Al-Farouk journal of sciences
Volume (2), Issue (5) (Nov, 2026)
ISSN: 3135-2359

مجلة الفاروق للعلوم
المجلد (2) العدد 5 نوفمبر 2026
عدد خاص بالمؤتمر العلمي الرابع للعلوم والتقنية
28–29 نوفمبر 2026 مصراتة – ليبيا
إدارة المعاهد العليا – وزارة التعليم التقني

الأثر الاقتصادي للتقنيات الزراعية الحديثة على زيادة الإنتاجية وتحقيق الأمن الغذائي Transformation دراسة تحليلية: في اقتصاديات التحول الزراعي والغذائي.

أميمة علي محمد عبدالعزيز[1]، ربيع ميلود عبدالله العجيلي[2]

قسم إدارة الأعمال والمشروعات الزراعية، المعهد العالي للتقنية الزراعية بالغيران، طرابلس، ليبيا[1]، قسم الميكنة الزراعية، المعهد العالي للتقنية الزراعية بالغيران، طرابلس، ليبيا[2]

The Economic Impact of Modern Agricultural Technologies on Increased Productivity and Food Security: An Analytical Study in the Economics of Agricultural and Food

OMAYMAH ALI MOHAMED ABDULAZIZ[1], RABEEA MEELOUD ABDULLAH ALAJEELI[2]

Department of Business Administration and Agricultural Projects, Higher Institute of Agricultural Technology in Al-Gheran, Tripoli, Libya[1], Department of Agricultural Mechanization, Higher Institute of Agricultural Technology, Al-Gheran, Tripoli, Libya.[2]

omaima.ali72ly@gmail.com.

تاريخ الاستلام: 2026/7/30 تاريخ المراجعة 20/ 8/ 2026 تاريخ القبول:2026/8/28- تاريخ النشر: 28/ 11/ 2026

الملخص:

تتناول هذه الورقة العلمية الأثر الاقتصادي للتقنيات الزراعية الحديثة في رفع الإنتاجية الزراعية وتعزيز الأمن الغذائي انطلاقاً من فرضية رئيسية مفادها أن التكنولوجيا الزراعية لم تعد مجرد عامل مساعد في تحسين الأداء الزراعي، بل أصبحت محدداً بنيوياً لقدرة النظم الغذائية على التكيف مع ضغوط النمو السكاني، وتغير المناخ، وندرة الموارد واضطرابات الأسواق وسلاسل الإمداد، وتبين الورقة أن تبني تقنيات مثل الزراعة الدقيقة، والذكاء الاصطناعي، وانترنت الأشياء، والاستشعار عن بعد، والري الذكي، والميكنة، والتقنيات الحيوية، والزراعة المحمية والرأسية، يؤدي اقتصادياً إلى رفع غلة وحدة الأرض، وتحسين إنتاجية العمل، وترشيد استخدام المياه والأسمدة والطاقة، وخفض الفاقد والتكاليف الحدية بما يعزز ربحية المزرعة وكفاءة النظام الغذائي ككل، كما توضح أن أثر هذه التقنيات لا يقتصر على جانب الإنتاج، بل يمتد إلى أبعاد الأمن الغذائي الأربعة: الإتاحة، وإمكانية الوصول، والاستقرار، والاستخدام.

وتخلص الورقة إلى أن المردود الاقتصادي للتقنيات الزراعية الحديثة يكون أعلى حين تُتبنى ضمن حزمة متكاملة تشمل البنية التحتية الرقمية، والتمويل، والإرشاد، والبحث والتطوير وحوكمة البيانات، والسياسات الداعمة لصغار المنتجين، كما تبين أن محدودية الوصول إلى الإنترنت والكهرباء، وارتفاع تكاليف الاستثمار الأولي، وضعف المهارات الرقمية، وتفتت الحيازات، قد تحول دون تحول التكنولوجيا إلى مكاسب غذائية شاملة، خاصة في البلدان النامية لذلك توصي الورقة بتبني سياسات عامة تجمع بين الابتكار، والتمويل المرن، والإدماج الاجتماعي، والحلول التعاونية، حتى تتحول التقنيات الزراعية الحديثة إلى أداة حقيقية لتحقيق تنمية زراعية أكثر إنتاجية وعدالة واستدامة.

الكلمات المفتاحية: الإنتاجية الزراعية، الأمن الغذائي، الزراعة الدقيقة، الذكاء الاصطناعي، الميكنة الزراعية، التقنيات الحيوية، اقتصاديات الزراعة.

Abstract

This research paper examines the economic impact of modern agricultural technologies on increasing agricultural productivity and enhancing food security. It is based on the premise that agricultural technology is no longer merely an aid to improving agricultural performance, but has become a structural determinant of the ability of food systems to adapt to the pressures of population growth, climate change, resource scarcity, and disruptions to markets and supply chains. The paper demonstrates that adopting technologies such as precision agriculture, artificial intelligence, the Internet of Things, remote sensing, smart irrigation, mechanization, biotechnology, and protected and vertical farming leads economically to increased yield per unit of land, improved labor productivity, more efficient use of water, fertilizers, and energy, and reduced losses and marginal costs. This, in turn, enhances farm profitability and the overall

efficiency of the food system. Furthermore, it clarifies that the impact of these technologies is not limited to production but extends to the four dimensions of food security: availability, accessibility, stability, and utilization. The paper concludes that the economic returns of modern agricultural technologies are highest when adopted within an integrated package that includes digital infrastructure, financing, extension services, research and development, data governance, and policies supporting small-scale producers. It also reveals that limited access to the internet and electricity, high initial investment costs, weak digital skills, and fragmented landholdings can hinder the transformation of technology into inclusive food gains, particularly in developing countries. Therefore, the paper recommends adopting public policies that combine innovation, flexible financing, social inclusion, and collaborative solutions to transform modern agricultural technologies into a genuine tool for achieving more productive, equitable, and sustainable agricultural development.

