث الاقتصادية، بيانات غير منشورة، سنوات متعددة. تضم بيانات عن التفاتيش الزراعية في مشروع حلفا الجديدة الزراعي.

التقارير المنشورة

- بنك السودان المركزي(2022) ، التقرير السنوي 2021، الخرطوم. يضم التقرير بيانات عن إنتاج السكر في مصانع السكر السودانية.
- بنك السودان المركزي(2020) ، التقرير السنوي 2019، الخرطوم. يشمل التقرير بيانات عن إنتاج السكر في مصانع السكر السودانية.
- بنك السودان المركزي(2016) ، التقرير السنوي 2015، الخرطوم. يحتوي التقرير علي بيانات عن إنتاج السكر في مصانع السكر السودانية.
- FAO. 2021.2015.2020.2021. Special Report – 2020/2021 FAO Crop and Food Supply Assessment Mission (CFSAM) to the Republic of the Sudan. Rome.

يضم التقرير بيانات عن المحاصيل الزراعية والأمطار في ولاية كسلا.

- المرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة عدد 6 مرئيات فضائية جدول (1).

جدول (1) خصائص المرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة

Sensor	Pixel size	Bands	Date	Path / Row
LAND SAT8	30, 30	11	19-08-2023	172/048
LAND SAT8	30,30	11	19-08-2023	172/049
LAND SAT8	30,30	11	19-08-2023	172/050
LAND SAT8	30,30	11	20-08-2023	171/048
LAND SAT8	30,30	11	20-08-2023	171/049
LAND SAT8	30,30	11	20-08-2023	171/050

الدراسة الميدانية

- الحصول علي التقارير الإحصائية غير المنشورة من وزارة الثروة الحيوانية والسمكية والمراعي، و وزارة الزراعة والانتاج، الادارة العامة للتخطيط، ووزارة المالية والقوي العاملة، الادارة العامة للسياسات والبرامج، هيئة حلفا الجديدة الزراعية ، إدارة التخطيط والبحوث الاقتصادية، بيانات غير منشورة.
- ملئ الاستبيان الخاص بأصحاب المزارع في مشروع حلفا الجديدة لعينة عشوائية تتكون من 250 مزرعة ما بين مزرعة صغيرة ومتوسطة وكبيرة، تشكل 10% من إجمالي الحيازات البالغة 2500 حيازة موزرعة علي قريتي أم رهو والصفية في مشروع حلفا الجديدة خلال شهري نوفمبر وديسمبر عام **2023.**
- واجه الباحثان صعوبات بالغة في الحصول علي البيانات الإحصائية وإجراء الدراسة الميدانية في منطقة الدراسة؛ بسبب الحرب والصراع السياسي الداخلي في السودان خاصة منذ 15 أبريل 2023.
- **مساهمة التأليف**

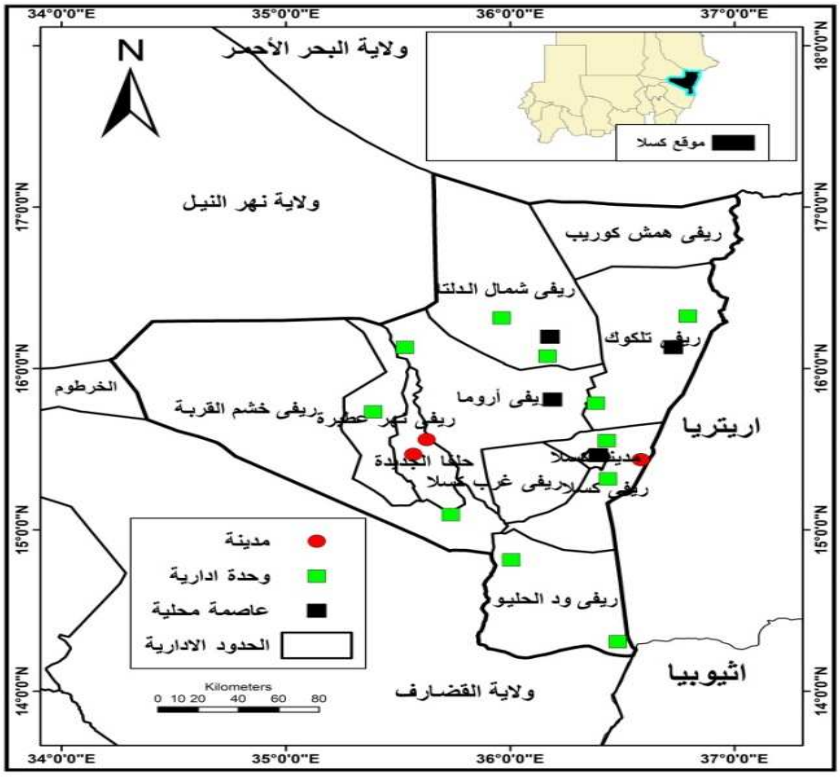
كتب د. جمال محمد عطيه المقدمة وتصميم الإطار النظري للجغرافية الاقتصادية الحيوية، ودراسة الخصائص الجغرافية للزراعة في ولاية كسلا، والمحددات الجغرافية لتقييم الكتلة والطاقة الحية في الولاية وتقييم امكانات الكتلة والطاقة الحيوية، وبناء نموذج مكاني لإختيار أنسب المواضع لتوطين المصفاة الحيوية في الولاية والمساهمة

في تحليل الاستبيان ودراسة مشروع حلفا الجديدة كدراسة حالة وصياغة النتائج والتوصيات. وقام د. عمر أحمد عبد الجليل بتوفير التقارير الإحصائية غير المنشورة عن المحاصيل والثروة الحيوانية في ولاية كسلا لسنوات مختلفة وإجراء الدراسة الميدانية وتحليل الاستبيانات وشارك في صياغة النتائج والتوصيات.

- التعريف بمنطقة الدراسة

تقع ولاية كسلا في إقليم شرقي السودان بين دائرتي عرض 45َ 14° – 17َ.15 °شمالاً وخطي طول 40َ.34 ° – 37 ° شرقاً ، تشترك الولاية بحدود دولية مع دولة إريتريا بطول 235 كلم ومع دولة أثيوبيا بطول 17 كلم. وهي حدود يتركز عليها مشروعات الزراعة المطرية علي الجانبين بين البلدين، وكذلك تمارس أنشطة تجارة الحدود. وللولاية حدود داخلية مع ولاية البحر الأحمر في الشمال حيث المنفذ الوحيد ناحية البحر الأحمر وسهولة الوصول إلي موانئ التصدير، وولاية نهر النيل حيث مركز السكك الحديدية في مدينة عطبرة ومعقل صناعة الأسمنت في السودان، والخرطوم في الشمال الغربي العاصمة السياسية والاقتصادية والسوق الاستهلاكي الكبير، وولاية القضارف في الجنوب الغربي سلة غذاء السودان حيث المشروعات الزراعية المطرية الألية الكبيرة.

وبلغت مساحة الولاية 52,949 كلم ² تشكل حوالي 2.8 % من إجمالي مساحة السودان البالغة (1,882,000) كلم ² (وزارة المالية والقوي العاملة، 2022: 10-11). في حين بلغ عدد سكان ولاية كسلا 2740702 نسمة حسب إسقاطات السكان للعام 2021. وتعتبر الولاية الرابعة من حيث عدد السكان في السودان ، ويبلغ معدل النمو السكاني السنوي حوالي 2.83 %، بينما يبلغ متوسط حجم الأسرة 5.5 فرداً . وتقسم الولاية إداريا إلي 11 محلية وذلك علي النحو التالي:



شكل (2) التقسيم الإداري لولاية كسلا بالسودان وعلاقاتها المكانية عام 2022

المصدر: من إعداد الباحثان اعتمادا علي هيئة المساحة السودانية ، الخرطوم 2022

محلية مدينة كسلا، محلية ريفي كسلا، محلية غرب كسلا، محلية همشكوريب مركز السياحة الدينية بالولاية، محلية تلكوك، محلية شمال الدلتا، محلية ريفي أروما، محلية حلفا الجديدة، محلية نهر عطبرة، محلية خشم القربة، محلية ود الحليو شكل (2).

محتويات البحث

أولا: نشأة الاقتصاد الحيوي وتطورات الجغرافيا الاقتصادية الحيوية: المفاهيم والإطار النظري

ثانيا: الخصائص الجغرافية للنشاط الزراعي في ولاية كسلا

ثالثا: المحددات الجغرافية لتقييم الكتلة الحية في الولاية

رابعا: تقييم وقياس امكانات الكتلة الحية والطاقة الحيوية في كسلا

خامسا: النمذجة المكانية لتأسيس المصفاة الحيوية في الولاية وفقا للتحليل متعدد المعايير

سادسا: دراسة حالة مشروع حلفا الجديدة الزراعي

الخاتمة : النتائج والتوصيات

أولا: نشأة الاقتصاد الحيوي وتطورات الجغرافيا الاقتصادية الحيوية: المفاهيم والإطار النظري

ظهرت البدايات الأولي للاقتصاد الحيوي في البرنامج الإطاري الخامس للاتحاد الأوربي 1998–2002 مع بزوغ فكرة المصنع الخلية " Cell factory" الذي يهدف إلي تطوير أنواع جديدة من الأدوية والمواد الغذائية ذات خصائص تغذوية معينة واستبدال العناصر والمركبات والإنزيمات الصناعية بعناصر كيمائية حيوية صديقة للبيئة. هذه التغيرات أدت إلي صياغة استراتيجة التكنولوجية الحيوية في الإتحاد الأوربي عام 2002. وهي الاستراتيجية التي تقدم خطوة مهمة نحو اقتصاد حيوي قائم علي المعرفة مستدام وتنافسي. ومن هنا ظهر مفهوم الاقتصاد الحيوي القائم علي المعرفة عام 2005 Knowledge Based Bio Economy (KBBE) (-21 Patermann, & Aguilarb, ,2018:22). كما يرجع الاهتمام بالبيوتكنولوجي مع الإعلان عن مفهوم الثورة الصناعية الرابعة The Fourth industrial revolution الذي ظهر لأول مرة في معرض هانوفر بألمانيا عام 2011 (Fraske, 2022: 2)). ويعتمد مفهوم الاقتصاد الحيوي المعتمد علي المعرفة بشكل أساسي علي تصنيع مواد النفايات والمخلفات. وهو مفهوم يشمل جميع القطاعات الاقتصادية التي تتعامل مع الخامات المعتمدة علي الكربون. ويشمل ذلك القطاعات التقليدية مثل الزراعة والغابات ومصايد الأسماك والاستزراع السمكي والصناعات الغذائية والأعلاف وصناعات الأخشاب ومواد البناء والأثاث والورق والسليلوز والألياف مثل الصوف والقطن. بالإضافة إلي، قطاع الطاقة والوقود والحرارة والكهرباء والكيمياء العضوية. و توجد في هذه القطاعات خبرات متراكمة في العمليات والمنتجات الحيوية لدي المجموعات الاستشارية البحثية المتخصصة في الإتحاد الأوربي (Kircher, M. el al , 2022, 4- 7). تعتبر ألمانيا أولي دول العالم التي أصدرت استراتيجيات الاقتصاد الحيوي وأسست المجلس الاستشاري للاقتصاد الحيوي، ثم تلي ذلك تأسيس المجلس الاستشاري الدولي للاقتصاد الحيوي العالمي-International Advisory Council on Global Bio Economy الذي قام بعقد عدة قمم للاقتصاد الحيوي العالمي Global Bio

Economy Summits عام 2015 و2018 و2020. وقد أكدت هذه القمم علي استخدام العلم لإضافة القيمة إلى الموارد البيولوجية والعمليات البيولوجية، وأن يحتضن الاقتصاد الحيوي مبادئ التجديد والدائرية (lang, 2022:4-6). قد قام بهذه الجهود باترمانPatermann الذي أطلق عليه أبو الاقتصاد الحيوي وهو باحث ألماني ومدير برنامج البحوث الزراعية والغذائية والتكنولوجيا الحيوية (Patermann, & Aguilarb, :22 ,2018)(Aguilar& Twardowski,2022:3).

ويمكن تعريف الاقتصاد الحيوي(Bio Economy (B E بأنه "إنتاج الموارد البيولوجية المتجددة وتحويل هذه الموارد و النفايات إلى منتجات ذات قيمة مضافة، مثل الأغذية والأعلاف والمنتجات الحيوية والطاقة الحيوية" (المفوضية الأوروبية، 2012). ووسعت المفوضية الأوروبية تعريفها (2020)، ليشمل استخدام الموارد البيولوجية المتجددة من البر والبحر، مثل المحاصيل والغابات والأسماك والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة لإنتاج الغذاء والمواد والطاقة. ووفقا لفريسفولد وآخرونFrisvold et al . (2021)، لا يوجد تعريف واضح للاقتصاد الحيوي لأن هناك طرقًا مختلفة لهذه الظاهرة الجديدة نسبيًا. في حين يؤكد باحثون آخرون على أهمية تطبيق التكنولوجيا الحيوية أو دور الموارد البيولوجية والجوانب البيئية. بينما حددت المفوضية الأوروبية European Commission (2015) تعريف الاقتصاد الدائري Circular Economy (CE) على أنه " تقليل توليد النفايات والحفاظ على قيمة المنتجات والمواد والموارد لأطول فترة ممكنة" . وبناء علي ذلك، حددت المفوضية الأوروبية عام (2017) الاقتصاد الحيوي الدائري (CBE Circular Bio Economy) "بأنه تطبيق لمفهوم الاقتصاد الدائري على الموارد والمنتجات والمواد البيولوجية" (Stegmann, et al.2020:2).

وعلي ذلك، يعد الاقتصاد الحيوي مفهوما جديدا نسبيا، تم تعريفه في الأصل من قبل مارتينيزMartinez (1998) بأنه "جميع الأنشطة الاقتصادية المستمدة من الأنشطة العلمية أو البحثية التي تركز على فهم الآليات والعمليات على المستويات الجينية/الجزيئية وتطبيقها على العمليات الصناعية"(Maciejczak, 2013& Hofreiter). وبالتالي، الاقتصاد الحيوي يهتم بتحويل المخلفات إلي منتجات، بينما يركز الاقتصاد الدائري علي تقليل النفايات إلي صفر المخلفات.

- **نموذج المصافي الحيوية BIOREFINERIES**

كان من أبرز نتائج الاقتصاد الحيوي، ظهور المصافي الحيوية التي تقوم بالمعالجة المستدامة للكتلة الحيوية(المواد الخام المتجددة) خلال عمليات متعددة صديقة للبيئة لإنتاج منتجات قائمة على أساس حيوي (المواد الكيميائية والمواد الخام) ، والطاقة الحيوية (الوقود الحيوي ، أو الحرارة) ومركبات كيمائية أخري مفيدة (Pinales-M´arquez et al ,2021:3) ، وذلك ما عرفته وكالة الطاقة الدولية International Energy Agency: IEA) (2014). ومن بين أنواع الوقود الحيوي المختلفة ، يلعب الإيثانول والديزل الحيوي أدوارًا رئيسة في الإنتقال من اقتصاد قائم على الوقود الأحفوري إلى اقتصاد منخفض الكربون قائم على الطاقة المتجددة(Freitasa, et al , 2021:2).

وتتكون كلمة المصفاة الحيوية Biorefinery من البادئة "bio" وتعني باليونانية "bios" أي الحياة. وكلمة"Refine" التي تشير إلى عملية التصفية أو التطهير أو الفصل. وبالتالي يقصد بالمصفاة الحيوية عملية التنقية والتقطير للمواد الحيوية.

وتقسم المفاهيم المرتبطة بالمصفاة الحيوية إلي ثلاثة أنواع من المفاهيم حسب مراحل الإنتاج:

مفاهيم مرتبطة بالمدخلات مثل المصافي الحيوية التي تستخدم الحبوب كالذرة والقمح والجاودار (يشبه القمح والشعير) لإنتاج مجموعة من المنتجات الحيوية.

مفاهيم قائمة علي عمليات الانتاج حيث تقنيات المعالجة والتحويل، في كثير من الحالات، هي كذلك على غرار مصفاة البتروكيماويات. حيث يتم استخلاص الهيدروكربونات عن طريق العمليات الكيميائية والحرارية والفيزيائية والبيولوجية، وهي الأكثر استخداما في طريقة الحصول على الطاقة الحيوية لإضافة القيمة إلى المواد الحيوية.

مفاهيم معتمدة علي مخرجات الإنتاج حيث هناك العديد من المنتجات الحيوية ضمن هيكل المصافي الحيوية يمكن إنتاجها من الكتلة الحيوية كالوقود الحيوي والمواد الكيميائية الحيوية. غير أن النقطة الرئيسية للمناقشة تتعلق بالتفضيلات بين إنتاج

الوقود والغذاء والأعلاف، والألياف، وهي واحدة من أهم تحديات القرن الحادي والعشرين **(Conteratto, et al, 2021: 3-7)** .

وعليه، تم تحديد المفهوم الحديث المصفاة الحيوية بأنها "عملية فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية تنقي أو تفصل أو تكرر أو تحول أو تقطر العناصر المكونة للأصول البيولوجية من أنواع الكائنات الحية بدائية النوي Monera أو البكتريا Protista أو نباتية Plantae أو حيوانية Animalia أو فطريات Fungi، والتي تنشأ في بيئة اليابس أو المحيطات، في شكل المنتجات الحيوية للاستخدام النهائي أو التي تستخدم كمواد خام لمنتجات حيوية أخرى**(Conteratto, et al, 2021: 3).**

أجيال المصافي الحيويةBio-refinery generations

- **الجيل الأول**

كان الوقود الحيوي، في مرحلته الأولى، يتكون في المقام الأول من الإيثانول الحيوي والديزل الحيوي وتتم عملية الإنتاج باستخدام النشا والسكروز أو المحاصيل التي تحتوي على الزيت. وتشكل استخدامات مصادر المواد الخام الصالحة للطعام مشكلة مهمة لأنها تخلق المنافسة على الأراضي بين أراضي إنتاج الطاقة وإنتاج الغذاء، وكذلك سيسهم الطلب المتزايد على الطاقة في التوسع المفرط في محاصيل الطاقة، مما يسبب تدهور التربة وتآكلها وفقدان أنظمة التنوع البيولوجي وزيادة استهلاك المياه .

- **الجيل الثاني**

مصطلح الجيل الثاني من المصفاة الحيوية يرجع إلى استخدام الكتلة الحيوية اللجنوسليلوزية كمواد خام، وهذه المواد الخام تتكون من السليلوز والهيميسيلولوز واللجنين، وتمثل هذه الكتلة الحيوية فرصة عظيمة؛ وذلك بسبب ما يتمخض عنها من مجموعة واسعة من المنتجات مثل المواد الكيميائية الحيوية والمواد الخام الحيوية أو الوقود الحيوي. ويتكون السليلوز من مونومرات الجلوكوز، وذلك باستخدام التحلل المائي الأنزيمي والتخمر، فمن الممكن تحلل السليلوز جلوكان وتخميره لتكوين الوقود الحيوي السائل، مثل الإيثانول الحيوي. واللجنين هو البوليمر الحيوي الذي يمكن استخدامه لإنتاج المركبات العطرية ومنتجات الغاز الاصطناعي، وعزل المعادن الثقيلة، ويستخدم

لتكوين عامل مساعد مضاد للميكروبات. وأخيراً الهيميسيلولوز الذي يعتبر مصدرا كبيرا لإنتاج المركبات ذات القيمة المضافة العالية، مثل الاكسوسات (مواد كيماوية حيوية عالية القيمة) XOs، وهي مركبات يمكن تطبيقها في صناعة الأغذية والأدوية.

- **الجيل الثالث**

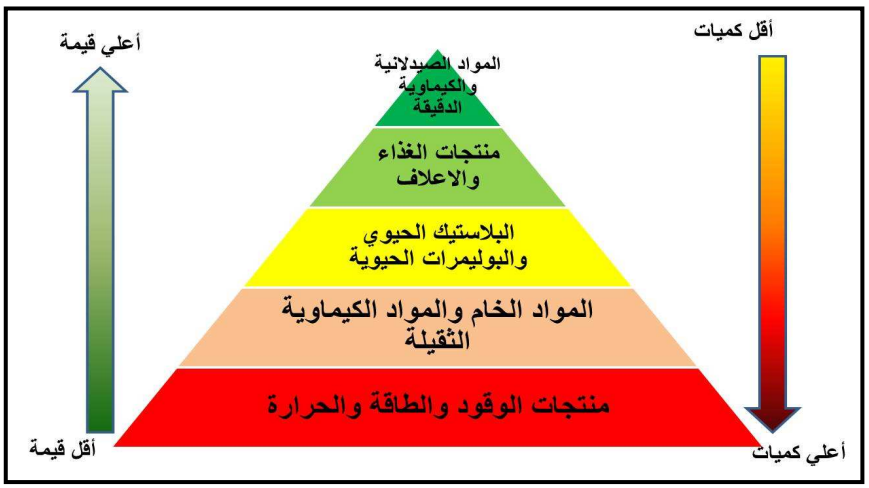
استخدام الطحالب كبديل لإنتاج الوقود الحيوي من الجيل الثالث اكتسب شعبية كبيرة؛ لأن معالجته يمكن أن تؤدي إلى خلق مركبات متعددة. الطحالب هي كائنات حية نموها يعتمد على عملية التمثيل الضوئي التي تسمح للكائنات الحية الدقيقة بالتطور في البيئات المائية بسهولة وقلة امتصاص العناصر الغذائية. هذا يفترض فوائد متعددة حيث يمكن استخدام هذه الكتلة الحيوية لتلبية احتياجات الطلب على الطاقة دون توليد منافسة من الأراضي الزراعية، كما حدث في الجيل الأول.

ويمكن تصنيف الطحالب إلى طحالب دقيقة (كائنات دقيقة ذات خلية يتراوح حجمها بين 2–200 ميكرومتر) و الطحالب الكبيرة أكبر من 200 ميكرومتر، وذلك بسبب شكلها وخصائصها وطريقة نموها في البيئة المائية. ومكونات الكتلة الحيوية في الطحالب هي الدهون والكربوهيدرات، والبروتينات، والتي يمكن أن تولد أنواعًا مختلفة من الوقود الحيوي ومجموعة متنوعة من المركبات ذات القيمة المضافة العالية. وأخيرا، تقدم المصفاة الحيوية من الطحالب الدقيقة والكبيرة توقعات للمساهمة في توليد الوقود الحيوي، وتكامل إنتاج مركبات حيوية ذات قيمة مضافة عالية، مثل الأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة مثل الآجار، الكاراجينان ، مضادات الأكسدة، البروتينات، الكاروتينات، الجينات، مركبات أخرى.

- **الجيل الرابع**

يتم تعريف الكتلة الحيوية من الجيل الرابع على أنها تلك النباتات أو الكائنات الحية الدقيقة ذات القدرة العالية على عزل الكربون من الغلاف الجوي أو التربة، بما في ذلك تلك النباتات الحية المعدلة وراثيا ذات الخصائص الأفضل والنفايات العضوية المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي والمركبات ذات القيمة المضافة العالية. ويعتمد كذلك هذا الجيل على أساس التوازن بين الكتلة الحيوية واستخدام الكربون وإنتاج الوقود

الحيوي، فهو يعتبر الحل الأمثل لنموذج المصفاة الحيوية. هذه التحولات في الكتلة الحيوية من الجيل الرابع تستخدم العمليات ذات التقنيات الهندسية الحيوية والتكنولوجيا العالية، بما في ذلك عمليات مثل استقلاب الكائنات الحية الدقيقة والتمثيل الضوئي وظاهرة إنتاج الوقود الحيوي والمواد الحيوية ذات الكربون السلبي، وكذلك استخدام توليد الطاقة النظيفة، مثل الطاقة الشمسية لهذه العملية. ومع ذلك، فإن هذا النموذج لا يزال قيد البحث والتطوير، والبحث عن بدائل جديدة وعمليات ذات كفاءة عالية (Pinales-M´arquez et al)(2021:3-4) .



شكل (3) هرم المنتجات داخل المصفاة الحيوية

المصدر: Stegmann, et al , 2020:7

وتتدرج المنتجات الحيوية في هرم المنتجات داخل المصفاة الحيوية من **القاعدة** العريضة التي تمثل منتجات الوقود والطاقة والحرارة والأسمدة الحيوية والعضوية وهي منتجات كبيرة الحجم منخفضة القيمة شكل (3). ويقع في **وسط** هرم المنتجات الحيوية المواد الأولية والكيماويات كبيرة الحجم (ثقيلة الوزن) والبلاستيك الحيوي والبوليمرات الحيوية وهي منتجات متوسطة الكميات ومتوسطة القيمة. وفي **قمة** هرم تأتي المنتجات عالية القيمة ومحدودة الكميات كالمواد التي تدخل في الصناعات الغذائية والأعلاف والمواد الصيدلانية والمواد الكيماوية الدقيقة.

تطور الجغرافيا الاقتصادية الحيوية

ثمة علاقة وثيقة بين الجغرافيا الاقتصادية والقضايا البيئية. فكل منهما يؤثر في الأخر. فقد حدد بريدج Bridge عام 2008 ثلاثة محاور لدراسة الجغرافيا الاقتصادية البيئيةEnvironmental Economic Geography وذلك علي النحو التالي:

1- البحث في بنية العمليات البيئية وتأثيرها أو تعطليها لصنع القرار الاقتصادي مثل القرارات المتعلقة بأين ومتي وكم من الأموال تستثمر في منطقة معينة؟

2- كيف تؤثر العمليات الاقتصادية في حدوث تغيرات بيئية التي قد تكون ضرورية لتوفير فرص العمل. مثل المشروعات الصناعية التي ينتج عنها التلوث الصناعي وما يترتب عليه من ظاهرة الإحترار العالمي(Gibbs&Healey,1997,p193,199).

3- كيف ترتبط الحوكمة البيئية بإعادة هيكلة العلاقات الاقتصادية وظروف الإنتاج التي تفضل المصالح الاقتصادية علي غيرها. وبالتالي الاهتمام بالحوكمة البيئية يعني فهم الطريقة التي تنتج أثار بيئية إيجابية كاستقرار المناخ وتحسين جودة الهواء وتقليل مخاطر الفيضانات وكذلك تنتج علاقات سياسية واقتصادية متوافقة مع البيئة (Bridge,2008:79-80).

