عدد خاص بالندوة العلمية الدولية التعليم الأخضر مسار استراتيجي للتنمية المستدامة ليبيا
2026-6/16-14
الهيئة الليبية للبحث العلمي
المركز الليبي لأبحاث التنمية المستدامة

مجـــلة الفـــاروق للعلـــــوم
المجلـــد (2) العـدد 4 يونيـــو 2026
Al-Farooq Journal of Sciences
Volume (2) Issue (4) June2026
Issn3135-2359

الزراعة الذكية مناخياً كمدخل للتنمية الزراعية المستدامة في الوطن العربي

أ.د/ زكريا فؤاد فوزى[1] أ.د/ اياد هاني العلاف[2] د/ اياد طارق شيال العلم[3]
أ.د./ شيماء إسماعيل شديد[4] د/ بدران سبهان اغا[5]
[1]أستاذ – قسم بحوث الخضر - معهد البحوث الزراعية و البيولوجية – المركز القومى للبحوث
zf.fawzy@nrc.sci.eg zakaria6eg@gmail.com
[2]استاذ / قسم البستنة وهندسة الحدائق – كلية الزراعة والغابات – جامعة الموصل – العراق
Ayad_alalaf@uomosul.edu.iq
[3]استاذ مساعد / قسم البستنة وهندسة الحدائق – كلية الزراعة والغابات – جامعة الموصل – العراق
[4]أستاذ – قسم بحوث تغذية النبات - معهد البحوث الزراعية و البيولوجية – المركز القومى للبحوث
shaymaamisr@yahoo.com
[5]مدرس / قسم البستنة وهندسة الحدائق – كلية الزراعة والغابات – جامعة الموصل – العراق

Climate-Smart Agriculture as an Approach to Sustainable Agricultural Development in the Arab World

Prof. Dr. Zakaria Fouad Fawzy [1] Prof. Dr. Ayad Hani Al-Allaf [2] Dr. Ayad Tariq Shiyal Al-Alam [3]
Prof. Dr. Shaimaa Ismail Shadeed [4] Dr. Badran Subhan Agha [5]
Professor – Department of Vegetable Research – Agricultural and Biological Research Institute – National 1 Research Centre
zakaria6eg@gmail.com, zf.fawzy@nrc.sci.eg
Professor / Department of Horticulture and Landscape Engineering – College of Agriculture and Forestry 2 – University of Mosul – Iraq
Ayad_alalaf@uomosul.edu.iq
Assistant Professor / Department of Horticulture and Landscape Engineering – College of Agriculture and 3 Forestry – University of Mosul – Iraq
Professor – Department of Plant Nutrition Research – Agricultural and Biological Research Institute – 4 National Research Centre shaymaamisr@yahoo.com
5 Lecturer / Department of Horticulture and Landscape Engineering – College of Agriculture and Forestry – University of Mosul – Iraq

تاريخ الاستلام: 2026/04/01 تاريخ المراجعة 2026 /04/30 تاريخ القبول:2026/05/13- تاريخ النشر: 2026 /06/16

الملخص
هدفت الدراسة إلى تحليل دور الزراعة الذكية مناخيًا في دعم التنمية الزراعية المستدامة وتعزيز الأمن الغذائي في الوطن العربي في ظل التحديات المتزايدة المرتبطة بالتغيرات المناخية. واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي من خلال مراجعة وتحليل الأدبيات العلمية الحديثة والتقارير الدولية المتعلقة بالزراعة الذكية مناخيًا والتقنيات الزراعية الحديثة والذكاء الاصطناعي الزراعي. وأظهرت نتائج الدراسة أن تطبيقات الزراعة الذكية مناخيًا، مثل الذكاء الاصطناعي، والزراعة الدقيقة، والاستشعار عن بعد، والنظم الخبيرة، تسهم بصورة فعالة في تحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية، وتقليل الفاقد الزراعي، ورفع جودة الإنتاج الزراعي، وتعزيز قدرة النظم الزراعية على التكيف مع التغيرات المناخية. كما بينت الدراسة أن نجاح التحول نحو الزراعة الذكية مناخيًا يتطلب تطوير البنية التحتية الرقمية، وتعزيز البحث العلمي الزراعي، وتوفير سياسات واستراتيجيات متكاملة تدعم التحول الرقمي الزراعي في الدول العربية. وخلصت الدراسة إلى أن الزراعة الذكية مناخيًا تمثل أحد أهم الحلول المستقبلية لتحقيق التنمية الزراعية المستدامة وتعزيز الأمن الغذائي في الوطن العربي.
الكلمات المفتاحية: الزراعة الذكية مناخيًا، التنمية الزراعية المستدامة، الأمن الغذائي، الذكاء الاصطناعي، الزراعة الدقيقة، التغيرات المناخية، الوطن العربي.

Abstract
This study aimed to analyze the role of Climate-Smart Agriculture (CSA) in supporting sustainable agricultural development and enhancing food security in the Arab world under increasing climate change challenges. The study adopted a descriptive-analytical approach through reviewing and analyzing recent scientific literature and international reports related to

climate-smart agriculture, modern agricultural technologies, and agricultural artificial intelligence applications. The findings revealed that climate-smart agriculture technologies, including artificial intelligence, precision agriculture, remote sensing, and expert systems, significantly contribute to improving the efficiency of natural resource management, reducing agricultural losses, enhancing crop quality, and strengthening the resilience of agricultural systems against climate change impacts. The study also indicated that successful transformation toward climate-smart agriculture requires the development of digital agricultural infrastructure, support for agricultural scientific research, and the establishment of integrated agricultural and technological policies that support digital transformation in the Arab agricultural sector. The study concluded that climate-smart agriculture represents one of the most important future approaches for achieving sustainable agricultural development and enhancing food security in the Arab world.
Keywords: Climate-Smart Agriculture, Sustainable Agricultural Development, Food Security, Artificial Intelligence, Precision Agriculture, Climate Change, Arab World.

1.مقدمة:

تشهد المنظومات الزراعية العالمية خلال العقود الأخيرة تحديات بيئية ومناخية متسارعة نتيجة التغيرات المناخية وارتفاع درجات الحرارة وتزايد معدلات التصحر وندرة الموارد المائية، الأمر الذي انعكس بصورة مباشرة على استدامة الإنتاج الزراعي والأمن الغذائي، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة ومنها دول الوطن العربي (الشمري، 2025). وتؤكد العديد من الدراسات الحديثة أن التغيرات المناخية أصبحت تمثل تهديدًا استراتيجيًا للقطاع الزراعي العربي، في ظل تزايد الضغوط السكانية وتراجع كفاءة استخدام الموارد الطبيعية وضعف القدرة على التكيف مع التقلبات المناخية المتطرفة (بن عدة، 2026) .

وفي ظل هذه التحديات، برز مفهوم "الزراعة الذكية مناخيًا (Climate-Smart Agriculture) "باعتباره أحد أهم المداخل الحديثة لتحقيق التنمية الزراعية المستدامة، حيث يقوم هذا النهج على تعزيز الإنتاجية الزراعية، وتحسين كفاءة استخدام المياه والطاقة، وزيادة قدرة النظم الزراعية على التكيف مع التغيرات المناخية، مع خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتحقيق الأمن الغذائي بصورة متوازنة ومستدامة (الشمري، 2025). كما تشير منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO)إلى أن الزراعة الذكية مناخيًا تمثل إطارًا متكاملًا لإعادة هيكلة النظم الزراعية والغذائية بما يضمن الاستدامة البيئية والاقتصادية والاجتماعية في ظل المناخ المتغير .

