

# आधुनिक कृषि अभियांत्रिकी



भाग 4 अंक 4 | अक्टूबर – दिसंबर 2025

ISSN: 3049-0154 (Online)

## नवीकरणीय ऊर्जा स्थिरता के नये प्रतिमान

भारतीय कृषि अभियंता सोसायटी  
कनेक्टिंग इंजीनियर्स इन एग्रीकल्चर

# BECAUSE REVOLUTIONARY FARMING DESERVES MORE

## Kisan Samridhi Rin



### Cash Credit for Crop Production

- Higher loan limit for modern farming (all costs included)
- Low rate of interest
- Available for all types of farmers



#### Purpose

- Credit needs for scientific/progressive method of farming



#### Eligibility

- Credit score: 650 and above\*
- Land holding:  $\geq 4$  acres or farmer is engaged in scientific farming
- For companies & corporates: Profit earning in last/next 2 years



#### Interest Rate

- Below ₹50 lakhs: 1 year MCLR+1.80%^
- $\geq$  ₹50 lakhs: Based on Credit Risk Assessment



#### Security

- Primary: Crop/asset created out of bank finance
- Collateral: Mortgage of immovable property/agriculture land and/or SARFAESI compliant security and/or liquid securities

\* Deviation in CIC score upto 600 may be allowed.  
^ Maybe reduced.



T & C Apply

# मुख्य संपादक की कलम से



## कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा

कृषि क्षेत्र में नवीकरणीय ऊर्जा एक परिवर्तनकारी शक्ति के रूप में उभर रही है, जो लागत कम करने, उत्पादकता बढ़ाने और पर्यावरणीय प्रभाव को न्यूनतम करने के लिए सुनियोजित समाधान प्रदान करती है। जैसे-जैसे कृषि बढ़ती ईंधन कीमतों, जलवायु परिवर्तन और संसाधनों के कुशल प्रबंधन जैसी चुनौतियों का सामना कर रही है, नवीकरणीय ऊर्जा तकनीकें लचीली और पर्यावरण अनुकूल कृषि प्रणालियों की ओर एक विश्वसनीय मार्ग प्रदान करती हैं।

सौर ऊर्जा कृषि में अपनाई जाने वाली सबसे व्यापक नवीकरणीय ऊर्जा विकल्पों में से एक है। किसान सिंचाई पंपों, प्रकाश प्रणालियों, कोल्ड स्टोरेज इकाइयों और विद्युत बाड़ों को चलाने के लिए सोलर पैनल का उपयोग करते हैं। विशेष रूप से सौर संचालित सिंचाई डीजल और ग्रिड बिजली पर निर्भरता कम करती है, जिससे फसलों की समय पर सिंचाई संभव होती है और संचालन लागत भी घटती है। कई खेत सौर ड्रायरो को भी अपनाते हैं, जिनसे फलों, सब्जियों और अनाज को सुरक्षित रखा जाता है, उनकी शेल्फ लाइफ बढ़ती है और कटाई के बाद होने वाली हानि कम होती है।

पवन ऊर्जा भी विशेषकर खुले या तटीय क्षेत्रों में एक महत्वपूर्ण ऊर्जा स्रोत है। छोटे पवन टरबाइन खेत की विभिन्न गतिविधियों के लिए बिजली उत्पन्न कर सकते हैं या सौर ऊर्जा के साथ मिलकर हाइब्रिड प्रणालियों में उपयोग किए जा सकते हैं। बायोगैस संयंत्र, जो पशु अपशिष्ट, फसल अवशेषों और अन्य जैविक पदार्थों को स्वच्छ ईंधन में परिवर्तित करते हैं, खेतों में तेजी से अपनाए जा रहे हैं। इससे खाना पकाने के लिए गैस, बिजली तथा समृद्ध जैविक खाद उत्पन्न की जाती है। बायोगैस न केवल अपशिष्ट प्रबंधन में सहायक है, अपितु एक चक्रीय (सर्कुलर) कृषि अर्थव्यवस्था को भी बढ़ावा देती है।

जलविद्युत, विशेषकर माइक्रो-हाइडल प्रणालियाँ, उन खेतों के लिए एक विश्वसनीय ऊर्जा स्रोत बनती हैं, जो नालों या बहते जल स्रोतों के पास स्थित होते हैं। इसके अतिरिक्त, बायोमास गैसीफिकेशन और कृषि अवशेषों से जैव-ईंधन उत्पादन जैसी उभरती तकनीकें ग्रामीण ऊर्जा स्वावलंबन के नए अवसर खोलती हैं।

कुल मिलाकर, नवीकरणीय ऊर्जा ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को कम करके, दूरस्थ क्षेत्रों में ऊर्जा उपलब्धता बढ़ाकर, और पारंपरिक जीवाश्म ईंधनों पर निर्भरता घटाकर कृषि को अधिक टिकाऊ बनाती है। नवीकरणीय ऊर्जा समाधानों को अपनाकर किसान अधिक दक्षता, लाभप्रदता और पर्यावरणीय संरक्षण प्राप्त कर सकते हैं, जिससे कृषि का भविष्य और अधिक लचीला और स्थायी बनता है।



*Mauli*

## संपादक-मंडल



**टी. आर. केसवन**  
गुप प्रेसिडेंट, टैफे



**देविन्दर ढींगरा**  
कृषि अभियांत्रिकी प्रभाग, भारतीय कृषि  
अनुसंधान परिषद, नई दिल्ली



**आर.के. श्रीवास्तव**  
स्कासट, जम्मू



**प्रसून वर्मा**  
आईसीएआर. भारतीय दलहन अनुसंधान  
संस्थान, कानपुर



**गोपाल कारपेंटर**  
आईसीएआर-केंद्रीय कृषि अभियांत्रिकी  
संस्थान, भोपाल



**राजेश मोदी**  
आईसीएआर. भारतीय गन्ना अनुसंधान  
संस्थान, लखनऊ



**राकेश कुमार कुशवाहा**  
भाकृअनुप-केंद्रीय कृषि अभियांत्रिकी  
संस्थान, भोपाल

आधुनिक कृषि अभियांत्रिकी का ये संस्करण, इंडियन सोसाइटी ऑफ एग्रीकल्चर इंजीनियर्स की एग्रीकल्चरल इंजीनियरिंग टुडे पत्रिका, भाग 49 अंक 4 का हिंदी अनुवाद है।

(दूरभाष: 011-21520143; ई-मेल: isae1960@gmail.com; वेबसाइट: www.isae.in)

इस प्रकाशन से संबंधित सभी पत्राचार निम्नलिखित पते को संबोधित किये जाएं:

प्रधान संपादक आईटी, इंडियन सोसाइटी ऑफ एग्रीकल्चर इंजीनियर्स, जी-4, ए-ब्लाक (जीएफ),  
नेशनल सोसाइटीज ब्लाक, नेशनल एग्रीकल्चर साइंस सेंटर (एनएएससी) काम्पलेक्स, देव प्रकाश शास्त्री मार्ग, पूसा कैंपस,  
नई दिल्ली- 110012, भारत

ई-मेल: chiefeditoraet@isae.in

लेखकों द्वारा व्यक्त की गई राय एग्रीकल्चर इंजीनियरिंग टुडे या आई.एस.ए.ई की नहीं है।

संशय की स्थिति में "एग्रीकल्चर इंजीनियरिंग टुडे" का अंग्रेजी रूपांतर ही अंतिम मान्य है।

### अंशदान ब्यौरे

	अंतरदेशीय	विदेश
वार्षिक अंशदान	Rs. 3000.00	US\$ 550.00
एक प्रति के लिए	Rs. 900.00	US\$ 200.00
अतिरिक्त डाक और हैंडलिंग शुल्क		
पूरे वर्ष के लिए	Rs. 200.00	US\$ 50.00
एक प्रति के लिए	Rs. 75.00	US\$ 25.00

भुगतान के लिए शुल्क सहित चेक/ड्राफ्ट नई दिल्ली में देय एवं "भारतीय कृषि अभियंता" सोसाइटी के नाम से तैयार करें और उसे महासचिव "इंडियन सोसाइटी ऑफ एग्रीकल्चरल इंजीनियर्स", जी-4, ए-ब्लाक (जीएफ), नेशनल सोसाइटीज ब्लाक, नेशनल एग्रीकल्चरल साइंस सेंटर (नास) कॉम्पलेक्स, देव प्रकाश शास्त्री मार्ग पूसा कैंपस, नई दिल्ली- 110012, भारत को भिजवाएं।

# अन्तर्वस्तु

## आधुनिक कृषि अभियांत्रिकी 4 (4)

- 01** **अध्यक्ष की कलम से**  
2047 तक कृषि यंत्रीकरण को अधिकतम करने के दिशा निर्देश
- 04** पुनर्योजी कृषि: लचीलापन बनाना और हमारा भविष्य सुरक्षित करना  
आर. एस. परोदा
- 11** नवाचार-आधारित विकास का उत्सव: स्कुएस्ट-कश्मीर ने पूरे किए 100 पेटेंट
- 13** भारतीय कृषि का सौर ऊर्जाकरण - कैसे बैंक सौर ऊर्जा को अपनाने में सहायक हैं  
गोविंद नारायण गोयल
- 15** कृषि वृद्धि के लिए नवीकरणीय ऊर्जा: एक नया प्रतिमान  
अशोक कुमार सिंह और श्रीधर पाटिल
- 19** नवीकरणीय ऊर्जा - कृषि के विकास के लिए एक आदर्श  
कर्नल संदीप सिंह (सेवानिवृत्त)
- 23** नीति निर्धारण में प्रोटीन हाइड्रोलोलाइजेट बायोस्टिमुलेंट्स पर विज्ञान का मार्गदर्शन आवश्यक है  
पी.के. चक्रवर्ती
- 27** नवीकरणीय ऊर्जा: कृषि वृद्धि के लिए एक नया प्रतिमान  
प्रोफेसर (डॉ.) अतुल मोहोड
- 29** सौर ऊर्जा आधारित कृषि: भारतीय खेतों में बदलाव, किसानों को सशक्त बनाना  
मनोज के. जैन
- 32** नवीकरणीय ऊर्जा: कृषि में विकास का नया प्रतिमान  
एम. वी. अशोक
- 35** मोरिंगा: स्वास्थ्य और संपदा का वृक्ष  
तुषार रंजन साहू, ए. भास्करन एवं शैक एन. मीरा
- 41** नवीकरणीय ऊर्जा: कृषि विकास के लिए एक नया प्रतिमान  
संदीप सभरवाल
- 43** धूप से लेकर पराली तक - खेत का हर तत्व बन रहा है नई ऊर्जा क्रांति का हिस्सा  
अनुराग सक्सेना और मुस्कान
- 45** विकास के लिए एक नया प्रतिमान  
डा. वी. विजयन
- 47** कृषि यांत्रिकीकरण में कृत्रिम बुद्धिमत्ता, संवेदक एवं रोबोटिकी का उपयोग  
एच. एस. पांडे', श्याम नाथ और मनीष कुमार
- 51** एआई-प्रेरित त्रि-आयामी प्रिंटिंग: डिजिटल विनिर्माण में एक प्रतिमान परिवर्तन  
के. नरसैया और सुश्री शबनम कुमारी
- 55** जैव-कोयले के तिहरे लाभ: जल सुरक्षा, उपज तथा कार्बन संचयन  
अभिषेक पटेल
- 58** भारत के लघु किसानों द्वारा अनाज फसलों की खेती की आर्थिक व्यवहार्यता में नवीकरणीय ऊर्जा की भूमिका  
इंदीवर कृष्णा
- 61** नवीकरणीय ऊर्जा - कृषि में विकास का नया प्रतिमान  
किशन करुणाकरण
- 63** नवीकरणीय ऊर्जा: कृषि विकास के लिए एक नया दृष्टिकोण  
प्रणव नाथ
- 65** कृषि और सिंचाई क्षेत्र में अभिवृद्धि का नया प्रतिमान: नवीकरणीय ऊर्जा  
अजय सिंह
- 67** भारत के अगले-पीढ़ी के खाद्य प्रणाली का निर्माण  
स्मिता सिरोही एवं पवन अग्रवाल

## नवीकरणीय ऊर्जा: भारतीय कृषि के विकास के लिए एक नया दृष्टिकोण

डॉ. एस. एन. झा

अध्यक्ष, भारतीय कृषि अभियंता सोसायटी (आईएसएई) एवं उप महानिदेशक (कृषि इंजीनियरिंग), भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (आईसीएआर), नई दिल्ली

कृषि ऐतिहासिक रूप से भारतीय अर्थव्यवस्था की रीढ़ रही है, जो लगभग आधी जनसंख्या की आजीविका का समर्थन करती है और राष्ट्रीय खाद्य सुरक्षा में महत्वपूर्ण योगदान देती है। दशकों से यह क्षेत्र लगातार चुनौतियों, जैसे-अनियमित मानसून, घटता भूजल स्तर, बढ़ती इनपुट लागत, डीजल निर्भरता, कटाई-पशुचात हानियाँ, और जलवायु परिवर्तन का बढ़ता खतरा आदि का सामना कर रहा है। जैसे-जैसे भारत सतत और समावेशी विकास की ओर अग्रसर हो रहा है, नवीकरणीय ऊर्जा एक रूपांतरकारी शक्ति के रूप में उभरी है, जो कृषि परिदृश्य को पुनः आकार देने में सक्षम है। स्वच्छ और हरित ऊर्जा तकनीकों का एकीकरण एक नए दृष्टिकोण को जन्म देता है, जो उत्पादकता बढ़ाता है, लागत कम करता है, किसानों को सशक्त बनाता है और पर्यावरणीय अनिश्चितताओं के अनुसार सहनशीलता विकसित करता है।

### कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा की ओर संक्रमण की आवश्यकता

भारत की कृषि लंबे समय से ऊर्जा-गहन रही है, जो पारंपरिक जीवाश्म ईंधन और सब्सिडी प्राप्त बिजली पर अत्यधिक निर्भर है। डीजल चालित पंप, ट्रैक्टर और जनरेटर उत्पादन लागत बढ़ाते हैं और ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में योगदान करते हैं। सिंचाई के लिए बिजली कई क्षेत्रों में अपर्याप्त है, और उपलब्ध होने पर भी अक्सर अविश्वसनीय होती है। ये प्रणालीगत कमजोरियाँ किसानों



को बाजार और जलवायु परिवर्तन दोनों के प्रति संवेदनशील बनाती हैं।

जलवायु परिवर्तन इन चुनौतियों को और बढ़ा देता है। बढ़ते तापमान, अप्रत्याशित वर्षा और चरम मौसम की घटनाएँ फसल उपज और मिट्टी की गुणवत्ता को खतरे में डालती हैं।

इसलिए, नवीकरणीय ऊर्जा, सौर, पवन, बायोमास, बायोगैस, लघु जल और उभरती तकनीकों की ओर संक्रमण (प्रस्थान) न केवल इन जोखिमों को कम करने का मार्ग प्रस्तुत करता है, बल्कि कृषि आधुनिकीकरण को भी गति प्रदान करता है।

सौर ऊर्जा: सिंचाई और खेत में ऊर्जा (ऑन-फार्म) आवश्यकताओं में क्रांति नवीकरणीय स्रोतों में, सौर ऊर्जा सबसे व्यापक और किसान-मित्रतापूर्ण समाधान के रूप में उभरी है। भारत में प्रचुर मात्रा में सूर्य का प्रकाश सौर सिंचाई पंपों (चित्र 1) को डीजल और ग्रिड-आधारित पंपों के लिए एक आकर्षक विकल्प बनाता है। सौर पंप:

- ग्रिड उपलब्धता पर आधारित होने के बजाय विश्वसनीय दिनभर ऊर्जा प्रदान करता है
- बार-बार होने वाले ईंधन खर्च को कम करता है
- सटीक और समय पर सिंचाई संभव करता है
- ड्रिप और स्प्रींकलर जैसी सूक्ष्म-सिंचाई प्रणालियों का समर्थन करता है

प्रधानमंत्री-कुसुम जैसी सरकारी योजनाएँ लाखों पंपों को सौर ऊर्जा से संचालित करने का लक्ष्य रखती हैं, जिससे किसान न केवल प्रभावी सिंचाई कर सकते हैं बल्कि अतिरिक्त बिजली को ग्रिड में बेचकर “ऊर्जा उत्पादक” बन सकते हैं। कृषि क्षेत्र में फोटोवोल्टाइक प्रणाली (चित्र 2)। यह बदलाव आय बढ़ाता है और राज्य सरकारों पर बिजली सब्सिडी का बोझ कम करता है।

सौर ऊर्जा संचालित ठंड भंडारण इकाइयाँ, ड्रायर और प्रसंस्करण प्रणालियाँ कटाई-

पशुचारा की हानियों को कम करती है और कृषि उत्पादों में मूल्य संवर्धन करती है। दूरस्थ क्षेत्रों में जहाँ ग्रिड कनेक्टिविटी कमजोर है, विकेन्द्रीकृत सौर प्रणाली पंखी पालन, डेयरी और जल कृषि जैसी आवश्यक गतिविधियों के लिए ऊर्जा उपलब्धता सुनिश्चित करती है।

## बायोमास और जैव ऊर्जा: कृषि अपशिष्ट को संपत्ति में बदलना

भारत में विशाल मात्रा में कृषि अवशेष उत्पन्न होते हैं, जैसे खरपतवार, भूसी, तिनका, कपास की डंडी, गन्ना बागास आदि जो पारंपरिक रूप से अप्रयुक्त रहते हैं या जलाए जाते हैं, जिससे गंभीर वायु प्रदूषण और कार्बन उत्सर्जन होता है। जैव ऊर्जा तकनीकों इस अपशिष्ट को उपयोगी ऊर्जा रूपों में परिवर्तित करती हैं:

- बायोगैस संयंत्र पशु गोबर और जैविक अपशिष्ट सहित धान के तिनके (चित्र 3) को स्वच्छ रसोई ईंधन और पोषक तत्व युक्त स्लरी में बदलता है।
- बायोमास गैसीफायर ग्रामीण कृषि-प्रसंस्करण गतिविधियों जैसे चक्की, तेल निष्कर्षण और खाद्य पैकेजिंग के लिए बिजली उत्पन्न करता है।
- बायोएथेनॉल और बायोडीजल उत्पादन किसानों को ऊर्जा फसलों और अवशेषों से नए आय स्रोत प्रदान करता है।

ये समाधान अपशिष्ट-से-ऊर्जा मार्ग को बढ़ावा देते हैं और ग्रामीण ऊर्जा आत्मनिर्भरता को मजबूत करते हैं। इसके अतिरिक्त, बायोगैस प्रणालियों का डेयरी और पशुपालन के साथ एकीकरण वृत्ताकार, कम लागत वाले और पर्यावरण-संगत कृषि मॉडल तैयार करता है। भारतीय रसोई को ईंधन देने के लिए बायोगैस की बोटलिंग एलपीजी जैसी प्रणाली में आ रही है।

## पवन और लघु जलविद्युत: ग्रामीण क्षेत्रों के लिए विशेष अवसर

जहाँ सौर और बायोमास कृषि ऊर्जा परिदृश्य में प्रमुख हैं, वहीं पवन और सूक्ष्म-जलविद्युत कुछ विशेष भौगोलिक क्षेत्रों में आशाजनक हैं। तटीय क्षेत्र, पहाड़ी क्षेत्र और प्रायद्वीपीय भारत के कुछ हिस्सों में छोटे



चित्र 1: एग्री फील्ड में सौर ऊर्जा संचालित सिंचाई

पैमाने के टरबाइन के लिए उपयुक्त पवन गति पाई जाती है। ये कृषि कार्यों, जल पंपिंग और सूक्ष्म-उद्योगों को ऊर्जा प्रदान कर सकते हैं।

लघु-जलविद्युत प्रणालियाँ, विशेष रूप से हिमालयी और पूर्वोत्तर राज्यों में, विश्वसनीय और कम रखरखाव वाली ऊर्जा प्रदान करती हैं। ये विकेन्द्रीकृत प्रणालियाँ बड़े यूटिलिटी संसाधनों पर निर्भरता कम करती हैं और पूरे कृषि समुदायों को सिंचाई सुविधाएँ, प्रसंस्करण इकाइयाँ और भंडारण अवसंरचना स्थायी रूप से संचालित करने में सक्षम बनाती हैं।

## कृषि उत्पादकता को नवीकरणीय ऊर्जा के माध्यम से बढ़ाना

### नवीकरणीय ऊर्जा कृषि उत्पादकता को कई तरीकों से सुधारती है:

- समय पर सिंचाई से फसल की पैदावार बढ़ती है और बहुफसली प्रणाली को समर्थन मिलता है।
- सस्ती बिजली से संचालन लागत घटती

है, जिससे लाभप्रदता बढ़ती है।

- विश्वसनीय बिजली से स्वचालन और यांत्रिकीकरण संभव होता है, जो सटीक कृषि को सक्षम बनाता है।
- सौर ग्रीनहाउस और जलवायु-नियंत्रित पॉलीहाउस से उच्च मूल्य वाली फसलों की वर्ष भर खेती संभव होती है।

छोटे और सीमांत किसानों के लिए, नवीकरणीय ऊर्जा तकनीक तक पहुंच को लोकतांत्रिक बनाती है, जो पहले ऊर्जा की सीमाओं के कारण असाध्य थी।

## नवीकरणीय ऊर्जा और जलवायु-अनुकूल कृषि

जलवायु सहनशीलता भारतीय कृषि के भविष्य के लिए प्रमुख (केंद्रीय) है। नवीकरणीय ऊर्जा सहनशीलता को इस प्रकार मजबूत करती है:

- सौर-संचालित सिंचाई के माध्यम से वर्षा पर निर्भरता कम करना
- डीजल उपयोग से कार्बन उत्सर्जन



चित्र 2: फोटोवोल्टाइक प्रणाली



चित्र 3: धान का तिनका (पैडी स्ट्रॉ)

- घटाना
- जैविक खेती और शून्य-बजट प्राकृतिक खेती जैसी सतत प्रथाओं का समर्थन करना
- दूरसंचार संवेदन, आईओटी आधारित सिंचाई और मौसम-सूचित फसल प्रबंधन जैसी जलवायु-स्मार्ट तकनीकों को सक्षम बनाना
- जल-उपयोग की दक्षता बढ़ाकर और पर्यावरणीय प्रभाव कम करके, नवीकरणीय ऊर्जा कृषि पारिस्थितिकी तंत्र की दीर्घकालिक स्थिरता को मजबूत करके।

### ग्रामीण भारत के लिए सामाजिक-आर्थिक लाभ

नवीकरणीय ऊर्जा को अपनाने से व्यापक सामाजिक-आर्थिक लाभ उत्पन्न होते हैं:

- कम इनपुट लागत और अतिरिक्त बिजली बेचने के अवसरों के माध्यम से किसानों की आय बढ़ाना
- नवीकरणीय प्रणाली की स्थापना, संचालन और रखरखाव में ग्रामीण रोजगार सृजन
- कृषि और घरेलू गतिविधियों में सहजता बढ़ने से महिलाओं का सशक्तिकरण
- सौर-संचालित मिल, खाद्य प्रसंस्करण इकाइयां और कोल्ड-चेन सिस्टम जैसी ग्रामीण उद्यमिता का विकास

इस प्रकार, नवीकरणीय ऊर्जा केवल वैकल्पिक बिजली स्रोत नहीं बल्कि समग्र ग्रामीण विकास का एक प्रेरक तत्व बन जाती है।

### नीति समर्थन एवं भावी राह

भारत ने पहले ही पीएम-कुसुम, राष्ट्रीय सौर मिशन और विभिन्न राज्य-स्तरीय पहलों जैसे सहायक नीतियों के माध्यम से महत्वपूर्ण प्रगति की है। हालांकि, कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा की पूरी क्षमता का उपयोग करने के लिए और कदम उठाने की आवश्यकता है:

- छोटे और सीमांत किसानों के लिए वित्तीय विकल्पों का विस्तार
- नवीकरणीय घटकों के स्थानीय निर्माण को मजबूत करना
- बड़े पैमाने पर अपनाने के लिए किसान सहकारी समितियों और एफपीओ को बढ़ावा देना
- डिजिटल कृषि और सटीक खेती के साथ नवीकरणीय ऊर्जा का समेकन
- क्षेत्र-विशिष्ट नवीकरणीय ऊर्जा मॉडल का विकास
- ग्रामीण भारत में कृषि इंजीनियरों और डिप्लोमा धारकों को नियुक्त कर किसानों के द्वार पर मरम्मत, रखरखाव और प्रशिक्षण सेवाएं प्रदान करना

सार्वजनिक-निजी भागीदारी और सामुदायिक आधारित क्रियान्वयन यह सुनिश्चित कर सकते हैं कि नवीकरणीय ऊर्जा समाधान समान और कुशल हों।

**निष्कर्षतः**, नवीकरणीय ऊर्जा भारतीय कृषि के विकास के लिए एक परिवर्तनकारी दृष्टिकोण प्रस्तुत करती है। यह लंबे समय से चली आ रही चुनौतियों जैसे ऊर्जा की उपलब्धता, सिंचाई की विश्वसनीयता, बढ़ती लागत और जलवायु संवेदनशीलता का समाधान करती है, जबकि आय और नवाचार के नए अवसर भी खोलती है। जब हमारा भारत देश स्थिरता, खाद्य सुरक्षा और ग्रामीण समृद्धि के अपने लक्ष्यों की ओर बढ़ रहा है, तो नवीकरणीय ऊर्जा और कृषि का मेल एक शक्तिशाली उत्प्रेरक के रूप में उभरता है। किसानों को स्वच्छ, सस्ती और विश्वसनीय ऊर्जा के साथ सशक्त बनाकर, भारत न केवल कृषि का आधुनिकीकरण कर रहा है बल्कि एक लचीला और भविष्योन्मुखी कृषि अर्थव्यवस्था भी तैयार कर रहा है।



# पुनर्योजी कृषि: लचीलापन बनाना और हमारा भविष्य सुरक्षित करना



आर. एस. परोदा

ट्रस्ट फॉर द एडवांसमेंट ऑफ एग्रीकल्चरल साइंसेज

## परिचय

आज कृषि अनेक गंभीर चुनौतियों का सामना कर रही है, इनमें बढ़ती जनसंख्या का सीमित प्राकृतिक संसाधनों पर दबाव, मृदा स्वास्थ्य में गिरावट, जल की कमी, और जलवायु परिवर्तन का बढ़ता प्रभाव सम्मिलित हैं। वर्तमान खेती प्रणालियाँ भविष्य की खाद्य मांग को पूरा करने के दबाव में हैं, वह भी बिना मिट्टी और पर्यावरणीय स्वास्थ्य को हानि पहुँचाए।

अवैज्ञानिक खेती और पशुपालन प्रथाएँ, रासायनिक उर्वरकों एवं कीटनाशकों का असंतुलित और अत्यधिक उपयोग, तथा मृदा क्षरण, ये सभी ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में वृद्धि कर रहे हैं (टीएएस, 2021)। इसलिए खाद्य उत्पादन में एक

परिवर्तनकारी दृष्टिकोण की आवश्यकता आज पहले से अधिक है।

पुनर्योजी कृषि एक ऐसा समाधान प्रस्तुत करती है, जो प्रकृति के साथ मिलकर काम करती है, पारिस्थितिक तंत्रों को पुनर्स्थापित करती है और मिट्टी के स्वास्थ्य का पुनर्निर्माण करते हुए जलवायु परिवर्तन से मुकाबला करने में सहायतासहायता करती है (खंगुरा एवं अन्य, चैधरी एवं अन्य, 2024)।

पारंपरिक प्रथाओं के विपरीत, जो भूमि को कमजोर करती हैं, पुनर्योजी कृषि इस सिद्धांत पर आधारित है कि कृषि प्रथाएँ पारिस्थितिकी तंत्र के उपचार और पुनर्स्थापन का साधन होनी चाहिए, न कि प्राकृतिक संसाधनों के दोहन का। यह

समग्र दृष्टिकोण न केवल मृदा स्वास्थ्य को पुनर्जीवित करने का लक्ष्य रखता है, बल्कि जैव-विविधता को बढ़ाने, जल धारण क्षमता सुधारने और जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को कम करने में भी सहायक है।

इस लेख में पुनर्योजी कृषि के वास्तविक अनुप्रयोगों और लाभों की समीक्षा, इन पद्धतियों की ओर स्थानांतरण में आने वाली चुनौतियों की चर्चा, और एक अधिक सतत, लचीली और उत्पादक खाद्य प्रणाली बनाने में पुनर्योजी कृषि की संभावनाओं का विप्लेशन किया गया है।

## पुनर्योजी कृषि क्या है?

मूल रूप से, पुनर्योजी कृषि एक ऐसी कृषि प्रणाली है, जो मृदा को पुनर्जीवित

करने और पारिस्थितिक संतुलन बहाल करने पर केंद्रित है।

पारंपरिक कृषि प्रायः अत्यधिक जोताई, रसायनों के अतिप्रयोग और एकल-फसल प्रणाली के माध्यम से मिट्टी को हानि पहुँचाती है, जबकि पुनर्योजी कृषि प्रकृति के साथ तालमेल में काम करती है। इसका उद्देश्य-मृदा स्वास्थ्य सुधारना, जैव-विविधता बढ़ाना, और मिट्टी में कार्बन का अवशोषण बढ़ाना, इन सभी के माध्यम से दीर्घकालिक पारिस्थितिक लाभ प्राप्त करना है (टीएस, 2021)। पुनर्योजी कृषि उन प्रथाओं पर जोर देती है जो दीर्घकालिक मृदा उर्वरता और पारिस्थितिकी तंत्र के स्वास्थ्य का निर्माण करती हैं। पुनर्योजी कृषि का ढाँचा, जिसमें सिद्धांत, प्रथाएँ, लाभ और परिचालन सूक्ष्मजीव तंत्र सम्मिलित हैं, तालिका 1 में दिया गया है।

### पुनर्योजी कृषि की उत्पत्ति

पुनर्योजी कृषि की अवधारणा सबसे पहले 1980 के दशक की शुरुआत में रोडेल इंस्टीट्यूट द्वारा प्रस्तुत की गई थी। इसे ऐसी कृषि प्रणाली के रूप में परिभाषित किया गया जो केवल 'सस्टेनेबिलिटी' यानी वर्तमान स्थिति को बनाए रखने से आगे बढ़कर पारिस्थितिक तंत्र को लगातार पुनर्स्थापित, नवीनीकृत और पुनर्जीवित करे। 1987 और 1988 में रोडेल प्रेस द्वारा प्रकाशित दस्तावेजों ने इस अवधारणा की नींव रखी और समझाया कि पुनर्योजी कृषि का लक्ष्य केवल उत्पादकता बनाए रखना नहीं, बल्कि मिट्टी की उर्वरता, जैव विविधता और पारिस्थितिक लचीलापन में लगातार सुधार करना है (टेलर एवं अन्य, 2025)। रॉबर्ट रोडेल ने तर्क दिया कि कृषि में 'सस्टेनेबिलिटी' का प्रचलित विचार सीमित है, क्योंकि यह केवल यथास्थिति को बनाए रखने का संकेत देता है, न कि पारिस्थितिक और सामाजिक प्रणालियों को पुनर्स्थापित या बेहतर

तालिका 1: पुनर्योजी कृषि फ्रेमवर्क

आरए सिद्धांत	आरए प्रथाएँ	आरए लाभ	सूक्ष्मजीवी तंत्र
मृदा विक्षोभ को न्यूनतम करना	बिना जुताई/न्यूनतम जुताई	जैसे: • मृदा कार्बन में वृद्धि • सूक्ष्मजीवी कार्य एवं पोषक चक्रण में वृद्धि • मृदा नमी में सुधार • कीट एवं रोगों के प्रति अधिक लचीलापन	द्रव कार्बन मार्ग
मृदा को ढका रखना	अवशेष/ढूँठ संरक्षण	-	पानी और खनिजों का बेहतर अवशोषण
पूरे वर्ष जीवित जड़ों को बनाए रखना	विविध फसल चक्रण	-	मृदा संकुलन, पौध वृद्धि और प्रकाश संश्लेषण में सुधार
विविधता को बढ़ावा देना	बहु-प्रजातीय कवर फसले	-	-
पशुधन का एकीकरण	इंटरक्रॉपिंग	-	-
	कम्पोस्टिंग और बायो-स्टिमुलेंट का उपयोग	पोषक तत्वों से भरपूर भोजन	-
	घूर्णन चराई	ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में कमी	-
	कृत्रिम इनपुट को कम करना	-	-

बनाने का। इसके विपरीत, पुनर्योजी कृषि को एक गतिशील और अग्रगामी दृष्टिकोण के रूप में कल्पना किया गया था, जो निरंतर सुधार की प्रक्रिया के माध्यम से कृषि-परितंत्र की गुणवत्ता को बढ़ाता है (टिण्डवा एवं अन्य, 2024)। यद्यपि कि यह शब्द 1980 के दशक के अंत में मुख्यधारा के उपयोग से धीरे-धीरे गायब हो गया, किन्तु 2014 में रोडेल इंस्टीट्यूट द्वारा प्रकाशित 'रिजेनेरेटिव ऑर्गेनिक एग्रीकल्चर एंड क्लाइमेट चेंज' नामक श्वेत-पत्र के बाद इसे फिर से प्रमुखता मिली। इस महत्वपूर्ण अभिलेख ने पुनर्योजी कृषि को जलवायु परिवर्तन को कम करने की एक प्रमुख रणनीति के रूप में प्रस्तुत किया। इसमें विविध फसल चक्रण, जैविक खाद और कम्पोस्ट का उपयोग, कवर क्रॉपिंग, जुताई में कमी,

तथा अन्य जैविक प्रबंधन पद्धतियों जैसी प्रथाओं का वर्णन किया गया है। ये सभी प्रथाएँ सामूहिक रूप से कार्बन अवशोषण बढ़ाती हैं, पोषक तत्व चक्रण में सुधार करती हैं, मिट्टी में सूक्ष्मजीव गतिविधि को प्रोत्साहित करती हैं, और जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के प्रति कृषि प्रणालियों को अधिक लचीला बनाती हैं। इन पुनर्योजी विधियों के समेकित उपयोग से कृषि प्रणाली न केवल पर्यावरणीय स्थिरता बल्कि जलवायु अनुकूलन दोनों लक्ष्यों में महत्वपूर्ण योगदान दे सकती है।

### पुनर्योजी कृषि की वर्तमान स्थिति

समकालीन परिप्रेक्ष्य में, पुनर्योजी कृषि सतत कृषि तीव्रीकरण तथा जलवायु-लचीले कृषि प्रणालियों के लिए वैश्विक स्तर पर मान्यता प्राप्त एक रूपरेखा के

रूप में विकसित हो चुकी है। कई संस्थान और संगठन विभिन्न कृषि-परिस्थितिक तंत्रों में इसके अपनाने को बढ़ावा दे रहे हैं: सेवरी इंस्टीट्यूट, जिसकी स्थापना एलन सेवरी ने की थी, समग्र प्रबंधन के सिद्धांतों को आगे बढ़ा रहा है, विशेषकर बड़े पैमाने के चरागाह प्रणालियों पर ध्यान देते हुए। इसका दृष्टिकोण नियंत्रित पशुपालन, अवनत हुई चरागाह भूमि का पुनर्स्थापन, और मिट्टी में कार्बन संचयन तथा जल धारण क्षमता में सुधार के माध्यम से मरुस्थलीकरण को रोकने पर केंद्रित है।

किस द ग्राउंड, एक गैर-लाभकारी संगठन, शैक्षणिक कार्यक्रमों, मीडिया अभियानों, किसान सहायता नेटवर्क और नीतिगत वकालत के माध्यम से पुनर्योजी कृषि की लोकप्रियता बढ़ाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहा है। इसके मिशन का मुख्य उद्देश्य मिट्टी के कार्बनिक पदार्थ में वृद्धि, मिट्टी में कार्बन भंडारण को बढ़ाना, और किसानों की आजीविका को अधिक लचीला बनाना है।

भारत में, पुनर्योजी कृषि को नीतिगत ढाँचों और विकास कार्यक्रमों में तेजी से सम्मिलित किया जा रहा है। केंद्र और राज्य सरकारें ऐसे कार्यक्रमों को बढ़ावा दे रही हैं जिनका उद्देश्य रासायनिक उर्वरकों और कीटनाशकों पर निर्भरता कम करना, कृषि लागत घटाना और दीर्घकालिक मिट्टी की उर्वरता को बढ़ाना है। इन नीतियों में जैविक संशोधनों, बायोफर्टिलाइजर, फसल विविधीकरण, एकीकृत पोषक तत्व प्रबंधन और पारिस्थितिक कीट नियंत्रण (टीएएस, 2021) पर विशेष बल दिया गया है।

समग्र लक्ष्य पारंपरिक उच्च-इनपुट कृषि प्रणालियों को कम-इनपुट, जलवायु-स्मार्ट और संसाधन-कुशल उत्पादन प्रणालियों में बदलना है, जो खाद्य सुरक्षा, पर्यावरणीय स्थिरता और कृषि

लाभप्रदता सुनिश्चित कर सकें। पुनर्योजी कृषि अब एक बहु-कार्यात्मक प्रतिमान के रूप में उभर चुकी है, जो मिट्टी के क्षरण, जैव विविधता ह्रास, ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन, और ग्रामीण आजीविका की संवेदनशीलता जैसी समस्याओं का समाधान करते हुए सतत विकास और जलवायु लचीलापन के वैश्विक एजेंडा में महत्वपूर्ण योगदान देती है।

### पुनर्योजी कृषि के सिद्धांत

पुनर्योजी कृषि के मूल सिद्धांत मिट्टी के पोषण, जैव विविधता को बढ़ाने और ऐसे प्रणालियों की स्थापना पर केंद्रित हैं जो पर्यावरणीय एवं सामाजिक दोनों स्तरों पर स्थिरता को बढ़ावा देते हैं।

#### 1. मिट्टी को न्यूनतम बाधित करना

पारंपरिक खेती में, जुताई का उपयोग प्रायः फसल बोनो के लिए भूमि तैयार करने हेतु किया जाता है। यह अभ्यास मिट्टी की संरचना को प्रभावित करता है, लाभकारी सूक्ष्मजीवों को नष्ट करता है और वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड छोड़ता है। पुनर्योजी कृषि का एक प्रमुख सिद्धांत है मिट्टी को यथासंभव कम बाधित करना (टीएएस, 2021)। नो-टिल या लो-टिल खेती जैसे अभ्यास मिट्टी को कम से कम उद्वेलित करते हैं, जिससे कई लाभ मिलते हैं: मिट्टी की संरचना का संरक्षण, कार्बन का अधिक संचयन, जल धारण क्षमता में सुधार, मिट्टी में रहने वाले जीवों (केंचुए, फफूंद, बैक्टीरिया) के लिए अनुकूल आवास, ये जीव जैविक पदार्थ को विघटित करने, पोषक तत्वों का चक्रण करने और मिट्टी की संरचना में सुधार करने में सहायता करते हैं (डेविस व अन्य, 2025)। मिट्टी को कम बाधित रखने से मिट्टी के कार्बनिक पदार्थ में वृद्धि होती है, जिससे उसकी संरचना, जल भंडारण क्षमता और पोषक तत्वों का संचयन बेहतर होता है। स्वस्थ मिट्टी कार्बन को संचय करके जलवायु परिवर्तन को कम करने में भी महत्वपूर्ण

भूमिका निभाती है।

#### 2. फसल विविधता को अधिकतम करना

एक ही फसल को लगातार उगाना कुछ सीमा तक दक्षता बढ़ा सकता है, किन्तु इससे मिट्टी के पोषक तत्व घटते हैं, कीटों और बीमारियों का प्रकोप बढ़ता है, और समय के साथ खेती अस्थिर हो जाती है। पुनर्योजी कृषि फसल विविधता को बढ़ावा देती है, जो मिट्टी और आसपास के पारिस्थितिकी तंत्र के स्वास्थ्य के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है। फसल विविधीकरण निम्न विधियों से प्राप्त किया जा सकता है: फसल चक्रीकरण: कई मौसमों में एक निश्चित क्रम में विभिन्न फसलों को उगाना। बहुफसली खेती अर्थात् एक साथ कई फसलों को उगाना, जिससे जैव विविधता और मिट्टी का स्वास्थ्य बढ़ता है (टीएएस, 2021)। उदाहरण के लिए, दालें, अनाज और कंद फसलों का मिश्रण उगाने से अलग-अलग प्रकार के पोषक तत्व और जड़ संरचनाएँ मिलती हैं, जो मिट्टी को समृद्ध करती हैं और लाभकारी जीवों के लिए बेहतर वातावरण बनाती हैं। फसल विविधता को एग्रोफॉरेस्ट्री के माध्यम से भी बढ़ाया जा सकता है, जिसमें खेती प्रणालियों में पेड़ों को सम्मिलित किया जाता है। पेड़ मिट्टी कटाव को रोकते हैं, जल धारण क्षमता बढ़ाते हैं और वन्यजीवों के लिए आवास प्रदान करते हैं। विभिन्न प्रजातियों और पौधों को सम्मिलित करके, किसान परागण, कीट नियंत्रण और अन्य पारिस्थितिक सेवाओं को बढ़ा सकते हैं।

#### 3. वर्ष भर जीवित जड़ों को बनाए रखना

मिट्टी का स्वास्थ्य जीवित जड़ों की उपस्थिति से घनिष्ठ रूप से जुड़ा होता है (टीएएस, 2021)। पारंपरिक खेती में, मौसमों के बीच खेतों को खाली छोड़ दिया जाता है, जिससे मिट्टी कटाव, पोषक तत्वों की कमी और कार्बनिक पदार्थ का

ह्रास होता है। पुनर्योजी कृषि खेतों में वर्ष भर जीवित जड़ों को बनाए रखने को प्रोत्साहित करती है। यह निम्न विधियों से किया जा सकता है, कवर फसलें उगाना, ऐसी फसलें जो ऑफ-सीजन में मिट्टी को ढकने के लिए उगाई जाती हैं। दालों, घासों और ब्रासिका जैसी कवर फसलें: मिट्टी की संरचना बनाए रखने, कटाव रोकने, और जैविक पदार्थ प्रदान करने में सहायता करती हैं। कई कवर फसलें नाइट्रोजन-संवर्धक भी होती हैं, जो मिट्टी में महत्वपूर्ण पोषक तत्वों की पूर्ति करती हैं और रासायनिक उर्वरकों की आवश्यकता को कम करती हैं।

### 3. मिट्टी को ढका रखना

पारंपरिक खेती में मिट्टी कटाव एक गंभीर चुनौती है, विशेषकर उन क्षेत्रों में जहाँ हवा और पानी से कटाव अधिक होता है। पुनर्योजी कृषि में एक प्रमुख सिद्धांत है मिट्टी को हमेशा ढका रखना। इसे निम्न विधियों से किया जा सकता है: कवर फसलें उगाकर, या फसल अवशेष (जैसे भूसा या पत्तियाँ) मिट्टी की सतह पर छोड़कर, मिट्टी को ढका रखने के लाभ (टीएएस, 2021, चौधरी एवं अन्य, 2024), मिट्टी कटाव रोकना, मिट्टी में नमी संरक्षित करना (सिंचाई की आवश्यकता कम होती है), जैविक अवशेषों का विघटन, जो मिट्टी को पोषक तत्व प्रदान करता है और उसकी संरचना सुधारता है।

### 4. पशुओं का एकीकरण

औद्योगिक कृषि में प्रायः फसल उत्पादन और पशुपालन को अलग रखा जाता है, जबकि पुनर्योजी कृषि में पशुओं को खेतों में सम्मिलित करने पर जोर दिया जाता है। सही विधि से प्रबंधित पशुधन: रोटेशनल ग्रेजिंग के माध्यम से पोषक तत्वों का पुनर्चक्रण करते हैं, खरपतवार नियंत्रित करते हैं, और गोबर के समान वितरण द्वारा मिट्टी की उर्वरता बढ़ाते हैं (डेविस एवं अन्य, 2023)। पशुधन



जैविक पदार्थों को तोड़कर मिट्टी की संरचना और पोषक चक्रण को सुधारते हैं। इसके अलावा, वे खेती प्रणाली में विविधता जोड़ते हैं, जिससे खेत जलवायु परिवर्तन और बाजार के उतार-चढ़ाव के प्रति अधिक लचीला बनता है।

### पुनर्योजी कृषि के लाभ

पुनर्योजी कृषि के लाभ केवल खेत तक सीमित नहीं हैं, बल्कि यह वैश्विक पारिस्थितिकी तंत्र और समाज पर भी सकारात्मक प्रभाव डालने की क्षमता रखती है। इसके प्रमुख लाभ निम्नलिखित हैं:

#### 1. मिट्टी के स्वास्थ्य में सुधार

पुनर्योजी कृषि का मुख्य उद्देश्य मिट्टी के स्वास्थ्य का पुनर्निर्माण करना है जिसमें जैविक पदार्थ बढ़ाना, मिट्टी की संरचना सुधारना और जैव विविधता को बढ़ावा देना सम्मिलित है (टीएएस, 2021)। स्वस्थ मिट्टियाँ सूखे और बाढ़ जैसी पर्यावरणीय चुनौतियों का बेहतर सामना कर सकती हैं। ये अधिक कार्बन संग्रहित

करती हैं, जिससे जलवायु परिवर्तन कम करने में सहायता मिलती है। जैसे-जैसे मिट्टी का स्वास्थ्य सुधरता है, वह पानी और पोषक तत्वों को बेहतर विधि से धारण करती है, जिससे फसल उत्पादन में वृद्धि होती है (चौधरी एवं अन्य, 2024)। समय के साथ कवर क्रॉपिंग, फसल चक्रीकरण, कम जोताई और कम्पोस्ट के उपयोग जैसे उपाय मिट्टी को अधिक उपजाऊ, अधिक जैव विविध और दीर्घकालिक रूप से टिकाऊ बना देते हैं।

#### 2. कार्बन अवशोषण द्वारा जलवायु परिवर्तन में कमी

पुनर्योजी कृषि का एक प्रमुख पर्यावरणीय लाभ वातावरण से कार्बन अवशोषित करने की क्षमता है। नो-टिल खेती, एग्रोफॉरेस्ट्री, और कवर क्रॉपिंग जैसी प्रथाएँ वातावरण से कार्बन डाइऑक्साइड को मिट्टी में संग्रहित करने में सहायता करती हैं (टीएएस, 2021, चौधरी एवं अन्य, 2024)। मिट्टी एक विशाल कार्बन सिंक है, और इसका स्वास्थ्य



सुधारने से वैश्विक तापन को कम करने में सहायतासहायता मिलती है। इसके अलावा, पुनर्योजी कृषि रासायनिक उर्वरकों और जीवाश्म ईंधनों पर निर्भरता कम करती है, जिससे ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में भी कमी आती है।

### 3. जैव विविधता में वृद्धि

फसल विविधता, एग्रोफॉरेस्ट्री और पशुधन के एकीकरण से पुनर्योजी कृषि मिट्टी के ऊपर और भीतर दोनों स्तरों पर जैव विविधता को बढ़ावा देती है। विविध पारिस्थितिकी तंत्र कीटों, बीमारियों और पर्यावरणीय उतार-चढ़ाव का बेहतर सामना कर सकता है (टीएएस, 2021)। जैव विविधता महत्वपूर्ण पारिस्थितिक सेवाएँ प्रदान करती है, जैसे, परागण, कीट नियंत्रण, पोषक चक्रण।

विभिन्न पौधों और पशुओं को सम्मिलित करके, पुनर्योजी खेत वन्यजीवों, लाभकारी कीड़ों और सूक्ष्मजीवों के लिए समृद्ध आवास तैयार करते हैं, जिससे पूरा पारिस्थितिकी तंत्र स्वस्थ रहता है।

### 4. जल प्रबंधन में सुधार

पुनर्योजी कृषि मिट्टी की जल धारण क्षमता को बढ़ाती है, जिससे सिंचाई की आवश्यकता कम हो जाती है। जैविक पदार्थ बढ़ाने, जीवित जड़ों को बनाए रखने और कवर फसलें उगाने से मिट्टी अधिक पानी सोख सकती है और उसे लंबे समय तक रोक सकती है। इससे पानी का बहाव कम होता है, जल भराव और कटाव का जोखिम घटता है, और सूखे की स्थिति में पानी का उपयोग अधिक कुशल बनता है। सूखा-प्रवण

क्षेत्रों में ये उपाय किसानों के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण हैं।

### 5. किसानों के लिए आर्थिक स्थिरता

पुनर्योजी कृषि किसानों को दीर्घकालिक आर्थिक लाभ प्रदान करती है। यद्यपि कि आरंभ में कुछ निवेश अधिक हो सकता है, किन्तु समय के साथ यह लागत कम हो जाती है क्योंकि रासायनिक उर्वरकों और कीटनाशकों की आवश्यकता घटती है, मिट्टी के स्वास्थ्य में सुधार से उत्पादन बढ़ता है। इसके अतिरिक्त, किसान कार्बन बाजारों में भी भाग ले सकते हैं। कार्बन अवशोषित करने वाली प्रथाएँ अपनाकर किसान कार्बन क्रेडिट अर्जित कर सकते हैं और उन्हें बेचकर अतिरिक्त आय प्राप्त कर सकते हैं ((टीएएस, 2021, चौधरी एवं अन्य, 2024)।