Keywords: Agricultural productivity, food security, precision agriculture, artificial intelligence, agricultural mechanization, biotechnology, agricultural economics.

المقدمة:

أصبحت الزراعة العالمية تعمل تحت ضغوط مركبة تتعلق بتزايد الطلب على الغذاء، وتباطؤ نمو الغلة في عدد من المحاصيل الأساسية، وتدهور الموارد الطبيعية، وتفاقم آثار تغير المناخ وارتفاع تقلبات الأسعار، وتزايد هشاشة سلاسل الإمداد، وفي هذا السياق، لم يعد من الممكن التعامل مع التكنولوجيا الزراعية باعتبارها مجرد تحسين تقني جزئي، بل باعتبارها ركيزة مركزية لإعادة هيكلة نظم الإنتاج والتوزيع الغذائي على أسس أعلى كفاءة وأكثر استدامة، وتشير (FAO) إلى أن النمو التقليدي القائم على التوسع في المدخلات واستنزاف الموارد لم يعد كافياً، وأن المطلوب هو نظم مبتكرة ترفع الإنتاجية دون تعميق التدهور البيئي. (FAO 2017).

وتؤكد الأدبيات الحديثة أن التقنيات الزراعية الجديدة توفر انتقالاً من الإدارة العامة للمزرعة إلى الإدارة الدقيقة المعتمدة على البيانات، حيث يمكن تخصيص المدخلات بحسب خصائص التربة والنبات والمناخ، والتنبؤ بالمخاطر قبل وقوعها وتحسين قرارات الري والتسميد والحصاد والتسويق، وبهذا المعنى، فإن الاقتصاد الزراعي المعاصر يتجه من اقتصاد الكمية إلى اقتصاد الكفاءة الذكية، أي إنتاج أكبر بقيمة مضافة أعلى وباستهلاك أقل للموارد.

مشكلة الدراسة

تكمن مشكلة الدراسة في وجود فجوة بين الإمكانات الاقتصادية الكبيرة للتقنيات الزراعية الحديثة وبين التبني غير المتكافئ لها عبر الدول والمزارعين، فبينما تُظهر الأدلة أن هذه التقنيات ترفع الغلة، وتخفض التكاليف، وتزيد القدرة على التكيف فإن فوائدها لا تتوزع بالتساوي، بل قد تتركز لدى المزارع الأكبر والأكثر رأسمالاً والأفضل اتصالاً بالبنية الرقمية والأسواق ومن ثم، تتمثل الإشكالية الأساسية في السؤال الآتي: إلى أي مدى تُسهم التقنيات الزراعية الحديثة فعلياً في رفع الإنتاجية وتحقيق الأمن الغذائي، وما الشروط الاقتصادية والمؤسسية التي تحدد ما إذا كانت هذه التقنيات ستنتج تنمية زراعية شاملة أم ستعمق الفجوات القائمة.

أهمية الدراسة

تنبع أهمية الدراسة من أن الأمن الغذائي لم يعد يُقاس فقط بتوافر الغذاء، بل بقدرة النظم الزراعية والغذائية على الاستمرار والإنتاج والتوزيع تحت الصدمات، كما أن الاستثمار في التكنولوجيا الزراعية لم يعد قضية قطاعية تخص المزارعين وحدهم، بل قضية اقتصادية كلية تمس النمو والتوظيف، والاستقرار السعري، وتقليل الفقر، والميزان التجاري الغذائي والقدرة على الصمود أمام الأزمات المناخية والجيوسياسية، ومن ثم، فإن فهم الأثر الاقتصادي لهذه التقنيات يساعد صناع السياسات على توجيه الموارد العامة والخاصة نحو الابتكارات الأعلى عائداً اجتماعياً وغذائياً.(مقدم نسرين، فارس طارق (2023).

أهداف الدراسة

تهدف هذه الورقة إلى تحليل الأثر الاقتصادي للتقنيات الزراعية الحديثة على إنتاجية القطاع الزراعي، وبيان كيف ينعكس ذلك على أبعاد الأمن الغذائي، كما تهدف إلى تفسير قنوات التأثير الاقتصادي لهذه التقنيات، ومقارنة آثارها بين البيئات الزراعية المختلفة، وتحديد القيود التي تحد من أثرها في البلدان النامية، وصولاً إلى صياغة توصيات سياسات قابلة للتطبيق.

أسئلة الدراسة

1. تسعى الدراسة للإجابة عن الأسئلة التالية: كيف تؤثر التقنيات الزراعية الحديثة في غلة المحاصيل وكفاءة المدخلات وربحية المزرعة؟
2. كيف ينعكس هذا الأثر على الإتاحة والاستقرار والوصول الغذائي؟
3. ما الفروق بين أثر التكنولوجيا في المزارع الصغيرة والكبيرة؟

4. وما العوائق التي تمنع تحول التكنولوجيا إلى مكاسب غذائية شاملة في الدول العربية والنامية؟

(Kutter, T., Tiemann, S., Siebert, R., & Fountas, S. The role of precision agriculture in food security).

