

دور الطاقات المتجددة في تحسين مردودية القطاع الزراعي - دراسة حالة الهند
**The Role of Renewable Energies in Improving Agricultural Sector
Productivity: A Study of India's Experience**

رحيم سعيد^{1*}، فرج شعبان²

¹ جامعة البويرة، (الجزائر)، s.rahim@univ-bouira.dz

² جامعة البويرة، (الجزائر)، cferedj@yahoo.com

تاريخ النشر: 2025/12/01

تاريخ القبول: 2025/11/20

تاريخ الاستلام: 2025/11/05

ملخص:

تهدف الدراسة إلى تسليط الضوء على أهمية الطاقات المتجددة في تحسين القطاع الزراعي في الهند، كونها تشكل حلاً فعالاً ومستداماً لتوفير الطاقة النظيفة وتقليل الأثر البيئي السلبي للزراعة التقليدية. توصلت الدراسة إلى أن الهند تعتمد بشكل متزايد على مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والكتلة الحيوية، حيث أدت هذه الاستخدامات إلى تحسين مردودية الإنتاج الزراعي من خلال زيادة المساحات المزروعة وتحسين جودة المحاصيل وتخصيب التربة، وذلك بتنفيذ عدة برامج وخطط تنمية كبرنامج مضخات الري الشمسية الذي ساهم في تحسين إنتاجية المزارعين وتوفير الطاقة. إضافة إلى التقدم في مجال إنتاج الهيدروجين الأخضر من النفايات العضوية كخطوة مبتكرة وحديثة لتعزيز الطاقة الزراعية النظيفة والمستدامة.

كلمات مفتاحية: طاقة متجددة، قطاع زراعي، تنمية زراعية مستدامة، هند،

تصنيف JEL: Q01, Q10, Q42

Abstract:

The study aims to highlight the importance of renewable energy in improving the agricultural sector in India, as it provides an effective and

sustainable solution for clean energy supply and reduces the negative environmental impact of traditional farming. The study found that India increasingly relies on renewable sources such as solar energy, wind power, and biomass, which have enhanced agricultural productivity by expanding cultivated areas, improving crop quality, and enriching the soil. This progress is driven by various development programs like the solar irrigation pumps project, which has boosted farmers' productivity and saved energy. Additionally, advancements in green hydrogen production from organic waste represent an innovative step toward promoting clean and sustainable agricultural energy.

Keywords: Renewable Energy, Agricultural Sector, Sustainable Agricultural Development, India.

Jel Classification Codes: Q42, Q10, Q01

1. مقدمة:

تعتبر الطاقات المتجددة من المحركات الأساسية لتحقيق التنمية المستدامة في مختلف القطاعات خاصة في القطاع الزراعي الذي يمثل ركيزة حيوية للأمن الغذائي والاقتصاد الوطني لدولة الهند. ونظرا للتحديات الكبيرة التي تواجهها الزراعة في الهند، أبرزها الاعتماد المفرط على الوقود الأحفوري التقليدي مثل الديزل في تشغيل مضخات الري والآلات الزراعية، الذي ينعكس سلباً على التكاليف الإنتاجية والبيئة، فقد أطلقت الهند عدة برامج وخطط حكومية طموحة للتحويل نحو تعزيز استخدام مصادر الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح لزيادة كفاءة العمليات الزراعية وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، إذ توفر هذه الطاقات حلاً للمزارعين في تحسين مردودية انتاجهم الزراعي وتقلل الآثار البيئية السلبية. وتوضح التجربة الهندية أن استخدام الطاقة الشمسية في تشغيل مضخات الري وتحسين سلاسل القيمة الزراعية يمكن أن يؤدي إلى تحسين دخل صغار المزارعين وتطوير الزراعة المستدامة، ما يستدعي الاستمرار في تدعيم السياسات الطموحة وتوفير الدعم الفني والمالي لتعميم هذه النماذج الناجحة بما يسمح بتجاوز صعوبات القطاع ويخدم التنمية الزراعية المستدامة في الهند.

-الإشكالية الرئيسية للبحث: تتمحور الإشكالية الرئيسية للبحث حول التساؤل الجوهرية الآتي:

-ما مدى مساهمة الطاقات المتجددة في تحسين مردودية القطاع الزراعي في الهند، وما هي أهم البرامج والخطط الوطنية المتبعة لتجسيدها؟

-فرضيات البحث: يقوم البحث على فرضيات أساسية تمت صياغتها كما يلي:

-الفرضية 1: ساهم استخدام الطاقات المتجددة في الهند في توسيع المساحات الزراعية وزيادة خصوبتها.

- الفرضية 2: ساهمت الطاقات المتجددة في تخفيض كلفة الإنتاج الزراعي في الهند.
- الفرضية 3: ساعدت المقومات البشرية والتكنولوجية التي تمتلكها الهند في تطوير وتنفيذ مشاريع الطاقات المتجددة في القطاع الزراعي.
- أهمية البحث: يكتسي البحث أهمية بالغة، ويظهر ذلك من خلال النقاط الآتية:
 - يسلط البحث الضوء على مجال له علاقة وطيدة بتحقيق الامن الغذائي، وهو توظيف الطاقات المتجددة في القطاع الزراعي.
 - يبرز البحث مساهمات كل من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في تقليل تكاليف الإنتاج الزراعي وتحسين الاستدامة البيئية وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري التقليدي.
 - يوفر البحث إطارا معرفي حول مختلف البرامج والخطط التنموية التي تتبعها الهند لتطوير الطاقات في القطاع الزراعي لدعم التنمية المستدامة.
 - يعزز البحث فهم أهم التحديات التي تواجه تطبيق الطاقات المتجددة في الزراعة الهندية.
 - يعرض البحث فرصة تعميم التجربة الهندية في استخدام الطاقات النظيفة في القطاعات الحيوية لدول أخرى.
- اهداف البحث: يهدف البحث الى تحقيق ما يلي:
 - التعرف على الطاقات المتجددة وتحليل دورها في تعزيز مردودية القطاع الزراعي في الهند.
 - تقييم تأثير برامج وخطط استخدام الطاقات المتجددة (الشمسية - الرياح-النفائات العضوية) على كفاءة وتكلفة الإنتاج الزراعي.
 - تحديد أهم التحديات التقنية والاقتصادية التي يواجهها المزارعون في الهند التي تحول دون إدماج الطاقات المتجددة في عمليات الزراعة.
 - إبراز أهمية المرافقة والدعم الحكومي والتمويل في تحفيز تبني الطاقات المتجددة في القطاع الزراعي في الهند.
 - إستعراض مختلف اساليب توسيع استخدام الطاقات المتجددة لتعزيز الاستدامة الزراعية والأمن الغذائي.
- منهجية البحث وجمع المعلومات: تم إتباع المنهج الوصفي في هذه الدراسة، وجمعت المعلومات من الدراسات الأكاديمية السابقة ذات الصلة بالموضوع وتحليل الوثائق الحكومية حول الإحصاءات الرسمية والتقارير الصادرة عن وزارات الطاقة المتجددة والزراعة الهندية، وكذلك تحليل التقارير الدولية الصادرة عن منظمة التغذية والزراعة الدولية والبنك الدولي وتقارير أطراف أخرى.

