आधुनिक कृषि अभियांत्रिकी

भाग 4 अंक 3 | जुलाई – सितंबर 2025

ISSN: 3049-0154 (Online)

अधिकतम मशीनीकरण के रोडमैप्स

भारतीय कृषि अभियंता सोसायटी

कनेक्टिंग इंजीनियर्स इन एग्रीकल्चर

The Complete
Deutz-Fahr Range

EFFICIENT. RELIABLE.
BUILT TO LAST.

PRODUCT RANGES

3E Series	Agrolux	Agromaxx	Agromaxx (Tr-IV)	Agrolux (Tr-IV)
3035E-3040E-3042E	40-50-50 Turbo Pro	4045E-4050E-4050E Turbo Pro	4065E-4080E	70E & 80 Profiline

https://www.deutz-fahr.com/en-in sdfimarketing@sdfgroup.com 1-800-123-7781 (TollFree)

DEUTZ FAHR

मुख्य संपादक की कलम से

कृषि यंत्रीकरण को अधिकतम करने का मार्ग दर्शन

कृषि यंत्रीकरण ग्रामीण परिवर्तन और कृषि विकास के प्रमुख चालकों में से एक है। आधुनिक मशीनों, यन्त्रों और तकनीकों को कृषि प्रणालियों में एकीकृत करके, किसान उत्पादकता में उल्लेखनीय वृद्धि, श्रमशक्ति को कम, लागत कम और समय पर संचालन सुनिश्चित कर सकते हैं। हालाँकि, इन लाभों को पूरी तरह से प्राप्त करने के लिए, भारत और अन्य विकासशील अर्थव्यवस्थाओं में कृषि यंत्रीकरण को अधिकतम करने हेतु एक स्पष्ट मार्ग दर्शिका आवश्यक है।

आधारभूत संरचना और पहुँच को सुदृढ़ करना

- **कस्टम हायरिंग सेंटर (सीएचसी):** ग्रामीण क्षेत्रों में मशीनरी बैंक और रेंटल हब स्थापित करने से यह सुनिश्चित होता है कि छोटे और सीमांत किसान - जो बहुसंख्यक हैं - स्वामित्व लागत का बोझ उठाए बिना आधुनिक मशीनों तक पहुँच सकें।
- **ग्रामीण सड़कें और बिजली आपूर्ति:** मशीनीकृत उपकरणों की आसान गतिशीलता, मरम्मत और उपयोग को सक्षम करने के लिए सुदृढ़ परिवहन और ऊर्जा अवसंरचना आवश्यक है।

कम मूल्य पर वित्तपोषण और सब्सिडी मॉडल

- **ऋण सहायता:** बैंकों और सहकारी समितियों के माध्यम से कम ब्याज दर वाले ऋण, सूक्ष्म वित्त और ऋण तक आसान पहुँच किसानों को मशीनरी अपनाने के लिए प्रोत्साहित कर सकती है।
- **लक्षित सब्सिडी:** छोटे और सीमांत किसानों को पावर टिलर, हार्वेस्टर और सिंचाई पंप जैसे आवश्यक उपकरणों पर प्रत्यक्ष सब्सिडी से समतामूलक मशीनीकरण संभव होगा।
- **पीपीपी मॉडल:** सार्वजनिक-निजी भागीदारी ग्रामीण मशीनीकरण अवसंरचना में निवेश बढ़ाने में सहायता कर सकती है।

प्रौद्योगिकी नवाचार को बढ़ावा देना

- **छोटी और स्मार्ट मशीनें:** छोटी जोतों के लिए अनुकूलित कम लागत वाली, ईंधन-कुशल और बहु-कार्यात्मक मशीनों में नवाचारों को प्राथमिकता दी जानी चाहिए।
- **डिजिटल एकीकरण:** सटीक खेती के लिए आईओटी, सेंसर, ड्रोन और एआई-आधारित समाधानों का उपयोग इनपुट लागत को कम कर सकता है और कृषि कार्यों को अनुकूलित कर सकता है।
- **पर्यावरण-अनुकूल उपकरण:** मशीनीकरण को स्थिरता लक्ष्यों के अनुरूप होना चाहिए, जिसमें विद्युत, सौर और जैव ईंधन-आधारित मशीनरी पर ध्यान केंद्रित किया जाना चाहिए।

मानव क्षमता निर्माण

- **कौशल विकास:** उपकरणों के सुरक्षित और कुशल उपयोग को सुनिश्चित करने के लिए किसानों, ग्रामीण युवाओं और मशीनरी संचालकों के लिए नियमित प्रशिक्षण आवश्यक है।
- **जागरूकता कार्यक्रम:** प्रदर्शन, क्षेत्र दिवस और किसान उत्पादक संगठन (एफपीओ) मशीनीकरण के लाभों को प्रदर्शित करने और इसे अपनाने के लिए प्रोत्साहित कर सकते हैं।