فرضية الدراسة

تفترض الورقة أن التقنيات الزراعية الحديثة تؤثر إيجابياً في الإنتاجية الزراعية والأمن الغذائي عبر رفع كفاءة تخصيص الموارد وتقليل المخاطر والفاقد وتحسين اتخاذ القرار، إلا أن قوة هذا الأثر تعتمد على تكامل التكنولوجيا مع البيئة المؤسسية والتمويلية والمعرفية، وبصيغة أخرى: التكنولوجيا شرط ضروري لرفع الكفاءة الزراعية الحديثة، لكنها ليست شرطاً كافياً ما لم تُدمج في منظومة تمكين أوسع.

المنهجية

تعتمد هذه الورقة على منهج وصفي تحليلي ذي طابع تركيبي، يقوم على مراجعة أدبيات علمية حديثة وتقارير مؤسسات دولية موثوقة مثل (FAO، وWorld Bank، وOECD، وUNDP، وEPO)، إلى جانب أبحاث أكاديمية محكمة ومراجعات منهجية، وتهدف المراجعة إلى تفسير أثر التكنولوجيا من خلال عدسة الاقتصاد الجزئي للمزرعة والاقتصاد الكلي للنظم الغذائية.

الإطار المفاهيمي والنظري

مفهوم التقنيات الزراعية الحديثة

يقصد بالتقنيات الزراعية الحديثة مجموعة الأدوات والنظم المعتمدة على الميكنة المتقدمة والرقمنة، والتحليلات البيانية والاستشعار، والأتمتة، والتقنيات الحيوية، والتحكم البيئي، بهدف تحسين إدارة العمليات الزراعية في الحقل وما بعد الحصاد، وهذه التقنيات تشمل، بدرجات متفاوتة، الزراعة الدقيقة، الحساسات، الطائرات المسيرة، الذكاء الاصطناعي الخوارزميات التنبؤية، أنظمة الري الذكي، الروبوتات، البيوت المحمية، والبذور المحسنة.



شكل 1

مفهوم الإنتاجية الزراعية

الإنتاجية الزراعية لا تعني فقط زيادة الناتج لكل هكتار، بل تشمل أيضاً إنتاجية العمل، وإنتاجية المياه، وكفاءة استخدام الأسمدة والطاقة، والقدرة على خفض الفاقد في مراحل الزراعة والتخزين والنقل، ولذلك فإن تقييم الأثر الاقتصادي للتكنولوجيا يجب أن يتجاوز معيار زيادة المحصول إلى معيار زيادة الناتج الاقتصادي الصافي لكل وحدة مورد.



شكل 2

مفهوم الأمن الغذائي

وفق الأدبيات التي تناقش التكنولوجيا والأمن الغذائي، فإن الأمن الغذائي يتكون من أربعة أبعاد مترابطة: الإتاحة، وإمكانية الوصول، والاستقرار، والاستخدام، ومن هنا فإن أي تقييم جاد للتكنولوجيا الزراعية ينبغي أن يسأل: هل زادت الكمية المنتجة؟ هل حسنت دخل الأسر والقدرة على شراء الغذاء؟ هل خفضت تقلب الإنتاج؟ وهل ساعدت في تقديم غذاء أكثر جودة وأقل فاقداً؟ (قدم نسرين، فارس طارق (2023).



شكل 3

الدراسات السابقة

دراسة مفتاح (2023) – ليبيا

قدّمت دراسة مفتاح (2023) المنشورة في مجلة جامعة دهوك للعلوم الإنسانية والاجتماعية، تحليلاً قياسياً لأثر التقنية الحديثة على إنتاجية بعض المحاصيل في منطقة الجبل الأخضر الليبية باستخدام بيانات panel، وأظهرت النتائج وجود أثر موجب ومعنوي للتغير التقني على الإنتاجية الكلية للعوامل (TFP)، مع تذبذب نسبي عبر السنوات والمحاصيل، ودعوة صريحة لتبنّي منظومات الإرشاد الرقمي والشراكة مع مراكز البحث الدولي.(مفتاح، نجاح عبدالرحيم. (2023).

تقرير منظمة الأغذية والزراعة (FAO) – زراعة ذكية مناخياً وتقنيات التحوّل

يُقدم تقرير المنظمة العربية للتنمية الزراعية / منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2023) بعنوان تحويل النظم الزراعية والغذائية – التكنولوجيا والابتكار، إطاراً تحليلياً شاملاً للتحول الزراعي في السياق العربي والدولي، وأبرز التقرير أن نشر التكنولوجيا والابتكار بشكل استراتيجي يُمثل حافزاً حاسماً لتحسين الإنتاجية، ومعالجة فجوة الغذاء، والتصدي لتداعيات تغيّر المناخ، مع الإشارة إلى إمكانات الذكاء الاصطناعي، والبيانات الضخمة، والنظم الخبيرة في رسم ملامح منظومات زراعية أكثر مرونة وكفاءة.(FAO, 2023).

دور التقنيات الزراعية الحديثة في تحسين الإنتاجية وكفاءة استخدام الأراضي

نُشرت هذه المراجعة في Frontiers in Plant Science (سبتمبر 2025)، وتقدم تقييماً شاملاً لمجموعة من الابتكارات الزراعية الحديثة بما فيها الزراعة الدقيقة، والتكنولوجيا الحيوية، والري الذكي والأتمتة، والزراعة العمودية، والذكاء الاصطناعي، تشير النتائج إلى أن الزراعة الدقيقة تحسن الغلة بنسبة 20 – 30% وتخفض هدر المدخلات بنسبة 40 – 60%، بينما تزيد الزراعة العمودية الغلة من 10 إلى 20 ضعفاً مع استخدام 95% أقل من الأراضي والميا، كما يسهم الذكاء الاصطناعي في تعزيز دقة اتخاذ القرار بنسبة تزيد عن 90% في مجالات التنبؤ وتخصيص الموارد.

