International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation.

Ferdowsi University Mashhad/ The second International Conference
Artificial Intelligence: Between Scientific Innovation and Human Responsibility

The Legal Framework for Protecting Organic Carbon Stocks in Agricultural Soils: An Applied Study on Palm Groves in Karbala using Geospatial Techniques

Maysoun Abdul Karim Mahmoud [1*], Dr. Sundus Imran Muhammad Saeed Al-Turaihi [2]
[1-2] Republic of Iraq Ministry of Higher Education and Scientific Research University of Karbala, Center for Strategic Studies, Iraq

* Corresponding Author: **Maysoun Abdul Karim Mahmoud**

Article Info

ISSN (Online): 2582-7138
Impact Factor (RSIF): 7.98
Volume: 06
Issue: 06
November - December 2025
Received: 29-09-2025
Accepted: 31-10-2025
Published: 27-11-2025
Page No: 115-123

Abstract

The interest in and expansion of palm tree cultivation represents one of the most important perennial crops. It has led to projects that have received support and encouragement through leading agricultural initiatives in Iraq. The environment is one of the most fundamental pillars of stable and secure life and a core foundation for ensuring human health and the sustainability of natural resources for future generations. Agricultural soil is among the primary environmental elements that directly contribute to the sustainability of ecological and food systems, particularly through its capacity to store soil organic carbon, which constitutes an essential part of the global carbon cycle.

With the growing international concern over climate change, the importance of soil organic carbon stocks has doubled, as they represent one of the natural solutions for offsetting greenhouse gas emissions. In this context, it has become necessary to strengthen legal frameworks that ensure the protection of this vital stock from depletion, especially in developing countries that rely heavily on agricultural activity, including Iraq.

This scientific legal research study does not aim merely at protecting the soil; it goes beyond that to enhance the relationship between humans and their land, between law and the environment, and between agriculture and technology. Justice in our current era is no longer measured only in courtrooms, but also in soil maps, carbon ratios, and in the silent work of farmers who produce a livable environment for future generations. In other words, it seeks environmental-agricultural justice that does not deprive future generations of stored wealth.

Through this research, we seek to examine existing environmental and agricultural legislation, present some modern legal proposals and mechanisms compatible with the requirements of sustainable development, with a focus on the importance of integrating scientific innovation into the formulation of public policies to achieve a balance between exploiting resources and protecting them within the framework of shared human responsibility toward the environment.

The study combines the legal dimension and environmental policies on one hand, with modern technologies in artificial intelligence on the other, to provide a qualitative scientific contribution in supporting quality and sustainable development.

In the Karbala Governorate, palm groves represent traditional agricultural systems with high efficiency in preserving carbon in the soil. However, the absence of explicit legal policies in this field, coupled with the limited use of modern technologies such as Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS), has contributed to the continued degradation of soil organic properties.

Accordingly, this research addresses the legal framework for protecting soil organic carbon stocks in agricultural lands, with an applied case study on palm groves in Karbala using modern scientific and technological tools.

Keywords: Environmental Law, Palm Groves, Soil Organic Carbon, Carbon Sequestration, Geospatial Technologies, GIS

Introduction

تعد البيئة أحد اهم مقومات الحياة المستقرة والأمنة واساساً جوهرياً لضمان صحة الانسان واستدامة الموارد الطبيعية للأجيال القادمة، ويتزايد الاهتمام العالمي اليوم بمخزون الكاربون العضوي في التربة باعتباره أداة مهمة في مواجهة التغيرات المناخية وتعزيز الامن الغذائي. فالعراق مثله مثل باقي الدول، يواجه تحديات كبيرة في إدارة موارده البيئية، وخاصة في القطاع الزراعي الذي يشكل عنصراً رئيسياً في الاقتصاد الوطني، وهذه نقطة تنبع منها أهمية دراستنا في البحث ضمن

الإطار القانوني المنظم لهذا النطاق، وتحديداً في محافظة كربلاء التي تضم مساحات واسعة من بساتين النخيل القادرة على خزن كميات كبيرة من الكاربون العضوي في تربتها، والتي يمكن تتبعها ومراقبتها بدقة باستخدام التقنيات الجيومكانية الحديثة بالاعتماد على المؤشرات الطيفية المستخدمة في مراقبة تغيرات الاغطية الأرضية من خلال انتاج خرائط مكانية للكاربون العضوي في التربة وتنظيم استخدام الأراضي قانونيا المحتوية على الكاربون العضوي المغطى نباتياً.

مشكلة الدراسة:

هل يوفر الإطار القانوني العراقي الحالي سواء الوطني ام المحلي حماية كافية لمخزون الكاربون العضوي في التربة الزراعية، وخاصة في بساتين النخيل في كربلاء، في ظل غياب التشريعات البيئية المتخصصة؟

اهمية الدراسة:

تسليط الضوء على الجانب القانوني الغير مفعل في حماية البيئة والتربة، وإدخال التقنيات الجيومكانية كوسائل إثبات علمي لدعم السياسات والتشريعات، مع دعم الخطط الوطنية لتحقيق أهداف التنمية المستدامة واتفاق باريس للمناخ. وتأتي الأهمية بعدة جوانب منها العلمية حيث يتم ربط هذه الدراسة بين العلوم الزراعية (في المجال القانوني البيئي والاهمية الأخرى هي قانونية بتسليط الضوء على النقص التشريعي في RS وGISوالبيئية والقانون بتعزيز استخدام تقنيات موضوع حيوي يتعلق بالتزامات العراق المناخية والتنموية بالإضافة الى الأهمية التطبيقية من خلال دراسة حالة ميدانية يمكن ان تكون نموذجاً للسياسات قانونية مستقبلية مستند الى بيانات علمية دقيقة.

الأهداف والفرضيات للدراسة:

تحليل الوضع القانوني العراقي بشأن حماية التربة ومكوناتها العضوية، وبيان دور التقنيات الجيومكانية في مراقبة وإدارة مخزون الكاربون العضوي، وتوثيق حالة بساتين النخيل في كربلاء كمصدر مهم للكاربون العضوي بالإضافة الى اقتراح تعديلات او أضافات تشريعية لحماية هذا المورد الحيوي. اما فرضيات الدراسة فالافتقار الى نصوص قانونية متخصصة في حماية الكاربون العضوي في التربة يؤدي الى إهمال هذا المورد الحيوي، ويمكن ان يسهم الربط بين القانون والتقنيات الجيومكانية في سد هذه الفجوة.

منهجية الدراسة:

تم اعتماد المنهج التحليلي للنصوص القانونية الدستورية والتشريعية الأخرى ذات العلاقة الوطنية حيث تم الاعتماد على تحليل الفكرة للموضوع المسندة للنص القانوني المعالج والموقف الفقهي المنصب عليها مع التطرق الى التشريعات العراقية والاتفاقيات الدولية ذات الصلة مع الاعتماد على المنهج العلمي التطبيقي لتحليل بيانات حقيقية من تربة بساتين النخيل في كربلاء مع استخدام منهج مقارن للاطلاع على تجارب الدول التي GISباستخدام صور الأقمار الصناعية وخرائط وضعت تشريعات لحماية الكاربون العضوي في التربة. حيث تم وضع حدود لدراستنا شملت مكان الدراسة في حدود بساتين محافظة كربلاء بدراسة تحليلية للواقع الراهن بفترة زمنية من عام 1985 ولغاية عام 2022 وتم تحديد الموضوع بالكاربون العضوي وليس الكاربون الجوي او النباتي حيث تم تقسيم بحثنا الى مبحثين خصصنا في الأول لدراسة الاطار المفاهيمي والعلمي للكاربون العضوي في التربة وقسمناه الى مطلبين بحثنا في اولاه عن تعريف الكاربون العضوي مصادره وأهميته البيئية حيث تم البحث فيه بفرعين بحثنا في الفرع الأول عن تعريف الكاربون العضوي وبحثنا في فرعه الثاني عن مصادره وأهميته البيئية اما في المطلب الثاني التقنيات الجيومكانية ودورها في تقديره وخصائص ترب كربلاء، وبحثناه بفرعين كان الأول عن التقنيات الجيومكانية ودورها في تقديره وبحثنا في الفرع الثاني الكاربون في بساتين النخيل (خصائص ترب كربلاء) اما ما خصصناه في المبحث الثاني هو البحث عن الاطار القانوني لحماية التربة في العراق، وبحثناه بمطلبين خصصنا في اوله القوانين البيئية والزراعية ذات العلاقة وبحثنا في فرعه الأول عن قصور التشريعات العراقية في حماية الكاربون العضوي أما في فرعه الثاني بحثنا أثر غياب النصوص على الممارسات الزراعية وبحثنا في المطلب الثاني عن وصف بساتين كربلاء باستخدام صور الأقمار الصناعية ونظم GIS ، وبحثنا في فرعه الثاني عن ربط GIS لتقدير الكاربون العضوي بحثنا في فرعه الأول عن وصف بساتين كربلاء باستخدام صور الأقمار الصناعية ونظم النتائج بالتنظيم القانوني واتممناها بخاتمة تطرقنا فيها الى أهم التوصيات والاقتراحات لعلها تضفي للمعرفة وللمهتمين شيئاً وتستحدث تشريعات ذات رؤية مستقبلية لدمج التقنية بالقانون البيئي والزراعي.