-تقسيم البحث: يشمل البحث المحاور الأساسية الآتية:

-المحور الأول: الإطار النظري للطاقة المتجددة والزراعة في الهند.

-المحور الثاني: تحليل الأثر الاقتصادي والبيئي للطاقات المتجددة في القطاع الزراعي في الهند.

-المحور الثالث: تحديات وفرص تطوير الطاقة المتجددة في الزراعة الهندية.

-المحور الرابع: التوجهات المستقبلية لتحسين القطاع الزراعي بالاعتماد على الطاقات المتجددة في الهند

2. الإطار النظري للطاقات المتجددة والزراعة في الهند

1.2 مفهوم الطاقات المتجددة:

قدمت عدة تعريفات للطاقات المتجددة، فمنهم من يعرفها بأنها الطاقات التي يتكرر وجودها في الطبيعة بشكل تلقائي ودوري، وهي مصادر مستدامة لا تنفذ ولا تنضب ونظيفة غير ملوثة للبيئة (السيد، 2011). كما عرفتها الهيئة الدولية لمتابعة تغير المناخ بأنها كل طاقة طبيعية يكون مصدرها شمسي، جيوفيزيائي أو بيولوجي، تتجدد في الطبيعة بوتيرة تعادل أو أكبر من وتيرة استهلاكها وتتولد من التيارات المتتالية والمتواصلة في الطبيعة كطاقة الكتلة الحيوية والطاقة الشمسية والطاقة الكهرومائية وطاقة باطن الأرض وطاقة الأمواج والمد والجزر (سهام، 2020). وتعرف الطاقات المتجددة أيضا بأنها مصادر الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد باستمرار ولا تنضب، مثل الشمس والرياح والمياه والنفائات العضوية (الكتلة الحيوية)، وتتميز بكونها صديقة للبيئة وتقلل من انبعاثات الغازات الدفيئة بالمقارنة مع الوقود الأحفوري التقليدي. تُعد الطاقات المتجددة أساساً لتحقيق التنمية المستدامة ووسيلة للحد من تأثيرات تغير المناخ، إذ توفر حلولاً طاقوية مستمرة ومتجددة تسهم في تنمية القطاعات الاقتصادية، خاصة الزراعة والصناعة (nations, 2016). وعليه يمكن تعريف الطاقات المتجددة بأنها مصادر طاقة طبيعية تتولد باستمرار من الشمس والرياح والكتلة العضوية وباطن الأرض، وهي طاقة نظيفة غير ملوثة للبيئة، متاحة اقتصاديا وفعالة بيئيا.

2.2 أنواع الطاقات المتجددة:

تشمل الطاقات المتجددة عدة مصادر طبيعية مستدامة تستخدم لتوليد الطاقة الكهربائية والحرارية، وتتميز بقدرتها العالية على تجديد نفسها وأثرها البيئي المنخفض مقارنة بالوقود الأحفوري، هذه المصادر تمكن من تحقيق تنمية زراعية مستدامة عبر توفير طاقة نظيفة ومتجددة تقلل من الاعتماد على الموارد التقليدية وتحد من الآثار البيئية الضارة، من الناحية التقنية، صُنفت الطاقات المتجددة حسب المصدر

وطريقة التحويل إلى طاقة كهربائية أو حرارية إلى الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة المائية، والطاقة الحيوية، نبينها كما يلي:

-الطاقة الشمسية: هي الطاقة المستمدة من أشعة الشمس في شكل حرارة وضوء، وتعد الطاقة الشمسية الأكثر وفرة من بين جميع موارد الطاقة المتجددة، فكافة الدول يمكنها استخدام الطاقة الشمسية كأحد مصادر الطاقة لديها، مع اختلاف حجم وقدرات الاستخدام بين الدول المختلفة (سليمان، 2024)، تتم باستخدام الألواح الشمسية والخلايا الكهروضوئية. تُستخدم على نطاق واسع في تشغيل مضخات الري، وتخفيف المحاصيل، وتسخين المياه في الزراعة.

-طاقة الرياح: هي الطاقة الناتجة عن تحويل الرياح إلى طاقة ميكانيكية باستخدام التوربينات. وهناك استخدامات متعددة لطاقة الرياح منها الاستخدام المباشر للقيام بمهام محددة مثل ضخ المياه أو طحن الحبوب، أو الاستخدام غير المباشر بتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية (سليمان، 2024)، وتعتبر أكثر ملائمة للمناطق التي تتميز برياح مستمرة، مما يساهم في تشغيل المعدات الزراعية.

-الطاقة المائية: ويقصد بها الطاقة التي تتولد من الماء الجاري أو الساقط (من الشلالات)، بهدف استخدامها في إنتاج الكهرباء أو في تشغيل الأجهزة، وهي أحد أشكال الطاقة التي تستخدم ماء السدود والأنهار في توليد الكهرباء في محطات الطاقة المائية، حيث ينشأ عن المياه نوعين رئيسيين من الطاقة هما: الطاقة الحركية والطاقة الكامنة (أكاديمية، بلا تاريخ). وتعد الطاقة المائية حاليًا أكبر مصدر طاقة متجددة في قطاع الكهرباء، يعتبر الكثيرون الطاقة الكهرومائية الصغيرة النطاق خيارًا أكثر مراعاة للبيئة، يناسب بشكل خاص المجتمعات في المناطق النائية.

-الكتلة الحيوية (النفائات العضوية): هي عبارة عن كل مادة مصدرها من الطبيعة أو من كائن حي تحتوي على عنصري C و H، التي تتركب بالأساس من مواد غذائية كالخضراوات والفواكه واللحوم والخبز (الطاهر، 2018)، تشمل المخلفات الزراعية والحيوانية لتحويلها إلى طاقة حرارية وكهربائية وسماد عضوي. تساهم في تحسين خصوبة التربة وتقليل التلوث الناتج عن حرق المخلفات.