स्थानीय विनिर्माण और नवाचार को प्रोत्साहित करना

- **एमएसएमई और स्टार्ट-अप:** कृषि मशीनरी निर्माण में ग्रामीण उद्यमियों और स्टार्ट-अप्स को समर्थन देने से रोजगार सृजन होगा और मशीनें अधिक सुलभ होंगी।
- **स्थानीयकरण:** विशिष्ट फसलों, मृदा परिस्थितियों और क्षेत्रीय आवश्यकताओं के अनुकूल मशीनों का विकास करने से अपनाने की दर में सुधार होगा।

कृषि मशीनीकरण को अधिकतम करने के लिए एक **बहुआयामी दृष्टिकोण** की आवश्यकता है जो प्रौद्योगिकी, नीति, वित्त और किसान सशक्तिकरण को एक साथ लाए। यद्यपि बड़े पैमाने के खेतों को पहले से ही मशीनरी से लाभ मिल रहा है, किन्तु भविष्य छोटे किसानों के लिए मशीनीकरण को समावेशी, सस्ता और टिकाऊ बनाने में निहित है। इस रोडमैप का पालन और समर्थन करके - पहुँच, वित्तपोषण, नवाचार, क्षमता निर्माण, और स्थानीय विनिर्माण को सुदृढ़ करके - भारत उत्पादकता में उल्लेखनीय वृद्धि और ग्रामीण आजीविका में सुधार कर सकता है, तथा एक आत्मनिर्भर एवं समृद्ध कृषि क्षेत्र के दृष्टिकोण में योगदान दे सकता है।

Manila

संपादक-मंडल

टी. आर. केसवन
ग्रुप 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-केन्द्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान, भोपाल

हिन्दी रूपान्तरण: राकेश कुमार कुशवाहा, उप निदेशक (राजभाषा), सी.आई.ए.ई. भोपाल

प्रकाशन संबंधी सूचनाएं

आधुनिक कृषि अभियांत्रिकी का ये संस्करण, इंडियन सोसाइटी आंफ एग्रीकल्चर इंजीनियर्स की एग्रीकल्चरल इंजीनियरिंग टुडे पत्रिका, भाग 49 अंक 3 का हिंदी अनुवाद है।
(दूरभाषः 011-21520143; ई-मेलः isae1960@gmail.com; वेबसाइटः www.isae.in)
इस प्रकाशन से संबंधित सभी पत्राचार निम्नलिखित पते को संबोधित किये जाएं:
प्रधान संपादक एईटी, 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-मेलः chiefeditoraet@isae.in
लेखकों द्वारा व्यक्त की गई राय एग्रीकल्चर इंजीनियरिंग टुडे या आई.एस.ए.ई की नही है।
संशय की स्थिति में "एग्रीकल्चर इंजीनियरिंग टुडे" का अंग्रेजी रूपांतर ही अंतिम मान्य है।

अंशदान ब्यौरे

	अंतरर्देशीय	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, नशनल एग्रीकल्चरल सांइस सेंटर (नास) कॉम्पलेक्स, देव प्रकाश शास्त्री मार्ग पूसा कैंपस, नई दिल्ली- 110012, भारत को भिजवाएं।

न्यू यूनाइटेड प्रोसेस, ए–26, नारायणा इंडस्ट्रियल एरिया, फेज दो, नई दिल्ली–110028, मोबाइलः 9811426024 में मुद्रित।

अन्तर्वस्तु

आधुनिक कृषि अभियांत्रिकी 4 (3)

01 **अध्यक्ष की कलम से**
2047 तक कृषि यंत्रीकरण को अधिकतम करने के दिशा निर्देश
डॉ. एस.एन. झा, उप महानिदेषक (कृषि अभियांत्रिकी), भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद एवं अध्यक्ष आई.एस.ए.ई., नई दिल्ली

03 **जब मशाल बुझ जाती है: भारत में दूरदर्शी नेतृत्व का मौन अवनयन**
श्री सुरेश प्रभु

05 **2047 तक कृषि मशीनीकरण और स्वचालन को अधिकतम करने का रोडमैप**
डॉ. वी. एन. काले और यतिः नुपुर

09 **भारत में कृषि यंत्रीकरण को अधिकतम करने की मार्गदर्शिका**
प्रो. बी.एन. त्रिपाठी और प्रो. पवन के. शर्मा

15 **2047 तक कृषि यंत्रीकरण और स्वचालन को अधिकतम करने के दिशा निर्देश**
प्रो. गजेंद्र सिंह