المبحث الأول: الإطار المفاهيمي والعلمي للكربون العضوي في التربة

ان فكرة تقدير محتوى الكربون العضوي في التربة في البيئة الصحراوية تعتمد على العمر الزمني فعندما تزداد فترة تكوين التربة في تلك المناطق يقل محتوى الكربون العضوي في التربة بشكل متكرر ويعتمد زيادة محتوى الكربون العضوي على كمية المواد العضوية المدخلة إلى التربة والعمق العميق في التربة التي تسهم في تحسين وحماية المحتوى العضوي من التحلل لذا، تعد الإدارة المستدامة للأراضي حلاً لعزل الكربون العضوي من الغلاف الجوي ونقله إلى التربة من خلال النباتات وبقاياها والمواد العضوية الأخرى وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تؤدي الإدارة المستدامة للأراضي إلى زيادة الإنتاجية من خلال تحسين كفاءة استعمال المياه ودورة المغذيات وتوفير الموارد اللازمة لإنتاج المحاصيل وتعزيز التنوع النباتي وتحسين الأمن الغذائي وتعمل التربة الصحية على إنتاج غذاء صحي ودعم حياة صحية وتعزيز بيئة صحية[i].

ان أهمية مخزون الكربون في التربة كمساهم في رصد تقدم بعض أولويات أهداف التنمية المستدامة المهمة وتشمل هذه الأولويات:

- التكيف مع تغير المناخ والتخفيف من حدته: يعد مخزون الكربون في التربة عاملاً مهمًا في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتخفيف تأثيرات تغير المناخ. فعندما يتم تخزين الكربون العضوي في التربة، يساهم ذلك في تقليل تركيز ثاني أكسيد الكربون في الجو، مما يساعد على تقليل ارتفاع درجات الحرارة العالمية.
- الأمن الغذائي والتغذية: لمخزون الكربون في التربة أثر مهم في إنتاج المحاصيل الزراعية وتحسين خصوبة التربة. تساهم الكميات العالية من الكربون العضوي في التربة في توفير المواد الغذائية اللازمة لنمو النباتات، وتسهم في تعزيز الأمن الغذائي وتحسين التغذية.
- الاستعمال المستدام للأراضي والغابات والنظم الايكولوجية الأرضية الأخرى: يعد مخزون الكربون العضوي في التربة جزءًا مهماً من مؤشرات الرصد العالمي لصافي انبعاثات غازات الدفيئة في قطاع الزراعة واستعمال الأراضي. يمكن استعماله كمؤشر لتقويم استدامة استعمال الأراضي والغابات وحماية بشكل عام، يعكس تركيز الكربون العضوي في التربة أهمية الاستدامة البيئية والزراعية، ويمكن أن يكون مؤشرًا قويًا النظم الايكولوجية الأرضية الأخرى. لتحقيق أهداف التنمية المستدامة فيما يتعلق بالتكيف مع تغير المناخ، والأمن الغذائي، والاستعمال المستدام للأراضي والغابات، والنظم الايكولوجية الأرضية الأخرى[ii].يتم إدخال الكربون إلى التربة من خلال عدة مصادر أحد هذه المصادر هو البناء الضوئي لثاني أوكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي عن طريق النباتات المتواجدة في الغطاء النباتي بالإضافة إلى ذلك، يتم توريد الكربون إلى التربة من خلال ترسب المخلفات الميكروبية والنباتية والتعديلات العضوية مثل روث الحيوانات والمخلفات الحيوية المضافة إلى الترب الزراعية[iii]. يتم التعبير عن كمية الكربون المدخل إلى التربة عادة بالنسبة المئوية من الوزن، مثل غرام الكربون لكل كيلوغرام من التربة[iv].

المطلب الأول: تعريف الكاربون العضوي مصادره واهميته البيئية

تمثل التربة أكبر تجمع للكربون بين النظم البيئية الأرضية، ولذلك يعد الحفاظ على هذا الكربون ضروريًا للحفاظ على استدامة البيئة. تتطلب المبادئ الأساسية للحفاظ على خدمات النظم البيئية التخطيط السليم لإدارة الأرض، من خلال استثمار مواردها المتاحة بشكل مستدام ويهدف ذلك التخطيط إلى تحقيق أقصى إنتاج من الأراضي، وضمان توفير وتأمين الغذاء، وفي الوقت نفسه يعمل على تقليل تدهور واستنزاف الأرض تحقيق التوازن بين استعمال الأرض والحفاظ على الموارد ذات القيمة الاقتصادية والبيئية يكون ضروريًا، خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، لذا يكون تحسين محتوى الكربون العضوي في التربة وفهم كمياتها أمرًا حيويًا يسهم ذلك في حماية القطاع الزراعي من خلال الاستفادة الأمثل من الأراضي ورصد التأثيرات المترتبة عن التغيرات المناخية وللغطاء النباتي أثر مهم في هذا السياق حيث يؤثر بشكل كبير في تحديد مدخلات المادة العضوية وبالتالي تشكيل الكربون العضوي في التربة يتأثر ذلك بخصائص التربة الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية، خاصة في الاعماق العليا من التربة. واظهرت البحوث والدراسات المتعددة أهمية دراسة وتقدير كميات الكربون العضوي في التربة على مدى سنوات عديدة لضمان الحفاظ على استدامة الأنظمة البيئية والحفاظ على توازن النظم البيئية[v].

الفرع الأول: تعريف الكربون العضوي

يُعرّف مصطلح "مخزون الكربون العضوي" (SOC stock) كخزان أو نظام قادر على التراكم أو إطلاق الكربون، والذي يُعدُّ مؤشّراً على مدى تدهور الأراضي والتربة، تتميز جميع أنواع التربة بتجمعات لمخزون الكربون العضوي، وهذا يحدث بشكل مستقل عن الأنواع الأخرى من التربة ويختلف تحلل المادة العضوية في التربة (SOM)، وكذلك مصادرها، من حيث المكان والزمان وعلى نطاقات مختلفة. ويتوقف هذا التحلل على الظروف البيئية مثل التضاريس ونوع الغطاء السطحي ونوع استعمال الأراضي، الذي يؤثر بشكل رئيسي على استنفاذ الكربون العضوي. يكون لهذا الدور تأثير سلبي مباشر على التربة وخصوبتها وإنتاجيتها، فضلاً عن جودتها الشاملة[vi].

عرّف (SOC) مصطلح الكربون العضوي في التربة نسبة 58 % من المادة المتحللة من أصول عضوية ذات احجام مختلفة وبشكل عام يشكل كمية الكربون العضوي في التربة العضوية، والكربون في المادة العضوية عبارة عن خليط من المواد العضوية والدبال وجذور النباتات الدقيقة والكتلة الحيوية الميكروبية الحية والمواد المتحللة او المحروقة وكذلك الفحم[vii].

SOC هو جزء كبير من الكربون العضوي في التربة المعروف أيضًا بـــ (SOC)، يستمد من النباتات خاصةً من جذورها يشارك الكائنات الحية الدقيقة في التربة والحيوانات الميتة وفضلاتها أيضًا في إثراء مخزون الكربون في التربة، بالإضافة إلى المواد العضوية التي يكون حجمها عادة أقل من 2 ملم، يتم استعمال مصطلح الكربون العضوي في التربة (SOC)، المعروفة أيضًا بالدبال (وهي أحد أهم مصادر الموارد SOM) بشكل متبادل مع مصطلح المادة العضوية في التربة الطبيعية في العالم) لذلك، يعد الكربون العضوي في التربة ممثلًا للمادة العضوية، يُعتبر نظامًا أو خزانًا قادراً على التراكم أو إطلاق الكربون، مما يعد مؤشرًا لدرجة تدهور الأراضي والتربة، يتميز كل نوع من أنواع التربة بتجمعات مستقلة من مخزون الكربون العضوي بشكل فريد[viii].

OC هو الكربون العضوي الذي يظل في التربة بعد التحلل الجزئي، وينتج عن تحلل المادة التي تتم بواسطة الكائنات الحية، يشكل هذا المخزون عنصرًا أساسيًا في دورة الكربون العالمية، حيث يتداول الكربون بين الغلاف الجوي والنباتات، والتربة والأنهار (Carbon cycle) والمحيطات[ix].

SOC مؤشر رئيسي يعكس وظائف النظام البيئي للتربة يتأثر هذا التركيز بشكل كبير بالتأثيرات التي يعد تسليط الضوء على تركيز الكربون العضوي في التربة تمارسها التربة على النظام البيئي، حيث يكون له أهمية في الحفاظ على التوازن البيئي ويؤثر الكربون العضوي في تحديد الخصائص الحيوية والحرارية للتربة، مثل الأنظمة الحرارية المائية والتنوع البيولوجي، وبينت الدراسة إلى أن استمرارية واستقرار المسامات في التربة يعتمد بشكل كبير على وجود وتواجد الكربون العضوي ويُظهر هذا الكربون تأثيرًا كبيرًا في تكوين وصحة التربة، وهو عامل أساسي لاحتفاظ التربة بالمحتوى الكاربوني، ومن ثم يترتب على صحة التربة - كوحدة وظيفية واحدة - تأثير مباشر على صحة النباتات والحيوانات والإنسان، فضلاً عن استدامة النظم البيئية. وبناءً على ذلك، تعد استعادة وإدارة التربة بشكل مستدام وفعّال ضرورية لتعزيز رفاهية الإنسان، وللحفاظ على التوازن الطبيعي والاستدامة البيئية[x].