इससे किसानों को सतत खेती अपनाने के लिए वित्तीय प्रोत्साहन मिलता है।

## 6. जलवायु परिवर्तन के प्रति लचीलापन

जलवायु परिवर्तन के कारण कृषि प्रणालियाँ लगातार बाधित हो रही हैं। पुनर्योजी कृषि मिट्टी का स्वास्थ्य पुनः स्थापित करके और जैव विविधता बढ़ाकर खेतों को अधिक लचीला बनाती है। इन प्रथाओं से खेत सूखा, बाढ़ और हीटवेव जैसी अत्यधिक जलवायु परिस्थितियों का सामना करने में अधिक सक्षम हो जाते हैं। जहाँ पारंपरिक खेती बदलते मौसम के कारण असफल हो रही है, वहाँ पुनर्योजी कृषि एक विश्वसनीय और टिकाऊ समाधान प्रदान कर सकती है।

## पुनर्योजी कृषि के कार्यान्वयन में चुनौतियाँ

यद्यपि पुनर्योजी कृषि के कई लाभ हैं, फिर भी इसे अपनाने में कई चुनौतियाँ सामने आती हैं, विशेषकर लघु एवं सीमांत किसानों तथा पारंपरिक खेती से बदलने वाले किसानों के लिए। प्रमुख चुनौतियाँ निम्नलिखित हैं:

### 1. प्रारंभिक निवेश और परिवर्तन की लागत

पारंपरिक खेती से पुनर्योजी कृषि की ओर बदलाव के लिए नए उपकरण, प्रशिक्षण और मूलभूत संरचना में आरम्भिक निवेश की आवश्यकता होती है। यद्यपि समय के साथ इनपुट लागतें कम हो जाती हैं, फिर भी आरंभ में अधिक पूँजी की आवश्यकता कई किसानों के लिए एक बड़ी बाधा है, विशेषकर उन किसानों के लिए जिनके पास पूँजी की सीमित उपलब्धता है।

### 2. ज्ञान और प्रशिक्षण की कमी

पुनर्योजी कृषि मिट्टी के स्वास्थ्य, पारिस्थितिक तंत्र की गतिशीलता और पर्यावरणीय प्रक्रियाओं की गहरी समझ

पर आधारित होती है। किसानों को फसल चक्रण, नो-टिल खेती, कवर क्रॉपिंग और अन्य तकनीकों को प्रभावी रूप से अपनाने के लिए विशेष ज्ञान और प्रशिक्षण की आवश्यकता होती है। सफल कार्यान्वयन के लिए प्रशिक्षण और तकनीकी सहायता अत्यन्त महत्वपूर्ण है, विशेषकर उन किसानों के लिए जो पारंपरिक विधियों के अभ्यस्त हैं।

### 3. नीतिगत समर्थन और बाजार तक पहुँच

नीतियाँ और बाजार तक पहुँच पुनर्योजी कृषि के व्यापक प्रसार में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। टिकाऊ कृषि के लिए सब्सिडी, कार्बन अवशोषण पर प्रोत्साहन, तथा शिक्षा एवं प्रशिक्षण के लिए अनुदान जैसी नीतिगत सहायता किसानों के लिए इसे सुलभ और आकर्षक बनाती है। बाजारों में पुनर्योजी उत्पादों के लिए बेहतर मूल्य या विशेष मान्यता भी अपनाने को बढ़ावा देती है।

### 4. परिवर्तन के प्रति प्रतिरोध

कई क्षेत्रों में पारंपरिक खेती की तकनीकें पीढ़ियों से चली आ रही हैं। ऐसे में पुनर्योजी कृषि की ओर परिवर्तन केवल आर्थिक निवेश ही नहीं बल्कि एक सांस्कृतिक बदलाव भी मांगता है। इस प्रतिरोध को दूर करने के लिए, शिक्षा जागरूकता अभियान स्थानीय समुदायों और कृषि संगठनों का सहयोग अत्यंत आवश्यक है।

## वास्तविक उदाहरण और सफलता की कहानियाँ

### 1. भारत में शुष्कभूमि खेती

भारत के शुष्क क्षेत्रों, जहाँ लगभग 52 प्रतिशत खेती वाली भूमि है, पानी की कमी एक प्रमुख चुनौती है। यहाँ संरक्षण कृषि, जैसे, न्यूनतम जुताई अनाज दलहनी फसल चक्र डायरेक्ट-सीडेड राइस मल्लिंग ने उल्लेखनीय सफलता

दिखाई है। इन विधियों ने मिट्टी की जल धारण क्षमता को बढ़ाया, सिंचाई की आवश्यकता घटाई और सूखा-प्रभावित क्षेत्रों में उत्पादन बढ़ाया। यद्यपि कि भारत में शुष्कभूमि में संरक्षण कृषि की अपार संभावनाएँ हैं, इसका बड़े स्तर पर अपनाव अभी भी सीमित है, जबकि अमेरिका, कनाडा, ब्राजील, ऑस्ट्रेलिया आदि देशों में यह बड़े स्तर पर अपनाई जा चुकी है। इंडो-गैंगेटिक प्लेन्स में चावल-गेहूँ प्रणाली के अंतर्गत लगभग 3.5 मिलियन हेक्टेयर क्षेत्र में नो-टिल अपनाया जा चुका है, और इसके दोगुना होने की संभावना अगले पाँच वर्षों में है, यदि समन्वित प्रयास किए जाएँ।

### 2. अफ्रीका में एग्रोफॉरेस्ट्री

केन्या, तंजानिया सहित अफ्रीका के कई देशों में पेड़ों को फसल और पशुधन के साथ जोड़ने की प्रणाली ने भूमि क्षरण को कम किया, जैव विविधता को बढ़ाया, मिट्टी की उर्वरता में सुधार किया, कई किसानों ने इन विधियों से सूखे के प्रति अधिक लचीलापन और फसल उत्पादन में वृद्धि पाई है।

### 3. अमेरिका में कार्बन क्रेडिट्स

अमेरिका में कई किसान नो-टिल, फसल चक्रण (जैसे कॉर्न सोयाबीन), और एग्रोफॉरेस्ट्री अपनाकर कार्बन क्रेडिट्स कमा रहे हैं। ये क्रेडिट्स बेचे जा सकते हैं, जो किसानों के लिए अतिरिक्त आय का स्रोत बनते हैं और उन्हें टिकाऊ प्रथाएँ अपनाने के लिए प्रोत्साहित करते हैं।

### 4. नो-टिल और संरक्षण कृषि का वैश्विक विस्तार

पिछले दो दशकों में संरक्षण कृषि विशेषकर नो-टिल और रिड्यूस्ड-टिल विधियों का क्षेत्र बहुत तेजी से बढ़ा है। 2000-2020 के आंकड़ों के अनुसार, 205 मिलियन हेक्टेयर से अधिक कृषि भूमि अब नो-टिल। प्रणालियों के अंतर्गत है जो दस वर्ष पहले की तुलना में लगभग

दोगुनी है। सबसे अधिक अपनाने वाले देश: अमेरिका, ब्राजील, अर्जेंटीना, अन्य महत्वपूर्ण अपनाने वाले: ऑस्ट्रेलिया, कनाडा, चीन, दक्षिण अफ्रीका और दक्षिण एशिया के कुछ देश हैं।

#### मुख्य लाभ:

मिट्टी का कटाव कम, जल अवशोषण और जल धारण क्षमता में वृद्धि, कम ईंधन और मजदूरी लागत, सतही अवशेषों से बेहतर मिट्टी आवरण, दीर्घकाल में जैविक पदार्थ वृद्धि और मिट्टी की संरचना में सुधार, ये लाभ विशेषकर उन क्षेत्रों में अपनाव को बढ़ाते हैं जहाँ पानी की कमी और कटाव की समस्या गंभीर है।

#### निष्कर्ष

पुनर्योजी कृषि खेती के प्रति हमारे दृष्टिकोण में एक परिवर्तनकारी बदलाव प्रस्तुत करती है जो पारंपरिक कृषि की

तुलना में अधिक टिकाऊ, अधिक लाभकारी और अधिक जलवायु-प्रतिरोधी विकल्प है। यह मिट्टी के स्वास्थ्य का पुनर्निर्माण करती है, पारिस्थितिकी तंत्र को संतुलित करती है, कार्बन अवशोषण द्वारा जलवायु परिवर्तन कम करती है, जैव विविधता बढ़ाती है, किसानों की आजीविका को सुदृढ़ बनाती है। दीर्घकाल में यह कृषि प्रणाली उच्च उत्पादन, कम लागत, अधिक लाभ, और अधिक पर्यावरणीय स्थिरता प्रदान करती है।

#### आवश्यक नीतिगत समर्थन

वैश्विक स्तर पर पुनर्योजी कृषि को बढ़ावा देने के लिए प्रशिक्षण तकनीकी सहायता टिकाऊ इनपुट की उपलब्धता आसान ऋण, उपकरणों की उपलब्धता, बाजार प्रोत्साहन और मजबूत नीतिगत ढाँचा आवश्यक है। सरकारें अनुसंधान को वित्तपोषित कर, टैक्स छूट देकर,

और पर्यावरणीय लाभों के लिए पुरस्कार प्रणाली बनाकर महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती हैं। अंततः पुनर्योजी कृषि हमारी खाद्य प्रणाली को पूरी तरह बदलने की क्षमता रखती है, एक ऐसे भविष्य की ओर, जहाँ खेती उत्पादक भी हो, पर्यावरण-संरक्षक भी, और जलवायु के प्रति लचीली भी।



#### संदर्भ

- Choudhari, P.L., Pasumarthi, R., Patil, M., Karanam, P., Singh, R., Sawargaonkar, G., Garg, K., Savan, R., Kale, S., Behera, B., Dihudi, M. and Jat, M. L. 2024. Compendium of regenerative agriculture: A guide to sustainable and resilient production systems. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 48 p.
- Davis, A.G., Carpenter-Boggs, L., Smith, K.L., Wachter, J.M., Heineck, G.C., Huggins, D.R. and Reganold, J.P. 2025. Soil health and ecological resilience of no-till, organic, and mixed-crop livestock systems in eastern Washington State. *Agriculture Ecosystems & Environment* 388: 109639. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109639>.
- Davis, A.G., Huggins, D.R. and Reganold, J.P. 2023. Linking soil health and ecological resilience to achieve agricultural sustainability. *Frontiers in Ecology and the Environment* 21(3): 131. <https://doi.org/10.1002/fee.2594>.
- Khangura, R., Ferris, D., Wagg, C. and Bowyer, J. 2023. Regenerative agriculture—A literature review on the practices and mechanisms used to improve soil health. *Sustainability* 15(3): 2338. <https://doi.org/10.3390/su15032338>.
- TAAS. 2021. Regenerative agriculture for soil health, food and environmental security: Proceedings and recommendations. Trust for Advancement of Agricultural Sciences. pp. vii+30.
- Taylor, R.C.F., Clark, O.G. and Malard, J. 2025. A qualitative framework to identify variables influencing ecological sustainability in tropical small-scale agriculture. *Environmental Development* 55: 101180. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2025.101180>.
- Tindwa, H., Semu, E. and Singh, B.R. 2024. Circular regenerative agricultural practices in Africa: Techniques and their potential for soil restoration and sustainable food production. *Agronomy* 14(10): 2423. <https://doi.org/10.3390/agronomy14102423>

# नवाचार-आधारित विकास का उत्सव: स्कुएस्ट-कश्मीर ने पूरे किए 100 पेटेंट

शेर-ए-कश्मीर कृषि विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, कश्मीर (स्कुएस्ट-के) ने अपना 100वाँ पेटेंट सुरक्षित करके एक ऐतिहासिक उपलब्धि प्राप्त की है, जो विश्वविद्यालय की नवाचार-प्रधान विकास और अकादमिक उत्कृष्टता की यात्रा में एक महत्वपूर्ण मील का पत्थर है।

2020 में विश्व बैंक द्वारा वित्तपोषित राष्ट्रीय कृषि उच्च शिक्षा परियोजना (नाहेप) के अंतर्गत आरंभ किए गए कार्यक्रम के माध्यम से स्कुएस्ट-के ने अपने शैक्षणिक और अनुसंधान ढांचे में व्यापक परिवर्तन आरम्भ किया, जिसमें नवाचार को शैक्षिक सुधारों के केंद्र में स्थान दिया गया। यह भारत का पहला राज्य कृषि विश्वविद्यालय (एसएयू) बना जिसने नवाचार और स्टार्टअप नीति (एसआईएसपी) लागू की और उद्यमशीलता संस्कृति और प्रौद्योगिकी-आधारित समाधान को प्रोत्साहित करने के लिए समर्पित स्कुएस्ट-के नवाचार, इनक्यूबेशन और उद्यमशीलता केंद्र (एसकेआईआईई) की स्थापना की।

केवल चार वर्षों में, एसकेआईआईई केंद्र देश के अग्रणी इनक्यूबेशन पारितंत्रों में से एक बन गया है, जिसने छात्र एवं संकाय द्वारा संचालित स्टार्टअप्स की एक नई लहर को प्रोत्साहित किया है। आज विश्वविद्यालय के पास 89 से अधिक स्टार्टअप्स और 100 पेटेंट हैं, जिनमें से केवल वर्ष 2025 के पहले दस महीनों में ही 43 पेटेंट दायर किए गए।

विश्वविद्यालय के नवाचार इकोसिस्टम को कई राष्ट्रीय-स्तरीय कार्यक्रमों द्वारा सशक्त बनाया गया है, जिनमें डीएसटी-वित्तपोषित आई-टीबीआई सेंटर, एक नाबार्ड समर्थित ग्रामीण व्यवसाय इनक्यूबेशन सेंटर, बीआईआरएसी ईएंडयुवा केन्द्र, जेकेसीआईपी इनक्यूबेशन एवं स्टार्टअप घटक, तथा मइती समर्थित स्टार्टअप एवं व्यावसायीकरण परियोजना सम्मिलित हैं, जो नवाचार, इनक्यूबेशन और उद्यमशीलता के लिए एक सशक्त और समावेशी मंच तैयार करते हैं।

इस उपलब्धि पर विचार व्यक्त करते हुए, विश्वविद्यालय के कुलपति प्रो. नजीर अहमद गनई ने कहा: "स्कुएस्ट-कश्मीर ने एक क्रांतिकारी परिवर्तन किया है. 'एजुकेशन फॉर



इनोवेशन' से 'इनोवेशन फॉर एजुकेशन' की ओर, ताकि हम एक 'इनोवेशन लेड युनिवर्सिटी' बनने की अपनी दृष्टि को साकार कर सकें। हमने अपने शोध का फोकस प्रकाशन-केन्द्रित दृष्टिकोण से बदलकर समस्या-समाधान और उत्पाद-केन्द्रित

परिणामों पर कर दिया है, जो सीधे समाज की सेवा करते हैं।'

इस नई दृष्टि के तहत, विश्वविद्यालय ने कृषि, पर्यावरण, स्वास्थ्य, जलवायु परिवर्तन और खाद्य प्रणालियों से जुड़े चुनौतियों के समाधान हेतु विज्ञान-आधारित उत्पादों, प्रक्रियाओं और तकनीकों के विकास के लिए ट्रांसलेशनल रिसर्च को प्रोत्साहित किया है। पहले चालीस वर्षों में केवल पाँच पेटेंट से आरम्भ करके, पिछले पाँच वर्षों से भी कम समय में 95 नए पेटेंट प्राप्त करना स्कुएस्ट-कश्मीर की तेज नवाचार क्षमता और मजबूत संस्थागत इच्छाशक्ति को दर्शाता है।

विश्वविद्यालय के "पेटेन्ट्स टू प्रोडक्ट्स" के आदर्श वाक्य पर दिए गए बल ने कई पेटेंटेड तकनीकों के सफल व्यवसायीकरण को संभव बनाया है, जिससे नवाचार को सीधे बाजार और समाज की आवश्यकताओं से जोड़ा गया है। संकाय-नेतृत्व वाली और छात्र-प्रेरित स्टार्टअप्स के माध्यम से स्कुएस्ट-कश्मीर ने प्रयोगशालाओं और उद्योगों के बीच की दूरी को पाटा है, यह सुनिश्चित करते हुए कि शोध





किसानों, उद्यमियों और उपभोक्ताओं के लिए टोस लाभ में परिवर्तित हो।

“हमारे स्टार्टअप, जिन्हें गर्व के साथ स्कुएस्ट-के बेबीकॉन्स के रूप में ब्रांड किया गया है, विश्वविद्यालय में एक नई नवाचार संस्कृति के जन्म का प्रतीक हैं। यह उपलब्धि हमारे संकाय सदस्यों, शोधकर्ताओं, छात्रों और नवाचार टीमों के सामूहिक प्रयास का प्रमाण है। यह तकनीक-समर्थित समाधानों के माध्यम से बायोइकोनॉमी को विकसित कर विकसित जम्मू-कश्मीर बनाने की हमारी प्रतिबद्धता का प्रतीक भी है,” प्रो. गनई ने कहा।

उपर्युक्त उपलब्धि पर आगे बोलते हुए, कुलपति ने आईपी एवं प्रौद्योगिकी प्रबंधन प्रकोष्ठ, एसकेआईआईई सेंटर टीम और विश्वविद्यालय के सभी संकायों की नवाचार को बढ़ावा देने में उनकी अटूट प्रतिबद्धता के लिए सराहना की। उन्होंने अकादमिक समुदाय से आग्रह किया कि वे ऐसे अनुसंधान को आगे बढ़ाते रहें जिनका व्यावसायिक, सामाजिक और पर्यावरणीय मूल्य हो।

“यह अंत नहीं, बल्कि एक नए युग का आरम्भ है - एक ऐसा युग जिसमें स्कुएस्ट-के में प्रत्येक शोध विचार एक उत्पाद, नीतिगत सुझाव या एक स्टार्टअप का रूप ले सकता है,” प्रो. गनई ने जोर देकर कहा।

स्कुएस्ट-के के 100 पेटेंट का यह मील का पत्थर, विश्वविद्यालय की नवाचार-आधारित विकास की मॉडल पद्धति का प्रमाण है, जो इसे भारत के अग्रणी राज्य कृषि विश्वविद्यालयों की श्रेणी में स्थापित करता है तथा जम्मू-कश्मीर और उसके परे, बायोइकोनॉमिक परिवर्तन, उद्यमिता और सतत विकास के लिए एक उत्प्रेरक के रूप में इसकी भूमिका को दृढ़ता प्रदान करता है।

#### एसकेयूएसटी-कश्मीर बारे में

शेर-ए-कश्मीर कृषि विज्ञान और प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, कश्मीर (स्कुएस्ट-के) भारत में कृषि शिक्षा, अनुसंधान और नवाचार का एक अग्रणी संस्थान है। एक इनोवेशन-प्रधान, समावेशी और वैश्विक रूप से जुड़ा हुआ विश्वविद्यालय बनने की अपनी दृष्टि के साथ,

स्कुएस्ट-के ने परिणाम-आधारित शिक्षण, अनुवादात्मक शोध और उद्यमिता को एकीकृत करके उच्च शिक्षा के परिदृश्य को नया स्वरूप दिया है।

सततता, डिजिटल परिवर्तन और जैव-अर्थव्यवस्था आधारित विकास पर विश्वविद्यालय का ध्यान इसे भारत के शीर्ष तीन राज्य कृषि विश्वविद्यालयों (एनआईआरएफ 2025) में स्थापित करता है और कृषि नवाचार तथा ग्रामीण परिवर्तन के लिए इसे एक राष्ट्रीय मॉडल के रूप में मान्यता दिलाता है।



# भारतीय कृषि का सौर ऊर्जाकरण - कैसे बैंक सौर ऊर्जा को अपनाने में सहायक हैं



गोविंद नारायण गोयल

सीजीएम (एबीयू एवं जीएसएस), स्टेट बैंक ऑफ इंडिया

ऊर्जा संरक्षण पर केंद्रित सतत कृषि पद्धतियाँ धीरे-धीरे भारतीय कृषि में गहरी पैठ बना रही हैं। बढ़ती ईंधन लागत और अनियमित विद्युत आपूर्ति कृषि उत्पादकता तथा आय की स्थिरता में बाधा उत्पन्न करती हैं। ऐसे में किसानों के लिए विश्वसनीय ऊर्जा तक पहुँच एक अत्यंत महत्वपूर्ण कारक बन गई है। इस परिप्रेक्ष्य में सौर ऊर्जा कृषि क्षेत्र के लिए एक परिवर्तनकारी समाधान के रूप में उभरी है। कृषि में सौर ऊर्जा को बड़े स्तर पर अपनाने के लिए केवल प्रौद्योगिकी पर्याप्त नहीं है, बल्कि सरकारी नीतिगत उपायों के साथ निर्बाध रूप से जुड़ा नियमित वित्तीय सहयोग भी आवश्यक है। यहीं पर बैंक किसानों के बीच सौर ऊर्जा को अपनाने में सक्षमकर्ता और उत्प्रेरक के रूप में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

कृषि मूल्य श्रृंखला के समस्त चरणों में विशेष रूप से सिंचाई, कटाई उपरांत प्रबंधन, भंडारण तथा प्रसंस्करण जैसी महत्वपूर्ण गतिविधियों के लिए ऊर्जा

एक अनिवार्य निवेश है। परंपरागत रूप से किसान डीजल चालित पंप सेटों या अनियमित विद्युत आपूर्ति पर निर्भर रहे हैं, जिससे परिचालन लागत अधिक होती है और उत्पादकता सीमित रहती है। सौर ऊर्जा सिंचाई के लिए विश्वसनीय एवं विकेंद्रीकृत ऊर्जा उपलब्ध कराकर, डीजल के विकल्प के रूप में लागत में उल्लेखनीय कमी लाकर, कार्बन उत्सर्जन घटाकर जलवायु संबंधी चिंताओं का समाधान प्रस्तुत करती है तथा अतिरिक्त विद्युत उत्पादन के माध्यम से अतिरिक्त आय के अवसर भी प्रदान करती है। सौरकरण न केवल जलवायु-अनुकूल कृषि को बढ़ावा देता है, बल्कि ग्रामीण आजीविका की आय को भी सुदृढ़ करता है।

सौर ऊर्जा के लाभों को ध्यान में रखते हुए, सरकार ने वर्ष 2019 में प्रधान मंत्री किसान ऊर्जा सुरक्षा एवं उत्थान महाभियान (पीएम-कुसुम) योजना आरम्भ की, ताकि किसानों को ऊर्जा उत्पादक बनने में सक्षम बनाकर कृषि में सौर ऊर्जा के उपयोग को

बढ़ावा दिया जा सके। इस योजना का उद्देश्य सौर ऊर्जा चालित सिंचाई पंपों के उपयोग को प्रोत्साहित करना, डीजल तथा पारंपरिक विद्युत ग्रिड पर निर्भरता कम करना तथा किसानों को अधिशेष सौर ऊर्जा बेचने और अतिरिक्त आय अर्जित करने में सक्षम बनाना है।

यह योजना तीन घटकों से मिलकर बनी है-घटक 'क' बंजर अथवा परती भूमि पर छोटे ग्रिड-संयोजित नवीकरणीय ऊर्जा संयंत्रों की स्थापना, घटक 'ख' सीमित ग्रिड उपलब्धता वाले क्षेत्रों में स्वतंत्र सौर पंपों की स्थापना, तथा घटक 'ग' मौजूदा ग्रिड-संयोजित कृषि पंपों का सौरकरण, जिससे किसान अधिशेष विद्युत को ग्रिड में प्रवाहित कर सकें। अक्टूबर 2025 तक, घटक 'ख' के अंतर्गत 9 लाख से अधिक स्वतंत्र सौर पंप स्थापित किए जा चुके हैं। घटक 'ग' के अंतर्गत कुल 10,535 ग्रिड-संयोजित पंपों का सौरकरण किया गया है तथा 9,74,458 फीडर-स्तरीय सौरकरण (एफएलएस) पंप

पूरे किए जा चुके हैं। इसके अतिरिक्त, इस योजना को 31 मार्च 2026 तक विस्तारित किया गया है, जिससे किसानों को निरंतर लाभ सुनिश्चित हो सके। सौर पंपों के लिए दी जाने वाली सब्सिडी के अंतर्गत केंद्रीय वित्तीय सहायता (सीएफए) 30 प्रतिशत से 50 प्रतिशत तक प्रदान की जा रही है, जिससे उत्तर-पूर्वी तथा पर्वतीय जैसे दूरस्थ क्षेत्रों के किसान विशेष रूप से लाभान्वित हो रहे हैं। (स्रोत - प्रेस सूचना ब्यूरो (पीआईबी) - 06.12.2025 - भारत की सौर गति, 129 गीगावाट सौर विस्तार से कुल स्थापित क्षमता में गैर-जीवाश्म भागीदारी 50 प्रतिशत से अधिक)



पीएम-कुसुम के अतिरिक्त, सरकार ने फरवरी 2024 में प्रधान मंत्री सूर्य घर: मुफ्त बिजली योजना भी प्रारंभ की है, जिसका उद्देश्य घरेलू स्तर पर छत पर स्थापित सौर ऊर्जा प्रणालियों को बढ़ावा देना है। यह योजना आवासीय सौर प्रणालियों के लिए सब्सिडी तथा वित्तीय सहायता उपलब्ध कराती है। इस योजना के अंतर्गत समय पर वित्त उपलब्ध कराने, सब्सिडी से जोड़ने की प्रक्रिया को सुगम बनाने तथा योजना के सुचारु क्रियान्वयन को सुनिश्चित करने में बैंकों की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण है।

कृषि में सौर ऊर्जा के उपयोग के लिए पूंजी निवेश तथा दीर्घकालिक वित्तपोषण की आवश्यकता होती है। बैंक उपयुक्त रूप से तैयार किए गए वित्तीय उत्पाद उपलब्ध कराकर तथा अंतिम छोर तक ऋण की आपूर्ति सुनिश्चित करके सक्षमकर्ता की भूमिका निभाते हैं। पीएम-कुसुम के प्रभावी क्रियान्वयन में भी बैंकों ने किसानों की परियोजना लागत में हिस्सेदारी के लिए वित्त उपलब्ध कराकर तथा सब्सिडी के सुचारु और समयबद्ध प्रवाह को सुनिश्चित करके महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है।

सौर परियोजनाएँ प्रायः सामूहिक रूप से लागू किए जाने पर बेहतर विस्तार क्षमता प्राप्त करती हैं। पीएम-कुसुम के अंतर्गत किसान उत्पादक संगठनों तथा सहकारी संस्थाओं के नेतृत्व वाली सौर परियोजनाओं को सक्रिय रूप से ऋण प्रदान करके बैंक किसानों को प्रति

इकाई ऊर्जा लागत घटाने और परिसंपत्तियों के बेहतर उपयोग में सहायता करते हैं। इसके अतिरिक्त, कटाई उपरांत मूल्य श्रृंखलाओं के साथ सौर ऊर्जा के संयोजन से इसके उपयोग को और अधिक बढ़ावा मिलता है। स्वच्छता, श्रेणीकरण, छंटाई एवं सुखाने जैसी प्राथमिक प्रसंस्करण गतिविधियों, शीत श्रृंखला एवं भंडारण सुविधाओं तथा सूक्ष्म एवं लघु खाद्य प्रसंस्करण उद्यमों में सौर ऊर्जा के उपयोग वाले एकीकृत मूल्य श्रृंखला मॉडलों को वित्तीय सहायता प्रदान करके बैंक किसानों को मूल्य श्रृंखला में ऊपर बढ़ने में सक्षम बना रहे हैं, जहाँ वे केवल उत्पादक न रहकर प्रसंस्कर्ता बनते हैं। इससे आय में अधिक स्थिरता सुनिश्चित होती है तथा जलवायु जोखिमों के विरुद्ध उनकी सहनशीलता सुदृढ़ होती है।

इन योजनाओं का सफल क्रियान्वयन कृषि तथा घरेलू उपभोक्ताओं के लिए निःशुल्क या सब्सिडीयुक्त विद्युत पर निर्भरता को कम करता है, जिससे राज्य सरकारों पर पड़ने वाला राजकोषीय दबाव घटता है तथा वितरण कंपनियों की वित्तीय स्थिति में सुधार होता है। इससे प्राप्त बचत का उपयोग अन्य विकासात्मक पहलों में किया जा सकता है, जिससे सौरकरण न केवल किसानों और परिवारों के लिए, बल्कि राजकोष के लिए भी लाभकारी सिद्ध होता है।

भारतीय स्टेट बैंक (एसबीआई), पीएम-कुसुम योजना तथा प्रधान मंत्री सूर्य घर: मुफ्त बिजली योजना के क्रियान्वयन में अग्रणी

बैंकों में से एक है। लगभग 15,000 ग्रामीण एवं अर्ध-शहरी शाखाओं के अपने विस्तृत नेटवर्क के माध्यम से एसबीआई पीएम-कुसुम के अंतर्गत समय पर ऋण सहायता प्रदान कर किसानों को सौर पंपों और सौर संयंत्रों को अपनाने में सहयोग कर रहा है। पीएम-कुसुम की सभी घटकों के अंतर्गत वित्तपोषण करके एसबीआई किसानों को केवल अन्नदाता ही नहीं, बल्कि ऊर्जादाता (ऊर्जा प्रदान करने वाला) बनने में भी सक्षम बना रहा है। यह सहयोग ग्रामीण क्षेत्रों में सौर ऊर्जा क्षमता के सृजन में महत्वपूर्ण योगदान दे रहा है तथा किसानों को अतिरिक्त आय अर्जित करने में सहायता कर रहा है।

भारतीय कृषि के सौरकरण के लिए बैंकों, सरकारी एजेंसियों, नवीकरणीय ऊर्जा विकासकर्ताओं तथा कृषि समुदाय के बीच घनिष्ठ समन्वय आवश्यक है। बैंक तीव्र ऋण वितरण मंचों के माध्यम से समर्पित सौर वित्त उत्पाद उपलब्ध कराकर तथा किसानों और क्षेत्रीय कर्मचारियों में जागरूकता बढ़ाकर आगे भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाते रहेंगे। सौर अवसंरचना के वित्तपोषण तथा पीएम-कुसुम जैसी प्रमुख योजनाओं के समर्थन के माध्यम से बैंक किसानों को ऊर्जा लागत कम करने, आय की स्थिरता बढ़ाने तथा पर्यावरण-अनुकूल पद्धतियों को अपनाने में सहायता कर रहे हैं। इस प्रयास के माध्यम से बैंकिंग क्षेत्र न केवल देश के स्वच्छ एवं हरित ऊर्जा एजेंडे में योगदान दे रहा है, बल्कि अन्नदाताओं की आजीविका को भी सुदृढ़ कर रहा है।



# कृषि वृद्धि के लिए नवीकरणीय ऊर्जा: एक नया प्रतिमान



अशोक कुमार सिंह<sup>1</sup> और श्रीधर पाटिल<sup>2</sup>

<sup>1</sup>कुलपति, आरएलबीसीएयू, झांसी

<sup>2</sup>एसोसिएट प्रोफेसर और हेड, डिपार्टमेंट ऑफ एग्रीकल्चर एक्सटेंशन एंड कम्युनिकेशन, आरएलबीसीएयू, झांसी

भविष्य के खाद्य तंत्र के लिए वैश्विक गठबंधन (वर्ष 2023) के अनुसार वर्ष 2021 में कृषि और उससे संबंधित क्षेत्रों ने वैश्विक ऊर्जा खपत का लगभग 2.17 प्रतिशत उपयोग किया। यही क्षेत्र उसी वर्ष वैश्विक खाद्य मूल्य श्रृंखला में उपयोग की गई कुल ऊर्जा के लगभग 15 प्रतिशत के लिए उत्तरदायी थे। भारत में केवल कृषि ही प्रतिवर्ष लगभग 8.23 लाख टेर्राजूल ऊर्जा का उपयोग करती है (खाद्य और कृषि संगठन, वर्ष 2025)। इस ऊर्जा का बड़ा भाग जीवाश्म ईंधनों तथा कोयले से उत्पन्न गैर-नवीकरणीय विद्युत से प्राप्त होता है। खाद्य और कृषि संगठन (वर्ष 2022) के अनुसार वर्ष 2021 में कृषि एवं संबद्ध क्षेत्रों द्वारा जीवाश्म ईंधनों और विद्युत के संयुक्त उपयोग से वैश्विक स्तर पर लगभग 0.93 गीगाटन

कार्बन डाइऑक्साइड-समतुल्य उत्सर्जन हुआ। इसी अवधि में भारत की कृषि से ऊर्जा उपयोग के कारण लगभग 159 मेगाटन कार्बन डाइऑक्साइड-समतुल्य उत्सर्जन होने का अनुमान लगाया गया।

## कृषि क्षेत्र में नवीकरणीय ऊर्जा की संभावनाएँ

आने वाले समय में कृषि क्षेत्र में ऊर्जा की माँग लगातार बढ़ने की संभावना है, क्योंकि कई संरचनात्मक और तकनीकी परिवर्तन तीव्र गति से हो रहे हैं। कृषि-श्रम की उपलब्धता में कमी की भरपाई के लिए कृषि-यंत्रीकरण बढ़ेगा, जिससे ट्रैक्टर, पम्प तथा प्रसंस्करण इकाइयों जैसे ऊर्जा-प्रधान उपकरणों पर निर्भरता बढ़ेगी। आधुनिक उत्पादन तथा उपरांत-फसल तकनीकों-जैसे

सटीक खेती, नियंत्रित-पर्यावरण कृषि तथा शीत-श्रृंखला परिवहन-का उपयोग भी कृषि मूल्य श्रृंखला में ऊर्जा आवश्यकताओं को और बढ़ाएगा। इसके साथ-साथ, प्रसंस्करण, भंडारण और मूल्य-वर्धन पर बढ़ते जोर से ऊर्जा की कुल खपत और अधिक बढ़ेगी। यदि कृषि क्षेत्र शीघ्रता से नवीकरणीय और दक्ष ऊर्जा स्रोतों की ओर न बढ़ा, तो यह बढ़ती ऊर्जा-माँग कार्बन उत्सर्जन, संचालन-व्यय और पर्यावरणीय दबावों को काफी बढ़ा सकती है। यह स्थिति दर्शाती है कि कृषि में टिकाऊ ऊर्जा-हस्तक्षेप कितने आवश्यक हैं।

सौर, पवन, जैव-द्रव्य, जैव-गैस तथा लघु जल-विद्युत जैसे नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत कृषि क्षेत्र की बढ़ती ऊर्जा माँग को पूरा करने के लिए एक टिकाऊ

मार्ग प्रदान करते हैं। ये स्वच्छ ऊर्जा विकल्प सिंचाई, यंत्रीकरण, प्रसंस्करण और भंडारण जैसी गतिविधियों के लिए विकेन्द्रीकृत और किफायती ऊर्जा उपलब्ध कराते हुए जीवाश्म ईंधनों पर निर्भरता को काफी कम कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, सौर-चालित सिंचाई प्रणालियाँ डीजल पम्पों का प्रभावी विकल्प बन सकती हैं, जबकि जैव-गैस संयंत्र कृषि-अवशेषों और पशु-अपशिष्टों से ग्रामीण कार्यों के लिए ऊर्जा उत्पन्न कर सकते हैं। इसी प्रकार, पवन और जैव-द्रव्य आधारित प्रणालियाँ अनाज सुखाने, मिलिंग तथा शीत-भंडारण जैसी प्रक्रियाओं के लिए ऊर्जा उपलब्ध करा सकती हैं। ऊर्जा-लागत कम करने के अतिरिक्त, नवीकरणीय ऊर्जा का समावेशन ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को कम करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है, जिससे जलवायु-परिवर्तन के शमन प्रयासों को गति मिलती है और टिकाऊ तथा निम्न-कार्बन कृषि-वृद्धि की राष्ट्रीय प्रतिबद्धताओं को आगे बढ़ाने में सहायता मिलती है।

### कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा के उपयोग की विधियाँ

#### सिंचाई और जल प्रबंधन

नवीकरणीय ऊर्जा, विशेष रूप से सौर ऊर्जा, कृषि में सिंचाई और जल प्रबंधन के लिए एक टिकाऊ समाधान प्रदान करती है। सौर-चालित पम्प डीजल और विद्युत-जाल पर निर्भरता को कम करते हैं तथा दूरस्थ क्षेत्रों में भी विश्वसनीय जल उपलब्धता सुनिश्चित करते हैं। ये प्रणालियाँ संचालन व्यय को कम करती हैं, सिंचाई की दक्षता बढ़ाती हैं और फसलों को समय पर पानी उपलब्ध कराती हैं। सौर ऊर्जा को सूक्ष्म-सिंचाई प्रणालियों-जैसे टपक सिंचाई या स्प्रींकलर-के साथ जोड़ने से जल उपयोग और अधिक अनुकूलित

हो जाता है, जिससे संसाधन-संरक्षण और जलवायु-सहिष्णु खेती को बढ़ावा मिलता है।

#### उपरांत-फसल प्रबंधन और मूल्य-वर्धन

नवीकरणीय ऊर्जा तकनीकें सुखाने, मिलिंग, ग्रेडिंग तथा शीत-भंडारण जैसी ऊर्जा-प्रधान उपरांत-फसल गतिविधियों को संचालित कर सकती हैं। सौर-सुखाने यंत्र, जैव-द्रव्य आधारित ताप प्रणालियाँ और सौर-चालित शीत-भंडारण इकाइयाँ उपरांत-फसल क्षति को कम करती हैं, गुणवत्ता बनाए रखती हैं तथा नाशवंत उत्पादों के शेल्फ-जीवन को बढ़ाती हैं। विकेन्द्रीकृत ऊर्जा उपलब्ध कराकर ये प्रणालियाँ खेत-स्तर पर मूल्य-वर्धन को सक्षम बनाती हैं और ग्रामीण कृषि-उद्योगों को सुदृढ़ करती हैं, विशेषकर उन क्षेत्रों में जहाँ विद्युत आपूर्ति अनिश्चित रहती है।

#### पशुधन और डेयरी संचालन

जैव-गैस और जैव-द्रव्य ऊर्जा, पशुधन आधारित कृषि प्रणालियों में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। पशु-अपशिष्ट से जैव-गैस बनाकर ऊष्मा, विद्युत और खाना पकाने हेतु ईंधन प्राप्त किया जा सकता है, जबकि शेष घोल एक पोषक तत्वों से भरपूर जैविक खाद के रूप में उपयोगी होता है। दूध संरक्षण हेतु नवीकरणीय ऊर्जा आधारित शीतलन प्रणालियाँ और सौर-चालित दुग्ध-दोहन यंत्र डेयरी संचालन की दक्षता और स्वच्छता को बढ़ाते हैं। यह परिपत्र प्रणाली अपशिष्ट और उत्सर्जन दोनों को कम करती है तथा खेतों की दीर्घकालिक स्थिरता को सुनिश्चित करती है।

#### खेत-स्तरीय यंत्रीकरण और ऊर्जा आपूर्ति

सौर ऊर्जा और जैव-ईंधन आधारित समाधान छोटे कृषि उपकरणों जैसे गहाई मशीन, छिड़काव यंत्र और धान

चक्की को ऊर्जा प्रदान कर सकते हैं, जिससे जीवाश्म ईंधनों पर निर्भरता कम होती है। पोर्टेबल सौर-चार्जिंग इकाइयाँ विद्युत-आधारित ट्रैक्टरों और उपकरणों को चार्ज करने में सहायक होती हैं, जिससे लघु किसानों के लिए यंत्रीकरण की पहुँच आसान होती है। नवीकरणीय ऊर्जा आधारित सूक्ष्म-जाल और मिश्रित ऊर्जा प्रणालियाँ विद्युत-विहीन क्षेत्रों में भी खेतों को अबाधित ऊर्जा उपलब्ध कराती हैं, जिससे ऊर्जा-आत्मनिर्भरता और उत्पादन-लागत में कमी संभव होती है।

#### नवीकरणीय ऊर्जा के संवर्धन हेतु नीतिगत विकल्प

##### वित्तीय प्रोत्साहन और सब्सिडी

सरकार को चाहिए कि वे किसानों को नवीकरणीय ऊर्जा प्रौद्योगिकियाँ अपनाते के लिए लक्षित वित्तीय प्रोत्साहन प्रदान करें, जैसे सब्सिडी, कर-रियायतें और कम ब्याज वाले ऋण। ये प्रोत्साहन सौर-पैनल, जैव-गैस इकाइयों और पवन-चक्कियों की स्थापना में आने वाली प्रारम्भिक लागत को कम करते हैं, जिससे ये लघु एवं मध्यम स्तर के किसानों के लिए अधिक सुलभ हो जाती हैं। नवीकरणीय ऊर्जा ऋण-पत्र योजनाएँ किसानों को अतिरिक्त ऊर्जा को विद्युत-जाल में बेचने की अनुमति देती हैं, जिससे उन्हें अतिरिक्त आय प्राप्त होती है और ग्रामीण क्षेत्रों में टिकाऊ ऊर्जा उत्पादन को बढ़ावा मिलता है।

##### अवसंरचना विकास और तकनीकी सहयोग

कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा को बढ़ावा देने के लिए नीतिनिर्माताओं को ग्रामीण ऊर्जा अवसंरचना और क्षमता-विकास कार्यक्रमों में निवेश करना चाहिए। इसमें विश्वसनीय विद्युत-जाल तक पहुँच का विस्तार, विकेन्द्रित नवीकरणीय सूक्ष्म-

जालों का विकास, तथा किसानों और तकनीशियनों को स्थापना, रख-रखाव तथा ऊर्जा के कुशल उपयोग संबंधी प्रशिक्षण देना सम्मिलित है। स्थानीय स्तर पर नवीकरणीय ऊर्जा सेवा-केन्द्रों की स्थापना से तकनीकी सहयोग और पुर्जों की उपलब्धता सुनिश्चित होगी, जिससे दीर्घकालिक स्थिरता और अपनाने की दर में वृद्धि होगी।

### अनुसंधान, नवाचार और लोक-निजी सहभागिता

सरकारों को कृषि आवश्यकताओं के अनुरूप नवीकरणीय ऊर्जा अनुप्रयोगों में अनुसंधान और नवाचार को बढ़ावा देना चाहिए जैसे सौर-चालित सिंचाई प्रणालियाँ, जैव-द्रव्य आधारित शीत-भंडारण तथा पवन-सहायित जलपम्पन। अनुसंधान संस्थानों, निजी क्षेत्र और किसान सहकारी संगठनों के बीच सहयोग को प्रोत्साहित करके ऐसे समाधान विकसित किए जा सकते हैं जो कम लागत वाले, स्थानीय परिस्थितियों के अनुकूल और व्यावहारिक हों। लोक-निजी सहभागिता से इन तकनीकों के व्यावसायीकरण की गति बढ़ती है, जिससे नवीकरणीय ऊर्जा समाधान तकनीकी रूप से सक्षम और विविध कृषि प्रणालियों के लिए आर्थिक रूप से

व्यवहार्य बनते हैं।

### विनियामक ढाँचे और जन-जागरूकता अभियान

कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा को मुख्यधारा में लाने के लिए स्पष्ट विनियामक ढाँचे और जन-जागरूकता कार्यक्रम आवश्यक हैं। नीतियों को चाहिए कि वे नवीकरणीय ऊर्जा प्रतिष्ठानों की स्वीकृति प्रक्रिया को सरल बनाएं, विकेन्द्रीकृत उत्पादकों के लिए विद्युत-जाल तक पहुँच सुनिश्चित करें, तथा उपकरण और स्थापना के लिए गुणवत्ता मानक तय करें। साथ ही, किसानों को नवीकरणीय ऊर्जा के आर्थिक और पर्यावरणीय लाभों के बारे में शिक्षित करने हेतु जागरूकता अभियान चलाए जाएँ तथा सफल उदाहरणों को प्रस्तुत किया जाए, जिससे विश्वास बढ़े और समुदाय-आधारित अपनाने को बढ़ावा मिले।

### नवीकरणीय ऊर्जा की ओर कृषि का संक्रमण: एक रूपांतरणकारी दिशा

कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा की ओर संक्रमण, स्थिरता की दिशा में एक निर्णायक परिवर्तन है, जिसे सुदृढ़ विनियामक ढाँचों और लक्षित जागरूकता अभियानों द्वारा संचालित

किया जा सकता है। स्पष्ट दिशानिर्देश लागू करके और नवीकरणीय ऊर्जा प्रतिष्ठानों की स्वीकृति प्रक्रियाओं को सरल बनाकर, किसान इन तकनीकों को सहजता से अपना सकते हैं। विकेन्द्रीकृत उत्पादकों के लिए विद्युत-जाल तक पहुँच सुनिश्चित करना अत्यंत आवश्यक है, क्योंकि इससे वे नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन में योगदान दे सकते हैं और उससे लाभ उठा सकते हैं। साथ ही, उपकरणों के गुणवत्ता मानक तय करने से सुरक्षा सुनिश्चित होती है और नवाचारों को अपनाने में विश्वास बढ़ता है। किसानों को नवीकरणीय ऊर्जा के आर्थिक लाभों और पर्यावरणीय महत्व के बारे में शिक्षित करके एक जागरूक समुदाय का निर्माण किया जा सकता है, जो टिकाऊ प्रथाओं को अपनाने के लिए तैयार हो। इन सभी प्रयासों के संयुक्त रूप से लागू होने से कृषि की सहनशीलता बढ़ती है और देश को अधिक हरित भविष्य की ओर अग्रसर किया जा सकता है।



### संदर्भ

- CDKN. (2021). Solar pump cooperative supports climate-smart agriculture in Gujarat. Retrieved from <https://cdkn.org/resource/solar-pump-cooperative-supports-climate-smart-agriculture-in-gujarat>
- FAO (2022). FAOSTAT: Emissions by sector (Greenhouse gases) dataset. Retrieved on October 25, 2025, from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GN>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). FAOSTAT. Retrieved on October 25, 2025, from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GN>
- Global Alliance for the Future of Food. (2023). Power shift: Why we need to wean industrial food systems off fossil fuels. Retrieved from <https://futureoffood.org/insights/power-shift-why-we-need-to-wean-industrial-food-systems-off-fossil-fuels>
- International Copper Association India & IIEC. (2022). Solar irrigation pumping solutions for India. Retrieved from [https://copperindia.org/oguploads/case%20studies/ICA-IIEC-Solar-Irrigation-Pumps\\_01-July-2022.pdf](https://copperindia.org/oguploads/case%20studies/ICA-IIEC-Solar-Irrigation-Pumps_01-July-2022.pdf)
- Joint Research Centre. (2023). Agrivoltaics alone could surpass EU photovoltaic 2030 goals. European Commission. Retrieved from <https://joint-research-centre.ec.europa.eu>
- Patel, H., Rathod, A., & Sarkar, A. (2021). Case study on power generation from agrivoltaic system in India. International Journal of Environment and Climate Change. Retrieved from <https://journalijec.com/index.php/IJECC/article/view/2375>
- Rana, R. S., Kumar, V., & Mishra, A. (2022). India's biomethane generation potential and implications for crop residue management. *Sustainable Energy & Fuels*. Royal Society of Chemistry. Retrieved from <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2022/se/d2se01028c>
- Singh, P. K., & Choudhary, P. (2016). Biogas plants in Chhattisgarh (India): A case study. *Current World Environment*, 11(2), 558-564. Retrieved from <https://www.cwejournal.org/vol11no2/biogas-plants-in-chhattisgarh-india-a-case-study>

# The Complete Deutz-Fahr Range

## EFFICIENT. RELIABLE. BUILT TO LAST.



### PRODUCT RANGES

**3E Series**  
3035E-3040E-3042E

**Agrolux**  
40-50-50 Turbo Pro

**Agromaxx**  
4045E-4050E-4050E Turbo Pro

**Agromaxx (Tr-IV)**  
4065E-4080E

**Agrolux (Tr-IV)**  
70E & 80 Profiline

<https://www.deutz-fahr.com/en-in>

[sdfmarketing@sdfgroup.com](mailto:sdfmarketing@sdfgroup.com)

1-800-123-7781 (TollFree)



# नवीकरणीय ऊर्जा - कृषि के विकास के लिए एक आदर्श

कर्नल संदीप सिंह ( सेवानिवृत्त)

संस्थापक: सांसेरा फार्म2फ्यूल सॉल्यूशंस प्राइवेट लिमिटेड

## परिचय

कृषि सदैव ही भारत की जीवन रेखा रही है, जिसने देश को भोजन, लाखों लोगों को रोजगार और हमारी ग्रामीण अर्थव्यवस्था को आकार दिया है। फिर भी, वर्षों से, भारतीय किसान बढ़ती लागत, घटते लाभ, अविश्वसनीय ऊर्जा उपलब्धता और जलवायु परिवर्तन के बढ़ते प्रभाव से जूझ रहे हैं। सदियों से, हमारे किसान अपनी आजीविका के लिए प्रकृति, यानी सूर्य, हवा और पानी पर निर्भर रहे हैं। विडंबना यह है कि यही प्राकृतिक शक्तियाँ अब नवीकरणीय ऊर्जा के माध्यम से कृषि को फिर से नया रूप दे रही हैं।