17 **2047 तक कृषि मशीनीकरण और स्वचालन को अधिकतम करने का रोडमैप**
श्री एम बालकृष्ण

19 **2047 तक भारत में कृषि यंत्रीकरण और स्वचालन की मार्गदर्शिका**
डॉ सी. आर. मेहता

22 **रणनीतिक स्वचालन के माध्यम से भारतीय कृषि में परिवर्तन**
प्रो. (डॉ) बलविंदर शुक्ला

25 **2047 तक विकसित कृषि के लिए ब्लू प्रिंट**
नचिकेत कोतवालीवाले और धृतिमान साहा

27 **भविष्य के खेत 2047 तक मशीनीकरण और स्वचालन को अधिकतम करेंगे**
नरिंदर मित्तल

29 **2047 तक किसानों के सशक्तिकरण के लिए अग्रणी कृषि यंत्रीकरण बाधाएँ और मार्ग**
प्रोफेसर ममता तिवारी

31 **2047 तक कृषि मशीनीकरण और स्वचालन को अधिकतम करने का रोडमैप**
इंद्रनील दास

35 **संरक्षित बागवानी: अवसर और चुनौतियाँ**
आर. के. सिंह

41 **बदलते परिदृश्य में भारत का मार्गदर्शनः वैश्विक उर्वरक बाजार पर अमेरिकी टैरिफ का प्रभाव**
अभिषेक वाडेकर

43 **कृषि में एआइः डेमो से निर्णय की ओर बढ़ने का समय**
सत्य संयुक्ता

45 **विकसित भारत के लिए कृषि यंत्रीकरण को आगे बढ़ानाः नवाचार, समावेशिता और सततता का एकीकरण**
डॉ. दिवाकर चौधरी और डॉ. आर.के. श्रीवास्तव

49 **ड्रोन तकनीक और कृषि में इसका अनुप्रयोग**
डॉ. द्वारिका मोहन दास और सुश्री सौभाग्य लक्ष्मी राय

53 **गैर-टोरेफाइड पेलेट उत्पादन हेतु बायोमास उप-उत्पादों का प्रसंस्करण**
डॉ. नवनाथ एस. इंदोरे, डॉ. राजेश कुमार विश्वकर्मा
इंजी. हरप्रीत कौर और इंजी. अछरदीप धीमान

57 **चावल मिलिंग की पुनर्कल्पनाः भारत का स्मार्ट, टिकाऊ समाधानों की दिशा**
कुणाल गुप्ता

59 **मानव एवं पशु पोषण के लिए ब्रियुअर्स स्पेंट ग्रेन (बीएसजी) की उपयोगिता**
सुश्री शबनम कुमारी और डॉ. देविन्दर ढींगरा

63 **फॉरेस्ट पाइंस को सजावट में बदलनाः एक किसान पहल**
मंजू देवी, नीना कुमारी और अंशुमन सेमवाल

2047 तक कृषि यंत्रीकरण को अधिकतम करने के दिशा निर्देश

डॉ. एस. एन. झा

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

भारत का कृषि क्षेत्र, जो ग्रामीण आजीविका और देश की खाद्य सुरक्षा की रीढ़ है, हालाँकि अच्छी प्रगति कर रहा है, फिर भी 2047 तक श्रम की कमी, समय की कमी और इनपुट/संसाधनों की कमी को पूरा करके भारतीय कृषि को वास्तव में विकसित बनाने के लिए कुछ निश्चित दिशा-निर्देशों की आवश्यकता है। घटती जोत, श्रम की कमी, जलवायु तनाव और खाद्यान्न की बढ़ती माँग के साथ, मशीनीकरण अब वैकल्पिक नहीं आवश्यक हो गया है। अब यह एक अनिवार्यता बन गया है। वर्तमान में, भारत का मशीनीकरण स्तर लगभग 47 प्रतिशत है, जो चीन (59.5 प्रतिशत) और ब्राजील (75 प्रतिशत) जैसे देशों से बहुत पीछे है। 2047 तक 'विकसित भारत' के लक्ष्य को प्राप्त करने के लिए, भारत को कम से कम 75 प्रतिशत मशीनीकरण का लक्ष्य रखना होगा, और इसे प्राप्त करने के लिए, चार चरणों वाला एक सांकेतिक दिशा निर्देश, जो यहीं तक सीमित नहीं है, प्रस्तावित है।

पहले चरण को आधारभूत **(2025-2030) चरण** कहा जा सकता है। जिसके तीन घटक हैं: नीति सुधार और संस्थागत समर्थन, अवसंरचना और कौशल विकास। नीति सुधार और संस्थागत समर्थन में सम्मिलित हो सकते हैं: समर्पित वित्त पोषण और लक्ष्यों के साथ एक राष्ट्रीय कृषि मशीनीकरण मिशन (एनएमएएम) का शुभारंभ, प्रत्येक राज्य के प्रत्येक जिले में स्थानीय ग्राम स्तर पर हस्तक्षेप करने के लिए राज्य-स्तरीय मशीनीकरण विभाग/