3.2 نظرة تاريخية لاستخدام الطاقات المتجددة في القطاع الزراعي في الهند:

اهتمت الهند باستخدام الطاقات المتجددة في الزراعة على مدى العقود الماضية، مدفوعاً بحاجتها المتزايدة لمصادر طاقة نظيفة ومستدامة تتلاءم مع نموها الديموغرافي وتوسع قطاعها الاقتصادية، ولتدعم قطاعها الزراعي الحيوي. فقد بدأت الهند بتطبيق الطاقة الشمسية في تسعينيات القرن 20، حيث

استخدمتها في تشغيل المضخات الشمسية للري، في إطار عدة مبادرات حكومية بهدف الحد من الاعتماد على الوقود الأحفوري التقليدي الذي كان يتسبب في زيادة التكاليف البيئية والمالية (kumar, 2020). تعزز هذا التطور بزيادة الاستثمارات الحكومية في مشاريع الطاقة المتجددة المتنوعة مع بداية الألفية الجديدة، وخاصة بعد إطلاق "البرنامج الوطني للطاقة الشمسية" في 2010، الذي ركز على إستعمال الألواح الشمسية ضمن القطاع الزراعي لمنح المزارعين مصادر طاقة بديلة ومستدامة، كما تم في السنوات الأخيرة توسيع استخدام طاقة الرياح والطاقة الحيوية المستمدة من المخلفات الزراعية، ما أسهم بشكل كبير في زيادة كفاءة الإمدادات الطاقوية الزراعية وتحسين الإنتاجية الزراعية. وترتكز السياسات الحديثة للهند على دمج شامل للطاقات المتجددة في الزراعة بهدف الانتقال إلى إقتصاد طاقي نظيف ومستدام، فضلاً عن تحسين الأمن الغذائي من خلال رفع مردودية الإنتاج الزراعي (energy, 2022).

1.3.2 أهم برامج وخطط التنمية المرتبطة بالطاقات المتجددة في مجال الزراعة في الهند:

تبنت الحكومة الهندية سلسلة من البرامج والسياسات التنموية لغرض تعزيز استخدام الطاقات المتجددة في القطاع الزراعي، حيث تُعتبر الزراعة ركيزة حيوية للاقتصاد الوطني ولضمان الأمن الغذائي. تأتي هذه المبادرات ضمن رؤية شاملة تدعم التوسع في مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة لتحسين كفاءة الإنتاج الزراعي وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري.

1.1.3.2 برامج الطاقات المتجددة في الهند:

تتمثل أهم البرامج الوطنية الخاصة بتوسيع الطاقات المتجددة في الهند فيما يلي:

- البرنامج الوطني للطاقة الشمسية (NSM): أُطلق عام 2010 بهدف تعميم استخدام الطاقة الشمسية، وخصوصاً في المناطق الريفية والزراعية، عبر تركيب الألواح الشمسية لتشغيل مضخات الري، مما يقلل من تكلفة الإنتاج الزراعي ويقلل من الانبعاثات الكربونية.

إعتباراً من 31 ديسمبر 2021، تم تركيب مشاريع طاقة شمسية بقدرة إجمالية قدرها 48.087 جيجاواط في البلاد مع العلم انها تستهدف تشغيل مشاريع طاقة شمسية سعتها حوالي 55 جيجاواط بحلول مارس (energy, 2021, annual report 2021).

- مبادرة مزارع الطاقة الشمسية (Solar Pumping Program): حُصصت المبادرة لتوفير مضخات ري تعمل بالطاقة الشمسية للمزارعين بأسعار مدعومة بغرض تطوير أنظمة الري المستدامة وتحسين استخدام الموارد المائية، فعلى سبيل المثال استفادت ولاية هاريانا بمضخات شمسية بقدرة 10 احصنة من دعم إجمالي

قدره 75% (30% مساعدة مالية مركزية لإحلال طاقة المزارعين وتوليدها و45% من الولاية). ولا توفر هذه المضخات مصدر طاقة نظيف فقط، بل تقلل أيضاً من تكاليف الزراعة وتساهم في زيادة دخل المزارعين من محاصيل الأراضي البور، كما تخفض تكلفة الري.

– خطة تعزيز إنتاج الغاز الحيوي: تدعم هذه الخطة مشاريع تحويل المخلفات الزراعية والحيوانية إلى غاز حيوي للطاقة، مما يُعدّ حلاً مزدوجاً للطاقة والبيئة في الزراعة.

2.1.3.2 خطط التنمية:

تتلخص اهم خطط التنمية الزراعية القائمة على الطاقات المتجددة في الهند في الاتي :

– السياسة الوطنية للزراعة 2018: تشدد هذه الخطة على دمج الطاقة المتجددة في النظم الزراعية لتحسين الإنتاجية وتقليل آثار تغير المناخ، حيث سجلت الهند معدل نمو سنوي مركب ب15.25% خلال الفترة الممتدة من 2014 الى 2023-2024. (energy, renewable energy stastics2023-2024., 2024).

– خطة عمل الطاقة المتجددة الوطنية ل2030: تهدف هذه الخطة إلى رفع حصة الطاقة المتجددة إلى 40% من إجمالي قدرة التوليد، مع توجيه جزء كبير منها لدعم مشاريع الطاقة الزراعية، مع التزام الهند بخفض كثافة الانبعاثات تصل إلى 35% في 2030 عن مستوى عام 2005 (forum, 2023). فالبرامج والخطط التنموية السابقة تمثل مبادرات حكومية وأطر عمل مهمة لتعزيز التحول نحو الزراعة المستدامة عبر استخدام مصادر الطاقة المتجددة، مما يسهم في الحفاظ على الموارد الطبيعية وتحسين ظروف المزارعين اقتصاديًا وبيئيًا.

و فيما يلي جدول يلخص اهم اهداف برامج و السياسات التنموية في مجال الزراعة في الهند.

الجدول 1: البرامج والخطط التنموية في مجال الزراعة في الهند.

البرنامج / السياسة	الوصف	الهدف الرئيسي
البرنامج الوطني للطاقة الشمسية (NSM)	تعميم استخدام الطاقة الشمسية في المناطق الريفية والزراعية، تركيب الألواح الشمسية للمضخات	تقليل تكلفة الإنتاج الزراعي وتقليل الانبعاثات
مبادرة "مزارع الطاقة الشمسية (Solar Pumping Program)"	توفير مضخات ري تعمل بالطاقة الشمسية بأسعار مدعومة للمزارعين	تطوير أنظمة ري مستدامة وتحسين إدارة المياه
خطة تعزيز إنتاج الغاز الحيوي	دعم مشاريع تحويل المخلفات الزراعية إلى	مصدر طاقة نظيف وتحسين البيئة الزراعية

دور الطاقات المتجددة في تحسين مردودية القطاع الزراعي - دراسة حالة الهند

	غاز حيوي لتوفير الطاقة	
رؤية "الهند نظيفة (Clean India)" (Mission) وبرنامج كفاءة الطاقة الزراعية	تحسين كفاءة استخدام الطاقة وتعزيز التقنيات المستدامة في الزراعة	التنمية المستدامة وتحسين الإنتاج الزراعي
السياسة الوطنية للزراعة 2018	دمج الطاقة المتجددة في النظم الزراعية لتحسين الإنتاجية وتقليل الآثار البيئية	تعزيز استدامة القطاع الزراعي
خطة عمل الطاقة المتجددة الوطنية حتى 2030	رفع حصة الطاقة المتجددة إلى 40% ودعم مشاريع الطاقة الزراعية	تحسين الإمداد الطاقوي الزراعي والتنمية المستدامة

المصدر: من اعداد الباحثين بناء على ما سبق.