हमारे खेतों में एक मौन परिवर्तन हो रहा है। नवीकरणीय ऊर्जा, विशेष रूप से बायोमास-आधारित समाधान, कृषि विकास, ग्रामीण उद्यमिता और पर्यावरणीय स्थिरता के एक प्रमुख प्रवर्तक के रूप में उभर रहे हैं। यह खेती को न केवल भोजन के स्रोत के रूप में, बल्कि स्वच्छ ऊर्जा और आर्थिक सशक्तिकरण के स्रोत के रूप में भी देखने का एक नया दृष्टिकोण प्रस्तुत करता है।

आज, नवीकरणीय ऊर्जा का अर्थ मात्र कार्बन उत्सर्जन कम करना या धरती को बचाना नहीं है। यह ग्रामीण बदलाव और कृषि विकास के लिए एक शक्तिशाली उत्प्रेरक बन गई है। आइए देखें कि यह मौन क्रांति हमारे खेतों और गाँवों में कैसे फैल



रही है।

## सूर्य से खेतों को ऊर्जा प्रदान करना

सौर ऊर्जा किसानों के लिए एक क्रांतिकारी बदलाव के रूप में उभर रही है। सौर ऊर्जा से चलने वाले पंपों ने अनियमित बिजली और महंगे डीजल पर निर्भरता कम कर दी है। किसान अब आवश्यकता पड़ने पर बिजली आपूर्ति के शेड्यूल की प्रतीक्षा किए बिना अपने खेतों की सिंचाई कर सकते हैं।

कई गाँवों में, सामुदायिक सौर संयंत्र ऊर्जा खेती को संभव बना रहे हैं, जहाँ किसान न केवल फसलें उगाते हैं, बल्कि ग्रिड को बेचने के लिए बिजली का उत्पादन भी करते हैं। यह दोहरी आय वाला मॉडल धीरे-धीरे किसानों को ऊर्जा उद्यमी बना रहा है।

## बायोमास-हमारे खेतों का छिपा हुआ खजाना

हर कृषि चक्र में बड़ी मात्रा में अवशेष, धान का भूसा, गन्ने का कचरा, कपास के डंठल, मक्के के भुट्टे, सरसों की भूसी और अन्य फसलों के अवशेष निकलते हैं। दशकों से, किसान इन अवशेषों को एक बाधा के रूप में देखते रहे हैं, और अगली बुवाई के मौसम के लिए खेतों को तैयार करने के लिए उन्हें खुले में जलाकर जल्दी से साफ कर देते हैं।

यद्यपि कि पराली जलाना सुविधाजनक है, किन्तु इसके विनाशकारी परिणाम होते हैं। यह मिट्टी की उर्वरता को कम करता है, महत्वपूर्ण सूक्ष्मजीवों को नष्ट करता है और वातावरण में हानिकारक गैसों का उत्सर्जन करता है। जिस कार्य का उद्देश्य भूमि को जीवन के लिए तैयार करना था, वही अंततः उस हवा को प्रदूषित कर रहा है जिसमें हम साँस लेते हैं।

फिर भी, यही अवशेष, जब बुद्धिमानि से प्रबंधित किया जाता है, तो अपार संभावनाएं रखता है। कृषि अपशिष्ट ऊर्जा सामग्री से भरपूर होता है और इसे ब्रिकेट, पेलेट, बायोगैस और बायो-सीएनजी जैसे मूल्यवान ईंधन रूपों में परिवर्तित किया जा सकता है। यह स्वच्छ ऊर्जा उद्योगों को शक्ति प्रदान करने हेतु बिजली उत्पन्न कर सकती है और देश की जीवाश्म ईंधन पर निर्भरता कम कर सकती है।

यद्यपि कि, इस क्षमता को साकार करने के लिए, भारत को एक महत्वपूर्ण चुनौती, बायोमास के एकत्रीकरण, का समाधान करना होगा।

### एकत्रीकरण की शक्ति

बायोमास एकत्रीकरण, अलग-अलग खेतों से बिखरे हुए कृषि अवशेषों को एकत्रित करने, संसाधित करने और एक संगठित आपूर्ति श्रृंखला में परिवहन करने की प्रक्रिया है। प्रत्येक किसान, अपने दम पर, केवल थोड़ी मात्रा में अवशेष उत्पन्न करता है। किन्तु जब सैकड़ों किसानों के प्रयासों को एक संरचित मॉडल के माध्यम से एकत्रित किया जाता है, तो यह मात्रा व्यावसायिक रूप से व्यवहार्य हो जाती है।

एकत्रीकरण न केवल ऊर्जा उपयोगकर्ताओं को बायोमास की निरंतर और गुणवत्तापूर्ण

आपूर्ति सुनिश्चित करता है, बल्कि किसानों के लिए आय का एक नया स्रोत भी खोलता है। संगठन और पैमाने का यही सिद्धांत आज ग्रामीण ऊर्जा परिदृश्य को बदल रहा है।

इस परिवर्तन में अग्रणी एक कंपनी सांसेरा फार्म2फ्यूल सॉल्यूशंस प्राइवेट लिमिटेड (एसएफएसपीएल) है।

### आर्थिक और पर्यावरणीय प्रभाव

एकत्रीकरण मॉडल के लाभ तत्काल वित्तीय लाभ से कहीं आगे तक फैले हुए हैं। किसान उन अवशेषों को बेचकर प्रति सीजन प्रति एकड़ 3,000-10,000 कमा सकते हैं जिन्हें कभी फेंक दिया जाता था। यह अतिरिक्त आय बढ़ती लागत की भरपाई करने और ग्रामीण क्रय शक्ति को सुदृढ़ करने में सहायता करती है।

पर्यावरण के मोर्चे पर, बायोमास एकत्रीकरण कार्बन उत्सर्जन को कम करने और पराली जलाने से होने वाले वायु प्रदूषण को कम करने में महत्वपूर्ण योगदान देता है। फसल अवशेषों का नियंत्रित निष्कासन और पुनरुपयोग मिट्टी की उर्वरता, जल धारण क्षमता और सूक्ष्मजीवी गतिविधि में सुधार करता है। इसके अलावा, जब बायोमास औद्योगिक अनुप्रयोगों में कोयले या डीजल की जगह लेता है, तो यह भारत के राष्ट्रीय स्वच्छ ऊर्जा और जलवायु कार्रवाई लक्ष्यों में योगदान देता है।

### कृषि स्तरीय युवा (एफएलवाई) मॉडल - ग्रामीण भारत का सशक्तिकरण

एफएलवाई मॉडल एक सरल किन्तु प्रभावशाली विचार पर आधारित है, ग्रामीण युवाओं को ऊर्जा उद्यमी के रूप में। इस पहल के तहत, एसएफएसपीएल गांवों में युवाओं की पहचान करता है और उन्हें बायोमास के



स्थानीय एग्रीगेटर बनने के लिए प्रशिक्षित करता है।

ये प्रशिक्षित 'एफएलवाई' कृषि अवशेषों को काटने, बंडल बनाने और परिवहन के लिए छोटी मशीनों से लैस होते हैं।

वे सीधे किसानों के खेतों से कचरा एकत्र करते हैं, उसका भंडारण करते हैं और उसे प्रसंस्करण इकाइयों या बायोमास-आधारित बिजली संयंत्रों तक पहुँचाते हैं।

यह विकेन्द्रीकृत मॉडल किसान और ऊर्जा उत्पादक के बीच एक सहज संबंध बनाता है। यह कई स्तरों पर मूल्य उत्पन्न करता है:

- **किसानों के लिए:** कृषि अवशेषों की बिक्री से अतिरिक्त आय, जिससे उन्हें जलाने की आवश्यकता समाप्त हो जाती है।
- **एफएलवाई के लिए:** अपने ही गाँवों में रोजगार, उद्यमिता और श्रम की गरिमा।
- **उद्योगों के लिए:** गुणवत्तापूर्ण बायोमास की एक स्थिर, पता लगाने योग्य और लागत-प्रभावी आपूर्ति।
- **पर्यावरण के लिए:** कार्बन उत्सर्जन और ग्रामीण वायु प्रदूषण में उल्लेखनीय कमी।

इस मॉडल के माध्यम से एसएफएसपीएल, ने सैकड़ों ग्रामीण युवाओं को प्रशिक्षित और सशक्त बनाया है, जिससे आजीविका के अवसर उत्पन्न हुए हैं और साथ ही पर्यावरण संरक्षण को बढ़ावा मिला है।

### बल गुणक के रूप में प्रौद्योगिकी

ऐसी गतिशील और जटिल आपूर्ति श्रृंखला के प्रबंधन के लिए, एसएफएसपीएल कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई), डेटा विश्लेषण, भौगोलिक सूचना प्रणाली (जीआईएस) और रिमोट सेंसिंग सहित उन्नत तकनीकों का उपयोग करता है।

ये उपकरण कंपनी को बायोमास की उपलब्धता का मानचित्रण करने, मौसमी बदलावों का पूर्वानुमान लगाने, रसद लागत का आकलन करने और जमीनी संचालन की सटीकता से निगरानी करने में सक्षम बनाते हैं। एआई-संचालित विश्लेषण क्रियाशील अंतर्दृष्टि प्रदान करते हैं, यह सुनिश्चित करते हुए कि खेत से कारखाने तक बायोमास की

यात्रा का प्रत्येक चरण कुशल और पारदर्शी हो।

ग्रामीण उद्यमिता के साथ प्रौद्योगिकी को एकीकृत करके, एसएफएसपीएल ने एक स्मार्ट, मापनीय और टिकाऊ मॉडल बनाया है जिसे विभिन्न भौगोलिक क्षेत्रों में दोहराया जा सकता है।

### एक वृत्ताकार ग्रामीण अर्थव्यवस्था

बायोमास एकत्रीकरण का प्रभाव कई क्षेत्रों तक फैला हुआ है। यह ब्रिकेटिंग, पैलेटाइजेशन और बायो-सीएनजी उत्पादन के लिए ग्रामीण-आधारित उद्योगों की स्थापना को प्रोत्साहित करता है। यह रसद, उपकरण पट्टे और भंडारण में उद्यमिता को बढ़ावा देता है। यह महिला स्वयं सहायता समूहों, स्थानीय सहकारी समितियों और छोटे उद्यमों को सम्मिलित करता है।

संक्षेप में, बायोमास-आधारित नवीकरणीय ऊर्जा एक चक्राकार ग्रामीण अर्थव्यवस्था का निर्माण कर रही है, जहाँ प्रत्येक हितधारक को लाभ होता है और प्रत्येक अवशेष का मूल्य होता है।

### ग्रामीण लचीलापन का निर्माण

नवीकरणीय ऊर्जा ग्रामीण भारत को कई तरह से सशक्त बना रही है। विकेन्द्रीकृत ऊर्जा प्रणालियाँ शीत भंडारण, सिंचाई और प्रसंस्करण इकाइयों के लिए निर्बाध बिजली सुनिश्चित करती हैं।

यह कटाई के बाद होने वाली हानि को कम करती है, बाजार पहुँच में सुधार करती है और कृषि उपज का मूल्यवर्धन करती है। सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि यह किसानों को अविश्वसनीय मूलभूत संरचना और अप्रत्याशित लागतों से मुक्ति दिलाती है।

### कृषि के लिए एक नया प्रतिमान

कृषि और नवीकरणीय ऊर्जा के बीच तालमेल भारत की विकास गाथा में एक मौलिक बदलाव का प्रतीक है। किसान अब केवल ऊर्जा के उपभोक्ता नहीं रह गए हैं, वे इसके उत्पादक बन रहे हैं। उनके खेत न केवल देश को भोजन प्रदान कर रहे हैं, बल्कि स्वच्छ ऊर्जा के क्षेत्र में इसके परिवर्तन को भी बढ़ावा दे रहे हैं।

यह बदलाव एक आदर्श परिवर्तन का प्रतिनिधित्व करता है, जो आर्थिक विकास, पर्यावरणीय प्रबंधन और सामाजिक समावेशन को एकीकृत करता है।

### भावी राह

कृषि और नवीकरणीय ऊर्जा के बीच तालमेल भारत के लिए एक रोमांचक अवसर प्रदान करता है। अब समय आ गया है कि ऊर्जा को एक उपयोगिता के रूप में नहीं, बल्कि कृषि में विकास, नवाचार और सम्मान के प्रवर्तक के रूप में देखा जाए।

जब किसान स्वच्छ ऊर्जा परिवर्तन में सक्रिय भागीदार बनेंगे, तो ग्रामीण भारत न केवल राष्ट्र का पेट भरेगा, बल्कि उसके भविष्य को भी ऊर्जा प्रदान करेगा।

### निष्कर्ष

नवीकरणीय ऊर्जा एक तकनीक से कहीं बढ़ कर यह स्थायी जीवन का एक दर्शन है। प्रभावी ढंग से उपयोग किए जाने पर, यह ग्रामीण घरों में रोशनी, खेतों को बिजली और खेती करने वालों को सम्मान प्रदान करती है।

जैव ईंधन का एकत्रीकरण और ग्रामीण युवाओं का सशक्तिकरण केवल प्रदूषण का समाधान नहीं हैं, बल्कि समावेशी विकास के मार्ग भी हैं। जैसे-जैसे एसएफएसपीएल जैसे मॉडल का विस्तार होता जा रहा है, भारत एक ऐसे भविष्य की ओर बढ़ रहा है जहाँ कृषि और नवीकरणीय ऊर्जा मिलकर राष्ट्र की प्रगति को गति देंगे।

संक्षेप में, नवीकरणीय ऊर्जा केवल प्रकाश या बिजली के बारे में नहीं है, यह आशा के बारे में है। यह हमारे किसानों को उनके संसाधनों, उनकी आय और उनके भाग्य पर नियंत्रण देने के बारे में है।

अब दृष्टिकोण बदल गया है, ऊर्जा पर निर्भर कृषि से ऊर्जा संचालित करने वाली कृषि की ओर।



# घोषणा- 7वाँ सीआईजीआर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन 2028, 3 से 7 अक्टूबर 2028, नई दिल्ली, भारत

आदरणीय आई.एस.ए.ई. के सम्मानित सदस्यों,

हमें यह बताते हुए अत्यंत हर्ष हो रहा है कि भारतीय कृषि अभियंता सोसायटी (आई.एस.ए.ई.), भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (आई.सी.ए.आर.) तथा सीआईजीआर - अंतर्राष्ट्रीय कृषि एवं जैव-तंत्र अभियांत्रिकी आयोग (सी.आई.जी.आर.) के सहयोग से 7वाँ सीआईजीआर अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन 2028 का आयोजन 3 से 7 अक्टूबर 2028 तक नई दिल्ली, भारत में किया जा रहा है। सम्मेलन का विषय है- “खाद्य-सुरक्षित भविष्य के लिए लघु कृषि जोतों में अभियांत्रिकी नवाचार।”

यह प्रतिष्ठित कार्यक्रम कृषि एवं किसान कल्याण मंत्रालय, खाद्य प्रसंस्करण उद्योग मंत्रालय, मत्स्यपालन, पशुपालन एवं डेयरी मंत्रालय, अमेरिकन सोसाइटी ऑफ एग्रिकल्चरल एंड बायोलॉजिकल इंजीनियर्स (ए.एस.ए.बी.ई.-यू.एस.ए.), एशियाई कृषि अभियंत्रण संघ, तथा कृषि यांत्रिकी निर्माता संघ (ए.एम.एम.ए.-इंडिया) के सहयोग से आयोजित किया जा रहा है। इसके अतिरिक्त अन्य संबंधित मंत्रालयों, वस्तु-परिषदों, उद्योग संगठनों तथा कृषि-क्षेत्र के विभिन्न हितधारकों से भी सहयोग प्राप्त करने के प्रयास जारी हैं।

सम्मेलन में निम्नलिखित विषय-वस्तुओं के अंतर्गत व्यापक तकनीकी सत्र आयोजित किए जाएंगे:

1. भूमि एवं जल अभियांत्रिकी
2. संरचना एवं पर्यावरण
3. पादप/फसल उत्पादन
4. कृषि में ऊर्जा
5. तंत्र प्रबंधन (एगोनॉमिक्स एवं प्रणालीन अभियांत्रिकी)
6. जैव-प्रक्रियण (कटाई-पश्चात प्रौद्योगिकी एवं प्रक्रिया अभियांत्रिकी)

सूचना प्रौद्योगिकी

वैज्ञानिक सत्रों के अतिरिक्त, इस आयोजन में मुख्य वक्तव्य, छात्र प्रतियोगिताएँ (पी.जी./यू.जी.), स्टार्टअप प्रस्तुतियाँ, प्रौद्योगिकी प्रदर्शनी, प्रत्यक्ष प्रदर्शन, चयनित क्षेत्र भ्रमण, तथा सांस्कृतिक एवं ऐतिहासिक पर्यटन भी सम्मिलित होंगे।

अधिक विवरण के लिए कृपया देखें: [www.cigr2028.org](http://www.cigr2028.org)

हम आपसे विनम्र अनुरोध करते हैं कि इस आयोजन के बारे में अपने सहकर्मियों तथा अपने व्यावसायिक नेटवर्क में, भारत एवं अन्य देशों में, व्यापक प्रचार-प्रसार करने में सहयोग प्रदान करें। हमें आपकी सक्रिय सहभागिता तथा आयोजन की तैयारी से संबंधित प्रक्रियाओं में आपके मूल्यवान सुझावों और योगदान की भी अपेक्षा है।

आपकी टिप्पणियाँ, सुझाव और मार्गदर्शन इस सम्मेलन को सफल बनाने में अत्यंत महत्वपूर्ण सिद्ध होंगे।

सादर,  
आयोजन सचिव

# नीति निर्धारण में प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट बायोस्टिमुलेंट्स पर विज्ञान का मार्गदर्शन आवश्यक है



पी.के. चक्रवर्ती, पीएचडी, एफएनएएएस

पूर्व सदस्य एसआरबी (प्लांट साइंसेज) और आईसीएआर पूर्व एडीजी (प्लांट प्रोटेक्शन एंड बायोसेफ्टी)

भारत की सतत कृषि के प्रति प्रतिबद्धता परंपरा और विज्ञान के बीच संतुलन पर आधारित रही है। पौधों के बायोस्टिमुलेंट्स-वे पदार्थ जो पौधों की वृद्धि, पोषक तत्वों के उपयोग की दक्षता और प्रतिकूल परिस्थितियों के प्रति उनकी सहनशीलता को बढ़ाते हैं-में हाल के नवाचारों ने जलवायु चुनौतियों के बीच फसल उत्पादकता को बढ़ाने के लिए उपयोगी साधन प्रदान किए हैं। इनमें, प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट (पीएच) आधारित बायोस्टिमुलेंट्स एक महत्वपूर्ण नवाचार के रूप में उभरे हैं, जो पारंपरिक उर्वरकों की तुलना पर्यावरण के अनुकूल विकल्प प्रदान करते हैं।

यद्यपि कि, हाल ही में नीति में किए गए बदलाव के अन्तर्गत पशु-उत्पत्ति वाले प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट को उर्वरक (नियंत्रण) आदेश (एफसीओ), 1985 से हटा दिया गया। यह निर्णय विज्ञान-आधारित कृषि सुधारों-विशेषकर पादप बायोस्टिमुलेंट्स

को पीछे धकेलने वाला है, जो जलवायु परिवर्तन के युग में कम उत्पादकता वाली कृषि को सुधारने में अत्यंत महत्वपूर्ण हैं। 29 सितंबर 2025 को राजपत्र अधिसूचना एस.ओ.4441(ई) के माध्यम से सार्वजनिक किए गए इस निर्णय में अनुसूची छह में सम्मिलित पशु-उत्पत्ति वाले प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट के सभी 11 अनुमोदित फॉर्मूलेशनों को हटा दिया गया, जिसके साथ ही उनके बायोस्टिमुलेंट के रूप में उपयोग पर प्रतिबंध लग गया।

सरकार को अपनी नीतियों की समीक्षा और संशोधन करने का अधिकार है, किन्तु ऐसे निर्णय सावधानीपूर्वक वैज्ञानिक विमर्श से प्राप्त वैज्ञानिक तर्कों के आधार पर ही होने चाहिए। भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (आईसीएआर) के 114 अनुसंधान संस्थान और मानद विश्वविद्यालय हैं, जिनमें से कई प्राकृतिक संसाधन प्रबंधन, मृदा पोषण और

मृदा उर्वरता पर विशेष रूप से कार्य करते हैं। स्पष्टतः, इन सार्वजनिक संस्थानों में उपलब्ध शैक्षणिक उत्कृष्टता, अनुसंधान विशेषज्ञता, पेशेवर दृष्टि और संसाधनों का पर्याप्त उपयोग इस विषये में नहीं हुआ। न ही इस महत्वपूर्ण नीति-परिवर्तन से पहले कोई वैज्ञानिक डेटा, सुरक्षा आकलन या तकनीकी औचित्य प्रस्तुत किया गया। यह कदम जोखिम-आधारित मूल्यांकन की बजाय सामाजिक-धार्मिक संवेदनशीलताओं से अधिक प्रभावित प्रतीत होता है। यह कदम वैज्ञानिकों, उद्योग जगत और उन प्रगतिशील किसानों के बीच चिंता को बढ़ाता है, जिन्होंने 2021 में बायोस्टिमुलेंट्स की औपचारिक मान्यता के बाद से इन प्रौद्योगिकियों में निवेश किया है।

**एक ऐतिहासिक सुधार और उसका अचानक बदलाव**  
फरवरी 2021 में राजपत्र अधिसूचना एस.ओ.



882(ई) के माध्यम से बायोस्टिमुलेंट्स को एफसीओ के अंतर्गत सम्मिलित किया जाना एक ऐतिहासिक सुधार था। पहली बार भारत ने बायोस्टिमुलेंट्स को कृषि इनपुट की एक अलग श्रेणी के रूप में औपचारिक मान्यता दी। ये ऐसे पदार्थ या सूक्ष्मजीव होते हैं, जिन्हें पौधों, बीजों या मिट्टी पर लगाने से पौधों की शारीरिक प्रक्रियाएँ सक्रिय होती हैं, जिससे वृद्धि, उत्पादन और तनाव-सहनशीलता में सुधार होता है। बायोस्टिमुलेंट्स, जैव-उर्वरकों और जैव-कीटनाशकों से अलग हैं-जो क्रमशः पोषण और कीट-सुरक्षा का कार्य करते हैं। महत्वपूर्ण बात यह है कि परिभाषा ने पौधों, सूक्ष्मजीवों, पशु-उत्पत्ति या सिंथेटिक किसी भी स्रोत से प्राप्त बायोस्टिमुलेंट्स की अनुमति दी थी-बशर्ते वे सुरक्षा, विषाक्तता और प्रभावशीलता के कठोर मानकों पर खरे उतरें।

यह सुधार उभरते हुए क्षेत्र के लिए लंबे समय से प्रतीक्षित नियामकीय स्पष्टता लेकर आया, जिससे सतत और जलवायु-सहनीय कृषि

को समर्थन मिला। इस नए ढाँचे ने वैज्ञानिक नवाचार, अनुसंधान निवेश और सत्यापित उत्पादों के भारतीय बाजार में प्रवेश को प्रोत्साहित किया। पौध एवं पशु-दोनों स्रोतों से प्राप्त प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट फॉर्मूलेशनों को कृषि मंत्रालय के समेकित पोषक प्रबंधन (आईएनएम) प्रभाग द्वारा विष विज्ञान, जैव-प्रभावशीलता और गुणवत्ता नियंत्रण से संबंधित विस्तृत डेटा के आधार पर अनुमोदित किया गया। एफसीओ के अन्तर्गत बायोस्टिमुलेंट्स की मान्यता ने न केवल भारत को वैश्विक कृषि मानकों के अनुरूप लाया, बल्कि विज्ञान-आधारित नीति निर्माण में सरकार के विश्वास को भी प्रदर्शित किया। अतः 2025 का यह बदलाव इस प्रगतिशील दिशा से चिंताजनक विचलन दर्शाता है।

#### प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट को समझना: स्रोत से परे रसायन विज्ञान

प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट्स अमीनो अम्लों, पेप्टाइड्स और अन्य छोटे कार्बनिक अणुओं

के मिश्रण होते हैं, जो प्राकृतिक प्रोटीन के नियंत्रित हाइड्रोलिसिस से प्राप्त किए जाते हैं। यह उत्पाद पोषक अवशोषण, क्लोरोफिल संश्लेषण, जड़ वृद्धि, तथा सूखा, गर्मी और लवणीयता जैसी प्रतिकूल परिस्थितियों के प्रति पौधों की सहनशीलता को बढ़ाने के लिए जाने जाते हैं। पी.एच. विभिन्न कच्चे पदार्थों-पौधे (सोयाबीन, तिलहन), सूक्ष्मजीव, या पशु-उत्पत्ति वाले उपोत्पाद (कोलेजेन, मछली अवशेष, चमड़े के टुकड़े) आदि से प्राप्त किए जा सकते हैं। हाइड्रोलिसिस के बाद प्राप्त अमीनो अम्ल और पेप्टाइड स्रोत की चिन्ता किए बिना रासायनिक रूप से समान होते हैं।

ग्लाइसिन या लाइसिन जैसा अमीनो अम्ल, चाहे पौधे से प्राप्त हो या पशु प्रोटीन से-उसकी रासायनिक संरचना छद्मदृष्टि से समान रहती है। हाइड्रोलिसिस के बाद न तो डीएनए, न पूर्ण प्रोटीन और न ही कोई ऊतक शेष रहता है। अंतिम उत्पाद एक जैविक रूप से तटस्थ घोल होता है, जो पौध या पशु स्रोत-दोनों में-



संरचना और प्रभाव में अलग पहचानने योग्य नहीं होता। इसलिए ऐसे उत्पादों को “पशु अवशेष” कहना वैज्ञानिक रूप से गलत है।

दुनिया भर के विष-विज्ञान और पर्यावरण संबंधी मूल्यांकनों ने निरंतर यह दिखाया है कि प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट्स अविषाक्त, आसानी से विघटित होने वाले और मिट्टी के सूक्ष्मजीवों की गतिविधि के लिए लाभदायक होते हैं। यूरोपीय संघ, संयुक्त राज्य अमेरिका और जापान, तीनों प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट्स को, उनके स्रोत की परवाह किए बिना, सुरक्षित और सतत कृषि इनपुट के रूप में वर्गीकृत करते हैं।

उर्वरक (नियंत्रण) आदेश के भीतर असंगति हाल ही के प्रतिबंध को विशेष रूप से उलझनपूर्ण बनाने वाली बात यह है कि यह एफसीओ के उपस्थित प्रावधानों के साथ असंगत है। इसी नियामक ढाँचे के अंतर्गत, पशु-उत्पत्ति वाले कई उर्वरक, जैसे कच्ची और स्टीमड बोन मील, अब भी आधिकारिक रूप से अनुमोदित हैं। ये नियमित रूप से जैविक उर्वरक के रूप में उपयोग किए जाते हैं, फॉस्फोरस और कैल्शियम की मात्रा के लिए मूल्यवान माने जाते हैं, और पारंपरिक तथा जैविक दोनों खेती प्रणालियों में व्यापक रूप से

स्वीकारे जाते हैं। एफसीओ “जैविक उर्वरक” को ऐसे किसी भी पौधे या पशु-आधारित जैविक पदार्थ के रूप में परिभाषित करता है, जिसे अपघटन या सूक्ष्मजीवी प्रक्रियाओं से गुजारा गया हो, जिससे पोषक तत्व पौधों द्वारा उपयोग योग्य हो जाएँ। बोन मील, ब्लड मील, फिश मील और अन्य पशु-आधारित सामग्री इस परिभाषा में पूरी तरह फिट बैठती हैं। इनके विनिर्देश, नमी, कुल फॉस्फेट, नाइट्रोजन सामग्री और कण आकार, सुरक्षा और गुणवत्ता सुनिश्चित करने के लिए तय किए गए हैं। अर्थात्, पशु-उत्पत्ति वाले उर्वरकों को भारतीय कानून में दशकों से स्वीकृति मिली हुई है, और उनकी निरंतर अनुमोदन यह पुष्टि करता है कि वैज्ञानिक मानकों के अनुसार संसाधित किए जाने पर ऐसे पदार्थों में कोई अंतर्निहित धार्मिक, नैतिक या सुरक्षा जोखिम नहीं होता।

इसके विपरीत, पशु-उत्पत्ति वाले प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट्स-जो बोन मील की तुलना में कहीं अधिक परिष्कृत और शुद्ध होते हैं-पर प्रतिबंध एक विरोधाभास उत्पन्न करता है। यह एक ही कानून के तहत पशु-आधारित इनपुट के एक रूप को तो निषिद्ध करता है, जबकि अन्य को जारी रहने देता है। ऐसा चयनात्मक प्रतिबंध नियामकीय विषमता उत्पन्न करता है,

आंतरिक संगति को कमजोर करता है, और विज्ञान-आधारित शासन की विश्वसनीयता को क्षति पहुँचाता है।

### विज्ञान, भावना और नीति: सही संतुलन खोजने की आवश्यकता

भारत की सांस्कृतिक विविधता और आध्यात्मिक परंपराएँ नीतिनिर्माण में उचित रूप से सम्मानित की जाती हैं। किन्तु कृषि संबंधी विनियमन को अनुभवजन्य साक्ष्यों पर आधारित रहना चाहिए। केवल धारणा के आधार पर बनी नीतियाँ डेटा के बजाय, किसानों और शोधकर्ताओं दोनों तक मिश्रित संदेश पहुँचा सकती हैं। जनभावना को स्वीकार करना एक बात है, और भावना को विज्ञान से ऊपर रख देना दूसरी। जहाँ आस्था और नैतिकता समाज के मूल्यों का मार्गदर्शन कर सकती हैं, वहीं वे उन तकनीकी मानकों का आधार नहीं बन सकतीं जिनके आधार पर कृषि इनपुट निर्धारित होते हैं। सरकारी विनियमन की भूमिका यही है कि ऐसे निर्णय जोखिम मूल्यांकन, पारदर्शिता और साक्ष्य के आधार पर लिए जाएँ। पशु-उत्पत्ति वाले पीएच की वापसी का अनपेक्षित परिणाम यह है कि यह भारत की नियामकीय स्थिरता पर संदेह उत्पन्न करता है, जो अनुसंधान निवेश और

नवाचार के लिए एक मूलभूत आवश्यकता है। वे वैज्ञानिक और कंपनियाँ, जिन्होंने 2021 के ढाँचे के अनुसार कार्य किया और मान्य फॉर्मलेशन विकसित किए, अब नीति की निरंतरता को लेकर अनिश्चितता में हैं। यह अनिश्चितता भविष्य के निवेश को हतोत्साहित करती है और भारत की अन्यथा प्रगतिशील कृषि शासन प्रणाली में विश्वास को कमजोर करती है।

### नीति पर पुनर्विचार क्यों आवश्यक है

2025 की अधिसूचना पर विज्ञान-आधारित पुनर्विचार कई महत्वपूर्ण उद्देश्यों की पूर्ति करेगा:

#### 1. नीति की संगति बहाल करना

वर्तमान एफसीओ पशु-आधारित जैविक उर्वरकों, जैसे हड्डी की खाद और मछली की खाद की अनुमति देता है। समान स्रोतों से प्राप्त प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट पर प्रतिबंध लगाना असंगति पैदा करता है। सभी श्रेणियों में विनियमों को संरक्षित करना आंतरिक एकरूपता सुनिश्चित करेगा और मनमाने अपवादों को रोकेगा।

#### 2. सर्कुलर अर्थव्यवस्था को प्रोत्साहित करना

पशु-उत्पत्ति प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट प्रायः मांस या चमड़ा उद्योगों के उपोत्पादों, जैसे कोलेजनयुक्त अवशेष से तैयार किए जाते हैं, जो अन्यथा पर्यावरणीय कचरे में बदल जाते। इन्हें बायोस्टिमुलेंट के रूप में उपयोग करना सर्कुलर अर्थव्यवस्था का उत्कृष्ट उदाहरण है, जहाँ कचरे को मूल्यवान संसाधन में बदल दिया जाता है।

#### 3. जलवायु-सहनीय कृषि को सुदृढ़ करना

पीएच-आधारित बायोस्टिमुलेंट्स पोषक तत्वों के उपयोग की दक्षता और फसलों की प्रतिकूल परिस्थितियों के प्रति सहनशीलता बढ़ाते हैं, जिससे रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता कम होती है। बिना वैज्ञानिक कारण के इन्हें वापस लेना राष्ट्रीय सतत कृषि मिशन के तहत सरकार के स्थिरता लक्ष्यों की प्रगति को धीमा कर सकता है।

#### 4. किसानों के हितों की सुरक्षा करना

किसान विज्ञान-प्रेरित सुधारों के अंतिम लाभार्थी हैं। सुरक्षित और प्रभावी बायोस्टिमुलेंट्स तक पहुँच सीमित करने से वे तनावग्रस्त फसलों का कुशल प्रबंधन करने की क्षमता खो देते हैं। उत्पाद विविधता और विकल्प उपलब्ध कराना नवाचार को बढ़ावा देता है और खेत स्तर पर आर्थिक लाभ सुनिश्चित करता है।

#### 5. भारत की वैज्ञानिक विश्वसनीयता की रक्षा करना

भारत की विज्ञान-सम्मानित राष्ट्र के रूप में प्रतिष्ठा पारदर्शी और सुसंगत विनियामक निर्णयों पर निर्भर करती है। साक्ष्य के आधार पर हालिया प्रतिबंध को पुनर्विचारित करना यह पुनः स्थापित करेगा कि भारत की नीतियाँ तर्क और वैज्ञानिक आधार पर संचालित होती हैं, न कि भावनात्मक तर्कों पर।

#### आगे का रास्ता: एक रचनात्मक उपाय

- एक संतुलित समाधान बिल्कुल संभव है। सरकार निम्नलिखित कदमों पर विचार कर सकती है ताकि सार्वजनिक विश्वास बनाए रखते हुए वैज्ञानिक समुदाय का भरोसा भी बहाल हो सके:
- आईएनएम प्रभाग के अन्तर्गत एक तकनीकी समीक्षा समिति गठित की जाए, जो पशु-उत्पत्ति प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट पर उपलब्ध वैज्ञानिक डेटा, विशेषकर विषाक्तता और पर्यावरणीय प्रभाव का पुनर्मूल्यांकन करे।
- पारदर्शिता सुनिश्चित करने के लिए वैज्ञानिक और सार्वजनिक अभ्यावेदन आमंत्रित किए जाएँ, ताकि नैतिक या धार्मिक चिंताओं को प्रतिबंध के बजाय संवाद के माध्यम से संबोधित किया जा सके।
- उन अनुमोदित फॉर्मलेशनों को पुनः बहाल किया जाए, जिन्हें 2021 के ढाँचे के अंतर्गत बहु-स्तरीय वैज्ञानिक परीक्षणों में पास घोषित किया गया था, जब तक कि उसके विपरीत कोई नया प्रमाण उपलब्ध न हो।
- स्पष्ट लेबलिंग दिशानिर्देश विकसित

किए जाएँ, जिनमें पौध-आधारित और पशु-आधारित फॉर्मलेशनों के बीच अंतर को स्पष्ट रूप से दर्शाया जाए, ताकि उपयोगकर्ता को सूचित चयन करने का अधिकार मिले, बिना सिद्ध तकनीकों की उपलब्धता रोके।

ऐसे उपाय यह प्रदर्शित करेंगे कि भारत की नीति-व्यवस्था उत्तरदायी और विवेकशील है। यह सांस्कृतिक विविधता को समायोजित कर सकती है, जबकि वैज्ञानिक तर्क पर आधारित रहना भी सुनिश्चित करती है।

#### निष्कर्ष: विज्ञान को आगे बढ़ने दें

पौध या पशु किसी भी स्रोत से प्राप्त प्रोटीन हाइड्रोलाइजेट-आधारित बायोस्टिमुलेंट्स सुरक्षित, सतत और वैज्ञानिक रूप से प्रमाणित कृषि प्रौद्योगिकियों की एक श्रेणी का प्रतिनिधित्व करते हैं। गैर-वैज्ञानिक आधारों पर इन पर प्रतिबंध लगाना भारत की सतत तीव्रता और पोषक दक्षता की दिशा में हुई प्रगति को कमजोर करने का जोखिम उत्पन्न करता है। यह मुद्दा आस्था बनाम विज्ञान का नहीं है, बल्कि इस बात का है कि सार्वजनिक नीति अपने-अपने क्षेत्रों में विश्वास और साक्ष्य, दोनों का सम्मान करे। भारत ने लंबे समय से दिखाया है कि विवेकपूर्ण शासन के मार्गदर्शन में विज्ञान और संस्कृत सौहार्दपूर्वक सह-अस्तित्व रख सकते हैं। 2025 की अधिसूचना पर खुले और साक्ष्य-आधारित दृष्टिकोण से पुनर्विचार करना न केवल नीति की असंगति को दूर करेगा, बल्कि सतत कृषि में भारत की नेतृत्वकारी भूमिका को भी पुनः पुष्ट करेगा। ऐसा करके सरकार एक स्पष्ट संदेश देगी कि किसानों के कल्याण, पर्यावरणीय सुरक्षा और कृषि नवाचार से जुड़े उसके निर्णय विज्ञान, पारदर्शिता और राष्ट्रीय हित के आधार पर ही आगे भी संचालित होते रहेंगे।



# नवीकरणीय ऊर्जा: कृषि वृद्धि के लिए एक नया प्रतिमान

प्रोफेसर (डॉ.) अतुल मोहोड

atulmohod72@gmail.com

## कृषि मशीनीकरण और डीजल का अंत?

कृषि मशीनीकरण ने भारतीय किसानों की दक्षता और वैश्विक प्रतिस्पर्धा को उल्लेखनीय रूप से बढ़ाया है। स्वतंत्रता के बाद से इसमें बड़ा विकास हुआ है, जहां यांत्रिक और विद्युत स्रोत अब कुल 3.13 किलोवाट प्रति हेक्टेयर कृषि शक्ति का 95 प्रतिशत भाग बनाते हैं और पारंपरिक विधियों की जगह ले चुके हैं। यद्यपि कि कुल कृषि मशीनीकरण का स्तर अभी भी 47 प्रतिशत पर है। डीजल पर भारी निर्भरता बनी हुई है, क्योंकि ट्रैक्टर और इंजन यांत्रिक शक्ति में 76 प्रतिशत योगदान देते हैं और कृषि क्षेत्र देश के डीजल का लगभग 13 प्रतिशत उपभोग करता है। जैसे भारत को खाद्यान्न मांग पूरी करने के लिए 2030 तक 4.0 किलोवाट प्रति हेक्टेयर की आवश्यकता होगी, एक महत्वपूर्ण प्रश्न उठता है: क्या यह डीजल इंजन का अंत है, और क्या भारतीय कृषि बिजली की ओर स्थानांतरित हो सकती है? प्रगति पूरी तरह से विद्युत भविष्य की ओर बढ़ रही है।

## भविष्य है बिजली आधारित कृषि

आज बिजली भारत की कुल कृषि शक्ति का तेइस से सत्ताइस प्रतिशत भाग प्रदान करती है, जबकि 1960 के दशक में यह केवल 2.4 प्रतिशत थी। सिंचाई के लिए बिजली से चलने वाले पंपों की बढ़ती संख्या ने इस परिवर्तन को गति दी है। कृषि क्षेत्र देश की कुल बिजली का 18-20 प्रतिशत उपयोग करता है, और



यह आंकड़ा वर्तमान 200 अरब यूनिट से बढ़कर 2030 तक 252 अरब यूनिट होने का अनुमान है।

सिंचाई के अलावा, कृषि से जुड़े विविध कार्यों और कटाई के बाद की प्रक्रियाओं में भी बिजली का उपयोग तेजी से बढ़ रहा है। विद्युत मशीनों की मॉड्यूलर और दृढ़ प्रकृति उन्हें छोटे किसानों के लिए विशेष रूप से उपयुक्त बनाती है। एक प्रमुख लाभ उनकी पावर डेंसिटी है, इलेक्ट्रिक इंजन प्रति किलोग्राम 4.3 किलोवाट शक्ति उत्पन्न करते हैं, जो डीजल इंजनों की तुलना में तीन गुना अधिक है और प्रति किलोवाट आकार में 40 गुना छोटे होते हैं।

हल्के इलेक्ट्रिक औजार पहले से ही व्यापक हैं, किन्तु अगला बड़ा परिवर्तन पूर्णतः इलेक्ट्रिक ट्रैक्टरों और ट्रैक्शन मशीनों की शुरुआत से आएगा। इस बदलाव से आशा

है कि कृषि शक्ति में बिजली का भाग 27 प्रतिशत से बढ़कर अगले दस वर्षों में 40 प्रतिशत से अधिक हो जाएगा और इससे कृषि क्षेत्र की बिजली की मांग लगभग दोगुनी हो सकती है।

किन्तु यह भविष्य एक महत्वपूर्ण प्रश्न पर निर्भर करता है: क्या भारत इतनी बिजली उपलब्ध करा पाएगा? चुनौती कुल उत्पादन क्षमता की नहीं है, क्योंकि भारत अब बिजली उत्पादन में आत्मनिर्भर और अधिशेष देश है। वास्तविक समस्या है मांग का समय और बिजली वितरण कंपनियों की वित्तीय सेहत। एक बड़ा विषय कृषि बिजली का सब्सिडी आधारित ढांचा है। कृषि, जो सकल घरेलू उत्पाद में 5 प्रतिशत से भी कम योगदान देती है, देश की कुल बिजली का पांचवां भाग उपयोग करती है, वह भी प्रायः बहुत कम दरों पर या मुफ्त में। इससे वितरण कंपनियों को भारी वित्तीय हानि होती है और पूरी ऊर्जा श्रृंखला पर दबाव बढ़ता है। इसलिए दिन के समय विश्वसनीय कृषि बिजली की बढ़ती और विविध मांग को पूरा करने के लिए बिजली उत्पादन तकनीकों में और बिजली आपूर्ति के वित्तीय मॉडल में बड़ा परिवर्तन आवश्यक है।

## चुनौती दो दिशाओं में है:

पहला, हमें सुनिश्चित करना है कि खेतों को दिन में निर्बाध बिजली मिले।

दूसरा, यह भी सुनिश्चित करना है कि कृषि क्षेत्र की बढ़ती मांग से वितरण कंपनियों की

वित्तीय स्थिति और न बिगड़े।

**नवीकरणीय ऊर्जा:** कृषि वृद्धि का नया प्रतिमान

नवीकरणीय ऊर्जा का समावेशन अब एक विकल्प नहीं बल्कि आवश्यकता है। यह ऐसा नया प्रतिमान बन रहा है जो कृषि वृद्धि को पर्यावरणीय क्षरण और ग्रिड पर निर्भरता से अलग करता है। यह परिवर्तन अधिक उत्पादक, लाभदायक और जलवायु-सहिष्णु खेती का भविष्य प्रस्तुत करता है। यह प्रतिमान नवीकरणीय ऊर्जा को केवल ऊर्जा स्रोत के रूप में नहीं बल्कि एकीकृत समाधान के रूप में देखता है जो अनेक चुनौतियों का एक साथ समाधान करता है। इसके मुख्य घटक हैं:

**सौर ऊर्जा: आधार स्तंभ**

सौर ऊर्जा लंबे समय से भारत के ऊर्जा संक्रमण की दिशा में एक प्रकाशस्तंभ रही है और कृषि क्षेत्र के लिए हरित ऊर्जा का मार्ग प्रदान कर सकती है। भविष्य में कृषि क्षेत्र की ऊर्जा आवश्यकताएं सौर ऊर्जा के उपयोग के माध्यम से पूरी हो सकती हैं। सौर पीवी बिजली में प्रौद्योगिकी का विकास ऐसा त्रिस्तरीय होना चाहिए कि निकट भविष्य में संपूर्ण कृषि मशीनीकरण को कवर किया जा सके।

**1. सौर जल पंप**

ऊर्जा और जल सुरक्षा: यह दिन के समय विश्वसनीय सिंचाई बिजली प्रदान करता है जो फसलों की जल आवश्यकता के अनुरूप है। इससे भूजल दोहन को नियंत्रित करने में सहायता मिलती है और डीजल तथा बिजली बिलों में भारी कमी आती है। ऑफ ग्रिड पंप विद्युत ग्रिड पर बोझ कम करते हैं और ग्रिड से जुड़े मॉडल अतिरिक्त बिजली को वापस भेज सकते हैं, जिससे किसान उपभोक्ता और उत्पादक दोनों बन जाते हैं।

**2. कृषि फीडरों का सौरकरण**

इसके तहत समर्पित सौर संयंत्र बनाए जाते हैं जो केवल कृषि फीडरों को दिन में बिजली उपलब्ध कराते हैं। इससे किसानों को गुणवत्तापूर्ण दिन के समय बिजली मिलती है, वितरण कंपनियों पर सब्सिडी का बोझ

कम होता है क्योंकि महंगे तापीय बिजली की जगह सस्ती सौर बिजली आती है और ग्रिड स्थिरता में सुधार होता है।

**3. एग्रीवोल्टाइक्स: समन्वित भूमि उपयोग**

इसमें फसलों के ऊपर सौर पैनल लगाए जाते हैं और धूप को ऊर्जा उत्पादन तथा कृषि दोनों में साझा किया जाता है। इससे किसानों की आय बढ़ सकती है क्योंकि सौर ऊर्जा से अतिरिक्त आय का स्थिर स्रोत मिलता है और भूमि उपयोग दक्षता बढ़ती है, जिससे प्रति इकाई भूमि अधिक उत्पादन मिलता है।

**भारत सरकार ने इस क्षमता को पहचानते हुए कई योजनाएं शुरू की हैं:**

- पीएम कुसुम योजना: यह प्रमुख योजना तीन घटकों के माध्यम से स्थापित करने का लक्ष्य रखती है
  1. 10,000 मेगावाट विकेंद्रीकृत भूमि आधारित या ऊंचे ढांचे पर लगे सौर संयंत्र
  2. 20 लाख स्टैंडअलोन सौर कृषि पंप
  3. 15 लाख ग्रिड से जुड़े सौर कृषि पंप
- राष्ट्रीय सौर मिशन: इसमें कृषि क्षेत्र पर विशेष जोर दिया गया है।
- सब्सिडी और वित्तपोषण: पूंजीगत सब्सिडी और कम ब्याज दर वाले ऋण किसानों को उपलब्ध कराए जा रहे हैं ताकि ये तकनीकें उनके लिए सुलभ बन सकें।
- बायोमास और बायोएनर्जी: ग्रामीण परिपत्र अर्थव्यवस्था का निर्माण
- कृषि अवशेष से ऊर्जा: फसल अवशेष जलाने के बजाय, जो उत्तर भारत में वायु प्रदूषण का बड़ा कारण है, इसे बायोमास गैसीफायर में उपयोग कर स्थानीय आवश्यकताओं या ग्रिड के लिए बिजली उत्पन्न की जा सकती है।
- बायो सीएनजी और खाद: पशु अपशिष्ट और जैविक कचरे को बायोगैस संयंत्रों में उपयोग करने से स्वच्छ रसोई गैस यानी सीबीजी

और जैविक खाद मिलती है, जिससे उर्वरक लागत घटती है और मिट्टी की सेहत सुधरती है।

- लघु पवन ऊर्जा और हाइब्रिड प्रणाली तटीय और मैदानी क्षेत्रों में जहां तेज और स्थिर हवाएं चलती हैं, वहां छोटे पवन टर्बाइन या सौर पवन हाइब्रिड प्रणालियां अधिक स्थायी विद्युत आपूर्ति प्रदान कर सकती हैं।
- इस प्रतिमान को अपनाने से कृषि में विकास का एक सकारात्मक चक्र आरंभ होता है, जो निम्नलिखित लाभ दे सकता है:
  - किसानों के लिए आर्थिक स्थिरता, क्योंकि इनपुट लागत घटती है, अतिरिक्त आय मिलती है और फसल विविधीकरण संभव होता है।
  - पर्यावरणीय स्थिरता, क्योंकि कार्बन तटस्थता, मिट्टी और वायु गुणवत्ता में सुधार तथा जल का टिकाऊ प्रबंधन सुनिश्चित होता है।
  - ऊर्जा सुरक्षा और ग्रिड आधुनिकीकरण, क्योंकि विकेंद्रीकृत ऊर्जा उत्पादन और ग्रामीण विद्युतीकरण से कृषि आधारित उद्यमिता को बढ़ावा मिलता है।

**निष्कर्ष**

भारतीय कृषि डीजल से बिजली की ओर बढ़ रही है, जिसके लिए विश्वसनीय और स्वच्छ ऊर्जा की आवश्यकता है। नवीकरणीय ऊर्जा वह अंतिम प्रतिमान है जो कृषि क्षेत्र को एक बड़े संसाधन उपभोक्ता से समाधान प्रदान करने वाले क्षेत्र में बदल रहा है। सौर और बायोमास ऊर्जा के एकीकरण से कृषि जलवायु और ऊर्जा सुरक्षा का आधार स्तंभ बन सकती है। इस अधिक उत्पादक और लाभदायक भविष्य के लिए सरकार, संस्थानों, उद्योग और किसानों के संयुक्त प्रयास आवश्यक हैं।