निदेशालय का सृजन, विशेष वित्त पोषण के साथ अनुसंधान एवं विकास के लिए सार्वजनिक-निजी भागीदारी को बढ़ावा देना और कृषि मशीनरी की उपलब्धता, और प्रत्येक राज्य में कृषि अभियांत्रिकी निदेशालय/विभाग के छत्र के अन्तर्गत कृषि में मृदा संरक्षण, सिंचाई एवं जल निकासी, कटाई-उपरांत/खाद्य प्रसंस्करण और ऊर्जा आदि कृषि मशीनरी का एकीकरण।

एक सुदृढ़ नींव के लिए **अवसंरचनात्मक विकास** आवश्यक है और इसे प्राथमिकता दी जानी चाहिए। इसमें छोटे किसानों के लिए साझा पहुँच को सक्षम बनाने हेतु गाँव और ब्लॉक स्तर पर कृषि मशीनरी बैंकों की स्थापना, मशीनरी के आवागमन और प्रबन्धन को सुगम बनाने के लिए ग्रामीण और कृषि सड़क नेटवर्क का विस्तार, सटीक मशीनीकरण को समर्थन देने हेतु भूमि अभिलेखों और फसल आँकड़ों का डिजिटलीकरण, और कृषि में समकालीन तकनीकों के आरम्भ के लिए ग्राम स्तरीय आर्थिक क्षेत्र और राष्ट्रीय कृषि रोबोटिक्स एवं कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) संस्थान की स्थापना सम्मिलित होनी चाहिए।

अवसंरचनात्मक विकास की एक सुदृढ़ नींव रखने के बाद **कौशल विकास और कुशल संचालन** द्वितीय स्तंभ है। इनमें प्रत्येक राज्य कृषि विश्वविद्यालयों (एसएयू), आईआईटी में कृषि अभियान्त्रिकी डिग्री व आईटीआई में मशीनीकरण मॉड्यूल डिप्लोमा पाठ्यक्रमों का आरम्भ, ग्रामीण युवाओं को ''कृषि-तकनीक संचालकों'' के रूप में प्रशिक्षित करना ताकि वे खेत पर कटाई के बाद की मशीनरी, भंडारण संरचनाओं सहित मशीनरी का प्रबंधन और रखरखाव कर सकें, और युवाओं को कृषि में बनाए रखने के लिए खेती और कटाई के पश्चात् की गतिविधियों को एक तकनीक-संचालित व्यवसाय के रूप में देखने की धारणा को बदलने के लिए जागरूकता अभियान आरम्भ करना सम्मिलित हैं।

द्वितीय चरण को त्वरण चरण (2030-2037) कहा जा सकता है। इस चरण में प्रौद्योगिकी अपनाना, वित्तीय प्रोत्साहन प्रदान करना और सतत एकीकरण के लिए कदम उठाना सम्मिलित हो सकता है। जीपीएस.निर्देशित ट्रैक्टर, ड्रोन, कृत्रिम बुद्धिमत्ता और आईओटी सेंसर जैसे सटीक

अध्यक्ष की कलम से

कृषि उपकरणों को तेजी से अपनाने और बढ़ावा देने के लिए, मशीनीकृत नर्सरी उगाने, स्वचालित कटाई और स्मार्ट पैकेजिंग को प्रोत्साहन, और सस्ते किफायती क्षेत्र-विशिष्ट उपकरणों के स्वदेशी निर्माण को समर्थन कुछ ऐसे कदम हैं जो उठाए जाने की आवश्यकता है। **वित्तीय प्रोत्साहनों** में, विशेष रूप से सीमांत किसानों के लिए, मशीनरी खरीद और उपयोग हेतु किराये पर देने के लिए सब्सिडी की योजना सम्मिलित हो सकती है, मशीनीकरण के लिए किसान क्रेडिट कार्ड के माध्यम से कम ब्याज दर पर ऋण उपलब्ध कराना, कृषि-तकनीक स्टार्टअप और मशीनरी इनोवेटर्स के लिए कर लाभ, उन क्षेत्रों में कृषि मशीनरी के निर्माण को बढ़ावा देने के लिए प्रदर्शन लिंक प्रोत्साहन योजना आरम्भ करना, जहाँ विनिर्माण नगण्य या न्यूनतम है। कुशल और अधिकतम उत्पादन के लिए **सतत एकीकरण** की आवश्यकता है। इस एकीकरण के लिए कुछ सुझाव दिए गए हैंः कार्बन उत्सर्जन कम करने के लिए सौर ऊर्जा चालित और विद्युत मशीनरी को बढ़ावा देना, मशीनीकृत समाधानों के माध्यम से बायोमास उपयोग और अवशेष प्रबंधन को प्रोत्साहित करना, ड्रिप और स्प्रिंकलर जैसी जल-बचत सिंचाई प्रणालियों के साथ मशीनीकरण का एकीकरण, तथा मृदा संरक्षण, सिंचाई और जल निकासी, कृषि मशीनरी, कटाई के बाद/खाद्य प्रसंस्करण और कृषि में ऊर्जा को प्रत्येक राज्य में कृषि अभियान्त्रिकी निदेशालय के एक छत्र के अंतर्गत लाना।