4.2 أهمية الطاقة المتجددة في القطاع الزراعي:

ان استخدامات الطاقات المتجددة في القطاع الزراعي لها أهمية معتبرة للاقتصاد الوطني وللمزارعين وللمجتمع بصفة عامة، تتلخص هذه الأهمية في النقاط الآتية:

- توفير الطاقة وتخفيض التكاليف: توفر الطاقات المتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح مصادر طاقة طبيعية لا تحتاج إلى شراء وقود أو تكلفة تشغيلية كبيرة مقارنة بالديزل أو الكهرباء التقليدية. في الزراعة، يؤدي استخدام مضخات الري الشمسية وتوربينات الرياح إلى تقليص تكاليف الوقود بشكل كبير، ما يعزز من ربحية المحاصيل ويخفف العبء المالي على المزارعين، خاصة صغارهم. هذا التقليل في التكاليف يمكن أكثر من الاستثمار في تقنيات زراعية حديثة وتحسين جودة الإنتاج (جمال، 2025).

- الاستدامة البيئية: يقلل الاعتماد على الطاقات المتجددة من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والملوثات الهوائية الأخرى التي تسببها الوقود الأحفوري، مما يحد من ظاهرة الاحتباس الحراري وتآكل التربة وتحسين جودة الهواء. فقد أصبحت نظم الري التي تستخدم الطاقة الشمسية مثلاً، تُعتمد على نطاق واسع لتحسين فرص الحصول على المياه، وتمكين دورات الزراعة المتعددة المحاصيل، وزيادة القدرة على الصمود أمام تغير أنماط تساقط الأمطار. ففي الهند، أدى اللجوء إلى مضخات الري التي تستخدم الطاقة الشمسية إلى زيادة مداخيل المزارعين بنسبة لا تقل عن 50 % مقارنة بنظم الري المطرية؛ وفي رواندا، نمت غلال صغار المزارعين بمقدار الثلث تقريباً (الزراعة، 2021).

إضافة الى ما سبق نجد ما يلي (الزراعة، 2021):

-تحسين كفاءة استخدام الموارد: الطاقات المتجددة تدعم استخدام تقنيات ري ذكية تعتمد على الطاقة النظيفة، مثل أنظمة الري بالتنقيط التي تعمل بالطاقة الشمسية، مما يقلل من الهدر في المياه ويحسن الاستفادة منها في المناطق القاحلة وشبه القاحلة. هذا يعزز الإنتاج الزراعي بالاعتماد على موارد المياه الطبيعية المحدودة، ويساعد في تطوير الصمود الزراعي أمام تغير المناخ.

-تمكين الزراعة في المناطق النائية: في المناطق الريفية والنائية التي تعاني من ضعف أو انعدام شبكات الكهرباء، توفر مصادر الطاقة المتجددة شكلاً من أشكال الطاقة المستقلة والموثوقة. حيث تمكن المزارعين من استخدام المعدات الزراعية المتطورة، تشغيل المضخات، والحفاظ على سلسلة التبريد للمنتجات الزراعية، ما يزيد من الإنتاجية ويرفع من دخل المزارع في هذه المناطق.

-تعزيز الأمن الغذائي: بزيادة كفاءة الإنتاج الزراعي وتوسيع الرقعة الزراعية باستخدام تقنيات الطاقة النظيفة، تزداد متطلبات السوق من الغذاء المنتج محلياً، وتُقلل الاعتماد على الواردات الغذائية. هذا يعزز من الأمن الغذائي الوطني ويضمن استقرار الأسواق الغذائية.

-دعم التكنولوجيا والابتكار الزراعي: تمكّن الطاقات المتجددة من استخدام الأجهزة الذكية والتقنيات الحديثة، مثل استشعار الرطوبة، أنظمة الري الأوتوماتيكية، وطائرات الدرون المصممة لمراقبة المحاصيل، التي تعتمد على طاقة نظيفة. حيث تسهل هذه الابتكارات تسهيل إدارة المستثمرات الزراعية وتحسين إنتاجيتها، مع تقليل الإجهاد البيئي والموارد المطلوبة (البحالي، 2025).

3. تحليل الآثار الاقتصادية والبيئية للطاقات المتجددة في القطاع الزراعي في الهند

تعتبر آثار الطاقات المتجددة في القطاع الزراعي متعددة، اقتصادية وبيئية، نبينها فيما يلي:

1.3 تحسين مردودية الإنتاج الزراعي بالطاقات المتجددة بالهند:

قُدِّر إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة من مصادر متجددة حوالي 242.8 جيغاواط حتى نهاية 2024، مع تركيز واضح على الطاقة الشمسية التي تمثل أكثر من 50% من هذه القدرة، و بذلك تعد الهند إحدى الدول التي شهدت توسعاً هائلاً في توظيف الطاقات المتجددة لدعم القطاع الزراعي، وتتميز هذه المصادر بكونها متجددة وصديقة للبيئة، وهو جزء هام من جهود الهند لتحقيق أهداف الحياد الكربوني بحلول عام 2070. (energy, annual report 2024-2025, 2025).

و يعتبر برنامج تركيب مضخات الري الشمسية من اهم البرامج الذي حقق اثرا ملموسا، حيث تم تركيب أكثر من 1.5 مليون مضخة تعمل بالطاقة الشمسية في المناطق الريفية بحلول 2024، مما أدى إلى خفض تكاليف الطاقة للاستخدامات الزراعية بنحو 30-40%، وزيادة المساحات المزروعة بفضل إمكانية توفير مياه الري بشكل أكثر انتظامًا وكفاءة، كما ساهم هذا البرنامج في تقليل استخدام المحركات التي تعمل بالديزل، مما قلل من التلوث المحلي بشكل كبير. كما تُنتج الهند في مجال الطاقة الحيوية حوالي 17 جيجاواط من الكهرباء عن طريق تحويل المخلفات العضوية الزراعية إلى غاز حيوي ووقود حيوي، ما يسهم في تحسين جودة التربة من خلال إعادة تدوير المخلفات، ويُعد مصدر دخل إضافي للقطاع الزراعي كما أن الطاقة المستخرجة من الكتلة الحيوية قللت من ظاهرة الحرق المفتوح للمخلفات، والتي كانت تسبب تلوثًا خطيرًا في العديد من المناطق الشمالية.(agency, 2024)

على الجانب التقني، يتم استخدام أنظمة الاستشعار الذكية وأجهزة الري التي تعتمد على الطاقة الشمسية، والتي حسنت من كفاءة استخدام المياه بنسب وصلت إلى 25-35%، فضلاً عن تحسين إنتاجية المحاصيل بنسبة 15-20%(Welfare, 2021). وهذا يسمح بمواجهة تحديات تغير المناخ وتأمين استدامة الموارد في المناطق الزراعية الحساسة، ما سيزيد من طاقة الزراعة المستدامة ويدعم تحقيق رؤية النمو الأخضر. الى جانب تطوير البنية التحتية لشبكة الكهرباء لتجنب اختناقات الطاقة التي تؤثر أحيانًا على انتظام توفير الطاقة الزراعية.