# सौर ऊर्जा आधारित कृषि: भारतीय खेतों में बदलाव, किसानों को सशक्त बनाना

मनोज के. जैन

निदेशक, साईटेक रिन्यूएबल्स प्रा. लि.  
पूर्व परियोजना निदेशक, नवीन एवं नवीकरणीय ऊर्जा विभाग, हरियाणा सरकार  
संस्थापक: साईटेक फाउंडेशन

भारत का कृषि क्षेत्र जो देश की लगभग आधी आबादी की आजीविका का आधार है, एक तेजी से उभरते परिवर्तन से गुजर रहा है। सिंचाई और अन्य कृषि कार्यों के लिए केवल ग्रिड बिजली या डीजल पर निर्भर रहने के बजाय, किसान अब तेजी से सौर ऊर्जा की ओर बढ़ रहे हैं। प्रधानमंत्री-कुसुम योजना के अंतर्गत उपलब्ध सौर आधारित कृषि समाधान इस बदलाव को वास्तविक रूप दे रहे हैं, जिससे किसानों की आय बढ़ रही है, उत्पादकता में सुधार हो रहा है और ऊर्जा आपूर्ति के उतार-चढ़ाव के प्रति उनकी लचीलापन क्षमता भी बढ़ रही है।



के अंतर्गत देशभर में लगभग 8.5-9.0 लाख स्वतंत्र (स्टैंडअलोन) सौर पंप स्थापित किए जा चुके हैं। यह पिछले वर्षों की तुलना में तेज वृद्धि को दर्शाता है और कृषि-सौर क्रांति की गति को प्रतिबिंबित करता है, यद्यपि कि यह अब भी इस घटक के अंतर्गत निर्धारित 14 लाख पंपों के लक्ष्य से कम है।

डीजल के बोझ से सौर ऊर्जा के लाभ तक पारंपरिक रूप से भारत में सिंचाई पंप डीजल या ग्रिड आपूर्ति पर चलते थे, जिससे संचालन लागत में उतार-चढ़ाव, ईंधन की उपलब्धता की समस्याएँ और बिजली आपूर्ति की अनिश्चितता जैसी चुनौतियाँ उत्पन्न होती थीं। विशेष रूप से डीजल पंपों पर प्रति घंटे लगभग रू. 50-60 का खर्च आता है, साथ ही इंजन के घिसाव और मरम्मत पर क्षेत्र अनुसार इससे भी अधिक लागत लगती है। इसके अतिरिक्त, इनसे पर्यावरणीय प्रदूषण भी बढ़ता है।

## भारतीय कृषि में एक नया सवेरा

सरकार की प्रधानमंत्री-कुसुम योजना (आरम्भ: 2019) का उद्देश्य किसानों को सिंचाई और बिजली उत्पादन के लिए सौर ऊर्जा का उपयोग करने में सक्षम बनाना है। इस योजना के तीन मुख्य घटक हैं:

- घटक अ: विकेन्द्रीकृत ग्रिड-संयुक्त सौर या अन्य नवीकरणीय ऊर्जा संयंत्रों की स्थापना।
- घटक ब: स्वतंत्र (ऑफ-ग्रिड) सौर कृषि पंपों की स्थापना।
- घटक स: उपलब्ध ग्रिड-संयुक्त कृषि पंपों का सोलराइजेशन, जिसमें फीडर-स्तर सोलराइजेशन भी सम्मिलित है।

लक्ष्य अत्यंत महत्वाकांक्षी हैं-घटक अ के तहत 10,000 मेगावाट, घटक ब के तहत 14 लाख स्वतंत्र (स्टैंडअलोन) पंप, और घटक स के तहत 35 लाख उपलब्ध पंपों का सोलराइजेशन किया जाना है।

## प्रगति एवं विस्तार

हाल के सत्यापित आँकड़े दर्शाते हैं कि प्रगति उत्साहजनक रही है, यद्यपि लक्ष्यों की पूर्ण प्राप्ति में अभी अंतर बना हुआ है। वित्तीय वर्ष 2024-25 में तीव्र गति से प्रगति हुई है, जिसमें महाराष्ट्र, राजस्थान, हरियाणा, गुजरात और मध्य प्रदेश का प्रमुख योगदान रहा है।

सितंबर 2025 तक, पीएम-कुसुम घटक-ब

इसके विपरीत, एक बार सौर पंप स्थापित होने के बाद उसके जीवनकाल में "ईंधन" लागत लगभग शून्य होती है (सामान्य रख-रखाव को छोड़कर)। एक 5 एचपी सौर पंप, जो लगभग 2-3 हेक्टेयर भूमि की सिंचाई करता है, किसान को क्षेत्रीय परिस्थितियों के आधार पर प्रतिवर्ष लगभग रू. 60,000-80,000 या उससे अधिक की बचत करा सकता है।

ये बचत किसानों की क्रय-शक्ति बढ़ाती हैं, चाहे वह बीज, उर्वरक, पशुधन की खरीद हो या फिर बच्चों की शिक्षा में निवेश। सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि सौर पंप किसानों को अनिश्चित ग्रिड बिजली या डीजल टैंकरों पर निर्भरता से मुक्त करते हैं। वे सम्मान, आत्मनिर्भरता और योजनाबद्ध खेती का अवसर प्रदान करते हैं।

### सोलरइजेशन एवं हरित अर्थव्यवस्था

पीएम-कुसुम के तहत आज अनेक किसान “सौर उद्यमी” बन चुके हैं, वे न केवल अपनी सिंचाई के लिए बिजली उत्पन्न करते हैं, बल्कि कई विषयों में अधिशेष बिजली को ग्रिड को बेचकर अतिरिक्त आय भी अर्जित करते हैं। आय से आगे बढ़कर इसका एक महत्वपूर्ण पर्यावरणीय लाभ भी है: प्रत्येक सौर पंप प्रतिवर्ष लगभग 4-5 टन कार्बनडाइआक्साइड उत्सर्जन को रोक सकता है (डीजल पंपों की तुलना में)। समय के साथ और बड़े स्तर पर इसका संचयी प्रभाव भारत के जलवायु लक्ष्यों में एक सार्थक योगदान बन जाता है।

### किसानों के जीवन पर प्रभाव

सौर ऊर्जा अपनाने से सिंचाई लागत में कमी

आई है, खेती की आय बढ़ी है और समय पर, भरोसेमंद सिंचाई संभव हुई है, जिससे पैदावार में सुधार होता है और फसल हानि कम होती है। यह अतिरिक्त ऊर्जा बेचकर आय के नए स्रोत भी प्रदान करती है, जिससे किसानों की एकल फसल पर निर्भरता कम होती है। आर्थिक लाभों से आगे बढ़कर, सौर ऊर्जा किसानों को आत्मनिर्भर बनाती है, ग्रामीण क्षेत्रों की लचीलापन क्षमता को सुदृढ़ करती है और स्वच्छ हवा, कम उत्सर्जन तथा खेती समुदायों में बेहतर स्वास्थ्य को बढ़ावा देती है।

हरियाणा के सिरसा, भिवानी, हिसार जैसे जिलों में, जहाँ अब तक अधिकांश सौर प्रणालियाँ लगाई गई हैं, योजना के अंतर्गत सौर पंप अपनाने वाले किसानों ने शुद्ध आय में उल्लेखनीय वृद्धि और डीजल पर निर्भरता में कमी की सूचना दी है। कुछ सूखा-प्रवण राज्यों में पीएम-कुसुम के अंतर्गत सामुदायिक-साझा सौर सिंचाई मॉडल ने किसानों के समूहों को एक साथ एक पंप प्रणाली साझा करने में सक्षम बनाया है, जिससे भूजल की बचत और लागत में कमी हुई है। इसे “सोलर पंप ऐज अ सर्विस” जैसा मॉडल कहा जा सकता है।

नीतिगत सहायता और अतिरिक्त प्रमुख बिंदु पीएम-कुसुम की सफलता मजबूत नीतिगत समर्थन पर आधारित है। इसमें केंद्र-राज्य की साझा सब्सिडी सम्मिलित है, जिसके कारण किसानों का व्यय केवल 10-40 प्रतिशत तक रह जाता है। साथ ही, घरेलू विनिर्माण को बढ़ावा मिलता है, जो “मेक इन इंडिया” पहल को सुदृढ़ करता है। इसके अलावा, फसल बीमा, ड्रिप सिंचाई जैसी अन्य कृषि योजनाओं के साथ इसका सहज एकीकरण एक समग्र और टिकाऊ कृषि तंत्र बनाने में सहायता करता है।

जैसे-जैसे सौर प्रणालियों की स्थापना बढ़ रही है, रखरखाव तंत्र को सुदृढ़ करना और स्पेयर पार्ट्स की आसान उपलब्धता सुनिश्चित करना अत्यंत आवश्यक है। स्मार्ट नियंत्रणों के साथ एकीकृत सौर पंप भूजल के टिकाऊ प्रबंधन में सहायक हो सकते हैं, जबकि सौर आधारित कटाई-उपरांत उपयोग, जैसे सोलर ड्रायर और कोल्ड स्टोरेज किसानों की आय बढ़ाते हैं और बर्बादी घटाते हैं। इसी तरह, किसानों को प्रणाली के संचालन, वित्तीय योजना और दीर्घकालिक लाभों पर निरंतर प्रशिक्षण देना भी आवश्यक है, ताकि सौर तकनीक का अपनाना लंबे समय तक



कायम रह सके।

### चुनौतियाँ एवं भावी राह

सुदृढ़ प्रगति के बाद भी कई चुनौतियाँ बनी हुई हैं-स्थापना दर अभी भी लक्ष्यों से कम है (सितंबर 2025 तक स्टैंडअलोन पंपों के लिए लगभग 60 प्रतिशत), और कम जागरूकता, अधिक प्रारंभिक लागत तथा लॉजिस्टिक बाधाओं के कारण राज्यों के बीच अपनाने की गति असमान बनी हुई है। तकनीकी असंगतियाँ और फीडर सोलराइजेशन के आरम्भिक चरण की जटिलताएँ भी कठिनाई बढ़ाती हैं। इसके अलावा, अपर्याप्त रखरखाव नेटवर्क और सीमित मॉनिटरिंग प्रणालियाँ दीर्घकालिक प्रदर्शन को प्रभावित कर सकती हैं।



प्रगति में तेजी लाने के लिए, भारत को पे-ऐज-यू-सेव या किराया-आधारित वित्तीय मॉडल जैसी सरल वित्तीय व्यवस्थाएँ अपनानी होंगी, सौर सिंचाई को मृदा स्वास्थ्य और फसल विविधीकरण योजनाओं से जोड़ना होगा, स्थानीय सेवा नेटवर्क और विनिर्माण को मजबूत करना होगा, प्रदर्शन मॉनिटरिंग और सब्सिडी ट्रैकिंग के लिए डिजिटल प्लेटफॉर्म का उपयोग बढ़ाना होगा, और खेत-स्तरीय प्रदर्शनियों एवं किसान-नेतृत्व वाले सफलता अनुभवों के माध्यम से किसानों में जागरूकता बढ़ानी होगी।

एग्रीवोल्टैक्स - सौर-चालित कृषि का भविष्य जैसे-जैसे भारत सौर सिंचाई में आगे बढ़ रहा है, एक नई अवधारणा उभर रही है -एग्रीवोल्टैक्स, जिसमें सौर पैनल और फसलें एक ही भूमि पर साथ-साथ अस्तित्व में रहती हैं, और ऊर्जा व खाद्य उत्पादन के बीच एक शक्तिशाली समन्वय उत्पन्न करती हैं। यहाँ भूमि के लिए प्रतिस्पर्धा नहीं होती, सौर मॉड्यूल ऊँचाई पर लगाए जाते हैं या इस प्रकार से व्यवस्थित किए जाते हैं कि सूर्य का प्रकाश पौधों और फोटोवोल्टाइक सेल दोनों तक पहुँच सके।

यह द्वि-उपयोग मॉडल भारत के लिए अत्यंत उपयोगी है, जहाँ भूमि मूल्यवान है और ग्रामीण जीवन का मुख्य आधार कृषि है। गुजरात, महाराष्ट्र और तमिलनाडु में किए गए पायलट प्रोजेक्ट दिखाते हैं कि पत्तेदार सब्जियाँ, दलहन और मसाले जैसी फसलें अर्ध-छायांकित सौर पैनलों के नीचे भी अच्छी तरह पनप सकती हैं,

जबकि किसान ऊर्जा उत्पादन से भी कमाई कर सकते हैं। आरम्भिक अध्ययनों में पाया गया है कि ऊर्जा और फसल दोनों के सह-उत्पादन से कुल भूमि उत्पादकता में लगभग 30 प्रतिशत तक सुधार हो सकता है।

आगे देखते हुए, एग्रीवोल्टैक्स भारत की सौर-कृषि क्रांति की अगली बड़ी लहर बन सकता है, जो पीएम-कुसुम को टिकाऊ भूमि उपयोग और प्रिसिजन फार्मिंग के साथ जोड़ता है। एआई-आधारित सिंचाई, रीयल-टाइम डेटा एनालिटिक्स और जलवायु-स्मार्ट फसल योजना को मिलाकर यह मॉडल भारत को खाद्य सुरक्षा, जल दक्षता और नवीकरणीय ऊर्जा लक्ष्यों को एक साथ हासिल करने में सहायता कर सकता है और वास्तव में किसान को कल की हरित अर्थव्यवस्था का "प्रोज्यूर" बना सकता है।

### समृद्धि का साथी - सूर्य

कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा केवल डीजल या ग्रिड पंपों को बदलने की बात नहीं है। यह भारत के ग्रामीण भविष्य को नई दिशा देने का प्रयास है। वह सूर्य, जो कभी अच्छी फसल की आशा का प्रतीक था, आज उसी फसल के लिए पानी पहुँचाने वाले पंप को ऊर्जा प्रदान कर रहा है।

जैसे-जैसे भारत किसानों की आय दोगुनी करने और जलवायु प्रतिबद्धताओं को पूरा करने के अपने लक्ष्य की ओर बढ़ रहा है, सौर-आधारित कृषि एक निर्णायक भूमिका निभा रही है। हर

स्थापित सौर पंप सिर्फ एक तकनीक नहीं है, यह स्वच्छ, समझदार और आत्मनिर्भर कृषि का प्रतीक है।

पीएम-कुसुम योजना ने दिखाया है कि सूर्य की शक्ति केवल घरों को रोशन ही नहीं कर सकती, बल्कि एक कृषि अर्थव्यवस्था को ऊर्जा दे सकती है, किसान के जीवन को उन्नत कर सकती है और गाँवों में समृद्धि के बीज बो सकती है। भारत के खेत आज भी पुरानी हल और फावड़े की परंपरा को संभाले हुए हैं, लेकिन अब उन्हीं खेतों में चमकते हुए सौर मॉड्यूल और भविष्य की नई, उजली उम्मीद भी साथ चल रही है।

विभिन्न नवीकरणीय ऊर्जा कार्यक्रमों जैसे रूफटॉप सोलर, सोलर वाटर पंपिंग, वितरित नवीकरणीय ऊर्जा, ऊर्जा दक्षता, ऊर्जा संरक्षण, ग्रामीण आजीविका, ग्रामीण स्वच्छता और कचरा प्रबंधन के क्रियान्वयन में 38 वर्षों से अधिक के जमीनी अनुभव के साथ एक अनुभवी विशेषज्ञ।



# नवीकरणीय ऊर्जा: कृषि में विकास का नया प्रतिमान

एम. वी. अशोक

सेवानिवृत्त सी.जी.एम., नाबार्ड

## परिचय

ऊर्जा मनुष्य के जीवनयापन की एक मूलभूत आवश्यकता है। दैनिक ऊर्जा की मांग सीमित जीवाश्म ईंधन-आधारित ऊर्जा स्रोतों पर दबाव बनाती है, जो दुनिया के विभिन्न भागों में तेजी से घट रहे हैं। कृषि ऐसा क्षेत्र है जो भारत की कुल ऊर्जा खपत का लगभग 7-8 प्रतिशत उपभोग करता है। कृषि क्षेत्र में सिंचाई के लिए पानी पंप करना, विभिन्न खेती कार्यों के लिए भारी मशीनरी का उपयोग, कृषि उत्पादों का प्रसंस्करण और मूल्य संवर्धन आदि वे प्रमुख गतिविधियाँ हैं जिनसे ऊर्जा का उपयोग होता है। भोजन उत्पादन प्रणाली के पारंपरिक कृषि मॉडल से आधुनिक, तकनीक-आधारित प्रणाली की ओर बढ़ने के साथ कृषि में ऊर्जा की खपत में तेज वृद्धि हुई है।

कृषि क्षेत्र में देश के नवीकरणीय ऊर्जा लक्ष्यों को पूरा करने की बड़ी संभावनाएँ हैं, जिन्हें दो मुख्य विधियों से प्राप्त किया जा सकता है-पहला, जीवाश्म ईंधन-आधारित खेती कार्यों को नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों से बदलकर, और दूसरा, कृषि क्षेत्र से नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन में योगदान करके।

## भारत में कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा के उपयोग की संभावनाएँ

भारत में व्यावसायिक रूप से उपयोग योग्य स्रोतों से लगभग 900 गीगावाट नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता का अनुमान है। कुल नवीकरणीय क्षमता में से पवन ऊर्जा क्षमता लगभग 102 गीगावाट है (80 मीटर मास्ट ऊँचाई पर), सौर ऊर्जा क्षमता लगभग 750 गीगावाट मानी



गई है, यह मानते हुए कि कुल बंजर भूमि का 3 प्रतिशत उपलब्ध कराया जाए, बायो-एनर्जी क्षमता लगभग 25 गीगावाट है। शेष नवीकरणीय क्षमता अन्य नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों से प्राप्त होती है।

आधुनिक कृषि गैर-नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों, विशेषकर पेट्रोलियम, पर अत्यधिक निर्भर है। इन ऊर्जा स्रोतों का निरंतर उपयोग अनिश्चित काल तक संभव नहीं है, फिर भी अचानक इन पर हमारी निर्भरता समाप्त करना आर्थिक रूप से विनाशकारी होगा। इसी प्रकार ऊर्जा आपूर्ति में अचानक कटौती भी उतनी ही विघटनकारी हो सकती है। टिकाऊ कृषि प्रणालियों में गैर-नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों पर निर्भरता कम होती है और जहाँ आर्थिक रूप से संभव हो, वहाँ नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों या श्रम से उनका स्थानापन्न किया जाता है।

अधिकांश कृषि मशीनें जीवाश्म ईंधन से चलती हैं, जो ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में योगदान देकर जलवायु परिवर्तन को तेज करती हैं। इस प्रकार के पर्यावरणीय हानि को सौर, पवन, बायोमास, लघु जल-विद्युत एवं बायोफ्यूल जैसे नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों को बढ़ावा देकर कम किया जा सकता है। इन नवीकरणीय स्रोतों में कृषि क्षेत्र के लिए अपार संभावनाएँ हैं। टिकाऊ कृषि की अवधारणा इस संतुलन पर आधारित है कि फसल उत्पादकता और आर्थिक स्थिरता को अधिकतम किया जाए, जबकि सीमित प्राकृतिक संसाधनों के उपयोग और पर्यावरणीय क्षति को न्यूनतम रखा जाए। टिकाऊ कृषि मृदा के पुनर्भरण पर भी निर्भर करती है और प्राकृतिक गैस जैसी गैर-नवीकरणीय ऊर्जा के उपयोग को कम करने पर, जिसका उपयोग वायुमंडलीय नाइट्रोजन को कृत्रिम उर्वरक में बदलने में किया जाता है, साथ ही खनिज अयस्क जैसे फॉस्फेट या सिंचाई के लिए जल पंपिंग हेतु डीजल जनरेटर में उपयोग होने वाले जीवाश्म ईंधन पर। इसलिए टिकाऊ कृषि के लिए सौर फोटोवोल्टाइक जल पंप व बिजली, ग्रीनहाउस तकनीकें, कटाई-उपरांत प्रसंस्करण हेतु सौर ड्रायर और सौर जल हीटर जैसे नवीकरणीय ऊर्जा प्रणालियों को बढ़ावा देना आवश्यक है। दूरस्थ कृषि क्षेत्रों में भूमिगत सबमर्सिबल सौर फोटोवोल्टाइक जल पंप डीजल जनरेटर सेट की तुलना में अधिक आर्थिक रूप से व्यवहार्य और पर्यावरण के अनुकूल विकल्प है।

## कृषि में सौर ऊर्जा का उपयोग

भारतीय कृषि में सौर ऊर्जा का उपयोग

सिंचाई पंपों को चलाने, लागत कम करने और दक्षता बढ़ाने के लिए किया जाता है। इसके अन्य उपयोगों में ग्रीनहाउस, कोल्ड स्टोरेज, कृषि उपकरण तथा इलेक्ट्रिक फेंस को ऊर्जा प्रदान करना सम्मिलित है। भारत सरकार की पीएम-कुसुम योजना और एग्रीवोल्टैक्स जैसी अवधारणाएँ इसके उपयोग को बढ़ावा दे रही हैं, जिससे किसानों की ऊर्जा लागत और जीवाश्म ईंधनों पर निर्भरता कम हो रही है, साथ ही लाभप्रदता और टिकाऊपन बढ़ रहा है। सौर तकनीकें विद्युत या तापीय ऊर्जा का उत्पादन करती हैं। पशुपालन और दुग्ध उत्पादन में वायु और जल-तापन की पर्याप्त आवश्यकता होती है। उदाहरण के लिए, वाणिज्यिक डेयरी फार्म उपकरणों की सफाई के लिए बड़ी मात्रा में गरम पानी उपयोग करते हैं। पानी गर्म करना और दूध ठंडा करना, एक डेयरी फार्म की कुल ऊर्जा खपत का लगभग 40 प्रतिशत तक हो सकता है। सौर जल-तापन प्रणालियाँ इन गरम पानी की आवश्यकताओं का पूरा या आंशिक रूप से समाधान कर सकती हैं। इसके अतिरिक्त, ग्रीनहाउस हीटिंग, सौर फसल सुखाना तथा पानी पंप करना अन्य प्रमुख सौर उपयोग हैं।

### किसानों के लिए लाभ

- लागत में कमी
- ऊर्जा आत्मनिर्भरता
- लाभप्रदता में वृद्धि
- टिकाऊपन
- सरकारी समर्थन

### एग्रीवोल्टैक्स

एग्रीवोल्टैक्स उस प्रणाली को कहते हैं जिसमें भूमि का उपयोग एक साथ खेती और सौर ऊर्जा उत्पादन दोनों के लिए किया जाता है। इसे 'एग्रीसोलर' या 'ड्यूअल-यूज सोलर' भी कहा जाता है। इस पद्धति में सौर पैनल फसलों के ऊपर या बीच में लगाए जाते हैं, ताकि भूमि उपयोग दक्षता अधिकतम हो सके, फसलों को छाया मिले और किसानों के लिए एक नई आय का स्रोत तैयार हो। यह भूमि के प्रतिस्पर्धात्मक उपयोग को कम करता है, पानी की बचत में सहायता करता है और भोजन तथा ऊर्जा दोनों की आवश्यकताओं को एक साथ पूरा करता है। एग्रीवोल्टैक्स भूमि के दोहरे उपयोग की अनुमति देता है, जहाँ सौर पैनल फसलों या पशुधन के ऊपर लगाए जाते हैं, जिससे बिजली उत्पन्न

होती है और साथ ही पौधों के लिए छाया मिलती है तथा जल-क्षय कम होता है।

### एग्रीवोल्टैक्स के लाभ

- भूमि उपयोग दक्षता में वृद्धि
- किसान आय में वृद्धि
- जल संरक्षण
- भूमि पर प्रतिस्पर्धा में कमी
- पर्यावरणीय लाभ

### पवन ऊर्जा

पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकियाँ यांत्रिक और विद्युत, दोनों प्रकार की ऊर्जा प्रदान करती हैं। छोटे पवन ऊर्जा तंत्र पारंपरिक रूप से कृषि में उपयोग किए जा सकते हैं, जैसे यांत्रिक ऊर्जा से पानी पंप करना या अनाज पीसना। कृषि में पवन ऊर्जा का उपयोग पवन टर्बाइन के माध्यम से बिजली उत्पादन के लिए किया जाता है, जिसे खेत के कार्यों में उपयोग किया जा सकता है या ग्रिड को बेचा जा सकता है, तथा पवन चालित पंपों के माध्यम से सिंचाई और पशुओं के पानी की व्यवस्था में। इसका लाभ यह है कि पवन टर्बाइनों के आसपास फसलें उगती रह सकती हैं और पशु चर सकते हैं, जिससे भूमि का दोहरा उपयोग संभव होता है, और किसान टर्बाइनों के लिए भूमि पट्टे पर देकर अतिरिक्त आय भी कमा सकते हैं।

### कृषि में पवन ऊर्जा के उपयोग

- बिजली उत्पादन
- पानी पंप करना

### पवन ऊर्जा के एकीकरण के लाभ

- दोहरा भूमि उपयोग
- अतिरिक्त आय
- टिकाऊपन
- अवसंरचना में सुधार

### भूतापीय ऊर्जा

भूतापीय प्रौद्योगिकियाँ विद्युत या तापीय ऊर्जा उत्पन्न करती हैं। भूतापीय तरल पदार्थों का उपयोग भवनों को गर्म करने, ग्रीनहाउस में पौधों को उगाने, प्याज और लहसुन को सुखाने, मत्स्य पालन के लिए पानी गर्म करने तथा दूध के पाश्चराइजेशन जैसे कार्यों में किया जा सकता है। कृषि क्षेत्र में भूतापीय ऊर्जा के कई उपयोग हैं। भूतापीय ऊर्जा से गर्म किए गए 43

ग्रीनहाउस संचालन इकाइयों में सब्जियाँ, फूल, शोभाकार पौधे तथा वृक्षों के पौध तैयार किए जाते हैं। प्याज और लहसुन को सुखाना भूतापीय ऊर्जा का सबसे बड़ा औद्योगिक उपयोग है।

### भूतापीय ऊर्जा के लाभ

- नवीकरणीय
- विश्वसनीय
- स्वच्छ
- व्यापक रूप से उपलब्ध

### बायोमास ऊर्जा

बायोमास ऊर्जा एक नवीकरणीय स्रोत है, जिसे लकड़ी, फसल अवशेषों और कचरे जैसे जैविक पदार्थों से प्राप्त किया जाता है, जिन्हें गर्मी, बिजली या बायोफ्यूल में परिवर्तित किया जा सकता है। इसे 'कार्बन-तटस्थ' माना जाता है क्योंकि इसके जलने पर उत्सर्जित कार्बन लगभग उसी मात्रा के बराबर होता है, जिसे पौधों ने अपनी वृद्धि के दौरान वायुमंडल से अवशोषित किया था। बायोमास से ऊर्जा प्राप्त करने के मुख्य तरीकों में इसे सीधे जलाकर बिजली उत्पादन हेतु भाप बनाना, जीवाश्म ईंधनों के साथ सह-दहन करना, या इसे एथेनॉल और बायोडीजल जैसे तरल ईंधनों में परिवर्तित करना सम्मिलित है। कृषि गतिविधियों से बड़ी मात्रा में बायोमास अवशेष उत्पन्न होते हैं। बायोमास के उत्पादक उपयोग के लिए मुख्य प्रौद्योगिकियाँ निम्नलिखित हैं:

बायोमास आधारित विद्युत उत्पादन: बायोमास सामग्री से विद्युत उत्पन्न करने की तकनीक पारंपरिक कोयला-आधारित ताप विद्युत उत्पादन जैसी ही होती है।

बगास-आधारित को-जनरेशन: को-जनरेशन वह प्रक्रिया है जिसमें एक ही ईंधन का उपयोग करके क्रमिक रूप से एक से अधिक प्रकार की ऊर्जा उत्पन्न की जाती है, और यह प्रक्रिया चीनी उद्योग में अत्यंत प्रभावी रूप से लागू होती है।

बायोमास गैसीफिकेशन: बायोमास गैसीफिकेशन ठोस बायोमास को आंशिक दहन प्रक्रिया द्वारा एक दहन गैस मिश्रण में परिवर्तित करने की ताप-रासायनिक प्रक्रिया है, जिसमें वायु की आपूर्ति पूर्ण दहन के लिए आवश्यक सैद्धांतिक मात्रा



से कम रखी जाती है।

**बायोगैस ऊर्जा:** बायोगैस मुख्यतः जैविक अपशिष्टों से प्राप्त एक वैकल्पिक ऊर्जा स्रोत है। भारत में पशु अपशिष्ट पर आधारित घरेलू बायोगैस संयंत्रों की अनुमानित क्षमता 1.2 करोड़ है, जो ऊर्जा के कई अनुप्रयोगों, विद्युत उत्पादन, में उपयोग की जा सकती है।

#### बायोमास के स्रोत

- वानिकी और लकड़ी के अवशेष
- कृषि अवशेष जैसे पुआल
- ईंधन हेतु विशेष रूप से उगाई गई ऊर्जा फसलें
- उद्योग एवं घरों से उत्पन्न जैविक अपशिष्ट
- पशु और मानव अपशिष्ट

#### लाभ

- नवीकरणीय
- कार्बन न्यूट्रल
- कचरे में कमी
- जीवाश्म ईंधनों पर निर्भरता में कमी

#### भावी राह

कृषि क्षेत्र में सौर, पवन, भू-तापीय तथा बायोमास ऊर्जा के उत्पादन और उपभोग में व्यापक संभावनाएँ उपलब्ध हैं। नवीकरणीय संसाधन प्रचुर मात्रा में तथा विश्वभर में व्यापक

रूप से वितरित हैं। इनका आर्थिक मूल्यांकन नहीं किया गया है अर्थात् इन्हें मूल्य संकेतों के माध्यम से स्पष्ट रूप से समझा नहीं जा सकता। इसलिए ऐसी नीतियों की आवश्यकता है जो इन नई प्रौद्योगिकियों को पूर्ण वाणिज्यिक विकास तक पहुँचाने के लिए प्रोत्साहन प्रदान करें। कृषि ऊर्जा का प्रमुख उपभोक्ता है, और कृषि में ऊर्जा की छोटी-छोटी आवश्यकताओं के कई उदाहरण मिलते हैं, जैसे सुखाना, लघु स्तर पर प्रसंस्करण, मक्का पिसाई, मड़ाई, मिलिंग, संरक्षण (शीत कक्ष), छंटाई और पैकेजिंग, जुताई, सिंचाई/पानी पिलाना इत्यादि। कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा का उपयोग मुख्यतः उत्पादक कार्यों के लिए प्राथमिकता से किया जाना चाहिए। सौर फोटोवोल्टाइक प्रणालियाँ कृषि में विभिन्न उपयोगों के लिए अपनाई जा सकती हैं, जैसे-पोल्ट्री फार्म में शीतलन, ताप नियंत्रण और अतिरिक्त प्रकाश, सिंचाई (टपक सिंचाई सहित), चराई प्रबंधन हेतु विद्युत बाड़, कीट नियंत्रण, पशु चिकित्सालय, फलों के संरक्षण हेतु शीत-गृह, पशुओं के पीने के पानी के बिंदु, मत्स्यपालन हेतु एरेशन पंप, अंडा इन्क्यूबेटर, अनाज सुखाने वाले यंत्र, एग्रो-प्रोसेसिंग आदि। कृषि ऊर्जा के प्रति दोहरा योगदान देती है, यह ऊर्जा का बड़ा उपभोक्ता भी है और नवीकरणीय ऊर्जा, विशेषकर बायोएनर्जी, का एक प्रमुख स्रोत भी। ऊर्जा और कृषि बायोएनर्जी के

माध्यम से पूर्णतः जुड़े हुए हैं और यह समन्वय उत्पन्न कर सकते हैं जिससे किसान ऊर्जा का उत्पादन कर सके, एग्रो-इंडस्ट्री ऊर्जा संतुलन में योगदान दे सके, जैसे चीनी मिलों में बगास का उपयोग, जबकि साथ ही यह भी सत्य है कि बायोएनर्जी कृषि की विविधता की कमी से प्रभावित होती है। वैकल्पिक ऊर्जा स्रोत ग्रामीण विकास का समर्थन करते हैं क्योंकि वे ग्रामीण जनसँख्या को नए अवसर प्रदान करते हैं, नई अवसररचना का निर्माण करते हैं, विविधीकरण को बढ़ावा देते हैं और ग्रामीण क्षेत्रों में नए निवेश आकर्षित करते हैं। वैकल्पिक एवं नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत सामाजिक, आर्थिक और पर्यावरणीय तीनों दृष्टिकोणों से विकास पहलों की स्थिरता पर प्रभाव डालते हैं। नवीकरणीय ऊर्जा, विशेषकर बायोएनर्जी, पर्यावरणीय स्थिरता और उत्पादकता सुधार, दोनों ही दृष्टिकोणों से सतत विकास को सुदृढ़ करने में महत्वपूर्ण योगदान दे सकती है।



# मोरिंगा: स्वास्थ्य और संपदा का वृक्ष

तुषार रंजन साहू, ए. भास्करन एवं शैक एन. मीरा

आईसीएआर-अटारी, जोन-दस, हैदराबाद

## परिचय:

मोरिंगा ओलिफेरा, जिसे “चमत्कारी वृक्ष” के नाम से जाना जाता है, उष्णकटिबंधीय और उपोष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में अच्छी तरह बढ़ता है और माना जाता है कि इसका उद्गम भारत, पाकिस्तान, बांग्लादेश और अफगानिस्तान में हुआ। यह मोरिंगेसी परिवार का एक तेजी से बढ़ने वाला पर्णपाती वृक्ष है जिसकी जड़ें कंदमूल जैसी होती हैं, हल्के हरे पत्ते, प्रचुर मात्रा में फूल और लटके हुए फल होते हैं जिनमें बीज पाए जाते हैं। यह 13 प्रजातियों वाले परिवार से संबंध रखता है, परंतु एम. ओलेफेरा अपनी पोषण, औषधीय और कृषि उपयोगिताओं के कारण सबसे अधिक प्रसिद्ध है। यह सूखे क्षेत्रों में अच्छी तरह बढ़ता है और विभिन्न प्रकार की मिट्टी, विशेषकर अच्छी जलनिकासी वाली बलुई या दोमट मिट्टी (पीएच 5 से 9) में जीवित रह सकता है। इस पौधे को “मिरेकल ट्री” इसलिए कहा जाता है क्योंकि इसके लगभग हर भाग, जैसे पत्तियाँ, जड़ें, बीज, छाल का उपयोग भोजन, दवा या घरेलू उत्पादों में किया जाता है। यह सूखा-सहिष्णु वृक्ष आवश्यक पोषक तत्वों का सबसे किफायती स्रोत है और कुपोषण से लड़ने में विशेष रूप से शिशुओं और स्तनपान कराने वाली माताओं के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है। मोरिंगा पोषण का समृद्ध स्रोत है क्योंकि इसकी पत्तियों, फली और बीजों में कई आवश्यक फाइटोकेमिकल्स उपस्थित होते हैं। वास्तव में, कहा जाता है कि मोरिंगा में, संतरे से 7 गुना अधिक विटामिन, गाजर से 10 गुना अधिक विटामिन, दूध से 17 गुना अधिक कैल्शियम,



दही से 9 गुना अधिक प्रोटीन, केले से 15 गुना अधिक पोटैशियम, पालक से 25 गुना अधिक आयरन होता है। कम लागत, अधिक पोषण मूल्य और कठोर जलवायु में जीवित रहने की क्षमता के कारण मोरिंगा ओलेफेरा को ग्रामीण क्षेत्रों में कुपोषण से निपटने, खाद्य सुरक्षा बढ़ाने, स्वास्थ्य सुधारने और पर्यावरणीय स्थिरता को सुदृढ़ करने का एक मूल्यवान संसाधन माना जाता है।

मोरिंगा वृक्ष का लगभग हर भाग उपयोगी है। इसकी पत्तियाँ बीटा-कैरोटीन, कैल्शियम और पोटैशियम से भरपूर होती हैं और स्वास्थ्य पेयों जैसे ‘जीजा’ में उपयोग की जाती हैं। सूखी पत्तियों में लगभग 70: ओलेइक एसिड होता है, जिससे इन्हें माइस्चराइजर बनाने में

उपयोग किया जाता है। छाल का पारंपरिक उपयोग अल्सर, दांतदर्द और उच्च रक्तचाप के उपचार में किया जाता है। जड़ों का उपयोग दांतदर्द, परजीवी कृमियों और लकवा प्रबंधन में किया जाता है। फूल अल्सर और प्लीहा से संबंधित समस्याओं में सहायक माने जाते हैं और इन्हें प्राकृतिक कामोत्तेजक के रूप में भी प्रयोग किया जाता है। आयुर्वेद में इसका उपयोग अस्थमा, मिर्गी, आंख और त्वचा रोग, बुखार तथा बवासीर के इलाज में किया जाता है।

मोरिंगा केवल घरेलू उपयोग के लिए पौष्टिक पौधा ही नहीं है इसका औद्योगिक और व्यावसायिक दृष्टि से भी बहुत बड़ा महत्व है। मोरिंगा वृक्ष के विभिन्न भाग (पत्तियाँ, बीज, फली, छाल और जड़ें) खाद्य, स्वास्थ्य, कॉस्मेटिक्स, कृषि और उद्योग में मूल्य-वर्धित उत्पादों में बदले जा सकते हैं।

## मोरिंगा ओलिफेरा का पोषक संरचना

### 1. मोरिंगा पत्तियाँ

- ताजी पत्तियाँ प्रोटीन, विटामिन (विशेष रूप से। और ब्), कैल्शियम, आयरन और एंटीऑक्सीडेंट से भरपूर होती हैं।
- सूखी पत्तियाँ और पाउडर अधिक सघन होते हैं, जिनमें प्रोटीन (लगभग 30 प्रतिशत), कैल्शियम (2000 मिग्रा से अधिक) और आयरन (28 मिग्रा तक) पाए जाते हैं।
- पत्तियाँ सभी आवश्यक अमीनो एसिड

- प्रदान करती हैं और इनमें ओमेगा-3 तथा ओमेगा-6 जैसे स्वस्थ वसा अम्ल होते हैं।
- इनका कैलोरी मान कम होता है, जिससे यह वजन-सचेत आहार के लिए उपयुक्त हैं।
- इनमें फ्लेवोनॉयड्स, फिनोलिक्स और आइसोथायोसायनेट्स जैसे महत्वपूर्ण फाइटोकेमिकल्स होते हैं, जो रोग प्रतिरोधक क्षमता और एंटी-कैंसर क्रियाओं में सहायक हैं।

## 2. मोरिंगा फलियाँ (ड्रमस्टिक)

- आमतौर पर सब्जी के रूप में उपयोग की जाती हैं।
- आहार रेशे से भरपूर, जिससे पाचन सुधरता है और कोलन रोगों का जोखिम कम होता है।
- कच्ची फलियों में लगभग 46 प्रतिशत रेशा और 20 प्रतिशत प्रोटीन पाया जाता है।
- विटामिन सी अधिक मात्रा में, जबकि पोटैशियम और फॉस्फोरस मध्यम मात्रा में उपस्थित होते हैं।
- इनमें लाभकारी फैटी एसिड और कुछ आवश्यक खनिज अल्प मात्रा में पाए जाते हैं।

## 3. मोरिंगा बीज

- बीजों में 40 प्रतिशत तक खाद्य तेल होता है, जो मुख्य रूप से ओलिक एसिड (हृदय के लिए लाभकारी मोनो-अनसैचुरेटेड फैट) से बना होता है।
- इनमें प्रोटीन की मात्रा भी अधिक होती है (लगभग 36 प्रतिशत) और कैल्शियम, मैग्नीशियम तथा आयरन अच्छी मात्रा में पाए जाते हैं।
- प्राकृतिक कोएगुलेंट गुणों के कारण बीजों का उपयोग पानी शुद्ध करने में भी किया जाता है।
- बीजों में एंटीऑक्सीडेंट और औषधीय उपयोग वाली प्राकृतिक यौगिक भी उपस्थित होते हैं।

## 4. मोरिंगा के फूल

- सामान्य रूप से कम खाए जाते हैं, किन्तु इनमें आवश्यक अमीनो अम्ल, स्वस्थ वसा अम्ल और एंटीऑक्सीडेंट प्रचुर मात्रा में पाए जाते हैं।

- इनमें लिनोलिक, लिनोलेनिक और ओलिक एसिड पाए जाते हैं, जो हृदय और मस्तिष्क के स्वास्थ्य के लिए महत्वपूर्ण हैं।
- मोरिंगा के फूलों का उपयोग फंक्शनल आहारों, हर्बल चाय और पारंपरिक औषधियों में किया जा सकता है।

## पोषण संबंधी लाभ

- पत्तियाँ सबसे अधिक पोषक तत्वों से भरपूर हिस्सा हैं विशेष रूप से प्रोटीन, कैल्शियम, आयरन और विटामिन ए, सी एवं ई से समृद्ध।
- फलियाँ (पाँड़स) रेशे और विटामिन सी का उत्कृष्ट स्रोत हैं, जो पाचन स्वास्थ्य के लिए आदर्श हैं।
- बीज स्वस्थ वसा और प्रोटीन का भंडार हैं, और पोषण के साथ-साथ जल शुद्धिकरण में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।
- फूल संतुलित अमीनो अम्ल, पौधों आधारित वसा और एंटीऑक्सीडेंट प्रदान करते हैं।
- कम कैलोरी, विशेषकर पत्तियाँ और फलियाँ वजन नियंत्रण के लिए लाभदायक।
- फाइटोकेमिकल्स से भरपूर, इनमें एंटीऑक्सीडेंट, फ्लेवोनॉयड्स, टैनिन, अल्कलॉइड्स, और ग्लुकोसिनोलेट्स व आइसोथायोसायनेट्स जैसे एंटी-कैंसर यौगिक पाए जाते हैं।
- सुरक्षित एंटी-न्यूट्रिएंट्स, फाइटेट्स और ऑक्सालेट्स की थोड़ी मात्रा उपस्थित होती है, जो सामान्य मात्रा में सेवन करने पर हानिकारक नहीं होती। सुखाने या पकाने पर ये और कम हो जाते हैं।

## मोरिंगा ओलिफेरा के स्वास्थ्य लाभ

मोरिंगा, जिसे 'चमत्कारी वृक्ष' कहा जाता है, एंटीऑक्सीडेंट, विटामिन, खनिज और औषधीय यौगिकों से भरपूर है। यह कई बीमारियों की रोकथाम और प्रबंधन में सहायक है।

## 1. मधुमेह प्रबंधन

- टाइप 1 और टाइप 2 दोनों प्रकार के मधुमेह को नियंत्रित करने में सहायक।
- रक्त शर्करा को कम करता है और इंसुलिन की क्रिया में सुधार करता है।

- अग्न्याशय की कोशिकाओं की रक्षा करता है और मधुमेह से होने वाली जटिलताओं को रोकता है।

## 2. कैंसर की रोकथाम

- इसमें आइसोथायोसायनेट्स और नियाजिमिसिन जैसे एंटी-कैंसर गुण वाले यौगिक पाए जाते हैं।
- ट्यूमर की वृद्धि को धीमा करता है और हानिकारक कोशिकाओं की प्राकृतिक मृत्यु को बढ़ावा देता है।
- कैंसर कोशिकाओं को निशाना बनाते समय सामान्य कोशिकाओं की रक्षा करता है।

## 3. अन्य स्वास्थ्य लाभ

### 4. पौधे के विभिन्न भागों के औषधीय उपयोग

**मोरिंगा ओलिफेरा से मूल्य-वर्धित उत्पाद:** मोरिंगा ओलिफेरा के पत्ते, बीज, फली, फूल और जड़ों से अनेक पोषक, औषधीय तथा वाणिज्यिक उत्पाद तैयार किए जाते हैं।

स्थिति	लाभ
मस्तिष्क स्वास्थ्य	स्मरण शक्ति में सुधार करता है और स्ट्रोक व डिमेंशिया से सुरक्षा देता है
गुर्दा स्वास्थ्य	यूरिया/क्रिएटिनिन कम करता है, गुर्दों को क्षति से बचाता है
पेट के छाले	अम्लता कम करता है और घाव भरने में सहायता करता है
गठिया	जोड़ों के दर्द और सूजन से राहत देता है
संक्रमण	बैक्टीरिया और फंगस से लड़ता है, प्राकृतिक जीवाणुनाशक
प्रतिरक्षा (एचआईवी/एड्स)	प्रतिरक्षा शक्ति बढ़ाने में सहायता कर सकता है (अनुसंधान जारी)

**मोरिंगा ओलिफेरा के औद्योगिक उपयोग:**  
मोरिंगा ओलिफेरा न केवल पोषण और

पौधे का भाग	उपयोग
पत्तियाँ	मधुमेह-रोधी, कैंसर-रोधी, जीवाणुरोधी, एंटीऑक्सीडेंट, मस्तिष्क-सुरक्षात्मक
बीज	गठिया, संक्रमण, मिर्गी और सूजन के उपचार में उपयोगी
जड़ें	अल्सर में राहत, हृदय को उत्तेजित करने वाला, मांसपेशियों को शिथिल करने वाला
फूल	कोलेस्ट्रॉल नियंत्रण, जोड़ों और मूत्र संबंधी स्वास्थ्य में सहायक
फली	पाचन में सहायकसहायता, यकृत कार्य में सुधार, और जोड़ों के दर्द में राहत

औषधीय दृष्टि से महत्वपूर्ण है, बल्कि इसके विशिष्ट जैव-सक्रिय यौगिकों और कार्यात्मक गुणों के कारण कई उद्योगों में अहम भूमिका निभाता है।

### 1. मोरिंगा की पत्तियों से

उत्पाद प्रकार	विवरण/उपयोग
पत्ती पाउडर	विटामिन और प्रोटीन के लिए आहार अनुपूरक के रूप में उपयोग
हर्बल चाय	सूखी पत्तियों से तैयारय एंटीऑक्सीडेंट से भरपूर
कैप्सूल/टैबलेट	प्रतिरक्षा और ऊर्जा बढ़ाने वाले स्वास्थ्य अनुपूरक
मोरिंगा जूस	पोषक तत्वों से भरपूर पेय, औषधीय लाभों सहित
पशु आहार	पशुधन और मुर्गी के लिए उच्च प्रोटीन युक्त पूरक

### 2. मोरिंगा के बीजों से

उत्पाद प्रकार	विवरण/उपयोग
मोरिंगा तेल (बेनऑयल)	ओलिक अम्ल से भरपूर खाद्य तेलय पकाने और सौंदर्य प्रसाधनों में उपयोग
जल शोधक	पिसे हुए बीज प्राकृतिक जमावटकारी के रूप में जल शोधन में उपयोग
सीड केक	तेल निकासी के बाद उर्वरक और पशु आहार के रूप में उपयोग

### 3. मोरिंगा की फलियों से

उत्पाद प्रकार	विवरण/उपयोग
सब्जीत्पाद	सूप, करी, अचार और जमे हुए मिश्रणों में उपयोग
रेडी-टू-कुक मिक्स	सूखी फली-आधारित खाद्य उत्पाद, जल्दी पकाने के लिए तैयार

### 4. मोरिंगा के फूलों से

उत्पाद प्रकार	विवरण/उपयोग
खाद्य पदार्थ	पारंपरिक व्यंजनों और हर्बल रेसिपी में उपयोग
औषधीय टिंचर	सूजन-रोधी और मूत्र स्वास्थ्य के लिए उपयोग

### 5. मोरिंगा की जड़ और छाल से

उत्पाद प्रकार	विवरण/उपयोग
हर्बल एक्सट्रैक्ट	पारंपरिक चिकित्सा में पाचन और हृदय संबंधी लाभों के लिए उपयोग

### 6. कॉस्मेटिक और पर्सनल केयर उत्पाद

उत्पाद प्रकार	विवरण/उपयोग
फेस क्रीम और लोशन	त्वचा को नमी प्रदान करने और एंटीऑक्सीडेंट सुरक्षा के लिए
हेयर ऑयल और शैम्पू	बालों की वृद्धि और स्कैल्प स्वास्थ्य को बढ़ावा देने के लिए
साबुन	जड़ी-बूटी आधारित सफाई, जीवाणुरोधी गुणों के साथ

#### 1. फार्मास्यूटिकल उद्योग

- हर्बल दवाएँ: पत्तियाँ, बीज और जड़ें कैप्सूल, टैबलेट और सिरप बनाने में उपयोग होती हैं।
- प्राकृतिक एंटीऑक्सीडेंट: इसके अर्क एंटी-एजिंग, प्रतिरक्षा बढ़ाने और मधुमेह नियंत्रण के फॉर्मूलेशन में उपयोग किए जाते हैं।
- कैंसर अनुसंधान: निआजिमिसिन और आइसोथायोसायनेट जैसे यौगिकों का कैंसर-रोधी क्षमता के लिए अध्ययन किया जा रहा है।