तीसरे चरण को **समेकन चरण** (2037-2042) कहा जा सकता है। यह डिजिटल पारिस्थितिकी तंत्र के निर्माण का चरण है जिसमें उपकरण बुकिंग, प्रशिक्षण और समस्या निवारण के लिए एक राष्ट्रीय कृषि -मशीनीकरण पोर्टल, फसल चक्र, मृदा स्वास्थ्य, जलवायु परिस्थितियों के आधार पर मशीनरी की उपलब्धता को अनुकूलित करने के लिए एआई और बिग डेटा का उपयोग और गुणवत्ता एवं नैतिकता आधारित विपणन हेतु कटाई-पश्चात व्यावहारिक संरचना को सुव्यवस्थित करने हेतु मशीनीकरण सेवाओं के साथ ई-नाम का एकीकरण सम्मिलित है। साझा अवसंरचना, भंडारण और प्रसंस्करण इकाइयों के साथ कृषि-तकनीक क्लस्टर विकसित करके क्लस्टर-आधारित मशीनीकरण, किसान उत्पादक संगठनों को मशीनरी तक पहुँच के लिए संसाधनों को एकत्रित करने हेतु प्रोत्साहित करना और सेवा वितरण में अंतर्निहित मशीनीकरण के साथ अनुबंध या विशिष्ट उद्देश्य आधारित कृषि मॉडल को बढ़ावा देना समय की माँग है। निरीक्षण और मूल्यांकन किसी भी योजना या लक्ष्य-उन्मुख परियोजनाओं का एक अभिन्न अंग है। हमें राज्यों में प्रगति पर नजर रखने के लिए मशीनीकरण स्तर सूचकांक विकसित करना चाहिए, वार्षिक ऑडिट करना चाहिए और मशीनीकरण स्कोरकार्ड प्रकाशित करने चाहिए, और योजना के वास्तविक समय प्रभाव आकलन के लिए उपग्रह इमेजरी और रिमोट सेंसिंग का उपयोग करना चाहिए।

2047 तक अपेक्षित परिणामों को तालिका के रूप में नीचे संक्षेपित किया जा सकता है:

मीट्रिक	2025 आधार रेखा	2047 लक्ष्य
मशीनीकरण स्तर	47%	≥75%
कृषि बिजली उपलब्धता	2.54 कि.वा./हे	≥7.5 कि.वा./हे
छोटे किसानों के लिए मशीनरी की पहुँच	<30%	≥90%
कटाई उपरान्त के नुकसान में कमी	15–20%	<5%
मशीनीकरण में महिलाओं की भागीदारी	<10%	≥60%

चौथा और अंतिम चरण **परिवर्तन** (2042-2047) है, जिसमें सम्मिलित हैं:

- सार्वभौमिक पहुँचः यह सुनिश्चित करना कि प्रत्येक किसान को प्रति फसल चक्र में कम से कम एक मशीनीकृत सेवा उपलब्ध हो, कृषि मशीनरी बैंकों का विस्तार कर उन्हें 100 प्रतिशत ग्रामीण ब्लॉकों तक पहुँचाना, और महिला किसानों के लिए उपयुक्त उपकरण डिजाइन करके मशीनीकरण को लैंगिक-समावेशी बनाना।
- लचीलापन और अनुकूलनशीलताः जलवायु परिवर्तन - बाढ़, सूखा और भीषण गर्मी-के अनुकूल मशीनरी का विकास, प्रधानमंत्री फसल बीमा योजना (पीएमएफबीवाई) जैसी फसल बीमा योजनाओं के साथ मशीनीकरण का एकीकरण, प्राकृतिक आपदाओं के मध्य मशीनरी की त्वरित उपलब्धता हेतु क्षमता निर्माण आदि को प्रणाली में अंतर्निहित किया जाना चाहिए।
- भारत को कम लागत वाली, जलवायु-अनुकूल, लैंगिक-तटस्थ कृषि मशीनरी के लिए एक वैश्विक केंद्र के रूप में स्थापित करना, अफ्रीका, दक्षिण पूर्व एशिया और लैटिन अमेरिका में स्वदेशी उपकरणों के निर्यात को बढ़ावा देना, और प्रत्येक ब्लॉक में निर्यात और नवाचार केंद्र के अंतर्गत नवाचारों को प्रदर्शित करने और निवेश आकर्षित करने के लिए अंतर्राष्ट्रीय कृषि-तकनीक प्रदर्शनियों का आयोजन करना।