وفي الجدول الاتي ملخصا لاهم مؤشرات الطاقات المتجددة في القطاع الزراعي في الهند.

الجدول 02: اهم مؤشرات الطاقات المتجددة في القطاع الزراعي في الهند.

المؤشر	القيمة
إجمالي قدرة توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة (جيجاواط)	242.8 جيجاواط (حتى نهاية 2024)
نسبة الطاقة الشمسية من إجمالي قدرة الطاقة المتجددة (%)	أكثر من 50%
عدد مضخات الري الشمسية المركبة	أكثر من 1.5 مليون مضخة
نسبة تخفيض تكلفة الطاقة في الزراعة عبر مضخات الري الشمسية	30-40%
إنتاج الكهرباء من الطاقة الحيوية (جيجاواط)	17 جيجاواط
تحسين كفاءة استخدام المياه عبر أنظمة الري الذكية (%)	25-35%
زيادة إنتاجية المحاصيل باستخدام مصادر الطاقة المتجددة (%)	15-20%

المصدر: من اعداد الباحثين بناء على ما سبق.

2.3 تخفيض تكلفة الإنتاج الزراعي في الهند:

تساهم الطاقات المتجددة في الهند بشكل واضح في تخفيض تكلفة الإنتاج الزراعي مقارنة بمصادر الطاقة التقليدية، وذلك بعدة طرق متنوعة.

أولاً: انخفضت تكلفة الكهرباء الشمسية في الهند لتصل إلى 1.35 سنت أمريكي لكل كيلوواط ساعي في عام 2020، وهو ما يعتبر تكلفة منخفضة لتوليد الطاقة مقارنة بالطاقات التقليدية مثل الفحم والديزل الذي يستخدم بشكل واسع في تشغيل مضخات الري والمحركات الزراعية. كما ساهم استخدام مضخات الري الشمسية بتخفيض تكلفة الطاقة بنسبة 30 إلى 40% مقارنة بالمضخات التي تعمل بالديزل، بالإضافة إلى تقليل تكاليف الصيانة والوقود (agency، 2024).

ثانياً: أضافت الهند في 2024 نحو 28.6 جيجاواط من القدرة الكهربائية من الطاقات المتجددة، تمثل أكثر من 70% منها من الطاقة الشمسية (annual report 2024-2025، energy)، مما يعكس توسعاً كبيراً في استخدام الطاقة النظيفة، ويعزز من فاعلية استدامة الإنتاج الزراعي، هذا الانتشار والاستخدام الواسع يدعم الإنتاج الزراعي عبر توفير طاقة مستقرة وأقل تكلفة.

ثالثاً: مقارنة بالوقود التقليدي، تقدم الطاقة الشمسية الكهروضوئية خياراً اقتصادياً أكثر استدامة، مع انخفاض مستمر في الكلفة، مما ساهم في تحويل أنظمة ري زراعية بمئات آلاف الهكتارات إلى أنظمة قائمة على هذه الطاقة.

رابعاً: تسبب البنية التحتية والشبكة الحالية بعض الاختناقات، إلا أن الخطط الحكومية تهدف إلى مضاعفة قدرة الطاقة المتجددة لتصل إلى 500 جيجاواط بحلول 2030، مما سيعزز إمكانيات تطبيق الطاقة المتجددة في الزراعة وزيادة مردودية الإنتاج الزراعي.

في المجمل، يمكن القول أن الطاقات المتجددة توفر تقيلاً ملموساً في تكلفة الإنتاج الزراعي، مع تعزيز الاستدامة البيئية والاجتماعية، وذلك من خلال استغلال مصادر طاقة نظيفة ومتجددة أكثر كفاءة واقتصادية من الطاقة التقليدية.

و فيما يلي جدول يلخص أهم مساهمات الطاقات المتجددة في الهند في تخفيض تكلفة الإنتاج الزراعي مقارنة بالطاقة التقليدية.

الجدول 03: مساهمات الطاقة المتجددة في الهند في تخفيض تكاليف الإنتاج الزراعي

المساهمة	الوصف	الأرقام / المؤشرات
انخفاض تكلفة توليد الكهرباء الشمسية	تكلفة 1 كيلوواط ساعة تصل إلى 1.35 سنت أمريكي	أقل من تكلفة الفحم والديزل
تخفيض تكلفة تشغيل مضخات الري الشمسية	انخفاض تكلفة الطاقة بنسبة 30-40% مقارنة بالديزل	أكثر من 1.5 مليون مضخة مُركبة
ارتفاع حصة الطاقة الشمسية في القدرة الكهربائية المتجددة	أكثر من 70% من 28.6 جيغاواط مضافة في 2024	يعزز من التكلفة الاقتصادية
توسع استخدام الطاقة الشمسية في أنظمة الري	تحويل مئات آلاف الهكتارات لأنظمة ري شمسية	انخفاض تكاليف تشغيل وصيانة
خطط زيادة قدرة الطاقة المتجددة	رفع القدرة إلى 500 جيغاواط بحلول 2030	مضاعفة الطاقة المتجددة لتحسين الاستدامة

المصدر: من اعداد الباحثين بناء على ما سبق.

3.3 أثر الطاقات المتجددة على البيئة وخفض الانبعاثات الكربونية الزراعية في الهند:

تُساهم الطاقات المتجددة في الهند، وخاصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية، بشكل فعال في تقليل التلوث البيئي وانبعاثات الغازات الدفينة التي تلحق أضراراً بالبيئة الزراعية وجودة المحاصيل. و قد اكدت دراسات ان المناطق القريبة من محطات الفحم في الهند انخفضت فيها غلات (محاصيل) القمح والأرز بنسبة تصل إلى 10% بسبب انبعاث الغازات الكربونية، مما يؤثر سلباً على الأمن الغذائي (البيئة، 2025). اعتمدت الهند استراتيجيات متقدمة لتحويل قطاع الطاقة نحو مصادر نظيفة، حيث بلغت القدرة المركبة للطاقة الشمسية في الهند أكثر من 116 جيغاواط حتى منتصف 2025، مما يقلل الاعتماد على الفحم ويحد من انبعاثات أكاسيد النيتروجين والكبريت التي تؤثر على التربة والمحاصيل الزراعية، وقد أظهرت تقارير وزارة الطاقة المتجددة الهندية أن استخدام الطاقة المتجددة ساعد في تقليل

الانبعاثات بنسبة ملحوظة في المناطق التي تم فيها استبدال الوقود الأحفوري بالطاقة الشمسية والرياح (energy، annual report 2024-2025، 2025)

وعليه، يمكن القول إن التحول إلى الطاقات المتجددة في الهند يشكل نقطة انطلاق مهمة لتحقيق تنمية زراعية مستدامة من خلال تحسين جودة المحاصيل وحماية البيئة الزراعية، وتعزيز الأمن الغذائي، بالإضافة إلى تخفيض الانبعاثات الكربونية.