#### 2. न्यूट्रास्यूटिकल उद्योग

- आहार अनुपूरक: पत्ती पाउडर और अर्क प्रोटीन पाउडर, हेल्थ ड्रिंक और एनर्जी बार में उपयोग।
- फंक्शनल फूड्स: मोरिंगा से समृद्ध आटा, सूप, स्नैक्स और पेय पदार्थ।

#### 3. कॉस्मेटिक एवं पर्सनल केयर उद्योग

- स्किनकेयर उत्पाद: मोरिंगा तेल क्रीम, लोशन, साबुन और एंटी-एजिंग सीरम में उपयोग।
- हेयर केयर: शैम्पू, कंडीशनर और तेलों में स्कैल्प स्वास्थ्य और बालों की मजबूती के लिए उपयोग।
- साबुन निर्माण: इसके जीवाणुरोधी और मॉइस्चराइजिंग गुणों के कारण।

#### 4. फूड प्रोसेसिंग उद्योग

- प्राकृतिक संरक्षक: पत्ती और बीज के अर्क

एंटीऑक्सीडेंट व जीवाणुरोधी प्रभावों के कारण संरक्षक के रूप में उपयोग।

- फ्लेवर एन्हांसर: सूखा पत्ती पाउडर खाद्य उत्पादों में पोषण और स्वाद मूल्य बढ़ाता है।
- खाद्य तेल: मोरिंगा बीज तेल (बेन ऑयल) स्थिर, गंधहीन और उच्च गुणवत्ता वाले कुकिंग ऑयल ब्लेंड में उपयोग।

## 5. जल शोधन उद्योग

- प्राकृतिक जमावटकारी: पिसे हुए मोरिंगा बीज अशुद्ध जल को साफ करने में उपयोग, जिससे गंदगी नीचे बैठ जाती है।
- पर्यावरण-अनुकूल विकल्प: एलम और अन्य रसायनों का कम लागत वाला, बायोडिग्रेडेबल विकल्प प्रदान करता है।

## 6. कृषि और पशु आहार उद्योग

- ग्रीन मैन्योर और बायोफर्टिलाइजर: तेल निकासी के बाद बचा सीड केक पोषक तत्वों से भरपूर होता है।
- पौध वृद्धि प्रमोटर: मोरिंगा पत्ती का अर्क प्राकृतिक बायो-स्टिमुलेंट की तरह कार्य करता है।
- पशु आहार पूरक: पत्तियों और फलियों से बना उच्च-प्रोटीन आहार पशुधन के स्वास्थ्य और उत्पादकता को बढ़ाता है।

## 7. वस्त्र और रंगाई उद्योग

- प्राकृतिक रंग स्रोत: छाल और जड़ें पारंपरिक रंगाई में उपयोग होती हैं।
- कपड़ा फिनिशिंग: मोरिंगा बीज का अर्क कपड़ों में जीवाणुरोधी फिनिशिंग के लिए उपयोग किया जा सकता है।

## 8. बायोफ्यूल और लुब्रिकेंट उद्योग

- बायोफ्यूल क्षमता: मोरिंगा बीज तेल को बायोडीजल में बदला जा सकता है।
- औद्योगिक लुब्रिकेंट: उच्च ओलिक अम्ल मात्रा के कारण मशीनों और प्रिंसीजन उपकरणों में उपयोग योग्य।

**पशु एवं मत्स्य क्षेत्र में मोरिंगा का उपयोग:** मोरिंगा ओलिफेरा अपनी उच्च पोषकता, औषधीय गुणों और वृद्धि-प्रोत्साहक प्रभावों के कारण पशुधन और मत्स्य पालन में तेजी से उपयोग बढ़ा रहा है।

## 1. पशु आहार पूरक

मोरिंगा पत्तियाँ और फलियाँ प्रोटीन, विटामिन ए, बी एवं सी, कैल्शियम और आयरन के उत्कृष्ट स्रोत हैं। इन्हें गाय, मुर्गी, बकरी और सूअर के आहार में सम्मिलित करने से वजन वृद्धि में सुधार, दूध उत्पादन में बढ़ोतरी, अंडा उत्पादन और गुणवत्ता में सुधार, प्राकृतिक कृमिनाशक और प्रतिरक्षा-वर्धक प्रभाव, दुग्ध गायों में मोरिंगा पत्ती चारा देने से दूध और बटरफैट दोनों बढ़ते हुए पाए गए हैं।

## 2. चारा और साइलज

मोरिंगा पत्तियाँ ताजे या संरक्षित रूप में साइलज के रूप में उपयोग होती हैं। अत्यधिक सुपाच्य, स्वादिष्ट, जिससे पशु आसानी से खाते हैं, पारंपरिक चारे के साथ मिलाने पर कुल पोषण बढ़ाता है।

## 3. मोरिंगा सीड केक

तेल निकालने के बाद बचा सीड केक, उच्च प्रोटीन युक्त पशु आहार, साथ ही प्रभावी प्राकृतिक उर्वरक, यह पशुपालन और फसल उत्पादन दोनों में मूल्य जोड़ता है।

## 4. मत्स्य पालन (एक्वाकल्चर) में मोरिंगा

मोरिंगा पत्ती भोजन मछलियों और झींगा के लिए फीड ऐडिटिव के रूप में उपयोग हो रहा है। इससे, तेज वृद्धि, बेहतर जीवित रहने की क्षमता, बेहतर फीड कन्वर्जन रेश्यो, रोग प्रतिरोधक क्षमता में वृद्धि, टिलापिया, कतला, रोहू, और कॉमन कार्प जैसी मछलियों में विशेष लाभ देखा गया है।

## 5. स्वास्थ्य एवं औषधीय लाभ

यह प्राकृतिक एंटीबायोटिक और एंटीऑक्सीडेंट का काम करता है, तनाव और रोगों की कमी, आंत स्वास्थ्य में सुधार, सूजन कम करना, चयापचय कार्यों को बेहतर बनाना इसके अन्य लाभ हैं।

## 6. पर्यावरणीय लाभ

रूमिनेंट पशुओं में मिथेन उत्सर्जन कम करने में सहायता करता है। शुष्क और बंजर भूमि पर आसानी से उगने वाला पौधा है। जलवायु-संकटग्रस्त क्षेत्रों में वर्ष भर चारा उत्पादन हेतु उत्तम विकल्प है।

## मोरिंगा ओलिफेरा के कृषि उपयोग

मोरिंगा ओलिफेरा अपने एंटीफंगल, वृद्धि-प्रोत्साहक और तनाव-रोधी गुणों के कारण कृषि में व्यापक उपयोग रखता है।

## प्राकृतिक फंगीसाइड:

- मोरिंगा की पत्तियों, जड़ों, बीज तेल और फली के अर्क ने फ्यूसेरियम, अल्टरनेरिया, राइजोक्टोनिया, स्कलेरोटियम और मेक्रोफोमिन जैसे रोगकारक कवकों के विरुद्ध एंटीफंगल प्रभाव दिखाया, जिससे बीजाणुओं का अंकुरण और वृद्धि कम हुई।
- मोरिंगा बीज तेल और पत्ती अर्क ने आलू में अल्टरनेरिया सोलानी द्वारा होने वाले अर्ली ब्लाइट को प्रभावी रूप से नियंत्रित किया और कंद उपज में वृद्धि की।

## फसल वृद्धि बढ़ाने वाला:

- सेब: 6 प्रतिशत फोलियर स्प्रे से 'एना' सेब में वृद्धि, फल सेट, उपज और जलवायु तनाव के प्रति सहनशीलता बढ़ी।
- आलूबुखारा: छिड़काव से "हॉलीवुड" प्लम में उपज, फल भार, गुणवत्ता और एंटीऑक्सीडेंट स्तर बढ़े।
- सलाद पत्ता (लेट्यूस): 5 प्रतिशत बीज ड्रेंचिंग और 10 प्रतिशत फोलियर स्प्रे से लवणीय तनाव में बेहतर वृद्धि, क्लोरोफिल और पोषक तत्व (एन, पी, के) में वृद्धि तथा नाइट्रेट स्तर में कमी हुई।
- आलू और लेट्यूस: पत्ती अर्क और सीड केक से पौधों की वृद्धि, क्लोरोफिल मात्रा और समग्र पौध स्वास्थ्य में सुधार हुआ।

## मृदा और सूक्ष्मजीव स्वास्थ्य:

- मोरिंगा के उपयोग से मिट्टी की माइक्रोबियल गतिविधि, पत्तियों में पोषक तत्व की मात्रा, फल की गुणवत्ता और फसल उपज में वृद्धि पाई गई।

## मृदा संशोधन:

- मोरिंगा सीड केक को वर्मीकम्पोस्ट के साथ 50:50 अनुपात में मिलाने से सेब के पेड़ों की वृद्धि और उत्पादकता बढ़ी।

**जलवायु-लचीला फसल के रूप में मोरिंगा:**

मोरिंगा (मोरिंगा ओलिफेरा) को जलवायु-

सहिष्णु फसल माना जाता है क्योंकि यह प्रतिकूल परिस्थितियों-सूखा, कम उर्वरता, और सीमित संसाधनों में भी अच्छी तरह पनपता है।

यह टिकाऊ कृषि और सूखा-प्रभावित क्षेत्रों में वर्षभर उत्पादन के लिए एक आदर्श विकल्प है।

### मोरिंगा की जलवायु-लचीली विशेषताएँ

#### 1. सूखा-सहनशील

मोरिंगा अपनी अद्भुत क्षमता के कारण कठिन परिस्थितियों में भी वृद्धि कर सकता है, इसलिए इसे जलवायु-सहिष्णु फसल माना जाता है।

- यह सूखा-प्रवण और संसाधन-गरीब क्षेत्रों के लिए अत्यंत उपयुक्त है।
- एक बार स्थापित हो जाने पर बहुत कम पानी में भी जीवित रहता है।
- 250-300 मिमी वार्षिक वर्षा वाले अर्ध-शुष्क व शुष्क क्षेत्रों में भी अच्छी तरह पनपता है।
- लंबे सूखे काल में भी सिंचाई के बिना जीवित रह सकता है।

#### 2. गर्मी-सहनशील

- यह 25°से. से 48°से. तक के उच्च तापमान में भी अच्छी तरह वृद्धि करता है।
- तीव्र धूप और गर्मी में भी पत्तियाँ और फलियाँ निरंतर उत्पन्न करता रहता है।
- कम उपजाऊ मिट्टी की स्थितियों में भी अनुकूलन क्षमता रखता है।

#### 3. दुर्बल मिट्टी में वृद्धि

- कम उर्वरता वाली, रेतीली या पत्थरीली मिट्टी में भी उग सकता है।
- हल्की अम्लीय से हल्की क्षारीय मिट्टी को सहन करता है।
- बहुत कम या बिना उर्वरक के भी अच्छी उपज दे सकता है।

#### 4. तीव्र वृद्धि एवं बहुवर्षीय प्रकृति

- मोरिंगा एक तेजी से बढ़ने वाला बहुवर्षीय पेड़ है।
- पहले ही वर्ष में 3-5 मीटर ऊँचाई तक पहुँच सकता है।
- पत्तियों और फली की वर्षभर कई बार कटाई की जा सकती है।
- कॉपिंग (काटकर पुनः बढ़ाना) की क्षमता

मजबूत है, जिससे सालभर भोजन और चारा उपलब्ध रहता है।

#### 5. कम लागत, अधिक उत्पादन

- बहुत कम कृषि रसायनों की आवश्यकता।
- छोटे और सीमांत किसानों के लिए प्रबंधन आसान।
- एग्रोफॉरेस्ट्री और मिश्रित खेती प्रणालियों में अत्यधिक उपयोगी।

#### 6. मिट्टी और पर्यावरण के लाभ

- गहरी जड़ें मिट्टी कटाव रोकती हैं और मिट्टी की संरचना सुधारती हैं।
- कार्बन अवशोषण में योगदान देकर जलवायु परिवर्तन में कमी लाने में सहायता करता है।
- पुनर्वनीकरण और बंजर भूमि पुनर्स्थापन में व्यापक उपयोग।

#### 7. जलवायु संकट में आजीविका समर्थन

- पोषक भोजन, पशु चारा और आय का स्थिर स्रोत प्रदान करता है।
- सूखे और जलवायु अनिश्चितताओं के दौरान एक सुरक्षित “सुरक्षा फसल” की तरह कार्य करता है।
- ग्रामीण समुदायों के लिए टिकाऊ आजीविका का एक महत्वपूर्ण समर्थन बनता है।

#### प्रभाव की कहानी

मोरिंगा में मूल्य संवर्धन - एक सफल उद्यम मॉडल

#### केस स्टडी: 1

मोरिंगा उद्यमी: श्रीमती पोन्नारासी, डिंडिगुल जिला

श्रीमती पोन्नारासी, डिंडिगुल जिले के गुजिलियमपारई ब्लॉक की एक प्रगतिशील कृषक महिला हैं। वे लगभग 20 एकड़ क्षेत्र में मोरिंगा की खेती करती हैं। अच्छी पैदावार होने के बाद भी, बाजार मूल्य में बार-बार होने वाले उतार-चढ़ाव ने उनकी आय पर गंभीर असर डाला, जिससे परिवार का भरण-पोषण करना और बच्चों की शिक्षा का खर्च उठाना कठिन हो गया। टिकाऊ आजीविका समाधान की तलाश

में उन्होंने तमिलनाडु के डिंडिगुल स्थित जट्टज से संपर्क किया, जिसने उन्हें कच्चा मोरिंगा बेचने के बजाय मूल्य संवर्धित उत्पादों के प्रसंस्करण की ओर बढ़ने का मार्गदर्शन दिया ताकि आय स्थिर और लाभदायक हो सके।

उन्होंने केवीके, डिंडिगुल में चार दिवसीय प्रशिक्षण कार्यक्रम में भाग लिया, जिसमें मोरिंगा पत्ती एवं फल पाउडर, इंस्टेंट सूप मिक्स, न्यूट्री मिक्स, सीड ऑयल और मोरिंगा साबुन बनाने का कौशल सीखा। इन कौशलों के साथ उन्होंने एक होम-बेस्ड उद्यम स्थापित किया, एफएसएसएआई प्रमाणन प्राप्त किया, और उत्पाद परीक्षण एवं सुधार के लिए प्थञ्जु, तंजावुर से तकनीकी सहयोग मिला। केवीके के ब्रांडिंग और मार्केटिंग समर्थन तथा “अरासी मोरिंगा” ब्रांड नाम के तहत कृषि प्रदर्शनियों और मेलों में सक्रिय भागीदारी ने उनकी खेती को उच्च मूल्य वाले, लाभदायक उत्पादों में बदल दिया। इस प्रकार उन्होंने स्वयं को एक सफल मोरिंगा उद्यमी के रूप में स्थापित किया।

#### उपलब्धियाँ

अब वे अपने ब्रांड “अरासी मोरिंगा” के तहत विभिन्न मूल्य संवर्धित मोरिंगा उत्पादों का उत्पादन और विपणन करती हैं:

- मोरिंगा लीफ पाउडर - ₹.400/किलोग्राम
- मोरिंगा सीड ऑयल - ₹.300/100 मिलीलीटर
- मोरिंगा साबुन - ₹. 45/पीस
- मोरिंगा सूप पाउडर - ₹. 500/किलोग्राम

#### परिणाम और प्रभाव

- अपने मोरिंगा-आधारित उद्यम के माध्यम से ₹. 7.0 लाख की वार्षिक आय अर्जित कर रही हैं।
- उन्होंने 214 किसान महिलाओं और स्वयं सहायता समूह (एसएचजी) सदस्यों को मोरिंगा मूल्य संवर्धन और ग्रामीण उद्यमिता में प्रशिक्षित किया, जिससे आजीविका के अवसर और महिला सशक्तिकरण को बढ़ावा मिला।
- आसपास के किसानों को मोरिंगा उद्यम आरंभ करने के लिए प्रेरित किया।
- सामूहिक विपणन और निर्यात के

लिए एफपीओ (फार्मर प्रोड्यूसर ऑर्गनाइजेशन) गठन की प्रक्रिया आरंभ हुई।

- क्षेत्र में रोजगार सृजित किए और महिला उद्यमिता को सुदृढ़ किया।
- ग्रामीण तमिलनाडु में पोषण, आय एवं महिला सशक्तिकरण को बढ़ावा देने वाली एक मॉडल महिला उद्यमी के रूप में स्थापित हुई।

## केस स्टडी - 2

### मोरिंगा उद्यमी: श्री वी. कन्नैयन, करूर जिला, तमिलनाडु

अरवाकुरिची ब्लॉक, करूर जिले में मोरिंगा एक प्रमुख फसल है, जहाँ यह 2,100 हेक्टेयर से अधिक क्षेत्र में उगाई जाती है। कटाई के चरम मौसम में अत्यधिक उत्पादन के कारण किसानों को तीव्र मूल्य गिरावट का सामना करना पड़ता है। इस समस्या को दूर करने और आय बढ़ाने के लिए आईसीएआर-केवीके, करूर ने मोरिंगा में मूल्य संवर्धन को बढ़ावा दिया, ताकि कटाई के बाद होने वाली हानि को कम किया जा सके और किसानों की लाभप्रदता बढ़ाई जा सके।

केवीके, करूर ने मोरिंगा की फली, पत्तियों और फूलों को उच्च मूल्य वाले खाद्य उत्पादों- जैसे मोरिंगा मिल्क, सूप मिक्स और हेल्थ पाउडर-में बदलने के लिए सरल और कम लागत वाले प्रसंस्करण तकनीकों विकसित कीं और उनका प्रदर्शन किया। इन हस्तक्षेपों में निर्जलीकरण (डिहाइड्रेशन) और ब्लेंडिंग तकनीकों का मानकीकरण, उत्पाद परीक्षण,

ब्रांडिंग, लेबलिंग, और एफएसएसआई प्रमाणन सहायता सम्मिलित थी।

### उपलब्धियां

करुंगलपट्टी गाँव के मोरिंगा उत्पादक श्री वी. कन्नैयन ने इन तकनीकों को अपनाया और “युगस नेचुरल्स” ब्रांड के तहत एक लघु स्तर का प्रसंस्करण इकाई स्थापित की। अपने 30 एकड़ मोरिंगा फार्म से प्राप्त कच्चे माल का उपयोग करते हुए उन्होंने कई उत्पादों में विविधीकरण किया, जैसे

- मोरिंगा सूप मिक्स (नौ प्रकार, जिनमें जामुन सीड और अवारमपु भी सम्मिलित)
- मोरिंगा मिल्क और मिल्क पाउडर
- मोरिंगा युक्त मिलेट बॉल्स, कुकीज और न्यूट्री मिक्स

### परिणाम और प्रभाव

- मोरिंगा के लिए एक सतत मूल्य श्रृंखला स्थापित की, जिससे पूरे वर्ष आय सुनिश्चित हुई और हानि कम हुई।
- विविधीकृत मोरिंगा उत्पादों से औसतन रू.45,000 मासिक आय अर्जित कर रहे हैं।
- चार ग्रामीण महिलाओं को नियमित रोजगार और कौशल-आधारित आजीविका प्रदान की, जिससे समावेशी विकास को बढ़ावा मिला।
- नेशनल हाईवे-44 के पास करूर में स्थित सेल्स आउटलेट और बेकरी के माध्यम से स्थानीय विपणन और उपभोक्ता जागरूकता को बढ़ावा दिया।
- व्यवस्थित मूल्य संवर्धन से किसानों की

आय में 50-60 प्रतिशत की वृद्धि प्राप्त की।

### निष्कर्ष

मोरिंगा वृक्ष, जिसे विश्वभर में 'चमत्कारी वृक्ष' के रूप में जाना जाता है, स्वास्थ्य, समृद्धि और सतत विकास का अद्वितीय संगम है। इसके हर हिस्से में असाधारण महत्व है-

- इसकी पत्तियाँ और फल पोषक तत्वों से भरपूर खाद्य और न्यूट्रास्यूटिकल स्रोत हैं,
- इसके बीज और अर्क कृषि, पशु चिकित्सा और मत्स्यपालन में विविध उपयोग प्रदान करते हैं।

मोरिंगा केवल एक फसल भर नहीं है यह किसानों के लिए एक जलवायु-स्मार्ट विकल्प है। यह मिट्टी और जल की रक्षा करता है, पारिस्थितिकी तंत्र को सुदृढ़ बनाता है, और सब्जी एवं मूल्यवर्धित उत्पादों के माध्यम से आय बढ़ाते हुए नए व्यवसाय और रोजगार के अवसर उत्पन्न करता है।

इस प्रकार मोरिंगा प्रकृति का वह उपहार है जिसमें लचीलापन और समृद्धि दोनों निहित हैं और ये एक सच्चा साथी है स्वस्थ जीवन, सुदृढ़ खेती और हरित पृथ्वी का।



## संदर्भ:

- Abdelwanis, Fardous M., Hesham S. Abdelaty, and Said A. Saleh. 2024. Exploring the Multifaceted Uses of *Moringaoleifera*: Nutritional, Industrial and Agricultural Innovations in Egypt. *Discover Food* 4:146.
- Gopalakrishnan, LakshmiPriya, KruthiDoriya, and Devarai Santhosh Kumar. 2016. *Moringaoleifera*: A Review on Nutritive Importance and Its Medicinal Application. *Food Science and Human Wellness* 5 (2): 49–56.
- Horn, Lydia, Natalia Shakela, Habauka M. Kwaambwa, Marius K. Mutorwa, and EroidNaomab. 2023. *MoringaOleifera* as a Sustainable Climate-Smart Solution to Nutrition, Disease Prevention, and Water Treatment Challenges: A Review. *Journal of Agriculture and Food Research* 12: 100345.
- Kashyap, Piyush, Shiv Kumar, Charanjit Singh Riar, Navdeep Jindal, Raquel P. F. Guiné, Paula M. R. Correia, Poonam Baniwal, Rahul Mehra, and Harish Kumar. 2023. Recent Advances in Drumstick (*Moringaoleifera*) Leaves Bioactive Compounds: Composition, Health Benefits, Bioaccessibility, and Dietary Applications. *Antioxidants* 12 (x): xxxx.
- Srivastava, Shivangi, BiplabDebnath, Vinay Kumar Pandey, Rahul Singh, Kshirod K. Dash, Aamir Hussain Dar, DeenDayal, and others. 2023. Dynamic Bioactive Properties of Nutritional Superfood *Moringaoleifera*: A Comprehensive Review. *Journal of Agriculture and Food Research* 14: 100860.

# नवीकरणीय ऊर्जा: कृषि विकास का एक नया प्रतिमान

संदीप सभरवाल

सह-संस्थापक, सजीवन

21वीं सदी में कृषि एक बड़े परिवर्तन के मोड़ पर खड़ी है, जहाँ केवल अधिक उत्पादकता की आवश्यकता ही नहीं, बल्कि खेती को टिकाऊ, कम-कार्बन और ऊर्जा-कुशल बनाना भी अनिवार्य हो गया है। नवीकरणीय ऊर्जा और कृषि का संगम अब ग्रामीण भारत के लिए अगले बड़े प्रतिमान के रूप में उभर रहा है, जो हमारी खेती, प्रसंस्करण और प्राकृतिक संसाधनों के प्रबंधन की विधियोंको पुनर्परिभाषित करने का संकल्प करता है।

लंबे समय तक कृषि को ऊर्जा का एक निष्क्रिय उपभोक्ता माना जाता रहा सिंचाई, मशीनीकरण, उर्वरकों और लॉजिस्टिक्स के लिए जीवाश्म ईंधन पर निर्भर। आज यह तेजी से स्वच्छ ऊर्जा का उत्पादक और पृथ्वी के कार्बन संतुलन का संरक्षक बनती जा रही है। नवीकरणीय ऊर्जा तकनीकें विशेषकर बायोमास-आधारित समाधान-यह सिद्ध कर रहे हैं कि खेत केवल दुनिया को भोजन ही नहीं, बल्कि उसे टिकाऊ रूप से ऊर्जा भी प्रदान कर सकते हैं।

## ऊर्जा-कृषि संपर्क

कृषि भारत की कुल ऊर्जा का लगभग 18 प्रतिशत उपभोग करती है, विशेषकर डीजल और ग्रिड बिजली के रूप में, जिनका उपयोग पंपसेट, कोल्ड स्टोरेज और फसलोत्तर संचालन में होता है। इसी बीच, हर वर्ष 500 मिलियन टन से अधिक कृषि अवशेष, अवांछित खरपतवार और वन अपशिष्ट अनुपयोगी पड़े रहते हैं जो



आग लगने का जोखिम उत्पन्न करते हैं और खुले में जलाए जाने पर लाखों टन कार्बनडाइऑक्साइड उत्सर्जित करते हैं। इस बायोमास को उपयोगी ऊर्जा या कार्बन-नकारात्मक उत्पादों में बदलना ग्रामीण परिपत्र अर्थव्यवस्थाओं के लिए सबसे बड़ी संभावनाओं में से एक है।

भारत सरकार का “आत्मनिर्भर भारत के लिए ऊर्जा संक्रमण” पर जोर इस समन्वय को पहचानता है। विकेन्द्रीकृत बायोमास ऊर्जा, बायोगैस, सौर ऊर्जा तथा बायोचार-आधारित कार्बन कैप्चर प्रणालियाँ मिलकर एक आत्मनिर्भर ग्रामीण अर्थव्यवस्था का द्वार खोल सकती हैं, ऊर्जा आयात पर निर्भरता कम कर सकती हैं और भारत के

ग्रामीण क्षेत्रों में हरित रोजगार का सृजन कर सकती हैं।

## सजीवन लाइफ: अपशिष्ट को समृद्धि और ऊर्जा में बदलने की पहल

इस परिवर्तन के अग्रणी मोर्चे पर 'सजीवन लाइफ प्राइवेट लिमिटेड', एक एग्री-टेक उद्यम जो बायोमास वैलोराइजेशन के माध्यम से वैकल्पिक हरित ऊर्जा समाधानों का अग्रदूत है। गुजरात स्थित सजीवन लाइफ किसानों और स्थानीय प्रशासन के साथ मिलकर प्रोसोपिस जूलिफ्लोरां और लैंडाना कैमारा जैसी आक्रामक वनस्पतियों जिन्हें प्रायः पारिस्थितिक बोझ माना जाता है, को बायोचार और सिनगैस जैसे उच्च-मूल्य ऊर्जा उत्पादों में परिवर्तित करता है।

कंपनी का नवाचार-आधारित दृष्टिकोण “फुल-स्टैक कार्बन रिमूवल” मॉडल पर आधारित है, जो अपशिष्ट बायोमास प्रबंधन, नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन, मृदा स्वास्थ्य सुधार और कार्बन क्रेडिट मोनेटाइजेशन को एक समेकित प्रणाली में जोड़ता है।

बायोमास से सिनगैस मशीनें - अपने अनुसंधान सहयोगी के साथ साझेदारी के माध्यम से, सजीवन मॉड्यूलर सिनगैस मशीनें स्थापित करता है जो लकड़ी जैसी बायोमास को स्वच्छ सिंथेसिस गैस में परिवर्तित करती हैं, जिसका उपयोग औद्योगिक और तापीय अनुप्रयोगों में होता है। प्रत्येक 10 एमटीपीडी इकाई प्रति वर्ष ₹. 30-35 लाख मूल्य के जीवाश्म ईंधन की खपत को प्रतिस्थापित

करती है, जिससे उद्योगों को नवीकरणीय, कार्बन-न्यूट्रल ऊर्जा स्रोत प्राप्त होता है।

कार्बन कैप्चर और मृदा पुनर्योजन के लिए बायोचार - सह-उत्पाद के रूप में प्राप्त बायोचार एक स्थिर रूप का कार्बन है, जिसका मृदा की उर्वरता एवं जलवायु सहनशीलता पर अत्यंत सकारात्मक प्रभाव है। यह वातावरणीय कार्बन को सदियों तक लॉक करता है, मिट्टी के जैविक कार्बन को बढ़ाता है और कृषि भूमि में नमी एवं पोषक-तत्व धारण क्षमता को सुदृढ़ करता है। सजीवन के बायोचार यूनिट अब कृषि और बागवानी उपयोग के लिए उच्च-गुणवत्ता का बायोबीत बना रहे हैं और भारत के सबसे विश्वसनीय कार्बन रिमूवल समाधानों में पहचाने जा रहे हैं।

बायोचार आधारित बायोफर्टिलाइजर - इससे एक कदम आगे बढ़ते हुए, सजीवन लाइफ द्वारा किए गए प्रयोगों से यह संभव हुआ है कि स्थानीय कृषि अवशेष, गोबर स्लरी और अन्य जैविक इनपुट के साथ बायोचार को मिलाकर बायोफर्टिलाइजर तैयार किया जाए। यह रासायनिक उर्वरकों का जैविक विकल्प मिट्टी के सूक्ष्मजीवों की सक्रियता बढ़ाता है और किसानों की सिंथेटिक उर्वरकों पर निर्भरता कम करता है-जिससे उर्वरक निर्माण और परिवहन में लगने वाली भारी ऊर्जा की बचत होती है।

इन नवाचारों ने मिलकर यह सिद्ध किया है कि कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा केवल बिजली उत्पादन तक सीमित नहीं-यह पुनर्योजी कृषि-परितंत्र बनाने का मार्ग है।

### स्थानीय समाधानों से राष्ट्रीय स्तर पर विस्तार तक

भारत के शुष्क एवं पथरीले क्षेत्रों में लाखों हेक्टेयर भूमि प्रोसोपिस जूलिफ्लोरा और लैटाना कैमारा जैसी आक्रामक प्रजातियों से प्रभावित है। ये प्रजातियाँ स्थानीय जैव-विविधता को नष्ट करती हैं और भूजल का ह्रास करती हैं, जबकि इनके बायोमास में अपार ऊर्जा क्षमता निहित है। गुजरात में पंचायती राज संस्थानों और सहकारी तंत्रों के सहयोग से सजीवन लाइफ के पायलट

प्रोजेक्ट्स ने सिद्ध किया है कि समुदाय आधारित बायोमास सफाई से:

- अपक्षयग्रस्त भूमि को उत्पादक उपयोग हेतु पुनः प्राप्त किया जा सकता है,
- ग्रामीण रोजगार और आय उत्पन्न की जा सकती है,
- विकेन्द्रीकृत ऊर्जा प्रणालियों के लिए नवीकरणीय फीडस्टॉक उपलब्ध कराया जा सकता है, और
- ऐसा बायोचार तैयार किया जा सकता है जो स्थानीय मिट्टी को पुनर्जीवित करता है।

यह मॉडल अब बड़े स्तर पर दोहराने के लिए तैयार है-विशेषकर मध्य प्रदेश, राजस्थान, हरियाणा, छत्तीसगढ़ और झारखंड जैसे राज्यों में, जहाँ आक्रामक प्रजातियाँ व्यापक हैं, ग्रामीण ऊर्जा आवश्यकताएँ अधिक हैं और सतत आजीविका की अत्यंत आवश्यकता है। भारत के राष्ट्रीय बायोएनर्जी तथा कार्बन फार्मिंग मिशनों के अंतर्गत उपयुक्त नीतिगत प्रोत्साहन मिलने पर, ऐसे विकेन्द्रीकृत नवीकरणीय ऊर्जा क्लस्टर ग्रामीण परिवर्तन के इंजन बन सकते हैं।

### पुनर्योजी कृषि के माध्यम से अप्रत्यक्ष ऊर्जा बचत

प्रत्यक्ष ऊर्जा उत्पादन से आगे बढ़कर, सजीवन लाइफ की पहलें खेती में ऊर्जा बचत पर भी उतना ही गहरा प्रभाव डालती हैं। पारंपरिक कृषि में रासायनिक उर्वरकों और अधिक सिंचाई वाली फसलों पर निर्भरता अत्यधिक जीवाश्म ऊर्जा की खपत करती है। बायोचार-आधारित मृदा संशोधन, जैविक इनपुट और प्राकृतिक खेती को बढ़ावा देकर, सजीवन लाइफ किसानों की रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता कम करता है, जो वैश्विक ऊर्जा उपयोग का लगभग 2 प्रतिशत भाग है।

मिट्टी में डाला गया बायोचार का प्रत्येक टन न केवल कार्बन को स्थायी रूप से अवशोषित करता है, बल्कि पोषक तत्वों की दक्षता भी बढ़ाता है, जिससे उर्वरक और सिंचाई की आवश्यकता लगभग 30 प्रतिशत तक घट जाती है। इससे राष्ट्रीय स्तर पर अप्रत्यक्ष किंतु महत्वपूर्ण ऊर्जा संरक्षण और ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में कमी होती है। प्रभावी रूप से,

बायोचार मिट्टी को ही एक नवीकरणीय ऊर्जा भंडारण प्रणाली में बदल देता है।

### आगे की राह: सशक्त भारत के लिए हरित ऊर्जा

नवीकरणीय ऊर्जा और कृषि के बीच तालमेल ऊर्जा सुरक्षा, जलवायु संरक्षण और ग्रामीण समृद्धि को एक साथ प्राप्त करने का अभूतपूर्व अवसर प्रदान करता है। इस परिवर्तन के लिए ऐसी नीतिगत संरचना की आवश्यकता है जो बढ़ावा दे:

- किसान उत्पादक संगठनों (एफपीओ) से जुड़े विकेन्द्रीकृत बायोमास ऊर्जा क्लस्टर,
- बायोचार उपयोग के लिए छोटे किसानों को पुरस्कृत करने वाली कार्बन क्रेडिट प्रणालियाँ,
- अपशिष्ट बायोमास एकत्रीकरण और प्रसंस्करण हेतु सार्वजनिकदृनिजी साझेदारियाँ, और
- हरित ग्रामीण उद्यमिता बनाने के लिए अनुसंधान और कौशल विकास कार्यक्रम।

सजीवन लाइफ का अग्रणी कार्य इस दृष्टि का खाका प्रस्तुत/ सिद्ध करता है कि नवीकरणीय ऊर्जा केवल सोलर पैनलों और विंड फार्मों से ही नहीं, बल्कि भारत की कृषि भूमि की जड़ों से भी उभर सकती है। कृषि अपशिष्टों और आक्रामक खरपतवारों को स्वच्छ ऊर्जा, उर्वर मिट्टी और कार्बन क्रेडिट में बदलकर यह दिखाता है कि भारत टिकाऊ विधि से कैसे मिट्टी से लेकर आकाश तक आगे बढ़ सकता है।

इस नए प्रतिमान में, हर एकड़ एक संभावित ऊर्जा स्रोत हर किसान एक ऊर्जा उद्यमी, और हर ग्रामीण समुदाय भारत की ग्रीन रेवोल्यूशन 2.0 का केंद्र-नवीकरणीय ऊर्जा से संचालित, कृषि में निहित, और प्रकृति द्वारा संरक्षित बन जाता है।



# धूप से लेकर पराली तक - खेत का हर तत्व बन रहा है नई ऊर्जा क्रांति का हिस्सा



## अनुराग सक्सेना और मुस्कान

भाकूअनुप-राष्ट्रीय डेयरी अनुसंधान संस्थान, करनाल

### हरित क्रांति का नया रूप

कृषि, जो मानव सभ्यता की रीढ़ है, एक बार फिर परिवर्तन के केंद्र में है। पूरी दुनिया ऊर्जा की बढ़ती मांग, संसाधनों की कमी और जलवायु परिवर्तन जैसी चुनौतियों से जूझ रही है। ऐसे समय में एक नई सोच उभर रही है-ऐसी खेती, जो केवल भोजन ही नहीं उगाती, बल्कि स्वच्छ ऊर्जा भी उत्पन्न करती है। धूप से भरे खेतों, जैव-गैस संयंत्रों और एथनॉल इकाइयों तक, नवीकरणीय ऊर्जा यह परिभाषित कर रही है कि 21वीं सदी में हम कृषि का उत्पादन, प्रसंस्करण और संरक्षण कैसे करते हैं।

### ऊर्जा-कृषि का संबंध

ऊर्जा खेती की हर प्रक्रिया को चलाती है-सिंचाई पम्पों, प्रसंस्करण मशीनों, शीत-भंडारण और परिवहन नेटवर्क तक। फिर भी, डीजल और कोयले पर पारम्परिक

निर्भरता ने कृषि को मूल्य-वृद्धि के झटकों और कार्बन उत्सर्जन के जोखिमों के प्रति संवेदनशील बना दिया है। वैश्विक स्तर पर कृषि कुल ऊर्जा खपत का लगभग 30 प्रतिशत और ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन का पाँचवां भाग उत्पन्न करती है। इस स्थिति का समाधान नवीकरणीय ऊर्जा अपनाने में है, जिससे खेत भोजन और ऊर्जा, दोनों के उत्पादन केंद्र बन सकें।

### सूरज की फसल: स्मार्ट खेती के लिए सौर ऊर्जा

सौर ऊर्जा कृषि में स्वच्छ ऊर्जा क्रांति का प्रतीक बन चुकी है। भारत सहित कई विकासशील क्षेत्रों में, सौर-चालित सिंचाई पम्प किसानों को महंगे डीजल ईंधन से मुक्ति दिला रहे हैं और साथ ही जल की विश्वसनीय उपलब्धता सुनिश्चित कर रहे हैं।

पीएम-कुसुम जैसी योजनाओं के अंतर्गत किसान अतिरिक्त सौर बिजली को विद्युत-जाल को बेच सकते हैं, जिससे उनके खेत “ऊर्जा खेत” बनते जा रहे हैं। लद्दाख और हिमालय जैसे ठंडे मरुस्थलीय क्षेत्रों में सौर ग्रीनहाउस खेती की अवधि बढ़ा रहे हैं, जिससे जहाँ पहले पाला खेती को रोक देता था, वहाँ अब पूरे वर्ष सब्जियों का उत्पादन संभव हो रहा है।

### पवन और संकर प्रणालियाँ: गतिमान ऊर्जा

जब सूर्य विश्राम करता है, तब पवन कार्य करती है। पवन ऊर्जा, विशेषकर जब सौर प्रणालियों के साथ जोड़ी जाती है, ग्रामीण गतिविधियों के लिए चैबीसों घंटे ऊर्जा उपलब्ध कराती है।

भारत के तटीय और शुष्क क्षेत्रों में किसान

सौरदृपवन संकर प्रणालियों को स्थापित कर रहे हैं, जिनसे टपक सिंचाई, अनाज चक्कियाँ और डेयरी इकाइयाँ संचालित होती हैं। ये संकर व्यवस्थाएँ मौसमी बदलावों के प्रति अधिक सक्षम होती हैं और बेहद कम रखरखाव की आवश्यकता होती है, जिससे वे विकेन्द्रीकृत, छोटे पैमाने की खेती के लिए उपयुक्त बनती हैं।

**कचरे से कमाई: जैव-गैस और जैव-द्रव्य** ग्रामीण क्षेत्रों में, जिसे कभी कचरा माना जाता था, वही अब मूल्यवान ऊर्जा स्रोत बन रहा है। जैव-गैस संयंत्र गोबर, फसल अवशेषों और रसोई कचरे को स्वच्छ ईंधन में बदलते हैं, जिसका उपयोग खाना पकाने और बिजली उत्पादन में होता है।

बचा हुआ घोल उत्कृष्ट जैव-उर्वरक के रूप में काम करता है, जो मिट्टी की उर्वरता बढ़ाता है और रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता घटाता है। बड़ी डेयरी इकाइयाँ पूरी तरह जैव-गैस ऊर्जा से संचालित हो सकती हैं, जिससे वे कार्बन-तटस्थ उद्यम बनती हैं।

इसी प्रकार, जैव-द्रव्य गैसीकरण संयंत्र फसल अवशेषों, धान की भूसी, गन्ने की खोई या मक्का के डंटलों को बिजली और ऊष्मा में परिवर्तित कर सकते हैं, जो खुले में पराली जलाने का स्वच्छ विकल्प प्रदान करते हैं।

#### एथनॉल: खेती से भविष्य को ऊर्जा

नवीकरणीय जैव-ईंधनों में एथनॉल कृषि और स्वच्छ ऊर्जा के बीच एक रणनीतिक सेतु के रूप में उभर रहा है। गन्ना, मक्का और खराब खाद्यान्न से बनने वाला एथनॉल परिवहन में पेट्रोल का स्थान ले सकता है और कार्बन उत्सर्जन को काफी कम कर सकता है।

भारत की राष्ट्रीय जैव-ईंधन नीति (2018) और एथनॉल मिश्रित पेट्रोल कार्यक्रम का लक्ष्य वर्ष 2025 तक 20 प्रतिशत एथनॉल मिश्रण प्राप्त करना है, जिससे किसानों और कृषि-उद्योगों के लिए विशाल अवसर सृजित हो रहे हैं।

ईंधन के अतिरिक्त, एथनॉल उत्पादन से

मूल्यवान उपउत्पाद भी मिलते हैं-सूखे किण्वित दाने और प्रेस-कीचड़-जिनका उपयोग पशु-चारा और जैव-उर्वरक के रूप में होता है। आधुनिक “द्वितीय-पीढ़ी” एथनॉल संयंत्र तो धान की पराली जैसे फसल अवशेषों को भी उपयोग में लाते हैं, जिससे पराली जलाने की समस्या कम होती है और स्वच्छ ऊर्जा प्राप्त होती है।

इस प्रकार, एथनॉल एक परिपत्र अर्थव्यवस्था का उत्कृष्ट उदाहरण है, जहाँ कृषि परिवहन और उद्योगों को ऊर्जा प्रदान करती है, जबकि उप-उत्पाद लौटकर मिट्टी की समृद्धि को बढ़ाते हैं।

#### हाइड्रोपावर और माइक्रो-ग्रिड: पहाड़ी क्षेत्रों के लिए ऊर्जा

पहाड़ी और दूरस्थ क्षेत्रों में, सूक्ष्म-हाइड्रोपावर परियोजनाएँ गाँवों को रोशन कर रही हैं और छोटे कृषि-उद्योगों को ऊर्जा प्रदान कर रही हैं। जब इन्हें सौर माइक्रो-ग्रिड के साथ जोड़ा जाता है, तो ये सिंचाई, अनाज पीसने, और शीत-भंडारण के लिए विश्वसनीय ऊर्जा उपलब्ध कराती हैं, वह भी दूरस्थ बिजली स्टेशनों पर निर्भर हुए बिना। ये प्रणालियाँ किसानों को ऊर्जा आत्मनिर्भरता प्रदान करती हैं और ग्रामीण क्षेत्रों में सामुदायिक स्वामित्व तथा रोजगार को बढ़ावा देती हैं।

#### स्मार्ट खेती और स्वच्छ ऊर्जा का संगम

नवीकरणीय ऊर्जा और डिजिटल कृषि का मिलन एक शक्तिशाली संयोजन बन रहा है। सौर-शक्ति आधारित इंटरनेट-ऑफ-थिंग्स सेंसर अब मिट्टी में नमी का पता लगाते हैं और केवल आवश्यकता होने पर सिंचाई आरम्भ करते हैं। हल्की सौर बैटरियों से संचालित मानव रहित विमान (ड्रोन) खेतों का सर्वेक्षण करते हैं और उर्वरक को अत्यधिक सटीकता से लागू करते हैं। स्वचालित ग्रीनहाउस से लेकर नवीकरणीय ऊर्जा पर आधारित शीत-श्रृंखलाओं तक, कृषि नवाचार की अगली लहर ऊर्जा-स्मार्ट और जलवायु-लचीली है।

**लाभ:** आर्थिक, पर्यावरणीय और सामाजिक कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा के लाभ खेत की

सीमा से कहीं आगे जाते हैं:

- आर्थिक दृढ़ता: किसान ईंधन खर्च बचाते हैं और ऊर्जा उत्पादन से अतिरिक्त आय अर्जित करते हैं।
- पर्यावरणीय लाभ: कम उत्सर्जन, प्रदूषण में कमी, तथा मिट्टी और जल की गुणवत्ता में सुधार।
- सामाजिक सशक्तिकरण: विकेन्द्रीकृत प्रणालियाँ ऊर्जा तक पहुँच को लोकतांत्रिक बनाती हैं और ग्रामीण रोजगार सृजित करती हैं।

#### चुनौतियाँ और आगे का मार्ग

अपने विशाल संभावित लाभों के बाद भी, नवीकरणीय ऊर्जा को अपनाने में कुछ चुनौतियाँ हैं, जैसे आरंभिक निवेश का अधिक होना, तकनीकी प्रशिक्षण की कमी, और नीतिगत बाधाएँ। ऋण तक आसान पहुँच, ग्रामीण युवाओं का प्रशिक्षण, और ऊर्जा सहकारी समितियों को बढ़ावा देना अपनाने की गति तेज कर सकता है। अनुसंधान संस्थानों, सरकारों और स्थानीय समुदायों के बीच सहयोग क्षेत्रीय परिस्थितियों के अनुरूप नवीकरणीय ऊर्जा समाधानों को बड़े स्तर पर लागू करने के लिए आवश्यक होगा।

#### कल की ऊर्जा की खेती

नवीकरणीय ऊर्जा केवल कृषि का पूरक नहीं है-यह एक नया दृष्टिकोण है। सौर, पवन, बायोमास और एथनॉल को खेती के ताने-बाने में सम्मिलित करके, हम एक अधिक सक्षम, लचीला और पुनर्योजी खाद्य प्रणाली बना रहे हैं। आने वाले समय में, जो खेत दुनिया को भोजन देंगे, वही इसे ऊर्जा भी प्रदान करेंगे-प्रकृति की अनंत ऊर्जा का उपयोग करते हुए।



# विकास के लिए एक नया प्रतिमान

डा. वी. विजयन

संस्थापक एवं मुख्य कार्यकारी अधिकारी, बिजएबल आरआई, भारत

## प्रस्तावना

नवीकरणीय ऊर्जा, जिसे हरित ऊर्जा भी कहा जाता है, ऐसे प्राकृतिक स्रोतों से प्राप्त होती है जो व्यापक रूप से उपलब्ध हैं और स्वाभाविक रूप से तथा लगातार इतनी तेजी से नवीकृत होते रहते हैं कि उनकी खपत से अधिक दर पर पुनर्भरण होता है। नवीकरणीय संसाधनों में जलविद्युत, सौर, पवन, भू-तापीय, ज्वारीय एवं तरंग ऊर्जा तथा बायोमास सम्मिलित हैं, जो वस्तुतः असीमित माने जाते हैं। ये स्वच्छ और सतत इसलिए माने जाते हैं क्योंकि ये मानव समय-सारिणी पर स्वाभाविक रूप से पुनर्भरणीय हैं और प्रायः इनका कार्बन पदचिह्न जीवाश्म ईंधनों के विपरीत बहुत कम या शून्य होता है।

नवीकरणीय ऊर्जा ने विश्वभर में उल्लेखनीय प्रगति और तीव्र गति प्राप्त की है, जिसका कारण है, कार्बन उत्सर्जन में कमी लाने के प्रति बढ़ती जागरूकता और वैश्विक प्रतिबद्धताएँ, ऊर्जा की बढ़ती मांग, प्रचुर संसाधन, तकनीकी नवाचार, सरकारी प्रोत्साहन, कार्यान्वयन दक्षता, विकेंद्रीकृत प्रणालियाँ, कम लागत और बाजार की गतिशीलता। उद्योग उन्नत डाटा विश्लेषण और कृत्रिम बुद्धिमत्ता के माध्यम से ऊर्जा उत्पादन और वितरण को अनुकूलित करते हुए डिजिटल परिवर्तन को भी अपना रहा है।

सुदृढ़ सरकारी समर्थन और बेहतर आर्थिक व्यवहार्यता के साथ, नवीकरणीय ऊर्जा क्षेत्र निवेशकों के लिए एक आकर्षक क्षेत्र बन गया है।



## नवीकरणीय ऊर्जा - विकास का एक नया प्रतिमान

वैश्विक ऊर्जा परिदृश्य गहरे परिवर्तन से गुजर रहा है। जैसे-जैसे देश जलवायु परिवर्तन की वास्तविकताओं, घटते जीवाश्म ईंधन भंडार और सतत आर्थिक विकास की आवश्यकता का सामना कर रहे हैं, नवीकरणीय ऊर्जा प्रगति के एक आधारस्तंभ के रूप में उभरी है। यह बदलाव केवल तकनीकी विकास नहीं है, बल्कि विकास का एक नया प्रतिमान है, जो यह परिभाषित करता है कि समाज ऊर्जा का उत्पादन, वितरण और उपभोग कैसे करते हैं।

## 1. कमी से प्रचुरता तक - ऊर्जा परिदृश्य में बदलाव

पारंपरिक ऊर्जा प्रणालियाँ लंबे समय से सीमित जीवाश्म ईंधन संसाधनों की बाधाओं द्वारा नियंत्रित रही हैं, जिसने प्रतियोगिता, भू राजनीतिक निर्भरता और संसाधनों की कमी को बढ़ावा दिया। नवीकरणीय ऊर्जा का प्रतिमान इस सोच को प्राकृतिक संसाधनों की प्रचुरता की अवधारणा से बदल देता है। यह प्रचुरता सहयोग को आमंत्रित करती है और ऊर्जा का लोकतंत्रीकरण करती है, क्योंकि यह विकेंद्रीकृत उत्पादन और स्थानीय सशक्तिकरण को संभव बनाती है, विशेषकर विकासशील क्षेत्रों में।