وقد شهدت السنوات الأخيرة توسعًا ملحوظًا في توظيف التقنيات الرقمية الحديثة ضمن تطبيقات الزراعة الذكية مناخيًا، مثل الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء الزراعي، والاستشعار عن بعد، والزراعة الدقيقة، والطائرات بدون طيار، والنظم الخبيرة، والتي ساهمت في رفع كفاءة العمليات الزراعية وتحسين إدارة الموارد وتقليل الفاقد الزراعي وتعزيز جودة الإنتاج (نعيم، 2025؛ الشمري، 2025). كما أصبح التحول نحو الرقمنة الزراعية أحد المرتكزات الأساسية لتحقيق الاستدامة الزراعية والأمن الغذائي في العديد من الدول العربية (بوشناف، 2023) .

وعلى الرغم من التطور العالمي المتسارع في تطبيقات الزراعة الذكية مناخيًا، إلا أن الواقع العربي لا يزال يواجه العديد من التحديات المرتبطة بضعف البنية التكنولوجية الزراعية، ومحدودية التمويل، ونقص قواعد البيانات المناخية والزراعية، وضعف التكامل بين السياسات الزراعية والبيئية والتكنولوجية، إضافة إلى محدودية الدراسات التحليلية العربية التي تناولت الزراعة الذكية مناخيًا ضمن إطار متكامل يجمع بين الاستدامة الزراعية والأمن الغذائي والتكنولوجيا الحديثة (الرويني، 2024؛ بن عدة، 2026) .

2. مشكلة الدراسة

تواجه المنظومات الزراعية في الوطن العربي تحديات متزايدة نتيجة التغيرات المناخية، وارتفاع درجات الحرارة، وندرة الموارد المائية، وتراجع كفاءة النظم الزراعية التقليدية، الأمر الذي انعكس سلبًا على الإنتاج الزراعي والأمن الغذائي والاستدامة البيئية. وعلى الرغم من التطور العالمي في تطبيقات الزراعة الذكية مناخيًا وتوظيف التقنيات الحديثة كالذكاء الاصطناعي والزراعة الدقيقة والاستشعار عن بعد، إلا أن تطبيق هذه النظم في البيئة العربية لا يزال يواجه العديد من المعوقات التقنية والمؤسسية والتمويلية. ومن هنا تتمثل مشكلة الدراسة في التساؤل الرئيس الآتي:

إلى أي مدى يمكن للزراعة الذكية مناخيًا أن تسهم في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة وتعزيز الأمن الغذائي في الوطن العربي في ظل التغيرات المناخية المتسارعة؟

3. أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلى تحقيق الأهداف الآتية:

1. التعرف على مفهوم الزراعة الذكية مناخيًا وأهم أبعادها التنموية .
2. تحليل تأثير التغيرات المناخية على القطاع الزراعي في الوطن العربي .
3. استعراض أهم التقنيات الحديثة المستخدمة في الزراعة الذكية مناخيًا .

4. توضيح دور الذكاء الاصطناعي والزراعة الدقيقة في تحسين كفاءة الإنتاج الزراعي .
5. مناقشة دور النظم الخبيرة والتقنيات الرقمية في دعم الاستدامة الزراعية .
6. تحديد أبرز التحديات والمعوقات التي تواجه تطبيق الزراعة الذكية مناخيًا في الوطن العربي .
7. تقديم مقترحات وتوصيات تدعم التحول نحو نظم زراعية أكثر استدامة ومرونة مناخية .

4. أهمية الدراسة

تنبع أهمية الدراسة من أهمية الموضوع الذي تتناوله، والمتمثل في الزراعة الذكية مناخيًا باعتبارها أحد أهم المداخل الحديثة لتحقيق التنمية الزراعية المستدامة ومواجهة التحديات المناخية المتزايدة. كما تكتسب الدراسة أهميتها من خلال:

1. تسليط الضوء على دور التقنيات الحديثة والذكاء الاصطناعي في تطوير القطاع الزراعي .
2. إبراز أهمية الزراعة الذكية مناخيًا في تعزيز الأمن الغذائي العربي .
3. المساهمة في دعم التوجه نحو التحول الرقمي الزراعي وتحسين إدارة الموارد الطبيعية .
4. تقديم إطار تحليلي يساعد الباحثين وصناع القرار في تطوير السياسات الزراعية المستدامة .
5. دعم الجهود الرامية إلى التكيف مع التغيرات المناخية والحد من آثارها السلبية على القطاع الزراعي .

5. المراجعة النظرية

التغيرات المناخية والزراعة

أصبحت التغيرات المناخية خلال العقود الأخيرة من أكثر القضايا البيئية تأثيرًا على النظم الزراعية والغذائية عالميًا، حيث تشير التقارير العلمية الحديثة إلى وجود تغيرات واضحة في العديد من المؤشرات المناخية، من أبرزها ارتفاع متوسط درجات الحرارة العالمية، وزيادة تركيزات غازات الاحتباس الحراري، خاصة ثاني أكسيد الكربون(CO_2) ، وارتفاع مستوى سطح البحر، فضلًا عن تزايد حدة الظواهر المناخية المتطرفة مثل موجات الجفاف والفيضانات والتصحر .(IPCC, 2023) وقد انعكست هذه التغيرات بصورة مباشرة على كفاءة واستدامة القطاع الزراعي، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعاني أصلًا من محدودية الموارد الطبيعية وضعف القدرة على التكيف المناخي (الشمري، 2025).

وتؤكد الدراسات الحديثة أن التغيرات المناخية الحالية والمستقبلية سيكون لها تأثيرات سلبية متزايدة على الإنتاج الزراعي من حيث الكمية والجودة، نتيجة تعرض المحاصيل الزراعية للإجهادات الحيوية وغير الحيوية، بما يشمل ارتفاع درجات الحرارة، وتغير أنماط سقوط الأمطار، وزيادة ملوحة التربة، وانتشار الآفات والأمراض الزراعية، فضلًا عن اضطراب المواسم الزراعية التقليدية وفقدان جزء من التنوع البيولوجي الزراعي (بوشناف، 2023). كما تؤدي هذه التغيرات إلى انخفاض إنتاجية العديد من المحاصيل الاستراتيجية وارتفاع معدلات الفاقد الزراعي، الأمر الذي يهدد الأمن الغذائي العالمي ويزيد من هشاشة النظم الزراعية، خاصة في الدول النامية (FAO, 2024).