ويلخص الجدول الآتي أهم آثار الطاقات المتجددة على البيئة والانبعاثات الكربونية.

الجدول 04: أهم آثار الطاقات المتجددة في خفض الكربون والحفاظ على البيئة في الهند

الجوانب	الوصف	الأرقام والمؤشرات
نسبة توليد الكهرباء من مصادر متجددة	50% من قدرة توليد الكهرباء في الهند تأتي من مصادر متجددة	242.8 جيجاواط من إجمالي 484.8 جيجاواط
المكونات الرئيسية للطاقة المتجددة	الطاقة الشمسية (116 جيجاواط)، الكهرومائية (54 جيجاواط)، الرياح (52 جيجاواط)، الطاقة الحيوية (12 جيجاواط)	تعويض مستمر للطاقة الكلاسيكية.
تقليل انبعاثات الكربون	استبدال الوقود الأحفوري بالطاقة المتجددة يقلل من الانبعاثات الضارة للبيئة	خفض الانبعاثات في المناطق التي اعتمدت مصادر متجددة
تأثير تلوث الوقود الأحفوري على المحاصيل	انبعاثات محطات الفحم تقلل من غلات القمح والأرز حتى 10%	تأثير مباشر على الإنتاجية الزراعية
تحديات بيئية لاستغلال الطاقة الشمسية	استخدام مساحات كبيرة من الأراضي الزراعية للطاقة الشمسية قد يؤثر على الزراعة الموسمية	الحاجة لاستراتيجيات تخطيط وإدارة الأراضي
مساهمة الطاقة المتجددة في النمو الأخضر	تعزيز حماية البيئة والزراعة المستدامة وتحسين جودة المحاصيل	زيادة النظم الزراعية المستدامة وتحقيق الأمن الغذائي

المصدر: من اعداد الباحثين بناء على ما سبق.

4.3 تعزيز الخصوبة الزراعية وتقليل التلوث بالطاقة الحيوية المكتسبة من المخلفات الزراعية:

يستفيد القطاع الزراعي في الهند من معالجة النفايات العضوية سواء في زيادة المساحات الزراعية أو في رفع خصوبتها أو في دعم المزارعين من مزاياها الاقتصادية، حيث نوضح ذلك فيما يلي (الزراعة، 2025):

- تعزيز الخصوبة الزراعية: تُستخدم المخلفات الزراعية العضوية كمصدر للسماد العضوي الطبيعي، الذي يحسن جودة التربة ويزيد من خصوبتها، مما يعزز النمو النباتي والإنتاجية الزراعية. فالعملية الطبيعية لتحلل الكتلة الحيوية تُنتج سمادًا عالي الجودة بديلًا للأسمدة الكيميائية وصادق للبيئة.

- توسيع المساحات الزراعية: تشغل الطاقة الحيوية المستخرجة من المخلفات الزراعية (الغازات والسوائل العضوية) المضخات والآلات الزراعية في المناطق الريفية، وتمكن المزارعين من تحسين إدارة المياه وبالتالي زيادة المساحات المزروعة، خاصة في المناطق التي تعاني من ضعف في الشبكات الكهربائية التقليدية.

- دعم المزارعين في التحول لاستخراج الغاز الحيوي: توجد برامج دعم حكومية في الهند توفر حوافز مالية لتشجيع إنشاء وحدات إنتاج الغاز الحيوي المنزلي، حيث يمكن للمزارعين تحويل النفايات العضوية إلى مصادر طاقة مثل الغاز الحيوي والوقود الحيوي، مما يخلق لهم مصدر دخل إضافي ويقلل لديهم تكلفة الطاقة المستخدمة في العمليات الزراعية.

- تقليل التلوث البيئي: تتيح تقنيات الإنتاج الحديثة في الهند تحويل المخلفات إلى طاقة صديقة للبيئة بكفاءة عالية بديلاً عن حرق المخلفات الزراعية المسببة لتلوث الهواء وانتشار الغازات الدفينة، حيث تنتج تحويلات الكتلة الحيوية طاقة حيوية أقل انبعاثات غازية ضارة مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان.

4. تحديات وفرص تطوير الطاقة المتجددة في الزراعة الهندية

تواجه الهند تحديات متعددة في دمج الطاقات المتجددة ضمن القطاع الزراعي، حيث تؤدي هذه التحديات مجتمعة إلى عرقلة تحقيق أهداف الهند الطموحة في توسيع دور الطاقة المتجددة في القطاع الزراعي وتحقيق الحياد الكربوني بحلول 2070. وتتعلق التحديات بجوانب مختلفة تقنية ومالية وتنظيمية، نبينها كما يلي:

1.4 تحديات دمج الطاقات المتجددة في الزراعة الهندية:

تتلخص أهم التحديات التقنية والمالية والتنظيمية فيما يلي (attaqa net, 2025):

-تحديات تقنية: تشكل قيود شبكة نقل الكهرباء من أبرز العقبات، إذ لا تواكب شبكات النقل الزيادة السريعة في قدرات توليد الطاقة المتجددة، ما يؤدي إلى فقدان ما بين 5 إلى 10% من الطاقة المنتجة، خصوصاً في مناطق مثل راجستان، حيث يتولد فائض طاقة في أوقات الذروة الشمسية ونقص في فترات أخرى، مما يؤدي إلى الاستمرار في استخدام الوقود الأحفوري لضمان استقرار الشبكة. كما تعاني الهند من نقص كبير في سعة تخزين الطاقة، حيث تسعى إلى بلوغ هدف وطني طموح ب 236.22 جيغاواط/ساعة، مما يحد من فاعلية دمج الطاقات المتجددة المتقطعة.

- تحديات مالية: تعتبر استثمارات الهند ضخمة، وقد قدرت ب 68 مليار دولار بحلول 2032 لتطوير وتوسيع البنية التحتية ودعم مشاريع الطاقة المتجددة، لكن تواجه بيئة الاستثمار في الهند مخاطر كثيرة تتمثل في طول مدة تنفيذ المشاريع وفي التغيرات السياسية، مما يضعف من جاذبية الاستثمار أمام المستثمرين المحليين والأجانب.

-تحديات تنظيمية: تتمثل أهم هذه التحديات في التغيرات المفاجئة والسياسات غير الثابتة مثل فرض رسوم جمركية على واردات الألواح الشمسية، والتعديلات المتكررة لتعريف القياس الصافي للطاقة الشمسية، حيث يؤثر هذا على ثقة المستثمرين ويصاحبه تأخر في توقيع عقود شراء الكهرباء مع شركات التوزيع الحكومية، مما يؤدي إلى تعطيل المشاريع وتأخير نمو القطاع مقارنة بالخطط المسطرة.