وفي هذا الإطار، تطور الاتجاه البيئي وأصبح يهتم بالتكنولوجيا الحيوية، وذلك مع تقديم مفهوم الاقتصاد الحيوي BIOECONOMY لأول مرة عام 2005 كإطار رئيس للتحول من الوقود الأحفوري إلي الطاقة الحيوية والمواد الخام الحيوية. وكذلك مع تطوير مفهوم المصفاة الحيوية عام2009. و ظهور تكنولوجيات جديدة خضراء وتنافسية أكثر كفاءة لتحويل الكتلة الحية. وأصبحت المصفاة الحيوية هي التقنية الرئيسية للاقتصاد الحيوي الدائري، حيث يمكن تعظيم الاستفادة من الكتلة الحيوية والتخفيف من تلوث البيئة من خلال عملية تحويل الطاقة الحيوية عبر تكنولوجيا الإدارة المتكاملة والفعالة، لانتاج منتجات حيوية متعددة تشمل الأسمدة الحيوية، ومواد الكيمياء الحيوية والطاقة الحيوية (Fradj , et al ,2020, 7).

وكان من أهم النتائج التي تمخضت عن الاقتصاد الحيوي هي ظهور العناقيد الحيوية Bio-Clusters التي تمثل قلب الأنشطة المتعلقة بالاقتصاد الحيوي حيث الموارد البيولوجية المتجددة تعالج وتصنع وتحول إلي منتجات ذات قيمة مضافة عالية. لذلك تعرف العناقيد الحيوية كنوع محدد من العناقيد الموجهه نحو الاستدامة التي تتكون من التقارب الجغرافي لمجموعة مترابطة من الشركات والمؤسسات ذات الصلة في مجال الاقتصاد الحيوي والتي تتعاون من أجل رفع القدرة التنافسية وزيادة النمو وتحسين الأداء نتيجة الموقع المشترك Co-location. وبالتالي ظهر جليا أهمية البعد المكاني للاقتصاد الحيوي. ويعتبر Bazancourt-Pomacle cluster مثال للعناقيد الحيوية في فرنسا الذي يضم مجموعة من مصانع سكر البنجر وطحن القمح وتجفيف البرسيم(Ayrapetyan, et al, 2022,2-13).

ومن أمثلة العناقيد الحيوية الأخري، العناقيد الحيوية القائمة علي مصانع لب الخشب(المصافي الحيوية المتكاملة القائمة علي منتجات الغابات) حيث يرتبط العنقود الحيوي بمصنعين أو أكثر من لب الخشب مع مرحلة التحلل المسبق لاستخلاص الهميسليلوز حيث يتم تحويله إلي منتجات عالية القيمة. وتوصي الدراسات بأنه يجب أن تكون أقصي مسافة بين المصانع التوابع والمصنع المركزي لا تزيد عن 150كم وتكلفة النقل 0.2 دولار لكل كم ولا يزيد سعر البيع عن 1650 دولار للطن. كما يمكن أن ترتبط العناقيد الحيوية لهذا النوع بالصناعات الكيماوية والبتروكيماية حيث يمكن استخدام خطوط الأنابيب الموجودة بالفعل لنقل المنتجات الكيماوية الحيوية. وقد تكون العناقيد الحيوية نواة لتطوير المنتزهات الصناعية البيئية والمشاركة الفعالة للمجتمعات الريفية المحلية (Ajao, et al, 2018:255-256).

وقد ارتبط أيضا مفهوم العناقيد الحيوية بمفهوم جغرافية التحولات نحو الإستدامة Geography of sustainability transitions الذي يؤكد علي التباينات المكانية في التحولات المستدامة والتي يجب أن تفسر من خلال مجموعة من العوامل والعمليات متعددة المستويات الجغرافية المحلية والإقليمية والعالمية. وتتضمن الأبعاد المؤسسية وذلك فيما يتعلق بتعزيز القيم والأعراف المشتركة، وأطر السياسات علي مختلف

المستويات الإدارية التي تدعم أو تمنع مبادرات الإستدامة، فضلا عن الثروات والموارد الطبيعية التي تسهم في تباين إتجاة وسرعة ومدي توسع الإستدامة، كما أن المواءمة أو عدم التوافق بين أصحاب المصالح في وجهات النظر المتصلة بالإستدامة وأساليب إتخاذ القرار ومستويات الدعم في الممارسات الجديدة تؤثر أيضا علي مستويات الإستدامة. يضاف إلي ذلك، تركيز جغرافية التحولات نحو المستدامة علي دور قواعد المعرفة والتكنولوجيات الموجودة مسبقا في الإقليم ومؤسسات بناء القدرات في دعم التنمية وتنوع المسارات الإقليمية

وعلي الرغم من ذلك، إلا أن هناك خمسة متغيرات مهمة تقف وراء التحول نحو الاقتصاد الحيوي ونمذجته. المتغير الأول هو مواجهة **التغير المناخي** الذي يؤثر علي العرض والطلب من الكتلة الحية. **والتنوع البيولوجي** الذي يمثل الضمان لإتاحة الكتلة الحية علي المدي الطويل. **والاستخدام الدائري** للكتلة الحية **وسلوكيات المستهلك** المرتبطة بالكتلة الحية **واستخدامه** المنتجات الحيوية ومدي تفضيله لهذه المنتجات. وأخيرا **الابتكار والتغير التكنولوجي** اللذان يشكلان معا أهم عوامل ومتغيرات التحول نحو الاقتصاد الحيوي (Pyka, A. et al, 2022, 2-3).

ثانيا: الخصائص الجغرافية للنشاط الزراعي في ولاية كسلا

تحظي ولاية كسلا بالعديد من الخصائص التي تميزها عن غيرها من الولايات في السودان وذلك علي النحو التالي:

الخاصية الأولي: اتساع المساحات القابلة للزراعة والرعي

بلغ حجم المساحات القابلة للزراعة في ولاية كسلا في العام 2021 م نحو 5.3 مليون فدان، تضم كافة المشروعات الزراعية بالولاية القائمة بالفعل والمقترحة ، حيث تستحوذ الزراعة المطرية علي مساحة 2 مليون فدان بنسبة 38 % من إجمالي المساحة القابلة للزراعة، وتتركز في جنوب الولاية، يليها مشروع ستيت بمساحة 1.6مليون بنسبة 30.% وهو مشروع مقترح يقع في أعالي نهر عطبرة.

الخاصية الثانية: تنوع نظم الزراعة بين زراعة مطرية ألية وتقليدية وزراعة مروية وفيضية وتتضمن المشروعات الزراعية ما يلي:

- مشروع ستيت المقترح : يروى المشروع من سدى نهر عطبرة وستيت ، ينتج المشروع طاقة كهربائية 320 ميجاواط ويقترح أن يروى مساحة1.6 مليون فدان بالري الانسيابي، كما سبق ذكره ويستوعب حوالي 80 ألف مزارع .
- مشروع هيئة حلفا الزراعية (التأسيس عام 1966) ويروى من خزان خشم القربة بمساحة 584 ألف فدان مشتملة المنطقة الزراعية 500 ألف فدان ومنطقة مشروع مصنع سكر حلفا 50 ألف فدان ومشروع إكثار البذور 4000 فدان وبساتين الأملاك 30ألف فدان .
- مشروع القاش الزراعي : يعتبر من أقدم المشروعات الزراعية بالسودان ويروى فيضيا من نهر القاش. وتعتبر أراضيه من أخصب الأراضي الزراعية فى السودان بمساحة زراعية كلية 240 ألف فدان، تزرع منها 80 ألف فدان سنويا فى دورة ثلاثية. وقد تم تغيير التركيبة المحصولية للمشروع عدة مرات من القطن إلى الخروع ثم إلى الذرة والذي استقر عليه. بالإضافة إلى إدخال محصول زهرة الشمس مؤخرا كمحصول نقدي.
- مشروعات الري التكميلي وتشمل مشروعي كلهوت و أبو علقة، وهى مشروعات إعاشية تعتمد على زراعة الذرة فى الغالب وبعض المحصولات ذات الاستهلاك المحلى. ويروى هذين المشروعين من نهر القاش وأبوعلقة ويكمل الري مطريا ، ومشروع كلهوت الزراعي يقع غرب مدينة كسلا على بعد 5 كلم بمحاذاة الطريق القومي بمساحة 14700 فدان و يستوعب 3000 أسرة تتراوح الحيازات من 3إلى 7 فدان للأسرة ، بينما تبلغ مساحة مشروع أبو علقة 5000 فدان المزروع منها سنويا 2000 ويستوعب 1200 مزارع.

القطاع المطري: يشكل القطاع المطري شبه الألي نسبة 63 % من مساحة الزراعة بالولاية وتقدر مساحته 2 مليون فدان، بينما تبلغ مساحة القطاع المطري التقليدي 180 ألف فدان بحيازات تتراوح بين 5 إلي 15 فدان.

- تبلغ مساحة القطاع البستاني 319 ألف فدان يزرع منه83 ألف فدان ممثلة فى سواقي كسلا وشرق نهر عطبرة و خشم القربة وستيت، إلا أن المساحة المزروعة في هذا القطاع تقلصت في السنوات الأخيرة بسبب نقصان المنسوب الجوفي لحوض القاش.

الخاصية الثالثة: تعدد طرق الري في الولاية التي تتمثل فيما يلي :

- الري الانسيابي (دائم) في مشاريع مؤسسة حلفا الجديدة ، ومشروعات إكثار البذور وبساتين حلفا الجديدة صورة (4).
- الري الفيضي (غير دائم) في مشروع الغابات الزراعي ، القاش الزراعي ، مشروع كلهوت وجروف نهر عطبرة.
- الري المطري في الزراعة الألية ، والزراعة المطرية التقليدية بمناطق نهر عطبرة، وستيت ، والقرقف.
- الري بالطلمبات : من الأبار الجوفية والسطحية بكل من بساتين كسلا ، وحوض شرق عطبرة.
- يتم الري بالتنقيط في بعض البساتين بنسبة لا تتعدي 2 %. وكذلك استخدام الحفائر كمصدر لمياه الري في مناطق الزراعة المطرية الألية والتقليدية (العرض الاقتصادي، 2022: 13).

الخاصية الرابعة: تنوع المحاصيل الرئيسة المنزرعة في الولاية (الذرة والفول السوداني والسمسم والقمح).

تعتبر الذرة المحصول الرئيس في ولاية كسلا، ويزرع في كل أنظمة الزراعة المطرية الألية والتقليدية والفيضية والمروية والري التكميلي. ثم يأتي بعد ذلك محصول السمسم والدخن في القطاع المطري الألي. ويزرع في مشروع حلفا الجديدة محاصيل القمح والفول السوداني والقطن وزهرة الشمس علي الترتيب حسب المساحة المنزرعة جدول(2).

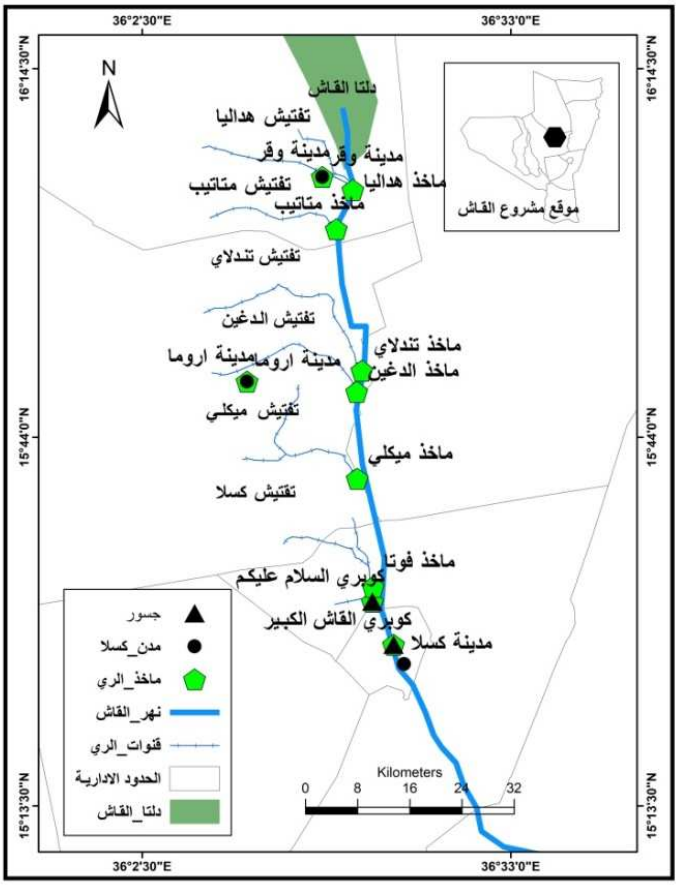
جدول (2) متوسط المساحات المنزرعة والإنتاج الزراعي في ولاية كسلا 2018–2021

المحصول	القطاع	المساحة المزروعة بالفدان	المساحة المنتجة بالفدان	%	الانتاج بالطن	%
الذرة	القطاع المطري الآلي	1500000	1500000	52.6	300000	30.2
	مشروع القاش	90000	90000	3.2	81000	8.2
	هيئة حلفا الجديدة	60345	60345	2.1	59700	6
	المطري التقليدي	500000	500000	17.5	250000	25.2
	كلهوت	8000	8000	0.3	5200	0.5
	ابو علقة	2000	–	–	–	–
السمسم	القطاع المطري الآلي	500000	500000	17.5	90000	9.1
الدخن	القطاع المطري الآلي	10000	10000	0.4	1800	0.2
الفول السوداني	هيئة حلفا الجديدة	52245	52245	1.8	94000	9.5
القطن	هيئة حلفا الجديدة	37355	37355	1.3	14942	1.5
القمح	هيئة حلفا الجديدة	86225	86275	3.1	93100	9.3
زهرة الشمس	هيئة حلفا الجديدة	3830	3830	0.3	3064	0.3
الاجمالي		2850000	2850000	100	992806	100

المصدر: مجمع من العرض الاقتصادي لولاية كسلا، 2018. العرض الاقتصادي لولاية كسلا، 2022.

– الخاصية الخامسة: دراسة حالة لمشروع القاش الزراعي – نموذج للزراعة الفيضية

أنشئ مشروع الري الفيضي في القاش عام 1924 علي مساحة 100 ألف هكتار وهي منطقة مجهزة بمنشأت الري حيث يتم زراعتها كل ثلاث سنوات دورة ثلاثية أو كل سنتين دورة ثنائية بحيث يتم ري 33 ألف هكتار أو 50 ألف هكتار علي التوالي. تروي بالمياه من خور القاش بمتوسط فترة فيضان 70 يوما تحول المياه خلال 7 قنوات رئيسية و13 قناة فرعية متضمنة 6 بلوكات داخل مشروع القاش. يزرع كل مستأجر 4.2 هكتار قطن كمحصول نقدي و0.42 هكتار ذرة رفيعة للاكتفاء الذاتي من الغذاء.



شكل (4) مخطط نظام الري الفيضي بمشروع القاش الزراعي عام 2023

المصدر: الباحثان اعتمادا علي المرئيات الفضائية 2023 و Ghebreamlak et al ,2018:7

وقد كان المشروع يعمل بشكل جيد حتي بداية السبعينيات من القرن الماضي. ومنذ بداية السبعينيات أخذ أداء المشروع في التدهور. وقد تزامن ذلك مع موجات الجفاف والحروب الأهلية في السودان، وزيادة عدد اللاجئين الذي أدي إلي تضاعف عدد المستفيدين من المشروع أربعة أضعاف. وفي نفس الوقت تراجعت المساحة المستزرعة بنسبة 50% بسبب تدهور البنية الأساسية للري.

وفي ظل هذه الظروف، دعم الصندوق الدولي للتنمية الزراعية (الإيفاد) برنامجا لإعادة تأهيل مشروع القاش الفيضي عام 2003. وكانت نتائج هذا المشروع هي إعادة تأهيل نظام جديد للري الذي سيضمن زراعة 120 ألف فدان سنويا وسيتم تشغيلها علي

أساس الدورة الثنائية مع تسجيل 40 ألف مستأجر نسبة 10% منهم أسر تعيلها نساء مع حيازة 3 أفدنة من المساحة المزروعة سنويا. وقد بلغت التكلفة الإجمالية للمشروع 39 مليون دولار (IFAD, 2004:4).

ويعد خور القاش نهر موسمي يحمل المياه فقط خلال فصل المطر من يوليو إلي سبتمبر ويجف باقي شهور السنة، علاوة علي ذلك يقع الجزء الأكبر من الحوض في الإقليم شبه الجاف. حوض القاش تتقاسمه السودان وأثيوبيا وإريتريا، تعرف منابعه في إريتريا بمأرب وتتميز بالانحدار الشديد. وتتراوح طبوغرافية الخور ما بين 53م عند المصب و3259م في منابعه العليا فوق مستوي سطح البحر. ويبلغ طول الخور 121كم. وقد سجل أقصي تدفق للخور عام 1983 ب 1430 مليون م3، بينما سجل أدني تصريف عام 1921 ب 140 مليون م3. في حين بلغ متوسط حجم التصريف عند محطة الجيرة في منابعه العليا ومحطة السلام عليكم عند مصبه 1056 مليون م3 و587 مليون م3 علي التوالي (Amarnath, et al ,2018:61-63).

ومشروع دلتا القاش الفيضي عبارة عن واحة في منطقة صحراوية تتراوح نسبة الرطوبة ما بين 20 -50% ومعدل التساقط السنوي ما بين 180 -280ملم من هداليا شمالا إلي مدينة كسلا جنوبا، ويتراوح متوسط درجة الحرارة ما بين 26 في الشتاء و42 في الصيف. ويتكون مشروع القاش الفيضي من 6 بلوكات (تفاتيش) تضم: تفاتيش كسلا ومكلي ودقين وتندلاي ومتاتيب وهداليا. كل بلوك أو تفتيش من البلوكات مقسم إلي عدد من وحدات الري تسمي المسقي misga. تتراوح مساحة التفتيش ما بين 3 ألاف هكتار و6 ألاف هكتار(Ghebreamlak, et al, 2018:18) شكل (4).

شهد موسم 2021 نقصا وتذبذبا في هطول الأمطار من منطقة إلى أخرى بالإضافة إلى الصبنات(فترة إنقطاع الأمطار لفترة زمنية محددة) التى صاحبت الموسم، مما أدى إلى تأخير مواعيد الزراعة فى معظم المناطق وإعادة الزراعة فى مناطق متعددة. وكانت عمليات التحضير بالمشروع ضعيفة جدا حيث بلغت نسبة تطهير القنوات 15 % فقط من المتوقع. كما أن جريان القاش فى العام السابق كان 62 يوم ومعدل التصريف 935.5 مليون م3 بالمقارنة مع موسم2021. إذ كانت عدد أيام الجريان 53

يوم ومعدل التفريغ 469.24 مليون متر مكعب. الأمر الذي أدى إلى نقص المساحات المروية حيث كانت 46ألف فدان فى الموسم السابق بينما وصلت في الموسم المذكور إلي 24809 فدان. وبشكل عام في ولاية كسلا، تناقصت المساحات المروية حيث كانت 2.539.370 فدان فى موسم 2020 وتراجعت في الموسم اللاحق إلي 2.274.868 فدان (العرض الاقتصادي، 2022، 136).

علاوة علي ذلك، تعرض محصول الذرة فى المشاريع المتاخمة للحدود الإريترية لآفة الطير(الزرزور). وإصابة بعض مساحات السمسم للعنتد فى سواتيب، ونقص فى مبيدات مكافحة الكعوك. كما شهد هذا الموسم إرتفاع فى تكلفة الزراعة، أدى إلى إحجام بعض المزارعين عن تكرار الزراعة(رفع الدعم عن الجازولين). كل هذه العوامل مجتمعة أدت إلى نقص المساحات المزروعة والمنتجة. وبالتالى نقص إنتاجية محصول الذرة فى القطاع المطرى (العرض الاقتصادي، 2022، 137).

ولذلك، ، يختلف إنتاج الكتلة الحية من مزرعة لأخري. ففي مشروع القاش الزراعي علي سبيل المثال، حققت مزرعة 16 ألف كجم للهكتار كتلة حية، بينما أنتجت مزرعة أخري 5 ألف كجم للهكتار كتلة حية؛ وذلك بسبب إختلاف الظروف والممارسات الزراعية أثناء الموسم لكل مزرعة (Amarnath et al, 2018: 63). الأمر الذي يتطلب ضرورة توعية المزارعين بأهمية إنتاج الكتلة الحية والحفاظ عليها وإدراك أنها ستدر عائدا مجزيا لهم.

مستقبلا، سيحظي مشروع القاش أو دلتا القاش بامكانات كبيرة للتوسع الزراعي الأفقي في أراض خصبة تتعدي مساحتها 750 ألف فدان، لا يزرع منها سنويا سوي 50 ألف فدان علي الأكثر، في حين بلغت مساحة دلتا القاش فقط 400 ألف فدان يزرع معظمها بأشجار المسكيت التي تستخدم كحواجز لمكافحة التصحر رغم ضررها علي التربة والمياه، وتستخدم في أغراض الوقود وثمارها تستخدم علفا للحيوانات، وتستغل في بناء المنازل الريفية والأسوار وحظائر الحيوانات. ويضم هذا المشروع أيضا مشروع كلهوت وجناين القاش (نتائج الدراسة الميدانية، نوفمبر وديسمبر 2023).

الخاصية السادسة: تتمتع الولاية بثروة حيوانية ذات امكانات كبيرة للكتلة الحية

تعبر ولاية كسلا من الولايات الغنية بالثروة الحيوانية والمراعى الطبيعية، ويمثل الرعى وتربية وتسمين الحيوان أهم المناشط الاقتصادية حيث يحتل النشاط المرتبة الثانية في النشاط الاقتصادى بالولاية ويمارس نحو 70 % من السكان أنشطة معيشية تتعلق بالحيوان ، كما تمثل الثروة الحيوانية ميزة نسبية للولاية لعدة اعتبارات تتمثل فى النوعية الممتازة من أبقار البطانة والايرشاى والتى تحتل المرتبة الثانية والثالثة من حيث إنتاج الألبان فى السودان بعد أبقار كنانة ، كما يعتبر ضأن القاش والبطانة والدباسي والضأن البلدي من أجود أنواع الضأن، وهي الولاية الأولى فى السودان فى تربية وتصدير إبل السباق مثل الأصهب والبشاري والعربي(العرض الاقتصادي لولاية كسلا، 2022: 151).

وتمارس القبائل الرعوية الحركة التقليدية بين المخارف والمصايف وفق مسارات محددة بين الشمال والجنوب. وتمثل المخارف مناطق ملائمة للرعي خلال فصل المطر وتمتد الرحلة حتي البطانة وجنوب القضارف. وتبدأ الحركة العكسية في أكتوبر حيث ترعي الحيوانات علي الحشائش الموجودة حول القري ومخلفات المحاصيل الزراعية، وتعتمد الإبل علي نباتات نهر عطبرة وأراض الكرب حيث توجد أشجار السنط والسمر والسيال والهجليج. بينما تمتد فترة الفجوة العلفية بالولاية إلي ما بين شهر مايو حتي شهر يوليو من كل عام (عبد الجليل، 2015: 258).

وتقدر مساحة أراضي المراعي الطبيعية بالولاية بحوالي 6 مليون فدان، توزع علي مناخين شبه صحراوي و سفانا فقيرة، تغلب عليها نباتات الحوليات و النجيلة التي تشكل 90 % من احتياجات الثروة الحيوانية . وبلغ متوسط حجم الثروة الحيوانية في الولاية 1.3 مليون رأس من الإبل و0.8 مليون رأس من الماشية والضأن3.7 مليون رأس والماعز2.4 مليون رأس خلال الفترة 2016–2021 جدول (3)، إضافة إلى 360594 من الثروة الداجنة و 617.16 طن من الأسماك.

جدول (3) متوسط رؤوس الثروة الحيوانية في ولاية كسلا حسب المحليات خلال الفترة 2016-2021

المحلية	الإبل	الأبقار	الماعز	الضأن
مدينة كسلا	81347.67	78858.67	51690.67	75267
ريفى كسلا	460975.7	45999.33	282845.3	225801
غرب كسلا	216928.7	6570.333	266812	451602.7
ريفى حلفا	39689.67	97634.33	98640	409628
ريفى عطبرة	158761.7	14664	394560	614440.7
ريفى القربة	69799.67	123921.3	243043.3	238525.3
ود الحليو	104700.7	103247.7	243043.3	954110.7
ريفى اروما	92258	111564.7	184665.7	273804.3
شمال الدلتا	46267.5	140813.7	234744.3	182481.3
تلكوك	36951	74398	217671	193072
همشكوريب	45164	32094.67	266042.7	128713.7
الجملة	1310050	813630.7	2455583	3747367

المصدر: من حساب الباحثان اعتمادا علي وزارة الثروة الحيوانية والسمكية2016، 2018، والعرض الاقتصادي، 2022

الخاصية السابعة: التصنيع الزراعي – مصنع سكر حلفا الجديدة أهم مصادر الكتلة الحية

يقع مصنع سكر حلفا الجديدة في منطقة سهل البطانة علي الضفة الغربية لنهر عطبرة بمحلية عطبرة علي بعد 17 كم شمال مدينة حلفا الجديدة. بدأ العمل في إنشاء المصنع عام 1963 وبدأ الإنتاج الفعلي عام 1966 بتكلفة 8 مليون جنية سوداني وبتنفيذ شركة ألمانية. تتكون البنية الأساسية لمصنع السكر، من مزرعة لإنتاج قصب السكر علي مساحة 39 ألف فدان يزرع سنويا ما بين 20 –24 ألف فدان لإنتاج 600 ألف طن من القصب في المتوسط السنوي مقسمة إلي 8 تفاتيش زراعية تتراوح مساحة كل تفتيش ما بين 4 ألاف – 5 ألاف فدان، تساعد وتسهل هذه التفاتيش في مهمة

الأشراف والرقابة. وتنتج أنواعا جيدة من القصب أهمها co527, co6806, B7938. تروي إنسيابيا من خزان خشم القربة خلال ترعتين رئيسيتين تتفرع إلي 13 ترعة فرعية بمعدل 500 م3 مياه للفدان خلال 11-13 شهرا. يضاف إلي ذلك معمل استخلاص السكر ومعمل ووحدة تكرير السكر الأبيض. يستوعب المصنع 1361 من العمالة الدائمة ونحو 2569 من العمالة الموسمية (عبد الرحيم، 2004، 54- 74). وأنشأت شركة السكر السودانية وحدة لإنتاج الأعلاف بالمصنع عام 1994 بطاقة 20 طن يوميا، وأدخلت عليها تحسينات لرفع طاقتها إلي 30 طن يوما بغرض تلبية احتياجات المزارع من الأعلاف وتسويق الفائض الذي لا يتعدي ما بين 10 -25 % (فضل المولي، 2022: 95).