2047 तक कृषि यंत्रीकरण को अधिकतम करना केवल एक तकनीकी चुनौती नहीं है, यह एक सामाजिक-आर्थिक परिवर्तन है। इसके लिए देश में कृषि अनुसंधान और कार्यान्वयन योजना के स्वरूप में बदलाव की आवश्यकता है। इसके लिए नीति, वित्त, शिक्षा और नवाचार में समन्वित प्रयासों की आवश्यकता है। रणनीतिक योजना और समावेशी कार्यान्वयन के साथ, भारत अपने किसानों को सशक्त बना सकता है, उत्पादकता बढ़ा सकता है और एक वैश्विक कृषि महाशक्ति के रूप में अपनी जगह सुरक्षित कर सकता है, यदि इस विचार को भारतीय कृषि के केंद्र में लाया जाए।

जब मशाल बुझ जाती है: भारत में दूरदर्शी नेतृत्व का मौन अवनयन

श्री सुरेश प्रभु
ऋषिहुड विश्वविद्यालय के कुलपति
पूर्व केंद्रीय मंत्री, वाणिज्य एवं उद्योग, रेलवे

भारतीय लोकतंत्र की पवित्र लय में, राजनीति कभी भी महत्वाकांक्षा की प्रतियोगिता नहीं रही-यह सेवा का एक अनुबंध रही है। ग्रामीण और शहरी भारत की धूल भरी गलियों से लेकर दिल्ली के चहल-पहल भरे गलियारों तक, हमारे गणतंत्र की आत्मा हमेशा ऐसे नेताओं द्वारा पोषित रही है जिन्होंने शासन को शक्ति के रूप में नहीं, बल्कि प्रार्थना के रूप में देखा।

फिर भी, आज, राष्ट्र की अंतरात्मा में एक मौन चिंता उभर रही है कि क्या होगा जब दूरदर्शी और स्वैच्छिक नेता, जो विनम्रता, बुद्धिमत्ता और करुणा के साथ सेवा करते हैं, राजनीति से स्वयं को दूर करने लगेंगे? उनकी अनुपस्थिति केवल एक राजनीतिक बदलाव नहीं है। यह एक राष्ट्र की हानि है। यह उस प्रकाश का लुप्त होना है जिसने कभी निर्दोषों, गरीबों और बेजुबानों का मार्गदर्शन किया था।

गरिमा के सौम्य निर्माता

भारत की प्रगति कभी भी केवल नीतियों पर आधारित नहीं रही है, यह सहानुभूति पर आधारित रही है। आइए उन लोगों को याद करें जिनकी शांत क्रांतियाँ आज भी लाखों लोगों के जीवन में व्याप्त हैं:

❖**के. कामराज (1954-1963)**: वह भोजन जिसने एक पीढ़ी को तृप्त किया
तमिलनाडु के मुख्यमंत्री के रूप में, कामराज ने देखा कि भूख बच्चों को स्कूल जाने से रोक रही है। इसके जवाब में, उन्होंने 1956 में मध्याह्न भोजन योजना आरम्भ की, जिसके अन्तर्गत हर बच्चे को दिन में एक बार गर्म भोजन दिया जाता था। यह मात्र भोजन नहीं था-यह सम्मान, शिक्षा और भविष्य था। आज, यह दूरदर्शी नीति पूरे भारत में 10 करोड़ से

अधिक बच्चों का पोषण कर रही है।

❖**रामकृष्ण हेगड़े (1983-1988)**: समानता की वर्दी
कर्नाटक के मुख्यमंत्री के रूप में अपने कार्यकाल में, हेगड़े ने देखा कि गरीब बच्चे फटे या बेमेल कपड़ों में स्कूल जाते हैं। 1983 में, उन्होंने सभी सरकारी स्कूलों के छात्रों के लिए मुफ्त स्कूल यूनिफॉर्म का आरम्भ किया, ताकि यह सुनिश्चित हो सके कि कोई भी बच्चा गरीबी के कारण स्वयं को कमतर न समझे। उनके इस कदम ने आत्म-सम्मान और समावेशिता को एक धागे में पिरोया।