## 2. आर्थिक विकास और सामाजिक प्रभाव

नवीकरणीय ऊर्जा अब कोई सीमित या विशेषज्ञता वाला क्षेत्र नहीं रहा, अपितु यह आर्थिक विकास और विस्तार का प्रमुख चालक बन गया है। सौर, पवन, जल एवं जैव ऊर्जा में निवेश विश्वभर में लाखों रोजगार उत्पन्न कर रहा है, स्थानीय अर्थव्यवस्थाओं को सशक्त बना रहा है, आयातित ईंधनों पर निर्भरता घटा रहा है, व्यापार संतुलन सुधार रहा है तथा ऊर्जा सुरक्षा सुनिश्चित कर रहा है। भारत और अमेरिका में नवीकरणीय ऊर्जा की ओर बदलाव ने जीडीपी और औद्योगिक उत्पादकता पर स्पष्ट और मापनीय प्रभाव दिखाए हैं, यद्यपि कि लाभों की प्रकृति क्षेत्रों के अनुसार भिन्न है। नवीकरणीय प्रौद्योगिकियों की गिरती लागत ने स्वच्छ ऊर्जा को अधिक सुलभ बना दिया है, जिससे विकासशील देशों को पारंपरिक ऊर्जा प्रणालियों को पार कर

सीधे लचीले और विकेंद्रीकृत ऊर्जा नेटवर्क बनाने में सहायता मिली है।

स्वच्छ प्रौद्योगिकियों में निवेश नवाचार, उद्यमशीलता और ग्रामीण विकास को भी बढ़ावा देता है।

### 3. पर्यावरणीय स्थिरता

नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत कार्बन उत्सर्जन को बहुत कम करते हैं, पर्यावरणीय क्षरण को घटाते हैं, स्वच्छ वायु और जल को बढ़ावा देते हैं, वैश्विक तापमान वृद्धि को कम करने में सहायता करते हैं और जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के प्रति लचीलापन बढ़ाते हैं। जीवाश्म ईंधनों की तुलना में इनके लिए संसाधनों का दोहन बहुत कम आवश्यक होता है और दीर्घकालिक पर्यावरणीय दुष्प्रभाव भी न्यूनतम होते हैं। स्वच्छ ऊर्जा का यह मार्ग राष्ट्रीय तथा वैश्विक जलवायु प्रतिबद्धताओं के अनुरूप है, और डीकार्बोनाइजेशन तथा व्यापक पारिस्थितिक कल्याण की दिशा में एक व्यावहारिक समाधान प्रदान करता है।

### 4. नवाचार और प्रौद्योगिकीय प्रगति

नवीकरणीय ऊर्जा की क्रांति का आधार नवाचार है। बैटरी भंडारण, स्मार्ट ग्रिड और ऊर्जा-कुशल प्रौद्योगिकियों में प्रगति ने विश्वसनीयता और विस्तार क्षमता को बढ़ाया है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता और डेटा विश्लेषण ऊर्जा उत्पादन और उपभोग को अनुकूलित कर रहे हैं, जिससे स्मार्ट और अधिक अनुकूलनीय ऊर्जा प्रणालियों का मार्ग प्रशस्त हो रहा है। नवीकरणीय प्रौद्योगिकियों में अग्रणी देश वैश्विक बाजार में रणनीतिक बढ़त प्राप्त कर रहे हैं और ऊर्जा अर्थव्यवस्था के भविष्य को आकार दे रहे हैं।

### 5. सामाजिक और भू-राजनीतिक प्रभाव

नवीकरणीय ऊर्जा विद्युत उत्पादन का लोकतंत्रीकरण करती है। समुदाय छतों पर सौर पैनल या स्थानीय पवन संयंत्रों के माध्यम से स्वयं बिजली उत्पन्न कर सकते हैं, जिससे ऊर्जा स्वतंत्रता और लचीलापन बढ़ता है। वैश्विक स्तर पर यह बदलाव जीवाश्म ईंधन व्यापार से जुड़ी भू-राजनीतिक तनावों को कम करता है और स्थिरता व सहयोग को बढ़ावा देता है।

### 6. आगे का मार्ग और उससे आगे

सहायक नीतियाँ, नवाचार में निवेश और अंतरराष्ट्रीय सहयोग दुनिया भर में नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता के तेज विस्तार को गति दे रहे हैं। इस क्षेत्र की निरंतर वृद्धि तकनीकी उन्नति, प्रभावी नियामक ढाँचे और मजबूत वित्तीय समर्थन पर निर्भर है।

नवीकरणीय ऊर्जा की पूर्ण क्षमता का लाभ उठाने के लिए सरकारों, व्यवसायों और नागरिकों को नीति-निर्माण, अवसंरचना निवेश और जन-जागरूकता पर मिलकर कार्य जारी रखना होगा। यह परिवर्तन दूरदर्शिता और प्रतिबद्धता की मांग करता है, किन्तु इसके लाभ अत्यंत व्यापक हैं: सतत विकास, पर्यावरण संरक्षण और अधिक न्यायसंगत ऊर्जा भविष्य।

सुदृढ़ नीतिगत ढाँचे, सब्सिडी और सार्वजनिक-निजी सहभागिताएँ, नवीकरणीय ऊर्जा के विस्तार के लिए अत्यंत आवश्यक हैं। पेरिस समझौते जैसे वैश्विक जलवायु संधियों ने इस परिवर्तन को तेज किया है, देशों को हरित अवसंरचना और नवाचार में निवेश करने के लिए प्रोत्साहित किया है ताकि लचीलापन और स्थिरता प्राप्त की जा सके।

### भारत में नवीकरणीय ऊर्जा के रुझान

भारत वैश्विक नवीकरणीय ऊर्जा संक्रमण में एक केंद्रीय भूमिका निभाने के लिए तैयार है। देश की विशाल भौगोलिक विविधता और प्रचुर प्राकृतिक संसाधन नवीकरणीय ऊर्जा उत्पादन के लिए अत्यधिक संभावनाएँ प्रदान करते हैं। विगत वर्षों में भारत ने विशेष रूप से सौर और पवन ऊर्जा में अपनी नवीकरणीय ऊर्जा क्षमता का उल्लेखनीय विस्तार किया है।

भारत हरित हाइड्रोजन को एक प्रमुख ऊर्जा स्रोत के रूप में भी खोज रहा है। अपनी अर्थव्यवस्था को डीकार्बोनाइज करने की व्यापक प्रतिबद्धता के तहत, भारत नवीकरणीय ऊर्जा का उपयोग करके हरित हाइड्रोजन के उत्पादन में निवेश कर रहा है, जो भारी उद्योग और परिवहन जैसे क्षेत्रों में क्रांति ला सकता है।

भारत की नवीकरणीय ऊर्जा वृद्धि बहुमार्गीय विस्तार से प्रेरित होकर विश्व में सबसे तेज बनी हुई है।

भारत स्वच्छ ऊर्जा पूंजी के लिए एक आकर्षण केंद्र बना हुआ है। नवीकरणीय ऊर्जा की टैरिफ दरें वैश्विक स्तर पर सबसे कम में बनी हुई हैं, जो दीर्घकालिक प्रतिस्पर्धात्मकता सुनिश्चित करती हैं। भारत स्वच्छ ऊर्जा क्षेत्र में निवेश के लिए सबसे आकर्षक गंतव्यों में से एक है, और अंतरराष्ट्रीय रुचि भी ऊँची बनी हुई है। वैश्विक निवेशक अब एकीकृत और भंडारण-समर्थित पोर्टफोलियो की ओर पुनर्संरचित हो रहे हैं। इस क्षेत्र की मौलिकताएँ मजबूत मांग वृद्धि, नीतिगत स्थिरता और लागत प्रतिस्पर्धा दृढ़ता से कायम हैं।

### उपसंहार

नवीकरणीय ऊर्जा केवल एक विकल्प नहीं है, बल्कि यह सतत विकास प्रतिमान तथा नई आर्थिक और पर्यावरणीय व्यवस्था की आधारशिला है। यह आर्थिक प्रगति को पर्यावरणीय संरक्षण के साथ एकीकृत करती है, उद्योगों को पुनर्परिभाषित करती है, समाजों को सशक्त बनाती है और एक स्वच्छ व अधिक न्यायसंगत भविष्य सुनिश्चित करती है। जैसे-जैसे विश्व इस प्रतिमान को अपनाता है, यह नवाचार, समावेशिता और स्थिरता द्वारा निर्दिष्ट भविष्य के और करीब पहुँचता है, एक ऐसा भविष्य जहाँ विकास और उत्तरदायित्व सामंजस्यपूर्ण रूप से सह-अस्तित्व करते हैं।

नवीकरणीय ऊर्जा प्रतिमान की ओर यह परिवर्तन इस बात में एक मूलभूत बदलाव का प्रतिनिधित्व करता है कि समाज विकास कैसे प्राप्त करते हैं, एक ऐसा मॉडल जो आने वाली पीढ़ियों के लिए अधिक समावेशी, लचीला और सतत है।



# कृषि यांत्रिकीकरण में कृत्रिम बुद्धिमत्ता, संवेदक एवं रोबोटिकी का उपयोग



एच. एस. पांडे<sup>1\*</sup>, श्याम नाथ<sup>1</sup>, मनीष कुमार<sup>2</sup>

<sup>1</sup>भाकृअनुप-भारतीय गन्ना अनुसंधान संस्थान, लखनऊ, भारत

<sup>2</sup>भाकृअनुप-केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल, भारत

## सार

कृषि मशीनीकरण कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) और सेंसर प्रौद्योगिकियों द्वारा रूपांतरित हो रहा है, जिससे दक्षता, सटीकता और स्थिरता में वृद्धि हो रही है। ये प्रौद्योगिकियाँ वास्तविक-समय फसल निगरानी, स्वचालित मशीनरी, सटीक सिंचाई और निर्णय समर्थन प्रणालियाँ (डीएसएस) सक्षम बनाती हैं, जिससे उत्पादकता में सुधार होता है तथा श्रम की कमी और संसाधनों के अनुकूल उपयोग जैसी चुनौतियों का समाधान मिलता है। प्रमुख निष्कर्ष बताते हैं कि सेंसर-आधारित और एआई-संचालित तकनीक, स्वचालित संचालन तथा डेटा-आधारित कृषि प्रबंधन प्रमुख अनुप्रयोग हैं, जिनसे ठोस लाभ प्राप्त हुए हैं। भविष्य के अनुसंधान का ध्यान किफायती



एआई एल्गोरिदम, सुदृढ सेंसर नेटवर्क और क्षेत्र-विशिष्ट डीएसएस ढाँचे विकसित करने पर होना चाहिए, ताकि छोटे किसानों को सहयोग मिल सके। इन नवाचारों को अपनाने से सतत, प्रौद्योगिकी-आधारित कृषि को बढ़ावा मिलेगा और संसाधनों के बेहतर उपयोग के साथ फसल उत्पादकता में वृद्धि सुनिश्चित होगी।

मुख्य शब्द: कृत्रिम बुद्धिमत्ता, सेंसर, डेटा विश्लेषण, सटीक कृषि, कृषि मशीनीकरण

### परिचय

भारत की अर्थव्यवस्था की रीढ़ कृषि है, जो सकल घरेलू उत्पाद (जीडीपी) में लगभग 18 प्रतिशत योगदान देती है और लगभग 58 प्रतिशत जनसंख्या को रोजगार प्रदान करती है। वर्ष 2022-23 में कुल खाद्यान्न उत्पादन का अनुमान 329.687 मिलियन टन के रिकॉर्ड स्तर पर लगाया गया, जो पाँच-वर्षीय औसत से अधिक है। धान, गेहूँ और मक्का सबसे अधिक मशीनीकृत फसलें हैं, फिर भी देश का समग्र मशीनीकरण स्तर मात्र 47 प्रतिशत (तालिका 1) है, जो अमेरिका के 95 प्रतिशत और चीन के 60 प्रतिशत की तुलना में बहुत कम है।

परंपरागत कृषि पद्धतियों को श्रम-निर्भरता, संसाधनों के अक्षम उपयोग तथा पर्यावरणीय चुनौतियों जैसी समस्याओं का सामना करना पड़ता है। स्थिरता-आधारित ढाँचे में मशीनीकरण अपनाने से अधिक उपज, कम लागत, बढ़ी हुई फसल तीव्रता, बेहतर इनपुट दक्षता, जलवायु जोखिमों में कमी और कटाई-पश्चात हानियों में कमी जैसे लाभ प्राप्त होते हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता और सेंसर प्रौद्योगिकियाँ मशीनीकरण को बदल रही हैं, क्योंकि ये स्वचालन, सटीकता और डेटा-आधारित निर्णयों को संभव बनाती हैं। एआई प्रणालियाँ सेंसर, ड्रोन और उपग्रहों से प्राप्त विशाल डेटा को संसाधित करके कार्यों का स्वचालन करती हैं तथा फसल स्वास्थ्य का पूर्वानुमान लगाती हैं। मशीन लर्निंग मिट्टी, जलवायु और रोग-जोखिमों का विश्लेषण करती है। लाइडार, मल्टीस्पेक्ट्रल इमेजिंग और जीपीएस-संचालित मशीनरी जैसे उपकरण इनपुट का सर्वोत्तम उपयोग सुनिश्चित करते हैं। डीप लर्निंग सटीक कीट पहचान को सक्षम बनाती है, जबकि स्वचालित रोबोटिक हार्वेस्टर श्रम-निर्भरता को कम करते हैं।

तालिका 1: प्रमुख फसलों का मशीनीकरण स्तर

क्रम संख्या	फसलें	मशीनीकरण स्तर ( प्रतिशत )
1.	गेहूँ	69
2.	धान	53
3.	मक्का	46
4.	दलहन	41
5.	तिलहन	39
6.	कपास	36
7.	गन्ना	35
8.	ज्वार एवं बाजरा	33
	समग्र योग	47

डेटा-आधारित पद्धतियाँ फसल प्रबंधन और लाभप्रदता में महत्वपूर्ण सुधार लाती हैं।

कृषि मशीनीकरण में कृत्रिम बुद्धिमत्ता, सेंसर और रोबोटिक्स की भूमिका

कृत्रिम बुद्धिमत्ता कृषि में डेटा विश्लेषण, इंटरनेट ऑफ थिंग्स, स्मार्ट सेंसर और स्वचालित सेवाओं के माध्यम से एक बड़ा परिवर्तन ला रही है। मौसम, मिट्टी, फसल प्रदर्शन और तापमान संबंधी डेटा का विश्लेषण करके कृत्रिम बुद्धिमत्ता सटीक पूर्वानुमान तथा सही निर्णय लेने में सहायता प्रदान करती है। इसके प्रमुख

उपयोगों में रोगों की त्वरित पहचान, कृषि-रसायनों का सटीक उपयोग, फसल निगरानी, मिट्टी विश्लेषण, उपज पूर्वानुमान और पौधों का फेनोटाइप निर्धारण सम्मिलित हैं। ये प्रौद्योगिकियाँ कृषि कार्यों को सुव्यवस्थित करती हैं, दक्षता बढ़ाती हैं, लागत कम करती हैं और स्थिरता को समर्थन देती हैं। वैश्विक खाद्य सुरक्षा के संदर्भ में सटीक कृषि, जो कृत्रिम बुद्धिमत्ता द्वारा संचालित है, उत्पादकता, संसाधनों के उपयोग और उत्तरदायी खाद्य उत्पादन में सुधार के लिए एक अत्यंत महत्वपूर्ण उपकरण सिद्ध हो रही है।

### 1. फसल निगरानी और उपज आकलन

कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) मिट्टी एवं पौधों के सेंसर, ड्रोन और उपग्रह-आधारित मल्टीस्पेक्ट्रल चित्रों के माध्यम से वास्तविक-समय में फसल तथा मिट्टी की निगरानी को सक्षम बनाती है। एआई प्रणालियाँ फसल स्वास्थ्य का मूल्यांकन करती हैं, पोषक-तत्वों की कमी पहचानती हैं, कीट प्रकोप का पता लगाती हैं तथा उपज का अत्यधिक सटीक अनुमान लगाती हैं। एआई-संचालित मोबाइल अनुप्रयोग किसानों को मौसम की जानकारी, फसल निगरानी तथा व्यक्तिगत सलाहों के माध्यम से कृषि प्रबंधन में सहायता प्रदान करते हैं। कंप्यूटर विज्ञान प्रणालियाँ छवि-प्रसंस्करण के माध्यम से खरपतवार पहचान, पौध रोग पहचान तथा उपकरणों में गड़बड़ी का पता लगाने में सहायक होती हैं। संज्ञानात्मक एआई उपकरण मिट्टी की स्थिति, मौसम रुझान, बीज चयन और कीट व्यवहार से संबंधित महत्वपूर्ण संकेत प्रदान करते हैं, जो बोई,



सिंचाई और कटाई के उपयुक्त समय निर्धारण में मार्गदर्शन करते हैं। सेंसरयुक्त इंटरनेट-ऑफ-थिंग्स उपकरणों और मशीन लर्निंग एल्गोरिदम के संयोजन से टमाटर फसल रोगों की भविष्यवाणी 95 प्रतिशत सटीकता के साथ की गई, जिससे मिट्टी एवं पौध स्वास्थ्य निगरानी में एआई-आधारित आईओटी प्रणालियों की प्रभावशीलता सिद्ध होती है।

## 2. ट्रैक्टर और मशीनरी में स्वचालन

कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित स्वचालित मशीनरी मानव श्रम को कम करती है, सटीकता बढ़ाती है, त्रुटियों को न्यूनतम करती है और लागत घटाती है। एआई-संचालित स्वचालित ट्रैक्टर तथा स्मार्ट उपकरण सटीक कृषि का मुख्य आधार बनते हैं। स्वयं चलने वाले ट्रैक्टर जीपीएस, कैमरा और लेजर-आधारित प्रणालियों की सहायता से स्टीयरिंग, ब्रेक, गति और दिशा-निर्देशन नियंत्रित करते हैं। साथ ही डेटा विज्ञान, कंप्यूटर विज्ञान और डीप लर्निंग को जोड़कर वास्तविक-समय में मिट्टी परीक्षण, बीज चयन, बुवाई तथा खेत का मानचित्रण करते हैं। ये प्रौद्योगिकियाँ कृषि कार्यों को अनुकूल बनाकर मशीनीकरण और दक्षता में वृद्धि करती हैं। प्रधान आदि (2023) ने भारतीय खेतों के लिए एआई-आधारित बाधा पहचान और अनुकूल मार्ग नियोजन क्षमता वाला चालक-रहित ट्रैक्टर नमूना विकसित किया, जो बीज तथा उर्वरक की सटीक बुवाई सुनिश्चित करते हुए ईंधन की बचत भी करता है। योगेश नगर द्वारा विकसित चालक-रहित ट्रैक्टर भारतीय कृषि को रूपांतरित करने की क्षमता रखता है।

## 3. मानव-रहित हवाई वाहन (ड्रोन)

कृत्रिम बुद्धिमत्ता का मानव-रहित हवाई वाहनों और रोबोटिक्स के साथ एकीकरण भारतीय कृषि में सटीकता, दक्षता और स्थिरता को बढ़ाते हुए एक महत्वपूर्ण परिवर्तन ला रहा है। मल्टीस्पेक्ट्रल इमेजिंग और एआई एल्गोरिदम से सुसज्जित ड्रोन पोषक तत्वों की कमी और कीट प्रकोप का प्रारम्भिक पता लगाकर समय पर और सटीक उपचार संभव बनाते हैं। जैसे-जैसे एआई प्रौद्योगिकियाँ, सेंसर और रोबोटिक्स अधिक किफायती और सुगम हो रहे हैं, इनका भारतीय कृषि में उपयोग स्थायी खेती को बढ़ावा देने की अपार क्षमता रखता है। हालाँकि कृषि रोबोटिक्स अभी उभरते चरण में हैं, परंतु इसका



उपयोग तेजी से बढ़ रहा है। फल और सब्जियों की तुड़ाई तथा लेट्यूस जैसी फसलों की कटाई जैसे श्रम-सघन कार्यों के लिए रोबोट का उपयोग बढ़ रहा है, जो अधिक सटीकता, कम त्रुटि और लंबे समय तक लगातार कार्य करने की क्षमता प्रदान करते हैं। एग्रीटेक कंपनियाँ ऐसे बुद्धिमान रोबोट विकसित कर रही हैं जो कम मानवीय हस्तक्षेप के साथ निराई, तुड़ाई और पैकेजिंग जैसे कार्य कर सकें। कुमार आदि (2024) ने इमेजिंग तकनीकों और ग्रे वुल्फ ऑप्टिमाइजेशन तथा आर्टिफिशियल न्यूरल नेटवर्क के संयुक्त एआई मॉडल का उपयोग करके यूएवी-आधारित स्प्रेइंग प्रणाली का मूल्यांकन किया, जिससे बूंद विशेषताओं के पूर्वानुमान, स्प्रे मापदंडों के अनुकूलन और कृषि-रसायनों की खपत में कमी संभव हुई। एआई-संचालित हवाई रोबोट रिमोट सेंसिंग और सेंसर-एक्चुएटर नेटवर्क के संयोजन से सटीक कृषि को सुदृढ़ बना रहे हैं।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता के प्रयोग से कृषि रोबोटों का विकास स्वचालित हो गया है। कृषि रोबोट कैमरा-आधारित छवि विश्लेषण का उपयोग करके पौधों के रोग पहचानते हैं और कीटनाशक को केवल आवश्यक स्थान पर छिड़कते हैं,

जिससे उपज बढ़ती है और हाथ से छिड़काव से होने वाले स्वास्थ्य जोखिम कम होते हैं। एआई-संचालित रोबोटिक स्प्रेयर कीट-ग्रस्त क्षेत्रों का पता लगाकर केवल उन्हीं स्थलों पर स्प्रे करते हैं, जिससे रसायनों की खपत और श्रमिक का जोखिम कम होता है। कटाई करने वाले रोबोट दृष्टि-आधारित मॉड्यूल का उपयोग करके स्वतः कटाई कार्य करते हैं। एआई-सक्षम रोबोटिक हार्वेस्टर पके हुए फलों की पहचान करके चयनित तुड़ाई करता है, जिससे कटाई-पश्चात हानियाँ कम होती हैं। अध्ययन में बताया गया कि रोबोटिक कटाई की सफलता दर 77 प्रतिशत रही। पटेल आदि (2023) ने सटीक खरपतवार पहचान और प्रबंधन के लिए कन्वोल्यूशनल न्यूरल नेटवर्क आधारित एआई-संचालित रोबोट विकसित किया। भारत में इसका उपयोग अभी विकसित हो रहा है, किन्तु अनुसंधान और सरकारी पहल इसे अधिक व्यापक बनाने की दिशा में कार्य कर रहे हैं, जिससे स्थायी और प्रभावी कृषि को बढ़ावा मिल सके।

## 5. सिंचाई प्रणालियों में स्वचालन

वैश्विक जल कमी की बढ़ती समस्या के

साथ कृषि को अधिक कुशल सिंचाई पद्धतियाँ अपनाती आवश्यक हो गई हैं। सटीक भूमि समतलीकरण और स्वचालित सिंचाई तकनीकें खेत स्तर पर जल उत्पादकता में महत्वपूर्ण सुधार लाती हैं। एआई-संचालित सिंचाई प्रणालियाँ मौसम पूर्वानुमान, मिट्टी की नमी सेंसर तथा फसल डेटा का उपयोग करके पानी की खपत को अनुकूल बनाती हैं। स्मार्ट नियंत्रक वास्तविक-समय में सिंचाई अनुसूची को समायोजित करते हैं, जिससे जल की बर्बादी कम होती है और विशेष रूप से शुष्क तथा अर्ध-शुष्क क्षेत्रों में पौधों का स्वास्थ्य बेहतर होता है। ये प्रणालियाँ आइओटी, मोबाइल इंटरनेट, लोरा और रिमोट सेंसिंग तकनीकों का उपयोग करके वॉल्व स्विचों को वायरलेस नियंत्रित करती हैं, जिससे मिट्टी के प्रकार और जलवायु के अनुसार सटीक मात्रा में पानी उपलब्ध कराया जाता है और अति-सिंचाई की संभावना घटती है। इनमें सेंसर, स्वचालित नियंत्रण तथा कंप्यूटिंग तकनीकें सम्मिलित होती हैं, जो प्रायः स्प्रींकलर या ड्रिप सिंचाई के साथ उपयोग की जाती हैं। मिट्टी नमी सेंसर और लोरा-आधारित संचार का उपयोग करते हुए गेहूँ और सोयाबीन पर विकसित स्मार्ट सिंचाई शेड्यूलिंग प्रणाली ने जल उपयोग में 25-30 प्रतिशत कमी दर्शाई, वह भी बिना उपज प्रभावित किए। इसी प्रकार मौसम पूर्वानुमान, फसल एवापोट्रांसपिरेशन मॉडल तथा मिट्टी नमी डेटा का उपयोग करने वाली वायरलेस सेंसर-आधारित टमाटर सिंचाई प्रणाली ने परंपरागत सिंचाई की तुलना में जल-उपयोग दक्षता में 35 प्रतिशत सुधार प्राप्त किया।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता ऐतिहासिक तथा वास्तविक-समय डेटा का उपयोग करके फसल उपज का पूर्वानुमान लगाती है, रोगों का प्रारम्भिक पता लगाती है और मशीनरी की संभावित खराबी का पूर्वानुमान करती है, जिससे समय पर हस्तक्षेप संभव हो पाता है। मशीन लर्निंग एल्गोरिदम विशाल डेटा सेटों का विश्लेषण करके किसानों को समय पर निर्णय लेने, उत्पादकता बढ़ाने तथा फसल हानि कम करने में सहायता करते हैं। एआई-संचालित निर्णय समर्थन प्रणालियाँ सिंचाई, उर्वरक प्रबंधन, कीट नियंत्रण और मशीनरी रखरखाव में किसानों को मार्गदर्शन प्रदान करती हैं। ड्रोन और उपग्रहों से प्राप्त उच्च-रिजॉल्यूशन चित्र वास्तविक-समय में खेत

निगरानी और गुणवत्ता नियंत्रण में सहायक होते हैं। मौसम डेटा, मिट्टी सेंसर तथा फसल मॉडलों को एकीकृत करने वाली एआई-आधारित निर्णय समर्थन प्रणाली सिंचाई और उर्वरक प्रबंधन के लिए सटीक सुझाव प्रदान करती है, जिससे जल-दक्षता और उपज में सुधार होता है। आइओटी-सक्षम निर्णय समर्थन प्रणालियाँ जल उपयोग में 30 प्रतिशत से अधिक बचत प्राप्त कर रही हैं, तथा आरएल-आधारित स्वचालन कीट और रोग प्रबंधन को अधिक कुशल बनाता है। चित्र 7 दर्शाता है कि स्मार्ट खेती में आइओटी, सेंसर और संचार नेटवर्क किस प्रकार मिलकर कार्य करते हैं, ताकि कृषि डेटा का संग्रहण, प्रसारण और विश्लेषण किया जा सके, जिससे सटीक कृषि और डेटा-आधारित निर्णय संभव हो पाते हैं।

### मशीनीकृत कृषि में एआई और सेंसर के लाभ

- मशीनों को अधिक सटीकता के साथ संचालित करने में सक्षम बनाकर दक्षता और उत्पादकता बढ़ाता है।
- हानि कम करता है और कृषि कार्यों में संसाधनों के उपयोग को अनुकूल बनाता है। प्रारम्भिक समस्या पहचान और श्रम आवश्यकता में कमी के माध्यम से लागत बचत सुनिश्चित करता है।
- पानी, उर्वरक और कीटनाशक जैसे इनपुट का सटीक उपयोग करके पर्यावरणीय स्थिरता को बढ़ावा देता है।
- स्वचालन और दूरस्थ निगरानी के माध्यम से जोखिमपूर्ण कार्यों में मानव सहभागिता कम कर सुरक्षा में सुधार करता है।
- आधुनिक कृषि को अधिक स्मार्ट, स्थायी और आर्थिक रूप से व्यवहार्य बनाता है।
- यह डेटा-आधारित निर्णयों को सक्षम बनाता है, जिससे खेत की स्थिति के अनुसार समय पर और सटीक प्रबंधन संभव होता है।

### चुनौतियाँ और भविष्य की संभावनाएँ

- उच्च प्रारम्भिक लागत छोटे किसानों की विखंडित भूमि पर एआई-सक्षम उपकरणों को अपनाने में बाधा डालती है।
- सीमित तकनीकी ज्ञान और डिजिटल साक्षरता एआई के प्रभावी उपयोग में बाधा बनती है।
- ग्रामीण क्षेत्रों में कमजोर इंटरनेट

कनेक्टिविटी क्लाउड-आधारित एआई अनुप्रयोगों और वास्तविक-समय सेंसर डेटा उपयोग को सीमित करती है।

- डेटा गोपनीयता, प्रणाली विश्वसनीयता और तकनीक स्वीकार्यता से जुड़ी चुनौतियाँ मौजूद हैं।
- संसाधनों की कमी, प्रशासनिक बाधाएँ, अपर्याप्त कंप्यूटिंग सुविधाएँ और गुणवत्तापूर्ण डेटा की कमी एआई अनुसंधान में बाधा उत्पन्न करती हैं।
- भविष्य में किफायती एआई समाधान, बेहतर डिजिटल अवसंरचना और विस्तार योग्य तकनीकों पर ध्यान केंद्रित किया जाना चाहिए।
- सरकारी सब्सिडी, प्रशिक्षण कार्यक्रम और स्वचालित एआई-आधारित कृषि प्रथाएँ अपनाने और दक्षता बढ़ाने में सहायक होंगी।

### निष्कर्ष

कृषि मशीनीकरण को रूपांतरित करने में कृत्रिम बुद्धिमत्ता और सेंसर प्रौद्योगिकियों की अपार क्षमता होने के बाद भी कई अनुसंधान-गत अंतराल और व्यावहारिक चुनौतियाँ अभी भी उपस्थित हैं। प्रमुख अंतरालों में छोटे किसानों के लिए किफायती एआई समाधान पर सीमित अध्ययन, विविध क्षेत्रीय परिस्थितियों में सेंसरों की अपर्याप्त सटीकता और कैलिब्रेशन, तथा क्षेत्र-विशिष्ट निर्णय समर्थन ढाँचों की कमी सम्मिलित है। किफायती तकनीक तक पहुँच बढ़ाने, ग्रामीण डिजिटल अवसंरचना को सुदृढ़ करने और किसानों व तकनीशियनों के लिए प्रशिक्षण उपलब्ध कराने हेतु नीतिगत हस्तक्षेप आवश्यक हैं। भविष्य के अनुसंधान में विस्तार योग्य एआई-सक्षम मशीनरी, मजबूत सेंसर नेटवर्क और वास्तविक-समय खेत प्रबंधन के लिए एकीकृत डेटा प्लेटफॉर्म को प्राथमिकता दी जानी चाहिए। इन अंतरालों को दूर करने से तकनीक अपनाने की गति बढ़ेगी, उत्पादकता में सुधार होगा, और कृषि अधिक स्थायी, लचीली तथा तकनीकी रूप से सशक्त बन सकेगी।



# एआई-प्रेरित त्रि-आयामी प्रिंटिंग: डिजिटल विनिर्माण में एक प्रतिमान परिवर्तन



के. नरसैयो<sup>1\*</sup>, सुश्री शबनम कुमारी<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>सहायक महानिदेशक (प्रक्रिया अभियांत्रिकी), कृषि अभियांत्रिकी प्रभाग

<sup>2</sup>वरिष्ठ अनुसंधान फेलो, कृषि अभियांत्रिकी प्रभाग

<sup>1,2</sup>भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद, नई दिल्ली-110012, भारत

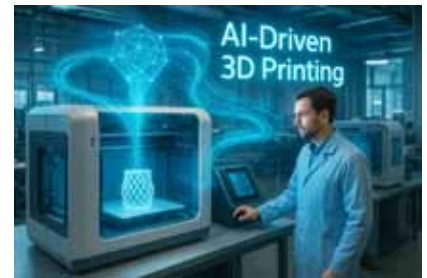
सम्पर्क लेखक ई-मेल: [shabnam0798@gmail.com](mailto:shabnam0798@gmail.com)

## परिचय

जैसे-जैसे विश्व डिजिटल युग में और अधिक आगे बढ़ रहा है, विनिर्माण क्षेत्र एक गहन परिवर्तन से गुजर रहा है। इस क्रांति के केंद्र में स्थित सबसे अधिक विघटनकारी प्रौद्योगिकियों में से एक है कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) और त्रि-आयामी मुद्रण का संलयन, जिसे योगात्मक विनिर्माण के नाम से भी जाना जाता है। जहाँ त्रि-आयामी मुद्रण डिजिटल अभिकल्पनाओं से सीधे जटिल एवं अनुकूलित वस्तुओं के निर्माण को संभव बनाता है, वहीं कृत्रिम बुद्धिमत्ता इन प्रणालियों को बुद्धिमत्ता, अनुकूलनशीलता तथा आत्म-संवर्धन की क्षमता प्रदान करती है।

यह संलयन उत्पादों की अभिकल्पना, उत्पादन और आपूर्ति की प्रक्रियाओं में क्रांतिकारी परिवर्तन ला रहा है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता, संरचनात्मक अभिकल्पों के अनुकूलन, वास्तविक समय

निगरानी के माध्यम से त्रुटियों में कमी, उत्पादन दक्षता में सुधार तथा नए पदार्थों की खोज को संभव बनाकर त्रि-आयामी मुद्रण को और अधिक सक्षम बनाती है। सृजनात्मक अभिकल्पन, पूर्वानुमानित अनुरक्षण तथा वैयक्तिकृत विनिर्माण, इस समन्वय से प्राप्त होने वाली कुछ प्रमुख क्षमताएँ हैं। रोगी की विशिष्ट शारीरिक संरचना के अनुरूप कृत्रिम अंगों से लेकर हल्के विमानन घटक, अनुकूलित खाद्य पदार्थ और आवश्यकता अनुसार मुद्रित कृषि औजारों तक, कृत्रिम बुद्धिमत्ता-प्रेरित त्रि-आयामी मुद्रण अधिक बुद्धिमान, तीव्र तथा सतत विनिर्माण का मार्ग प्रशस्त कर रहा है। यह प्रतिमान परिवर्तन स्वास्थ्य, विमानन, मोटर वाहन, खाद्य, कृषि तथा निर्माण जैसे क्षेत्रों में औद्योगिक मानकों को पुनर्परिभाषित कर रहा है और असंभव को न केवल संभव, बल्कि व्यावहारिक और विस्तार योग्य बना रहा है।



यह लेख कृत्रिम बुद्धिमत्ता-एकीकृत त्रि-आयामी प्रिंटिंग (3डी मुद्रण) के विकसित होते परिदृश्य का एक समग्र दृष्टिकोण प्रस्तुत करता है, जिसमें इसके सिद्धांतों, अनुप्रयोगों, बाजार प्रवृत्तियों, प्रमुख सहभागियों, चुनौतियों तथा भविष्य की दिशा का विस्तृत विवरण दिया गया है।

1. त्रि-आयामी प्रिंटिंग का विकास: उपकरण से बुद्धिमान निर्माणकर्ता तक

त्रि-आयामी प्रिंटिंग (3डी मुद्रण), अथवा योगात्मक विनिर्माण, डिजिटल ब्लूप्रिंट का उपयोग करते हुए परत-दर-परत वस्तुओं का निर्माण करता है। कटिंग, मिलिंग या मोल्डिंग जैसी पारंपरिक अपघटक विधियों के विपरीत, योगात्मक विनिर्माण जटिल ज्यामितीय संरचनाओं तथा कम मात्रा में अनुकूलित घटकों के दक्ष उत्पादन को संभव बनाता है।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता के एकीकरण से त्रि-आयामी मुद्रण और अधिक सक्षम हो जाता है, क्योंकि यह निर्माण प्रक्रिया के दौरान सीखने, पूर्वानुमान लगाने तथा वास्तविक समय में अनुकूलन की क्षमता प्रदान करता है।

### त्रि-आयामी मुद्रण में कृत्रिम बुद्धिमत्ता के प्रमुख संवर्द्धन

**सृजनात्मक अभिकल्पन ( Generative Desigan):** कृत्रिम बुद्धिमत्ता सॉफ्टवेयर स्वायत्त रूप से हजारों वैकल्पिक अभिकल्पनाएँ तैयार कर सकता है तथा भार, पदार्थ उपयोग, लागत अथवा संरचनात्मक दृढ़ता के आधार पर उनका अनुकूलन करता है।

**प्रक्रिया स्वचालन (Process Automation):** कृत्रिम बुद्धिमत्ता स्व-समायोजन, स्वचालित दोष पहचान तथा मुद्रण के दौरान गतिशील अनुकूलन को सक्षम बनाती है।

**पदार्थ अनुकूलन (Material Optimization):** मशीन लर्निंग एल्गोरिथ्म कार्य-निष्पादन मानकों या पर्यावरणीय परिस्थितियों के आधार पर उपयुक्त पदार्थों का चयन या अनुशंसा करते हैं।

**पूर्वानुमानित अनुरक्षण (Predictive Maintenance):** कृत्रिम बुद्धिमत्ता संवेदक आँकड़ों के विश्लेषण के माध्यम से हार्डवेयर विफलताओं का पूर्वानुमान लगाती है, जिससे निष्क्रिय समय न्यूनतम होता है।

**सामूहिक वैयक्तिकरण (Mass Personalization):** कृत्रिम बुद्धिमत्ता जैवमितीय, व्यवहारगत या भौगोलिक जैसे उपयोगकर्ता आँकड़ों की व्याख्या कर अनुकूलित उत्पादों का निर्माण संभव बनाती है।

### कृषि विनिर्माण में रूपांतरण

कृत्रिम बुद्धिमत्ता का संयोजन त्रि-आयामी मुद्रण को एक साधारण उपकरण से एक बुद्धिमान एवं स्वायत्त निर्माणकर्ता में परिवर्तित कर देता है।

## 2. कृत्रिम बुद्धिमत्ता द्वारा संवर्द्धित प्रमुख त्रि-आयामी मुद्रण प्रौद्योगिकियाँ

विभिन्न योगात्मक विनिर्माण तकनीकों अलग-अलग उद्योगों की आवश्यकताओं की पूर्ति करती हैं, और कृत्रिम बुद्धिमत्ता सभी में बुद्धिमत्ता का समावेश करती है।

प्रौद्योगिकी	विवरण	कृत्रिम बुद्धिमत्ता के अनुप्रयोग
एफडीएम (फ्यूज्ड डिपॉजिशन मॉडलिंग)	नोजल के माध्यम से पिघले हुए प्लास्टिक की परत-दर-परत जमावट	स्वचालित पाथ सुधार तथा एक्सट्रूडर ताप अनुकूलन
एसएलएस (सेलेक्टिव लेजर सिन्टरिंग)	लेजर द्वारा पाउडर रूपी पदार्थों का संलयन सिन्टरिंग	पैटर्न में सुधार एवं पदार्थ दक्षता में वृद्धि
एसएलए (स्टीरियोलिथोग्राफी)	परत-दर-परत रेजिन को क्योर करने हेतु पराबैंगनी (यूवी) प्रकाश का उपयोग	सूक्ष्म-रिजॉल्यूशन त्रुटि पहचान एवं मॉडल की फिडेलिटी नियंत्रण
पॉलीजेट/मल्टीजेट	तरल फोटो-पॉलिमरों का जेटिंग एवं यूवी द्वारा क्योरिंग	बहु-पदार्थ अनुकूलन एवं उच्च-सटीकता नियंत्रण
बाइंडर जेटिंग	तरल बाइंडिंग एजेंट की सहायता से पाउडर को बाँधना (धातु, खाद्य पदार्थ)	कृत्रिम बुद्धिमत्ता-निर्देशित पदार्थ प्रवाह तथा बहु-परत समन्वय
बायोप्रिंटिंग/फूड प्रिंटिंग	खाद्य या जैविक पदार्थों की परत-दर-परत जमावट	पोषक तत्व संरचना, बनावट एवं वैयक्तिकरण का कृत्रिम बुद्धिमत्ता द्वारा समायोजन

## 2.कृषि-विनिर्माण में पारंपरिक बनाम कृत्रिम बुद्धिमत्ता-प्रेरित त्रि-आयामी मुद्रण

पहलू (एस्पेक्ट)	पारंपरिक विनिर्माण	कृषि पर प्रभाव	कृत्रिम बुद्धिमत्ता-प्रेरित त्रि-आयामी मुद्रण
अभिकल्पन (डिजाइन)	धीमी, मैनुअल पुनरावृत्तियाँ	तेज, कृत्रिम बुद्धिमत्ता-संशोधित	कृषि आवश्यकताओं के अनुरूप त्वरित अनुकूलन
लागत	उच्च औजार लागत, पैमाने पर निर्भर	औजारों की आवश्यकता नहीं, कम मात्रा में भी व्यवहार्य	उत्पादन लागत में उल्लेखनीय कमी (आईसीएआर सीडरों के लिए लगभग 60 प्रतिशत कम)
अनुकूलन	सीमित एवं महँगा	सरल, स्कैन-फिट एवं पैरामीट्रिक	अनुकूलित बीज प्लेटें, कृत्रिम अंग तथा नोजल
प्रारूपण (प्रोटोटाइप निर्माण)	केंद्रीकृत कार्यशालाएँ	स्थानीय, आवश्यकता अनुसार	किसानों के लिए तेज उपलब्धता
मरम्मत	आपूर्ति श्रृंखलाओं पर निर्भर	स्पेयर्स( स्पेयर भागों) का स्थानीय मुद्रण	चरम मौसम के दौरान निष्क्रिय समय में कमी
सततता	उच्च पदार्थ अपव्यय	पदार्थ-कुशल, जैव-पॉलिमर	पर्यावरण-अनुकूल उत्पादन

क्षेत्र	अनुप्रयोग
स्वास्थ्य सेवा एवं जैव-चिकित्सा	<ul style="list-style-type: none"> <li>• मनुष्यों के लिए वैयक्तिकृत इम्प्लांट, कृत्रिम अंग (प्रोस्थेटिक्स) तथा ऑर्थोटिक्स।</li> <li>• सटीक चिकित्सा के समर्थन हेतु ऊतकों एवं अंगों की बायोप्रिंटिंग, शल्य-चिकित्सा मॉडल तथा उपकरण।</li> </ul>
औद्योगिक एवं उपभोक्ता क्षेत्र	<ul style="list-style-type: none"> <li>• विमानन, ऑटोमोबाइल एवं रक्षा क्षेत्र: भार-अनुकूलित घटक, तीव्र प्रोटोटाइप निर्माण, आवश्यकता अनुसार प्रतिस्थापन भाग तथा कार्य-निष्पादन सिमुलेशन।</li> <li>• निर्माण, फैशन एवं उपभोक्ता वस्तुएँ: त्रि-आयामी मुद्रित भवन, आपदा राहत संरचनाएँ, पहनने योग्य उपकरण, सहायक वस्तुएँ एवं शैक्षिक साधन।</li> </ul>
कृषि एवं खाद्य प्रणालियाँ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• फसल उत्पादन, पशुपालन प्रबंधन तथा खाद्य वननिर्माण से जुड़े अनुप्रयोग।</li> <li>• कृषि औजारों, सिंचाई घटकों, अनुकूलित पशु कृत्रिम अंगों, चारा वितरण यंत्रों, पैकेजिंग, साँचे तथा वैयक्तिकृत पोषण हेतु त्रि-आयामी (3डी) मुद्रित खाद्य पदार्थों का आवश्यकता अनुसार उत्पादन।</li> </ul>

यद्यपि पारंपरिक विनिर्माण ने दशकों तक कृषि क्षेत्र की सेवा की है, किंतु लागत, गति तथा लचीलापन जैसी सीमाएँ अब स्पष्ट रूप से दिखाई देने लगी हैं। निम्नलिखित तुलना दर्शाती है कि कृत्रिम बुद्धिमत्ता-सक्षम त्रि-आयामी मुद्रण किस प्रकार कृषि-विनिर्माण को रूपांतरित कर रहा है।

यद्यपि कृत्रिम बुद्धिमत्ता-प्रेरित त्रि-आयामी मुद्रण स्वास्थ्य सेवा से लेकर विमानन तक अनेक क्षेत्रों में क्रांति ला रहा है, परंतु कृषि और खाद्य उद्योग में इसके अनुप्रयोग विशेष रूप से अत्यंत संभावनाशील हैं, क्योंकि इनका सीधा संबंध सततता एवं खाद्य सुरक्षा से है।

### कृषि एवं खाद्य क्षेत्र में त्रि-आयामी मुद्रण का वर्तमान उपयोग

जो तकनीक पहले मुख्यतः प्रोटोटाइप निर्माण तक सीमित थी, वह अब कृषि एवं खाद्य क्षेत्र में एक परिवर्तनकारी प्रौद्योगिकी के रूप में उभर रही है।

#### 1. फसल एवं कटाई-पश्चात अनुप्रयोग

- कृत्रिम बुद्धिमत्ता-प्रेरित त्रि-आयामी मुद्रण सिंचाई नोजल, कम लागत वाले सीडर, प्लांटर तथा मशीनरी के प्रतिस्थापन भागों का आवश्यकता अनुसार उत्पादन संभव बनाता है, जिससे निष्क्रिय समय और परिचालन लागत में कमी आती है।
- कटाई-पश्चात उपकरण जैसे नॉन-क्लॉगिंग

स्प्रे-ड्राइंग नोजल, माइक्रोएन्कैप्सुलेशन यंत्र तथा सटीक मिस्टर्स प्रसंस्करण दक्षता एवं पर्यावरण नियंत्रण में सुधार करते हैं।

#### 2. पशुपालन प्रबंधन

- 5 अनुकूलित कृत्रिम अंग (प्रोस्थेटिक्स), ऑर्थोटिक्स तथा अनुरूप कृषि अवसंरचना (चारा वितरण यंत्र, आवास घटक) पशु कल्याण में वृद्धि करते हैं।
- अनुकूली एवं फार्म-विशिष्ट समाधानों के माध्यम से सटीक पशुपालन प्रबंधन को समर्थन मिलता है।

#### 3. खाद्य उद्योग एवं समग्र कृषि-खाद्य लाभ

- योगात्मक विनिर्माण का उपयोग मशीनरी, साँचे, पैकेजिंग तथा त्रि-आयामी मुद्रित खाद्य पदार्थों में किया जा रहा है, जिनमें वैयक्तिकृत पोषण एवं विशेष आहार शामिल हैं।
- संपूर्ण कृषि-खाद्य मूल्य श्रृंखला में, त्रि-आयामी मुद्रण उपकरणों, उत्पादों एवं अवसंरचना की लचीलापन, लागत-प्रभावशीलता, सततता तथा अनुकूलन क्षमता को बढ़ाता है।

#### 4. बाजार प्रवृत्तियाँ एवं आर्थिक परिदृश्य

त्रि-आयामी मुद्रण उद्योग वैश्विक स्तर पर तथा भारत में तीव्र वृद्धि का अनुभव कर रहा है। यह वृद्धि पदार्थों में प्रगति, हार्डवेयर लागत में कमी

तथा कृत्रिम बुद्धिमत्ता, इंटरनेट ऑफ थिंग्स (आईओटी) और क्लाउड कंप्यूटिंग जैसी स्मार्ट प्रौद्योगिकियों के साथ एकीकरण से प्रेरित है।

वैश्विक बाजार: वैश्विक त्रि-आयामी मुद्रण बाजार तीव्र विस्तार का अनुभव कर रहा है। वर्ष 2024 में इसका मूल्यांकन 19.33 अरब अमेरिकी डॉलर था और इसके 2025 में 23.41 अरब अमेरिकी डॉलर से बढ़कर 2032 तक 101.74 अरब अमेरिकी डॉलर तक पहुँचने का अनुमान है। यह पूर्वानुमान अवधि के दौरान 23.4 प्रतिशत की सुदृढ़ चक्रवृद्धि वार्षिक वृद्धि दर (सीएजीआर) को दर्शाता है, जिसमें विमानन, ऑटोमोबाइल तथा स्वास्थ्य सेवा जैसे प्रमुख क्षेत्र अग्रणी भूमिका निभा रहे हैं।

वैश्विक नवप्रवर्तक (ग्लोबल इन्वेस्टर्स): स्ट्राटासिस (अमेरिका), एचपी इंक. (अमेरिका), जीई एडिटिव (अमेरिका), ईओएस जीएमबीएच (जर्मनी), कार्बन (अमेरिका), फॉर्मलैब्स (अमेरिका)।

भारतीय बाजार: विभिन्न स्रोतों के अनुसार भारत का वर्तमान त्रि-आयामी मुद्रण बाजार आकार 20.59 अरब अमेरिकी डॉलर आँका गया है, और इसके 2031 तक 58.67 अरब अमेरिकी डॉलर तक पहुँचने की संभावना है। इस अवधि के दौरान यह बाजार 19.07 प्रतिशत की चक्रवृद्धि वार्षिक वृद्धि दर (सीएजीआर) से बढ़ने का अनुमान है। **उभरते भारतीय खिलाड़ी:** इमैजिनेरियम (मुंबई, भारत), विप्रो 3डी (बेंगलुरु, भारत), डिवाइड बाय जीरो (नवी मुंबई, भारत)।