وبلغت الطاقة التصميمة لمصنع سكر حلفا الجديدة 75 ألف طن سنويا، بطاقة تصميمية 5 ألاف طن قصب يوميا لمدة تتروح ما بين 180 -200 يوم عمل في الموسم. وصل الإنتاج السنوي من السكر 37 ألف طن عام 2020 تراجع إلي 15.4 ألف طن عام 2021 . ويشكل الإنتاج عام 2021 نسبة 5% من إجمالي إنتاج السكر في السودان، والنسبة الكبيرة من نصيب مصنع كنانة 83%. ويعود هذا الانخفاض الحاد في الإنتاج إلي ارتفاع تكاليف الإنتاج والإنقطاع المستمر للتيار الكهربائي، كما يسهم تدني أسعار السكر المستورد في تراجع حجم الإنتاج المحلي (بنك السودان المركزي، 2022، 177-178). علي الرغم من ذلك، إلا أنه بلغ متوسط إنتاج المصنع نحو 60.2 ألف طن خلال الفترة من 2010 -2020.

وتهدف خطط تطوير مصانع السكر في السودان التابعة لشركة السكر السودانية إلي التوسع الأفقي لمصنع سكر حلفا الجديدة بإضافة 18500 فدان ليتضاعف الإنتاج حتي يصل إلي 112 ألف طن من السكر، لكن المشروع ينتظر التمويل (فضل المولي، 2021: 98).

ثالثا: المحددات الجغرافية لتقييم الكتلة الحية في ولاية كسلا

يتطلب تحليل موارد الكتلة الحية والطاقة الحيوية، تقييم دقيق للموارد الطبيعية في الولاية والتي تتضمن المحددات الجغرافية التالية:

1-نظم حيازة الأرض الزراعية

بشكل عام، يتسم حجم الحيازة في ولاية كسلا بصغر حجمها التي تتراوح ما بين 1-5 أفدنة و 5-10 أفدنة؛ وذلك بسبب تفتيت الحيازة للورثة وسيطرة بعض القبائل علي الأراضي المتاخمة لقراهم، إلي جانب صعوبة إجراءات التصديق للأراضي غير المستغلة في نظم الزراعة المروية والفيضية (خوجلي ومحمود، 2021: 240). أما نظم الزراعة المطرية التقليدية كما في مناطق الوديان والتروس، فتخضع للنظام القبلي أي تمتلك قبيلة من القبائل أراضي وادي من الأودية، وقد أثرت الملكية القبلية بالسلب علي الزراعة في هذه المناطق بسبب تأخر مواعيد الزراعة، مما يعرض الموسم الزراعي للفشل. كما أنها تحد من فرص الاستثمار. وتتمثل وحدة قياس الأراضي الزراعية في مناطق الزراعة المطرية التقليدية في وحدة الجدعة، وهي تعادل 5 أفدنة، تتراوح الحيازات ما بين 30 جدعة إلي 200 جدعة. كما أن هناك تباين في مساحات الحيازات بين القري بعضها البعض(عبد الجليل، 2012: 60-59).

وتقسم الأراضي الزراعية بمشروع حلفا الجديدة مثال لنظم الحيازة في المشروعات الزراعية المروية في ولاية كسلا حسب استغلالها إلى ثلاثة أقسام رئيسة :

أ- أراضي الأملاك وهي الأراضي التي ملكت للحلفاويين المهجرين من وادي حلفا تعويضاً لهم عن أراضيهم الزراعية التي غمرتها مياه السد العالي حيث يملك كل مزارع ضعف المساحة التي كان يملكها . تبلغ جملة أراضي الأملاك 24 ألف فدان تتوزع بين قرى إسكان الحلفاويين البالغ عددها 25 قرية تزرع هذه الأراضي خضر وفاكهة وأعلاف ومحاصيل بقولية.

ب- أراضي موزعة علي المزارعين لزراعتها وفق الدورة الزراعية المقررة بالمشروع وبشروط خاصة تؤدي مخالفتها لنزع الأرض وإعادة توزيعها لمزارعين جدد. ويعطي كل مزارع 15 فداناً لزراعتها في دورة ثلاثية (قطن، فول سوداني، ذرة رفيعة) لسكان المنطقة الأصليين (العرب)، و(قطن، فول سوداني، قمح) للحلفاويين، تبلغ مساحة هذه الأراضي 366825 فدان .

ج-أراضي مقام عليها مزارع الدولة، وتتم فلاحتها بالعمال المستأجرين، وتشمل أراضي مشروع سكر حلفا الجديدة والبالغ مساحتها 40 ألف فدان. ومشاتل مزارع وخضراوات وجناين فاكهة تستثمرها إدارة البساتين بهيئة حلفا الجديدة الزراعية ومساحتها 900 فدان. وأراضي إستثمارية وزعت للعاملين بالهيئة والمواطنين تقدر مساحتها بـ 9800 فدان. وخصصت 800 فدان للأبحاث الزراعية المرتبطة بالمحاصيل المختلفة بالمنطقة. وخصصت مساحة 5000 فدان لزراعتها بالغابات (هيئة حلفا الجديدة الزراعية،إدارة التخطيط والبحوث الاقتصادية، 2022).

وبناء علي ذلك، تشكل نوعية الحيازة القائمة علي القبلية تحديا كبيرا أمام مشروع المصفاة الحيوية في ولاية كسلا. كما أن تفتيت الحيازة يمثل عائقا أخر، لكن يمكن أن تكون المؤسسات الزراعية المعنية مخرجا لهذه التحديات من خلال إعادة هيكلة البنية التنظيمية للمشروعات الزراعية بما يحقق المنفعة العامة للمزارعين وأصحاب المصالح في المشروعات الجديدة.

2-نوع النباتات الطبيعية

إن الإمتداد العرضي لولاية كسلا في أراضي السودان شبه الجافة ، واختلاف الظروف المناخية بها خاصة بالنسبة لكميات الأمطار وتوزيعها ، بالإضافة إلى التباين في طبوغرافية المنطقة وفي التربات السائدة إلى جانب وجود نهر عطبرة والأودية الموسمية ، انعكست جميعاً على البيئات الأيكولوجية للمنطقة. وتبع ذلك اختلاف في النباتات الطبيعية من حيث الكم والنوع والتوزيع . ولذلك تضم ولاية كسلا البيئات الأيكولوجية النباتية الأتية شكل (هـ 9) (نقطة النمذجة المكانية):

أ- إقليم حشائش الصحراء علي الرمل

يشغل أقصى شمال ولاية كسلا حيث تسود التربة الرملية ، والتي ينتشر فيها نبات التمامPanicumturgidum وهو نبات دائم ، يساعد على تثبيت التربة ، كما أنه يوفر مراع جيدة للإبل خاصة في فترات الجفاف. الأشجار في هذا الإقليم قصيرة ومتفرقة، وأهمها السمر A.tortilis، السلم A.radiana، المرخ Leptadeniapyrotechica، الطندب Capparisdecidua، والسرح MaeruaCrassifolia.

ب- إقليم حشائش شبه الصحراء على الأراضي الطينية

يوجد هذا الإقليم في وسط الولاية، حيث تسود التربة الطينية والمزجية (الغرينية) ، وتنمو هنا الحشائش القصيرة وأهمها : الغباش Guieerasenegalensis ، والأعشاب وأهمها البغيل Blephanspersica ، أما الأشجار والشوكيات فهي قليلة ، وأهمها الكتر A.mellifera ، واللعوت A. nubica . وقد أزيلت معظم هذه الأشجار بسبب التوسع الزراعي والرعي الجائر والإحتطاب.

ج- إقليم أشجار الكتر

يحتل الأجزاء الجنوبية من الولاية، والنوع السائد من الأشجار فيه هو الكتر A.mellifera إلى جانب وجود بعض أشجار اللعوت A. nubica ، الهجليج Balanitesaegyptiaca ، والطلح A.seyal، كما تنمو حشائش النال Cymbopogonnervatus ، التبر IpomeaCordofana ، في الأطراف الشمالية. ويمثل هذا الإقليم أحد مناطق الرعي المهمة بالولاية.

د- إقليم الحشائش الجافة على الأراضي الطينية :

يغطي شريطاً ضيقاً في أقصى جنوب الولاية حيث تزداد كمية الأمطار هنا عن المناطق الشمالية، وتسود التربة الطينية المتشققة وتنمو فيه الحشائش الطويلة وأهمها النالCymbopogennervatus، السحا Balanitesedulis، التبر Ipomea Cordofana، القو Funiculata، الريحان Ocimumbacilicum، أم سكينة Setariaspp. كذلك توجد أشجار الكتA.mellifera، اللعوت A. nobica، وبعض الأشجار المتفرقة من الطلح A. seyal، الهجليج Balanitesaegyptiaca. وقد أزيلت غالبية هذه الأشجار بسبب استخدامها كمواد بناء للمسكن أو كحطب للوقود.

هـ - إقليم نباتات نهر عطبرة وأراضي الكرب

يمثل هذا الإقليم شريطاً نباتياً ضيقاً ، يمتد على طول نهر عطبرة ويشغل معظمه أراضي الكرب المتموجة، والتي تمتد عرضياً لمسافة تتراوح بين 1- 5 كيلو متراً على الضفة الغربية لنهر عطبرة. وتتميز الأجزاء الوسطي والدنيا منه بوجود أشجار السلم A.Flave ، الطلح A. seyal ، وبعض أشجار الهجليج Balanitesaegyptiaca ،

السمر A. tortilis ، والعشر Calotropis ، كما يتسم الجزء الأعلى منه بوجود غطاء شجري كثيف ، وأهم أشجاره الدوم Hyphaenethebaica ، السنط A.nilotica ، الطلح A. seyal ، السمر A.tortilis ، السيال A.traddiana ،الهجليج Balanitesaegyptiaca ، كذلك تنمو بعض النباتات الحولية مثل السعدة Cyperusrotundus ، والربعة Trianthemapentandra (العرض الاقتصادي، 2022: 9-10).

و- إقليم الغابات

تغطي الغابات نحو 7 % من المساحة الكلية للولاية، وهي غابات محجوزة أو تحت إجراءات الحجز. وتشغل مساحة 300 ألف فدان منها غابات محجوزة أو غابات نهرية بمساحة 50 ألف فدان تمتد علي طول النهر بطول 21كم وعرض 1كم. ويوجد في دلتا القاش ثلاثة أنواع من الغابات: غابات شمال ترعة ماقودا علي مساحة 10 ألاف فدان، وتتكون من أشجار الطرفة والمخيط والكرمت وتنمو فوق تربة اللبد. وغابات جنوب ترعة ماقودا علي مساحة 30 ألف فدان، وتضم أشجار السنط والطلح والهجليج، وتنتشر فوق تربة البادوبا. وغابات البالاقات تقع جنوب الترعة الرئيسية في أرض عرضها 300م، وتنمو علي جانبي قنوات الري، وتستغل كأحزمة واقية لقنوات الري من زحف الرمال (مبشر، 2022: 96-97).

وعليه، تتمتع ولاية كسلا بتنوع الغطاء النباتي وانتشاره في الولاية الذي يشكل مصدرا أساسيا من مصادر الحصول علي الكتلة الحية للمصفاة الحيوية المقترحة في الولاية.

3- خصائص تكوينات التربة

تختلف أنواع التربة في ولاية كسلا بإختلاف خصائصها المورفولوجية ، وتتفاوت التربة كذلك في مساحتها وإنتاجيتها التي تؤثر بشكل مباشر علي إنتاجية الكتلة الحية في الولاية ويمكن التمييز بين أربعة أنواع رئيسة:

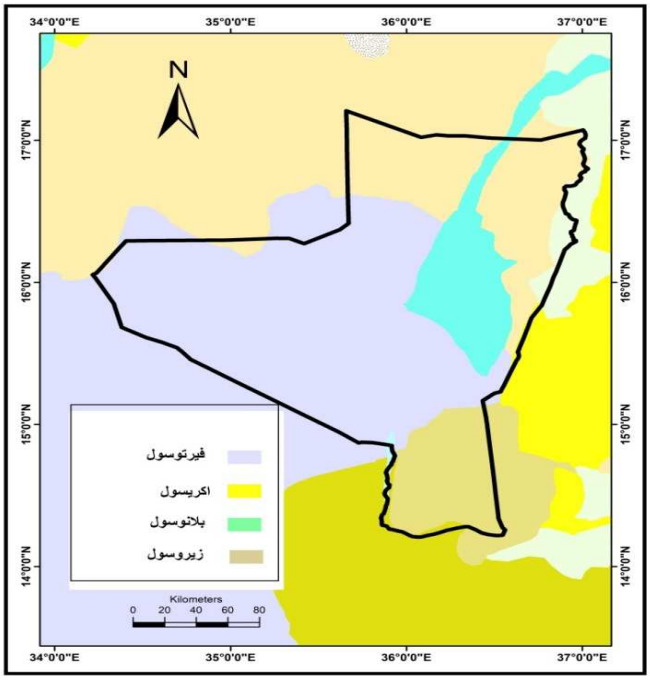
أ- تربة المناطق الجافة وشبه الجافة (اكريسول) :

توجد في شمال الولاية وهي تربة بنية ، رملية إلى مزجية (غرينية) تتميز بجفافها وتعرضها الشديد للتعرية بالرياح ، كما أنها شديدة التأثر بالملوحة والصودية فيما عدا

الطبقة السطحية شكل (5). وتنتشر تربة الجبال في المناطق الجبلية شمال شرق الولاية في همشكوريب وهي تربة فقيرة في معظم الأحيان غير صالحة للزراعة تشكل فيها مجاري الخيران الدنيا تركزا للنشاط الزراعي والرعوي (مبشر، 2022: 92).

ب- تربة السهول الطينية التكوينية (بلانوسول) :

تحتل الجزء الأكبر من منطقة الدراسة ، وهي تربة طينية متشققة ، ضعيفة الصرف والنفاذية ، وتتراوح نسبة الطين فيها بين50- 60 % وتزيد نسبة التشقق من الشمال إلى الجنوب ، مع إرتفاع كمية الأمطار وتعرف هذه التربة محلياً باسم **البادوب في شمال دلتا القاش وتربة اللبد الخفيفة في جنوب الدلتا** وتستغل للزراعة المطرية وكذلك المروية في مشروع حلفا الجديدة الزراعي .



شكل (5) أنواع التربات في ولاية كسلا عام 2022

المصدر: FAO,2022

ج- تربة أراضي الكرب (زيروسول) :

وهي تربة متكسرة، رملية إلى مزجية مغطاة بالحصى وفي بعض المناطق رملية، ويغطي سطحها حبيبات الكالسيوم الرمادية ، وتعتبر شديدة الكلسية والملوحة، وتشغل

شريطا ضيقا علي طول نهر عطبرة، وقد تعرضت لعوامل التعرية الأخدودية بواسطة الأمطار. تغطي تربة السهول الإطمائية مساحات صغيرة حول نهر عطبرة لا يتعدى عرضها حوالى 100 متر وتتسع كلما اتجهنا شمالاً وهي تربة مزجية ، وذات لون بني غامق إلي رمادي غامق، تحتوي على نسبة عالية من الطمي، وهي غير متأثرة بالملوحة والصودية وتعتمد عليها زراعة الجروف على الضفة الغربية لنهر عطبرة.

وهناك **تربة رسوبيات الوديان (فيرتوسول)** التي تغطي الأودية الموسمية وسهولها الفيضية، وتربة المجاري المائية الدنيا في منطقة سهل البطانة لهذه الأودية، تربة طينية متشققة عالية الخصوبة والإنتاجية(العرض الاقتصادي، 2022: 8).

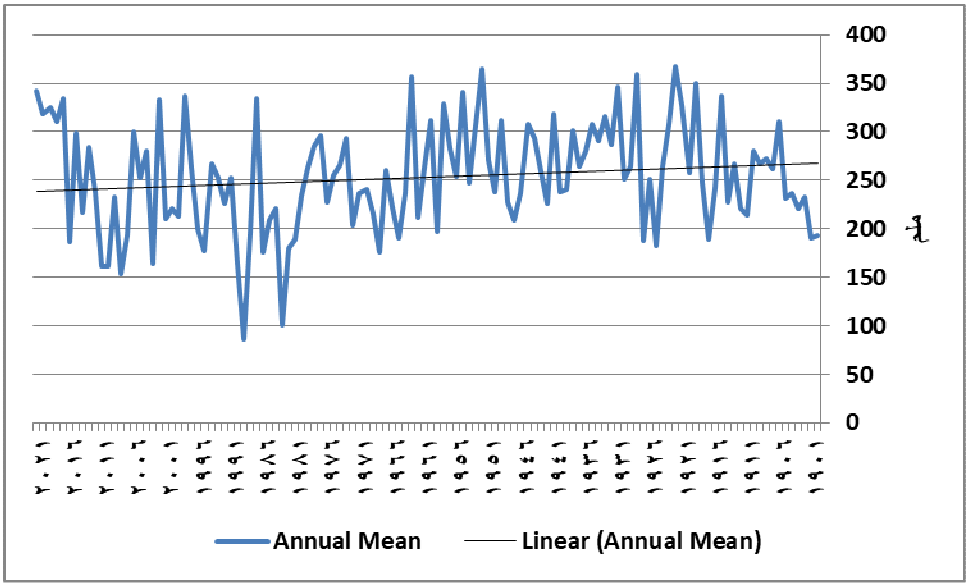
4- وفرة الموارد المائية

تتأثر موارد المياه في كسلا بطبوغرافية السطح وكمية الأمطار، كما أنها موارد مائية محدودة في الولاية وغير متجددة شكل (9) (نقطة النمذجة المكانية اللاحقة). وتتمثل موارد المياه في الأمطار والأنهار والمجاري الموسمية عطبرة والقاش والمياه الجوفية. وتعتمد التنمية الزراعية في القطاع المروي علي ما يوفره نهر عطبرة كأحد روافد نهر النيل من مياه الذي يعتبر مصدرا رئيسيا للمياه لأغراض الزراعة، بإيراد سنوي بلغ متوسطه 12 مليار م3.

وكذلك الخيران الصغيرة التي تنبع من إريتريا أو محليا حيث يوجد بها 20 خورا تتجمع فيها المياه التي تسقط عليها خلال موسم الأمطار في الفترة من يونيو إلي سبتمبر والتي تستغل في الزراعة وإنتاج الكتلة الحية والشرب. ويعتبر نهر القاش أهم مصادر الجريان السطحي الذي ينبع من إريتريا وتبلغ مساحة حوضه 21ألف كم2 وتبلغ كمية المياه المغذية للحوض الجوفي 10 مليارم3 سنويا وتتراوح فترة جريانه السنوي عند كسلا ما بين 63 –114 يوما (مبشر، 2022: 94).

علاوة علي ذلك، تتذبذب كميات الأمطار من موسم لأخر في ولاية كسلا خلال الفترة 1901 – 2021 باتجاه عام نحو تناقص كميات الأمطار خلال نفس الفترة حيث تناقصت كميات الأمطار من 275 ملم إلي 240 ملم شكل (6).

يضاف إلي ذلك، إعتماد الإنتاج في بعض المشروعات الزراعية علي المياه الجوفية التي تستخدم مصادر طاقة الكهرباء والجازولين مرتفعة التكاليف بغرض استغلالها، مما تزيد من إرتفاع تكاليف إنتاج المحاصيل. ويلاحظ تتذبذب تدفقات مياه خور القاش بسبب قيام إريتريا بإنشاء السدود الصغيرة لحصاد المياه علي أعالي الخور لري المحاصيل البستانية الخاصة بها. فضلا عن إرتفاع نسبة الأملاح في مياه كسلا الجوفية كما هو في سواقي خور شايقية علما بأن المحاصيل البستانية من المحاصيل الحساسة التي لا تتحمل زيادة الأملاح، فتضر بمكوناتها ضررا فسيولوجيا، مما ينتج عنه ضمور الثمار وليونتها وازدياد إسودادها (خوجلي ومحمود، 2021: 237-240).



شكل (6) التغير في كميات الأمطار في ولاية كسلا بالسودان خلال الفترة 1901-2022

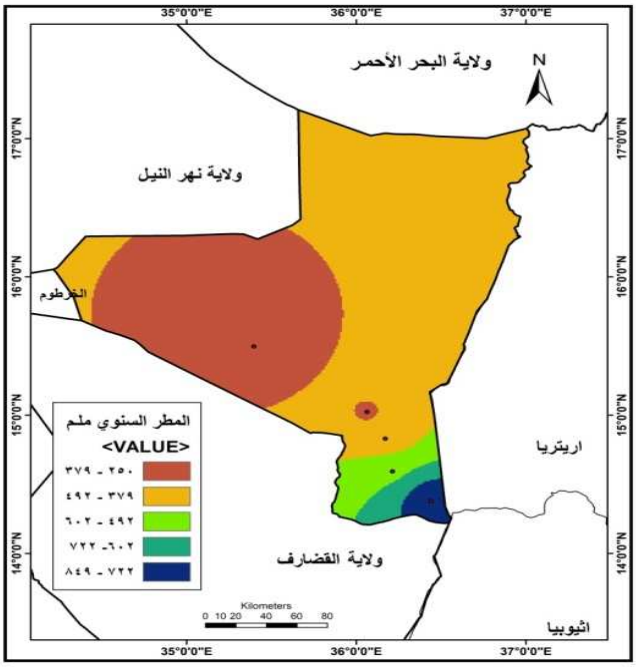
المصدر: اعداد الباحثان اعتمادا علي بيانات البنك الدولي:2022

5- الظروف المناخية

مناخ ولاية كسلا مناخ شبه مداري تسوده الرياح الشمالية الشرقية شتاءا والرياح الجنوبية الغربية خلال فصل الخريف. ويتراوح معدل الحرارة العظمي ما بين 33.5 – 44.5 درجة مئوية . في حين يتراوح معدل الحرارة الصغرى ما بين 16.8 – 26.2 درجة مئوية (العرض الاقتصادي، 2022: 11) .

بينما تتراوح معدلات الأمطار لعام 2022 ما بين 250 ملم شمال الولاية و 800 ملم في أقصي الجنوب الشرقي من الولاية شكل (7). وقد انعكس ارتفاع معدلات الأمطار في زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية والمراعي الطبيعية، وبالتالي زيادة إنتاجية الكتلة الحية.

ويمثل تذبذب كميات الأمطار من سنة لأخري ومن مكان لأخر في ولاية كسلا تحديا كبيرا لمدي توافر الكتلة الحية في الولاية، الأمر الذي قد يؤثر علي إنتاجية مشروعات المصفاة الحيوية. وبالتالي إذا لم يتم التعامل مع التحديات المناخية بجدية وعمل شبكة من الإنذار المبكر للمخاطر المناخية وشبكة من مستودعات تخزين الكتلة الحية قد تتوقف هذه المشروعات عن العمل في حالة حدوث موجات الجفاف.



شكل (7) التباين المكاني لمتوسط كميات التساقط السنوي في ولاية كسلا 2018–2022

المصدر :FAO,2022:43

6- الاستخدامات الحالية للكتلة الحية

تم رصد عدة استخدامات للكتلة الحية في ولاية كسلا، ولكن لا يتم استخدامها الإستخدام المناسب الذي ينتج منتجات عالية القيمة المضافة. إذ تستخدم الغابات

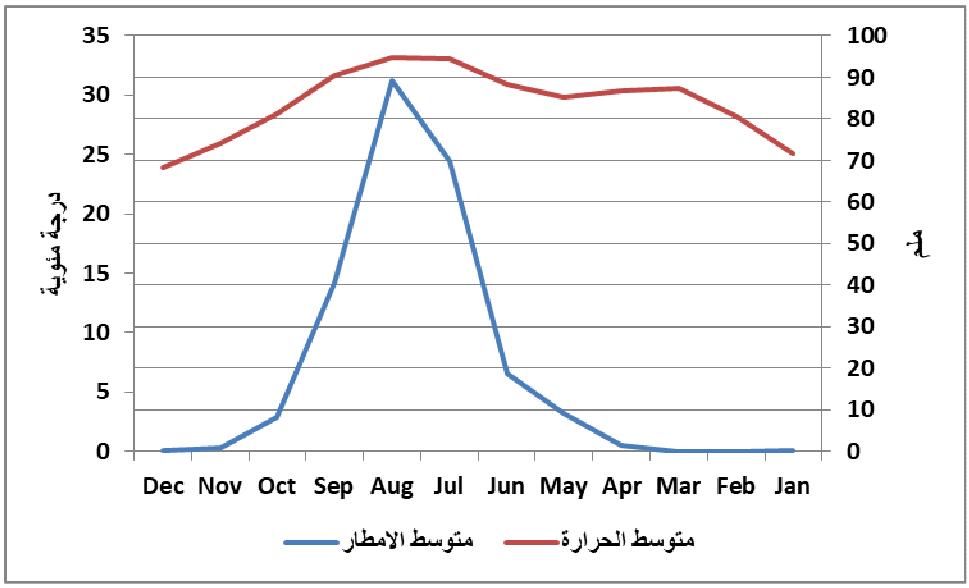
والأشجار التي توجد في جنوب الولاية وفي دلتا القاش وعلي طول نهر عطبرة في بناء المسكن وحطب الوقود وكأحزمة لمنع زحف الرمال علي طول قنوات الري في مشروعات الزراعة الفيضية والمروية. في حين تستخدم المخلفات الزراعية كعلف للحيوانات أو تترك في الأرض لمنع تعرضها للتعرية والإنجراف أو تحرق ولا يستفاد منها، كما بينت نتائج الدراسية الميدانية ونتائج الاستبيان في نوفمبر وديسمبر 2023. بينما تستخدم مخلفات الثروة الحيوانية في تسميد الأرض بالسماد الطبيعي أو كوقود أو تترك بلا استخدام وذلك وفقا لنتائج الدراسة الميدانية نوفمبر وديسمبر 2023. أما المخلفات الناتجة من مصنع سكر حلفا الجديدة فتستخدم كوقود في طبخ عصير القصب ومخلفات القصب يتم حرقها في المزراع. أما المولاس فلا يستخدم في إنتاج الإيثانول الحيوي بل يتم بيعه إلي مصانع الأعلاف بكميات صغيرة أو تصديره خاما بكميات كبيرة إلي الخارج (الدراسة الميدانية، نوفمبر وديسمبر 2023).