ويُعد القطاع الزراعي من أكثر القطاعات حساسية للتغيرات المناخية، نظرًا لاعتماده المباشر على العوامل البيئية والمناخية، حيث تؤدي الزيادة المستمرة في درجات الحرارة إلى تراجع إنتاجية المحاصيل الزراعية وتدهور جودتها، إلى جانب تشجيع نمو الحشائش والآفات والأمراض الزراعية، مما ينعكس سلبًا على كفاءة الإنتاج الزراعي واستدامته (الرويني، 2024). وفي المقابل، تشير بعض الدراسات إلى أن تطوير نظم زراعية أكثر مرونة واستدامة أصبح ضرورة استراتيجية لمواجهة هذه التحديات، من خلال تبني تقنيات حديثة قادرة على تحسين إدارة الموارد الزراعية وتعزيز قدرة النظم الزراعية على التكيف مع الظروف المناخية المتغيرة (نعيم، 2025).

وتشير تقديرات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) إلى أن القطاع الزراعي مسؤول عن نسبة معتبرة من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري عالميًا، إلا أنه في الوقت ذاته يمتلك إمكانات كبيرة للمساهمة في خفض الانبعاثات الكربونية وعزل الكربون من الغلاف الجوي من خلال تبني ممارسات زراعية مستدامة وتطبيق نهج الزراعة الذكية مناخيًا (Climate-Smart Agriculture)، والذي يهدف إلى تحقيق التوازن بين زيادة الإنتاجية الزراعية، وتعزيز التكيف المناخي، وتقليل الانبعاثات الضارة بالبيئة (IPCC, 2023) ، (FAO, 2024).

ممارسات وتقنيات تطبيق الزراعة الذكية مناخيًا

يعتمد نهج الزراعة الذكية مناخيًا (Climate-Smart Agriculture) على مجموعة متكاملة من الممارسات والتقنيات الزراعية المستدامة التي تهدف إلى رفع كفاءة الإنتاج الزراعي، وتعزيز قدرة النظم الزراعية على التكيف مع التغيرات المناخية، إلى جانب خفض الانبعاثات الكربونية وتحسين إدارة الموارد الطبيعية .(FAO, 2024) وتتميز هذه الممارسات بقدرتها على تحقيق التوازن بين الأبعاد الاقتصادية والبيئية والاجتماعية للتنمية الزراعية المستدامة.

تحسين إدارة التربة والمغذيات

تمثل الإدارة المستدامة للتربة أحد أهم مرتكزات الزراعة الذكية مناخيًا، حيث تسهم في تحسين خصوبة التربة ورفع قدرتها على الاحتفاظ بالمياه والعناصر الغذائية، إضافة إلى تقليل تدهور الأراضي الزراعية. ويشمل ذلك التوسع في استخدام الأسمدة العضوية والحيوية، وإعادة تدوير المخلفات الزراعية، وتقليل الاعتماد على الأسمدة الكيميائية مرتفعة التكلفة والأثر البيئي، بما يعزز استدامة الإنتاج الزراعي ويحسن التوازن البيئي داخل النظم الزراعية (بوشناف، 2023).

تحسين كفاءة استخدام المياه

تُعد ندرة المياه من أبرز التحديات التي تواجه القطاع الزراعي في الوطن العربي، الأمر الذي يستوجب التوسع في تطبيق نظم الري الحديثة ذات الكفاءة العالية، مثل الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي، والري بالرش، وأنظمة الري الذكي

المعتمدة على تقنيات الاستشعار والتحكم الرقمي. وتسهم هذه التقنيات في ترشيد استهلاك المياه، وتقليل الفاقد، وتحسين كفاءة استخدام الموارد المائية، خاصة في المناطق الصحراوية والأراضي المستصلحة حديثًا (الشمري، 2025). **تعزيز النظم الزراعية الصديقة للبيئة**

يساعد تطبيق النظم الزراعية السليمة بيئيًا في بناء نظم إنتاج غذائي أكثر قدرة على التكيف والمرونة في مواجهة التغيرات المناخية. وتشمل هذه الممارسات الإدارة المتكاملة للآفات الزراعية باستخدام الوسائل البيولوجية والميكانيكية، وتقليل الاستخدام المفرط للمبيدات الكيميائية، إضافة إلى الاستفادة من المخلفات الزراعية في إنتاج الأسمدة العضوية (الكمبوست)، وتنظيم دورات المغذيات داخل التربة، والمحافظة على التنوع البيولوجي الزراعي وموارد التربة.(FAO, 2024)

الإدارة المستدامة للموارد الوراثية

تمثل الموارد الوراثية النباتية والحيوانية عنصرًا أساسيًا في تعزيز قدرة القطاع الزراعي على التكيف مع التغيرات المناخية، حيث يسهم تطوير واستنباط أصناف وسلالات زراعية مقاومة للجفاف والملوحة وارتفاع درجات الحرارة في تحسين استقرار الإنتاج الزراعي وتقليل المخاطر المناخية. كما تُعد برامج التحسين الوراثي والتنوع الجيني من الأدوات المهمة لدعم الأمن الغذائي وتعزيز استدامة النظم الزراعية في البيئات الهشة (الرويني، 2024).

خفض الانبعاثات الكربونية والغازات الدفيئة

تسعى الزراعة الذكية مناخيًا إلى تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الناتجة عن الأنشطة الزراعية، خاصة غاز الميثان الناتج عن زراعة الأرز والإنتاج الحيواني. وتشير الدراسات إلى أن إدخال تعديلات تقنية بسيطة على نظم زراعة الأرز وأساليب إدارة المياه يمكن أن يسهم بصورة فعالة في خفض انبعاثات الميثان. كما أن تحسين نظم التغذية والرعي والإدارة المتكاملة للثروة الحيوانية يساعد في رفع كفاءة الإنتاج الحيواني وتقليل البصمة الكربونية للقطاع الزراعي (IPCC, 2023).

الإدارة المستدامة للمراعي والثروة الحيوانية

تُعد الإدارة المحسنة للمراعي الطبيعية والصناعية من الممارسات المهمة في الزراعة الذكية مناخيًا، حيث تسهم في الحد من تدهور الأراضي الرعوية وتحسين قدرتها على امتصاص الكربون من الغلاف الجوي. كما تساعد الإدارة المستدامة للمراعي في زيادة إنتاجية الثروة الحيوانية وتحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية مع تقليل التأثيرات البيئية السلبية المرتبطة بالنشاط الرعوي (نعيم، 2025).

الزراعة بدون تربة والتقنيات الزراعية الحديثة

برزت الزراعة بدون تربة (Hydroponics) كأحد النماذج الحديثة الداعمة للزراعة الذكية مناخيًا، لما تتميز به من كفاءة عالية في استخدام المياه والأسمدة وإمكانية تطبيقها في البيئات ذات الموارد المحدودة. كما تسهم هذه التقنية في زيادة الإنتاج الزراعي وتقليل استهلاك الموارد الطبيعية، فضلًا عن قدرتها على دعم نظم الزراعة الحضرية وتحقيق استدامة الإنتاج الغذائي في ظل التحديات المناخية المتزايدة (FAO, 2024).

مفهوم الزراعة الذكية مناخيًا وأهدافها

تُعد الزراعة الذكية مناخيًا (Climate-Smart Agriculture - CSA) أحد المداخل الحديثة التي ظهرت استجابةً للتحديات المتزايدة التي فرضتها التغيرات المناخية على القطاع الزراعي العالمي، حيث تهدف إلى تحقيق التوازن بين زيادة الإنتاجية الزراعية والمحافظة على الموارد الطبيعية وتعزيز القدرة على التكيف مع التغيرات المناخية وتقليل الانبعاثات الكربونية المرتبطة بالأنشطة الزراعية (FAO, 2024). ويعتمد هذا النهج على تطوير نظم إنتاج زراعي أكثر كفاءة واستدامة من خلال توظيف التقنيات الحديثة والممارسات الزراعية المستدامة التي تسهم في تحسين إدارة المياه والتربة والطاقة والموارد الوراثية.