.Frontiers in Plant Science. (2025)

الابتكارات التكنولوجية والأمن الغذائي في أفريقيا

مراجعة منهجية نُشرت في (East African Journal of Agriculture and Biotechnology 2026)، تستكشف كيفية تأثير الابتكارات التكنولوجية والزراعية على الأمن الغذائي في أفريقيا من حيث التوفر والوصول والسلامة والوظائف تشير النتائج إلى أن الزراعة الدقيقة وإنترنت الأشياء وتقنيات البلوك تشين والخدمات المالية الزراعية الرقمية (Agri - FinTech) تعمل على تحسين الإنتاجية والشفافية وكفاءة سلسلة القيمة، مما يسهم في تعزيز الأمن الغذائي.

.(East African Journal of Agriculture and Biotechnology 2026)

قنوات الأثر الاقتصادي للتكنولوجيا الزراعية الحديثة

رفع غلة الأرض وزيادة الناتج

أولى قنوات الأثر تتمثل في رفع الغلة لكل وحدة أرض، فالزراعة الدقيقة تسمح بتوزيع الأسمدة والمياه والمبيدات وفق الاحتياج الفعلي داخل الحقل، بدلاً من التطبيق المتجانس، وهو ما يحسن الاستجابة الإنتاجية ويقلل الفاقد، وتشير مراجعات حديثة إلى أن هذه الممارسات قد ترفع الغلة بنسب ملحوظة، مع تفاوت حسب نوع المحصول والبنية التحتية الرقمية المتاحة.

خفض التكاليف وتحسين الكفاءة الحدية للمدخلات

اقتصادياً، لا تُقاس فائدة التكنولوجيا بزيادة الإنتاج وحدها، بل بقدرتها على خفض متوسط تكلفة الوحدة المنتجة، وتفيد تقنيات الاستشعار والخرائط الميدانية والري الذكي في تقليل الإفراط في استخدام المياه والأسمدة والطاقة، ما يعني أن العائد على وحدة المدخل يرتفع، وهذا التحسن في كفاءة التخصيص يُترجم إلى ربحية أعلى حتى في الحالات التي تكون فيها الزيادة الكمية في المحصول محدودة نسبياً.

خفض عدم اليقين والمخاطر

تساعد البيانات التنبؤية والذكاء الاصطناعي والإنذار المبكر على تقليل الخسائر الناجمة عن الآفات، والإجهاد المائي والتقلبات المناخية، ما يخفض التباين في العوائد الزراعية، ومن منظور الاقتصاد الزراعي، فإن خفض التباين لا يقل أهمية عن رفع المتوسط، لأن استقرار الإنتاج يحسن قرارات الاستثمار والائتمان والتخزين والتسويق، ويعزز الأمن الغذائي عبر بعد الاستقرار.

تخفيض الفاقد والهدر عبر سلاسل القيمة

لا تتوقف الفائدة عند الحقل، بل تمتد إلى ما بعد الحصاد، فالرقمنة والتتبع وتحسين اللوجستيات والربط بين المنتجين والأسواق يمكن أن يخفض الفاقد ويقلل تكاليف المعاملات ويحسن اكتشاف الأسعار، وتشير (World Bank) إلى أن الزراعة الرقمية قادرة على تحسين الروابط بين 570 /مليون مزرعة و8 /مليارات مستهلك، وخفض الهدر، وتقوية الشفافية في السوق.(thedocs.worldbank.org/en/doc).

تحليل اقتصادي بحسب نوع التقنية

الزراعة الدقيقة

تُعد الزراعة الدقيقة من أكثر التقنيات ارتباطاً مباشرةً بتحسين الكفاءة الاقتصادية، لأنها تقوم على فكرة مواءمة المدخلات مع التباين المكاني والزماني داخل الحقل، وتشمل الحساسات، ونظم تحديد المواقع، والطائرات بدون طيار، والخرائط الرقمية، وتطبيقات المعدل المتغير، وتوضح الأدبيات أن هذه التقنية تؤدي إلى خفض تكاليف المدخلات، وزيادة الغلة وتحسين الجودة وتقليل الآثار البيئية السلبية.

ووفق مراجعة (PMC)، فإن الزراعة الدقيقة قد ترفع الغلة بنحو 20 – 30% وتخفض هدر المدخلات بنحو 40 – 60% في بعض التطبيقات، كما أن تقنيات المعدل المتغير خفضت استخدام السماد في بعض الحالات وزادت إنتاج الذرة، هذه الأرقام ينبغي التعامل معها بوصفها مؤشرات سياقية تختلف باختلاف البيئات، لكنها تظل دالة على أن التكنولوجيا قادرة على تحويل وظيفة الإنتاج الزراعي إلى وظيفة أكثر كفاءة وأعلى استجابة(PMC).



شكل 4

الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء

يوفر الذكاء الاصطناعي قيمة اقتصادية من خلال تحسين القرار وليس فقط الأداة، فهو يدمج صور الأقمار الصناعية وبيانات الحقول، والطقس، والتربة، ونماذج التنبؤ، لإنتاج توصيات أدق حول الري والتسميد ومكافحة الآفات والحصاد وتؤكد

(FAO) أن الذكاء الاصطناعي يمكنه خفض التكاليف التشغيلية، وتعويض نقص الخبرة المحلية، وتحسين التنبؤ بالمخاطر، بما يرفع الكفاءة الإنتاجية ويحد من الخسائر.