7-موسمية الإنتاج الزراعي

من المحددات الجغرافية المهمة للكتلة الحية في ولاية كسلا موسمية الإنتاج الزراعي والنباتي حيث توجد الموسمية في الزراعة المطرية الألية والتقليدية، والموسمية في الزراعة الفيضية في خور القاش، والموسمية وشبه الموسمية في الزراعة المروية في مشروع حلفا الجديدة؛ وذلك بسبب موسمية مياه نهر عطبرة وموسمية الأمطار خلال ثلاث شهور فقط تبدأ في يوليو حتي سبتمبر، في حين يسود بقية السنة الجفاف شكل (8).

لذلك فإن الري التكميلي ونظم الري الحديثة ومشروعات حصاد الأمطار، مستودعات التخزين ولوجستيات جمع ونقل الكتلة الحية وسهولة الحصول والوصول إلي الكتلة الحية من مشروعات الزراعة الألية في ولاية القضارف، تعتبر متغيرات مهمة قد تسهم في التخفيف من موسمية الإنتاج في ولاية كسلا. ولولا سدي خشم القربة وأعالي ستيت وعطبرة وعارضات خور القاش[1] لما قامت في ولاية كسلا زراعة في أكثر من موسم (الدراسة الميدانية خلال شهري نوفمبر وديسمبر 2023).

[1] ليست سدود ولكن بناء حجري يعترض مجري القاش من أجل توجيه تيار النهر وحفظ حركة المياه داخل مجراه لتقليل الفيضان يصل ارتفاعه الي 30م (الدراسة الميدانية نوفمبر وديسمبر 2023).



شكل (8) موسمية الأمطار والمتوسط الشهري لدرجة الحرارة في ولاية كسلا خلال الفترة 1990-2020

المصدر: إعداد الباحثان اعتمادا علي بيانات البنك الدولي:2023

رابعا: تقييم وقياس امكانات الكتلة الحية والطاقة الحيوية من المخلفات الزراعية في ولاية كسلا

تصنف منظمة "الفاو" الوقود الحيوي Biofuels إلي ثلاث فئات: **الفئة الأولي وقود الأخشاب** الوقود الصلب مثل الخشب المنشور والرقائق والفحم النباتي، والوقود السائل مثل السائل الأسود والميثانول وزيت pyrolytic، والوقود الغازي من خلال تغويز أنماط الوقود السابقة. **الفئة الثانية هي الوقود الزراعي** الذي ينتج عن محاصيل الوقود والمخلفات الزراعية ونفايات الحيوانات ومخلفات الصناعات الزراعية، منها الوقود الصلب مثل الأحطاب والتبن والبقاس والفحم النباتي والقشور، والوقود السائل مثل الإيثانول والميثانول والزيوت النباتية وزيوتdiester. **والفئة الثالثة هي الوقود القائم علي المخلفات البلدية** مثل المخلفات الصلبة البلدية ، والحمأة السائلة الناتجة عن الصرف الصحي، وغازات المدافن وغازات الحمأة (Rosillo-Calle, et al 2007:12,). ويمكن تصنيف الكتلة الحيوية Biomass إلي نوعين كبيرين: كتلة

حيوية خشبية (الكتلة الحيوية اللجنوسليلوزية) وكتلة حيوية غير خشبية (الكتلة الحيوية غير اللجنوسليلوزية) متضمنة النباتات العشبية والخضروات الفاسدة وقمم بنجر السكر.

تكنولوجيات تحويل الكتلة الحيوية: هناك عدة طرق لتحويل الكتلة الحيوية إلي منتجات كيماوية حيوية عالية القيمة المضافة من أهمها: **طريقة التحويل الكيمائية الحرارية وطريقة التحويل الكيمائية البيولوجية**[1].

وبناء علي ذلك، يتم إنتاج عدد لا يحصى من الوقود القائم على الكتلة الحيوية والمواد الكيميائية والمركبات العضوية مثل الميثان والإيثان والبروبان، البيوتان، الإيثيلين، الميثانول، الإيثانول، البيوتانول، ثنائي ميثيل الأثير، الأمونيا، حمض الأسيتيك، الفورمالديهايد، البنزين، الديزل، وإنتاج الشمع والبارافين ووقود الطائرات الحيوية وغيرها

[1] طريقة التحويل الكيمائية الحرارية

من الناحية الكيميائية الحرارية، هناك تقنيات متنوعة بما في ذلك طريقة الإحتراق المباشرة direct Combustion ، التوريف torrefaction – تستخدم العملية الأخيرة لتطوير الكتلة الحيوية الصلبة لإنتاج منتج محترق يستخدم لاحقًا كبديل مناسب للفحم ، وعملية التسييل الحراري المائي hydrothermal liquefaction ، الانحلال الحراري pyrolysis والتغويز gasification هذه العمليات يتم تنفيذها لإنتاج الوقود السائل من الكتلة الحيوية.

وتصنف العمليات الحرارية أيضًا وفقا لمستويات الحرارة إلى درجات حرارة منخفضة، والتي تعمل عادةً عند درجة حرارة أقل من 300 درجة مئوية، مثل التوريف، الكربنة الحرارية المائية. و عمليات تتسم بارتفاع درجة الحرارة التي تعمل عند درجة حرارة أكبر من 300 درجة مئوية، مثل التغويز والاحتراق وطرق تحويل الكتلة الحيوية بالانحلال الحراري.

طريقة التحويل الكيمائية البيولوجية

هناك عدة مسارات للتحويل البيوكيميائية مثل الهضم اللاهوائي naerobic digestion والتخمير fermentation التي يمكن أن تستخدم لتوليد مختلف الوقود الحيوي من الكتلة الحيوية للنفايات. طرق التحويل من خلال الكيمياء الحيوية لها مزايا عديدة، بما في ذلك انتقائية عالية للمنتج وإنتاجية عالية ومرونة ليتم تشغيلها في درجة الحرارة وظروف الضغط المحيطة. ويتم إنتاج الإيثانول والهيدروجين الحيوي من الكتلة الحيوية المتخمرة عن طريق التخمير الكحولي والتخمر الداكن/الطرق البيولوجية الضوئية، على التوالي، في حين يمكن إنتاج الغاز الحيوي بواسطة التخمر اللاهوائي .

من الطاقة الحيوية المختلفة بالطرق السائلة. وهي في الوقت الحاضر متوفرة في الأسواق في كثير من دول العالم (Osman, et al ,2021: 4077- 4087).

علاوة علي ذلك، تلعب **المحفزات** دورا رئيسيا في تقليل تكاليف الإنتاج وتحسين كفاءة التفاعلات الكيمائية، وبالتالي النهوض بالمجتمع. وقد قطعت المحفزات البيئية خطوات ملحوظة في القضاء علي الملوثات وإنتاج الطاقة والمواد. هذه المحفزات مشتقة من النفايات أو مواد فعالة تقلل من النفايات وتعزز الاقتصاد الدائري. ومن المحفزات البيئية المحفزات البيولوجية Bio–Catalysis وهي تضم الكائنات الدقيقة مثل الطالحب والفطريات والبكتريا. وتتمحور الاهتمامات الحديثة حول الإنزيمات الميكروبية المحللة للدهونMicrobial lipolytic Enzymes بسبب قدرتها علي تحفيز تفاعلات التحول البيولوجي التي تتضمن مركبات ذات روابط استر مثل تحويل النفايات إلي وقود حيوي ومنتجات ذات قيمة مضافة عالية مثل الأحماض الدهنية والجلسرين الأحادي والثنائي. يضاف إلي ذلك أنواع أخري من المخفزات مثل المحفزات الضوئية–Photo Catalysis، والمحفزات الكهربائيةElectro–Catalysis (Osman, et al ,2023:1320–1318).

- **طرق تقييم وقياس الكتلة الحية والطاقة الحيوية**

يتم تقييم وحساب الكتلة الحية من خلال مجموعة من المعادلات [1]هي: معادلة نسبة المخلفات إلي الإنتاج، امكانات الكتلة الحية، إنتاجية الكتلة الحية، كمية المخلفات

---

[1] – امكانات الكتلة الحية= الانتاج الزراعي * نسبة المخلفات إلي الإنتاج – إنتاجية الكتلة الحية = أقل إنتاجية + أعلي إنتاجية / 2 في أخر خمس سنوات كجم / م2

- كمية المخلفات المتروكة كعلف للحيوانات= عدد الحيوانات في الإقليم * كمية التبن لكل حيوان كجم/سنويا* نصيب الحيوانات من التبن.
- معدل الإزالة المستدامة= نسبة المخلفات المتروكة لحماية التربة أو المخلفات المفقودة إلي إجمالي المخلفات الزراعية.
- تقييم الطاقة المستخلصة من المخلفات الزراعية.

قيمة طاقة البيوجاز المستخلصة من المخلفات الزراعية ميجا جول= كمية المخلفات في الإقليم * إنتاجية الميثان لواحد كجم كتلة خام طازجة م3/كجم* قيمة الميثان منخفض الحرارة ميجا جول/م3 4): 2020 و(Lovrak, et al.

المتروكة كعلف للحيوانات، معدل الإزالة المستدامة، قيمة طاقة البيوجاز المستخلصة من المخلفات الزراعية ميجا جول.

بلغ إجمالي الكتلة الحية من المحاصيل في ولاية كسلا 2.1 مليون طن، يأتي نصف هذه الكتلة الحية من القطاع المطري الألي والمطري التقليدي ومن محصول الذرة علي وجه الخصوص. ويهيمن مشروع حلفا الجديدة علي باقي كميات الكتلة الحية في الولاية جدول (4).

بينما بلغ صافي الكتلة الحية بعد طرح الكتلة الحية التي تترك في الأرض أو الكتلة الحية التي تستخدم في كعلف للحيوانات نحو 600 ألف طن. وبتحويل الكتلة الحية إلي طاقة حيوية بلغ إجمالي الطاقة الحيوية الكامنة من المحاصيل الزراعية 36.8 مليون جيجا جول جدول (4).

جدول (4) تقييم متوسط الكتلة الحية التي تتمتع بسهولة الوصول والطاقة الحيوية من بقايا المحاصيل الزراعية في كسلا 2016-2021

المحصول	القطاع	الإنتاج بالطن	إجمالي المخلفات بالطن	إجمالي فائض المخلفات بالطن	الطاقة مليون جيجا جول
الذرة	القطاع المطري الآلي	300000	690000	180000	11.7
	مشروع القاش	81000	186300	48600	3.1
	هيئة حلفا الجديدة	59700	137310	35820	2.3
	المطري التقليدي	250000	575000	150000	9.8
	كلهوت	5200	11960	3120	0.204
	ابو علقة	–	–	–	–
السمسم	القطاع المطري الآلي	90000	108000	20700	1.52
الدخن	القطاع المطري الآلي	1800	2088	180	0.037
الفول السوداني	هيئة حلفا الجديدة	94000	216200	75200	3.6
القطن	هيئة حلفا الجديدة	14942	89652	22413	1.6
القمح	هيئة حلفا الجديدة	93100	167580	57722	2.8
زهرة الشمس	هيئة حلفا الجديدة	3064	9192	490	0.206
الاجمالي		992806	2193282	594245	36.86

المصدر: العرض الاقتصادي بولاية كسلا عام 2018، 2022 و Deka,et al,2023. قيم التحويل *الذرة* 2.3 طن مخلفات لكل طن انتاج و0.6 طن فائض والقيمة الحرارية 17.08 جيجاجول لكل طن. القمح 1.8 طن مخلفات لكل طن انتاج و 0.62 طن فائض والقيمة الحرارية 17.5 جيجاجول. الدخن 1.16 طن لكل طن انتاج و0.1 طن فائض والقيمة الحرارية 17.96 جيجاجول. زهرة الشمس 3 طن مخلفات لكل طن انتاج و0.16 طن فائض والقيمة الحرارية 22.46 جيجاجول لكل طن. السمسم 1.2 طن مخلفات لكل طن انتاج 0.230طن فائض والقيمة الحرارية 14.16 جيجاجول لكل طن. الفول السوداني 2.3 طن مخلفات لكل طن انتاج و0.8 طن فائض والقيمة الحرارية 16.67 جيجاجول لكل طن. القطن 6 طن مخلفات لكل طن انتاج 1.5 طن فائض والقيمة الحرارية 18 جيجاجول لكل طن.

قدر إجمالي الكتلة الحية من النفايات الحيوانية في ولاية كسلا 3.9 مليون طن سنويا معظم هذه الكتلة يأتي من الأبل والأبقار والأغنام والماعز علي التوالي. وتتركز هذه الكتلة الحية في محليات ريفي كسلا وود الحليو وغربي كسلا وريفي عطبرة وريفي أروما علي التوالي حيث تستحوذ هذه المحليات علي أكثر من نصف الكتلة الحية في الولاية خلال الفترة 2016-2021 جدول (5).

جدول (5) تقييم المتوسط السنوي الكتلة الحية المتاحة من نفايات الثروة الحيوانية في كسلا2016-2021

المحلية	الابل (طن)	الابقار(طن)	الماعز (طن)	الضأن (طن)	الاجمالي (طن)
مدينة كسلا	118625	86140	9125	13505	227395
ريفى كسلا	672695	50005	51465	40880	815045
غرب كسلا	316455	6935	48545	82125	454060
ريفى حلفا	57670	106580	17885	74460	256595
ريفى عطبرة	231775	15695	71905	112055	431430
ريفى القربة	101835	135415	44165	43435	324850
ود الحليو	152570	112785	44165	174105	483625
ريفى اروما	134685	121910	33580	49640	339815
شمال الدلتا	67525	154030	42705	33215	297475
تلكوك	53655	81395	39420	35040	209510
همشكوريب	65700	35040	48545	24090	173375
الجملة	1912600	890600	447855	683645	3934700

المصدر: من حساب الباحثان اعتمادا علي قيم التحويل من – Rosillo-Calle, F. et al, 2007,258 و Lovrak, et al, 2020:3. قيم التحويل: الإبل 4كجم كتلة حية يوميا،الابقار3كجم، الاغنام والماعز 0.5 كجم يوميا.

في حين قدرت الطاقة الكامنة من هذه النفايات بإجمالي 61.9 مليون جيجا جول خلال نفس الفترة الزمنية، تستحوذ الإبل علي معظم الطاقة الكامنة من النفايات

الحيوانية في الولاية حيث الطاقة الحيوية الكامنة منها تفوق نظيرتها من الأبقار والضان وأربعة أضعاف الطاقة الكامنة من الماعز جدول (6).

وقدر إجمالي الكتلة الحية من إنتاج البقاس (المصاص) من مصنع سكر حلفا الجديدة بنحو 250 ألف طن خلال الفترة من 2010 –2020 ، بينما بلغت الكتلة الحية من أوراق وبقايا قصب السكر في المزارع 1.5 مليون طن، في حين قدر إنتاج المولاص من المصنع 135 ألف طن خلال نفس الفترة جدول (7).

جدول (6) تقييم الطاقة الحيوية الكامنة السنوية من نفايات الثروة الحيوانية في ولاية كسلا2016–2021

المحلية	الإبل (مليون جيجا جول)	الأبقار (مليون جيجا جول)	الماعز (مليون جيجاجول)	الضأن (مليون جيجاجول)	الاجمالي (مليون جيجا جول)
مدينة كسلا	1.7	1.2	0.16	0.24	3.3
ريفى كسلا	10.02	0.75	0.91	0.72	12.4
غرب كسلا	4.7	0.1	0.86	1.46	7.12
ريفى حلفا	0.85	1.5	0.31	1.32	3.98
ريفى عطبرة	3.4	0.23	1.2	1.99	6.82
ريفى القربة	1.51	2	0.78	0.77	5.06
ود الحليو	2.2	1.69	0.78	3.09	7.76
ريفى اروما	2	1.8	0.59	0.88	5.27
شمال الدلتا	1	2.3	0.76	0.59	4.65
تلكوك	0.79	1.2	0.7	0.62	3.31
همشكوريب	0.97	0.52	0.86	0.42	2.77
الجملة	28.49	13.35	7.97	12.16	61.97

المصدر: من حساب الباحثان اعتمادا علي قيم التحويل من – Rosillo-Calle, F. et al, 2007,258 و Lovrak, et al, 2020:3 قيم التحويل الإبل 14.9 جيجاجول لكل طن والبقر 15 جيجاجول والإغنام والماعز 17.8 جيجا جول لكل طن.

الخلاصة، قدر إجمالي الكتلة الحية من المخلفات الزراعية والحيوانية والصناعية في الولاية 6.35 مليون طن سنويا موزعة كالأتي: 3.9 مليون طن مخلفات حيوانية و2.1 مليون طن مخلفات زراعية 385 ألف طن مخلفات صناعة السكر.

خامسا: النمذجة المكانية لتأسيس المصفاة الحيوية في ولاية كسلا وفقا للتحليل متعدد المعايير:

تتعدد وتتنوع المعايير التي تستخدم في تحديد أنسب المواقع والمواضع لتوطين المصفاة الحيوية في ولاية كسلا بالسودان وذلك علي النحو التالي جدول (8):

- **المعايير الاقتصادية**

1- مناطق إنتاج المخلفات الزراعية حيث يجب ألا تبعد المصفاة الحيوية عنها 80 كم كما هو واضح في(أ)، (ب)، (ج) ، (د) شكل (9).

2- الموقع المشترك مع مصنع للإيثانول Co-Location يوفر الموقع المشترك هذا تكاليف رأس المال الكبيرة في استغلال الغلايات والتوربينات الموجودة وتوفر تكاليف العمالة والمستودعات وتطوير الموقع والربط بالسكك الحديدية وصهاريج التخزين ونحو ذلك من التسهيلات والخدمات المتاحة (sharma, et al, 2017: 78). وتتمتع ولاية كسلا بوجود مصنع سكر حلفا الجديدة الذي يمكن أن يستخدم في إنتاج الإيثانول من المولاس أحد المنتجات الثانوية لصناعة السكر.

جدول (7) تقييم الكتلة الحية المتاحة والطاقة الحيوية الكامنة من مصنع سكر حلفا الجديدة خلال2010 -2020

السنة	إنتاج السكر (الف طن)	إنتاج البقاس (الف طن)	انتاج أوراق قصب السكر (الف طن)	إنتاج المولاس (الف طن)	إنتاج الايثانول (الف طن)	إنتاج الطاقة (جيجا جول)
2010	57.2	234	1430	128.7	27.4	731.58
2011	74.7	306	1867	168.07	35.8	955.86
2012	66	270.6	1650	148.5	31.6	843.72
2013	64	262.4	1600	144	30.7	819.69
2014	59.5	243.9	1487	133.8	28.56	762.55
2015	67.6	277.1	1690	152.1	32.44	866.14
2016	65	266.5	1625	146.25	31.2	833.04
2017	60	246	1500	135	28.8	768.96
2018	58.1	238.2	1452	130.7	27.88	742.26
2019	57.1	234.1	1427	128.4	27.40	731.58
2020	37	151.7	925	83.25	17.76	474.19
متوسط الفترة	60.2	301	1505	135.45	28.89	771.36

المصدر: من حساب الباحثان اعتمادا علي قيم التحويل من - Rosillo-Calle, F. et al, 2007,258

قيم التحويل طن السكر ينتج 4.1 طن بقاس و 25 طن أوراق ومخلفات القصب و2.25 طن مولاس و0.48طن إيثانول. القيمة الحرارية لطن الإيثانول 26.7 جيجاجول.

3- تحديد مواقع تجميع الكتلة الحية؛ لأن التوزيع الجغرافي للمخلفات الزراعية يتسم بالانتشار الكبير. ويتطلب ذلك تخطيط التسهيلات اللوجستية لجمع ونقل وتخزين المخلفات تخطيطا يحقق أقل التكاليف وفي أسرع وقت. وتتأثر مواقع تجميع المخلفات الزراعية بنوع وحجم الحيازات الزراعية. فكلما كان حجم الحيازة صغيرا، كلما كانت عملية تجميع المخلفات معقدة (Hiloidhari et al, 2017:220). يقترح أن تتوطن مستودعات ومخازن المواد الخام لحل مشكلة موسمية الإنتاج في مناطق الزراعة المطرية الألية بجنوب الولاية، ومناطق مشروع القاش في وسط الولاية، ومناطق مشروع حلفا الجديدة في غرب الولاية. ويجب أن يكون إقليم خدمة المصفاة الحيوية في دائرة نصف قطرها80 كم في المتوسط، و في بعض الكتابات والأدبيات تتراوح ما بين 40 -160 كم (Zheng, Y. & Qiu, F. 2020,6) كما في(و) شكل (9).

4- خريطة الغطاء الأرضي. يتنوع الغطاء الأرضي في ولاية كسلا- كما سبق ذكره- ما بين زراعة مطرية ألية وتقليدية وزراعة مروية وفيضية وري تكميلي ومناطق صحراوية ومجاري مائية موسمية الجريان (هـ) شكل (9).

5- خريطة الكتلة الحية لموسم المطر. يجب أن تتوطن المصفاة الحيوية بالقرب من مصادر الكتلة الحية بغرض تقليل التكاليف اللوجستية (Romero, et al , 2023:4) (ج) شكل (9).

6- خريطة الكتلة الحية لموسم الجفاف للتعرف علي مناطق موسمية الإنتاج الزراعي في الولاية (د) شكل (9).

- **المعايير الاجتماعية**

7- المدن والوحدات الإدارية. يجب ألا تبعد المصفاة الحيوية عنها بنحو 5كم حتي لا تؤثر تأثيرا سلبيا علي السكان، لكن يجب أن تبعد المصفاة الحيوية بمسافة مناسبة لأن المناطق الحضرية مصدر رئيس للقوي العاملة والمواد الخام والنفايات

التي تستخدم في إنتاج الوقود الحيوي والمنتجات الحيوية (Etzold, et al 2023:7,). يوجد في ولاية كسلا 7 مدن رئيسية يتركز بها 720 ألف نسمة تشكل 26.6% من إجمالي سكان الولاية عام 2021 ، أكبرهم مدينة كسلا التي تضم 457 ألف نسمة وتستحوذ علي 63.4% من إجمالي سكان المدن في الولاية، يليها مدينة حلفا الجديدة بواقع 97 ألف نسمة ثم مدينة القربة ومدينة مصنع السكر وود الحليو وأروما. وتأتي في الترتيب الأخير مدينة وقر (العرض الاقتصادي لولاية كسلا، 2022، 41).

8- القوي العاملة المتوفرة. اعتبر تشانغZhang وآخرون أن المواقع الموجودة في المدن أو القرى التي يبلغ عدد سكانها 1000 نسمة أو أكثر لضمان توافر القوى العاملة هي أنسب المواقع لتوطن المصفاة الحيوية. بينما حدد مارفنMarvin وآخرون أن المواقع الموجودة في البلدات أو المدن التي يتراوح عدد سكانها ما بين 10و50 ألف نسمة أنسب المواضع لتوطن المصفاة الحيوية(Zheng, Y. & Qiu, F. 2020,6). وعليه، بلغ إجمالي عدد سكان ولاية كسلا 2.7 مليون نسمة عام 2021. يتوزعون علي 11 محلية، تأتي مدينة كسلا في المرتبة الأولي بنسبة 16.7% من إجمالي سكان الولاية، يليها محلية تلكوك بنسبة 15.4% ، ثم همشكوريب يليها حلفا الجديدة وريفي كسلا ونهر عطبرة وريفي أروما وخشم القربة وشمال الدلتا وود الحليو وغربي كسلا علي الترتيب (العرض الاقتصادي لولاية كسلا عام 2022، 40) (أ) و(ب) شكل (10).

- **المعايير البيئية**

9- المحميات الطبيعية. توقيع الصناعة بالقرب من المحميات الطبيعية يجب أن يخضع لقانون المحميات الطبيعية والكود والقواعد المعمول بها في هذا الشأن حيث يجب أن تبعد عنها المصفاة الحيوية بنحو 5كم. ومن المحميات الطبيعية المقترحة في ولاية كسلا هي بحيرة سد خشم القربة علي مساحة 10ألاف هكتار التي تستخدم كمأوي أمن للطيور (UNEP,2007) (د) شكل (10).

10- مدافن النفايات. يمكن أن تستخدم مصادر النفايات في المصفاة الحيوية في إنتاج الغاز الحيوي BioGas. لذلك يجب أن لا تقل المسافة بين المصفاة الحيوية وموقع النفايات عن 1كم. لكن لا يوجد في ولاية كسلا مدافن للنفايات، الأمر الذي يفاقم المشكلات البيئية بالولاية. لذلك يقترح أن يوجد مدفن في كل محلية من محليات الولاية للتخفيف من تراكم المخلفات والنفايات (الدراسة الميدانية، نوفمبر 2023) (د شكل 12) صورة (8) وصورة (12) بالملحق .

11- مصانع معالجة النفايات. كذلك لا يوجد مصنع لمعالجة النفايات في الولاية. لذلك تقترح الدراسة مصنعا لمعالجة النفايات في مدينة كسلا ليكون مركزا لمعالجة النفايات البلدية من المدينة والمدن الأخري داخل الولاية (Piedrahita-Rodríguez et al.2023:4).

- **المعايير الطبيعية**

12- الأنهار. يجب ألا تبعد المصفاة الحيوية عنها بنحو 50 م ، وذلك لأن المصافي الحيوية من المنشأت التي تتطلب كميات كبيرة من المياه حيث تتطلب عملية الإعداد الميكانيكي للمواد الأولية من الكتلة الحية نحو 26.16 طن كل ساعة من المياه التي يمكن أن تخفض إلي 3.14 طن لكل ساعة. وذلك من خلال إعادة تدوير مياه عمليات تحفيز الميثان والمعالجة اللاهوائية (Etzold, et al ,2023:7). وتحظي ولاية كسلا بوجود أنهار عطبرة بروافده المتعددة والقاش ودلتاه ويمر بها روافد خور بركة الذي ينتهي بدلتاه إلي طوكر بولاية البحر الأحمر (د) شكل (9).

13- الإرتفاعات والإنحدارات. تفضل المصفاة الحيوية المناطق الأقل إنحدارا؛ لأنها تقلل تكاليف إنشاء المصفاة الحيوية وتقلل تكاليف القطع والردم والحفر ومنع التأكل والتعرية. لذلك فإن درجة الإنحدار أقل من 7 % تعتبر درجة مناسبة لإنشاء المصفاة الحيوية (sharma, et al, 2017: 78). بشكل عام، سطح الولاية عبارة عن هضبة مسطحة يتراوح ارتفاعها ما بين 300 – 600 م عدا الأطراف الشرقية التي تزيد عن 1000م لأنها جزء من الهضبة الحبشية.

وبالتالي الإنحدارات الموجودة في الولاية من النوع الهين المناسب (و) و (ز) شكل (9).