الفرع الثاني: مصادره واهميته البيئية

تتطلب المبادئ الأساسية للحفاظ على خدمات النظم البيئة التخطيط السليم لإدارة الأرض واستثمارها بشكل مستدام وفي نفس الوقت التقليل من تدهور واستنزاف الأرض عن طريق تحقيق التوزان للموارد ذات القيمة الاقتصادية والبيئية خاصة في المناطق القاحلة وشبة القاحلة.

أن الكربون غير العضوي (الكربون الصخري) يتكون بشكل رئيسي من كاربونات الكالسيوم وذات اشكال متعددة (صخور ومعادن)، يعد أقل أهمية من الكربون العضوي في التربة ومع ذلك، يكون لهذا النوع من الكربون اهمية في التخفيف من ظاهرة الاحتباس الحراري الناتجة من الأنشطة البشرية (الصناعية) على هيئة كربون غير عضوي مذاب بالمحيط اذ يعتمد تأثيره على عدة عوامل مثل المناخ واستعمال الأراضي ونوع الغطاء النباتي وأنّ قيمة الكربون غير العضوي تعتمد بشكل كبير على الخصائص الجيولوجية للتربة، تزداد بشكل خطي مع عمق التربة كما تظهر ارتباطاً إيجابيًا مع متوسط درجات الحرارة السنوية وارتباطاً سلبياً مع متوسط هطول الأمطار سنويًا عمومًا، يتوزع الكربون الغير العضوي في التربة في الأراضي (الصحراوية، العشبية، الشجيرات، الأراضي الزراعية، المستنقعات، الغابات، المراعي)[xi].

أن الكربون العضوي يتم تخزينه في الطبقة العليا من التربة، حتى عمق 1 متر، حيث يمثل ثلاثة أضعاف كمية الكربون المتواجدة في الهواء، ويكون ضعف كمية الكربون المتواجدة في النباتات تقريبًا. تظهر الدراسة أن عملية عزل الكربون هي السبيل الذي يتم من خلاله نقل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي إلى التربة، ذلك عبر النباتات وبقايا النباتات، بالإضافة إلى المواد العضوية الصلبة الأخرى التي يتم تخزينها أو الاحتفاظ بها كجزء من المادة العضوية في التربة، والتي تشمل الدبال[xii].

أن تعزيز مخزون الكربون العضوي يحمل فوائد إضافية، مثل تحسين صحة التربة أي القدرة المستمرة للتربة على العمل كنظام بيئي حي يدعم النباتات والحيوانات والبشر وزيادة إنتاجيتها وتخزين المياه وتحسين الخصوبة ورغم أن هذه الفوائد تظهر جاذبة من الناحية النظرية، لكن يواجه تفعيلها صعوبات عملية بسبب تحديات متعددة وتشمل هذه التحديات صعوبات قياس مخزون الكربون العضوي لعدم ثبات تجمعاتها وحواضن الكربون مع تقلب أوقات بقائه، فضلاً عن الصعوبات في الفصل وتجزئة التربة لتحقيق مستوى التشبع عند الوصول إلى الحد الأقصى من الكربون الذي يمكن جمعه والذي يمكن استيعابه[xiii].

أن مخزون الكربون العضوي يعد مؤشرًا رئيسًا للحفاظ على جودة التربة من النواحي الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، إن للتخزين الكربوني أثرًا مهمًا في عملية توفير العناصر الغذائية للنباتات وقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وتجميعه، بالإضافة إلى امتصاص المواد العضوية وغير العضوية مثل الملوثات وأشارت الدراسات إلى أن انخفاض مستوى الكربون العضوي في التربة يمكن أن يؤدي إلى آثار سلبية على البيئة، ويكون مؤشرًا على تدهور جودة التربة وبصورة عامة، فإن قياسات مستوى الكربون العضوي على عمق 30 سم يعتبر الأكثر قربًا من سطح التربة، حيث يكون له استجابة قوية للتغيرات والاضطرابات ومع ذلك يمكن أن يتغير مستوى الكربون العضوي تحت عمق 30 سم على مدى عقود نتيجة لتغيرات في استعمال الأراضي وإدارتها[xiv].

المطلب الثاني: التقنيات الجيومكانية ودورها في تقديره وخصائص ترب كربلاء المقدسة

يعد استعمال النظم الجيومكانية واحدة من التقنيات المساعدة في تحسين سرعة وجودة التواصل بين مراكز البحث في جميع أنحاء العالم وتنقسم هذه النظم إلى ثلاث تقنيات رئيسية منها نظام الاستشعار عن بعد (RS) و نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

الفرع الأول: التقانات الجيومكانية ودورها في تقديره

RS هو نظام الاستشعار عن بعد (RS) والذي يُعتبر واحدًا من أكثر الوسائل العلمية فعالية من حيث التكلفة لحساب مخزون الكربون العضوي إضافة الى استعمالها على مساحات واسعة ومتغيرة ويعد حقل واسع يحتوي على تكنولوجيا صناعة الأقمار الصناعية ومجسات التصوير، وطرق مختلفة لكيفية التقاط المرئيات الفضائية وكيفية الحصول على البيانات وهو منهاج متعدد يعمل على معالجة تلك المرئيات وتطبيقات كثيرة نستفيد منها[xv].

GIS هو منصة تستضيف قواعد البيانات المكانية، وتمتاز بقدرتها على دمج البيانات والكشف والتسجيل عن التغيرات على سطح الأرض في الوقت المناسب وعلى نطاق واسع، وذلك بتكلفة منخفضة نسبيًا وتوفير الوقت ويتم استعمال البيانات الفضائية المُلتقطة عبر نظام RS والمدخلات المتاحة في نظم المعلومات الجغرافية لإنشاء منصة مكانية لتخزين البيانات وتحليلها ويساهم هذا التكامل في إنتاج تحليلات الاستشعار عن بعد (RS) GPS يعد نظام لتحديد شاملة ومتكاملة وبناء خرائط لأي منطقة في العالم، بغض النظر عن الوصول المباشر إليها أو تلامسها، واما جهاز تحديد المواقع العالمي المواقع معتمد على شبكة من الأقمار الصناعية بشكل مستمر ينقل المعلومات المشفرة المنقولة من الأقمار الصناعية)، لذا اصبح بالإمكان ان نتعرف على عالمنا ودراسته من ناحية بيئية، جغرافية، جيولوجية وتخطيطية وما الى ذلك بحيث يمكننا اجراء التحليلات المختلفة لأي منطقة بالعالم دون الوصول اليها او ملامستها باستعمال البيانات والبرامج والأدوات المناسبة[xvi].

المكانية لمخزونات الكربون العضوي (Modeling) باستعمال تقنية الاستشعار عن بُعد المتعدد الأطياف ذو أهمية علمية ودولية كبيرة في نمذجة او ما يعرف بـــ (في التربة ودراسة تأثير الأغطية النباتية الكثيفة، ويتم ذلك من خلال تحليل البيانات المستخرجة من مجموعة متنوعة من الأطياف، مثل الأخضر والأحمر والقريب ، اللذين يُستخدمان لتقدير كثافة النبات SAVI ومؤشر NDVI من الأشعة تحت الحمراء، لفهم نمو الغطاء النباتي. يستند هذا التحليل بشكل أساسي على مؤشر والغطاء النباتي المعدل للتربة على التوالي. يتيح هذا النهج تحسين دقة المحاكاة والنمذجة المكانية لتوزيع مخزونات الكربون العضوي في التربة ويُشير إلى أهمية

هذه الطريقة في تعزيز الفعالية والدقة في تفسير الديناميكية البيئية وفهم تأثير الأغطية النباتية الكثيفة، وذلك باستنادهم إلى عدد كبير من بيانات المراقبة لتقليل التأثيرات الخلفية المتعلقة بخصائص التربة على انعكاسات الغطاء النباتي[xvii].

تم استعمال النهج المتكامل لتكنولوجيا المعلومات الجغرافية المكانية جنبًا إلى جنب مع البيانات القائمة على الكربون الميداني لفهم التنبؤ بمخزونات الكربون العضوي في التربة في هذه الدراسة وتحليل الآثار المترتبة عن العوامل المختلفة مثل المناخ والعامل البشري ونسجة التربة والكثافة الظاهرية وخصائص أخرى للتربة الفيزيائية والكيميائية. في هذا السياق، أظهرت الدراسات ان المؤشرات الانعكاسية الطيفية لها أهمية كبيرة في توضيح العلاقات المعنوية الإيجابية بين وتم تحقيق أعلى TVI و NDVI كأفضل مؤشر مقارنة بـــــ SAVI لنمذجة المكانية لكربون الكتلة الحيوية للغطاء النباتي وبين استعمال مؤشرات الدليل الطيفي ($R^2 = 0.85$) مستويات الأداء عند استعمال تقنية الانحدار الخطي المقدرة والمتوقعة وبمعامل ارتباط عالية يصل الى[xviii].