(FAO & ITU. Digital agriculture in action – Artificial intelligence for agriculture)



شكل 5

أما إنترنت الأشياء فيسمح بجعل الحقل مولداً للبيانات بصورة مستمرة، وكلما تحسنت جودة البيانات، تحسن تخصيص الموارد، ومن منظور اقتصادي، هذا يعني انتقال المزرعة من قرارات تعتمد على الخبرة الحدسية إلى قرارات تعتمد على تقليل عدم تماثل المعلومات، وهي نقطة مركزية في رفع الكفاءة وتخفيض المخاطر.

الري الذكي وإدارة المياه

في البيئات الجافة وشبه الجافة، تمثل المياه القيد الإنتاجي الأشد حساسية، لذا فإن أي تحسن في إنتاجية المياه ينعكس مباشرة على الأمن الغذائي، وتوضح التقارير الحديثة أن الري الذكي القائم على الحساسات، والجدولة الرقمية، وتقدير الاحتياج المائي الفعلي، يمكن أن يرفع كفاءة استخدام المياه بدرجات كبيرة مقارنة بالري التقليدي.



شكل 6

اقتصادياً، تزداد أهمية هذه التقنية في الدول العربية على وجه الخصوص، حيث يشكل شح المياه قيداً بنيوياً على التوسع الزراعي، وعندما تتحول وحدة المياه من عنصر مُهدر إلى عنصر مُدار رقمياً، فإن تكلفة الفرصة البديلة للمياه تنخفض كما ترتفع جدوى الزراعة عالية القيمة والمحاصيل الأكثر كفاءة مائياً. (وزارة الموارد المائية المصرية، 2021).

الميكنة والروبوتات الزراعية

تحسن الميكنة الزراعية إنتاجية العمل، وتخفض اختناقات التوقيت، وتقلل خسائر العمليات الحرجة كالبذر والحصاد، وفي الاقتصادات التي تواجه نقصاً في العمالة أو ارتفاعاً في تكلفتها تصبح الميكنة وسيلة مباشرة لخفض التكلفة الحدية للعمليات الزراعية، كما أن الأتمتة تساعد على تقليل التفاوت في جودة التنفيذ وتحسين الانضباط التشغيلي.

غير أن الأدبيات تحذر من أن أثر الميكنة ليس أحادي الاتجاه اجتماعياً، فهي قد تخلق وفورات في التكلفة وربحية أعلى لكنها قد تزيح بعض فرص العمل اليدوي إذا لم تُصمم سياسات انتقال عادلة تؤهل العمالة لأدوار جديدة في التشغيل والصيانة والخدمات الرقمية.



شكل 7

التقنيات الحيوية والبذور المحسنة

تعد البذور المقاومة للجفاف والملوحة والآفات من أعلى الابتكارات الزراعية أثراً في البيئات الهشة، وقد أبرزت أمثلة على دور الأصناف المتحملة للملوحة والجفاف والفيضانات في رفع الإنتاجية وبناء القدرة على الصمود، كما أشارت مراجعات حديثة إلى أن بعض تطبيقات التقنية الحيوية، مثل القطن المقاوم للآفات، ارتبطت بارتفاع الغلة وانخفاض استخدام المبيدات.

اقتصادياً، تعني هذه التقنيات تحسين إنتاجية المخاطر، أي أن المزارع لا يحصل فقط على متوسط إنتاج أعلى، بل على احتمال أقل للخسارة الكارثية في المواسم الصعبة، وهو ما يعزز الاستقرار الغذائي والدخلي معاً. (سمير عبد الحميد. (2026).

الزراعة المحمية والرأسية

الزراعة المحمية والرأسية تمثل انتقالاً من الزراعة المكشوفة المعرضة لتقلبات المناخ إلى نظم إنتاج أكثر تحكماً، وتشير بعض المراجعات إلى أن الزراعة الرأسية قد تحقق مضاعفات كبيرة في الغلة لكل مساحة، مع استهلاك أقل جداً من الماء والأرض، وإن كانت تظل مكلفة رأسمالياً وطاقياً في بعض السياقات.

اقتصادياً، تكون جدوى هذه النظم أقوى في البيئات الحضرية أو الشحيحة الأراضي والمياه، وعند إنتاج محاصيل مرتفعة القيمة وقصيرة الدورة، أما في السلع الحقلية واسعة النطاق، فما تزال كلفتها تحد من انتشارها.

انعكاس التكنولوجيا على أبعاد الأمن الغذائي

الإتاحة

تتحسن الإتاحة عندما ترتفع الغلة، ويقل الفاقد، ويصبح الإنتاج أكثر ثباتاً، والتكنولوجيا الزراعية الحديثة تؤثر في هذا البعد مباشرةً عبر زيادة الناتج وكفاءة الحصاد والتخزين والإمداد.

إمكانية الوصول

يتحسن الوصول إلى الغذاء عندما ترتفع دخول المنتجين، وتنخفض تكاليف سلسلة القيمة وتتحسن الشفافية السعرية وتوضح تقارير أن الأدوات الرقمية تقلل تكاليف المعاملات وتدعم اكتشاف الأسعار وربط البائعين بالمشترين، ما ينعكس على دخل المزارعين وأسعار المستهلكين.