- **معايير البنية الأساسية والخدمات اللوجستية**

14- شبكة الطرق الرئيسية والثانوية من العوامل المهمة في سهولة نقل الخامات وإمكانية نقل وتسويق المنتجات. وسهولة الوصول إلي الكتلة الحية Accessibility حيث تتمتع ولاية كسلا بشبكة من الطرق المرصوفة (ج) شكل (9).

15- خطوط نقل الكهرباء. يفضل معمل التكرير الحيوي أن تكون المسافة بينه وبين خطوط نقل الكهرباء قليلة، لكي تقل تكاليف نقل الكهرباء في مسافة أقل من 0.5 كم (أ شكل 13).

16- محطات إنتاج وتوزيع الكهرباء. يفضل معمل التكرير الحيوي التركز بالقرب من محطات إنتاج وتوزيع الكهرباء للاستفادة من الكهرباء المولدة واللازمة في عمليات الإنتاج. بالتالي يجب ألا تزيد المسافة بينهما عن 0.5 كم. يقع في ولاية كسلا ثلاث محطات لتوليد الكهرباء هي: محطة سد خشم القربة بطاقة تصميمية 10 ميجا وإنتاج سنوي 15 جيجا، ولا زالت تنتج رغم فقد السد أكثر من نصف سعته التخزينية 54% من إجمالي السعة 1.3 مليارم3 ؛ بسبب الإطماء. ومحطة كهرباء سدي عطبرة وستيت علي نهر عطبرة بطاقة 320 ميجا، وخزان سعته 3.7 مليارم3. والمحطة الثالثة مرتبطة بمصنع سكر حلفا الجديدة بطاقة 6 ميجا وإنتاج سنوي 30 جيجا وات ساعة تغذي مصنع السكر ومدن العمال والمهندسين وبعض القري المحيطة بها (Rabah, et al, 2016:"5) (د) شكل (10). تستهلك المصفاة الحيوية 1.9 ميجاوات ساعة من الطاقة الكهربائية منها 36.3% في عملية تسييل الميثان و18.9% في العمليات الهيدروحرارية و16.3% لكل من عمليتي تحفيز الميثان والمعالجة اللاهوئية. بالإضافة إلي 11.9 ميجا وات ساعة لتوفير الهيدروجين من خلال التحليل الكهربائي القلوي(Etzold, et al ,2023:8). هذه الكميات من الطاقة الكهربائية ذاتية الإنتاج في المصفاة الحيوية.

- **حجم المصفاة الحيوية المقترحة**

يتراوح الحجم الأمثل للمصفاة الحيوية المقترح في الأدبيات ما بين 1814 – 9072 طن جاف يوميًا . واقترح كل من رايت وبراونWright and Brown أن يكون الحجم الأمثل للمصنع 4.3 مليون طن سنويا، وهو ما يعادل حوالي12,183 طنًا يوميًا، مع 350 يوم عمل. وأشار ليبوريرو وهلالليLeboreiro and Hilaly فيما بعد إلى وجود مبالغة في تقدير رأي رايت وبراون حيث أهملوا تكاليف التخزين واستخدموا تكاليف نقل أقل. لذلك، اقترحت عدة دراسات أخرى أنه سيكون من الأجدي اقتصاديًا إذا كان موضع المصفاة الحيوية يتمتع بالسعة ما بين 4536 طناً إلى 9072 طناً يومياً. وبعض الدراسات تقيد الحد الأدنى من المصفاة الحيوية لتبلغ القدرة الإنتاجية 6804 طنًا يوميًا بافتراض 350 يوم عمل لضمان الاستفادة من وفورات الحجم الكبير، بشرط أن تكون دائرة الإمداد بالكتلة الحيوية لا تزيد عن 81كم. وبالتالي، فإن الحد الأدنى السنوي من قدرة المعالجة للمصفاة الحيوية الأمثل هو حوالي 2.38 مليون طن متري، وهناك تحليلات أخري للحد الأدنى من السعة تتراوح ما بين 4536 طنًا و9072 طنًا يوميًا (1.58 مليون طنًا متريًا و3.18 مليون طنًا سنويًا)(Zheng, Y. & Qiu, F. 2020,6).

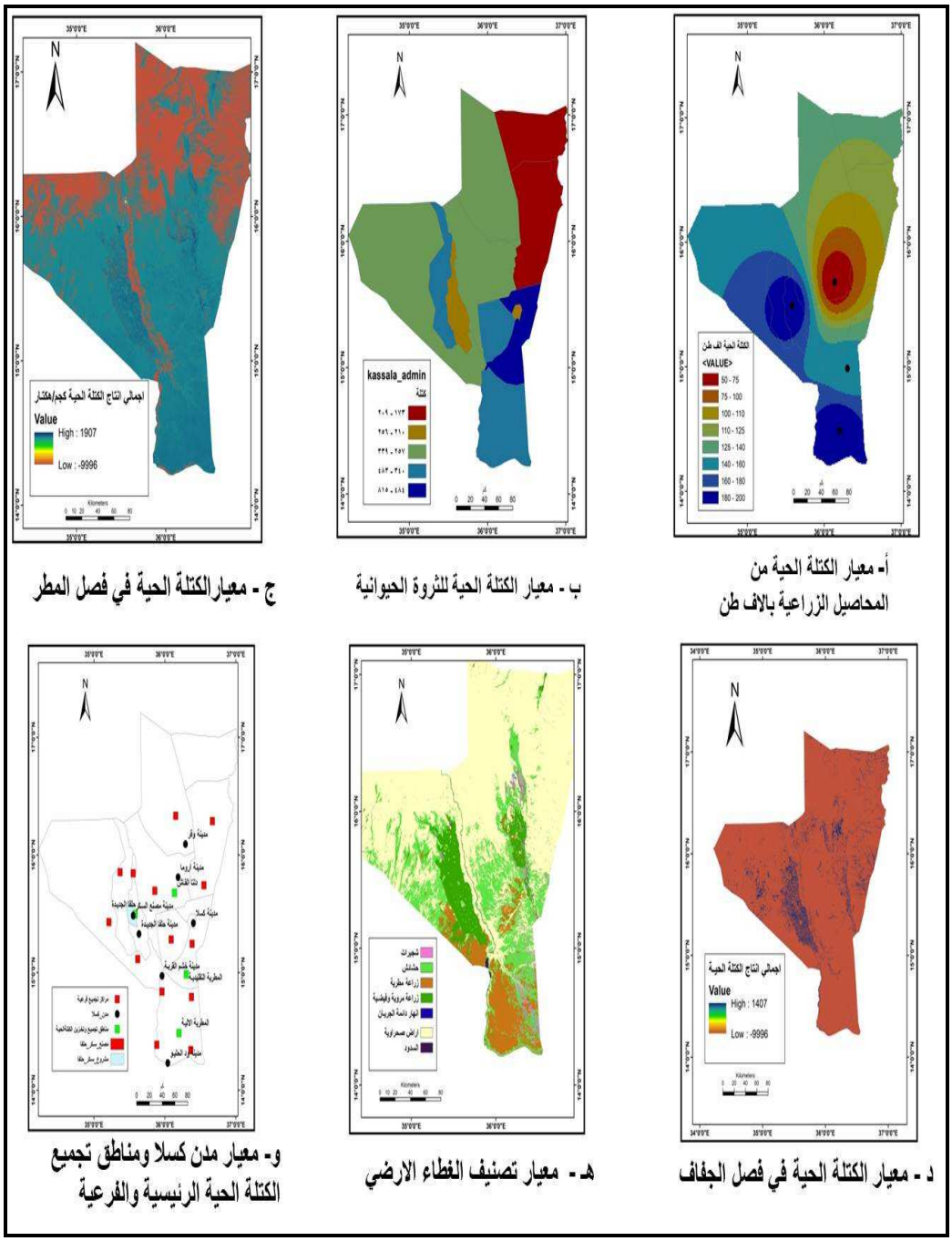
علاوة علي ذلك، انتهت دراسة أخري إلي أن المصفاة الحيوية تحتاج إلي 2000 طن كتلة حيوية مضغوطة يوميا باجمالي 700 ألف طن سنويا خلال 350 يوم عمل، تستمد خاماتها من دائرة نصف قطرها 81كم. لكي يتم تشغيله تشغيلا اقتصاديا. وتتطلب المصفاة الحيوية مستودع بحجم 240 طن يوميا كحد أدني باجمالي 84 ألف طن سنويا، يستمد الكتلة الحيوية من دائرة نصف قطرها 32كم. وبالنسبة لحجم مستودع تخزين الكتلة الحيوية المضغوطة، اقترح لامرز Lamers وأخرون ألا تقل طاقته عن 9 طن في الساعة و216 طن يوميا، وقد تصل إلي 240 طن يوميا. وبالتالي، 76 ألف طن سنويا في دائرة إمداد لا يزيد نصف قطرها عن 32 كم (Gonzales & Searcy, 2017: 5-6).

وعليه، فإن حجم المصفاة الحيوية المقترحة سيكون وفقا لتقييم الكتلة الحية في الولاية 3.9 مليون طن من المخلفات الحيوانية سنويا، بينما حجم المصفاة الحيوية من المخلفات الزراعية 2.3 مليون طن سنويا. وهذا حجم اقتصادي يتفق مع ما انتهت إليه الدراسات السابقة من الأدبيات والكتابات السابقة بمعدل 6571 طن يوميا خلال 350 يوم عمل.

جدول (8) قيم أوزان وتصنيف معايير تحليل التطابق overlay

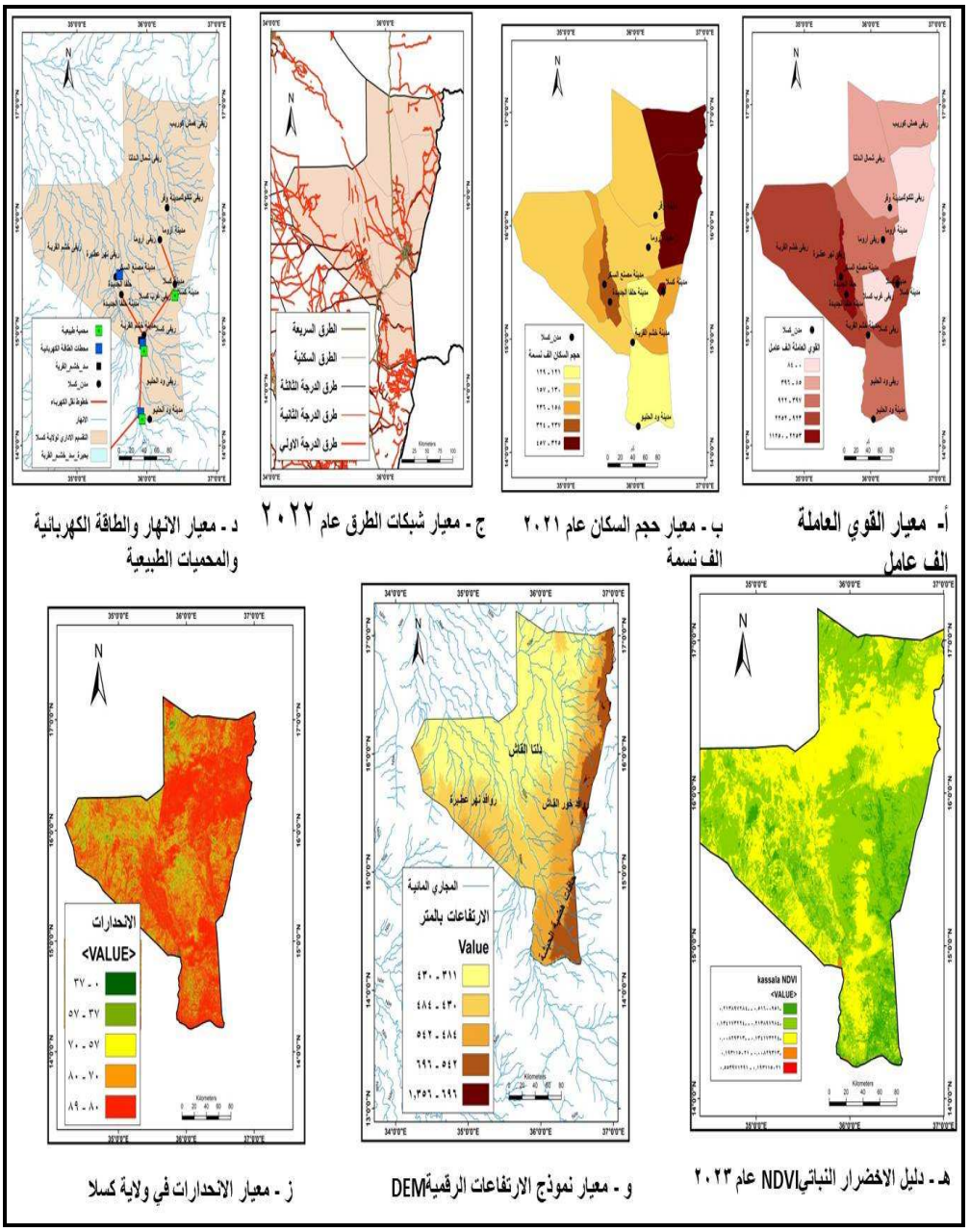
الترتيب	المعيار	التصنيف	الوزن الكلي	التفضيل والاستبعاد
1	مناطق إنتاج المخلفات الزراعية	اقتصادية	7	يفضل القرب
2	الكتلة الحية للثروة الحيوانية	اقتصادية	7	يفضل القرب
3	الكتلة الحية موسم المطر	اقتصادية	6	يفضل القرب
4	الكتلة الحية موسم الجفاف	اقتصادية	6	يفضل القرب
5	الغطاء النباتي/ الأرضي	طبيعية	6	يفضل القرب
6	دليل الاخضرار النباتي	طبيعية	6	يفضل القرب
7	مصنع سكر حلفا الجديدة	اقتصادية	6	يفضل القرب
8	مناطق تجميع المخلفات	لوجستيات	6	يفضل القرب
9	مراكز تخزين الكتلة الحية	لوجستيات	6	يفضل القرب
10	المدن الرئيسة	اجتماعية	5	يفضل القرب
11	القوي العاملة	اجتماعية	5	يفضل القرب
12	مدافن النفايات/مصانع التدوير	بيئية	4	يفضل القرب
13	حجم السكان	بيئية	5	يفضل القرب
14	الانهار	طبيعية	6	يفضل القرب
15	شبكة الطرق	بنية أساسية	6	يفضل القرب
16	محطات الكهرباء	بنية أساسية	3	يفضل القرب
17	خطوط نقل الكهرباء	بنية أساسية	3	يفضل القرب
18	المحميات الطبيعية	بيئية	3	يفضل البعد
19	الانحدارات	طبيعية	2	يفضل البعد
20	الإرتفاعات	طبيعية	2	يفضل البعد
	الإجمالي		%100	

المصدر: إعداد الباحثان اعتمادا علي الدراسات السابقة والكتابات والأدبيات التي تناولت المصفاة الحيوية ووردت في البحث.



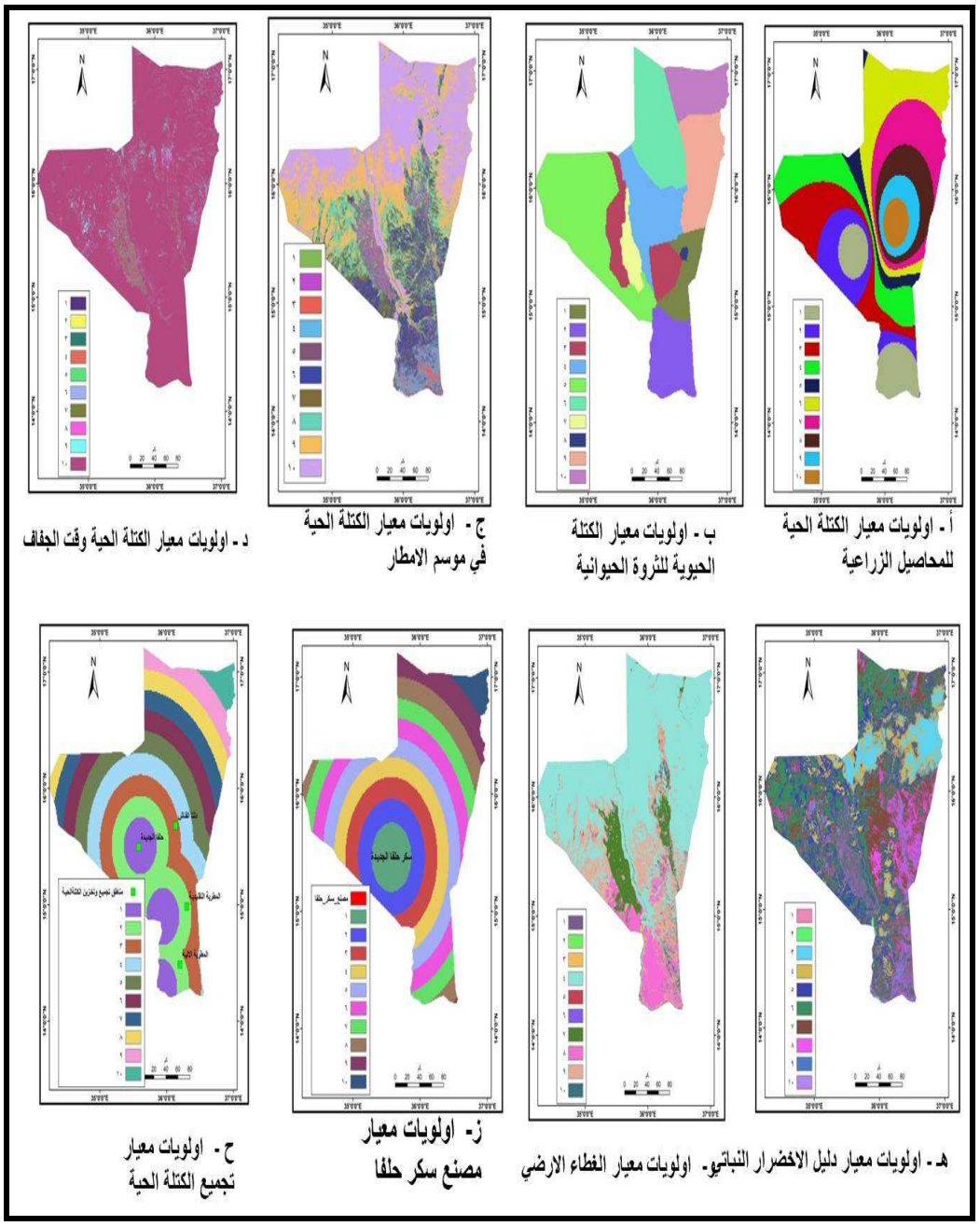
شكل (9) متغيرات(1) التحليل متعدد المعايير للمصفاة الحيوية في ولاية كسلا

المصدر: من إعداد الباحثان اعتمادا علي العرض الاقتصادي لولاية كسلا 2022، FAO,2022 والدراسة الميدانية نوفمبر وديسمبر 2023.



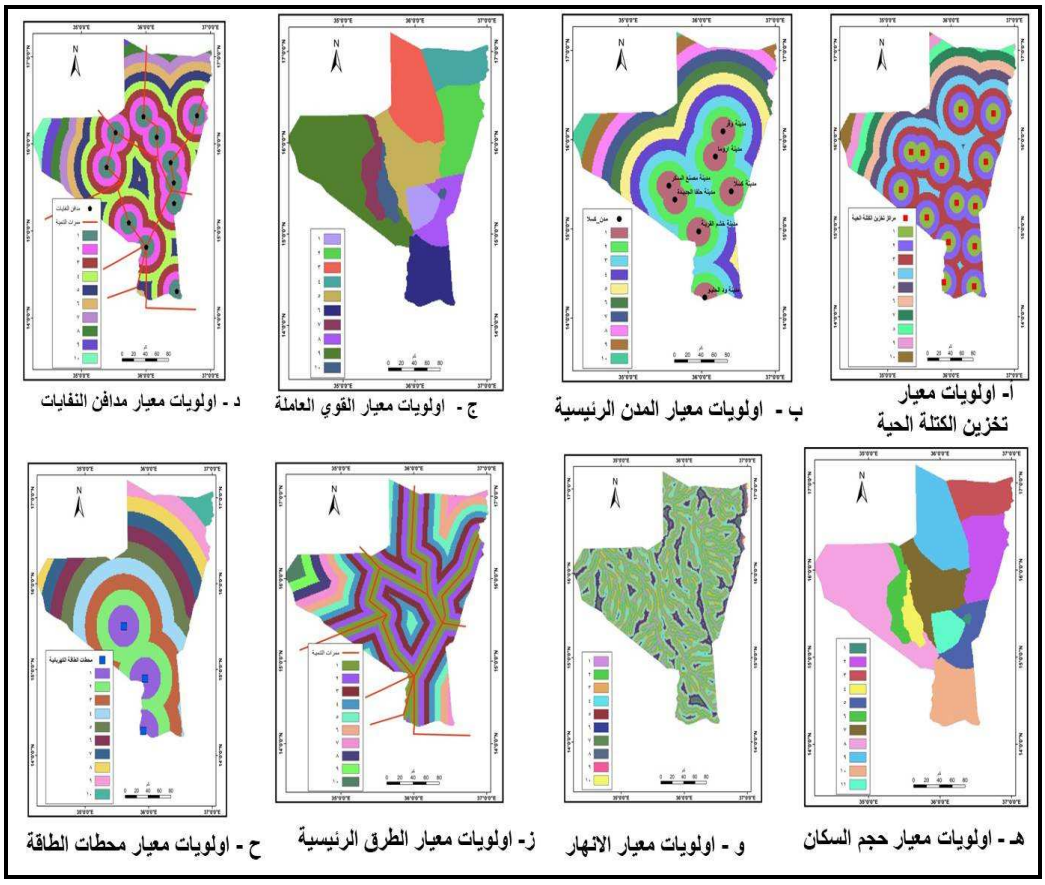
شكل (10) متغيرات (2) التحليل متعدد المعايير للمصفاة الحيوية في ولاية كسلا

المصدر: من إعداد الباحثان اعتمادا علي العرض الاقتصادي لولاية كسلا 2022 و Open street map,2023 و UNEP,2008 والصور الفضائية لمنطقة الدراسة 2023 ونموذج الإرتفاعات الرقمية، 2023.

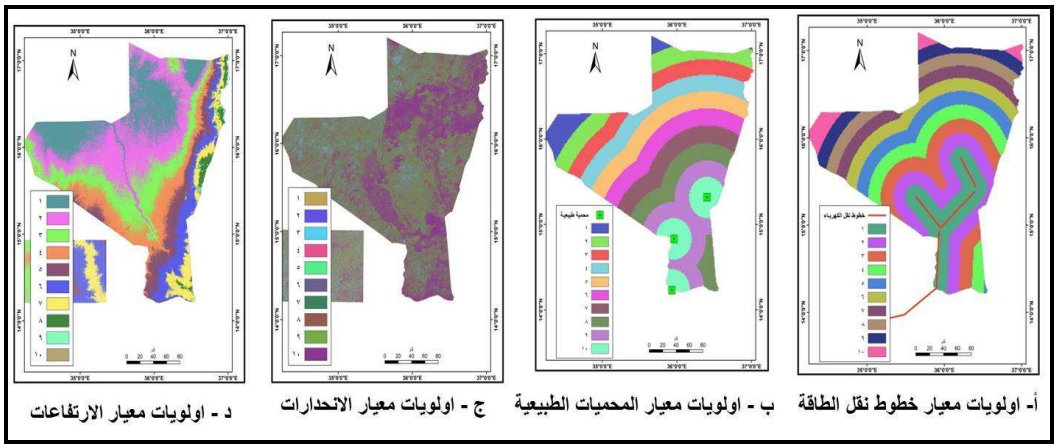


شكل (11) المجموعة الأولي لأولويات معايير اختيار الموقع الأنسب للمصفاة الحيوية في ولاية كسلا

المصدر: تحليل Overlay اعتمادا علي شكل (9) وشكل (10)

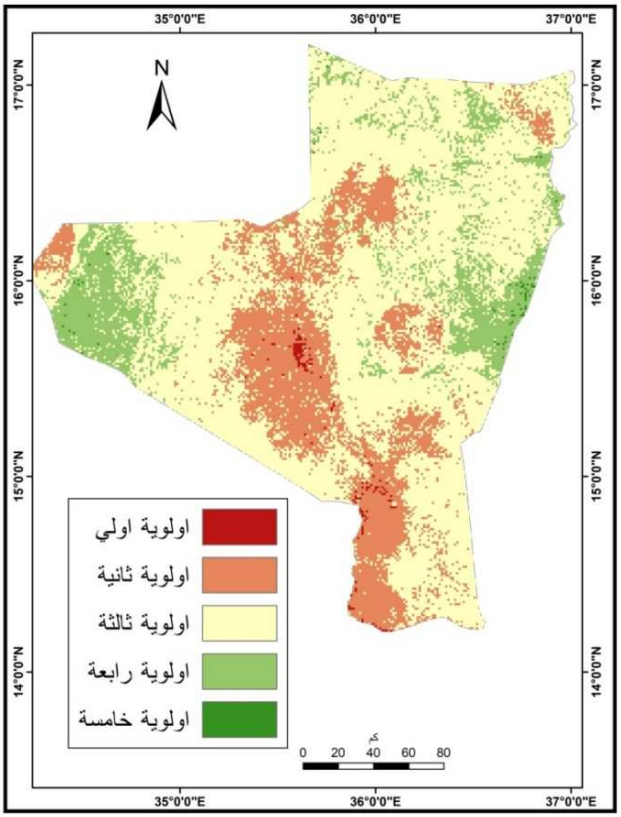


شكل (12) المجموعة الثانية لأولويات معايير اختيار الموقع الأنسب للمصفاة الحيوية في كسلا



شكل (13) المجموعة الثالثة لأولويات معايير اختيار الموقع الأنسب للمصفاة الحيوية في ولاية كسلا

المصدر: تحليل Overlay اعتمادا علي شكل (9) و(10).



شكل (14) أولويات الموقع الأنسب لإنشاء المصفاة الحيوية القائمة علي المخلفات الزراعية في ولاية كسلا وفقا للتحليل متعدد المعايير

المصدر: تحليل Overlay اعتمادا علي شكل (11) و(12) و (13).