❖**वर्गीस कुरियन (1965-1998)**: सामूहिक शक्ति का दूध
भारत की श्वेत क्रांति के जनक के रूप में, कुरियन ने देश को दूध की कमी वाले देश से दुनिया के सबसे बड़े उत्पादक देश में बदल दिया। अमूल सहकारी मॉडल के माध्यम से, उन्होंने ग्रामीण महिलाओं और किसानों को सशक्त बनाया और यह सिद्ध किया कि दूरदर्शी सेवा उदर और आत्मा दोनों को पोषित कर सकती है। 1965 से एनडीडीबी (राष्ट्रीय डेयरी विकास बोर्ड) का उनका नेतृत्व नैतिक ग्रामीण विकास में एक मानक बना हुआ है।

❖**डॉ. एम.एस. स्वामीनाथन (1960-2020)**: वैज्ञानिक करुणा के बीज
भारत की हरित क्रांति के जनक, स्वामीनाथन ने उच्च उपज देने वाली फसल प्रजातियों और टिकाऊ कृषि पद्धतियों का आरम्भ किया, जिससे 1960 के दशक में भारत को अकाल से बचाया गया। उनके बाद के कार्यों ने जलवायु-अनुकूल कृषि, किसान अधिकारों और ग्रामीण पोषण पर ध्यान केंद्रित किया, और सदैव किसान की गरिमा को केंद्र में रखा। 2023 में उनके निधन ने नैतिक कृषि नेतृत्व के एक युग का अंत कर दिया।

वर्तमान दूरदर्शी लोग शांत सेवा का चयन कर रहे हैं।

हाल के वर्षों में, भारत के कुछ सबसे योग्य और दयालु नेताओं ने चुनावी राजनीति से दूर रहने का निर्णय किया है-उदासीनता के कारण नहीं, बल्कि शांत, अधिक रचनात्मक तरीकों से सेवा करने की एक विचारशील इच्छा के कारण। उनका यह निर्णय सार्वजनिक जीवन की बढ़ती हुई लेन-देन वाली प्रकृति के प्रति गहरी बेचैनी और अपनी ईमानदारी की रक्षा करने की लालसा को दर्शाता है।

❖**सुरेश प्रभु**: बिना किसी मेगाफोन के सुधारक
प्रशिक्षण से चार्टर्ड अकाउंटेंट, प्रभु ने 1998 से 2019 के बीच बिजली, पर्यावरण, रेलवे और वाणिज्य सहित दस केंद्रीय मंत्रिमंडल विभागों का कार्यभार संभाला। उनके कार्यकाल की विशेषता रही:

- 2003 का विद्युत अधिनियम, जिसने पारदर्शिता और प्रतिस्पर्धा के साथ भारत के बिजली क्षेत्र को बदल दिया।

- रेलवे आधुनिकीकरण, जिसमें सुरक्षा, यात्री सुविधाओं और डिजिटल नवाचार पर जोर दिया गया।

- पर्यावरण सुधार, जिसमें जैविक विविधता अधिनियम और बाँस संसाधन विकास सम्मिलित हैं।

अपनी स्वच्छ छवि और नीतिगत कुशाग्रता के लिए व्यापक रूप से सम्मानित होने के बाद भी, प्रभु धीरे-धीरे चुनावी राजनीति से दूर हो गए और शिक्षा, कूटनीति और सलाहकार भूमिकाओं के माध्यम से योगदान देना चुना।

❖ **डॉ. जयप्रकाश नारायणः** एक आदर्शवादी जिन्होंने ईमानदारी को चुना

एक पूर्व आईएएस अधिकारी और लोक सत्ता पार्टी के संस्थापक, नारायण ने नैतिकता और नागरिक सशक्तिकरण पर आधारित राजनीति की कल्पना की थी। उनके योगदानों में सम्मिलित हैं:

- सूचना के अधिकार अधिनियम की वकालत, नागरिकों को पारदर्शिता की मांग करने के लिए सशक्त बनाना।
- चुनावी सुधार के लिए अभियान, आंतरिक पार्टी लोकतंत्र और स्वच्छ उम्मीदवारों के लिए प्रयास।
- जमीनी स्तर पर शासन मॉडल का विकास, विशेष रूप से आंध्र प्रदेश में।

मुख्यधारा की राजनीति की लेन-देन वाली प्रकृति से निराश होकर, उन्होंने चुनावों से दूरी बना लीकृलेकिन अटूट आदर्शवाद के साथ युवा और नागरिक समाज आंदोलनों का मार्गदर्शन करना जारी रखा।

दूरदर्शी लोग पीछे क्यों हटते हैं?