2.4 فرص دمج الطاقات المتجددة في القطاع الزراعي في الهند:

تمتلك الهند فرصاً واعدة متعددة لدمج الطاقات المتجددة في القطاع الزراعي على المستويات البشرية والتكنولوجية والتقنية والمالية والتنظيمية حيث تجمع الهند بين الموارد الطبيعية والدعم المالي والابتكار التكنولوجي والقوى البشرية، ما يؤهلها لتحقيق دمج ناجح وفعال للطاقات المتجددة في القطاع الزراعي، وتلخص هذه الفرص كما يلي:

-فرص بشرية وتكنولوجية: تمتلك الهند قوى بشرية كبيرة تشمل مهندسين وباحثين في مجال الطاقات المتجددة، ومراكز لتشجيع البحوث الابتكارية في مجال الزراعة، كما يظهر من أعمال جامعة MIT-WPU في تطوير تقنيات الطاقة المتجددة، إضافة إلى تعزيز القدرات الرقمية والذكاء الاصطناعي في إدارتها الزراعية والطاقة، ما يدعم الزراعة الذكية والطاقة المستدامة.

-فرص تقنية: تتمتع الهند بموارد طبيعية ضخمة للطاقة الشمسية وطاقة الرياح، بالإضافة إلى تقدم في تقنيات تحويل المخلفات الزراعية إلى طاقة حيوية نظيفة، مثل التكنولوجيا الثورية لإنتاج الهيدروجين الأخضر من المخلفات الزراعية التي حققت كفاءة تحويل تصل إلى 12%، مما يوفر مصدر طاقة مستدام وقابل للتوسع في المناطق الزراعية.

-فرص مالية: تستثمر الحكومة الهندية بشكل مكثف في مشاريع الطاقة المتجددة، حيث تجاوزت قدرة إنتاج الطاقة المتجددة 242.8 جيجاوات وتخطط لرفعها إلى 500 جيجاوات بحلول 2030، ما يمثل فرصة ضخمة للاستثمار في هذا القطاع، مدعومة بالتعاون بين القطاعين العام والخاص.

5. التوجهات المستقبلية لتحسين القطاع الزراعي بالاعتماد على الطاقات المتجددة في الهند

تبنى الحكومة الهندية حالياً عدة مشاريع لتوسيع نطاق استخدام الطاقة المتجددة في الآجال القريبة والبعيدة في القطاع الزراعي تستهدف تحسين مردودية الإنتاج الزراعي وتقليل التلوث وحفظ الموارد المائية عبر تقنيات حديثة ومنهجيات مستدامة، أبرزها ما يلي:

-برنامج مضخات الري الشمسية (Solar Pumping Program) يهدف هذا البرنامج إلى تزويد المزارعين بمضخات تعمل بالطاقة الشمسية لزيادة كفاءة الري وتقليل تكاليف الطاقة، مما يساهم في تحسين جودة التربة وحفظ المياه وتقليل الاعتماد على مضخات الديزل الملوثة. حيث تم تركيب أكثر من 1.5 مليون مضخة ري شمسية في أرجاء الهند، وزادت المساحات المزروعة (energy، annual report، 2024-2025، 2025)

-مشاريع الطاقة الحيوية من المخلفات الزراعية (Bioenergy projects from agricultural waste): تركز هذه المشاريع على تحويل مخلفات المحاصيل الزراعية إلى طاقة حيوية وسماد عضوي يحسن خصوبة التربة ويقلل التلوث، مع خطط لتوليد طاقة حيوية تصل إلى 12 جيجاواط تدعم الطاقة النظيفة وتحسين الاستخدام المائي في الزراعة الريفية (الزراعة 1، 2025)، كما تطبق الهند تقنيات دمج إنتاج الهيدروجين الأخضر من النفايات الزراعية لتعزيز كفاءة الإنتاج الزراعي وتحقيق استدامة بيئية واقتصادية، والتي تمثل في توجهاً جديداً نحو استغلال المخلفات الزراعية كمصدر طاقة نظيفة ومتجددة يدعم الزراعة ويقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري.

-برنامج إعادة تدوير المياه في الزراعة (Water Recycling Initiatives) تعتمد بعض المناطق في الهند على تقنيات مدعومة بالطاقة المتجددة لإعادة استخدام المياه في الري، مما يسهم في تقليل استنزاف المياه وتحسين استدامة الزراعة، خاصة في المناطق القاحلة، حيث قُدّرت كمية مياه الصرف الصحي المعالجة المتاحة لإعادة الاستخدام في الهند بـ 11,622 مليون متر مكعب في عام 2021، وسيصل هذا إلى 15,288 مليون متر مكعب بحلول عام 2025 وإلى 35,178 مليون متر مكعب بحلول عام 2050. وتكفي هذه الكمية لتغطية الطلب على المياه العذبة للري. وتكفي لسقي 1.38 مليون هكتار من الأراضي، أي ما يعادل حوالي تسعة أضعاف مساحة نيودلهي. وبحلول عام 2050، سترتفع هذه المساحة إلى حوالي ستة وعشرين ضعف مساحة نيودلهي (water, 2023).

-مشروعات مزارع الطاقة الشمسية الكبيرة (Large-scale solar farm projects): من أشهرها المزرعة الشمسية في صحراء غوجارات بسعة 30 جيجاواط ومحطة بفاغادا للطاقة الشمسية بسعة 2.050 ميغاواط ومحطة اندرا براديش بـ 1 ميغاواط... وغيرها من أجل توفير طاقة نظيفة ومستدامة لقطاع الزراعة وتقليل الانبعاثات الكربونية المرتبطة بعمليات الزراعة التقليدية (energy b. b., 2025).

-الابتكار في الزراعة الذكية (Smart Farming): ويعني ذلك دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي وأجهزة الاستشعار التي تعتمد على الطاقة المتجددة لتحسين تخصيب التربة ومراقبة المياه، وتقليل انتشار الآفات في المحاصيل الزراعية، مما يعزز الإنتاج الزراعي المستدام، حيث يتوقع أن يساهم اعتماد الزراعة الدقيقة في الهند إلى زيادة غلة المحاصيل بنسبة تصل إلى 30% بحلول عام 2030 (farmonaut, 2025).

فقد مست التطورات التكنولوجية القطاع الزراعي باستخدام الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء لتحسين مردودية المزارع من خلال تحليل بيانات التربة والمناخ ومراقبة صحة المحاصيل الزراعية، بالإضافة إلى ذلك، تعتمد بعض الحقول في الهند على طائرات بدون طيار (الدرون) لمراقبة المحاصيل والكشف المبكر عن الآفات والأمراض، إضافة إلى إدارة الري بشكل متقدم يهدف إلى ترشيد استهلاك المياه.