وتشير منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO) إلى أن الزراعة الذكية مناخيًا تمثل نهجًا متكاملًا يهدف إلى "توجيه وتحويل النظم الزراعية والغذائية بما يدعم التنمية المستدامة ويضمن الأمن الغذائي في ظل مناخ متغير .(FAO, 2024) "

كما يسعى هذا النهج إلى تحقيق ثلاثة أهداف رئيسية تتمثل في: زيادة الإنتاجية الزراعية والدخل، وتعزيز القدرة على التكيف والصمود أمام التغيرات المناخية، وخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري قدر الإمكان (IPCC, 2023).

وفي هذا الإطار، أصبحت الزراعة الذكية مناخيًا أحد المرتكزات الأساسية لتحقيق الاستدامة الزراعية والأمن الغذائي، خاصة في الدول النامية التي تواجه تحديات بيئية ومناخية متزايدة، مثل ندرة المياه، وتدهور الأراضي الزراعية، والتصحر، وارتفاع درجات الحرارة. كما أسهمت التطورات التكنولوجية الحديثة، مثل الزراعة الدقيقة، والاستشعار عن بعد، والذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء الزراعي، في تعزيز كفاءة النظم الزراعية وتحسين عمليات اتخاذ القرار الزراعي وإدارة الموارد الطبيعية بصورة أكثر دقة واستدامة (الشمري، 2025).

وتسعى تطبيقات الزراعة الذكية مناخيًا إلى تحسين كفاءة استخدام الموارد الزراعية، وتقليل الفاقد، ورفع جودة المنتجات الزراعية، وتعزيز سلامة الغذاء، إلى جانب التوسع في تطبيق الممارسات الزراعية الجيدة والزراعة العضوية والحيوية، بما ينعكس إيجابيًا على استدامة الإنتاج الزراعي وقدرته على مواجهة التغيرات المناخية المستقبلية (بوشناف، 2023). كما تدعم هذه التطبيقات تطوير نظم زراعية وغذائية أكثر مرونة وقدرة على الصمود أمام الأزمات البيئية والمناخية، من خلال اعتماد تقنيات حديثة مثل نظم الري الذكي، والزراعة بدون تربة، والنظم الزراعية الخبيرة، وتقنيات الاستشعار والمراقبة الرقمية (نعيم، 2025).

وتؤكد الأدبيات الحديثة أن الزراعة الذكية مناخيًا لا تمثل تقنية زراعية منفردة أو نموذجًا موحدًا يمكن تطبيقه في جميع البيئات، وإنما تعد إطارًا ديناميكيًا يعتمد على طبيعة الموارد المتاحة والظروف البيئية والاجتماعية والاقتصادية لكل دولة أو منطقة زراعية. ولذلك، فإن نجاح هذا النهج يرتبط بمدى قدرة المؤسسات الزراعية والحكومات على تطوير سياسات واستراتيجيات متكاملة تدعم التحول نحو نظم زراعية أكثر كفاءة واستدامة ومراعاةً للمناخ (الرويني، 2024).

دور الذكاء الاصطناعي في دعم الزراعة الذكية مناخيًا وتحقيق التنمية الزراعية المستدامة

أدى التطور المتسارع في تقنيات الذكاء الاصطناعي والتحول الرقمي إلى إحداث تغيرات جوهرية في القطاع الزراعي، حيث أصبح الذكاء الاصطناعي أحد أهم الأدوات الحديثة المستخدمة في تطوير نظم الزراعة الذكية مناخيًا وتعزيز كفاءة الإنتاج الزراعي في ظل التحديات البيئية والمناخية المتزايدة. وتقوم تطبيقات الذكاء الاصطناعي الزراعي على تحليل البيانات الضخمة المتعلقة بالمناخ والتربة والمحاصيل والموارد المائية، بما يساعد على دعم اتخاذ القرار الزراعي وتحسين إدارة العمليات الزراعية بصورة أكثر دقة واستدامة (Alotaibi & Madbouly, 2024).

وتشير الدراسات الحديثة إلى أن الاعتماد المتزايد على تقنيات الذكاء الاصطناعي في القطاع الزراعي جاء نتيجة الحاجة إلى رفع كفاءة الإنتاج الغذائي العالمي لمواجهة النمو السكاني المتسارع، وتقليل الفاقد الزراعي، وتعزيز قدرة النظم الزراعية على التكيف مع التغيرات المناخية. وقد ساهمت تقنيات التعلم الآلي (Machine Learning) وتحليل الصور الرقمية والاستشعار الذكي في تطوير نظم زراعية أكثر قدرة على مراقبة المحاصيل والتنبؤ بالأمراض والآفات وتحسين استخدام المياه والطاقة والأسمدة (Elbehri et al., 2023).

كما أصبح الذكاء الاصطناعي أحد المحاور الأساسية في تطبيقات الزراعة الدقيقة(Precision Agriculture) ، والتي تعتمد على استخدام أجهزة الاستشعار والطائرات بدون طيار والروبوتات الزراعية لتوفير بيانات لحظية عن حالة التربة والمحاصيل والظروف البيئية. وتساعد هذه التقنيات في تحسين عمليات الري والتسميد وتقليل استخدام المبيدات الزراعية، الأمر الذي ينعكس إيجابيًا على كفاءة الإنتاج الزراعي وتقليل التأثيرات البيئية السلبية للقطاع الزراعي (FAO, 2024).

وقد شهدت العديد من الدول المتقدمة، خاصة الولايات المتحدة الأمريكية والصين والهند، توسعًا ملحوظًا في استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي الزراعي، حيث يتم توظيف تقنيات رؤية الحاسوب والتعلم العميق في الكشف المبكر عن الأمراض النباتية وتحليل صور المحاصيل الزراعية بدقة مرتفعة. كما تستخدم الطائرات الذكية والأنظمة الروبوتية في مراقبة الحقول الزراعية ورش المبيدات والأسمدة بصورة آلية، بما يسهم في خفض التكاليف التشغيلية وتحسين جودة الإنتاج الغذائي (Klerkx & Rose, 2023).

ومن التطبيقات الواعدة في هذا المجال استخدام تطبيقات الهواتف الذكية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي في تشخيص الأمراض النباتية، حيث أظهرت بعض الدراسات التطبيقية نجاح هذه الأنظمة في التعرف على أمراض المحاصيل الزراعية، مثل الكسافا والقمح والطماطم، من خلال تحليل الصور الرقمية للأوراق النباتية باستخدام تقنيات التعلم العميق والشبكات العصبية الاصطناعية. وتسهم هذه التطبيقات في دعم نظم الإنذار المبكر وتقليل الخسائر الزراعية وتحسين استجابة المزارعين للمشكلات الزراعية بصورة سريعة وفعالة (Sarker et al., 2024).