(المكانية لمخزونات الكربون العضوي Modeling استعمال تقنية الاستشعار عن بُعد المتعدد الأطياف ذو أهمية علمية ودولية كبيرة في نمذجة او ما يعرف بـــــ في التربة ودراسة تأثير الأغطية النباتية الكثيفة، ويتم ذلك من خلال تحليل البيانات المستخرجة من مجموعة متنوعة من الأطياف، مثل الأخضر والأحمر والقريب ، اللذين يُستخدمان لتقدير كثافة النبات SAVI ومؤشر NDVI من الأشعة تحت الحمراء، لفهم نمو الغطاء النباتي. يستند هذا التحليل بشكل أساسي على مؤشر والغطاء النباتي المعدل للتربة على التوالي. يتيح هذا النهج تحسين دقة المحاكاة والنمذجة المكانية لتوزيع مخزونات الكربون العضوي في التربة.

نخيل التمر

شجرة نخيل التمر

هو شجرة تُطلق عليها محلياً اسم نخيل التمر، وفي بعض الأقطار العربية يُطلق عليها اسم نخيل البلح Phoenix dactylifera نخيل التمر، المعروف علمياً باسم يُعتبر نخيل التمر Palmalea) وتصنف ضمن الرتبة Palmae (التي كان يُطلق عليها سابقاً اسم العائلة Arecaceae وتنتمي هذه الشجرة إلى العائلة النخيلية شجرة مباركة عرفها العرب منذ القدم وذُكرت في تراثهم، كتبهم، وشعرهم، وأمثالهم وإنها تعد رمزًا للحياة في الصحراء، كما أنها محصول رئيسي في الأراضي القاحلة وتتميز شجرة نخيل التمر بالمرونة والإنتاجية، ولها فوائد متعددة الاستعمالات. عانت شجرة النخيل من الإهمال لفترةٍ طويلة، أصبح التوجه الآن هو تضمينها في مشاريع التنمية المستدامة وتعويض الأثر الكربوني من خلال زيادة المساحات الخضراء واستعمال أنظمة إدارة مستدامة ويهدف ذلك إلى التخفيف من ظاهرة التصحر وتحسين صفات التربة وتقليل مستويات الاحتباس الحراري، وذلك لتحقيق توازن بيئي واقتصادي واجتماعي لسكان المحافظة، خاصة سكان المناطق الصحراوية[xix].

الفرع الثاني: الكربون في بساتين النخيل (خصائص ترب كربلاء المقدسة)

وفقاً للدراسات، يعد إنتاج أشجار النخيل للكتلة الحيوية ذات المرونة والإنتاجية على المدى الطويل ذو ميزة بارزة، وقد أظهرت الدراسات أيضًا أن تحويل المحاصيل السنوية إلى محاصيل معمرة يؤدي إلى زيادة نسبة الكربون العضوي بنسبة 20% في الطبقة العميقة من التربة وتعزى هذه الزيادة إلى عدة عوامل وآخرون، 2020). تعزى الزيادة في مستويات Ledo إلهمها درجات الحرارة المرتفعة وعمر المحصول والكثافة الظاهرية للنباتات ومحتوى الطين وعمق التربة (الكربون العضوي أيضًا لعدم وجود اضطرابات في التربة بفضل وجود الغطاء النباتي والحفاظ على بقايا النباتات على سطح التربة، مما يقلل من تحللها ويزيد من تراكمها في الطبقة السطحية[xx].

في دراسة في شمال شرق إثيوبيا، تم فحص مخزون الكربون العضوي في الكتلة الحيوية للأشجار والتربة وتوصلت الدراسة إلى أن مخزون الكربون في الكتلة الحيوية لأشجار نخيل التمر في المزارع كان يشكل 98.79٪ من إجمالي مخزون الكربون في الكتلة وقسمت نخيل التمر إلى ثلاث فئات عمرية وهي الفئة الأولى (0-10 سنة) والفئة الثانية (10-20 سنة) والفئة الثالثة (أكبر من 20 سنة) وتبين أن متوسط مخزون الكربون فوق سطح الأرض في أشجار النخيل التي تزيد عمرها عن 20 سنة يزيد بمقدار 1.55 و 1.36 مرة عن الفئتين العمريتين الأولى والثانية على التوالي وكانت مساهمة أشجار النخيل في الأعمار ما بين 20-65 سنة تشكل 96.45٪ من إجمالي مخزون الكربون العضوي في الكتلة الحيوية ويشكل مخزون الكربون العضوي في التربة 32.9٪ من إجمالي مخزون الكربون العضوي وحينئذٍ، تساهم مزارع النخيل في تقليل الانبعاثات الغازية وتعزيز حوض الكربون، بالإضافة إلى تحسين سبل العيش في المناطق المحلية[xxi].

فقد تم تطوير نموذج جغرافي مكاني لرسم خرائط مخزون الكربون العضوي لنخيل التمر في ثلاث مراحل عمرية (صغيرة ومتوسطة وناضجة) واستخدم الباحثون) وربطوا هذه المؤشرات VIS للتنبؤ بمؤشرات الغطاء النباتي في النطاقات البصرية باستعمال جهاز (Landsat-8 لنموذج مستمد من الصور الفضائية للقمر بنماذج الانحدار الخطي وغير الخطي لتحديد أفضل التنبؤات وأظهرت المرحلة الناضجة لنخيل التمر أداءً أعلى بالمقارنة مع الفئات العمرية الأخرى، حيث حققت قيمة عالية للانحدار وهو المؤشر الأكثر فعالية لتقييم الأغطية النباتية[xxii]. RDVI وأظهر مؤشر الاختلاف الخضري النسبي R^2 أعلى قيمة لمعامل الانحدار

المبحث الثاني: الإطار القانوني لحماية التربة في العراق

التربة كعنصر قانوني وبيئي في العراق ليست مجرد وعاء للإنتاج الزراعي، بل هي نظام بيئي مستقل يحتوي على عناصر عضوية وغير عضوية تساهم في موازنة البيئة. بالرغم من ذلك لم تتبلور أي نظرة قانونية صريحة للتربة كمورد استراتيجي داخل التشريعات العراقية ودائماً يتم التطرق اليها ضمنياً في القوانين الزراعية والبيئة دون اعتبار لمخزونها العضوي الكربوني لذا يستحق الحماية القانونية المستقلة لهذا سنقسم هذا المبحث الى مطلبين نبحث في اوله حول القوانين لتقدير الكربون العضوي وكالاتي: GIS البيئية والزراعية ذات العلاقة وبحثنا في المطلب الثاني عن وصف بساتين كربلاء باستخدام صور الأقمار الصناعية ونظم

المطلب الأول: القوانين البيئية والزراعية ذات العلاقة

عند تحليل النصوص القانونية ذات العلاقة مثل قانون حماية وتحسين البيئة رقم (27) لسنة 2009 حيث يشير الى حماية مكونات البيئة دون تفصيل، ويفتقر الى تعريف واضح لمكونات التربة العضوية او التزامات الدولة في الحفاظ عليها، وكذلك قانون الزراعة رقم (30) لسنة 2012 حيث ينظم استخدام الأراضي الزراعية دون التركيز على جودة التربة او الكربون العضوي حيث يغلب عليه الطابع الإداري والتنظيمي لا البيئي ـــــ الاستدامي. اما قانون إدارة الموارد المائية رقم (50) لسنة 2008 حيث يركز على المياه ويغفل عن التربة كمخزون كربوني وغيرها.

الفرع الأول: قصور التشريعات العراقية في حماية الكربون العضوي

يسبق الخوض في أثر القصور التشريعي المؤدي الى استخدام غير منظم للتقنيات الزراعية لابد من معرفة الفن القانوني وهو على نوعين: فن تشريعي وفن تطبيقي فيقصد بالتشريعي معرفة التشريعات الصالحة وتخضع للسياسة التشريعية التي تعني الهدف المطلوب تحقيقه من التشريع[xxiii]. فان للقصور التشريعي الأثر المؤدي الى استخدام غير منظم للتقنيات الزراعية، مما يسبب بفقدان الكربون العضوي ومن اثار هذا القصور هو تعقيد التزام العراق بالاتفاقيات الدولية مثل اتفاقية باريس 2015، حيث يمنع دخول السوق الطوعية للكربون التي تعد فرص مالية واقتصادية للبلد فالاستعانة بالمنظمات الدولية المختصة في شؤون البيئة لعقد اتفاقية لأنشاء شبكة تعزيز عمليات التنمية المحلية في أطار الجهود التي تبذلها بلداننا من أجل الحفاظ على البيئة[xxiv] ، اما النوع الثاني التطبيقي : هو معرفة حقيقة الوقائع والمراكز وتكييفها أي إعطائها الوصف القانوني الصحيح وتطبيق القواعد القانونية المنطقية عليها وحسن استعمال السلطة التقديرية الممنوحة لمطبق القانون[xxv] ، فيمكن القول للمحافظة على الكاربون العضوي وذلك لجمع التلوث البيئي ولفك التعقيد من التزام العراق بالاتفاقيات الدولية، ولا بد من اختراع قانوني ذكي لحماية الكربون العضوي في التربة فمثلاً يمكن تصور تشريع مبتكر يمكن اعتباره نواة لبراعة اختراع قانوني وذلك بإنشاء قانون حماية الكربون العضوي في التربة الزراعية مستنداً الى المبادئ مثل مبدأ حق التربة بالحياة حيث يعد عامل الكربون العضوي كمؤشر لصحة التربة ويمنع أي نشاط يؤدي الى استنزافه دون مبرر علمي، وادماج التقنيات الجيومكانية في الرقابة القانونية من خلال النص في المادة القانونية على ان "الرقابة البيئية الزراعية" لتحديد نسبة الكربون في التربة وذلك تحقيقاً لمبدأ الوقاية فهي من أهم المبادئ القائم عليها القانون البيئي GIS مستنده الى صور الأقمار الصناعية ونماذج والذي يقتضي إعماله تفادياً لعواقب كل نشاط ضار بالبيئة وهو يتفادى الاضرار التي من شأنها المساس بالعناصر الطبيعية والأنظمة البيئية والقضاء على التوازن البيئي فضلاً عن جودة حياة وعيش الانسان وتفادي وقوع مخاطر مرتبطة بمزاولة الأنشطة الخطرة على البيئة فلابد من توافر اليقين العلمي والذي يؤكد على (يسجل فيه كل SOCR تفادي حدوث الاضرار مستقبلاً ولا يعد سبباً لتجاهلها وعدم تجهيز وسائل الوقاية[xxvi] وكذلك انشاء سجل وطني رقمي للكربون العضوي (حقل زراعي يحتوي على نسبة كربون عضوي قابل للحماية او الاتجار الطوعي ويدار من خلال وزارة البيئة والزراعة بالتعاون مع وزارة التعليم العالي من خلال جامعاتها وذلك تحقيقاً لمبدأ الاحتياط الذي يعد اساساً في القوانين البيئية المعاصرة سواء على المستوى الوطني أم الدولي ويقوم على وضع قواعد وإجراءات تسبق وقوع الاضرار التي تلحق بالبيئة وهذه القواعد والإجراءات يجب ان تتوافق مع اخر ما وصل اليه التطور العلمي والتكنلوجي[xxvii] وكذلك اعتماد "رخصة