#### 5. स्मार्ट लेबलिंग एवं उन्नत अनुप्रयोग

कृत्रिम बुद्धिमत्ता-प्रेरित त्रि-आयामी मुद्रण में हुई प्रगति ने स्मार्ट लेबलिंग तथा पहचान प्रणालियों के विकास को भी संभव बनाया है। ये प्रणालियाँ संवेदकों, कृत्रिम बुद्धिमत्ता एल्गोरिथ्म तथा त्रि-आयामी मुद्रित घटकों का एकीकरण करती हैं, जिससे उत्पादों पर अंतःक्रियात्मक, अनुकूली एवं सुरक्षित पहचान उपलब्ध होती है। कृषि एवं खाद्य अनुप्रयोगों में ऐसे लेबल तापमान, आर्द्रता तथा हैडलिंग परिस्थितियों जैसे पर्यावरणीय मानकों की निगरानी कर सकते हैं और अनुरेखण (ट्रेसएबिलिटी) एवं गुणवत्ता नियंत्रण हेतु सटीक जानकारी प्रदान करते हैं।

आरएफआईडी एवं एनएफसी जैसी प्रौद्योगिकियाँ आपूर्ति श्रृंखला के पूरे चरण में वास्तविक समय ट्रैकिंग को सक्षम बनाती हैं, जबकि संवेदक-सक्षम लेबल भंडारण एवं हैडलिंग परिस्थितियों

की निगरानी कर उत्पाद की अखंडता बनाए रखते हैं। इसके अतिरिक्त, लेबल के भीतर समाहित कृत्रिम बुद्धिमत्ता-प्रेरित सूक्ष्म-पैटर्न प्रमाणीकरण हेतु उपयोग किए जा सकते हैं, जिससे नकली उत्पादों से संबंधित चिंताओं का समाधान होता है। ये अनुप्रयोग परिचालन पारदर्शिता को बढ़ाते हैं, सुरक्षा एवं गुणवत्ता मानकों के अनुपालन को सुनिश्चित करते हैं तथा खराब होने और अपव्यय को कम करके सततता में योगदान देते हैं।



## 6. कृत्रिम बुद्धिमत्ता-प्रेरित त्रि-आयामी मुद्रण के लाभ

कृत्रिम बुद्धिमत्ता का त्रि-आयामी मुद्रण के साथ एकीकरण अनेक मापनीय लाभ प्रस्तुत करता है। कृषि एवं खाद्य प्रणालियों में यह प्रौद्योगिकी अनुकूलित औजारों, सिंचाई नोजलों, सीडरों तथा प्रतिस्थापन भागों के उत्पादन को समर्थ बनाती है, जिन्हें स्थानीय इकाइयों में आवश्यकता अनुसार निर्मित किया जा सकता है। इससे निष्क्रिय समय में कमी आती है, परिचालन दक्षता बढ़ती है तथा बदलती कृषि आवश्यकताओं के अनुरूप त्वरित अनुकूलन संभव होता है।

दक्षता में सुधार अनुकूलित प्रिंट पाथ, पदार्थ अपव्यय में कमी तथा निर्माण के दौरान दोषों के वास्तविक समय सुधार के माध्यम से प्राप्त होता है। विशेष रूप से जटिल ज्यामितीय संरचनाओं एवं अनुकूलित घटकों के उत्पादन में सटीकता में वृद्धि होती है, जबकि कृत्रिम बुद्धिमत्ता-सहायित सृजनात्मक अभिकल्पन के कारण तीव्र अभिकल्प पुनरावृत्तियों से गति में भी बढ़ोतरी होती है। स्थानीय उत्पादन एवं परिवहन आवश्यकताओं में कमी से सततता सुदृढ़ होती है, तथा दूरस्थ या आपातकालीन परिस्थितियों में स्थानीय केंद्रों द्वारा आवश्यक घटकों की आपूर्ति संभव होने से प्रणाली की लचीलापन एवं प्रत्यास्थता में सुधार होता है।

## 7. चुनौतियाँ एवं बाधाएँ

अपनी व्यापक संभावनाओं के बाद भी, कृत्रिम बुद्धिमत्ता-प्रेरित त्रि-आयामी मुद्रण के कार्यान्वयन में कई सीमाएँ विद्यमान हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता-संयोजित त्रि-आयामी प्रिंटरों तथा आवश्यक सहायक अवसंरचना की प्रारंभिक लागत अभी भी अधिक है, जिससे लघु एवं मध्यम उद्यमों के लिए इसकी पहुँच सीमित हो जाती है। वर्तमानहार्डवेयर और कार्यप्रवाहों के साथ कृत्रिम बुद्धिमत्ता एल्गोरिथ्म का एकीकरण विशेष कौशल एवं संगणकीय संसाधनों की माँग करता है, जबकि कृत्रिम बुद्धिमत्ता प्रणालियों का प्रदर्शन उच्च गुणवत्ता वाले डेटा-समुच्चयों की उपलब्धता पर निर्भर करता है।

पदार्थों की सीमाएँ भी महत्वपूर्ण चुनौती प्रस्तुत करती हैं, क्योंकि वर्तमान में टिकाऊ, खाद्य-सुरक्षित तथा पर्यावरणीय रूप से सतत त्रि-आयामी मुद्रण योग्य पदार्थों की श्रेणी सीमित है। जटिल अथवा बहु-पदार्थ घटकों में समान गुणवत्ता सुनिश्चित करना अब भी कठिन बना हुआ है। इसके अतिरिक्त, कृत्रिम बुद्धिमत्ता से जुड़े तंत्रों से संबंधित साइबर सुरक्षा जोखिम तथा विभिन्न क्षेत्रों में मानकीकृत विनियमों के अभाव के कारण अपनाने में अनिश्चितता बनी रहती है। टिकारूपन, सुरक्षा और त्रि-आयामी मुद्रित उत्पादों की अपरिचितता को लेकर उपभोक्ता एवं बाजार की आशंकाएँ भी इसके व्यापक कार्यान्वयन में बाधा उत्पन्न करती हैं।

## 8. भावी राह (आगे की दिशा): अंतर को पाटना

कृत्रिम बुद्धिमत्ता-प्रेरित त्रि-आयामी मुद्रण की पूर्ण क्षमता को साकार करने के लिए समन्वित नीतिगत समर्थन, क्षमता निर्माण तथा विभिन्न क्षेत्रों के बीच सहयोग आवश्यक है। अनुसंधान अनुदान, पायलट परियोजनाएँ और सब्सिडी जैसे सार्वजनिक प्रोत्साहन इसके अंगीकरण को सुगम बना सकते हैं, जबकि विश्वविद्यालयों, पॉलिटेक्निक संस्थानों एवं व्यावसायिक प्रशिक्षण संस्थाओं में तकनीकी प्रशिक्षण कार्यक्रमों का विकास आवश्यक कार्यबल के निर्माण में सहायक होगा।

कृत्रिम बुद्धिमत्ता-संशोधित अभिकल्प मॉडलों के ओपन-एक्सेस भंडारों का सृजन लघु एवं मध्यम उद्यमों को समर्थन प्रदान कर सकता है, जिससे वे बिना बड़े प्रारंभिक निवेश के उन्नत प्रौद्योगिकी का लाभ उठा सकें। ग्रामीण एवं अर्ध-शहरी क्षेत्रों में स्थानीयकृत त्रि-आयामी मुद्रण केंद्रों की स्थापना आवश्यकता अनुसार विनिर्माण की पहुँच बढ़ा सकती है, जिससे प्रणाली की प्रत्यास्थता एवं परिचालन दक्षता में वृद्धि होगी। अभियंताओं, कृषिविदों, कृत्रिम बुद्धिमत्ता विशेषज्ञों तथा डिजाइनरों के बीच सहयोग व्यावहारिक, सतत एवं संदर्भ-विशिष्ट समाधानों के विकास के लिए अनिवार्य है।

## निष्कर्ष

कृत्रिम बुद्धिमत्ता-प्रेरित त्रि-आयामी मुद्रण डिजिटल विनिर्माण में एक महत्वपूर्ण प्रगति का प्रतिनिधित्व करता है, जिसके अनुप्रयोग कृषि, खाद्य प्रणालियों, स्वास्थ्य सेवा, विमानन, औद्योगिक उत्पादन तथा निर्माण जैसे अनेक क्षेत्रों में विस्तृत हैं। कृत्रिम बुद्धिमत्ता के साथ इसका एकीकरण दक्षता, सटीकता, अनुकूलन, सततता तथा प्रत्यास्थता को सुदृढ़ बनाता है। यह प्रौद्योगिकी अनुकूलित कृषि औजारों, सिंचाई घटकों, पशुपालन हेतु कृत्रिम अंगों, खाद्य उत्पादों, चिकित्सीय इम्प्लांटों तथा औद्योगिक घटकों के आवश्यकता अनुसार उत्पादन को समर्थ बनाती है, जिससे निष्क्रिय समय में कमी आती है और परिचालन दक्षता में सुधार होता है। इसके व्यापक अंगीकरण की सफलता तकनीकी, पदार्थगत, आर्थिक तथा नियामक चुनौतियों जैसे उच्च प्रारंभिक लागत, एकीकरण की जटिलता तथा पदार्थों की सीमाएँ पर काबू पाने पर निर्भर करती है। समन्वित नीतिगत समर्थन, क्षमता निर्माण तथा बहु-क्षेत्रीय सहयोग के माध्यम से कृत्रिम बुद्धिमत्ता-प्रेरित त्रि-आयामी मुद्रण वैयक्तिकृत स्वास्थ्य सेवा, खाद्य एवं जल सुरक्षा, सतत आवास, सटीक कृषि, आपदा राहत तथा सुदृढ़ स्थानीय अर्थव्यवस्थाओं में महत्वपूर्ण योगदान दे सकता है। इन सभी कारकों पर सावधानीपूर्वक ध्यान देते हुए इसका कार्यान्वयन आधुनिक विनिर्माण प्रणालियों में नवाचार और व्यावहारिक, सतत समाधानों के बीच सेतु स्थापित करने वाला एक विश्वसनीय एवं अनुकूलनीय उपकरण सिद्ध हो सकता है।



# जैव-कोयले के तिहरे लाभ: जल सुरक्षा, उपज तथा कार्बन संचयन



अभिषेक पटेल\*

भा.कृ.अनु.प.-केंद्रीय शुष्क क्षेत्र अनुसंधान संस्थान, क्षेत्रीय अनुसंधान केंद्र, भुज

## सार

जैव-कोयला, जो सजीव अवशेषों को कम प्राणवायु की उपस्थिति में गर्म करके तैयार किया गया कार्बन-समृद्ध पदार्थ होता है, विशेषकर जल-अल्प क्षेत्रों में, टिकाऊ कृषि के लिए एक व्यावहारिक उपकरण के रूप में उभर रहा है। इसके लाभ मुख्यतः इस क्षमता से आते हैं कि यह मृदा में जल तथा पोषक तत्वों के संचयन और उपलब्धता को सुधारता है। मृदा संरचना को सुदृढ़ बनाकर, उपलब्ध जल को बढ़ाकर तथा सूक्ष्मजीव जीवन को प्रोत्साहित करके, जैव-कोयला फसलों को सूखे के दौर का बेहतर सामना करने में सहायता करता है और तनावग्रस्त मृदाओं में उत्पादकता बढ़ाता है। खेत-स्तर के इन लाभों से आगे, यह दीर्घकालिक कार्बन संचयन प्रदान करता है और अपशिष्ट को एक मूल्यवान मृदा-संशोधक में परिवर्तित करके परिपत्र जैव-अर्थव्यवस्था की रणनीतियों में योगदान देता है। इन सभी गुणों के साथ, जैव-कोयला जलवायु-लचीली कृषि प्रणालियाँ विकसित करने का एक बहुपयोगी विकल्प बनकर सामने आ रहा है।

**मुख्य शब्द:** जैव-कोयला, जलवायु समाधान,

## मृदा, जल प्रबंधन

### 1. प्रस्तावना

बढ़ती जलवायु अस्थिरता के बीच कृषि पर कम पानी में अधिक उत्पादन करने का दबाव बढ़ता जा रहा है। जैव-कोयला, जो कार्बनिक अपशिष्ट के पायरोलिसिस द्वारा तैयार किया गया एक स्थिर, कार्बन-समृद्ध पदार्थ है, एक वैज्ञानिक रूप से प्रमाणित समाधान के रूप में उभर रहा है। कार्बोनाइज्ड बायोमास के उपयोग का विचार सदियों पुराना है, जैसा कि अमेजन की उपजाऊ "टेरा प्रेटा" मिट्टियों में देखा गया है, लेकिन आधुनिक नवाचार इसकी विशेष मृदा और जलवायु परिस्थितियों के अनुरूप गुणों को ढालने की क्षमता में निहित है। इसकी प्रभावशीलता इसके विशिष्ट भौतिक ढांचे और सतही रसायन से आती है। उच्च आंतरिक सतह क्षेत्र, विविध रंध्र आकार, और प्रतिक्रियाशील सतही आवेशों के कारण जैव-कोयला मृदा कणों, जल और पोषक तत्वों के साथ इस तरह से अंतःक्रिया करता है जो फसल वृद्धि को सीधे प्रभावित करता है। यदि इसे वैज्ञानिक तरीके से डिजाइन और लागू किया जाए, तो जैव-कोयला पानी का संरक्षण कर सकता है, पोषक तत्वों को

स्थिर कर सकता है, अम्लीय मिट्टियों को निष्प्रभावी कर सकता है, और जड़ों के विकास तथा सूक्ष्मजीवी गतिविधि के लिए अनुकूल परिस्थितियाँ बना सकता है। महत्वपूर्ण बात यह है कि यह एक "वन-साइज-फिट्स-ऑल" समाधान नहीं है, इसकी कार्यक्षमता प्रयुक्त फीडस्टॉक, पायरोलिसिस स्थितियाँ, अनुप्रयोग विधि, और अन्य मृदा-संशोधकों के साथ इसके एकीकरण पर निर्भर करती है।

### 2. जैव-कोयले द्वारा मृदा की भौतिक तथा जैविक गुणधर्मों का समायोजन

जैव-कोयले का एक प्रमुख लाभ, विशेषकर शुष्क तथा अर्ध-शुष्क क्षेत्रों में, मृदा की जल-गतिकी पर इसका प्रभाव है। बलुई मिट्टियों में, जहाँ जल तेजी से निकल जाता है, जैव-कोयला एक भण्डार की तरह कार्य करता है और पादप-उपलब्ध जल की मात्रा बढ़ा देता है। अनेक अध्ययनों की समीक्षाओं में पाया गया है कि जैव-कोयला बलुई मिट्टियों में उपलब्ध जल को लगभग 33-45 प्रतिशत तथा चिकनी मिट्टियों में लगभग 9-14 प्रतिशत तक बढ़ा सकता है। इसका अर्थ है कि वर्षा अथवा सिंचाई के बीच पौधों के लिए जल की अधिक विश्वसनीय आपूर्ति उपलब्ध होती है, जो वर्तमान समय में बढ़ती एवं अनिश्चित सूखा-अवधियों

के संदर्भ में अत्यंत महत्वपूर्ण है। मृदा के भौतिक गुणों की दृष्टि से, जैव-कोयला मृदा का थोक घनत्व घटाता है तथा रंध्रता बढ़ाता है, जिससे जल एवं वायु संचरण के अधिक मार्ग बनते हैं। इसकी रंध्रयुक्त संरचना उस स्तर पर जल संचित करती है जिसे पौधे अत्यधिक ऊर्जा खर्च किए बिना प्राप्त कर सकते हैं। भौतिक प्रभावों से आगे, जैव-कोयला जड़-क्षेत्र (राइजोस्फियर) को भी रूपांतरित करता है। इसकी सतहें सूक्ष्मजीवों के उपनिवेशन, बायोफिल्म निर्माण, तथा कार्बनिक-खनिज अंतःक्रियाओं के लिए स्थल प्रदान करती हैं जो पोषक तत्वों को बनाए रखने में सहायक होती हैं। यह जीवंत अंतरफलक जल एवं पोषक तत्वों दोनों के अधिक कुशल चक्रीय प्रवाह तथा बेहतर हाइड्रोलिक पारस्परिकता को प्रोत्साहित करता है।

### 3. बहुक्रियात्मक मृदा-संशोधक के रूप में जैव-कोयला

यद्यपि जल संरक्षण को प्रायः मुख्य लाभ के रूप में रेखांकित किया जाता है, जैव-कोयला इससे कहीं अधिक व्यापक लाभ प्रदान करता है जो मृदा तथा फसल से जुड़ी अनेक बाधाओं का समाधान करते हैं। विभिन्न जलवायु-क्षेत्रों तथा फसल-प्रणालियों पर किए गए तुलनात्मक अध्ययनों (मेटा-विश्लेषणों) में पाया गया है कि जैव-कोयला उपयोग के बाद उपज में लगभग 10 से 42 प्रतिशत तक वृद्धि होती है, और यह वृद्धि विशेष रूप से उन मिट्टियों में सर्वाधिक होती है जो क्षरित, अम्लीय या पोषक-तत्वों से गरीब होती हैं। ये सुधार तीन प्रमुख तंत्रों से जुड़े हैं:

#### i. पोषक-तत्व संरक्षण तथा दक्षता:

जैव-कोयले की रंध्रयुक्त संरचना तथा आवेशित सतहें पोषक-तत्वों को पकड़े रखने में सहायता करती हैं, जिससे रिसाव अथवा वाष्पीकरण द्वारा होने वाले नुकसान कम हो जाते हैं। यह संतुलन-प्रभाव उर्वरक की उपयोग-दक्षता बढ़ाता है और इसके लाभ कई फसल-चक्रों तक बने रहते हैं, विशेषकर तब जब जैव-कोयला कम्पोस्ट या खनिज उर्वरकों के साथ मिलाकर प्रयोग किया जाता है।

#### ii. अम्लीकरण-नियंत्रण तथा विषाक्तता में कमी:

अधिकांश जैव-कोयलों का स्वभाव क्षारीय होता है। अम्लीय मिट्टियों में यह मृदा का पीएच बढ़ाते हैं, एल्यूमिनियम विषाक्तता घटाते हैं तथा पोषक-तत्वों की उपलब्धता बढ़ाते हैं। यह अम्लीकरण-नियंत्रण प्रभाव उन उष्णकटिबंधीय एवं उप-उष्णकटिबंधीय मिट्टियों में पाई जाने वाली उल्लेखनीय उपज-वृद्धि का कारण है जहाँ अम्लीयता उत्पादन को सीमित करती है।

#### iii. पादप-स्वास्थ्य तथा तनाव-सहिष्णुता:

जैव-कोयला प्रायः मृदा के सूक्ष्मजीवी समुदायों को लाभकारी जीवों की ओर मोड़ देता है, जिससे पौधों को सूखा, लवणता तथा ऊष्मा जैसे अजैविक तनावों के विरुद्ध सहायता मिलती है तथा कुछ मृदा-जनित रोग भी कम होते हैं। बेहतर जड़-पर्यावरण, संतुलित मृदा-रसायन

तथा सूक्ष्मजीवी संकेतकसस मिलकर फसल की सहनशीलता को अधिक मजबूत बनाते हैं।

#### 4. कृषि-पारिस्थितिक तंत्रों में जैव-कोयले की उत्सर्जन-न्यूनकरण क्षमता

मृदा तथा फसल सुधार में अपनी प्रत्यक्ष भूमिका से आगे, जैव-कोयला जलवायु तथा सततता से जुड़े महत्वपूर्ण लाभ भी प्रदान करता है। जैव-कोयले में उपस्थित कार्बन का बड़ा भाग अत्यंत स्थिर होता है और दीर्घ अवधि तक सूक्ष्मजीवी अपघटन का प्रतिरोध करता है। मृदा की सतह से लगभग 10 सेमी गहराई तक जैव-कोयला डालने से अवनमनीकरण (डिनाइट्रीफिकेशन) क्षमता घट सकती है तथा  $N_2O$  का उत्सर्जन कम हो सकता है, साथ ही पोटेसियम जैसे गतिशील पोषक-तत्वों के रिसाव को नियंत्रित कर सकता है, जिससे जल-उपयोग दक्षता, पोषक उपलब्धता और पादप-विकास में सुधार होता है। यह जैव-कोयले को एक मान्यता प्राप्त नकारात्मक-उत्सर्जन प्रौद्योगिकी बनाता है जो दीर्घकाल तक कार्बन को मृदा में बंद रखने में सक्षम है।

इसके अतिरिक्त, जैव-कोयला उत्पादन परिपत्र अर्थव्यवस्था के लक्ष्यों का समर्थन करता है। पायरोलिसिस न केवल फसल-अवशेषों को एक मूल्यवान मृदा-संशोधक में बदलती है, बल्कि ऐसे पदार्थ (गैस और तेल) भी उत्पन्न करती है जिन्हें नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के रूप में उपयोग किया जा सकता है। अवशेष गैसीफायर या बायोलर में





अत्यधिक उच्च तापमान तथा शून्य या निम्न ऑक्सीजन वाले वातावरण में जलने पर उत्पादक-गैस में परिवर्तित हो जाते हैं ( इसके ऊष्मीय मूल्य लगभग 1000-1200 किलो कैलोरी/एनएम<sup>3</sup> होते हैं तथा यह CO, N और H से निर्मित होती है )। प्रक्रिया के दौरान कार्बनिक प्रदूषक टूट जाते हैं और फॉस्फोरस तथा पोटैशियम जैसे पादप-पोषक तत्व ठोस जैव-कोयला अंश में सघन हो जाते हैं, जिन्हें पुनः खेतों में लौटाया जा सकता है।

### 5. व्यावहारिक पक्ष

जैव-कोयले के प्रयोग की विधि उसके परिणामों पर अत्यधिक प्रभाव डालता है। इसे जड़-क्षेत्र में रखना, इसे कंपोस्ट या गोबर-खाद के साथ मिलाना, तथा मृदा की दशाओं के अनुसार इसकी मात्रा निर्धारित करना, केवल सतह पर फैलाने की तुलना में अधिक प्रभावी रहता है। खेतों में उपयोग की दर 1 से 20 टन प्रति हेक्टेयर तक पाई जाती है, परन्तु अधिक मात्रा सदैव अधिक लाभ नहीं देती। लागत, परिवहन-व्यवस्था तथा स्थानीय नियम भी निर्णयों को प्रभावित करते हैं। प्रत्येक खेत में छोटे स्तर पर परीक्षण करना प्रायः सबसे उपयुक्त रणनीति की पहचान करने की सर्वोत्तम विधि होती है।

लाभों को अधिकतम करने तथा जोखिमों से बचने के लिए गुणवत्ता-नियंत्रण अत्यावश्यक है। जैव-कोयले के गुण प्रयुक्त फीडस्टॉक, पायरोलिसिस

के तापमान तथा पश्च-प्रक्रिया पर निर्भर करते हैं। पीएच, विद्युत चालकता, राख की मात्रा, भारी धातुएँ तथा बहु-वृतीय सुगंधित कार्बनिक यौगिकों जैसी विशेषताओं के लिए मानकीकृत परीक्षण एवं प्रमाणन-प्रणालियाँ बढ़ती हुई आवश्यकता बनती जा रही हैं ताकि यह सुनिश्चित किया जा सके कि जैव-कोयला सुरक्षित और प्रभावी हो।

### 6. निष्कर्ष

पिछले दो दशकों में हुए शोध से यह स्पष्ट हुआ है कि बायोचार तब सबसे प्रभावी होता है जब उसे विशेष मिट्टी-समस्याओं के अनुसार तैयार किया जाए और अच्छे कृषि-प्रयोगों के साथ उपयोग किया जाए। यह कोई सर्व-उपचार नहीं है, परन्तु समझदारी से चुने और लागू किए जाने पर बायोचार:

- मिट्टी के भौतिक गुणों में सुधार करता है, विशेषकर रेतीली या सूखा-प्रवण मिट्टी में।
- पोषक-तत्व उपयोग दक्षता बढ़ाता है और अम्लीय मिट्टी से जुड़ी समस्याओं को कम करता है।
- लाभकारी सूक्ष्मजीवों को प्रोत्साहित करता है, जिससे पौधों का स्वास्थ्य और तनाव-सहनशीलता बढ़ती है।

दीर्घकालिक रूप से कार्बन का भंडारण करता है और कृषि तथा वानिकी अवशेषों के पुनर्चक्रण को बढ़ावा देता है।

बायोचार का सफल उपयोग करने के लिए किसानों को चाहिए कि वे पहले अपनी मिट्टी का परीक्षण करें, स्थानीय आवश्यकताओं के अनुसार उपयुक्त बायोचार चुनें और आवश्यकता होने पर इसे कम्पोस्ट या उर्वरकों के साथ मिलाएँ। उन्हें पी.एच., लवणता और पोषक-तत्वों की निगरानी भी करनी चाहिए ताकि किसी प्रकार की समस्या न उत्पन्न हो। बायोचार तब सर्वोत्तम परिणाम देता है जब इसे व्यापक मिट्टी-स्वास्थ्य प्रथाओं, जैसे आवरण-फसलें, अवशेष प्रबंधन, कम जुताई और कुशल सिंचाई के साथ जोड़ा जाए। बायोचार कोई एकल उत्पाद नहीं, बल्कि एक लचीला उपकरण है जिसे विभिन्न मिट्टियों और जलवायु-स्थितियों के अनुसार अनुकूलित किया जा सकता है। उपज बढ़ाकर, जल की बचत करके और कार्बन के भंडारण को बढ़ावा देकर यह लचीली, कम-कार्बन वाली खेती को समर्थन देता है। जल-संकट और जलवायु-दबाव बढ़ने के साथ, बायोचार किसानों और नीति-निर्माताओं को कृषि को सुदृढ़ करने और प्राकृतिक संसाधनों की रक्षा करने का एक प्रभावी विकल्प प्रदान करता है।



# भारत के लघु किसानों द्वारा अनाज फसलों की खेती की आर्थिक व्यवहार्यता में नवीकरणीय ऊर्जा की भूमिका

इंदीवर कृष्णा

डेलाइट में पार्टनर; जीडी गोयनका विश्वविद्यालय से पीएचडी

## परिचय

भारत की कृषि व्यवस्था की रीढ़ लघु किसान हैं, जिनके पास 2 हेक्टेयर से कम भूमि होती है और जो कुल जोतों का 86 प्रतिशत भाग रखते हैं। इनमें से 65 प्रतिशत किसान धान, गेहूं और मक्का जैसी अनाज फसलें उगाते हैं। इन फसलों के लिए सिंचाई और कृषि मशीनीकरण में बिजली तथा डीजल की खपत के रूप में महत्वपूर्ण ऊर्जा लागत आती है। धान जैसी पानी-प्रधान फसलों के लिए किसान ग्रिड बिजली और डीजल पंपों के संयोजन पर निर्भर रहते हैं। मक्का किसान कटाई के बाद तेजी से सुखाने तथा हानि कम करने के लिए डीजल-आधारित ड्रायर का उपयोग करते हैं। भूमि तैयारी और स्थानीय परिवहन के लिए ट्रैक्टरों का उपयोग किया जाता है। राष्ट्रीय स्तर पर, कृषि मशीनरी रिटेल और डायरेक्ट सेल्स मिलाकर डीजल उपयोग का 13 प्रतिशत खपत करती है (पीपीएसी, 2013)। भारत उन देशों में से है जहाँ प्रतिदिन छह घंटे से अधिक का पीक सनशाइन उपलब्ध है। ऐसे विश्वसनीय सौर (नवीकरणीय) ऊर्जा स्रोत के साथ आने वाले दशकों में कृषि में डीजल की खपत को एक सीमा तक कम किया जा सकता है।

## सौर ऊर्जा का उपयोग

पॉच हॉर्सपावर का सौर जल पंप प्रति वर्ष लगभग रू. 50,000/- तक का परिचालन व्यय बचा सकता है (राणा, 2024)। यह दिन में बिजली प्रदान करता है और किसानों की रात की ग्रिड आपूर्ति पर निर्भरता को कम



करता है। अग्रिम पूँजीगत व्यय को कम करने के लिए लघु किसान पीएम-कुसुम (प्रधानमंत्री किसान ऊर्जा सुरक्षा एवं उत्थान महाभियान) योजना का लाभ उठा सकते हैं, जिसके अन्तर्गत स्टैंड-अलोन सौर पंप खरीदने पर किसान को केवल 10 प्रतिशत राशि अग्रिम में देनी होती है, 60 प्रतिशत सब्सिडी केंद्र और राज्य सरकारों से मिलती है, और शेष 30 प्रतिशत के लिए बैंक ऋण लिया जा सकता है-यह एक सर्वश्रेष्ठ परिस्थिति का उदाहरण है (स्रोत: पीआईबी, नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय, 2024)।

सौर ड्रायर अनाज को सुरक्षित नमी स्तर तक सुखाने का एक प्रभावी विधि है। साधारण कैबिनेट ड्रायर से लेकर सोलर बबल ड्रायर

तक कई मॉडल उपलब्ध हैं, जिन्हें इंटरनेशनल राइस रिसर्च इंस्टीट्यूट (आईआरआरआई) द्वारा विकसित किया गया है। ये ड्रायर अनाज को बारिश, पक्षियों और कीटों से बचाते हैं, तथा खुले मैदान में धूप में सुखाने की तुलना में इसे 2-3 गुना तेजी से सुखाते हैं (कृष्णा एवं अन्य, 2023)।

धान और गेहूं की खेती से प्रतिवर्ष 500 मिलियन टन से अधिक फसल अवशेष (परासी) उत्पन्न होते हैं। इस अपशिष्ट बायोमास को सामुदायिक स्तर पर बायोगैस संयंत्र के माध्यम से मीथेन में परिवर्तित किया जा सकता है, जिसका उपयोग कृषि उपकरण चलाने, प्रकाश व्यवस्था तथा लघु स्तरीय खाद्य प्रसंस्करण इकाइयों में किया जा सकता है। बायोगैस डाइजेस्टर से निकलने वाला स्लरी पोषक तत्वों से भरपूर जैविक उर्वरक होता है, जो किसानों के उर्वरक व्यय को कम करता है (रेड्डी एवं अन्य, 2025)।

लघु किसानों में सौर ऊर्जा अपनाने के प्रति कुछ झिझक हो सकती है क्योंकि उनके पास उपलब्ध परिसंपत्तियाँ यदि जीवन-काल पूरा नहीं कर चुकी हैं, तो उन्हें तुरंत छोड़ा नहीं जा सकता। नवीकरणीय ऊर्जा प्रदान करने वाली नई परिसंपत्तियों पर उपलब्ध पंप-सेट की तुलना में अधिक पूँजीगत व्यय की आवश्यकता होती है (कृपया नीचे दिए गए चार्ट 1 में सिंचाई लागत के अवयव-वार विवरण देखें), जिससे विभिन्न भू-खंडों की मांग को एकत्रित करना आवश्यक हो जाता है। इसके अलावा किसानों के लिए अधिक सफल स्थानीय मॉडल उपलब्ध

होने चाहिए, जिनसे वे सर्वोत्तम प्रथाएँ सीख सकें, और फिर अपनी स्थितियों के अनुसार तुलना कर, सुधार कर तथा लागू कर सकें। इसी आधार से, यह संक्षिप्त शोधपत्र हमारे देश के किसानों के लिए यह चर्चा प्रस्तुत करता है कि किस प्रकार सौर ऊर्जा आधारित खेती लाभकारी बन सकती है। नवीकरणीय ऊर्जा के अन्य रूप और गैर-अनाज फसलें इस नोट के दायरे से बाहर हैं।

### पीएम-कुसुम योजना

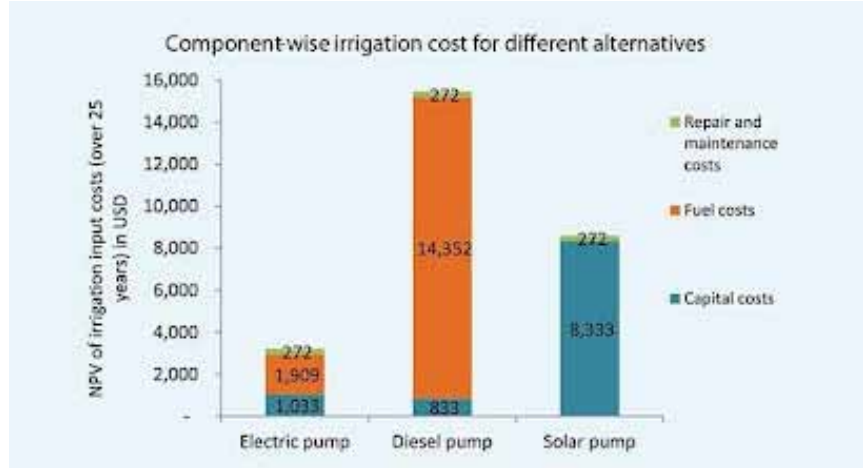
चूंकि लघु किसान हर परिसंपत्ति का स्वामित्व नहीं रख सकते, इसलिए कोई स्वामी-किसान एक सौर सुविधा स्थापित करके अन्य किसानों को उचित मूल्य पर सेवा प्रदान कर सकता है। किसान उत्पादक संगठन (एफपीओ) यह प्रदर्शित कर सकते हैं कि किस प्रकार किसानों का एक छोटा समूह संयुक्त रूप से एक सौर पंप या सामुदायिक बायोगैस संयंत्र का स्वामित्व रख सकता है और संसाधन को साझा कर सकता है।

पीएम-कुसुम योजना के अन्तर्गत, सरकार का उद्देश्य किसानों को ऊर्जा और जल सुरक्षा प्रदान करना, उनकी आय बढ़ाना, कृषि क्षेत्र को डीजल-निर्भरता से मुक्त करना तथा पर्यावरण प्रदूषण को कम करना है। किसान ऑफ-ग्रिड क्षेत्रों में 7.5 हॉर्सपावर क्षमता तक के डीजल पंपों को सौर-चालित पंपों से बदल सकते हैं, जिसमें केंद्र सरकार स्टैंड-अलोन सौर कृषि पंपों के लिए 30 प्रतिशत (या पूर्वोत्तर क्षेत्र के लिए 50 प्रतिशत) तक वित्तीय सहायता प्रदान करती है। यही सहायता ग्रिड-संयुक्त कृषि पंपों के सौरकरण के लिए भी उपलब्ध है-चाहे व्यक्तिगत स्तर पर हो या फीडर स्तर पर।

पीएम-कुसुम योजना के माध्यम से 30.06.2024 तक, देश में 4,11,222 किसानों को लाभ मिला है (पीआईबी, 2024)। दिनांक 28.02.2025 तक 9,75,551 पंप स्थापित किए जा चुके हैं (एमएनआरई, 2025)।

जो किसान उप-स्टेशन के पास भूमि (बंजर या अनुपयोगी) के स्वामी हैं, उनके लिए पीएम-कुसुम योजना का एक अन्य घटक भी है। इसके अंतर्गत किसान 500 किलोवाट से 2 मेगावाट तक की क्षमता वाले सोलर पैनल स्थापित कर सकते हैं और नवीकरणीय ऊर्जा को डिस्कॉम ग्रिड (वितरण कंपनी) को बेच सकते हैं, जिससे उन्हें 25 वर्षों तक स्थिर आय प्राप्त हो सकती है। 28.02.2025 तक, छोटे सोलर प्लांटों से ग्रिड को बिजली बेचकर 430.98 डॉलर क्षमता स्थापित की जा चुकी है (एमएनआरई, 2025)।

चार्ट 1: विभिन्न पंपों की सिंचाई लागत की तुलना



(स्रोत: काउंसिल ऑन एनर्जी, एनवायरनमेंट एंड वाटर)

### मुख्य योजनाएँ (पंपों से आगे)

जहाँ पीएम-कुसुम सिंचाई के लिए एक महत्वपूर्ण योजना है, वहीं विभिन्न मंत्रालयों के अंतर्गत अन्य योजनाएँ भी महत्वपूर्ण नवीकरणीय ऊर्जा अनुप्रयोगों को समर्थन प्रदान करती हैं। प्रधानमंत्री सूक्ष्म खाद्य प्रसंस्करण उद्योग औपचारिकरण (पीएमएफएमई) योजना के अंतर्गत व्यक्तिगत उद्यमी और किसान उत्पादक संगठन 35 प्रतिशत क्रेडिट-लिंक्ड कैपिटल सब्सिडी (अधिकतम 10 लाख तक) प्राप्त कर सकते हैं, जैसे मक्का या धान के लिए सौर ड्रायर जैसी सूक्ष्म खाद्य प्रसंस्करण इकाई स्थापित करने हेतु।

नीचे दिया गया चार्ट 2, नवीकरणीय ऊर्जा के उपयोग और उत्पादन को बढ़ाने के लिए प्रासंगिक योजनाओं का उल्लेख करता है, जिनमें पराली संग्रहण और रूपांतरण से संबंधित योजनाएँ भी सम्मिलित हैं।

### अंगीकरण (एडोप्शन) के जोखिम कारक

नवीकरणीय ऊर्जा को तेजी से अपनाने का सबसे बड़ा जोखिम यह है कि अधिकांश जोखिम किसान को स्वयं उठाना पड़ता है। किसान ऐसी नई, स्वतंत्र तकनीक अपनाने में हिचकिचा सकते हैं जो उनकी कृषि प्रथाओं को उनके आस-पास के किसानों की तुलना में काफी बदल देती है। किसान उत्पादक संगठन (एफपीओ) इस जोखिम को कम कर सकते हैं और वर्षों से स्थापित खेती की प्रक्रियाओं में परिवर्तन के कारण उत्पन्न होने वाली प्रणालीगत समस्याओं को निम्नलिखित तरीकों से हल करने में किसानों का मार्गदर्शन कर सकते हैं:

(1) पीएम-कुसुम योजना में पर्याप्त सब्सिडी उपलब्ध है। एफपीओ यह सुनिश्चित करके अंगीकरण की गति बढ़ा सकता है कि बैंक ऋण शीघ्र स्वीकृत हो और सब्सिडी समय पर एवं पूर्ण रूप से वितरित हो। किसानों को सब्सिडी वितरण और ऋण स्वीकृति प्रक्रिया को सुदृढ़, सुव्यवस्थित और तेज बनाने के लिए एफपीओ



(या उच्च स्थानीय संस्था) की सक्रिय भूमिका की आवश्यकता होती है।

(2) डिस्कॉम के साथ मूल्य निर्धारण अनुबंध एफपीओ द्वारा किसान की ओर से संचालित किए जाएँ-दूध सहकारी समितियों की तर्ज पर-जहाँ अतिरिक्त बिजली बेचने वाले किसानों को भुगतान समय पर मिले। किसानों को अधिशेष बिजली तैयार करने और बेचने की प्रेरणा तभी मिलती है जब उन्हें लगातार, सही और समय पर भुगतान का भरोसा हो।

(3) एफपीओ अपने सदस्यों की आवश्यकताओं को समझता है, इसलिए वह अनुसंधान संस्थानों और कंपनियों तक किसानों की सामूहिक प्रतिक्रिया पहुँचाकर उनके लिए स्थानीय समस्याओं को हल करने वाले अतिरिक्त इंजीनियरिंग समाधान प्राप्त कर सकता है। उदाहरण के लिए, यदि किसी क्षेत्र में भूजल स्तर तेजी से गिर रहा है, तो एफपीओ किसानों को आवश्यक विनिर्देशों वाले सही सौर पंप-सेट मॉडल उपलब्ध करा सकता है।

(4) बीमा आवश्यक है क्योंकि सौर परिसंपत्तियाँ भौतिक रूप से बड़ी होती हैं और क्षति की संभावना होती है। एफपीओ द्वारा सभी सदस्य किसानों के लिए एक समूह बीमा पॉलिसी सुविधा उपलब्ध कराने पर प्रति किसान प्रीमियम व्यक्तिगत पॉलिसी की तुलना में कम होगा। दावे की प्रक्रिया भी एफपीओ के माध्यम से सुगम की जा सकती है। वारंटी समाप्त होने पर ये बीमा

## चार्ट 2: नवीकरणीय ऊर्जा की खपत और उत्पादन को बढ़ाने के लिए प्रमुख योजनाएँ

Technology Need	Relevant Scheme	Ministry	How it Works
Solar Dryer (Small)	PMFME Scheme	Food Processing (MoFPI)	35% credit-linked subsidy (up to ₹10L)
Solar Dryer (Finance)	Agri. Infra. Fund (AIF)	Agriculture (MoA&FW)	3% interest subvention on loans
Stubble Machinery	CRM Scheme	Agriculture (MoA&FW)	50-80% subsidy on balers, rakes
Stubble Biogas Plant	National Bioenergy Prog.	New & Renewable (MNRE)	Capital subsidy (CFA) based on plant size
Stubble CBG Plant	SATAT Scheme	Petroleum (MoPNG)	Guaranteed offtake (purchase) of gas

स्रोत: यह सारांश नवंबर 2025 में छमउपदप 2.5 प्रो द्वारा एआई-जनित है (विशिष्ट प्रॉम्प्ट: "जब पीएम-कुसुम योजना सिंचाई पंप-सेट्स को सब्सिडी प्रदान करती है, तो क्या ऐसी कोई अन्य योजनाएँ हैं जो सौर ड्रायर जैसे मशीनरी या पराली से बायोगैस और उर्वरक निर्माण के लिए उपलब्ध हों?").

पॉलिसियाँ प्राकृतिक कारणों से सौर उपकरण को हुई क्षति को ठीक कर लाभ को लंबे समय तक सुरक्षित करती हैं।

इसी प्रकार का जोखिम-निवारण ढाँचा सौर ड्रायर, या पराली से बायोगैस और रासायनिक उर्वरक बनाने वाली इकाइयों के लिए भी विकसित किया जा सकता है।

### निष्कर्ष

4 लाख से अधिक किसान पीएम-कुसुम योजना से पहले ही लाभान्वित हो चुके हैं और जनवरी 2024 में इस योजना के विस्तार के बाद से उन्होंने ग्रिड और डीजल पर निर्भरता को या तो पूरक बनाया है या पूरी तरह बदल दिया है। यह एक महत्वपूर्ण संख्या और डेटा-सेट है, जिसके आधार पर कृषि मशीनरी में नवीकरणीय ऊर्जा के उपयोग के लिए एक व्यवस्थित प्लेबुक तैयार की जा सकती है जो किसानों को उनके नकदी

प्रवाह चक्र में स्पष्ट सुधार दिखाती है।

किसान उत्पादक संगठन अपने-अपने खेती क्षेत्रों में जोखिम को कम करके ऐसी योजनाओं को सफलतापूर्वक लागू करने में सहायता कर सकते हैं, जिससे लघु किसानों का सौर ऊर्जा या अन्य नवीकरणीय ऊर्जा की ओर संक्रमण तेज और लाभकारी हो सके।



### संदर्भ

- Krishna, Jeya. C., Abbas, Shaik Jaheer., Bairwa, Bansilal., Reddy, Mohith. V., Dasetti, Raghavendra., Dhanush, D.J. (2023). Design and Development of Low-Cost Solar Dryer For Agriculture Applications. IEEE Renewable Energy and Sustainable E-Mobility Conference (RESEM)
- <https://www.scribd.com/document/693606898/Design-and-Development-of-Low-Cost-Solar-Dryer-for-Agriculture-Applications>
- Ministry of New and Renewable Energy. (2025). Installation of Solar Pumps under PM Kusum. Lok Sabha unstarred question # 3092. [https://sansad.in/getFile/loksabhaquestions/annex/184/AU3092\\_Z9nxf.pdf?source=pqals](https://sansad.in/getFile/loksabhaquestions/annex/184/AU3092_Z9nxf.pdf?source=pqals)
- Ministry of New and Renewable Energy. (2024). PM-Kusum Scheme. Press Information Bureau. <https://www.pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=2042069>
- Petroleum Planning and Analysis Cell (PPAC). (2013). All India Study on Sectoral Demand of Diesel & Petrol. Ministry of Petroleum and Natural Gas
- <https://www.pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=2042069>
- Rana, Souvik. (2024). Solar Powered Irrigation Systems in India for Agricultural Transformation. DAS Energie Private Limited. <https://dasenergie.com/blog/solar-powered-irrigation-system/>
- Reddy, Sudarshan. A., Kasa, Vara Prasad., Samal, Biswajit., Dubey, Brajesh Kumar Dubey., Yadav, Vinay., Pandey, Daya Shankar. (2025). Sustainable agricultural waste management in India: Innovations, challenges, and future perspectives. *Biomass and Bioenergy*. Volume 202, November 2025, 108261
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953425006725>

# नवीकरणीय ऊर्जा - कृषि में विकास का नया प्रतिमान



**किशन करुणाकरण**

बायोफ्यूल के संस्थापक और मुख्य कार्यकारी अधिकारी

## भूमिका

कृषि सदैव भारतीय अर्थव्यवस्था की रीढ़ रही है, जो लगभग आधी जनसँख्या को रोजगार देती है और ग्रामीण आजीविका को बनाए रखती है। यद्यपि कि, पारंपरिक कृषि पद्धतियाँ सिंचाई, मशीनीकरण, उर्वरक उत्पादन और परिवहन के लिए जीवाश्म ईंधनों पर अत्यधिक निर्भर रही हैं। ईंधन मूल्य में उतार-चढ़ाव और जीवाश्म ऊर्जा से जुड़े पर्यावरणीय दुष्प्रभावों ने कृषि मूल्य श्रृंखला की कमियों को उजागर किया है। इसलिए, नवीकरणीय ऊर्जा की ओर संक्रमण केवल पर्यावरणीय अनिवार्यता नहीं, बल्कि सामाजिक-आर्थिक आवश्यकता भी है। नवीकरणीय ऊर्जा कृषि विकास के लिए ऊर्जा आत्मनिर्भरता को सक्षम बनाते हुए, उत्पादकता बढ़ाते हुए और सतत ग्रामीण विकास को प्रोत्साहित करते हुए एक नया प्रतिमान प्रस्तुत करती है।

## ऊर्जा-कृषि संबंध

ऊर्जा और कृषि एक-दूसरे पर निर्भर प्रणालियाँ हैं। भूमि तैयारी और सिंचाई से लेकर फसल कटाई के बाद प्रसंस्करण और कोल्ड स्टोरेज तक, ऊर्जा आधुनिक कृषि को संचालित करती है। इसके विपरीत, कृषि बायोमास और जैव-अपशिष्ट प्रदान करती है, जिन्हें ऊर्जा के मूल्यवान रूपों में परिवर्तित किया जा सकता है। यह सहजीवी संबंध सतत जैव-अर्थव्यवस्था की नींव है।

सौर, पवन, बायोगैस और जैव ईंधन जैसी नवीकरणीय ऊर्जा प्रौद्योगिकियाँ कृषि क्षेत्र में ऊर्जा के उत्पादन और उपयोग की विधियों को पुनर्परिभाषित कर रही हैं। ये न केवल ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को कम करती हैं, बल्कि परिचालन लागत घटाती हैं और ग्रामीण क्षेत्रों में ऊर्जा पहुंच बढ़ाती हैं, जहाँ ग्रिड कनेक्टिविटी अभी भी असंगत है।

**जैव ईंधन: अपशिष्ट को संपदा में बदलना**

कृषि क्षेत्र में नवीकरणीय ऊर्जा के सबसे आशाजनक विकल्पों में से एक है कृषि अवशेषों और उच्च-मूल्य वाले अपशिष्टों से जैव ईंधन का उत्पादन। उदाहरण के लिए, बायोफ्यूल जैसे प्लेटफॉर्म अपशिष्ट उत्पादकों, जैव ईंधन निर्माताओं और ईंधन उपभोक्ताओं को एक पारदर्शी डिजिटल बाजार के माध्यम से जोड़कर परिपत्र अर्थव्यवस्था को सक्षम बना रहे हैं।

उपयोग किए गए खाद्य तेल, टैलो ऑयल, पाम फैटी एसिड डिस्टिलेट और एसिड ऑयल से प्राप्त जैव ईंधन डीजल और फर्नेस ऑयल के लिए एक सतत विकल्प प्रदान करते हैं। ये न केवल आयातित जीवाश्म ईंधनों पर निर्भरता को कम करते हैं बल्कि अपशिष्ट निपटान की चुनौती को भी संबोधित करते हैं। यह मॉडल कृषि और कृषि-औद्योगिक उप-उत्पादों को लाभदायक ऊर्जा संसाधनों में बदल देता है, जिससे ऊर्जा और संसाधन दक्षता दोनों को बढ़ावा मिलता है।

इसके अतिरिक्त, पारंपरिक ईंधनों के साथ जैव ईंधनों के मिश्रण के लिए सरकार के प्रयास जैसे एथेनॉल मिश्रण कार्यक्रम (ईबीपी) और जैव ईंधन पर राष्ट्रीय नीति विशाल स्तर पर मांग उत्पन्न कर रहे हैं। किसान फीडस्टॉक की आपूर्ति करके प्रत्यक्ष रूप से और ईंधन लागत में कमी तथा पर्यावरणीय लचीलापन में वृद्धि के माध्यम से अप्रत्यक्ष रूप से लाभान्वित हो सकते हैं।