انتهي التحليل متعدد المعايير لعدد20 متغيرا مكانيا والمعتمد علي أدوات تحليل overlay إلي تصنيف ولاية كسلا إلي عدة مناطق حسب أولويات ودرجات الملاءمة للموقع الأنسب والأمثل لتوطن المصفاة الحيوية وذلك علي النحو التالي شكل (14):

إقليم الأولوية الأولي. هو منطقة حلفا الجديدة وبالتحديد بالقرب من مصنع سكر حلفا الجديدة الذي يتمتع بمزايا طبيعية واقتصادية واجتماعية وبيئية وخدمات بنية أساسية تفوق غيرها من الأقاليم داخل ولاية كسلا. ويحظي بتوفر الكتلة الحية من قصب السكر والمحاصيل المزروعة في مشروع حلفا الجديدة.

إقليم الأولوية الثانية. يوجد في أكثر من منطقة داخل ولاية كسلا حيث يشمل مشروع حلفا الجديدة الزراعي بأكمله ومناطق الزراعة المطرية الألية المتاخمة لنهر عطبرة في

جنوب الولاية ومناطق داخل مشروع القاش ومشروع دلتا القاش حيث الزراعة الفيضية وهي مناطق وفرة الكتلة الحية.

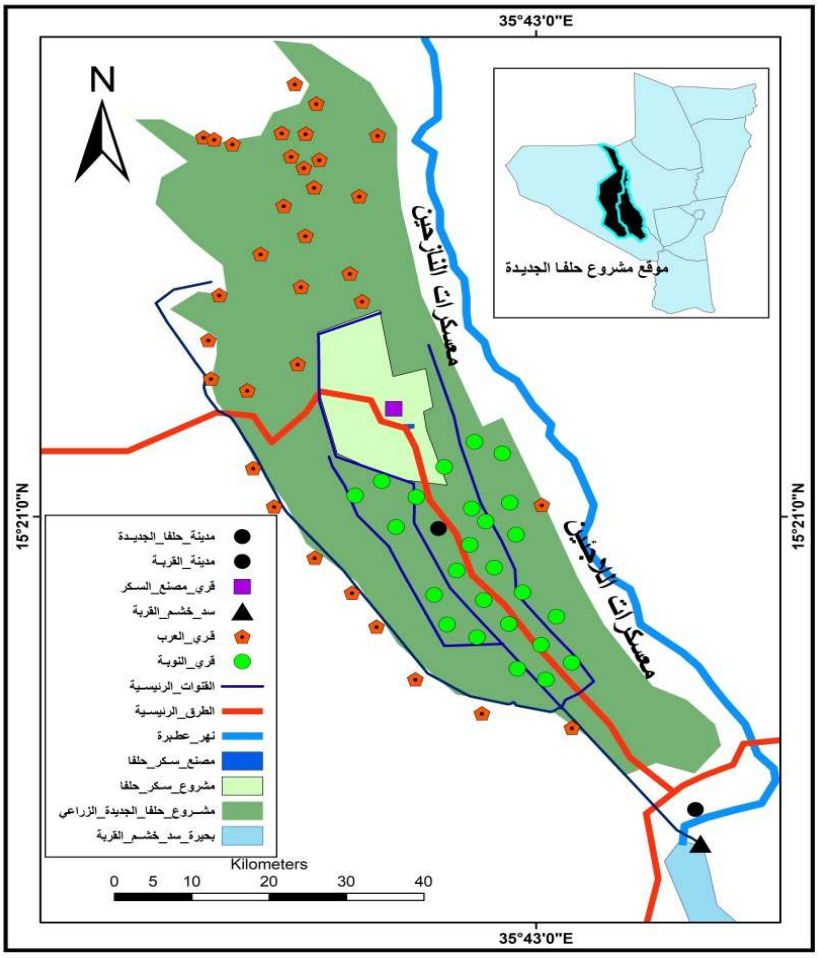
إقليم الأولوية الثالثة. وهو إقليم أكثر انتشارا من الإقليمين السابقين حيث يوجد في جنوب الولاية خاصة الجنوب الشرقي مناطق الزراعة المطرية الألية والمطرية التقليدية وفي غرب الولاية في مناطق المراعي في سهل البطانة، وفي الوسط حول مشروع القاش، وفي الشمال في مناطق إمتداد دلتا القاش، وفي الشرق حيث الزراعة المطرية المتاخمة للحدود مع إريتريا.

سادسا: مشروع حلفا الجديدة الزراعي: دراسة تطبيقية

يرجع اختيار مشروع حلفا الجديدة الزراعي كدراسة حالة إلي كونه أكبر المشروعات الزراعية في ولاية كسلا من حيث المساحة. وهو من المشروعات المروية التي تضمن توافر الكتلة الحية معظم شهور السنة. ويزرع به محاصيل القطن والفول السوداني والقمح التي ينتج عنها كتلة حية كبيرة خاصة محصول القطن. كما أن المشروع يحظي بتوطن مشروع سكر حلفا الجديدة الذي جاء كأولوية أولي لتوطين المصفاة الحيوية في ولاية كسلا وفقا لنتائج التحليل متعدد المعايير.

وقد أنشئ المشروع في بداية الستينات من القرن الماضي وبالتحديد في يناير 1964 بهدف إعادة توطين النوبيين من شمال السودان الذين فقدوا أراضيهم بسبب بناء السد العالي، وإعادة توطين البدو الرعاة الرحل، وإنتاج محاصيل الإحلال محل الواردات مثل قصب السكر والقمح، وكذلك إنتاج محاصيل نقدية تجلب العملة الصعبة مثل القطن والفول السوداني، وإنتاج الذرة محصول الغذاء الرئيس في السودان. يقع المشروع شرقي السودان علي طول نهر عطبرة بمساحة 440 ألف فدان شكل (15). يستأجر كل مزارع ما بين 10– 15 فدانا تسمي الحواشة ويربي 5 أبقار و40 رأس من الأغنام لكل حواشة من البدو الرحل في دورة زراعية ثلاثية القطن والقمح والفول السوداني دون فترة راحة. وبعد ذلك تم إدخال الذرة لتحل محل القمح بالنسبة لأراضي البدو عام 1981 . كما يزرع البدو الخضروات والمحاصيل العلفية والبقوليات صورة (9) و(10) بالملحق. ولإختيار موقع إعادة توطين النوبيين تم ترشيح خمسة مواقع للتوطين هي: الكادرو

شمال الخرطوم، أبو قوته جنوب غربي الخرطوم، وامتداد المناقل جنوب مشروع الجزيرة، ووادي الخاوي شرق دنقلة، وخشم القربة. وقد صوت الوفد النوبي علي أبوقوته كإختيار أول ثم ، الكادرو إختيار ثان، ووادي الخاوي إختيار ثالث، لكن قررت الحكومة توطينهم في خشم القربة لأهداف وطنية (El Arifi, 1988:37-43).



شكل (15) مخطط مشروع حلفا الجديدة الزراعي في ولاية كسلا عام 2023

المصدر: El Arifi,1988:38, Wallin,2014:33 والمرئيات الفضائية عام 2023

1- التقسيم القبلي لمشروع حلفا الزراعي

يبلغ عدد المزارعين بهيئة حلفا الجديدة الزراعية 22367 مزارعاً. وتقسم التركيبة القبلية لمشروع حلفا الجديدة إلي مزارعين مستأجرين 30% من النوبيين و 60% من

مجموعات البدو في سهل البطانة مثل قبائل الشكرية والرشايدة والأحامدة والخوالدة والكواهلة واللحويون، وقبائل البجا من بنوعامر والأمرار والهدندوة والبشارية، و10% من السودانيين من غرب وشرق البلاد واللاجئين من إريتريا وأثيوبيا، لكن تغيرت هذه النسب وأصبح النوبيون أقلية بسبب هجرتهم إلي المناطق الحضرية في السودان مثل الخرطوم (Wallin, 2014:32-37).

2- التقسيم المساحي لمشروع حلفا الزراعي

تقسم الأراضي الزراعية في مشروع حلفا الجديدة إلى ستة أقسام إدارية ، ملحق (1) ، تختلف هذه الأقسام في مساحاتها ومساحة المحاصيل المزروعة فيها ، وتتراوح مساحة القسم بين 56 ألف فدان و 77 ألف فدان. ويتكون كل قسم من وحدات أصغر تسمي تفتيش يبلغ عددها 19 تفتيشاً أكبرها تفتيش البطانة بمساحة 22275 فدان وأصغرها تفتيش أم قرقور 13455 فدان كما يتضح من الجدول رقم (9). ويوجد على رأس كل قسم مديراً مسؤولاً عن جميع التفاتيش التي تكون تابعه للقسم ولديه نائب، والغرض من ذلك هو تسهيل عملية الإشراف الفني والإداري للمساحات الواسعة التي يغطيها المشروع . ويشارك بعض المزارعين في إدارة الغيط عبر مجالس الإنتاج (مجالس إنتاج القسم ، والتفتيش ، ومجلس إنتاج القرية) .

3- نظام الري

يروى المشروع بالري الإنسيابي حيث تستمد الترعة الرئيسة مياهها من أمام الخزان وتخرج متجهة من الجنوب إلى الشمال ، تمتد هذه الترعة لمسافة 26 كيلومترا حيث تتفرع إلى ثلاثة أفرع هي الفرع الشرقي ، الفرع الغربي وفرع صابر شكل (15) ، تسير موازية تقريباً متجهة شمالاً بامتداد المشروع لمسافة 70 – 80 كيلو متراً ، تخرج من هذه الأفرع ترع جانبية ، تتفرع إلى قنوات أصغر (دبلات)، وهذه يخرج منها عدد من الأبو عشرينات ويروى أبوعشرين نمرة كاملة تتراوح مساحتها بين (90 – 180) فدان. ويصل الماء من أبو عشرين إلى الحواشة بواسطة قنوات أقل حجماً تعرف بأبو ستة. وقد صممت القناة الرئيسة لتحمل 8,6 مليون متر مكعب في اليوم .

جدول (9) المساحات الزراعية بتفاتيش مشروع حلفا الجديدة الزراعي

القسم	التفتيش	المساحة الكلية (فدان)	%
دبيرة	فرص	18750	5.11
	هاجر	16245	4.42
	القرشي	21750	5.92
المجموع		56745	15.46
شيخ عمر	أرقين	17760	4.84
	أبو ناحمة	21780	5.93
	البطانة	22275	6.07
المجموع		61815	16.85
ساسريب	دغيم	21795	5.94
	المدينة	20985	5.72
	الليدج	19050	5.19
المجموع		61830	16.85
دميات	الشبيك	22230	6.06
	أم القرى	17340	4.72
	العليو	18320	4.99
المجموع		58320	15.90
ريرة	السبعات الأم	19185	5.23
	السبعات شرق	18105	4.93
	السبعات غرب	21765	5.93
	الصفية الجديدة	18105	4.93
المجموع		77160	21.10
السديرة	أم رهو	15945	4.34
	أم قرقور	13455	3.66
	سلمة سروبا	21555	5.87
المجموع		50955	13.90
المساحة الإجمالية		366825	100

المصدر : هيئة حلفا الجديدة الزراعية ، إدارة التخطيط والبحوث الاقتصادية، 2022 .

أنشئت محطات التوليد والرفع التي تتمثل في محطة توليد الكابلت لتعمل في فترة الفيضان عندما يكون منسوب الأمام منخفضاً وتعمل كمولدات للكهرباء، ويجري ماؤها في الترعة الرئيسة عندما يكون منسوب الأمام عالياً، وتتكون محطات طلمبات

التصريف من أربع طلمبات سعة الواحدة منها خمسة أمتار مكعب في الثانية ، قدر أن تعمل في فصل الصيف من أبريل وحتى يونيو لرفع مياه البحيرة حتى مستوى مجرى النهر. وتعتمد على محطة الديزل الملحقة بالخزان لإمدادها بالكهرباء اللازمة. وهذه المحطات كافية لتوفير المياه في فصل الصيف لجميع الأغراض .

وتتكون محطة الديزل من ثلاثة مولدات طاقة الوحدة منها 1,400 كيلواط وتعمل بعد توقف محطة الكابلت. هذه المحطات الأربع ألحقت لتكون هناك مرونة لتوفير مياه الري والكهرباء للمشروع على مدار السنة في الفترة من بداية يوليو إلى نهاية أغسطس، وهي فترة الفيضان يكون تشغيل الخزان على منسوب 462 متراً وهو منخفض لا يمكن من إنسياب المياه بالراحة في هذه الفترة تعمل محطة الكابلت لتوليد الكهرباء، وتوفر الطاقة لتشغيل محطة الطلمبات التوربينية لرفع المياه عبر الترعة الرئيسة (وزارة الري والموارد المائية،2022) .

4- الدورة الزراعية :

بدأ مشروع حلفا الجديدة الزراعي إنتاجه في موسم 1965/1964م بدورة زراعية ثلاثية (قطن وفول سوداني وقمح) حيث بلغت مساحة الأراضي المزروعة 19315 فدان تمثل 5,3% من جملة مساحة المشروع البالغة 366825 فدان صورة (1) صورة (10) صورة (11) بالملحق. ثم أخذت هذه المساحات المزروعة في الزيادة سنوياً حسب تطور مراحل المشروع، حتى وصلت بنهاية المرحلة الخامسة في موسم 1970/1969م إلى 257141 فدان. وفي موسم 1975/1974م قفزت المساحات المزروعة إلى 297568 فدانا شكلت 81% من مساحة المشروع. وبسبب ضغوط المزارعين من سكان المنطقة الأصليين (العرب) تم إدخال محصول الذرة بقرى العرب في موسم 1980/1979م باعتباره المحصول الغذائي الرئيس لهم .

يمكن القول أن المساحة المزروعة بمشروع حلفا الجديدة الزراعية أخذت تتأرجح سنوياً علواً وهبوطاً حتي وصلت إلي 240 ألف فدان عام 2017 ، وتراجعت إلي 234 ألف فدان عام 2021 صاحبها انخفاض الإنتاج الزراعي في العام 2021 بسبب نقص وتذبذب معدلات الأمطار، تكرار الزراعة يسبب الآفات، والصبنات الطويلة التى أدت

إلى تأخير مواعيد الزراعة، وإرتفاع تكاليف مدخلات الإنتاج بكل قطاعات الزراعة (العرض الاقتصادي، 2022: 136– 140). وبالتالي فإن نقص أو زيادة المساحات المنزرعة يرتبط ارتباطا وثيقا بالتذبذب في كميات الأمطار، وبالتالي التذبذب في جريان الأنهار الموسمية وتأخر مواعيد الزراعة.

علاوة علي ذلك، يعاني مشروع حلفا الجديدة من التدهور منذ السبعينيات بسبب إطماء قنوات الري ونقص المياه وتراجع خصوبة التربة. وبالتالي انخفاض الإنتاجية؛ ويرجع ذلك بالأساس إلي إطماء سد خشم القربة وتراكم رواسب نهر عطبرة، وكذلك تذبذب تساقط الأمطار وتزايد انتشار الحشائش الضارة وغزو أشجار المسكيت للمشروع، وانسداد قنوات الري بالرواسب والحشائش ملحق (2) صورة (4)، لكن الحكومة عالجت هذه المشكلة الأخيرة فيما بعد. فضلا عن تدهور وتهالك ألات ومعدات هيئة حلفا الجديدة بسبب تعطلها وصعوبة استيراد قطع الغيار والغياب الشائع بين المزارعين أصحاب الحيازات الذي يعطل العمل في المشروع (Wallin, 2014:36).

5– نتائج الدراسة الميدانية

تم إجراء عينة البحث في قريتي أم رهو والصفية في مشروع حلفا الجديدة بولاية كسلا. انتهت نتائج الاستبيان إلي أن معظم نوعية ملكية المزراع من نوع الملك والبعض الأخر إيجار والقليل من نوع الشراكة. وتباين المستوي التعليمي للمزراعين وأصحاب المزراع ما بين المؤهل الجامعي والأقل من جامعي والقليل منهم غير متعلم. معظم نشاط المزارع نشاط مختلط ما بين النشاط الزراعي والنشاط الرعوي والإنتاج الحيواني. ولا يوجد امكانية الوصول للرعاية البيطرية لمعظم حيوانات المزارع. ويتم تسويق منتجات المزارع في السوق المحلي بمحلية حلفا الجديدة وعطبرة وسوق الرتاجه، فهي منتجات بغرض الاستهلاك المحلي وليست للتصدير للخارج. وكانت أكثر المشكلات المرتبطة بالإنتاج والألات هي إرتفاع تكاليف المدخلات ونقص المياه وتدني العائد النقدي من المحاصيل في ظل إرتفاع تكاليف المدخلات وضعف الخدمات الزراعية. ويمارس بعض المزراعين أعمال التجارة وبيع أخشاب الوقود والأعمال الخدمية في غير موسم الزراعة.

يستخدم معظم المزارعين طريقة الحرث السطحي وليس الحرث العميق لحرث مزراعهم. وتستخدم معظم المزراع السماد الكيماوي حسب حاجة النبات والقليل لا يستخدم السماد العضوي أو المزج بين السماد الطبيعي والكيماوي.

جدول (10) نتائج الاستبيان لطرق التخلص من المخلفات ونسب الاستفادة منها ونسب فواقد المحاصيل

طرق التخلص من المخلفات	العينة%	نسب الاستفادة من المخلفات	العينة%	نسب فواقد المحاصيل	العينة%
التسميد العضوي	6.1	%10	10.2	صفر	6.1
التجميع والحرق	79.6	%50	53.1	أكثر من 30%	6.1
التخزين في المنازل	6.1	%30	6.1	%30-10	44.9
أخري	8.2	لايستفادمنها	30.6	أقل من 10%	42.9
الاجمالي	100	الاجمالي	100	الاجمالي	100

المصدر: نتائج الاستبيان نوفمبر وديسمبر 2023.

ولتحسين خصوبة التربة يتم إتباع الدورة الزراعية ويتبع بعض المزراعين طريقة التداخل بين المحاصيل أو النباتات المعمرة. وتعاني التربة من مشكلات التصلب وظهور الحشائش والأشجار الضارة مثل المسكيت والهشاب. ويتم التعامل مع الأمراض المتصلة بالمحاصيل باستخدام المبيدات الكيماوية المناسبة لكل محصول واللفحات المناسبة لكل حيوان. ونادرا ما يتم استخدام المبيدات الكيماوية بشكل وقائي للمحاصيل أو التحصينات الوقائية للحيوانات. ويتم الحصول علي البذور والمحاصيل من التخزين بواسطة المزراعين أو من المصادر المحلية أو من محاصيل الموسم الماضي والقليل من المزراعين الذين يلجأون إلي بنك البذور المحلي. كما يتم الحصول علي السلالات الحيوانية من المصادر المحلية.

أظهرت نتائج الاستبيان لعينة الدراسة أن نحو 79.6% من المبحوثين يقومون بتجميع المخلفات الزراعية وحرقها دون الاستفادة منها صورة (6) وصورة (7) بالملحق، بينما نسبة الاستفادة من المخلفات البالغة 50% شكلت أكثر من نصف المبحوثين، في حين نسب فواقد المحاصيل التي تتراوح ما بين 10 -30% كونت 44.9 % من المبحوثين نتيجة الظروف الجوية والأفات ومشاكل النقل وسوء التخزين جدول (10).

جدول (11) نتائج الاستبيان لكمية المخلفات ووسائل نقلها ومناطق تجميعها

كمية المخلفات	العينة%	وسائل النقل	العينة%	مناطق تجميع المخلفات	العينة%
أكثر من 2 طن/هكتار	16.3	لا وسائل	10.1	تجمع في المزرعة	85.7
1-2 طن/هكتار	36.7	الحيوانات	20.4	تجمع في موقع قريب من المزرعة	6.2
0.5- 1	28.6	الجرارات	28.6	موقع أخر	8.1
أقل من 0.5	18.4	اللوريات	20.4	الاجمالي	100
الإجمالي	%100	أخري	2		
		الإجمالي	100		

المصدر: نتائج الاستبيان نوفمبر وديسمبر 2023.

جدول (12) نتائج الاستبيان للاستفادة من روث الحيوانات

الاستفادة من روث الحيوانات	العينة%	مواقع التخلص من روث الحيوانات	العينة%
تستخدم كوقود	32.7	موقع المزرعة	36
تستخدم كسماد	6.1	موقع قريب من المزرعة	16
لا يستفاد منها	40.8	تباع لمتعهد	10
استخدامات أخري	20.4	مواقع أخري	38
الإجمالي	%100	الإجمالي	%100

المصدر: نتائج الاستبيان نوفمبر وديسمبر 2023.

بينت نتائج الاستبيان لعينة الدراسة أن كمية المخلفات التي تتراوح بين 1-2 طن للهكتار شكلت 36.7% من إجمالي المبحوثين، في حين كونت كمية المخلفات التي تتراوح ما بين 0.5 – 1 طن للهكتار 28.6% وبالتالي يشكل الإثنان معا 65.3% من إجمالي المبحوثين. ويتم نقل المخلفات بواسطة الجرارات واللوريات والحيوانات علي التوالي، ونحو 85.7% من إجمالي المبحوثين يتم تجميع المخلفات المتعلقة بالمحاصيل داخل المزرعة جدول (11).

وكشفت نتائج الاستبيان عن أن 40.8% من إجمالي المبحوثين لا يستفيدون من المخلفات المتعلقة بالحيوانات و30.7% يستخدمونها كوقود. ويتم التخلص من روث الحيوانات في موقع المزرعة لـ36% من إجمالي المبحوثين جدول (12).

وأظهرت نتائج الاستبيان أن مزايا الاستفادة من المخلفات كانت تتمثل في نظافة المزرعة والحصول علي دخل إضافي، في حين تمثلت الأضرار الناجمة عن عدم الاستفادة من المخلفات في انتشار الأمراض وظهور الحشرات الضارة التي تؤثر تأثيرا سلبيا علي صحة المزارعين جدول (13) صورة (2) وصورة (3) وصورة (5) بالملحق.

جدول(13) نتائج الاستبيان لمزايا وأضرار الاستفادة وعدم الاستفادة من المخلفات

مزايا الاستفادة من المخلفات	العينة%	الاضرار الناتجة عن عدم الاستفادة من المخلفات	العينة%
الحصول علي دخل إضافي	16.3	انتشار الحشرات الضارة	10.2
نظافة المكان	20.4	ظهور الأمراض	53.1
أخري	63.3	أخري	36.7
الإجمالي	100	الإجمالي	100

المصدر: نتائج الاستبيان نوفمبر وديسمبر 2023.

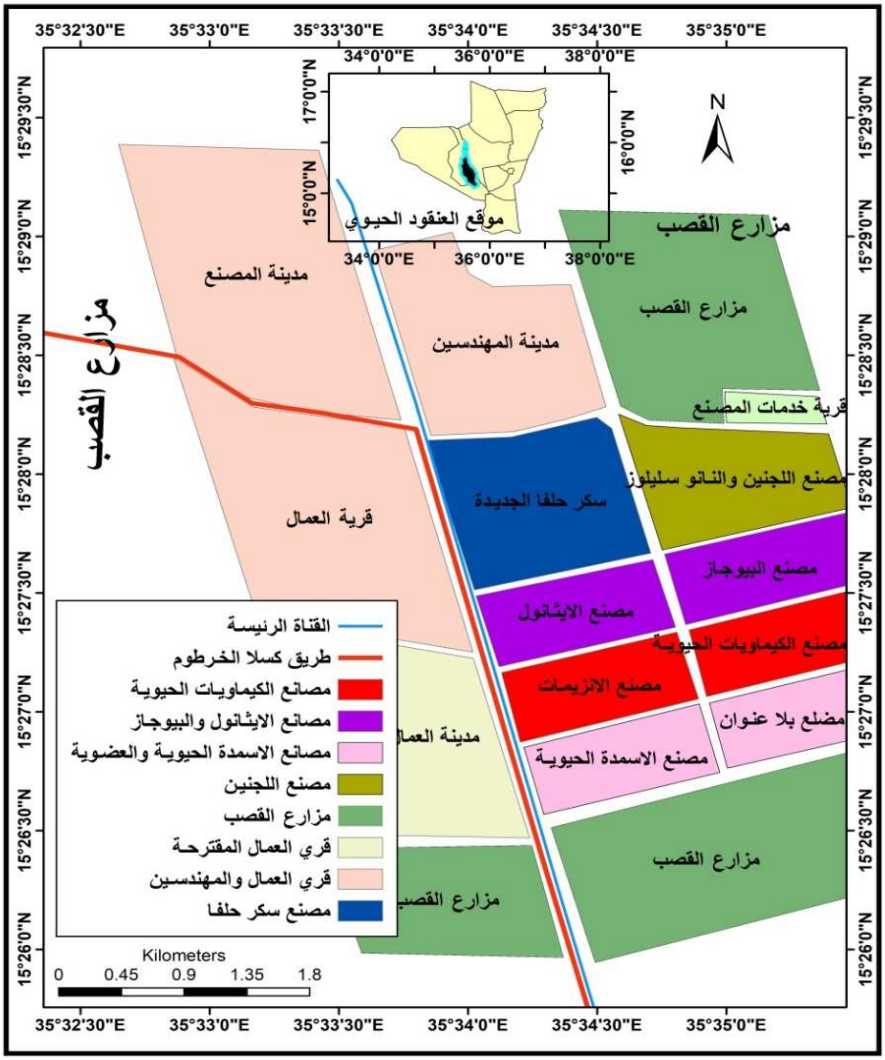
كشفت نتائج الاستبيان عن أن 91.8% من المبحوثين يوافقون علي إنشاء المصفاة الحيوية في ولاية كسلا، ويمثل ذلك مؤشرا جيدا علي قبول المجتمع المحلي والمشاركة المجتمعية لهذا المشروع المهم. كما أن النتائج بينت أن المصفاة الحيوية قد تؤثر علي مصادر الوقود والأسمدة الطبيعية والأعلاف علي الترتيب، لكن الفوائد التي ستجني من المصفاة الحيوية فوائد كبيرة.

جدول (14) نتائج الاستبيان لموقع المصفاة الحيوية وتأثيرها

استطلاع رأي المصفاة الحيوية	العينة%	تأثير المصفاة الحيوية	العينة%	أفضل موقع المصفاة الحيوية	العينة%
أوافق	91.8	الاعلاف	6.1	وقر	6.1
لا اوافق	6.1	الاسمدة العضوية	20.4	حلفا الجديدة	90.9
ممتنع	2.1	مصادر الوقود	36.7	القربة	3
الاجمالي	100	غير محدد	37.8	الاجمالي	100
		الاجمالي	100		

المصدر: نتائج الاستبيان نوفمبر وديسمبر 2023

واقترح المبحوثين أفضل المواقع لتوطن المصفاة الحيوية في مدن حلفا الجديدة غرب الولاية ومدينة وقر في شمالها ومدينة القربة في جنوبها علي التوالي جدول (14).