الاستقرار

يساهم التنبؤ بالطقس، والإنذار المبكر، والأصناف المقاومة، والري الذكي، في تقليل التقلبات الموسمية والصدمات الإنتاجية، وهو ما يعزز استقرار الإمدادات والدخول، ويعد هذا البعد أساسيًا في ظل تسارع المخاطر المناخية.

الاستخدام والجودة

تسمح بعض التقنيات بتحسين الجودة والسلامة والتتبع، وتسهيل عزل المنتجات الملوثة وتقليل زمن الاستجابة لسحب الأغذية عند الضرورة، وهذا يعزز بعد الاستخدام المرتبط بسلامة الغذاء وقيمته التغذوية.

أدلة تطبيقية ودراسات حالة

على المستوى الدولي

تقدم أمثلة على استخدام أصناف محسنة متحملة للملوحة والجفاف والفيضانات إلى جانب تقنيات ري متقدمة وممارسات إدارة مياه محسنة، بما يعكس كيف ترتبط التكنولوجيا بالإنتاجية والمرونة معاً، كما تشير وثيقة البنك الدولي حول الزراعة الرقمية إلى دعم 53 مشروعاً في 36 دولة بقيمة تقارب 1.15 مليار دولار، مع حالات مثل كينيا والهند حيث استُخدمت المنصات الرقمية لتوسيع الوصول إلى التقنيات والمعرفة والتدريب والروابط السوقية.

كما تبين دراسة إثيوبيا أن الأسر التي تبنت عدداً أكبر من التقنيات الزراعية كانت أكثر احتمالاً لتحقيق أمن غذائي وتنوع غذائي أعلى، وأن الأثر كان أقوى عند تبني حزم متكاملة تشمل البذور المحسنة، والري، والخدمات الإرشادية، وحفظ التربة وغيرها، وهذا يدعم الفكرة الاقتصادية القائلة بأن العائد التكنولوجي يزداد مع التكامل والتكافؤ بين المدخلات.

على المستوى العربي

في المنطقة العربية، يتعاظم دور التكنولوجيا الزراعية بسبب ندرة المياه واعتماد عدد كبير من الدول على الواردات الغذائية ويشير إلى مشروع إقليمي استهدف تحسين الأمن الغذائي وزيادة إنتاج القمح بصورة مستدامة في عدد من البلدان العربية مع التركيز على اختبار التقنيات وتكييفها محلياً، وبناء قدرات الباحثين والإرشاد الزراعي، وتوسيع التبني المبكر للتكنولوجيا وهذا مهم لأنه يوضح أن الأثر لا يأتي من التقنية وحدها، بل من مواءمتها للظروف المحلية ومنظومة نشرها.(ICARDAicarda.org).

وتظهر تحليلات إقليمية حديثة أن دولاً مثل السعودية والإمارات تتجه إلى الاستثمار في الزراعة المحمية، والهيدروبونيك والزراعة الرأسية، وتطبيقات التتبع والذكاء الاصطناعي، كوسيلة لرفع مرونة الإمدادات وتقليل الاعتماد على الواردات في بعض السلاسل عالية القيمة، بينما تتجه تطبيقات رقمية في مصر إلى ربط المزارعين بالخدمات التمويلية والتخزين والأسواق، ورغم أن هذه الخبرات ما تزال متفاوتة في عمقها واتساعها، فإنها تكشف بوضوح أن التحول الزراعي في المنطقة العربية سيكون أكثر ارتباطا بالابتكار المائي والرقمي من التوسع الأرضي التقليدي. (سماح عبد الله مرعى).

الفروق بين المزارع الكبيرة والصغيرة

غالبًا ما تحقق المزارع الكبيرة استفادة أسرع من التقنيات الزراعية الحديثة بسبب وفورات الحجم وسهولة الوصول إلى التمويل، والقدرة على تحمل المخاطر، وتوفر العمالة الفنية، أما صغار المزارعين، فرغم أنهم قد يكونون الأكثر احتياجًا إلى التكنولوجيا، فإنهم يواجهون صعوبات أعلى في الكلفة الأولية، والمهارات، والاتصال، وتجزؤ الحيازة، وهذا ما أكدته من خلال إطار الخمسة الذي يشمل: التوافر، والقدرة على تحمل التكلفة، والوعي، والقدرة، والوكالة.

ومن هنا، فإن أثر التكنولوجيا على الأمن الغذائي قد يكون متناقضاً إذا تُرك بالكامل لقوى السوق: فمن جهة ترفع التقنية كفاءة القطاع ككل، ومن جهة أخرى قد تهمش غير القادرين على تبنيها، وهو ما نبهت إليه دراسة، وعليه، فإن العدالة التكنولوجية ليست مسألة أخلاقية فقط، بل شرط اقتصادي لتعظيم الأثر الغذائي الكلي.

التحديات والقيود

أهم التحديات تتمثل في ارتفاع الكلفة الرأسمالية، وضعف البنية التحتية للإنترنت والكهرباء ومحدودية البيانات عالية الجودة، وضعف الإرشاد الرقمي، وتفتت الحيازات، وتعقد قابلية التشغيل البيني بين المنصات، ومخاوف حوكمة البيانات والخصوصية، وتشير إلى أن الفجوة الرقمية قد تمنع شريحة واسعة من المزارعين من الاستفادة من التحول الرقمي، كما أن تركّز القوة السوقية لدى عدد محدود من مزودي الخدمات الرقمية قد يخلق اختلالات جديدة.