كربونية زراعية" من خلالها يمنح المزارع ترخيصاً مبني على حفاضه او زيادة الكربون العضوي في ارضه من خلال تحفيزه بمقابل مالي او ضريبي عند اثبات التحسن في المخزون العضوي، بما ان القانون البيئي يقوم على عدد من المبادئ فمنها مبدأ الحق في بيئة سليمة فهو حق يمنحه القانون للإنسان في العيش في وسط بيئي سليم خالي من التلوث للانتفاع بها وتحسينها لنقلها الى الأجيال المقبلة في حالة ليست أسوأ مما كانت[xxviii] وكل ذلك مرهون بإضافة مواد تجريميه للأنشطة المستنزفة للكربون مثل الحرق الجار لبقايا المحاصيل او الإفراط في استخدام الأسمدة الكيمياوية، فنلاحظ هناك هدف آخر من المبدأ البيئي المسمى المبدأ الملوث المؤدي المحقق لغايتين المنظورتين من المصدر السابق أعلاه ففي الغاية الأولى هي تقليص وتحديد نسب التلوث الى أقصى درجة ممكنة، الثانية هي توفير للموارد اللازمة لتغطية نفقات التدابير والإجراءات المتخذة لمكافحة ومنع التلوث لذا يقتضي أضافة ومعالجة القصور التشريعي في تجريم محدد للأنشطة هذه ومحدد اسوة بباقي الجنح والجرائم وحسب جسامتها.

الفرع الثاني: أثر غياب النصوص على الممارسات الزراعية

يشهد العالم انتشار ممارسات زراعية (ذكية كربونياً) تقوم بعض الدول نتيجة غياب بعض التشريعات المتخصصة ان عدم وجودها في النظام التشريعي العراقي بما يعرف بقانون كربون التربة كما هو معمول به في بعض الدول المتقدمة مثل (استراليا، الاتحاد الأوربي والولايات المتحدة). حيث تمتلك استراليا برنامج زراعة الكربون الذي يقدم تعويضات الى المزارعين عند زيادة المخزون الكربوني في التربة اما في الاتحاد الأوربي فتم الربط بين السياسة الزراعية المشتركة وبين مؤشرات الكربون العضوي من خلال منح الإعانات المباشرة للمزارعين المعتمدين على أساليب زراعة مستدامة وكذلك الولايات المتحدة حيث تعتمد على خرائط التربة الرقمية وتربطها ببرنامج دعم المزارعين لتعزيز محتوى التربة العضوي، وكذلك في دولة الامارات العربية اما في القانون العراقي فلابد من توضيح اولاً الأفعال الضارة التي تستوجب التعويض في القانون العراقي والجهة المختصة التي تبت في التعويض ومقداره ثم العروج الى غياب التشريع للكاربون العضوي ، فالأفعال الضارة حددت في القانون المدني العراقي من المادة 202-2023[xxix] وهي: كل فعل ضار بالنفس من قتل او جرح او ضرب او أي نوع آخر من أنواع الإيذاء ويقع على عاتق من أوقع الضرر تحمل مسؤوليته ويترتب عليه التعويض وهذا لسنا بصدده اما النوع الآخر فهو يكون على كل من أحدث ضرراً مسؤولاً عن تعويض الأشخاص الذي كان يعيلهم من قتل او وفاة بسبب حصول جراح او فعل ضار له بسبب فعل أو خطأ من قام بأي فعل سبب أو نتج عنه ضرراً أدى الى ذلك فالتعويض بأي حال لا يعني فرضاً توقيع عقوبات أخرى يفرضها القانون لاسيما العقوبات الجزائية المفروضة في قانون العقوبات ولابد من توافر شروطها والتي هي (ان يكون كل من تسبب بأي ضرر أي شخص ان يتحمل مسؤولية فعله ولا يكون ملزم بتعويض المضرور فقط بل يقع على عاتقه تعويض الضرر اللحق بالأشخاص الذي كان يعيلهم المصاب والمضرور نتيجة فعلته التي لحقت بالمضرور ونهضت مسؤوليته المدنية ازاءها)[xxx]، ونلاحظ هذه الأفعال دائماً مرافقة للقتل والايذاء بشكل عام أو عند حصول شجار أو أي فعل يستخدم فيه العنف الذي أحدثه شخص آخر او عدة أشخاص اما ما يحدثه من ضرر بيئي لابد من صياغة قانون خاص به يسمى القانون الكربوني أسوة بباقي الدول كما ذكرناه أعلاه اما الجهة المختصة في فرض التعويض هي المحكمة المختصة وهذا ما نصت عليه المادة 206 أولاً من القانون المدني العراقي التي حددتها وخاصة فيما يتعلق بالمسؤولية المدنية أي ان المحكمة هي المخوّلة قانوناً في تحديد التعويض الذي يستحقه المتضرر فلها البت في مقدار التعويض بعيداً عن المسؤولية الجزائية بل حتى عن الحكم الصادر من محكمة الجنح وكذلك لها تعويض المتضرر عن ما فاته من كسب وذلك بشرط حصول الضرر من خلال إتمام الفعل الغير مشروع ونلاحظ ان القانون أخذ خطوة إيجابية باتجاه التعويض أيضاً حتى الحرمان من منافع الاهيان فهي تحسب للمشرع لأجل تعزيز التعويض بل اتجه الى أبعد من ذلك أذ نجد قد أجاز في تحديد التعويض من قبل المحكمة تحديداً كافياً.

لتقدير الكربون العضوي GISالمطلب الثاني: وصف بساتين كربلاء باستخدام صور الأقمار الصناعية ونظم

تعد محافظة كربلاء من أكبر مناطق زراعة النخيل في العالم، حيث يبلغ عدد أشجار النخيل فيها حوالي 3.9 مليون نخلة، بإنتاج سنوي يقدر بـ 160 ألف طن من التمور. وقد تم إجراء العديد من الدراسات حول النخيل في كربلاء، تتناول مختلف جوانب زراعته وإنتاجه. بساتين كربلاء هي منطقة زراعية مشهورة بمجموعة متنوعة من الفواكه، بما في ذلك البرتقال والرمان والتمور وتقع مدينة كربلاء جنوب غرب بغداد، وتبعد حوالي 108 كيلومتر.

GISالفرع الأول: وصف بساتين كربلاء (منطقة الدراسة) باستخدام صور الأقمار الصناعية ونظم

تم تحديد منطقتي الدراسة في حدود محافظة كربلاء المقدسة، وتبلغ مساحة كل منطقة 500 هكتار لكل منطقة تشمل المنطقة الأولى مزرعة فدك للنخيل وهي بستان مزروع حديثًا بأشجار النخيل بعمر زمني 8 سنوات وأما المنطقة الثانية، فتشمل بساتين قضاء الحسينية في ناحية الإمام عون (ع)، وهي بساتين ذات عمر زمني طويل اكثر من 50 سنة. تم الحصول على مسح شبه تفصيلي لهاتين المنطقتين في إطار تحريات[xxxi] التابع للشركة المسح الجيولوجي والتعدين، وذلك لتحديد مواقع دراسة وتقدير مخزون الكربون العضوي لبساتين النخيل باستعمال التقانات الجيومكانية.