شكل (16) المصفاة الحيوية المقترحة لمصنع سكر حلفا الجديدة والمشروعات المرتبطة بها عام 2023

المصدر: من اعداد الباحثان اعتمادا علي الصورة الفضائية 2023

6- مخطط مقترح لمشروعات العنقود الحيوي في ولاية كسلا

تقترح الدراسة عنقودا حيويا لإنتاج الوقود الحيوي والمنتجات الكيماوية الحيوية من الجيل الأول أو الجيل الثاني بجوار مصنع سكر حلفا الجديدة والذي كان من أهم نتائج التحليل متعدد المعايير، وجاء كأولوية أولي لأنسب المواقع لتوطن المصفاة الحيوية في

ولاية كسلا. يشغل العنقود الحيوي مساحة 12.2 مليون م2. ويضم مجموعة من المصانع المرتبطة بمصنع سكر حلفا الجديدة ومصنع الإيثانول المقترح. ويشتمل علي مصانع مترابطة ترابطا رأسيا بالمصانع السابقة مثل مصانع اللجنين والبيوجاز والإنزيمات والمواد الكيماوية الحيوية ومصنع الأسمدة العضوية والحيوية. وتقترح كذلك مدنا للعمال والمهندسين ومناطق للخدمات واللوجستيات جدول (15) وشكل (16).

جدول (15) أنماط استخدام الأرض المقترح للمصفاة الحيوية والمشروعات المرتبطة بها في حلفا الجديدة

م	الاستخدام	المساحة ألف م2	%
1	قرية الخدمات	135	1.09
2	مدينة المهندسين	1384	11.25
3	مصنع اللجنين	1059	8.61
4	مصنع السكر	1300	10.57
5	مصنع البيوجاز	744	6.05
6	مصنع الايثانول	770	6.26
7	مصنع الكيماويات الحيوية	727	5.91
8	مصنع الانزيمات	707	5.75
9	مصنع الاسمدة العضوية	757	6.16
10	مصنع الاسمدة الحيوية	724	5.89
11	قرية العمال	2278	18.53
12	قرية العمال المقترحة	1712	13.93
	الاجمالي	12297	100

المصدر: من اعداد الباحثان اعتمادا علي الصورة الفضائية 2023

7- التقييم البيئي للمصفاة الحيوية

يمكن للمصفاة الحيوية التي تنتج 1.10 طن من الميثان السائل كل ساعة و12.28 طن كل ساعة من المخصبات من المخلفات الزراعية، إنتاج 20.8 جرام من ثاني أكسيد الكربون مكافئ لكل ميجاجول. وهذا أقل بنسبة 78% من الوقود الأحفوري مقارنة بالوقود الحيوي حيث ينتج الوقود الأحفوري 3.7 طن ثاني أكسيد الكربون مكافئ لكل طن من الميثان (Etzold, et al ,2023:8). وعليه، فإن مصنع سكر حلفا الجديدة الذي ينتج متوسط 135 ألف طن من المولاس خلال الفترة 2010 -2020

وبالتالي يمكنه إنتاج 28.9 ألف طن من الإيثانول، يمكنه أن يقلل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنحو 106.93 ألف طن سنويا.

8- مواصفات المصفاة الحيوية والمشروعات المرتبطة بها في حلفا الجديدة

العنقود الحيوي Bio-Cluster عبارة عن تركز جغرافي لمجموعة من الصناعات تتعاون مع بعضها البعض لزيادة النمو ورفع القدرة التنافسية وتحسين الأداء كنتيجة لموقعهم المشترك Co-Location (Ajao, et al, 2018: 256). وهناك ثلاثة خيارات لتأسيس العناقيد الحيوية في منطقة الدراسة هي: عنقود حيوي من الجيل الأول أو عنقود حيوي من الجيل الثاني أو عنقود حيوي يجمع بين الجيلين. فقد صممت جميع الخيارات علي الاكتفاء الذاتي من الطاقة، ولذلك يدخل جزء من اللجنوسليلوز المنتج الثانوي مباشرة إلي وحدة الطاقة والحرارة المجمعة دون تصنيعه في المصفاة الحيوية لضمان توفير الطاقة الكافية لكل من مصنع السكر والمصفاة الحيوية معا وذلك علي النحو التالي:

- **المصفاة الحيوية من الجيل الأول**

هذا العنقود ينتج السكر وينتج الإيثانول من المولاس، وينتج الكهرباء من حرق البقاس (المصاص). فمصنع السكر الذي تبلغ طاقته 300 طن في الساعة قصب ينتج 25.4 طنا في الساعة مولاس مع محتوي من المياه 22.7% والسكروز 54.43% وأجزاء متساوية من مواد الجلوكوز والفركتوز بنسبة 11.74% من الوزن الإجمالي. وبالتالي فإن مصنع سكر حلفا الجديدة طاقته 208 طن في الساعة قصب وينتج 17.3 طنا مولاس في الساعة.

وبالرغم من ذلك، إلا أنه لازال إنتاج الطاقة الحيوية من السكر(الإيثانول) يواجه العديد من التحديات. فالعديد من المصافي الحيوية تستخدم الغلاية التي تعمل بضغط أقل من 60 بار الذي ينتج فقط ثلث القدرة النظرية لإنتاج الطاقة الحيوية من الكتلة الحية. ولا زال رسوم جمع ونقل الكتلة الحية تشكل أكثر من 50% من إجمالي تكاليف الإنتاج. كما أن إنتاج الكهرباء ينتج فقط للاكتفاء الذاتي، ويمكن تسويق الفائض منها وذلك من خلال العقود طويلة الأجل(Freitas, et al, 2021: 10-12).

- **المصفاة الحيوية من الجيل الثاني**

تستخدم البقاس ومخلفات قصب السكر كمواد أولية في إنتاج منتجات عالية القيمة المضافة. فمصنع سكر حلفا الجديدة الذي يطحن 208 طن قصب في الساعة يوفر 31.5

طن من البقاس و11.5 طن مادة جافة من مخلفات الحصاد. هذه المواد الجافة تحتوي علي 40.7% سليلوز و27.1% هيموسليلوز و21.9% لجنين و6.7% المستخلصات و3.6% رماد ورماد متطاير . ويستخلص من هذه المواد الأولية العديد من المنتجات الكيماوية الحيوية مثل الانزيمات Enzymes و الأسمدة الحيوية Biofertilizers والسليلوز النانوي Nanocellulose والمنتجات المشتقة من اللجنين Lignin [1].

- [1] الانزيمات Enzymes تظل التكلفة العالية لمعالجة الكتلة الحيوية السليولوزية واحدة من أهم العقبات الاقتصادية الرئيسية في المصافي الحيوية. وكثير من الإنزيمات مطلوبة للتحويل الفعال للمواد اللجينوسليلوزيك إلى سكريات قابلة للتخمر. السليولاز والهيمسيلولاز هي الإنزيمات المائية الرئيسية المشاركة في إزالة بلمرة الليجنوسليلوز، وهي تعمل مع البروتينات غير المحللة للماء مثل عديد السكاريد اللاتيكين إنزيمات الأكسدة الأحادية (LPMOs)، وحدة ربط الكربوهيدرات (CBM)، وexpansins، وغيرها. ولإنتاج الإنزيمات يقترح طريقة التخمير المتدرج التي تعتمد علي إنتاج الكائنات الحية الدقيقة في ظل عملية التخمير باستخدام البقاس يليها الانتقال إلي التخمير المغمور وعملية تسييل البقاس (Freitas et al,2021:4).
- الأسمدة الحيوية Biofertilizers حيث يستخدم البقاس كمصدر للكربون الذي يستخدم لنمو الكائنات الحية الدقيقة. وهذا من شأنه أن يقلل من البصمة الكربونية للأسمدة الحيوية ويحقق المنتج الحيوي القدرة التنافسية من حيث التكلفة بالمقارنة مع الأسمدة الكيماوية.
- السليلوز النانوي Nanocellulose. تستخدم الكتلة الحية اللجنوسليلوزية عن طريق الانزيمات في انتاج السليلوز عالي التبلور مع خصائص النانو سليلوز. يستخدم كمقاوم للحرارة وفي صناعة الادوية وتنقية المياه ومبخرات تحلية المياه وتغليف المواد الغذائية وأجهزة الاستشعار (Haroni, et al, 2021:4).
- المنتجات المشتقة من اللجنين Lignin يتم استخلاص اللجنين من الكتل الحيوية اللجنوسليلوزية (البقاس) باستخدام الطرق الفزيائية والكيماوية والبيولوجية. واللجنين من المواد الغنية بمصادر العطريات. وتتمثل المنتجات عالية القيمة التي يمكن الحصول عليها من تصنيع اللجنين هي الكربون المشتق من اللجنين والذي يستخدم في تحلية المياه، يستخدم اللجنين في مستحضرات التجميل التي تعتمد علي المواد متعددة الوظائف النشطة بيولوجيا، ويستعمل أيضا في إنتاج مضادات الفيروسات ، واللجنين ذو الجسيمات النانوية، وتصنيع المواد اللاصقة والراتنجات والدهانات.

- المصفاة الحيوية التي تجمع بين الجيلين

ويتم ذلك من خلال التكامل بين المصفاة الحيوية من الجيل الأول والجيل الثاني حيث يتم تحويل كل الكتلة الحية من قصب السكر إلي طاقة حيوية وإنتاج مجموعة من المنتجات الحيوية، يمكن أن تجذب استثمارات كبيرة للتحول نحو الاقتصاد منخفض الكربون. ليس ذلك فحسب بل يمكن تحويل الكتلة الحية من المخلفات الزراعية البالغة 2.1 مليون طن والكتلة الحية من المخلفات الحيوانية التي تقدر بـ 3.9 مليون طن إلي طاقة حيوية ومنتجات كيماوية حيوية كما هو مقترح سابقا في العنقود الحيوي بجوار مصنع سكر حلفا الجديدة.

- معالجة المياه في المصفاة الحيوية

يتم معالجة مياه الصرف الصناعي داخل مصنع السكر التي تحتوي علي 10000 جزء من المليون من كمية الاكسجين الكيماوي الممتص. هذه العملية تتم من خلال التفاعل اللاهوائي للمياه الذي يزيل 91% من كمية الأكسجين الكيماوي الممتص القابل للذوبان؛

- الرماد والرماد المتطاير Ash and fly ash يستخدم كمواد أولية منخفضة التكلفة لإنتاج الزيوليت ويستخدم أيضا كمادة ماصة فعالة للملكيت الأخضر الموجود في مياه الصرف الصحي.
- حمض الجلوتاميكglutamic acid وهو حمض أميني صلب غير أساسي قابل للذوبان في الماء. يتم استخدامه في صناعة المواد الغذائية كمحسن للنكهة والمواد المضافة للأغذية بينما في الصناعات الدوائية يتم تطبيقه لانتاج الجلوتامين وهو مكمل غذائي. عدد كربون 5.
- حمض الليفولنيكlevulinic acid يمكن إنتاجه بكميات كبيرة من حمض التحلل المائي للسكريات كربون6 . هذه المادة يمكن استخدامها في الربط بين المشتقات البترولية والمواد المكررة الحيوية.
- الاكسيلتول xylitol هو كحول سكري يحتوي علي عدد 5 كربون هناك طلب كبير علي الاكسيلتول في الصناعات الدوائية وطب الاسنان والصناعات الغذائية. هذه المواد الثلاث الجلوماتيك وحمض الليفونيك والإكسيلتول هي ضمن إثنا عشر مادة كيماوية حيوية مشتقة من الكتلة الحية بتقنيات إنتاج ناضجة وتوقعات السوق جاذبة (Werpy and Petersen, 2004, 13) .

وذلك لإنتاج 0.38 كجم من الميثان لكل كيلوجرام من كمية الأكسجين الكيماوي الممتص المعالجة، ثم يلي ذلك، التفاعل اللاهوائي مرة أخري لإزالة 96% من الملوثات المتبقية. ثم يتم استرداد المياه النقية التي يتم إعادة تدويرها مرة أخري. وتستخدم الحمأة والغاز الحيوي المنتج كمصادر للحرارة في نظام التوليد المشترك (Morakile, et al, 2022:7).

- **نظام التوليد المشترك للطاقة والحرارة المجمعة في مصفاة الجيل الأول.**

داخل مصنع السكر، يتم حرق البقاس لإنتاج بخار الضغط العالي الذي ينتج من غلايات كبيرة ذات ضغط عالي ثم يستخدم هذه البخار في تشغيل التوربينات لإنتاج الكهرباء. ثم يتم بعد ذلك إعادة استخدام البخار ذات الضغط المنخفض الناتج عن عوادم التوربينات إلي مصنع السكر حيث تستخدم حرارته في عمليه تحويل عصير القصب إلي سكر. ويسمي إنتاج البخار والكهرباء بهذه الطريقة عملية التوليد المشترك لبقاس قصب السكر Co-generation (Mariame, F. 2014.70).

يتم تحويل البقاس إلي وقود في الغلايات الموجودة في مصنع السكر. ويتطلب مصنع السكر 120 طن / الساعة بخار، هذه الكمية ممكن أن تنخفض الي 104.5 طن / الساعة إذا تم إعادة تأهيل مصنع السكر لاستخلاص المولاس. بإفتراض أن نظام الطاقة والحرارة يمكن أن يعمل بطاقة 110% من سعته الحالية فيمكن أن يوفر 30.5 طن / الساعة من البخار للاستخدام في وحدة الطاقة والحرارة المجمعة في المصفاة الحيوية. الغلايات التي تعمل في ظل هذه الافتراضات يمكن أن تحرق 60.5 طن/ ساعة بقاس تاركة 32.3 طن ساعة فائض للاستغلال في غلايات منفصلة. ويمكن تدبير العجز في البخار من خلال الدمج بين غلاية ذات ضغط منخفض بكفاءة 84.7% وغلاية بضغط 10 بار (Morakile, et al, 2022: 8).

- **الخاتمة:**
- **النتائج :**

- توصلت الدراسة إلي أن فكرة الاقتصاد الحيوي بزغت مع ظهور فكرة المصنع الخلية الذي يهدف إلي تطوير أنواع جديدة من الأدوية والمواد الغذائية ذات خصائص تغذوية معينة واستبدال العناصر والمركبات والإنزيمات الصناعية بعناصر كيمائية حيوية صديقة للبيئة، في حين تطورت الجغرافية الاقتصادية الحيوية مع تطور الجغرافية الاقتصادية البيئية وصاحب ذلك ظهور مفهوم جغرافية التحولات نحو الاستدامة ومفهوم العناقيد الحيوية المرتبطة بالمصافي الحيوية.

- انتهت الدراسة إلي أن النشاط الزراعي في ولاية كسلا نشاط قابل للتطور والتوسع في المساحات الزراعية والرعوية ونشاط متنوع نظم الزراعة ما بين الزراعة المطرية الألية والتقليدية والزراعة المروية والفيضية فضلا عن توطن مصنع سكر حلفا الجديدة بها أهم مصادر الكتلة الحية.

- توصلت الدراسة إلي تحليل المحددات الجغرافية لتقييم الكتلة الحية في ولاية كسلا التي تضمنت متغيرات نظم حيازة الأرض ونوع النباتات الطبيعية ونوع التربة ومدي وفرة الموارد المائية وتقلبات الظروف المناخية والاستخدامات الحالية للكتلة الحية وموسمية الإنتاج الزراعي بالولاية.

- انتهت الدراسة إلي تقدير الكتلة الحية في ولاية كسلا بإجمالي 6.35 مليون طن سنويا منها 3.9 مليون طن مخلفات حيوانية و 2.1 مليون طن مخلفات زراعية و385 ألف طن مخلفات صناعة السكر وهي مواد أولية تشكل حجم اقتصادي أمثل لتوطن المصفاة الحيوية في الولاية.

- كشف التحليل متعدد المعايير لعدد20 متغيرا مكانيا عن أن مصنع سكر حلفا الجديدة يشكل أولوية أولي في توطين المصفاة الحيوية في ولاية كسلا يليه إقليم مشروع حلفا الزراعي ومناطق الزراعة المطرية الألية في جنوب الولاية كأولوية ثانية ثم إقليم أكثر اتساعا وانتشارا يشمل غرب الولاية ووسطها وجنوبها الشرقي وشمالها كأولوية ثالثة.

- انتهت نتائج الاستبيان إلي أن المجتمع المحلي وافق بأغلبية العينة علي تأسيس المصفاة الحيوية في كسلا خاصة وأن المخلفات الزراعية لا يستفاد منها بشكل اقتصادي. اقترحت الدراسة المصفاة الحيوية والمشروعات المرتبطة بها (عنقود حيوي متعدد المنتجات الكيماوية الحيوية) للتوطن بجوار مصنع سكر حلفا الجديدة سواء بمواصفات المصفاة الحيوية من الجيل الأول، أو المصفاة الحيوية من الجيل الثاني، أو المصفاة التي تجمع بين الجيلين.

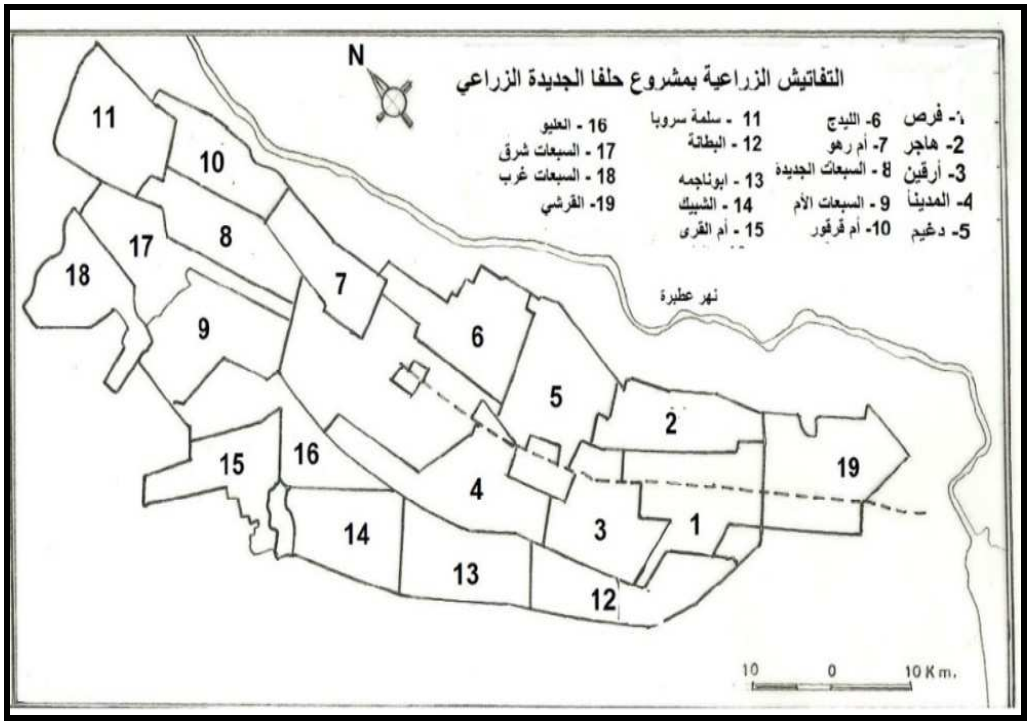
- **التوصيات:**

- ضرورة العمل علي تأسيس العناقيد الحيوية بالقرب من مستعمرات السكر الستة الموجودة في السودان للاستفادة من المخلفات الناتجة عن المصانع والمخلفات الناجمة عن المحاصيل الزراعية لإنتاج وقود حيوي ومنتجات حيوية عالية القيمة سواء مصافي من الجيل الأول أو مصافي من الجيل الثاني أو مصافي تجمع بين الجيلين.
- تعميم فكرة المصافي الحيوية في ولايات السودان للاستفادة من المخلفات الزراعية الضخمة غير المستغلة، وإضافة القيمة إلي منتجات الغابات مصدر الكتلة الحية المهمة بشرط إعادة الاستقرار السياسي للبلاد.
- ضرورة التوعية بأهمية المخلفات والنفايات الزراعية وأنها موارد ومنتجات بل كنوز وثروات لها قيمة وعائد كبير واستغلالها يخفف من أثارها البيئية السلبية ومخاطرها الصحية الكبيرة. وذلك من خلال تفعيل دور الجمعيات الزراعية والإرشاد الزراعي وشركات القطاع الخاص والمؤسسات العلمية والبحثية.
- تشجيع نمط الزراعة التعاقدية بين المزارعين وأصحاب المصافي الحيوية لضمان الحصول علي الكتلة الحية بالكمية والنوعية المطلوبة ، كما يمكن أن تسهم الجمعيات التعاونية الزراعية كمؤسسة تنموية زراعية في تجميع المخلفات الزراعية من المزارعين وتخزينها في مخازن لتوفير الإمداد بالكتلة الحية للمصفاة الحيوية علي مدار العام.
- العمل علي تأسيس مركزا لتجميع المخلفات الزراعية في مدينة القرية في جنوب الولاية، ومركزا لتخزين المخلفات الزراعية في مدينة وقر في شمال الولاية، وإنشاء مركز لتسويق منتجات المصفاة الحيوية في مدينة كسلا. فضلا عن إقامة مركز لتصنيع المخلفات الزراعية في مدينة المصنع في حلفا الجديدة غربي كسلا كما هو موضح في الخريطة ملحق (3).
- تطوير ممرات التنمية الاقتصادية التي تشمل مدن القرية – كسلا – وقر – بورسودان ناحية الشرق، وممر القرية – حلفا الجديدة – الخرطوم ناحية الغرب

تتضمن مشروعات زراعية وصناعية وخدمية ولوجستية مرتبطة بمشروعات المصفاة الحيوية في مدينة المصنع بحلفا الجديدة وتدعمها الخريطة ملحق (3).

- الاهتمام بالبحوث والدراسات التي تتناول موضوعات الجغرافية الاقتصادية الحيوية، وتشجيع طلاب الماجستير والدكتوراة لإنجاز أطروحات علمية في هذا المجال العلمي الجديد.
- ضرورة تطوير نظم الري في ولاية كسلا لتتماشي مع التغيرات المناخية في ولاية تعاني من تذبذب الأمطار لضمان توفير الكتلة الحية بشكل مستدام وليس موسمي.
- الاستفادة من الكتلة الحية في ولاية القضارف التي تستحوذ علي نحو 8 مليون فدان زراعة مطرية ألية تدعم توطن أكثر من مصفاة حيوية في ولاية كسلا.
- الاستفادة من الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء حيث بلغت امكانات الطاقة الشمسية في الولاية أكثر من 1900 ك وس/ م2 والتي يمكن أن تستخدم في تشغيل الطلمبات لري المزارع بالمياه الجوفية من أجل تنوع مصادر الحصول علي الكتلة الحية كما في الخريطة ملحق(2).
- توصي الدراسة بضرورة إنشاء مصانع للمعادن الثقيلة مثل الرمال السوداء ومصانع للمعادن الثمينة لاستخلاص الذهب، وذلك لاستغلال كميات الرواسب الهائلة التي تأتي بها المجاري المائية موسمية الجريان كنهر العطبرة وتقدر 40 مليون طن سنويا وخور القاش 5 مليون طن سنويا وخور بركة 20 مليون طن سنويا وكونوا طبقات من الرواسب الغنية بالمعادن الثقيلة والثمنية. وهو علاج اقتصادي مستدام للمشكلات المزمنة التي أصابت السدود بالإطماء والقنوات بالانسداد. وكذلك الاستفادة من كميات الأخشاب الكبيرة التي تجرفها هذه الأنهار في إمداد المصافي الحيوية بالمواد الأولية.