كذلك تبرز تحديات مؤسسية مهمة، إذ يوضح أن ضعف التنسيق بين الجهات البحثية والتنفيذية والإرشادية، وغموض الأدوار، وضعف الاستدامة بعد انتهاء المشروعات عوامل تحد من استمرار تبني التكنولوجيا، وهذا يعني أن العائق في كثير من الأحيان ليس غياب التقنية بل ضعف النظام الذي يحتضنها.

مناقشة تحليلية

تُظهر الأدلة أن التقنيات الزراعية الحديثة تحقق أثراً اقتصادياً إيجابياً في المتوسط، لكن هذا الأثر ليس آلياً ولا متجانساً فهو يتعاظم عندما تكون التكنولوجيا قادرة على خفض تكاليف القرار نفسه، لا تكاليف المدخلات فقط، أي عندما تساعد المنتج على معرفة ماذا يزرع، ومتى يروي وكم يضيف من السماد، ومتى يحصد، وإلى أين يبيع، بهذا المعنى، فإن القيمة الاقتصادية الجوهرية للتكنولوجيا الزراعية الحديثة تكمن في تحويل المعرفة من مورد نادر ومجزأ إلى مورد متاح وقابل للتشغيل.

كما يتضح أن الأثر الأكبر لا ينشأ من تقنية منفردة، بل من منظومة تقنية تجمع بين البيانات والمدخلات المحسنة والإرشاد، والتمويل، واللوجستيات، وحوافز السوق، وهذه النقطة تفسر لماذا تحقق بعض الدول نتائج قوية من الرقمنة الزراعية، بينما تبقى النتائج ضعيفة في بيئات أخرى تبنت الأجهزة دون أن تبني المؤسسات.

جدول 1: تلخيصي للأثر الاقتصادي

التقنية	الأثر على الإنتاجية	الأثر على التكاليف	الأثر على الأمن الغذائي	أبرز القيود
الزراعة الدقيقة	رفع الغلة وتحسين الجودة	خفض هدر المدخلات	زيادة الإتاحة والاستقرار	ارتفاع الكلفة والمهارات
الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء	تحسين القرار والتنبؤ	خفض التكاليف التشغيلية	تحسين الاستقرار وكفاءة السلسلة	نقص البيانات والبنية الرقمية
الري الذكي	رفع إنتاجية المياه	خفض هدر المياه والطاقة	دعم الإتاحة في البيئات الشحيحة	كلفة التركيب والصيانة

الميكنة والروبوتات	رفع إنتاجية العمل وتقليل خسائر التوقيت	خفض تكلفة العمليات على المدى المتوسط	تحسين الإتاحة وربحية المزرعة	رأس مال مرتفع واحتمال إزاحة بعض العمالة
التقنيات الحيوية	رفع الغلة والمرونة ضد الآفات والجفاف	خفض بعض تكاليف المبيدات والخسائر	دعم الإتاحة والاستقرار	قضايا تنظيمية واجتماعية
الزراعة المحمية/الرأسية	إنتاج مكثف في المساحات المحدودة	كفاءة عالية في الماء لكن كلفة رأسمالية مرتفعة	دعم الإتاحة المحلية والمرونة	الطاقة والجدوى الاقتصادية لبعض المحاصيل

توصيات

أولاً: بالانتقال من دعم المدخلات التقليدي إلى دعم التحول الإنتاجي الذكي عبر تمويل تبني التقنيات ذات الأثر المرتفع على إنتاجية المياه والعمل والغلة، كما توصي بإنشاء منصات بيانات زراعية وطنية مفتوحة وآمنة، تدعم الإرشاد الرقمي والتنبؤ المبكر واكتشاف الأسعار والتتبع.

ثانياً: يجب تصميم سياسات تمويل موجهة لصغار المنتجين، مثل التأجير التمويلي، ونماذج التكنولوجيا كخدمة والتعاونيات الرقمية، وحزم الائتمان المرتبطة بالإرشاد والتأمين الزراعي.

ثالثاً: ينبغي الاستثمار في شبكات الإنترنت الريفي، والكهرباء، والتدريب الفني، والإرشاد الزراعي الذكي، لأن غياب هذه العناصر يحوّل التكنولوجيا إلى أصل غير مستغل.

رابعاً: في الدول العربية، يجب إعطاء أولوية قصوى لتقنيات إدارة المياه، والأصناف المتحملة للإجهاد، والزراعة المحمية والمنصات الرقمية الموجهة لصغار المنتجين، مع ربط هذه السياسات باستراتيجيات الأمن الغذائي الوطني.

خامساً: ينبغي بناء أطر تشريعية لحوكمة البيانات الزراعية، وضمان المنافسة العادلة بين مزودي الحلول الرقمية، ومنع الاحتكار المعلوماتي.

الخاتمة

تؤكد هذه الورقة أن الأثر الاقتصادي للتقنيات الزراعية الحديثة على زيادة الإنتاجية وتحقيق الأمن الغذائي هو أثر حقيقي وملموس، لكنه أثر مشروط بالسياق، فالتكنولوجيا ترفع الغلة وتحسن كفاءة الموارد، وتخفض المخاطر والفاقد، وتدعم استقرار الإمدادات والدخل، لكنها لا تتحول تلقائياً إلى أمن غذائي شامل ما لم ترافقها بنية تحتية، وتمويل، وإرشاد ومؤسسات قادرة على التعميم والاستدامة، ومن ثم، فإن مستقبل الأمن الغذائي لن يتحدد فقط بكمية ما ننتجه، بل بكيفية إنتاجه، ومدى ذكاء وكفاءة وعدالة النظام الذي ينتجه.