6. خاتمة:

تُعد الطاقات المتجددة رافعة رئيسية للتنمية الاقتصادية والبيئية المستدامة، حيث تُسهم في تعزيز الأمن الغذائي ورفع كفاءة القطاع الزراعي والحد من الاعتماد على الموارد غير المتجددة وتقليل الانبعاثات الكربونية. تُعتبر الهند نموذجًا متقدمًا في تطبيق الطاقات المتجددة في الزراعة من خلال سياسات شاملة

وبرامج داعمة مثل مضخات الري الشمسية و طاقة الرياح والطاقة الحيوية من المخلفات الزراعية، إلى جانب تعزيز البنية التحتية والطاقة التنظيمية. مع ذلك، تواجه الهند تحديات تقنية مثل عدم استقرار الامداد بشبكات الكهرباء، وتحديات مالية لضمان الاستثمارات الضخمة المطلوبة، وتحديات تنظيمية تعيق توسيع نطاق الطاقة المتجددة. رغم ذلك، تملك الهند فرصاً كبيرة بسبب وفرة الموارد الطبيعية، الدعم الحكومي، التقدم التكنولوجي، وقوى بشرية مؤهلة.

تتوجه الهند حالياً نحو تقنيات متقدمة مثل إنتاج الهيدروجين الأخضر من المخلفات الزراعية ودمج الذكاء الاصطناعي في الزراعة الذكية لمراقبة التربة والمحاصيل وتحسين إدارة الموارد. هذه المقومات تدعم تحولاً زراعياً مستداماً يدمج الطاقات المتجددة والابتكار لتحسين المردودية وحماية البيئة على المدى الطويل.

7. نتائج و اقتراحات: تتمثل اهم نتائج البحث في الاتي:

- إن إدخال الطاقات المتجددة في مجال الزراعة يؤثر إيجابياً على تحسين مردودية هذا القطاع الحيوي، وذلك بتخصيب التربة وزيادة المساحات المزروعة ورفع إنتاجية المحاصيل الزراعية...

- إن دمج تقنيات الطاقات المتجددة في الزراعة يحسن الاستدامة الاقتصادية والبيئية لهذا القطاع الحيوي من خلال تقليص الاعتماد على الطاقة الناضبة وتخفيض انبعاثات الكربون.

- مكنت البرامج المتعلقة بتجسيد مشاريع الطاقات المتجددة في الهند استفادة المزارعين خاصة منهم الموجودين بالمناطق الريفية من تقنيات مضخات الري الشمسية، وتقنيات تحويل المخلفات العضوية الى غازات عضوية لمحركات الري او الى سماد عضوي للمحاصيل الزراعية مما يعتبر تحسين للزراعة وتخفيض في التكاليف الزراعية.

- ساعدت القوى البشرية والكفاءات التكنولوجية التي تمتلكها الهند في تطوير مشاريع في الطاقات المتجددة قائمة على الابتكارات التكنولوجية مثل إنتاج الهيدروجين الأخضر واستعمال الدرون في المراقبة الصحية للمحاصيل الزراعية وتجنب العدوى، وقد سطرت الهند لآجال الطويلة مشاريع ضخمة حتى افاق 2050 لتعزيز وتطوير الطاقات المتجددة الموجهة للقطاع الزراعي.

-اقتراحات البحث: تتلخص أهم الاقتراحات فيما يلي:

- زيادة الدعم المالي للمشاريع الواعدة في القطاع الزراعي.

- تعزيز التدريب والتوعية التقنية للمزارعين حول فوائد وتقنيات الطاقة المتجددة.
- العمل على تحسين البنية التحتية لشبكات الطاقة.
- تشجيع بحوث الابتكارات في مجالات الطاقات المتجددة.
- تعزيز إدخال تقنيات الذكاء الاصطناعي (الدرون) في تحسين القطاع الزراعي.

8. قائمة المراجع:

- agency, i. r. (2024). *renewable energy statistics 2024*. irena. Consulté le 9 25, 2025, sur <https://www.irena.org>
- attaqa net. (2025). Consulté le 10 6, 2025, sur <https://attaqa.net>
- energy, b. b. (2025, 10 03). *Thinking Big in Solar, Meet India's Top 5 Power Plants of 2025*. Récupéré sur blue bright energy: <https://www.bluebrightenergy.in>
- energy, m. o. (2021). *annual report 2021*. Consulté le 9 9, 2025, sur <https://ruralindiaonline.org>
- energy, m. o. (2022). Year End -Review 2022- Ministry of New and Renewable Energy. india, india. Récupéré sur <https://www.pib.gov.in>
- energy, m. o. (2024). *renewable energy stastics2023-2024*. gouvernement of india. Récupéré sur <https://cdnbbsr.s3waas.gov.in>
- energy, m. o. (2025). *annual report 2024-2025*. gouvernement of india. Consulté le 8 5, 2025, sur <https://cdnbbsr.s3waas.gov.in>
- farmonaut. (2025). *agriculture of india:2025 smart farming innovations*. Consulté le 10 02, 2025, sur farmonaut: <https://farmonaut.com>
- forum, i. s. (2023). *energy storage system. roadmap for india2019-2032*. india: forum, india smart grid. Consulté le 10 13, 2025, sur <https://cdnbbsr.s3waas.gov.in>
- water, c. o. (2023). *Reuse of Treated Wastewater in india*. ceew. Consulté le 10 02, 2025, sur <https://www.ceew.in>
- Welfare, M. o. (2021). *Agricultural Statistics at a Glance 2021*. Department of Agriculture & Farmers Welfare. Consulté le 9 20, 2025, sur <https://desagri.gov.in>
- اكاديمية. (s.d.). ا. ا. ا. اكاديمية الطاقة الالمانية في الاردن . Consulté le 10 02, 2025, sur <https://gea-jordan.academy> الطاقة الالمانية في الاردن
- البيئة, م. ا. (2025). تلوث الهواء يكبد المحاصيل خسائر فادحة . Consulté le 9 26, 2025, sur <https://www.env-news.com>

- الزراعة, ا. ا. (2025). *عمل منظمة الأغذية والزراعة في مجال الطاقة*, 2, 10. Consulté le 2, 2025. sur <https://www.fao.org>
- الزراعة, م. ا. (2021, 11 4). *التقرير المشترك بين منظمة التغذية و الزراعة والوكالة الدولية للطاقة المتجددة*. Récupéré sur <https://www.fao.org> الامم المتحدة
- السيد, ص. ش. (2011). *من وهج الشمس*. ج. غزة. (Éd.) مجلة عمران. 11, 1(3),
- الطاهر, ش. (2018). *اهمية تدوير النفايات العضوية كسماد فلاحيفي حماية البيئة*. ج. الجلفة. (Éd.) مجلة الاقتصاد و البيئة. 142-118, 1(1),
- جمال, د. (2025, مارس 01). *معلومات و خدمات زراعية شاملة*, 15, 10. Consulté le 15, 2025. sur <https://www.alfala7online.com> كل ما يخص الزراعة
- سليمان, ا. (2024). *الطاقة المتجددة*. ص. ا. العربي. (Éd.) Récupéré sur <https://www.amf.org.ae>
- سهام, م. (2020). *الاستثمار في الطاقات المتجددة و دوره في تعزيز تنافسية المؤسسة-امكانات الجزائر في الطاقات المتجددة نموذجا*. مجلة الاقتصاد و التجارة الدولية. 4, 1(2),