إضافة إلى ذلك، يلعب الذكاء الاصطناعي دورًا مهمًا في دعم الاستدامة الزراعية من خلال تحسين إدارة الموارد الطبيعية وتقليل البصمة الكربونية للأنشطة الزراعية، حيث تساعد النظم الذكية في ترشيد استهلاك المياه والطاقة وتحسين كفاءة استخدام المدخلات الزراعية وتقليل الانبعاثات الناتجة عن الأنشطة الزراعية التقليدية. كما تسهم النظم الزراعية الخبيرة القائمة على الذكاء الاصطناعي في تقديم حلول استشارية للمزارعين تساعد على رفع كفاءة الإنتاج وتحقيق الأمن الغذائي بصورة أكثر استدامة (World Bank, 2023).

وفي ضوء ما سبق، يتضح أن الذكاء الاصطناعي يمثل أحد الركائز الأساسية لتطوير نظم الزراعة الذكية مناخيًا، لما يوفره من إمكانات كبيرة لتحسين كفاءة الإنتاج الزراعي وتعزيز الأمن الغذائي ودعم التكيف مع التغيرات المناخية، الأمر الذي يجعله أداة استراتيجية لتحقيق التنمية الزراعية المستدامة في المستقبل.

النظم الخبيرة في المجال الزراعي

تُعد النظم الخبيرة (Expert Systems) من أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في القطاع الزراعي، حيث تعتمد على محاكاة الخبرات البشرية المتخصصة وتحويلها إلى أنظمة رقمية قادرة على دعم اتخاذ القرار الزراعي بصورة دقيقة وسريعة. وتعمل هذه النظم من خلال بناء قواعد معرفية تحتوي على معلومات وخبرات تراكمية مستمدة من الخبراء والمتخصصين في المجالات الزراعية المختلفة، بحيث يمكن للمستخدم – سواء كان مزارعًا أو منتجًا زراعيًا أو مهندسًا زراعيًا – الاستفادة منها في تشخيص المشكلات الزراعية واقتراح الحلول المناسبة (Russell & Norvig, 2021).

وتعتمد النظم الخبيرة على مجموعة من القواعد المنطقية وخوارزميات الذكاء الاصطناعي التي تسمح للنظام بتحليل البيانات والإجابة عن الأسئلة المطروحة بطريقة تحاكي آلية تفكير الخبراء البشريين. فعند إدخال البيانات المتعلقة بالمشكلة الزراعية، مثل أعراض الأمراض النباتية أو خصائص التربة أو الظروف المناخية، يقوم النظام بتحليل المعلومات وتقديم التوصيات والحلول المناسبة استنادًا إلى قاعدة المعرفة المخزنة داخله (Elbehri et al., 2023).

وقد شهدت النظم الخبيرة الزراعية تطورًا ملحوظًا خلال السنوات الأخيرة مع التوسع في استخدام تقنيات التعلم الآلي والبيانات الضخمة وإنترنت الأشياء الزراعي، الأمر الذي ساهم في رفع دقة هذه الأنظمة وتحسين قدرتها على دعم المزارعين في

مجالات متعددة، مثل تشخيص الأمراض النباتية، وإدارة الري، والتسميد الذكي، ومكافحة الآفات، وتحسين الإنتاجية الزراعية (Sarker et al., 2024).

كما تؤكد الدراسات الحديثة أن تطبيق النظم الخبيرة في القطاع الزراعي يسهم في تقليل الوقت والجهد اللازمين لاتخاذ القرار الزراعي، وتحسين كفاءة إدارة العمليات الزراعية، وزيادة الإنتاج كماً ونوعًا، إلى جانب تقليل الفاقد الزراعي وترشيد استخدام الموارد الطبيعية. وتساعد هذه الأنظمة أيضًا في نقل المعرفة والخبرة الزراعية إلى المزارعين في المناطق الريفية والنائية، بما يدعم تحقيق التنمية الزراعية المستدامة وتعزيز الأمن الغذائي (FAO, 2024).

وفي إطار الزراعة الذكية مناخيًا، أصبحت النظم الخبيرة أداة استراتيجية لدعم التكيف مع التغيرات المناخية، من خلال توفير حلول ذكية تعتمد على تحليل البيانات المناخية والزراعية وتقديم توصيات تساعد على اختيار المحاصيل المناسبة، وتحديد مواعيد الزراعة المثلى، وتحسين كفاءة استخدام المياه والأسمدة والطاقة، بما يعزز استدامة النظم الزراعية ويزيد من قدرتها على مواجهة المخاطر البيئية والمناخية (Klerkx & Rose, 2023).

الذكاء الاصطناعي وتكنولوجيا معاملات ما بعد الحصاد

تُعد معاملات ما بعد الحصاد من أكثر المراحل تأثيرًا في كفاءة سلاسل الإمداد الغذائي واستدامة الإنتاج الزراعي، حيث تشير التقديرات الدولية إلى أن نسبة كبيرة من المحاصيل الزراعية تتعرض للفقد والتلف نتيجة الممارسات غير السليمة أثناء عمليات الحصاد والتخزين والنقل والتسويق، الأمر الذي يشكل تحديًا رئيسيًا للأمن الغذائي العالمي، خاصة في الدول النامية (FAO, 2024). وتؤكد الدراسات الحديثة أن تقليل الفاقد الغذائي أصبح أحد المحاور الاستراتيجية لتحقيق الاستدامة الزراعية وتعزيز كفاءة استخدام الموارد الطبيعية.

وفي هذا السياق، برزت تطبيقات الذكاء الاصطناعي والتقنيات الرقمية الحديثة كأدوات فعالة لتحسين كفاءة معاملات ما بعد الحصاد وتقليل الخسائر الزراعية، من خلال توظيف الأنظمة الذكية في عمليات الفرز والتصنيف والتخزين والنقل والمراقبة البيئية للمحاصيل الزراعية. وقد ساهمت هذه التقنيات في رفع جودة المنتجات الزراعية وتقليل معدلات التلف، إضافة إلى تحسين كفاءة إدارة سلاسل الإمداد الغذائي (Klerkx & Rose, 2023).

كما تعتمد العديد من الدول المتقدمة على الأنظمة الزراعية الذكية والروبوتات والجرارات ذاتية التشغيل في تنفيذ العمليات الزراعية المختلفة، بما يسهم في تقليل الأخطاء البشرية وتحسين دقة العمليات الزراعية ورفع كفاءة الإنتاج. وأسهمت تقنيات الذكاء الاصطناعي كذلك في تقليل الاستخدام العشوائي للمبيدات والأسمدة الكيميائية، من خلال تحليل البيانات الزراعية بصورة دقيقة وتحديد الاحتياجات الفعلية للمحاصيل، الأمر الذي انعكس إيجابيًا على خفض التكاليف وتقليل التأثيرات البيئية السلبية للأنشطة الزراعية (World Bank, 2023).

وتُعد الزراعة الدقيقة (Precision Agriculture) من أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجال الزراعي، حيث تعتمد على استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، وأجهزة الاستشعار الذكية، ونظم تحديد المواقع الجغرافية(GPS) ، والطائرات بدون طيار، بهدف إدارة العمليات الزراعية بصورة دقيقة ومحددة وفقًا لاحتياجات كل جزء من الحقل الزراعي. ويختلف هذا النهج عن الأساليب الزراعية التقليدية التي تعتمد على تطبيق المعاملات الزراعية بصورة موحدة على كامل الحقل دون مراعاة التباينات البيئية أو الإنتاجية داخله (Sarker et al., 2024).