وباختصار، يمكن القول إن التقنيات الزراعية الحديثة تمثل اليوم واحدة من أقوى الرافعات الاقتصادية الممكنة لتحقيق تكثيف زراعي مستدام، خاصة في البيئات التي تعاني من شح الموارد وتزايد المخاطر، غير أن نجاحها الاستراتيجي يعتمد على تحويلها من حلول نخبوية معزولة إلى بنية عامة داعمة للإنتاج والغذاء والعدالة التنموية.

المراجع باللغة العربية:

1. قاصدي فايزة، (2022)، الزراعة الذكية كأداة حتمية لتحقيق الأمن الغذائي في الدول العربية. مجلة الشرق الأوسط للعلوم الإنسانية والثقافية.
2. مقدم نسرين، فارس طارق، (2023)، التوجه نحو الزراعة الذكية لتحقيق الأمن الغذائي في البلدان العربية مع الإشارة لتجارب عربية ناجحة. مجلة الاقتصاد والتجارة الدولية، 5(1)، 50–70.
3. سياري، (2023)، الزراعة الذكية رهان المستقبل نحو تطوير الزراعة وتعزيز الأمن الغذائي، المجلة الجزائرية للعلوم.
4. مفتاح، نجاح عبدالرحيم،(2023)، التقدير القياسي لأثر التقنية الحديثة على بعض المحاصيل الزراعية في ليبيا مجلة جامعة دهوك للعلوم الإنسانية والاجتماعية، 26(2)، 113–138.
5. عبد الحميد، سمير، (2026)، التكنولوجيا الحيوية والأمن الغذائي، منظمة المجتمع العلمي العربي.
6. مرعى، سماح عبد الله، (غير مؤرخ)، البيوتكنولوجيا وتحقيق الأمن الغذائي، المنظمة العربية للبحث العلمي البيوتكنولوجيا– و – تحقيق– الأمن– الغذائي.
7. وزارة الموارد المائية والري المصرية، (2021)، عبد العاطي يستعرض تطبيقات الري الذكى المنفذة في مصر.
8. منظمة الأغذية والزراعة ،(FAO 2024). من الندرة إلى الاستدامة: قفزة نوعية في كفاءة الري في السعودية.
9. منظمة الأغذية والزراعة (FAO)، (الاستفادة من كامل طاقة الرقمنة لتحسين النظام الزراعي الغذائي).
10. منصة الصناعة الخضراء، (2025)، قوة التحول الرقمي في تحويل الزراعة.
11. سمير عبد الحميد، (2026)، التكنولوجيا الحيوية والأمن الغذائي، منظمة المجتمع العلمي العربي (ARSCO).
12. سماح عبد الله مرعى، البيوتكنولوجيا وتحقيق الأمن الغذائي، المنظمة العربية للبحث العلمي.

المراجع باللغة الانجليزية:

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Science, Technology and Innovation. https://www.fao.org/science-technology-and-innovation/en

2. FAO. (2017). The future of food and agriculture: Trends and challenges. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2e90c833-8e84-46f2-a675-ea2d7afa4e24/content

3. European Patent Office (EPO). Digital agriculture: Towards sustainable food security. https://link.epo.org/web/business/technology-insight-reports/en-digital-agriculture-towards-sustainable-food-security.pdf.

4. FAO. (2023). Technology and innovation as key enablers for agrifood systems transformation. In The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Rome: FAO: https://www.fao.org/3/cc3017ar/online/state-food-security-and-nutrition-2023/technology-and-innovation.html.

5. Frontiers in Plant Science. (2025). The role of modern agricultural technologies in improving agricultural productivity and land use efficiency. Frontiers in Plant Science.

6. Technological, Agricultural Innovation, and Food Security in Africa: Systematic Review. (2026). East African Journal of Agriculture and Biotechnology, 9 (1).

7. World Bank. Agricultural Innovation and Technology in World Bank Projects. https://openknowledge.worldbank.org/bitstreams/30b7185a-6131-48d5-b79e-de3c6c00c582/download

8. World Bank. Agriculture and Food: What We Do. https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/brief/agriculture-and-food-what-we-do.

9. World Bank. Data-Driven Digital Agriculture. https://thedocs.worldbank.org/en/doc/1a163904ccb86646bf2e5d3d6f427f3d-0090012023/related/WB-DDAG-FA-web.pdf

10. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Innovation and digital in agriculture.mhttps://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/innovation-and-digital-in-agriculture.html

11. UNDP. (2021). Precision Agriculture for Smallholder Farmers. https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2021-10/UNDP-Precision-Agriculture-for-Smallholder-Farmers.pdf

12. Kutter, T., Tiemann, S., Siebert, R., & Fountas, S. The role of precision agriculture in food security. https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/agj2.20919

13. FAO & ITU. Digital agriculture in action – Artificial intelligence for agriculture. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/939c996b-f10b-49ef-993c-3e5e6e0f1478/content

14. Review article on modern agricultural technologies and food security (PMC) https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12481170/

15. Agricultural technology adoption and food/nutrition security in Ethiopia (AgEcon Search). https://ageconsearch.umn.edu/record/277332/files/1692.pdf

16. ICARDA. Support for Enhancement of Food Security in the Arab Region – Phase II. https://icarda.org/research/projects/afesdkfbmgfofid-support-enhancement-food-security-arab-region-phase-ii

17. Regional contextual source on MENA agritech and food security (supplementary, non-core academic source). https://www.srmgthink.com/featured-insights/111/agritech-offers-path-food-security-middle-east-and-north-africa.