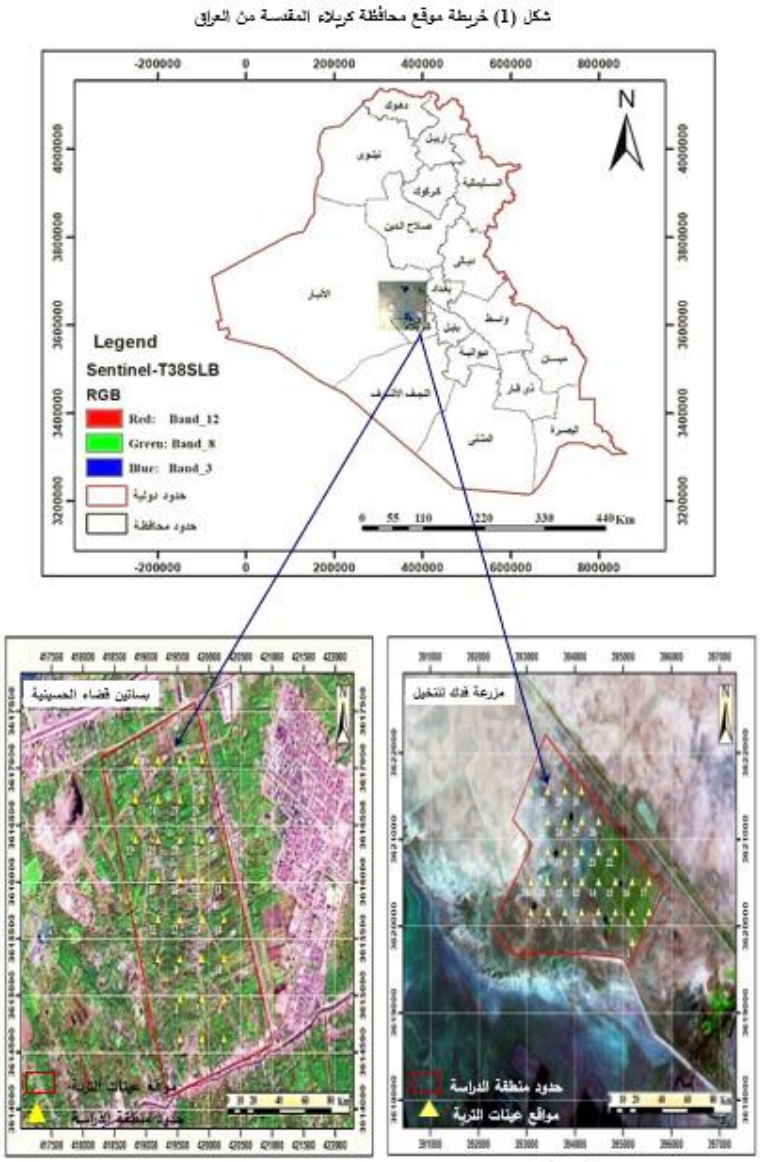
مشروع مزرعة فدك للنخيل

تقع منطقة الدراسة الأولى، والتي تعرف بمزرعة فدك للنخيل، ضمن النظام الاحداثي العالمي UTM 3622205.820419 N) S 3619523.509870 E) تتمتع هذه المنطقة بمساحة إجمالية تبلغ 500 هكتار، وتقع شمال غرب مدينة كربلاء المقدسة بالقرب من بحيرة 395840.037698 392263.623633 W يحدها من الشمال حدود محافظة الأنبار، ومن الجنوب مقاطعة 61/جزيرة/كربلاء المقدسة، ومن الشرق .الرزازة، على بُعد 20 كيلومترًا من مركز المحافظة تحدها مقاطعة 11 كمالية/كربلاء المقدسة أما من الغرب فتحدها بحيرة الرزازة.

بساتين قضاء الحسينية

تقع المنطقة الثانية للدراسة في قضاء الحسينية ناحية الإمام عون (ع)، وحدد الموقع بالإحداثي العالمي UTM N) 132277.3617577S (418281.359151 تبلغ مساحة المنطقة الزراعية الكلية 23875 هكتار، تقع المنطقة غرب مدينة كربلاء 421012.059087 W 3614111.267550 E المقدسة وتبعد حوالي 9 كيلومترات عن مركز المحافظة وتبلغ مساحة المنطقة المدروسة 500 هكتار وتحدها من الشمال 62/أم غراغر والهوتة والحصوة وجهة الجنوب مقاطعة 39/الكعكاعية الغربية ومن جهة الشرق مقاطعة 34/زرنت وجهة الغرب 14/ أبو عصيد الشامي والفيضة

شكل (1) خريطة موقع محافظة كربلاء المقدسة من العراق



شكل (2) خريطة ومرئية فضائية وفق النظام الاحداثي العالمي **UTM** توضح نقاط ومواقع اخذ عينات التربة لمنطقتي الدراسة

المؤشرات الطيفية المستخدمة في مراقبة تغيرات الاغطية الأرضية

تم استعمال بعض الأدلة والمؤشرات الطيفية في هذه الدراسة لحساب قيم بعض مؤشرات الأدلة الطيفية، وذلك بهدف تحديد وتشخيص طبيعة الأغطية الخضرية السائدة التي يمكن استعمالها في منطقة الدراسة. تم استعمال هذه الأدلة والمؤشرات لتحليل الانعكاس الطيفي للنباتات واستخلاص المعلومات الهامة بشأن الخصائص الفيزيائية والبيولوجية للأغطية الخضرية وتشمل المؤشرات الطيفية المستخدمة مؤشرات مثل NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ***و*** SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) ***و*** EVI (Enhanced Vegetation Index) ***و*** (Index ***وغيرها. تعتمد هذه المؤشرات على تفاوت الانعكاس الطيفي للأشعة في مناطق محددة من الطيف الكهرومغناطيسي، مما يساعد في تحديد كمية وحالة النباتات الخضرية. يتم استعمال هذه المعلومات لتحديد نسبة التغطية النباتية وتقدير النمو النباتي وتشخيص الاحتياجات المائية والتغذية النباتية في المنطقة المدروسة.***

المدخلات الجيومكانية (RS , GPS , GIS***)***

البيانات الوصفية تم الحصول عليها من المسح الميداني لموقعي الدراسة.

)، والتي تم التقاطها بواسطة القمر USGS ***تم تنزيل المرئيات الفضائية من الشبكة العنكبوتية الدولية، المتاحة على الموقع الرسمي للمسح الجيولوجي الأمريكي (***

)، التابع لوكالة الفضاء الأوروبية (ESA (Multi-Spectral Instrument***) بدقة مكانية 10×10 متر، باستعمال المتحسس*** Sentinel-2 ***الصناعي الأوروبي (***

، تم استخراج قيم QGIS 3.16 ***وتم معالجة وتحليل المرئيات الفضائية باستعمال برنامج*** UTM WGS 1984 ***وتم تصحيحها جغرافيًا وفقًا لنظام الإحداثيات الأدلة الطيفية باستعمال نفس البرنامج واختيار التركيبة المناسبة لتحديد أنواع التغطية الأرضية في منطقة الدراسة وتم رسم وتصدير ملف متجه*** Shape file ***يُمثِّل الحدود الإدارية لموقعي الدراسة (الأول والثاني) في محافظة كربلاء المقدسة باستعمال برنامج نظم المعلومات الجغرافية*** ArcGIS V10.8 (ESRI) ***لاستخلاص المرئيات وإنتاج خريطة تُمثِّل منطقة الدراسة. تم تحديد طريقة المسح*** ArcGIS V10.8 ***في برنامج*** Extract by mask ***إضافة الى استعمال أداة*** UTM. ***وفقاً لنظام الإحداثيات العالمي*** GPS ***بتشبيك المنطقة إلى 30 نقطة باستعمال جهاز تحديد المواقع***

الاستبانة وتحليلها

Statistical analysis التحليل الاحصائي

(Simple Linear Regression)) في اجراء التحليل الاحصائي لبيانات البحث باستعمال نموذج الانحدار الخطي البسيط SAS, 2012 استعمل برنامج $\hat{y}=b(x)+a$ لتقدير قيمة المتغير التابع بمعلومية قيمة المتغير المستقل بواسطة العلاقة (Regression coefficient) لحساب علاقات معاملات الانحدار ،وبالمستوى الذي يمكن من خلاله الحصول على شكل الانتشار بعد الحصول على العلاقة الخطية بين المتغيرين لنسب الكربون العضوي في التربة والأدلة الطيفية لمعرفة أهمية الفروق بين مكونات استمارة الاستبانـــة المتعلقة بإدارة التربـــة وبطريقة المقابلة الشخصية (Chi-Square) وتم استعمال اختبار مربع كاي

.مع أصحاب بساتين النخيل)ملحق 2-أ(

التحليل الاحصائي لبيانات استمارة الاستبانة

بينت نتائج تحليل استمارة الاستبيان للمزارعين (ملحق 2-أ) الى وجود فروق معنوية بالمساحة المزروعة بالهكتار وكمية الإنتاج السنوي ومصدر مياه الري وكمياتها المتوفرة في منطقتي الدراسة، حيث أظهرت النتائج ان هنالك تباينًا في المساحة المزروعة وكانت نسبة المساحة المزروعة بالنخيل الأكثر من 12.5 هكتار بحدود 66.67% مقارنة بنسب المساحة المزروعة بأقل من 12.5 هكتار والتي بلغت 33.33% من مجموع حيازات العينة التي شملتها الدراسة وكان لم يكن هنالك فرقًا معنويًا في عدد أشجار النخيل المزروعة ضمن حيازات العينة التي شملها الاستطلاع حيث كانت نسبة ($P \leq$)*الفرق معنوياً بين الفئتين (0.05 . الأشجار الأقل من 150 بحدود 56.67% مقارنة بنسبة الأشجار الأكثر من 150 والتي بلغت 43.33%.*