وقد أدى التطور المتسارع في تقنيات الاستشعار عن بعد وانخفاض تكاليف المستشعرات الذكية إلى زيادة استخدام هذه التطبيقات في القطاع الزراعي، حيث تتيح هذه الأنظمة جمع وتحليل البيانات المتعلقة برطوبة التربة، والحالة الصحية للمحاصيل، واحتياجات الري والتسميد، وانتشار الآفات الزراعية بصورة لحظية ودقيقة. ويساعد ذلك على توجيه عمليات الري والتسميد واستخدام المبيدات إلى المناطق التي تحتاجها فقط، مما يقلل من استهلاك الموارد والكيماويات الزراعية، ويخفض تكاليف الإنتاج، ويعزز الاستدامة البيئية للنظم الزراعية (Elbehri et al., 2023).

كما تسهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في دعم نظم الإنذار المبكر ومراقبة جودة التخزين وسلامة المنتجات الزراعية خلال مراحل ما بعد الحصاد، من خلال استخدام أنظمة ذكية قادرة على مراقبة درجات الحرارة والرطوبة والتغيرات البيئية داخل المخازن وسلاسل النقل، الأمر الذي يساعد على الحد من التلف وتحسين جودة المنتجات الغذائية وزيادة قدرتها التنافسية في الأسواق المحلية والدولية (FAO, 2024).

وفي ضوء ذلك، أصبح توظيف الذكاء الاصطناعي في معاملات ما بعد الحصاد والزراعة الدقيقة أحد المحاور الأساسية لتحقيق التنمية الزراعية المستدامة، لما يوفره من إمكانات كبيرة لرفع كفاءة الإنتاج الزراعي وتقليل الفاقد الغذائي وترشيد استخدام الموارد الطبيعية وتعزيز الأمن الغذائي في ظل التحديات المناخية والاقتصادية المتزايدة.

التكيف مع التغيرات المناخية من خلال تطوير النظم الزراعية

أصبحت التغيرات المناخية تمثل أحد أكبر التحديات التي تواجه القطاع الزراعي العالمي، نظرًا لما تسببه من تأثيرات سلبية متزايدة على الإنتاج الزراعي والأمن الغذائي والاستدامة البيئية. وتشير العديد من السيناريوهات المناخية المستقبلية إلى أن استمرار ارتفاع درجات الحرارة العالمية بمعدلات تتراوح بين 2–4 درجات مئوية قد يؤدي إلى انخفاض إنتاجية العديد من المحاصيل الزراعية الاستراتيجية، إضافة إلى زيادة معدلات الجفاف والتصحر وتدهور الموارد الطبيعية وارتفاع انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، الأمر الذي يهدد استقرار النظم الزراعية والغذائية عالميًا (IPCC, 2023).

وفي ضوء هذه التحديات، أصبح من الضروري إعادة هيكلة النظم الزراعية التقليدية وتطوير نماذج إنتاج أكثر قدرة على التكيف مع الظروف المناخية المتغيرة، من خلال تبني حلول مبتكرة وتقنيات زراعية حديثة تدعم كفاءة استخدام الموارد

الطبيعية وتحافظ على استدامة الإنتاج الزراعي. كما تؤكد الأدبيات الحديثة أن التكيف مع التغيرات المناخية لم يعد خيارًا تنمويًا، بل أصبح ضرورة استراتيجية لضمان الأمن الغذائي وسلامة الغذاء واستمرارية النظم الزراعية في المستقبل (FAO, 2024).

وفي هذا السياق، يمثل نهج الزراعة الذكية مناخيًا أحد أهم المداخل الحديثة القادرة على دعم التكيف والتخفيف من آثار التغيرات المناخية، حيث يسهم في تحسين إنتاجية المحاصيل الزراعية وجودتها، وتعزيز كفاءة استخدام المياه والطاقة والأسمدة، إلى جانب تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتحسين قدرة النظم الزراعية على الصمود أمام الأزمات البيئية والمناخية (Elbehri et al., 2023).

كما تعتمد الزراعة الذكية مناخيًا على توظيف مجموعة من الحلول الابتكارية وغير التقليدية، مثل الزراعة الدقيقة، والري الذكي، والاستشعار عن بعد، والذكاء الاصطناعي، والزراعة بدون تربة، واستنباط أصناف نباتية مقاومة للجفاف والملوحة وارتفاع درجات الحرارة. وتسهم هذه التطبيقات في تحسين إدارة الموارد الزراعية وتقليل الفاقد الزراعي وتعزيز استدامة الإنتاج الغذائي في ظل التغيرات المناخية المتسارعة (Klerkx & Rose, 2023).

وتشير الدراسات الحديثة إلى أن نجاح التحول نحو نظم زراعية أكثر مرونة واستدامة يتطلب تطوير سياسات زراعية ومناخية متكاملة، وتعزيز البحث العلمي الزراعي، ودعم التحول الرقمي في القطاع الزراعي، إضافة إلى رفع كفاءة نظم الإنذار المبكر وإدارة المخاطر المناخية، بما يسهم في بناء نظم زراعية أكثر قدرة على التكيف وتحقيق التنمية الزراعية المستدامة .(World Bank, 2023)

6. الفجوة البحثية

على الرغم من التوسع المتزايد في الدراسات المرتبطة بالزراعة الذكية مناخيًا والتقنيات الزراعية الحديثة، إلا أن معظم الأدبيات السابقة ركزت بصورة منفصلة على الجوانب التقنية أو البيئية أو المناخية، دون تقديم إطار تحليلي متكامل يربط بين الزراعة الذكية مناخيًا والتنمية الزراعية المستدامة والأمن الغذائي في الوطن العربي. كما أن غالبية الدراسات العربية تناولت تطبيقات محددة، مثل الري الذكي أو الزراعة الدقيقة أو الذكاء الاصطناعي الزراعي، دون التوسع في تحليل التكامل بين هذه التقنيات وأثرها في بناء نظم زراعية أكثر مرونة واستدامة في ظل التغيرات المناخية المتسارعة .

إضافة إلى ذلك، تُظهر المراجعة النظرية وجود محدودية واضحة في الدراسات التحليلية العربية التي تناولت دور التقنيات الرقمية الحديثة، مثل الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة والاستشعار عن بعد، ضمن إطار الزراعة الذكية مناخيًا، خاصة فيما يتعلق بتقييم قدرتها على تعزيز كفاءة إدارة الموارد الطبيعية وتقليل الفاقد الزراعي ودعم الأمن الغذائي العربي. كما أن بعض الدراسات السابقة ركزت على التجارب الدولية أو الجوانب النظرية العامة، دون معالجة التحديات الهيكلية والمؤسسية والتكنولوجية التي تواجه تطبيق الزراعة الذكية مناخيًا في البيئة العربية .