- **ملاحق الدراسة**



ملحق (1) توزيع التفاتيش الزراعية بمشروع حلفا الجديدة الزراعي
المصدر: هيئة حلفا الجديدة الزراعية ، 2022

صورة (١) اعداد الارض لمحصول القمح في مشروع حلفا الجديدة
المصدر: الدراسة الميدانية ٢٥ نوفمبر ٢٠٢٣

صورة (٢) الحشائش الضارة التي تنتشر في قنوات الري في مشروع حلفا الجديدة
المصدر: الدراسة الميدانية ٢٥ نوفمبر ٢٠٢٣

صورة (٣) الحشائش الضارة وسط المزارع في مشروع حلفا الجديدة
المصدر : الدراسة الميدانية ٢٥ نوفمبر ٢٠٢٣

صورة (٤) قنوات الري في مشروع حلفا الجديدة
المصدر: الدراسة الميدانية ٢٥ نوفمبر ٢٠٢٣

صورة (٥) عملية تحضير الارض للقمح دون التخلص من حطب القطن
المصدر: الدراسة الميدانية ٢٥ نوفمبر ٢٠٢٣

صورة (٦) جمع بقايا حطب القطن في حلفا الجديدة
المصدر: الدراسة الميدانية ٢٥ نوفمبر ٢٠٢٣

صورة (٧) حرق بقايا حطب القطن قبل زراعة القمح
المصدر: الدراسة الميدانية ٢٥ نوفمبر ٢٠٢٣

صورة (٨) النفايات الطبية الخطرة في نهر القاش
المصدر: الدراسة الميدانية ٢ ديسمبر ٢٠٢٣

صورة (٩) محصول العدس في مرحلة الازهار في حلفا الجديدة
المصدر: الدراسة الميدانية ٢ ديسمبر ٢٠٢٣

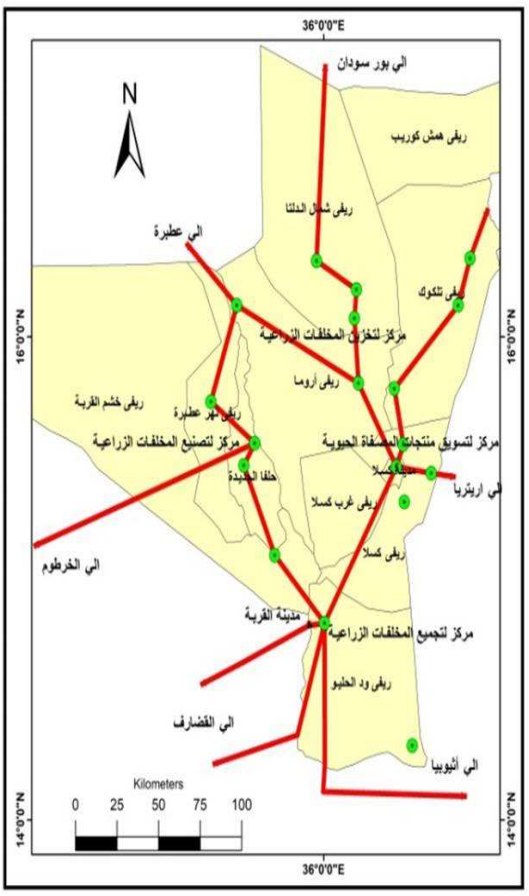
صورة (١٠) محصول القطن بجوار محصول العدس في حلفا الجديدة
المصدر: الدراسة الميدانية ٢ ديسمبر ٢٠٢٣

صورة (١١) محصول الفول السوداني في مرحلة الحصاد في حلفا الجديدة
المصدر: الدراسة الميدانية ٢ ديسمبر ٢٠٢٣

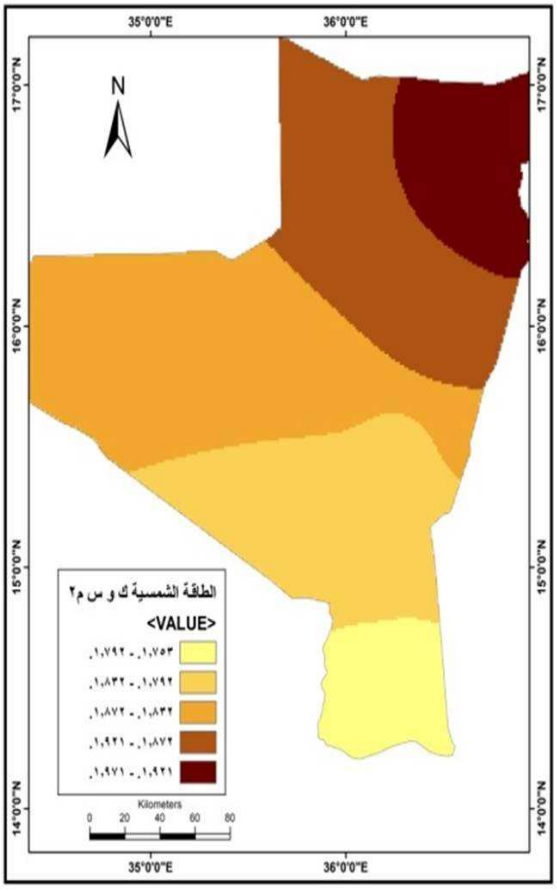
صورة (١٢) المخلفات المتنوعة في نهر القاش
المصدر: الدراسة الميدانية ٢ ديسمبر ٢٠٢٣

ملحق(2) الصور الفوتوغرافية

ملحق (3)



ملحق (٣) رؤية مستقبلية لمحاور التنمية الاقتصادية المرتبطة بالمصفاة الحيوية في ولاية كسلا



ملحق (٢) امكانات الطاقة الشمسية في ولاية كسلا ٢٠٢٢
المصدر: من اعداد الباحثان اعتمادا علي Global Solar Atlas,2022

جامعة القاهرة
كلية الدراسات الافريقية العليا
استمارة استبيان التقييم الجغرافي لامكانات تأسيس المصفاة الحيوية القائمة علي المخلفات الزراعية في ولاية كسلا علي مستوي المزرعة
البيانات الواردة في الاستمارة سرية ولا تستخدم الا لأغراض البحث العلمي فقط

1- عنوان المزرعة: حواشة رقم/ قرية: محلية: ولاية:
2- مساحة المزرعة بالفدان ..... فدان
3- النوع: ذكر( ) (أنثّي) ( )
4- نوع ملكية المزرعة : ملك ( ) ايجار ( ) نوع اخر يذكر ( )

5- المستوي التعلّمي: غير متعلم ( ) حاصل على شهادة تعلّم الكبار( )

أقل من الجامعي ( ) جامعي فأعلى( )

6- ماهو نشاط المزرعة نباتي( ) (حيواني) مختلط (نباتي و حيواني) ( )

7- ماهي المحاصّيل التي تقوم بزراعتها (الدورة الزراعية)----------

8- كم عدد رؤوس الماشية بالمزرعة ( ) في حالة حيوان/ مختلط- الابقار-------- راس

الأغنام --------- راس، الماعز ---------راس، الجمال -------راس حيوانات اخري -------- راس

9- هل لديك إمكانية للوصول للرعاية البيطرية لحيوانات المزرعة - خدمات محدودة ( ) خدمات جيدة ( ) تذكر ----------

10- كيف يتم تسويق منتجات المزرعة

- المزرعة تبيع منتجاتها للسوق المحلي ( ) اذكر اسم السوق - للاستهلاك المنزلي فقط ( )
- المزرعة متعاقدة مع شركة لبيع منتجاتها( ) اذكر اسم الشركة
المزرعة توجه معظم إنتاجها للتصدير ( ) الي اي الدول.....

11- ما هو قيمة الانتاج (الايراد) السنوي للمزرعة-------

- أقل من 100000 جنيه ( ) - من 100000 –وأقل 150000جنية ( )

- من 150000 -200000 جنيه ( ) - أكثر من 200000 جنيه ( )

12- عدد الالات ----والحاصدات----- والجرارات---- والمحاريث----- الات اخري تذكر----------
13- ماهي المشكلات المتعلقة بالانتاج والالات----------

14- عدد العاملين بالمزرعة.....(عامل)
- صاحب المزرعة ( ) - صاحب المزرعة وأسرته ( )

- عمال ( ) - أخري تذكر(.....)

15- من أين تحصل علي العمالة المستوجرة للعمل بالمزرعة - من القري المحيطة ( ) 5 -خارج الولاية( ) تذكر ---------- ----------
16- القيمة المدفوعة في شراء الأسمدة والبذور والمبيدات في سنة الانتاج الاخيرة بالمزرعة----------

17- ما هو قيمة سعر الطن من المحصول ----------

18- ما هو المصدر الذي يمكنك منه الحصول على قرض إذا احتجته - الاصدقاء والاقارب ( ) - البنوك ( ) - الحكومة ( ) - من المشترين للمنتجات ( ) - من منظمات المجتمع المدني ( ) -الجمعيات التعاونية ( ) نظام الشيل مصادر اخري تذكر----------

19- هل تقوم بانشطة اخري تزيد من قيمة المنتجات أو خدمات المزرعة مثل - تصنيع المحاصيل ( ) - أو الحصول علي رسوم من سياحة أو زائرين لها ( ) انشطة اخري تذكر ( ) ----------

20- هل تقوم بانشطة اخري في غير موسم الزراعة : اعمال التجارة ( ) اخشاب الوقود ( ) اعمال خدمية ( ) اعمال اخري تذكر.....

21- ما هي طريقة الحرث المستخدمة – حرث عميق ( ) –سطحي ( ) -بدون حرث ( )

22- ما هو نوع السماد الرئيسي المستخدم في المزرعة - سماد طبيعي حسب احتياج النبات( ) - -مزيج من السماد الطبيعي والكمياوي ( ) -سماد كيماوي حسب احتاج النبات( ) - -لا يستخدم سماد( )

23- لتحسين خصوبة التربة يتم استخدام - محاصيل مخصبة للتربة ( ) - النباتات المعمرة ( ) - التداخل بين المحاصيل( ) - الدورة الزراعية( ) - اراحة الارض( ) طرق اخري ----------

24- ما هي الطرق المستخدمة للحفاظ علي التربة)تحسين الصرف الزراعي ( ) - استخدام الاسمدة العضوية( ) - زراعة الشجيرات في المناطق العارية( ) - ترك التربة عارية بين المحاصيل( ) طرق اخري تذكر ----------

25- ماهي المشكلات المتعلقة بالتربة في ولاية كسلا----------

26- ما هي طريقة التعامل مع امراض للمحاصيل الرئيسية والحيوانات بالمزرعة -وجود فحص دوري عن الامراض( ) - استخدام المصايد والمبيدات الطبيعية( ) – خلق أماكن للمفترسات المفيدة للافات بالمزرعة( ) - استخدم المبيدات الكيماوية المناسبة لكل محصول أو حيوان( ) -استخدم المبيدات الكيماوية بشكل وقائي للمحاصيل والحيوانات ( ) طرق اخري تذكر----------

27- ما هي مصادر الحصول علي البذور الخاصة بالمحاصيل والسلالات للحيوانات المستخدمة بالمزرعة - تخزن بواسطة المزارع( ) ، من بنك البذور المحلي ( ) من برامج تربية سلالات الحيوانات( ) من المصادر المحلية ( ) المصادر غير المحلية ( ) محاصيل الموسم الماضي ( )

28- ما هي طرق الري المستخدمة بالمزرعة (ري يدوي ( ) - ري سطحي ( ) ري بالتنقيط ( ) طرق اخري تذكر ----------

29- تستخدم في الري الحفائر ما هي طاقتها --- الخزانات سعتها ------ الابار طاقتها- -----

30- هل تستخدم مصادر الطاقة المتجددة في المزرعة - الطاقة الشمسية ( ) طاقة الرياح ( ) مخلفات المزرعة( ) مصادر اخري للطاقة تذكر----------

31- ماهي نسبة فاقد المحاصيل بعد الحصاد - أكثر30%( ) 30-10% ( ) أقل% (10 ( )

32- ما هي مدة المسافة التي ّتم قطعها للحصول علي مياه آمنة وصالحة للشرب - في موقع المزرعة ( ) -فترة 5 دقائق وأقل من 20 دقيقة ( ) - أكثر من 20 دقيقة( )

33- ما هي مدة المسافة التي تقطعها للحصول علي الرعاية الصحية (ممرضة- دكتور -وحده صحية) - ساعة بحد أقصي ( ) من 1 -ساعة 3 -أكثر من 3 ساعات ( )

34- ماهي المسافة التي تقطعها للوصول الي اقرب طريق مرصوف اقل من 1 كم ( ) 1-2 كم ( ) اكثر من 2 كم ( )

35- ما هي طرق التخلص من المخلفات بالمزرعة ( ) - تستخدم للتسميد العضوي( ) - توزيع المخلفات علي أرض المزرعة ( ) – القائها في الترع والمصارف المكشوفة( ) - تجميعها وحرقها ( ) التخزين في المنازل ( ) طرق اخري تذكر.....

36- ما هي انواع المخلفات الزراعية لديك في المزرعة: بقايا احطاب المحاصيل ( ) روث الحيوانات ( ) عروش الخضر والفاكهة ( ) تبن المحاصيل واوراقها ( ) قش المحاصيل ( ) انواع اخري تذكر.....

37- ما هي نسبة الاستفادة من المخلفات الزراعية : الاستفادة بنسبة 100% ( ) الاستفادة بنسبة 50% ( ) الاستفادة بنسبة 30% ( ) لا يستفاد من المخلفات ( )

38- ما هي كمية المخلفات من المحاصيل الزراعية: اكثر من 20 الف كجم للهكتار ( ) مابين 15- 20 الف كجم للهكتار ( ) ما بين 10 -15 الف كجم للهكتار ( ) اقل من 10 الاف كجم للهكتار

39- ماهي وسائل النقل التي تستخدم في التخلص من المخلفات الزراعية: الحيوانات ( ) الجرارات ( ) اللوريات ( ) وسائل اخري تذكر .....

40- هل توجد مناطق لتجميع المخلفات المرتبطة بالمحاصيل الزراعية تجمع في المزرعة ( ) تجمع في موقع قريب من المزرعة ( ) تجمع في القرية المجاورة ( ) موقع اخر يذكر .....

41- ما هي طرق الاستفادة من روث الحيوانات: تستخدم كوقود ( ) تستخدم كسماد عضوي للارض ( ) لا يستفاد منها ( ) استخدامات اخري ( ) تذكر.....

42- اين يتم التخلص من روث الحيوانات : في موقع المزرعة ( ) موقع قريب من المزرعة ( ) تباع الي متعهد ( ) اماكن اخري ( ) تذكر .....

43- ماهي المزايا التي تعود عليك من الاستفادة من المخلفات الزراعية : الحصول علي دخل اضافي ( ) توفير مصدر للاعلاف او اسمدة رخيصة ( ) نظافة المكان ( ) الحد من الاضرار البيئية ( ) مزايا اخري تذكر.....

44- ماهي الاضرار الناتجة عن عدم الاستفادة من المخلفات الزراعية : انتشار الحشرات ( ) ظهور الامراض ( ) اشغال المساحات ( ) اضرار اخري تذكر.....

45- هل توافق علي تأسيس مصفاة حيوية من المخلفات الزراعية لانتاج الوقود الحيوي في ولاية كسلا : نعم اوافق ( ) لا اوافق ( ) ممتنع عن الادلاء بالراي ( )

46- هل ستؤثر المصفاة الحيوية القائمة علي المخلفات الزراعية علي : توافر الاعلاف للحيوانات ( ) مصادر الاسمدة العضوية للارض ( ) مصادر الوقود من الكتلة الحية ( ) تاثيرات اخري تذكر.....

47- ما هو افضل موقع لانشاء المصفاة الحيوية القائمة علي المخلفات الزراعية : مدينة كسلا ( ) مدينة وقر ( ) مدينة حلفا الجديدة ( ) مدينة خشم القربة ( ) مدينة اخري تذكر .....

48- ماهي مقترحاتك للمشروعات التي تتوطن بجوار المصفاة الحيوية: مشروعات صناعات كيماوية ( ) مشروعات صناعات دوائية ( ) مشروعات مستحضرات التجميل ( ) مشروعات اخري تذكر.....

49- ماهي مقترحاتك للانشطة الاقتصادية للنهوض والتنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة بولاية كسلا---

---

50- ماهي الملاحظات الميدانية والرصد الحقلي التي يمكن تفيد وتضيف الي موضوع المصفاة الحيوية القائمة علي المخلفات الزراعية في ولاية كسلا----------

---

نشكركم علي حسن تعاونكم

- **المصادر والمراجع العربية وغير العربية**

1- الأمين، سمية محمد مصطفى ، عثمان، أسامة محمد زين، و حمد النيل، أمل أيوب محمد (2021). الأثر الاقتصادي والاجتماعي لإنتاج القطن المحور وراثيا على مزارعي مشروع حلفا الجديدة الزراعي، ولاية كسلا- السودان، مجلة الميادين الاقتصادية، مجلد 4، عدد 1: 33 - 49 .

2- الحداد، محرم وأخرون، يناير (2021)، الثورة الصناعية الرابعة: الذكاء الاصطناعي والتحول الرقمي، سلسلة السياسات في التخطيط والتنمية المستدامة الاصدار 8 .

3- اليونيدو، (2020)، تقرير التنمية الصناعية في العالم عام 2020، التصنيع في العصر الرقمي، فيينا.

4- بنك السودان المركزي(2022) ، التقرير السنوي 2021، الخرطوم.

5- خشبة، ماجد، وأخرون، يوليو (2022) ، تطبيقات التكنولوجيا الحيوية ودورها في دعم التنمية المستدامة في مصر، سلسلة قضايا التخطيط والتنمية عدد 342.

6- خوجلي، إبراهيم عبداللطيف عبدالمطلب، و محمود، أسمهان عبدالله عبدالمطلب. (2021). واقع الزراعة في السودان: دراسة حالة ولاية كسلا في الفترة من 2014 - 2018 م الأهمية- المميزات-المشكلات، مجلة جامعة البطانة للعلوم الإنسانية والاجتماعية، ع 18 : 222 - 24.

7- دسوقي، نهي و عبدالجواد، مني،(2018)، دراسة اقتصادية لتدوير المخلفات الزراعية لأهم المحاصيل الحقلية بمحافظة الفيوم، المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي،المجلد 28، العدد4ب: 2153-2166.

8- دوس، باسم، (2019)، العائد الاقتصادي لتدوير أهم المخلفات النباتية في محافظة أسيوط، ، المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي،المجلد 29، العدد 3: 1337-1348.

9- عبد الرحيم، عبدالرحيم حسن(2004)، تقويم نظام الانتاج لمصنع سكر حلفا الجديدة من عام 1995-2002 رسالة ماجستير كلية العلوم الادارية جامعة ام درمان الاسلامية.

10- عبدالجليل ، عمر أحمد. (2015). دور مشروع حلفا الجديدة الزراعي في تنمية قطاع الثروة الحيوانية بالمنطقة، مجلة الدراسات الإنسانية، ع 13 ،249 - 272.

11- ----------. (2012). تقويم نشاط الزراعة المطرية التقليدية فى محليتى نهر عطبرة وحلفا الجديدة – ولاية كسلا.مجلة جامعة كسلا، ع 2، 52 – 70.

12- فضل المولى، آمال جاد الرب علي. (2022). الصناعات المرتبطة بمخلفات صناعة السكر في مصانع السكر في السودان. مجلة القلزم للدراسات الجغرافية والبيئية، ع 10 ، 79- 98 .

13- ----------. (2021). الرؤية المستقبلية لتطوير صناعة السكر في السودان. مجلة القلزم للدراسات الجغرافية والبيئية، ع 5 ، 85- 108 .

14- وزارة المالية والقوي العاملة اصدار اغسطس 2022.، الادارة العامة للسياسات والبرامج بالتعاون مع الجهاز المركزي للاحصاء، العرض الاقتصادي والاجتماعي 2017-2021، ولاية كسلا.

15- وزارة المالية والقوي العاملة اصدار 2019.، الادارة العامة للسياسات والبرامج، العرض الاقتصادي والاجتماعي 2014-2018، ولاية كسلا.

16- مبشر، فوزي محمود (2022)، أساليب إدماج أهداف ايشي للتنوع البيولوجي لتحقيق التنمية المستدامة في ولاية كسلا، رسالة دكتوراة غير منشورة قسم الجغرافيا كلية الأداب جامعة أمدرمان الإسلامية.

17- مرسي، دعاء وأخرون، (2016)، دراسة اقتصادية لتدوير المخلفات الزراعية في مصر(دراسة حالة لتدوير قش الأرز بمحافظة القليوبية)، المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي،المجلد 26، العدد 4: 1826-1842.

- **References**

1- Ajao, O. Marinova, M. Savadogo, O.and Paris, j. (2018). Hemicellulose based integrated forest biorefineries: Implementation strategies, Industrial Crops & Products Journal, 126: 250–260.

2- Aguilar, A & Twardowski, T. (2022). Bio economy in a changing word, EFB Bio economy Journal, 2: 1-6.

3- Amarnath, G. Simons, G. Alahacoon, N. Smakhtin, V. Sharma, B. (2018). Using smart ICT to provide weather and water information to smallholders in Africa: The case of the Gash River Basin, Sudan, Climate Risk Management Journal, 22: 52–66.

4- Ayrapetyan, D. et al (2022). The role of sustainability in the emergence and evolution of bio-economy clusters: An application of a multi-scalar framework, Journal of Cleaner Production Journal, 376: 1-13.

5- Bridge, G. (2008). Environmental Economic Geography: A sympathetic critique, Geoforum Journal, 39: 76–81.

6- Conteratto, C. et al, (2021). Bio-refinery: A comprehensive concept for the sociotechnical transition toward bio-economy, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 151: 1- 10.

7- Deka, T. et al, (2023). Assessment of bioenergy and syngas generation in India based on estimation of agricultural residues, Energy Reports 9: 3771–3786.

8- El Arifi, S. (1988). Problems in planning extensive agricultural projects: the case of New Halfa, Sudan, Applied Geography Journal, 8: 37-52.

9- Etzold, H. R¨oder, L. Oehmichen, K. and Nitzsche, R. (2023). Technical design, economic and environmental assessment of a bio-refinery concept for the integration of bio-methane and hydrogen into the transport sector, Bio-resource Technology Reports, 22:1-11.

10- Fradj, N. et al. (2020). Miscanthus in the European bio-economy: A network analysis, Industrial Crops & Products Journal, 148 : 1-30.

11- Fraske, T. (2022). Industry 4.0 and its geographies: A systematic literature review and the identification of new research avenues, Digital Geography and Society Journal, 3: 1-11.

12- Freitasa, J. Bilatto, S. Squinca, P. Pintoet, A. al, (2021). Sugarcane bio refineries: potential opportunities towards shifting from wastes to products, Industrial Crops & Products Journal, 172:1-20.

13- Ghebreamlak A. Z. Tanakamaru, H. Tada, A. Adam, B. and Elamin, K. (2018). Performance assessment of the Gash Delta Spate Irrigation System, Copernicus Publications, the International Association of Hydrological Sciences, 376: 69–75.

14- Gonzales, D. & Searcy, S. (2017). GIS-based allocation of herbaceous biomass in bio-refineries and depots, Biomass and Bioenergy Journal, 97: 1-10.

15- Gibbs, D. &Healey, (1997). Industrial geography and the environment, applied geography Journal, Vol.17, No.3.

16- Gould, H. et al, (2023). Trends and policy in bio economy literature: A bibliometric review, EFB Bio economy Journal, 3:1-12.

17- Haroni, S. Dizaji, H. Bahrami, H. and Alriols, M. (2021). Sustainable production of cellulose nanofiber from sugarcane trash: Aquality and life cycle assessment, Industrial Crops & Products, 173: 1-12.

18- Hassan, E& El Shamy, M. (2011). Application of Hydrological Models for Climate Sensitivity Estimation of the Atbara Sub-basin, in A.M. Melesse (ed.), Nile River Basin, Springer Science+Business Media, New York: 227-240.

19- Hiloidhari, M. Baruah, D. Singh, A. Kataki, S. Medhi, K. Kumari, S. et al, (2017). Emerging role of Geographical Information System (GIS), Life Cycle

Assessment (LCA) and spatial LCA (GIS-LCA) in sustainable bioenergy Planning, Bio-resource Technology Journal, 242:218-226.

20- Kircher, M. el al, (2022) KBBE: The knowledge-based bio economy: Concept, status and future prospects, EFB Bio economy Journal, 2 : 1-8.

21- International Fund of Agricultural Development (IFAD). (2004).Gash Sustainable Livelihoods Regeneration Project (GSLRP): Target Group and Project Description, Rome.

22- Lang, C. (2022). Bio economy - from the Cologne paper to concepts for a global strategy, EFB Bio economy Journal, 2: 1-6.

23- L´opez-Linares, J. et al. (2023). Development of a bio refinery from olive mill leaves: Comparison of different process configurations, Industrial Crops & Products Journal, 200: 1-9.

24- Lakner, Z. et al, (2021). The structural change of the economy in the context of the bio economy, EFB Bio economy Journal, 1: 1-8.

25- Lovrak.A.et al, (2020). A Geographical Information System (GIS) based approach for assessing the spatial distribution and seasonal variation of biogas production potential from agricultural residues and municipal bio-waste, Applied Energy Journal, 267: 1- 12.

26- Mariame, F. (2014). Energy Generation and Boiler Efficiency Improvement in Metahara Sugar Factory, Proc. Ethiop. Sugar. Ind. Bienn. Conf., 2: 67 – 78.

27- Ministry of Water Resources & Electricity, Sudan Potentials, Opportunities and challenges in Energy field, 10th German-African Energy Forum-Hamburg, April 26-27th 2016.

28- Morakile, T. Mandegari, M. Farzad, S. and Görgens, J. (2022). Comparative techno-economic assessment of sugarcane bio-refineries producing glutamic acid, levulinic acid and xylitol from sugarcane, Industrial Crops & Products Journal, 184: 1- 15.

29- Osman, A. Elgarahy, A. Eltaweil, A. Abd El□Monaem, E. et al, (2023). Biofuel production, hydrogen production and water remediation by photo-catalysis, bio-catalysis and electro-catalysis, Environmental Chemistry Letters, 21:1315–1379.

30- Osman, A, Mehta, N. Elgarahy, A. Al□Hinai, A. Al□Muhtaseb, A. and Rooney,D. (2021), Conversion of biomass to biofuels and life cycle assessment: a Review, Environmental Chemistry Letters , 19:4075–4118.

31- Patermann, C. & Aguilarb, A. (2018). The origins of the bio economy in the European Union, New Biotechnology Journal, 40 : 20–24.

32- Piedrahita-Rodríguez, S. et al, (2023). Life cycle assessment and potential geo-location of a multi-feedstock bio-refinery: Integration of the avocado and plantain value chains in rural zones, Bio-resource Technology Reports Journal, 21: 1- 10.

33- Pinales-M´arquez, C. et al, (2021). Circular bio economy and integrated biorefinery in the production of xylooligosaccharides from lingocellulosic biomass: A review, Industrial Crops & Products Journal, 162: 1-17.

34- Pyka, A. et al, (2022). Modeling the bio economy: Emerging approaches to address policy needs, Journal of Cleaner Production Journal, 330: 1 -13.

35- Rabah, A., Nimer, H. Doud, K. Ahamed, Q.(2016).Modelling of Sudan’s Energy Supply, Transformation, and Demand, Journal of Energy:1-16.

36- Romero, C. et al, (2023). A spatial approach for integrating GIS and fuzzy logic in multi-criteria problem solving to support the definition of ideal areas for Bio-refinery deployment, Journal of Cleaner Production Journal, 390: 1-11.

37- Rosillo-Calle, F. et al, (2007). The Biomass Assessment Handbook: Bioenergy for a Sustainable Environment, Earthscan, London.

38- Sharma, B. Birrell, S. and Miguez, F.(2017). Spatial modeling framework for bioethanol plant siting and biofuel production potential in the U.S, Applied Energy Journal, 191 : 75–86 .

39- Stegmann, P. et al. (2020). The circular bio economy: Its elements and role in European bio economy clusters, Resources, Conservation & Recycling Journal: X 6:1-17.

40- Serrano-Hernandez, A. et al, (2021). Solving a Bio-refinery Location Problem Case in Spain: Uncertainty in Strategic Decisions, Transportation Research Procedia Journal, 52 : 67-74.

41- Sahoo, K. et al, (2016). GIS-based biomass assessment and supply logistics system for a sustainable bio-refinery: A case study with cotton stalks in the Southeastern US, Applied Energy Journal, 182:260–273.

42- Vance, C. Sweeney, J. and Murphy, F. (2022). Space, time, and sustainability: The status and future of life cycle assessment frameworks for novel bio-refinery systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews Journal, 159; 1-15.

43- Wallin, M. (2014). Resettled for Development: The Case of New Halfa Agricultural Scheme, Sudan, Nordic Africa Institute, Uppsala University.

44- Werpy, T., Petersen, G.,(2004). Top Value Added Chemicals from Biomass. U. S. Dep.Energy. https://doi.org/10.2172/926125.

45- Wei, X. et al. (2022). Knowledge mapping of bio economy: A bibliometric analysis, Journal of Cleaner Production Journal, 3, 73: 1-11.

46- World bank data , at web site https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/sudan

47- Zheng, Y. & Qiu, F. (2020). Bioenergy in the Canadian Prairies: Assessment of accessible biomass from agricultural crop residues and identification of potential Bio-refinery sites, Biomass and Bioenergy Journal, 140: 1-15.