اعتمادًا على عدد أشجار النخيل وكانت نسبة العينة 76.67% (23 ميكاغرام هكتار-1) لدى الحيازات الأقل من ($P <$)*تباينت كمية الإنتاج السنوي معنويًا (0.01 150 شجرة بينما بلغت النسبة 23.33% (7 ميكاغرام هكتار-1) لصالح الحيازات الكبيرة (37.5 هكتار) والسبب في تفسير هذا التناقض هو كثرة اعداد المزارعين ذوي الحيازات الصغيرة مقارنة بعدد المزارعين ذوي الحيازات الكبيرة، اما عمر الأشجار المزروعة لم يختلف معنويًا اذ تم تقسيم الأشجار بعمر اقل من 15 سنة واكثر من 15 سنة، واظهرت نتائج مصدر المياه فرقًا معنويًا لوجود مصادر الري الاروائية والمعنوية بنسبة 100% وذلك لاستخدام اغلب المزارعين المكننة وطرق الري الحديثة وهناك أسئلة أخرى لم يتم تحليلها احصائياً وذلك لعدم وجود تباين في الإجابات بين المزارعين لم يتم الإشارة اليها في (ملحق 2-ب)، ان الطابع العام لمستوى الحاجات المعرفية لإدارة التربة لإصحاب بساتين النخيل يوصف بالمتوسط و ربما تفسر هذه النتيجة الى الحاجة الى الاهتمام ببساتين النخيل وخدمة تلك الشجرة من خلال النهوض بمعارف وخبرات المشاريع الزراعية الرائدة في محافظة كربلاء المقدسة.*

معلومات عن البستان	اقل من 50 دونم		اكثر من 50 دونم	
	العدد	النسبة	العدد	النسبة
المساحة المزروعة (دونم)	10	33.33	20	66.67
قيمة مربع كاي	3.333*			
معلومات عن البستان	اقل من 150		اكثر من 150	
	العدد	النسبة	العدد	النسبة
عدد اشجار النخيل	17	56.67	13	43.33
قيمة مربع كاي	0.53333 n.s			
معلومات عن البستان	اقل من 8 م		اكثر من 8 م	
	العدد	النسبة	العدد	النسبة
المسافة بين النخيل (متر)	12	40	18	60
قيمة مربع كاي	1.2000 n.s			
معلومات عن البستان	اقل من 150		اكثر من 150	
	العدد	النسبة	العدد	النسبة
كمية الانتاج السنوي (ميكاغرام)	23	76.67	7	23.33
قيمة مربع كاي	8.540**			
معلومات عن البستان	اقل من 15 سنة		اكثر من 15 سنة	
	العدد	النسبة	العدد	النسبة
معدل عمر النخيل (سنة)	12	40	18	60
قيمة مربع كاي	1.2000 n.s			
معلومات عن مياه الري	نهر فرعي		نهر رئيسي	
	العدد	النسبة	العدد	النسبة
مصدر المياه	19	66.67	11	63.33
قيمة مربع كاي	2.865*			
معلومات عن مياه الري	مضخات		اخرى	
	العدد	النسبة	العدد	النسبة
مصدر المياه	30	100	0.0	0.0
قيمة مربع كاي	29.99**			

الفرع الثاني: ربط النتائج بالتنظيم القانوني

يتم استخدام بيانات الأقمار الصناعية لمنطقة الهدف مزرعة فدك ومنطقة عون (ع) من خلال رصد مؤشرات الغطاء النباتي وانشاء قاعدة بيانات ميدانية للكربون العضوي من خلال ما استخدامنا من عينات حقلية وتم مقارنتها مع بيانات الأقمار الصناعية فنرى لو اعتمد التشريع عليها في منح الرخصة الكربونية للمزارعين فوجود القصور الرقابي لمتابعة او مراقبة مؤشرات الخصوبة للتربة او مخزونها الكربوني. وعدم وجود سجل رسمي للبيانات المكانية الزراعية يعيق أي تدخل قانوني فعّال فيعني الحاجة التشريع يرتكز على الخرائط الجغرافية فيمكن القول هي فاتحة طريق امام استخدام الأدلة الرقمية (الخرائط البيئية) كوسيلة قانونية في أثبات التعدي على التربة. وكذلك لابد من ربط الموقع المكاني مع السياسة الزراعية عبر إصدار تعليمات تنظيمية تدرج الكربون العضوي كأحد مؤشرات صلاحية التربة، وكل ما تقدم ترتبط النتائج القانونية بالتحفيز للمزارع الذي يحقق الحفاظ على الكربون فيحصل على دعم حكومي سواء بالقروض او المنح او الاليات الزراعية بصورة مدعومة او اعفاء ضريبي. ويمكن ان تنص التشريعات البيئية او الزراعية على تعريف لمنطقة الحماية الكربونية (هي قطعة ارض زراعية ثبت علمياً احتواء مخزونها على نسب عالية من الكربون العضوي وفق بيانات الاستشعار عن بعد ويمنع او يقيد فيها النشاط الزراعي المؤدي الى تدهور التربة). اذاً لابد من اصدار تعليمات من وزارة الزراعة بأشراف وزارة البيئة لإدراج مناطق الحماية الكربونية ضمن المواقع الزراعية ذات الأولوية الوطنية مع تخصيص دعم مالي وتقني للمزارعين مقابل التزامهم بالممارسات المستدامة. ولابد من معرفة مدى قوة او ضعف النظام القانوني مقارنة بالواقع الميداني لمعرفة جودة التربة فمن خلال المراقبة نجدها غير محددة قانوناً ويمكن قياسها رقمياً من خلال استخدام التحاليل المختبرية او الصور الفضائية وكذلك التحفيز مقابل الاستدامة لإمكانية المزارعين من ابداء استعدادهم للتعاون وكذلك أدوات الاثبات في النزاعات تفتقر للخرائط والصور الفضائية فصور الأقمار الصناعية تقدم بيانات رقمية دقيقة وكذلك نلاحظ التراخيص الكربونية غير موجود حالياً يمكن تطبيقه بالاستناد الى خرائط الدراسة.

الخاتمة (النتائج والتوصيات):

اولاً: النتائج

1. *استُخدمت تقانات الجيومكانية بنجاح في إنتاج خرائط تنبؤ سريعة لمخزون الكربون العضوي وربطها بالقياسات الحقلية في منطقة الدراسة.*
2. *قدمت النتائج نظرة دقيقة للتغيرات في مستويات الكربون العضوي وبالإمكان استعماله كأساس للتنبؤ بتواجد الكربون العضوي في التربة في السنوات اللاحقة في المناطق المجاورة لمنطقة الدراسة تحت تأثير الإدارة مع تحقيق زيادة في الكثافة الخضرية، خاصة مع نمو أشجار النخيل نتيجة لفوائد التحكم المستدام، فالمخزون الكربوني في ترب بساتين كربلاء ثروة مخفية فان تربة بساتين عون تحتفظ بنسبة جيدة من الكربون العضوي من خلال هذه الدراسة*

والتحليل الرقمي وهو يعد مؤشراً بيئياً واقتصادياً غاية في الأهمية.

3. ***أظهرت زيادة عامل تراكم المخلفات العضوية تغييرات في حالة تطور التربة وأثرها الحيوي المهم في تباين مخزونات الكربون العضوي، وذلك وفقًا للفترة الزمنية لتكوينها.***
4. ***تتيح إمكانية إنتاج خريطة مكانية للكربون العضوي في التربة باستعمال بيانات الاستشعار عن بُعد، بناءً على علاقة ارتباط خطية بسيطة، والتي توفر رؤى هامة للتنبؤ بالكربون العضوي لإدارة فعالة للتربة.***
5. ***التربة العراقية ومنها التربة الكربلائية تفتقر الى هوية قانونية عضوية على الرغم من وجود نصوص عامة لحماية البيئة حيث لا يوجد تعريف قانوني خاص بالتربة وخصائص الكربون العضوي مما يجعلها عرضة للإهمال او الاستنزاف دون مساءلة.***
6. ***البيانات الجيومكانية تتيح الفرصة لتشريعات متجددة حيث الصور الفضائية والتحليل الرقمي مكّن الباحث من أنتاج خرائط دقيقة ممكن استخدامها كأدلة إثبات قانونية، أو أدوات توجيه سياسات زراعية وبيئية.***
7. ***النظام القانوني الزراعي الحالي تقليدي ولا يواكب تحديات التنمية المستدامة حيث يفتقر التشريع العراقي الى قوانين مرنة تعتمد التكنلوجيا كمصدر رقابة وحماية، مما يجعل العلاقة بين القانون والبيئة علاقة رد فعل لا استباق.***

ثانياً: التوصيات:

1. ***يوجه التركيز العلمي نحو الحفاظ على الأغطية النباتية المزروعة بأشجار النخيل، نظرًا لكونها إحدى القوى الاقتصادية الرئيسية، بهدف تحقيق إنتاج نباتي مستدام وتقليل مخاطر إزالة هذا النوع المهم من الأشجار والتوسع في زراعة هذه الأشجار الذي يسهم في زيادة مخزون التربة من الكربون العضوي وعزل الكربون في التربة والمحافظة عليه على المدى الطويل.***
2. ***وتحسين فهم قدرتها على التخفيف من تغير المناخ، ويُشجع على إدارتها بشكل مستدام.***SOC***يتعين تحديد المواقع التي تحتوي على***
3. ***تشجيع مثل هذه الدراسات للتوسع في زراعة أشجار النخيل بعد دراسة تأثير ممارسات الإدارة المستدامة على بقاء الكربون العضوي محتفظًا في التربة في المناطق الصحراوية من خلال أنشاء وحدة الرقابة الجيومكانية الزراعية في وزارة الزراعة، مع اصدار تعليمات خاصة لحماية المناطق الزراعية ذات المحتوى العالي من الكربون.***
4. ***ضرورة الاستثمار في الصحراء وتوسيع الرقعة الخضراء، عبر ممارسات زراعية مستدامة في المنطقة المعنية، تقليلاً في المساحات الصحراوية وتحسين صفات التربة الفيزيائية والكيميائية ويُعتمد ذلك على إدارة فعّالة للتربة، بهدف تعزيز الإنتاج الزراعي وضمان الأمن الغذائي على مستوى العالم.***
5. ***من التوصيات القانونية هي صياغة قانون خاص يسمى قانون حماية مخزون الكربون العضوي.***
6. ***إلزام وزارة البيئة ووزارة الزراعة بإعداد خريطة وطنية للكاربون العضوي.***
7. ***إضافة نص صريح او تعديل عن مراقبة خصائص التربة الرقمية.***
8. ***إرساء بيئة قانونية محفزة لترتيب وتشجيع قطاع الاستثمار في زراعة الكربون ضمن آليات السوق الطوعية للكربون.***
9. ***ادماج موضوع الكربون العضوي في مناهج القانون البيئي والزراعي في الجامعات مع اعداد دورات تدريبية للمزارعين على زراعة الكربون وتقدير مخزون التربة.***
10. ***كرؤية مستقبلية جعل العراق مركز إقليمي لزراعة الكربون حيث لو طبقت هذه الدراسة في العراق يصبح فرصة رائدة في الشرق الأوسط ليكون من أوائل الدول التي تعتمد على قانون الكربون الذكي مما يجعل مستقبلاً يربط فيه الأقمار الصناعية بشاشات رقابية في مديريات الزراعة، وترتبط القوانين بتطبيقات ذكية تحذر بتراجع خصوبة التربة ويمنح كل فلاح شهادة رقمية تقيّم مدى التزامه البيئي ضمن النطاق القانوني العلمي الدقيق ويحقق بذلك عدالة بيئية رقمية.***

الهوامش:

[i]) Paul, K.I.; Polglase, P.J.; Nyakuengama, J.G. and Khanna, P.K. (2002). Change in soil carbon following afforestation. Forest Ecology and Management, 168, 241–257.

[ii]) SDSN (2015). Indicators and a Monitoring Framework for the Sustainable Development Goals - Launching a data revolution for the SDGs. A report to the Secretary-General of the United Nations by the Leadership Council of the Sustainable Develop-ment Solutions Network, June 12, 38-39.

iii) Ciais, P.; Wattenbach, M.; Vuichard, N.; Smith, P.; Piao, S. L.;… Don, A. (2010). The European carbon balance. Part 2: croplands. Global Change Biology, 16(5), 1409–1428.

iv) AOAD, (2005); Soil Survey Tropics , FAOTERM legacy, 2012. English. soil organic carbon. Term source. Natural Resources Management and Environment Department, NR .

[v]) Kang, J., Zhang, X., Zhu, X., & Zhang, B. (2021). Ecological security pattern: A new idea for balancing regional development and ecological protection. A case study of the Jiaodong Peninsula, China. Global Ecology and Conservation, 26, e01472.

vi) FAO (2017). Soil Organic Carbon: the hidden potential.Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy.

[vii]) IPCC, 2014: Climate Change (2014): Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

viii) Paul, E. A. (2016). The nature and dynamics of soil organic matter: Plant inputs, microbial transformations, and organic matter stabilization. Soil Biology and Biochemistry, 98, 109–126.

[ix]) FAO, (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy.

[x]) Lal, R. (2016). Soil health and carbon management. Food and Energy Security, 5(4), 212–222.

[xi]) Wu, H.; Guo, Z.; Gao, Q. and Peng, C. (2009). Distribution of soil inorganic carbon storage and its changes due to agricultural land use activity in China. Agriculture, Ecosystems & Environment, 129(4), 413–421.

xii) Olson, K. R. (2013). Soil organic carbon sequestration, storage, retention and loss in U.S. croplands: Issues paper for protocol development. Geoderma, 195-196, 201–206.

xiii) Abdullahi, A. C.; Siwar, C.; Shaharudin, M. I. and Anizan, I. (2018). Carbon Sequestration in Soils: The Opportunities and Challenges. Carbon Capture, Utilization and Sequestration.

[xiv]) Smith, P.; Cotrufo, M. F.; Rumpel, C.; Paustian, K.; Kuikman, P. J.; Elliott, J. A.; … Scholes, M. C. (2015). Biogeochemical cycles and biodiversity as key drivers of ecosystem services provided by soils. SOIL, 1(2), 665–685.

[xv]) مياس، محمد أحمد .2012. أسس الاستشعار عن بعد، دار النشر: صنعاء الصفحات: 392 الدولة: صنعاء اللغة: عربي رقم الإيداع بدار الكتب 169 الناشر دار جامعة صناعة للطباعة والنشر الجمهورية اليمنية – صنعاء ص26.

xvi) بارود، خميس فاخر .2019. تطبيقات الاستشعار عن بعد في برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS.غزة- الطبعة الأولى. الجامعة الإسلامية .

[xvii]) Wang, S.; Gao, J.; Zhuang, Q.; Lu, Y.; Gu, H. and Jin, X. (2020). Multispectral remote sensing data are effective and robust in mapping regional forest soil organic carbon stocks in a northeast forest region in China. Remote Sensing, 12 (3), 393.

xviii) Wungshap, H.; Paul, A.; Bordoloi, R.; Das, B.; Sahoo, U. K.; Tripathi, S. K.; ... and Imbrea, F. (2023). Carbon Stock Assessment in Natural Forests and Plantations Using Geo-Informatics in Manipur, Northeast India. Agronomy, 13(8), 2023.

[xix]) منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة .1994. منتجات نخيل البلح، دار نافع للطباعة، صفحة (250).

[xx]) Guareschi, R. F., Pereira, M. G., Soares, P. F. C., da Costa Barros, F., Perin, A., & Rossi, C. Q. (2018). Compartments of organic matter in an Oxisol under different types of no-tillage systems. Semina: Ciencias Agrarias, 39(2), 533-548.

[xxi]) Mulugeta Betemariyam (2022). Carbon stock estimation of mixed-age date palm *(Phoenix dactylifera L.)* farms in northeastern Ethiopia * , Tamiru Kefalew Madda Walabu University, P.O. Box 247, Robe, Ethiopia.

[xxii]) Dahy, B.; Issa, S. and Saleous, N. (2023). Geo-spatial modelling of carbon stock assessment of date palm at different age stages: An integrated approach of fieldwork, remote sensing and GIS. Ecological Modelling, 481, 110377.

[xxiii]) ينظر: د. سعد جبار السوداني، القصور في الصياغة التشريعية(دراسة مقارنة)، الجامعة المستنصرية، كلية القانون، 2012، ص4.

[xxiv]) بنان حمد كريم الليمون، الإدارة البيئية في البلديات ودورها في مكافحة التلوث البيئي 2023، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، وزارة الإدارة المحلية، بلدية طلال الجديدة، الأردن، 2023، المجلد (4)، العدد (29، ص (104).

xxv.120) ينظر: د. عبد الباقي البكري. د. زهير البشير، المدخل لدراسة القانون، جامعة بغداد، دار الحكمة، 1989، ص

xxvi) رشا خليل عبد، سناء عبد طارش، دور مبادئ البيئة الوقائية والعلاجية في حماية البيئة ، دراسة في ضوء الاتفاقيات الدولية والتشريعات الداخلية، مجلة العلوم القانونية والسياسية عدد خاص بأبحاث المؤتمر العلمي الدولي الثالث (طلية بلاد الرافدين) العراق، 2020،ص 11.

xxvii.12) المصدر السابق: دور مبادئ البيئة الوقائية والعلاجية في حماية البيئة، رشا خليل عبد وسناء عبد طارش، ص

xxviii) بدر محمد الزغيب، المبادئ الحديثة في القانون البيئي كأساس للتعويض عن الاضرار البيئية، المجلة القانونية (مجلة متخصصة في الدراسات والبحوث القانونية)، مصر، كلية الحقوق- جامعة عين شمس، ص 3162.

[xxix]) المادة 202-203 من القانون المدني العراقي رقم 40 لسنة 1951 المعدل.

[xxx]) نبراس علاوي نجيب السلطاني، النظام القانوني لتعويض التلوث البيئي، مجلة العلوم الإنسانية و الطبيعية، الجامعة الإسلامية، لبنان ، المجلد (5) العدد (10) ، 1/10/ 2024، ص 339.

[xxxi]) الجبوري، حاتم خضير صالح .2002. دراسة هيدرولوجية كربلاء لوحة كربلاء المقدسة، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، رقم التقرير (2825)، جمهورية العراق وزارة الصناعة والمعادن، ص6.