ومن هنا، تتمثل الفجوة البحثية للدراسة الحالية في محاولة تقديم رؤية تحليلية متكاملة لدور الزراعة الذكية مناخيًا في تحقيق التنمية الزراعية المستدامة في الوطن العربي، من خلال الربط بين التغيرات المناخية والتقنيات الزراعية الحديثة والذكاء الاصطناعي والأمن الغذائي، مع تحليل أهم التحديات والمعوقات التي تواجه تطبيق هذه النظم في البيئة العربية، وهو ما تسعى الدراسة الحالية إلى معالجته والإسهام فيه علميًا وتطبيقيًا.

7.منهجية الدراسة

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي، من خلال مراجعة وتحليل الأدبيات العلمية الحديثة والدراسات العربية والأجنبية والتقارير الدولية المتعلقة بالزراعة الذكية مناخيًا، والتغيرات المناخية، والذكاء الاصطناعي الزراعي، والتنمية الزراعية المستدامة. كما اعتمدت الدراسة على تحليل التطبيقات والتقنيات الحديثة المستخدمة في الزراعة الذكية مناخيًا، بهدف تفسير دورها في تحسين كفاءة الإنتاج الزراعي وتعزيز الأمن الغذائي والاستدامة البيئية في الوطن العربي.

8. النتائج والمناقشة

أظهرت نتائج الدراسة أن الزراعة الذكية مناخيًا تمثل أحد أهم المداخل الاستراتيجية القادرة على دعم التنمية الزراعية المستدامة وتعزيز الأمن الغذائي في الوطن العربي، خاصة في ظل التحديات المتزايدة المرتبطة بالتغيرات المناخية وندرة الموارد الطبيعية. وقد بينت الدراسة أن توظيف التقنيات الحديثة، مثل الذكاء الاصطناعي، والزراعة الدقيقة، والاستشعار عن بعد، والنظم الخبيرة، يسهم بصورة فعالة في تحسين كفاءة استخدام المياه والطاقة والأسمدة، وتقليل الفاقد الزراعي، ورفع جودة الإنتاج الزراعي، إضافة إلى تحسين قدرة النظم الزراعية على التكيف مع التغيرات المناخية المستقبلية .

كما أوضحت الدراسة أن تطبيق تقنيات الزراعة الذكية مناخيًا يساعد في خفض التأثيرات البيئية السلبية للأنشطة الزراعية التقليدية، من خلال تقليل الاستخدام العشوائي للمبيدات والأسمدة الكيميائية، وتحسين إدارة الموارد الطبيعية، وخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، خاصة في القطاعات المرتبطة بإدارة الري والإنتاج الحيواني وزراعة المحاصيل كثيفة الاستهلاك للمياه. وتنسجم هذه النتائج مع ما أشارت إليه تقارير منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة(FAO, 2024) ، والتي أكدت أن الزراعة الذكية مناخيًا تمثل إطارًا متكاملًا لتحقيق التوازن بين زيادة الإنتاجية الزراعية وتحقيق الاستدامة البيئية والتكيف المناخي.

وأظهرت نتائج الدراسة كذلك أن التحول نحو النظم الزراعية الذكية يتطلب بنية تحتية رقمية ومؤسسية متطورة، إضافة إلى وجود سياسات واستراتيجيات وطنية تدعم التحول الرقمي الزراعي وتوفر التمويل والتدريب والتأهيل التقني للمزارعين والعاملين في القطاع الزراعي. وقد اتفقت هذه النتيجة مع دراسة (Klerkx & Rose, 2023) التي أكدت أن نجاح تطبيقات

الزراعة الذكية مناخيًا يرتبط بمدى تكامل السياسات الزراعية والتكنولوجية والبيئية، إضافة إلى توافر البيانات الزراعية والمناخية الدقيقة.
كما بينت الدراسة أن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي والنظم الخبيرة في القطاع الزراعي يسهم في دعم نظم الإنذار المبكر، والتنبؤ بالأمراض والآفات الزراعية، وتحسين عمليات اتخاذ القرار الزراعي، وهو ما يتوافق مع نتائج دراسة (Sarker et al., 2024)التي أوضحت أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي الزراعي قادرة على تحسين كفاءة الإنتاج وتقليل التكاليف التشغيلية وزيادة القدرة على مواجهة المخاطر المناخية.
ومن ناحية أخرى، كشفت الدراسة عن وجود عدد من التحديات التي تعيق التوسع في تطبيق الزراعة الذكية مناخيًا في الوطن العربي، من أبرزها محدودية التمويل، وضعف البنية التكنولوجية الزراعية، ونقص قواعد البيانات المناخية والزراعية، وضعف برامج التدريب والتأهيل التقني، إضافة إلى محدودية الوعي التقني لدى بعض المزارعين، وهي نتائج تتفق مع ما توصلت إليه دراسة (بوشناف، 2023) بشأن التحديات الهيكلية التي تواجه التحول نحو الزراعة الذكية في الدول العربية.
إلا أن الدراسة الحالية اختلفت جزئيًا مع بعض الدراسات السابقة التي ركزت بصورة أساسية على الجوانب التقنية للزراعة الذكية مناخيًا دون التوسع في تحليل الأبعاد المؤسسية والاجتماعية والاقتصادية المرتبطة بتطبيق هذه النظم في البيئة العربية.
فقد أظهرت نتائج الدراسة الحالية أن نجاح الزراعة الذكية مناخيًا لا يعتمد فقط على التكنولوجيا الحديثة، بل يرتبط أيضًا بوجود سياسات زراعية ومناخية متكاملة، وبيئة مؤسسية داعمة، واستثمارات مستدامة في البنية التحتية الرقمية والبحث العلمي الزراعي.
كما أظهرت الدراسة أن تطبيق تقنيات الزراعة الذكية مناخيًا يمكن أن يسهم بصورة كبيرة في تقليل الفجوة الغذائية وتعزيز الأمن الغذائي العربي، خاصة في ظل التزايد السكاني وارتفاع معدلات الطلب على الغذاء، وهو ما يتوافق مع نتائج دراسة (Elbehri et al., 2023)التي أكدت أن التحول نحو النظم الزراعية الذكية يمثل أحد أهم الحلول المستقبلية لتحقيق الاستدامة الغذائية والمناخية عالميًا.
وفي ضوء نتائج الدراسة، يمكن القول إن الزراعة الذكية مناخيًا تمثل نموذجًا متقدمًا لإعادة هيكلة النظم الزراعية التقليدية وتحويلها إلى نظم أكثر كفاءة واستدامة ومرونة مناخية، إلا أن تحقيق ذلك يتطلب تعزيز التكامل بين التكنولوجيا والسياسات الزراعية والبحث العلمي، إضافة إلى تطوير برامج تدريبية وتمويلية تدعم التحول نحو الزراعة الرقمية الذكية في الوطن العربي.