**सौर ऊर्जा: खेतों को ऊर्जा प्रदान करना**  
भारत का कृषि क्षेत्र मुख्य रूप से सिंचाई के लिए बिजली का एक बड़ा उपभोक्ता है। सौर ऊर्जा चालित पंपों और विकेंद्रीकृत सौर माइक्रोग्रिडों के आरम्भ ने ग्रामीण ऊर्जा पहुंच में क्रांतिकारी परिवर्तन ला दिया है। पीएम-कुसुम (प्रधान मंत्री किसान ऊर्जा सुरक्षा एवं उत्थान महाभियान) जैसी योजनाएँ किसानों को सौर पंप स्थापित करने और अतिरिक्त बिजली को ग्रिड में बेचने के लिए प्रोत्साहित करती हैं, जिससे अतिरिक्त आय का स्रोत बनता है।

सौर ऊर्जा से संचालित सौर सुखाने की प्रणालियाँ और कोल्ड स्टोरेज इकाइयाँ भी कटाई के बाद होने वाली हानि को कम करने में सहायता करती हैं। छोटे और सीमांत किसानों के लिए, ये तकनीकें इनपुट लागत में कमी, उत्पादकता में वृद्धि और ऊर्जा आपूर्ति में उतार-चढ़ाव के प्रति अधिक लचीलेपन का रूप लेती हैं।

### बायोगैस और बायोमीथेन: पोषक चक्र को पूर्ण करना

पशु अपशिष्ट, फसल अवशेष और खाद्य अपशिष्ट को बायोगैस में या उन्नत करके बायोमीथेन में परिवर्तित किया जा सकता है, जो स्वच्छ ईंधन के साथ-साथ पोषक तत्वों से भरपूर स्लरी एक जैविक उर्वरक के रूप में प्रदान करता है। यह ऊर्जा उत्पादन और मिट्टी के स्वास्थ्य के बीच पोषक चक्र को पूर्ण करता है।

ग्रामीण समूहों में सामुदायिक स्तर के बायोगैस संयंत्रों ने उल्लेखनीय लाभ प्रदर्शित किए हैं: एलपीजी और डीजल पर निर्भरता में कमी, अवशेषों के खुले दहन में गिरावट,



और किसानों की आय में सुधार। आधुनिक बायोगैस प्रणालियाँ, शुद्धिकरण और बॉटलिंग तकनीक के साथ एकीकृत होकर, एस.ए.टी.ए.टी. (सस्टेनेबल अल्टरनेटिव टुवर्ड्स अफोर्डेबल ट्रांसपोर्टेशन) पहल के अंतर्गत वाहनों के लिए संपीड़ित बायोगैस (सीबीजी) भी उपलब्ध करा सकती हैं।

### हरित हाइड्रोजन: अगला आयाम

जैसे ही भारत 2070 तक नेट जीरो लक्ष्य की दिशा में आगे बढ़ रहा है, नवीकरणीय ऊर्जा से इलेक्ट्रोलिसिस द्वारा उत्पादित हरित हाइड्रोजन एक गेम-चेंजर के रूप में उभर रहा है। कृषि संदर्भ में, इसका उपयोग कई उद्देश्यों-उर्वरकों के लिए हरित अमोनिया के उत्पादन से लेकर भविष्य में भारी कृषि मशीनरी को ऊर्जा प्रदान करने तक के लिए किया जा सकता है, ।

बायोफ्युएल और इसी तरह के प्लेटफॉर्म ग्रामीण ऊर्जा प्रणालियों में हरित हाइड्रोजन और उन्नत जैव ईंधनों के एकीकरण के मार्ग तलाश रहे हैं, जिससे स्वच्छ, विकेंद्रीकृत और डिजिटल रूप से जुड़े ऊर्जा पारिस्थितिक तंत्र का रास्ता तैयार हो रहा है।

### सामाजिक-आर्थिक और पर्यावरणीय लाभ

कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा की ओर संक्रमण बहुआयामी लाभ प्रदान करता है:

**आर्थिक सशक्तिकरण:** ऊर्जा लागत कम करता है, ग्रामीण रोजगार उत्पन्न करता है, और किसानों के आय स्रोतों में विविधता लाता है।

### ऊर्जा सुरक्षा: आयातित पेट्रोलियम उत्पादों पर निर्भरता घटाता है।

पर्यावरणीय स्थिरता: कार्बन उत्सर्जन कम करता है, अपशिष्ट प्रबंधन में सुधार करता है, और मिट्टी व जल प्रदूषण को कम करता है।

लचीला ग्रामीण अवसंरचना: विकेंद्रीकृत नवीकरणीय प्रणालियाँ ऊर्जा आपूर्ति की विश्वसनीयता बढ़ाती हैं और समावेशी विकास को प्रोत्साहित करती हैं।

स्थानीय रूप से उपलब्ध संसाधनों-सूरज, हवा और बायोमास का उपयोग करके किसान उपभोक्ता ही नहीं, बल्कि ऊर्जा उत्पादक भी बन जाते हैं, जिससे गाँव सतत ऊर्जा नवाचार के केंद्रों में परिवर्तित होते हैं।

नवीकरणीय ऊर्जा अब कृषि के लिए कोई परिधीय विकल्प नहीं है-यह उसके आधुनिकीकरण और स्थिरता का केंद्रीय तत्व है। जैसे ही भारत का कृषि परिदृश्य खाद्य और ऊर्जा सुरक्षा सुनिश्चित करने की दोहरी चुनौती का सामना करता है, नवीकरणीय ऊर्जा का एकीकरण एक परिवर्तनकारी अवसर प्रस्तुत करता है।

किसानों, उद्यमियों, शोधकर्ताओं और नीति-निर्माताओं के बीच सहयोग को बढ़ावा देकर भारत एक ऐसा कृषि पारिस्थितिकी तंत्र विकसित कर सकता है जो जलवायु-सहिष्णु, आर्थिक रूप से सुदृढ़ और ऊर्जा के मामले में आत्मनिर्भर हो। नवीकरणीय ऊर्जा और कृषि के बीच यह समन्वय न केवल विकास को गति देगा, बल्कि 21वीं सदी में ग्रामीण समृद्धि के प्रतिमान को भी पुनर्परिभाषित करेगा।



# नवीकरणीय ऊर्जा: कृषि विकास के लिए एक नया दृष्टिकोण



**प्रणब नाथ**

प्रबंध सलाहकार, जीएसईएस इंडिया

विश्व की सबसे बड़ी जनसंख्या 1.45 अरब के साथ, भारत एक न्यूनतर-मध्यम आय वाला देश है, जिसका जीएनपी प्रति व्यक्ति 2650 अमेरिकी डॉलर है। यह दुनिया की सबसे तेजी से बढ़ती अर्थव्यवस्थाओं में से एक भी है, जिसकी 2024 में वृद्धि दर 6.5 प्रतिशत रही, और यह 2047 तक विकसित देश बनने का लक्ष्य रखता है। यद्यपि कि, भारत ने स्वच्छ, सतत विकास के मार्ग को अपनाया है और 2070 तक नेट-जीरो का लक्ष्य रखा है। सौर और पवन ऊर्जा उत्सर्जन कम करने में मुख्य भूमिका निभाती हैं और 2030 तक गैर-जीवाश्म ईंधन स्रोतों से 500 गीगावाट की स्थापित क्षमता का लक्ष्य रखा गया है।

भारत में कृषि क्षेत्र 43 प्रतिशत से अधिक श्रम शक्ति को रोजगार प्रदान करता है और वित्तीय वर्ष 2024 में अर्थव्यवस्था में इसका योगदान

16.4 प्रतिशत है। यह दर्शाता है कि कृषि क्षेत्र ग्रामीण आजीविका और खाद्य सुरक्षा की रीढ़ है। भारत में करीब 60 प्रतिशत कृषि क्षेत्र वर्षा-निर्भर है। यद्यपि कि, जलवायु परिवर्तन के कारण वर्षा के पैटर्न बदल गए हैं। इसी पृष्ठभूमि में, नवीकरणीय ऊर्जा, विशेष रूप से सौर ऊर्जा, किसानों के लिए स्वच्छ, विकेंद्रीकृत और किफायती ऊर्जा प्रदान करते हुए एक स्वागतयोग्य बदलाव के रूप में उभर रही है। फिर भी, इसके कुछ लाभ और हानि दोनों हैं। आइए पहले इसके लाभों पर चर्चा करें।

## ऊर्जा पहुँच और सिंचाई में स्वतंत्रता

भारत सरकार की प्रधानमंत्री किसान ऊर्जा सुरक्षा एवं उत्थान महासभा (पीएम-कुसुम) योजना का लक्ष्य 35,00,000 कृषि पंप स्थापित करना है, जो दुनिया के सबसे बड़े लक्ष्यों में से एक है। भारत ने सितंबर 2025

तक पहले ही 9,03,444 सौर पंप स्थापित कर लिए हैं। सौर पंप सुबह सूर्य की रोशनी मिलने पर काम करता है और दोपहर में बंद हो जाता है। एक सौर पंप अपनी क्षमता और स्थापना स्थल के आधार पर आमतौर पर प्रतिदिन 25,000 लीटर से 1,00,000 लीटर पानी प्रदान कर सकता है। इसके डीजल संचालित पंपों की तुलना में कई लाभ हैं:

- सिंचाई के समय पर बढ़ा नियंत्रण, जिससे फसल की उपज में सुधार होता है।
- सौर ऊर्जा महंगे डीजल की जगह लेती है, जिससे ईंधन लागत कम होती है और खेती अधिक आर्थिक बनती है।
- सौर पंप से कोई कार्बन उत्सर्जन नहीं होता और यह स्वच्छ वायु में योगदान देता है।

सौर पंप प्रणाली का सबसे महंगा भाग, सौर पैनल, गुणवत्ता और रखरखाव पर निर्भर करते

हुए 25 से 30 साल तक कार्यशील रहते हैं।

### एग्रीवोल्टैक्स के माध्यम से आय विविधीकरण

एग्रीवोल्टैक्स में सौर पैनलों के नीचे या उनके साथ फसल उगाई जाती है और यह भारत में तेजी से लोकप्रिय हो रहा है। भारत में कई सफल एग्रीवोल्टैक्स फार्म अब संचालन में हैं और शोध एवं विकास जारी है। यह मॉडल किसानों को एक ही भूमि पर बिजली उत्पादन और फसल उगाने का अवसर देता है, जिससे दोहरी आय का मार्ग खुलता है। महाराष्ट्र और पंजाब में पायलट परियोजनाओं से पता चलता है कि टमाटर, पालक और सेम जैसी फसलें सौर पैनलों के नीचे भी अच्छी तरह उग सकती हैं। किसान ग्रिड को बिजली बेचकर नई आय का स्रोत उत्पन्न करते हैं। साथ ही, पैनल छाया प्रदान करते हैं, जिससे फसलों पर गर्मी का तनाव कम होता है और मिट्टी की नमी बनी रहती है।

**फसल के बाद और शीत भंडारण समाधान**  
किसान आम तौर पर वह उचित मूल्य नहीं पाते जिसके वे योग्य हैं। कृषि मौसमी होती है और सभी कृषि उत्पाद कुछ सीमा तक नाशवान होते हैं। कई बार किसानों को इन्हें बहुत कम मूल्य पर या मजबूरी में बेचना पड़ता है। सौर ऊर्जा दूरदराज के गाँवों में शीत भंडारण इकाइयों को संचालित कर सकती है, जिससे फसल के बाद होने वाले नुकसान, विशेष रूप से फलों और सब्जियों में, कम होते हैं। सौर ड्रायर से कृषि उत्पादों जैसे मिर्च, अदरक, हल्दी, औषधीय पौधों और मछलियों को सूखाकर मूल्यवर्धन किया जा सकता है। यह ग्रामीण उद्यमिता, महिला-संचालित सूक्ष्म उद्यम, बाजार पहुँच और उचित मूल्य सुनिश्चित करने में सहायता कर सकता है।

सौर ऊर्जा के उपयोग के कई उज्ज्वल पहलू हैं, कुछ विषय हैं जो सौर ऊर्जा की पहुँच को सीमित कर सकते हैं या इसके आर्थिक, सामाजिक और पर्यावरणीय प्रभाव में दबाव



उत्पन्न कर सकते हैं।

### भूमि उपयोग संघर्ष

सौर ऊर्जा संयंत्रों को वर्तमान क्रिस्टलाइन सिलिकॉन तकनीक के अनुसार आम तौर पर 3 से 4 एकड़ भूमि की आवश्यकता होती है। भारत ने नई और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय, भारत सरकार के अनुसार जून 2025 तक 116.25 गीगावाट सौर ऊर्जा स्थापित कर ली है। 2021 तक भारत की जनसंख्या घनत्व 475.7 व्यक्ति प्रति वर्ग किलोमीटर थी (विश्व औसत केवल 58 व्यक्ति/वर्ग किमी), जिससे भूमि पर दबाव पहले से ही अधिक है। सौर संयंत्र स्थापित करने के लिए भूमि की बढ़ती मांग के कारण अधिकांश कृषि भूमि को औद्योगिक भूमि में बदलने और अधिग्रहण की प्रक्रिया ने बिजली डेवलपर्स और स्थानीय समुदाय के बीच तनाव उत्पन्न किया है। यह समावेशी विकास और न्यायपूर्ण संक्रमण के विषयों को भी बढ़ा रहा है, जिससे अधिकांश किसान और संवेदनशील समुदाय अपने आजीविका साधनों को खोने के जोखिम में हैं।

### तकनीकी और परिचालन चुनौतियाँ

सौर पंपों को नियमित रखरखाव की आवश्यकता होती है, जो प्रायः दूरदराज के क्षेत्रों में उपलब्ध नहीं होता। एग्रीवोल्टैक्स सिस्टम में

सुरक्षा संबंधी चिंताएँ हैं क्योंकि ये उच्च वोल्टेज और करंट पर काम करते हैं। इन्हें खेत की मशीनरी, मानव और पशुओं से सुरक्षित रखना आवश्यक है। सौर पैनलों पर धूल जमा होना, इनवर्टर की गड़बड़ी और बैटरी दक्षता को कम कर सकते हैं। किसानों को सिस्टम को सुरक्षित और प्रभावी ढंग से प्रबंधित करने के लिए प्रशिक्षण और क्षमता निर्माण की आवश्यकता है।

### समानता और समावेशन संबंधी चिंताएँ

लक्षित हस्तक्षेप के बिना, सौर ऊर्जा अपनाता बड़े भूमि धारकों और व्यावसायिक फार्मों को लाभ पहुँचा सकता है, जिससे असमानताएँ बढ़ सकती हैं। महिला किसान और पट्टेदार खेती करने वाले प्रायः योजनाओं और स्वामित्व अधिकारों तक पहुँच नहीं रखते। सामुदायिक-आधारित मॉडल और समावेशी वित्त पोषण इस अंतर को पाटने के लिए आवश्यक हैं।

### निष्कर्ष

सौर ऊर्जा ने इसे अधिक उत्पादक, लचीला और सतत बनाने में पहले ही भारतीय कृषि में क्रांति लाने की अपनी क्षमता दिखाई है। सिंचाई, शीत श्रृंखला और फसल सुखाने से लेकर आय विविधीकरण और जलवायु अनुकूलन तक, इसके लाभ स्पष्ट हैं। फिर भी, इस क्षमता को पूरा करने के लिए भूमि उपयोग संघर्ष, वित्तपोषण बाधाओं और समानता संबंधी चिंताओं का समाधान करना आवश्यक है। संतुलित नीतियों, साझेदारी और नवाचारों के साथ, नवीकरणीय ऊर्जा कृषि क्षेत्र में और भी हरित और समावेशी विकास ला सकती है।



# कृषि और सिंचाई क्षेत्र में अभिवृद्धि का नया प्रतिमान: नवीकरणीय ऊर्जा



अजय सिंह

अजय सिंह, प्रोफेसर, सिविल इंजीनियरिंग विभाग एवं डीन, स्कूल ऑफ इंजीनियरिंग एंड टेक्नोलॉजी, सेंट्रल यूनिवर्सिटी झारखंड, रांची, भारत, Email: [ajai.singh@dcuj.ac.in](mailto:ajai.singh@dcuj.ac.in)

कृषि भारत की ग्रामीण अर्थव्यवस्था की रीढ़ है, जो लगभग 42 प्रतिशत कार्यबल को रोजगार देती है और देश के कुल मीठे जल निष्कर्षण का लगभग 85 प्रतिशत उपयोग करती है। 2016 से 2021 के बीच सिंचाई क्षेत्र का कवरेज सकल बोया हुआ क्षेत्र के 49.3 प्रतिशत से बढ़कर 55 प्रतिशत हो गया। किंतु सिंचाई की विश्वसनीयता सस्ती और भरोसेमंद ऊर्जा तक पहुँच पर निर्भर करती है। भारत का कृषि क्षेत्र कुल विद्युत खपत का लगभग 20 प्रतिशत तथा डीजल ईंधन का एक बड़ा भाग मुख्यतः सिंचाई पंपिंग के लिए उपयोग करता है। इसका परिणाम उच्च राजकोषीय दबाव, जल उपयोग की अक्षमता, और अस्थिर भूजल दोहन के रूप में सामने आया है। दशकों तक सिंचाई विस्तार नहरों, डीजल पंप-सेटों और भारी सब्सिडी वाले ग्रिड पावर पर आधारित रहा। जैसे-जैसे जलवायु परिवर्तनशीलता, भूजल क्षय और ऊर्जा सब्सिडियाँ पारिस्थितिक तंत्र तथा राज्य बजट पर दबाव बढ़ा रही हैं, नवीकरणीय ऊर्जा (आरई) सिंचाई वृद्धि को जीवाश्म ईंधन

निर्भरता से अलग करने का एक रूपांतरकारी अवसर प्रदान करती है। नवीकरणीय ऊर्जा संक्रमण, पेरिस समझौते और भारत की राष्ट्रीय स्तर पर निर्धारित योगदान (एनडीसी) के साथ संरेखित है, जो 2030 तक गैर-जीवाश्म स्रोतों से 50 प्रतिशत संचयी विद्युत क्षमता प्राप्त करने का लक्ष्य रखते हैं। कृषि क्षेत्र में आर.ई. दोहरा लाभ-सिंचाई के लिए ऊर्जा आत्मनिर्भरता और उच्च उत्सर्जन वाले क्षेत्र का डीकार्बोनाइजेशन प्रदान करती है। आर.ई. प्रौद्योगिकियों का अपना-विशेष रूप से सौर फोटोवोल्टाइक (पीवी) सिंचाई पंप, एग्रीवोल्टाइक्स, नहर-शीर्ष और फ्लोटिंग सोलर, तथा बायोमास-आधारित माइक्रो-ग्रिड-सततता और चक्र्रीय संसाधन उपयोग की दिशा में एक संरचनात्मक बदलाव को दर्शाता है।

भारत में कृषि क्षेत्र की बिजली मांग लगभग 280 टीडब्ल्यूएच/वर्ष है, जहाँ 2.1 करोड़ से अधिक विद्युत पंप और 80 लाख डीजल पंप संचालित हो रहे हैं। यह क्षेत्र डीजल के उपयोग

और बिजली उत्पादन में निहित कार्बन उत्सर्जन के कारण राष्ट्रीय कार्बनडाई ऑक्साइड उत्सर्जन में लगभग 17 प्रतिशत योगदान देता है। सब्सिडी वाले टैरिफ के कारण राज्य विद्युत उपयोगिताओं पर हर वर्ष रुपये 1 लाख करोड़ से अधिक का राजकोषीय बोझ पड़ता है। इसके अतिरिक्त, अनियमित ग्रिड आपूर्ति-अक्सर रात के समय-अत्यधिक पंपिंग और अप्रभावी सिंचाई प्रथाओं का कारण बनती है। पीएम-कुसुम और राज्य सौर नीति सिंचाई में विकेंद्रीकृत नवीकरणीय ऊर्जा को मुख्यधारा में लाने के लिए महत्वपूर्ण रणनीतिक साधन प्रदान कर सकते हैं। कृषि में जल-ऊर्जा संबंधों पर किए गए शोध नवीकरणीय ऊर्जा के एकीकरण के अवसरों और जोखिमों-दोनों को रेखांकित करते हैं। यह रिपोर्ट किया गया है कि प्रधानमंत्री किसान उर्जा सुरक्षा एवं उत्थान महाभियान (पीएम-कुसुम) के अंतर्गत सौर पंपों ने अर्ध-शुष्क क्षेत्रों में सिंचाई की विश्वसनीयता और फसल तीव्रता में 20-25 प्रतिशत बढ़ोतरी की है। कई शोधकर्ताओं ने यह भी रेखांकित

किया है कि सस्ती सौर-संचालित सिंचाई छोटे किसानों को सशक्त बना सकती है, किन्तु भूजल के अत्यधिक दोहन को रोकने के लिए इसके साथ प्रभावी भूजल शासन आवश्यक है। गुजरात, राजस्थान और झारखंड में हाल ही के प्रयोगों ने सौर ऊर्जा से संचालित ड्रिप सिंचाई और आदिवासी किसानों के लिए सामुदायिक स्वामित्व वाले माइक्रो-ग्रिड की तकनीकी और आर्थिक व्यवहार्यता को प्रदर्शित किया है।

सौर फोटोवोल्टाइक (सोलर-पीवी) संचालित पंप, माइक्रो-ग्रिड और नहर-शीर्ष (केनाल-टॉप) प्रणालियाँ अब परिपक्व प्रौद्योगिकियाँ बन चुकी हैं। पीएम-कुसुम के घटक-बी का लक्ष्य 14 लाख स्वतंत्र सौर पंप स्थापित करना है, जबकि घटक-सी दिन के समय बिजली उपलब्ध कराने के लिए फीडर सोलराइजेशन को बढ़ावा देता है। बायोगैस और बायोमास गैसिफायर फसल अवशेषों का उपयोग करते हुए माइक्रो-सिंचाई पंपों और कृषि मशीनरी को ऊर्जा प्रदान कर सकते हैं। बायोगैस संयंत्रों से प्राप्त डाइजेस्टेट (एनेरोबिक डाइजेशन का पोषक तत्वों से भरपूर उप-उत्पाद) मिट्टी की उर्वरता बढ़ाता है और रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता कम करता है। नहरों के जल-प्रपातों और छोटे बाँधों पर स्थापित लघु-जलविद्युत इकाइयाँ सौर ऊर्जा की अनियमितता को संतुलित कर सकती हैं। पंड-स्टोरेज या सोलर-पीवी और हाइड्रो को एकीकृत करने वाले हाइब्रिड माइक्रो-ग्रिड सिंचाई सहकारी समितियों के लिए निरंतर संचालन सुनिश्चित कर सकते हैं। एप्रोवोल्टाइक प्रणालियाँ सोलर पैनलों को खेत के ऊपर 3-5 मीटर की ऊँचाई पर स्थापित करती हैं, जिससे बिजली उत्पादन और फसल उत्पादन दोनों एक साथ संभव हो पाते हैं। कोयंबटूर और गुजरात में किए गए पायलट प्रोजेक्ट्स ने जल उत्पादकता में 45 प्रतिशत तक वृद्धि दिखाई है। मृदा-नमी सेंसर और रिमोट पंप नियंत्रक सिंचाई समय-सारणी का अनुकूलन करते हैं, खेती और फसल जैसे स्टार्ट-अप इन्हें सौर इकाइयों के साथ एकीकृत कर रहे हैं। अंतरराष्ट्रीय जल प्रबंधन संस्थान के बिहार और झारखंड में किए गए पायलट प्रोजेक्ट ने दिखाया है कि सहकारी मॉडल पर कार्य करने वाली सौर-सिंचाई सेवा कंपनियाँ समान रूप से सिंचाई पहुँच सुनिश्चित कर सकती हैं। ये नवाचार दर्शाते हैं कि कृषि में

नवीकरणीय ऊर्जा के विकास का अगला चरण डेटा-आधारित, मॉड्यूलर और डिजिटल रूप से जुड़ा हुआ होगा।

आर्थिक और पर्यावरणीय प्रभावों की दृष्टि से देखा जाए तो सौर पंपों द्वारा सिंचाई की समतुल्य लागत प्रति घन मीटर पानी के लिए ₹. 1.5-2.0 होती है, जबकि डीजल के लिए यह ₹. 4-6 प्रति घन मीटर है। पूँजीगत लागत (₹. 2-3 लाख प्रति पंप) को ध्यान में रखने के बाद भी, सब्सिडी या फीडर सोलराइजेशन की स्थिति में भुगतान-अवधि चार वर्ष से कम रहती है। प्रणाली स्तर पर, प्रत्येक मेगावाट विकेन्द्रीकृत सौर ऊर्जा प्रति वर्ष लगभग 1,000 टन कार्बन डाइ ऑक्साइड उत्सर्जन को कम करती है। अनियंत्रित सौर पंपिंग जल दोहन में वृद्धि कर सकती है। अध्ययनों ने सुझाव दिया है कि पंप क्षमता को भूजल जोनिंग से जोड़ा जाए और सौर ऊर्जा की खरीद को बढ़ावा दिया जाए ताकि किसान पानी नहीं, बल्कि अधिशेष विद्युत बेचें। सौर ऊर्जा को ड्रिप या स्प्रींकलर सिस्टम के साथ जोड़ने से जल उपयोग में 30-60 प्रतिशत कमी लाई जा सकती है, जिससे भूजल भंडार सुरक्षित रहते हैं। इन सभी लाभ के बावजूद भी, इस क्षेत्र को कई चुनौतियों का सामना करना पड़ता है। छोटे किसानों के पास 60-70 प्रतिशत सब्सिडी के बावजूद भी प्रारंभिक पूंजी की कमी रहती है। मात्रात्मक सीमा, मीटरिंग, और एक्वीफर-स्तर योजना की अनुपस्थिति नवीकरणीय ऊर्जा के लाभों को कम कर सकती है। कुछ ही राज्य अतिरिक्त सौर ऊर्जा के लिए उचित टैरिफ प्रदान करते हैं इसलिए नियामकीय एकरूपता आवश्यक है। प्रमाणित स्थानीय तकनीशियनों का विकास और प्रशिक्षण भी अनिवार्य है।

जल-भू-संतुलन के अनुरूप नवीकरणीय ऊर्जा तैनाती की नदी-घाटी आधारित योजना अत्यंत महत्वपूर्ण है। पीएम-कुसुम और प्रधानमंत्री कृषि सिंचाई योजना (पीएमकेएसवाई) के बीच संपूर्ण समन्वय की आवश्यकता है। योजनाओं को संयुक्त रूप से लागू किया जाना चाहिए, जहाँ सौर ऊर्जा, सूक्ष्म सिंचाई और मृदा-नमी सेंसर को एक ही पैकेज के रूप में लिया जाए। यह “पर-ड्रॉप-पर-वॉट” दृष्टिकोण वर्षा-आधारित (रेनफेड) क्षेत्रों में प्रारंभिक रूप से पायलट किया जा सकता है। क्लस्टर-आधारित सौर सिंचाई सहकारी समितियों का

नाबार्ड के माइक्रो-इरिगेशन फंड के माध्यम से वित्तपोषित कर बढ़ावा दिया जाना चाहिए। नहर-शीर्ष (केनाल टॉप) परियोजनाओं के लिए पब्लिक-प्राइवेट-कम्युनिटी पार्टनरशिप मॉडल को प्रोत्साहित किया जा सकता है। खनन और बिजली कंपनियों के सीएसआर कोष से सौर सिंचाई प्रदर्शन इकाइयों के लिए संसाधन आवंटित किए जाने की योजना बनाई जानी चाहिए।

अंततः, भारत की कृषि और सिंचाई प्रणालियों में नवीकरणीय ऊर्जा का समावेश संसाधनों के दोहन से संसाधनों के पुनर्जीवन की दिशा में एक संरचनात्मक परिवर्तन है। सौर, बायो तथा लघु-जलविद्युत प्रौद्योगिकियाँ मिलकर सिंचाई के लिए विश्वसनीय, स्वच्छ और किफायती ऊर्जा उपलब्ध करा सकती हैं तथा जलवायु-लचीली कृषि को सशक्त बना सकती हैं। वास्तविक चुनौती संस्थागत है, तकनीकी नहीं। ऊर्जा नीति, जल शासन और कृषि योजना-इन तीनों का आपसी समन्वय आवश्यक है। नवीकरणीय ऊर्जा आधारित सिंचाई से उत्पादकता और समानता, दोनों को बढ़ावा मिल सकता है। भविष्य की राह प्रौद्योगिकी और शासन के संयोजन में निहित है, जहाँ सौर ऊर्जा का उपयोग उन्हीं क्षेत्रों में हो जहाँ जल संसाधन टिकाऊ हों, भूजल दोहन की सीमाएँ लागू हों, सूक्ष्म-सिंचाई को प्रोत्साहन मिले तथा आँकड़ा-प्रणालियों का एकीकरण किया जाए। राज्यों में एक विशेष मिशन तैयार कर पीएम-कुसुम और पीएम-कृषि सिंचाई योजना को जोड़ने से नवीकरणीय ऊर्जा ग्रामीण विकास का आधार-स्तंभ बन सकती है। अंततः, सिंचाई में नवीकरणीय ऊर्जा केवल पारम्परिक ऊर्जा का प्रतिस्थापन भर नहीं है, यह एक नया प्रतिमान है-जो जल, भूमि और आजीविका के परस्पर संबंधों को जलवायु-परिवर्तन के युग में नए स्वरूप में स्थापित करता है। नवीकरणीय ऊर्जा भारतीय खेतों के लिए केवल नई शक्ति नहीं है, यह सिंचाई का नया परिचालन तंत्र है।



# भारत के अगले-पीढ़ी के खाद्य प्रणाली का निर्माण



स्मिता सिरौही<sup>1</sup> एवं पवन अग्रवाल<sup>2</sup>

<sup>1</sup>आईसीएआर.राष्ट्रीय प्रोफेसर एमएस स्वामीनाथन चेयर और पूर्व संयुक्त सचिव जी20, कृषि एवं किसान कल्याण विभाग

<sup>2</sup>मुख्य कार्यकारी अधिकारी ए फूड फ्यूचर फाउंडेशन और पूर्व मुख्य कार्यकारी अधिकारी एफएसएसएआई

## भारत की कृषि-खाद्य प्रणाली में सुधार की लहर

भारत का कृषि-खाद्य परिदृश्य तेजी से परिवर्तन की स्थिति से गुजर रहा है। विगत वर्षों में अनेक राष्ट्रीय पहलें आरम्भ हुई हैं, जिनका उद्देश्य उत्पादकता, स्थिरता, किसानों की आय और पोषण सुरक्षा में सुधार करना है। आहार विविधीकरण से लेकर डिजिटल कृषि तक, पारिस्थितिक बदलावों से लेकर संस्थागत सुदृढ़ता तक, देश एक अधिक आधुनिक और सक्षम खाद्य प्रणाली की नींव तैयार कर रहा है।

सबसे प्रमुख बदलावों में से एक पोषण-संवेदनशील फसलों पर बारंबार जोर रहा है। 2023 में अंतर्राष्ट्रीय बाजरा वर्ष ने वैश्विक और देशव्यापी ध्यान को

अभूतपूर्व रूप से आकर्षित किया, जिसके परिणामस्वरूप राज्यों ने समर्पित बाजरा मिशन आरम्भ किए, मूल्य श्रृंखला विकास में निवेश किया और आंगनवाड़ी भोजन, सार्वजनिक वितरण प्रणाली और स्कूल भोजन में बाजरे को सम्मिलित किया। इसके साथ ही, राष्ट्रीय स्तर पर दलहनों पर निरंतर ध्यान, जिसमें न्यूनतम समर्थन मूल्य सहायता, क्लस्टर विकास, खरीद में विस्तार और राष्ट्रीय दलहन मिशन का आरम्भ सम्मिलित है, भारत की प्रोटीन सुरक्षा सुधारने और लंबे समय से चली आ रही दलहन कमी को दूर करने की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम है।

भारत में एक शांत किन्तु सशक्त कृषि-पर्यावरणीय परिवर्तन भी देखने को मिल

रहा है। भारतीय प्राकृतिक कृषि पद्धति जैसी सरकारी योजनाओं के साथ-साथ आंध्र प्रदेश के समुदाय-नेतृत्व वाले प्राकृतिक कृषि मॉडल जैसे जमीनी स्तर के प्रयास तेजी से बढ़ रहे हैं। इन दृष्टिकोणों का उद्देश्य इनपुट लागत को कम करना, मिट्टी की सेहत बहाल करना, जैव विविधता को पुनर्जीवित करना और किसानों को बढ़ते जलवायु जोखिमों के अनुकूल ढालना है, सभी कार्य पुनर्योजी सिद्धांतों के अनुरूप किए जा रहे हैं।

संस्थागत नवाचार ग्रामीण अर्थव्यवस्थाओं को पुनः आकार दे रहे हैं। समर्पित सहयोग मंत्रालय की स्थापना और प्राथमिक कृषि ऋण समितियों (पीएसीएस) के आधुनिकीकरण के प्रयास सामूहिक

कार्रवाई पर नवीन बल का संकेत देते हैं। डेयरी और बागवानी से लेकर जनजातीय और महिला-नेतृत्व वाले सहकारी समितियों तक, ये संरचनाएँ समेकन, प्रसंस्करण और बाजार तक पहुँच के इंजन के रूप में स्थापित की जा रही हैं। इसके पूरक के रूप में, 10,000 किसान उत्पादक संगठनों (एफपीओ) को बढ़ावा देने के लिए सरकार की प्रमुख पहल किसान-नेतृत्व वाले संस्थानों का निर्माण कर रही है, जो ऋण प्राप्त कर सकें, तकनीक अपनाएँ और प्रसंस्करण एवं मूल्य संवर्धन में अधिक प्रभावी रूप से भाग ले सकें।

साथ ही, भारतीय कृषि का डिजिटल रूपांतरण अभूतपूर्व गति से बढ़ रहा है। डोन-आधारित फसल निगरानी, एआई/एमएल-संचालित पूर्वानुमान, वास्तविक-समय बाजार परामर्श और उभरती डिजिटल सार्वजनिक अवसंरचना (डीपीआई) जैसी नवाचार तकनीकें किसानों के फसल योजना, सिंचाई, सुरक्षा, भंडारण और विपणन की विधियों को तेजी से बदल रही हैं। राज्य-स्तरीय एग्रीस्टैक पायलट परियोजनाएँ व्यक्तिगत सेवाओं और बड़े स्तर पर डेटा-आधारित निर्णय लेने के नए अवसर प्रदान कर रही हैं।

ये बदलाव जल उपयोग दक्षता और जलवायु सहनशीलता पर बढ़ते ध्यान द्वारा और समर्थित हैं। प्रधानमंत्री कृषि सिंचाई योजना, सूक्ष्म-सिंचाई का विस्तार, सौर ऊर्जा चालित पंप योजनाएँ, जल-भंडारण विकास और मिट्टी स्वास्थ्य कार्ड वितरण जैसी योजनाएँ धीरे-धीरे भारत की कृषि को अधिक जलवायु-सजग बना रही हैं। सहनशील बीजों, कार्बन-न्यूट्रल प्रथाओं और पारिस्थितिकी-आधारित दृष्टिकोणों में निवेश स्थायी खाद्य उत्पादन के लिए दीर्घकालीन दृष्टिकोण को दर्शाता है।

सामूहिक रूप से, ये विकास केवल क्रमिक सुधार नहीं बल्कि भारत की कृषि दृष्टिकोण में एक महत्वपूर्ण परिवर्तन का प्रतिनिधित्व करते हैं। भारत अब सीमाओं पर प्रयोग नहीं कर रहा है, यह पुनः कल्पना कर रहा है कि भोजन कैसे उगाया, संसाधित, वितरित और

खाया जाए।

## 2. लिंकेज क्यों महत्वपूर्ण हैं: मेल की छिपी शक्ति

वर्तमान में चल रही पहलें आशाजनक, विविध और व्यक्तिगत रूप से प्रभावशाली हैं। फिर भी, यदि इन्हें आपस में बेहतर विधि से संरेखित नहीं किया गया, तो इनकी रूपांतरकारी क्षमता सीमित ही रहेगी। इन प्रयासों की असली शक्ति केवल उनके आकार में नहीं, बल्कि उनके सहक्रिया में निहित है कृजिस प्रकार एक पहल दूसरी पहल को सुदृढ़ बनाती है और ऐसे परिणाम उत्पन्न करती है जो किसी एक योजना अकेले प्रदान नहीं कर सकती।

उदाहरण के लिए, पोषण सुरक्षा और जलवायु सहनशीलता बढ़ाने में बाजरा और दलहन की सफलता केवल उत्पादन बढ़ाने तक सीमित नहीं है। यदि स्थिर बाजार संबंध, सुलभ प्रसंस्करण अवसंरचना और संस्थागत खरीद, जैसे आईसीडीएस, पीएम-पोशन या सार्वजनिक खाद्य प्रणाली के माध्यम से उपभोग को प्रोत्साहित करने वाले तंत्र नहीं होंगे, तो किसानों द्वारा इनकी खेती और उपभोक्ताओं द्वारा इनके उपयोग को अपनाना सीमित रहेगा।

साथ ही, भारत की प्रमुख पोषण योजनाएँ, जैसे आईसीडीएस और स्कूल भोजन-तब सबसे प्रभावी होती हैं जब इन्हें स्थानीय कृषि, पशुपालन, बागवानी और खाद्य सुरक्षा तंत्र के साथ निकटता से जोड़ा जाता है। जब आपूर्ति श्रृंखलाएँ और उत्पादन तंत्र आहार आवश्यकताओं के अनुरूप संरेखित होते हैं, तो ये कार्यक्रम समुदायों को पोषण प्रदान कर सकते हैं और ग्रामीण आजीविका को पुनर्जीवित कर सकते हैं।

प्राकृतिक कृषि एक और महत्वपूर्ण उदाहरण प्रस्तुत करती है। इसका विस्तार कई सहायक तंत्रों पर निर्भर करता है: पारिस्थितिक संतुलन के लिए जल प्रबंधन, जोखिम कम करने के लिए समयोचित जलवायु परामर्श, और मूल्य श्रृंखला में निवेश ताकि किसान उचित मूल्य प्राप्त कर सकें। इन संबंधों के बिना, प्राकृतिक कृषि

केवल एक अपर्याप्त वित्तपोषित आकांक्षा बनकर रह सकती है।

एफपीओ और सहकारी समितियों के आसपास की गति भी इसी संगम पर निर्भर करती है। ये संस्थाएँ ग्रामीण अर्थव्यवस्था को रूपांतरित कर सकती हैं, किन्तु केवल तभी जब उन्हें पूरक हस्तक्षेप, ऋण प्रवाह, डिजिटल उपकरण, लॉजिस्टिक्स, ब्रांडिंग और विकेंद्रीकृत शासन तंत्र के माध्यम से समर्थन मिले, जो उन्हें विस्तार और सतत संचालन में सक्षम बनाएँ।

ये उदाहरण, और अनेक अन्य, एक व्यापक निष्कर्ष की ओर संकेत करते हैं: भारत की खाद्य प्रणाली के परिणाम पोषक आहार, जलवायु-सहनशील उत्पादन, जल संरक्षण, सुरक्षित बाजार और समृद्ध ग्रामीण आय, कई क्षेत्रों के मेल (संगम) पर निहित हैं।

## 3. समानांतर मार्गों से उद्देश्यपूर्ण एकीकरण की ओर: खाद्य प्रणाली का दृष्टिकोण

खाद्य प्रणाली स्वभावतः कई क्षेत्रों में फैली होती है: कृषि, पोषण, स्वास्थ्य, जल, पर्यावरण, लॉजिस्टिक्स, खाद्य सुरक्षा, शिक्षा, ग्रामीण विकास और बाजार। फिर भी, इन्हें अलग-अलग मंत्रालयों, विभागों और वितरण संरचनाओं के माध्यम से प्रबंधित किया जाता है, जो प्रत्येक अपने अलग जनादेश और प्राथमिकताओं के अनुसार कार्य करते हैं। यद्यपि यह क्षेत्रीय विभाजन प्रशासनिक रूप से सुविधाजनक है, किन्तु इससे पाँच अपेक्षित शासन विफलताएँ उत्पन्न हो सकती हैं:

- विरोधाभासी नीतियाँ: उदाहरण के लिए, पानी-सघन मुख्य फसलों को बढ़ावा देने वाले उत्पादन प्रोत्साहन, भूजल संरक्षण प्रयासों के साथ टकरा सकते हैं।
- असंगत कार्यान्वयन: कार्यक्रम वितरण राज्यों और जिलों में प्रशासनिक क्षमता, राजनीतिक प्राथमिकताओं और समन्वय पर निर्भर करते हुए व्यापक रूप से भिन्न हो सकता है।
- स्थानीय संस्थाओं पर बोझ: पंचायत और नगर निकाय अक्सर अलग-अलग चैनलों के माध्यम से कई योजनाएँ

प्राप्त करते हैं, लेकिन इन्हें संरेखित या प्राथमिकता देने के निर्देश कम ही मिलते हैं।

- अलग डेटा सिस्टम: अलग-अलग सूचना स्रोत जोखिमों का पूर्वानुमान लगाने, परिणामों को ट्रैक करने या वास्तविक दुनिया की जटिलताओं के अनुरूप एकीकृत समाधान डिजाइन करने में कठिनाई उत्पन्न करते हैं।
- सीमित हितधारक की आवाज: किसान, युवा, विक्रेता, प्रसंस्कर्ता और नागरिक समाज नीति निर्माण या प्रभाव मूल्यांकन में भाग लेने के संरचित अवसर बहुत कम पाते हैं।

ये समस्याएँ केवल प्रशासनिक नहीं हैं, इनका वास्तविक जीवन पर सीधा प्रभाव पड़ता है। एक पोषण कार्यक्रम जो स्थानीय कृषि आपूर्ति के अनुरूप नहीं है, महंगी केंद्रीकृत खरीद पर निर्भर हो सकता है। जल समन्वय के बिना कोई जलवायु-सजग कृषि कार्यक्रम स्थानीय जल संकट को और बढ़ा सकता है। बाजार अवसंरचना के समर्थन के बिना आरम्भ की गई कोई खाद्य सुरक्षा पहल अपने कार्यान्वयन के पहले ही चरण में विफल हो सकती है।

सारांश में, भारत की वर्तमान शासन संरचना संगठित, क्रॉस-कटिंग खाद्य प्रणाली परिणाम देने के लिए डिजाइन नहीं की गई है। यह योजनाओं को अलग-अलग प्रबंधित करने में कुशल है, लेकिन परस्पर निर्भरता और व्यापार-समझौतों को सुलझाने में संघर्ष करती है। परिणामस्वरूप, दोहराव, अक्षमता और अवसरों की हानि होती है।

इस विभाजन को पहचानना और सुधारना अब भारत के कृषि-खाद्य परिवर्तन का अगला सीमा है। मूलभूत संरचना तैयार है। चुनौती यह है कि इन्हें एक संगठित, लचीली और समावेशी संरचना में व्यवस्थित किया जाए।

#### 4. वैश्विक लहर पर सवारी: नेतृत्व करने का भारत का अवसर

भारत खाद्य प्रणाली परिवर्तन की जटिलता का सामना करने वाला अकेला देश नहीं है। 2021 के संयुक्त राष्ट्र खाद्य प्रणाली शिखर सम्मेलन के पश्चात, दुनिया भर के

देश यह पुनर्विचार कर रहे हैं कि वे खाद्य और कृषि को केवल क्षेत्रीय डोमेन के रूप में नहीं, अपितु एकीकृत प्रणालियों के रूप में कैसे संचालित करें, जो स्वास्थ्य, पर्यावरण, समानता और आर्थिक विकास से जुड़े हैं।

शिखर सम्मेलन के बाद, कम से कम 17 देशों ने राष्ट्रीय खाद्य प्रणाली समन्वय तंत्र बनाए या सुदृढ़ किए हैं, और 34 देश अब बहु-क्षेत्रीय संरचनाओं के साथ कार्य कर रहे हैं। यूएई, जापान, मेक्सिको, रवांडा, ब्राजील और यूरोपीय संघ के सदस्य जैसे विविध देश उत्पादन, पोषण, पर्यावरणीय स्थिरता और बाजार पहुँच को संरेखित करने के लिए एकीकृत शासन दृष्टिकोण अपनाते हैं।

ये केवल सतही बदलाव नहीं हैं। ये एक मौलिक पहचान को दर्शाते हैं: कि खाद्य प्रणाली राष्ट्रीय विकास लक्ष्यों, जलवायु प्रतिबद्धताओं और सार्वजनिक स्वास्थ्य परिणामों को प्राप्त करने में केंद्रीय भूमिका निभाती है और विभाजित शासन एक संरचनात्मक बाधा है।

भारत दुनिया के सबसे प्रभावशाली खाद्य प्रणाली समन्वय मॉडल में से एक बनाने के लिए अनूठी स्थिति में है। इसकी विशाल संघीय संरचना, संस्थागत गहराई और महत्वाकांक्षी सुधार एजेंडा इसे स्तर और अनुभव दोनों प्रदान करते हैं। इससे भी महत्वपूर्ण, भारत पहले से ही बाजरे के पुनरुद्धार, डिजिटल सार्वजनिक अवसंरचना और जलवायु-सजग कृषि जैसे क्षेत्रों में वैश्विक नेतृत्व का प्रदर्शन कर रहा है।

अब आवश्यक है एक ऐसा शासन ढाँचा जो इन नवाचारों को एक साथ जोड़ सके, केवल आंतरिक सामंजस्य के लिए नहीं, बल्कि दुनिया को यह संकेत देने के लिए कि भारत उदाहरण प्रस्तुत करने के लिए तैयार है।

यदि भारत अब निर्णायक कदम उठाता है, तो यह न केवल अपने नागरिकों के लिए परिणाम सुधार सकेगा अपितु अन्य देशों के लिए भी एक संदर्भ बिंदु बनेगा जो समान परिवर्तन के रास्तों पर है। अवसर तैयार है।

दिशा स्पष्ट है। केवल राजनीतिक इच्छा शेष है, जो समन्वय को राष्ट्रीय प्राथमिकता बनाए।

#### 5. निष्कर्ष: सामंजस्य अगली सीमा है

भारत के पास वह सब है जो कई देश अभी भी निर्माण करने का प्रयास कर रहे हैं: एक सुदृढ़ कृषि आधार, सशक्त ग्रामीण अर्थव्यवस्था, किसानों की बढ़ती संस्थागत आधार और एक ठोस सुधार एजेंडा। यद्यपि कि, जिन परिणामों की हम चाह रखते हैं, पोषक आहार, स्थायी जल उपयोग, सहनशील कृषि, ग्रामीण समृद्धि। उनकी निर्भरता इस बात पर है कि इन प्रयासों को प्रणाली में कितनी अच्छी तरह संरेखित किया गया है।

चुनौती अब और अधिक योजनाएँ आरम्भ करने की नहीं है। भारत को अब एक प्रणालीगत दृष्टिकोण और ऐसा शासन तंत्र चाहिए जो इन सभी प्रयासों को जोड़ सके।

खाद्य प्रणाली शासन के दृष्टिकोण को अपनाकर, भारत न केवल अपने देश में परिणाम सुधार सकता है, बल्कि स्थायी, समान और सहनशील खाद्य प्रणाली में वैश्विक नेतृत्व करने का अवसर भी प्राप्त कर सकता है। समय अनुकूल है। दुनिया देख रही है। यह स्पष्टता, समन्वय और दृढ़ता के साथ नेतृत्व करने का समय है।





**SINCE 1780**



Less Tyre Slippage



Low Maintenance



Ploughing at Uniform Depth



Upto 20% Fuel Saving



Upto 33% Faster

**LEMKEN** THE AGROVISION COMPANY

India's Strongest and Biggest Plough - JUWEL 6 M

# JUWEL 6 M

Revolutionizing Indian Farming with Trusted German Technology !



**LEMKEN India Agro Equipment Pvt. Ltd.**  
Plot No. D-59, MIDC, Butibori, Nagpur,  
Maharashtra, India. - 441108  
Tel: 07104-285400  
Web : www.lemken.in



**Sales**  
9545501199  
lemkenindia@lemken.com



**Technical Support**  
95450 51218



**Customer Care**  
95456 24422  
customer care.india@lemken.com



# PRADHAN MANTRI KISAN URJA SURAKSHA EVAM UTTHAN MAHABHIYAN (PM KUSUM) SCHEME

*Promoting Solar Energy in Agriculture*



**Decentralised Ground/Stilt Mounted grid connected Solar Power Plant setup**



**Installation of Stand alone solar pumps**



**Solarisation of grid connected agri pumps including feeder level solarisation**



**Interest subvention benefits and credit guarantee coverage under AIF**



**CFA/SFA to the tune of 30% & above**



**Minimal Margin & Collateral Requirement**



**Attractive ROI**



Follow us: [www.pnb.bank.in](http://www.pnb.bank.in) | Toll Free No: 1800-1800 & 1800-2021 | Give a missed call 1800 180 8888

**पंजाब नैशनल बैंक**  
...भरोसे का प्रतीक !



**punjab national bank**  
...the name you can BANK upon !