الخاتمة

خلصت الدراسة إلى أن الزراعة الذكية مناخيًا تمثل أحد أهم المداخل الحديثة القادرة على مواجهة التحديات المناخية والبيئية التي تهدد القطاع الزراعي في الوطن العربي، خاصة في ظل التزايد المستمر في معدلات التصحر وندرة المياه وارتفاع درجات الحرارة وتراجع كفاءة النظم الزراعية التقليدية. كما أوضحت الدراسة أن توظيف التقنيات الحديثة، مثل الذكاء الاصطناعي، والزراعة الدقيقة، والاستشعار عن بعد، والنظم الخبيرة، أصبح ضرورة استراتيجية لتحسين كفاءة الإنتاج الزراعي وتعزيز الأمن الغذائي وتحقيق الاستدامة البيئية .
وأظهرت الدراسة أن نجاح تطبيق الزراعة الذكية مناخيًا لا يعتمد فقط على إدخال التكنولوجيا الحديثة، بل يرتبط بوجود سياسات زراعية ومناخية متكاملة، وتطوير البنية التحتية الرقمية، وتعزيز البحث العلمي الزراعي، ورفع كفاءة الموارد البشرية، إضافة إلى دعم التحول الرقمي الزراعي في الدول العربية. كما أكدت الدراسة أن الزراعة الذكية مناخيًا تمثل نموذجًا متقدمًا لإعادة هيكلة النظم الزراعية التقليدية وتحويلها إلى نظم أكثر مرونة وكفاءة وقدرة على التكيف مع التغيرات المناخية المستقبلية.

أولًا: الاستنتاجات

1- أثبتت الدراسة أن التغيرات المناخية تمثل تهديدًا مباشرًا لاستدامة القطاع الزراعي والأمن الغذائي في الوطن العربي .
2- تبين أن الزراعة الذكية مناخيًا تُعد من أكثر المداخل فاعلية في تحسين كفاءة الإنتاج الزراعي وتعزيز التكيف مع التغيرات المناخية .
3- أظهرت الدراسة أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي والزراعة الدقيقة تسهم بصورة كبيرة في تحسين إدارة الموارد الطبيعية وتقليل الفاقد الزراعي .
4- كشفت الدراسة أن النظم الخبيرة وتقنيات الاستشعار عن بعد تساعد في دعم نظم الإنذار المبكر وتحسين عمليات اتخاذ القرار الزراعي .
5- أوضحت النتائج أن تقنيات الزراعة الذكية مناخيًا تسهم في خفض الانبعاثات الكربونية وتحسين كفاءة استخدام المياه والطاقة والأسمدة .
6- بينت الدراسة أن ضعف البنية التكنولوجية والتمويل وقواعد البيانات الزراعية والمناخية يمثل من أبرز التحديات التي تواجه تطبيق الزراعة الذكية مناخيًا في الوطن العربي .
7- أكدت الدراسة أن نجاح التحول نحو الزراعة الذكية مناخيًا يتطلب تكامل السياسات الزراعية والبيئية والتكنولوجية وتعزيز الشراكات البحثية والتقنية .

ثانيًا: التوصيات

1.ضرورة تطوير استراتيجيات وطنية عربية لدعم التحول نحو الزراعة الذكية مناخيًا وربطها بخطط التنمية المستدامة والأمن الغذائي .
2.التوسع في استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي والزراعة الدقيقة والاستشعار عن بعد داخل القطاع الزراعي العربي .
3.دعم برامج البحث العلمي الزراعي وتطوير النظم الخبيرة والتقنيات الرقمية الحديثة المرتبطة بالزراعة الذكية .
4.تعزيز الاستثمار في البنية التحتية الرقمية الزراعية وتطوير قواعد البيانات المناخية والزراعية .
5.توفير برامج تدريب وتأهيل للمزارعين والعاملين في القطاع الزراعي حول استخدام التقنيات الزراعية الحديثة .
6.تشجيع التوسع في نظم الري الذكي والزراعة بدون تربة والممارسات الزراعية المستدامة لترشيد استخدام الموارد الطبيعية .
7.دعم التعاون بين المؤسسات الزراعية والجامعات ومراكز البحوث والمنظمات الدولية لنقل الخبرات والتقنيات الحديثة في مجال الزراعة الذكية مناخيًا .
8.تطوير نظم الإنذار المبكر وإدارة المخاطر المناخية للحد من التأثيرات السلبية للتغيرات المناخية على القطاع الزراعي .
9.تشجيع السياسات الداعمة لتقليل الانبعاثات الكربونية وتحسين كفاءة استخدام الطاقة داخل الأنشطة الزراعية .
10. إجراء المزيد من الدراسات التطبيقية الميدانية حول واقع الزراعة الذكية مناخيًا في الدول العربية وآليات تطويرها مستقبلًا .

المراجع:

- الرويني، محمود علي محمد) .2024 .(*وعي الريفيين بمفهوم الزراعة الذكية في بعض قرى مركز الدلنجات بمحافظة البحيرة* .المجلة المصرية للإرشاد الزراعي.
- الشمري، سلمى عبد الرحيم عبد الحسن) .2025 .(*السياسات الزراعية الذكية مناخيًا* .مجلة الإدارة والاقتصاد50)148(. https://doi.org/10.31272/jae.i148.1429
- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC). (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva: IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/
- بن عدة، محمد) .2026 .(*الزراعة الذكية مناخيًا بين التجارب الرائدة الراهنة في إفريقيا والتطلعات المستقبلية* .مجلة الدراسات البيئية والتنموية.
- عبد الرؤوف السنوسى الزنى. (2026). تقييم التجديد الطبيعى للبطوم العدسى Pistacia lentiscus L. فى منطقتين متباينتين من حيث التعرض للحريق بالقرب من سيدى خالد غرب مدينة درنه. *Al-Farooq Journal of Sciences, 2*(3), 236-242.
- بوشناف، فايزة) .2023 .(*الزراعة الذكية مناخيًا كمدخل استراتيجي لتحقيق التنمية الزراعية واستدامة الأمن الغذائي في الجزائر للفترة) 2014–2020* .(مجلة الدراسات الاقتصادية والتنموية.
- منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO). (2024). *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*. Rome: FAO. https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/en/
- منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO). (2024). *دليل الزراعة الذكية مناخيًا* .روما: منظمة الأغذية والزراعة. https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/ar/
- نعيم، إلهام) .2025 .(*أهمية تبني استراتيجية رقمنة القطاع الزراعي في الجزائر* .مجلة الاقتصاد الزراعي والتنمية الريفية.
- Alotaibi, B., & Madbouly, A. (2024). Artificial intelligence applications in sustainable agriculture under climate change conditions. *Journal of Cleaner Production, 432*, 139742. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139742
- Elbehri, A., Chestnov, O., & Burfisher, M. (2023). Artificial intelligence and climate-smart agriculture for sustainable food systems. *Sustainability, 15*(9), 7482. https://doi.org/10.3390/su15097482
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2024). *Climate-smart agriculture sourcebook*. Rome: FAO. https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/en/

- Klerkx, L., & Rose, D. (2023). Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? *Global Food Security*, *36*, 100671. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100671
- Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson Education.
- Sarker, M. N. I., Wu, M., & Alam, G. M. M. (2024). Artificial intelligence and smart farming technologies for sustainable agricultural development. *Smart Agricultural Technology, 7*, 100389. https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100389
- World Bank. (2023). *Digital Agriculture for Climate Resilience and Food Security*. Washington, DC: World Bank. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1937-4
- Zhang, Y., Wang, T., & Li, X. (2023). Artificial intelligence applications in post-harvest management and precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture, 210,* 107902. https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107902