- ध्रुवीकरण और विषाक्तताः राजनीति विचारों का नहीं, बल्कि अहंकार का युद्धक्षेत्र बन गई है।
- नैतिक समझौताः व्यवस्थाएँ प्रायः ईमानदारी की बजाय वफादारी को महत्व देती हैं।
- मीडिया का विकृतीकरणः शांत सेवा सनसनीखेजता में डूब जाती है।
- विवेक की थकानः आदर्शवादियों को किनारे कर दिया जाता है, उन पर ठप्पा लगा दिया जाता है या उन्हें चुप करा दिया जाता है।

लेकिन जब वे चले जाते हैं, तो सबसे गरीब अपनी आवाज खो देते हैं। युवा अपने मार्गदर्शक खो देते हैं। राष्ट्र अपनी आत्मा खो देता है।

विवेक का आह्वान

भारत को ऐसा स्थान नहीं बनना चाहिए जहाँ दूरदर्शी लोग खुद को अप्रिय महसूस करें:

- केवल जोरदार नारों का नहीं, बल्कि शांत सेवा का उत्सव मनाना चाहिए।
- कवियों से लेकर वैज्ञानिकों तक, आध्यात्मिक नेताओं से लेकर सामाजिक कार्यकर्ताओं तक, विचारकों, चिकित्सकों और सुधारकों के लिए अपने दरवाजे खोलने चाहिए।
- विमर्श में गरिमा की रक्षा करनी चाहिए, राजनीति को अपमान का नहीं, बल्कि विचारों का स्थान बनाना चाहिए।

आइए हम एक ऐसी संस्कृति का निर्माण करें जहाँ बुद्धिमान लोग पीछे न हटें-बल्कि आगे आएँ।

निष्कर्षः एक राष्ट्र की प्रार्थना

हर उस दूरदर्शी व्यक्ति के लिए जिसने कभी सेवा की थी और अब हाशिये से देख रहा हैः आपका कार्य आज भी हमें पोषण देता है, शिक्षित करता है और हमारा उत्थान करता है। किन्तु आपकी अनुपस्थिति अनुभव होती है, हर भूखे बच्चे में, हर शांत सुधार में, हर स्थगित सपने में।

हर नागरिक के लिएः आइए हम राजनीति को फिर से दूरदर्शिता के योग्य बनाएँ।

आइए हम साथ-साथ चलें-झंडों के पीछे नहीं, बल्कि पुनर्स्थापित दूरदर्शिता के प्रकाश में।

- लुकास द्वारा लिखित

2047 तक कृषि मशीनीकरण और स्वचालन को अधिकतम करने का रोडमैप

डॉ. वी. एन. काले[1] और यतिः नुपुर[2]

[1]वरिष्ठ कृषि अभियंता, मशीनीकरण एवं प्रौद्योगिकी प्रभाग, कृषि एवं किसान कल्याण विभाग, भारत सरकार

[2]अपर आयुक्त, मशीनरी, मशीनीकरण एवं प्रौद्योगिकी प्रभाग, कृषि एवं किसान कल्याण विभाग, भारत सरकार

भारतीय कृषि विकास की एक वैश्विक रूप से महत्वपूर्ण कहानी बन गई है, जो केवल जीविका से आगे बढ़कर पोषण और स्वास्थ्य सुरक्षा तक पहुँच गई है। फिर भी, यह महामारी और बदलते आहार एवं जीवनशैली के स्वरूपों, विशेष रूप से पारंपरिक कृषि के प्रति युवाओं की बढ़ती उदासीनता का सामना कर रही है। इस परिदृश्य में, मशीनीकरण एक विकल्प के अतिरिक्त एक अनिवार्यता बन गया है।

1947 के बाद, भारत में मशीनीकरण की राह आरम्भ हुई। ट्रैक्टर उद्योग ने तीव्र वृद्धि का अनुभव किया। कृषि ऊर्जा 1975-76 में 0.48 किलोवाट/हेक्टेयर से बढ़कर 2018-19 में 2.50 किलोवाट/हेक्टेयर हो गई। पावर्ड टिलर, सीड ड्रिल और हार्वेस्टर जैसी मशीनें प्रचलित हो गईं। कई किसानों को सरकारी पहलों से लाभ हुआ है।

भारत में मशीनीकरण का वर्तमान स्तर लगभग 47 प्रतिशत है, और 2047 तक एक विकसित राष्ट्र, या विकसित भारत, का दर्जा प्राप्त करने के लिए, उसे कम से कम 75 प्रतिशत मशीनीकरण का लक्ष्य रखना होगा। परिणामस्वरूप, उत्पादन, प्रसंस्करण और रसद में मशीनीकरण को एक समग्र सुविधाकर्ता के रूप में पुनर्परिभाषित किया जाना चाहिए। प्रभावी, मापनीय और प्रासंगिक रूप से प्रासंगिक मशीनीकरण बायोमास उपयोग को बढ़ा सकता है, श्रम निर्भरता को कम कर सकता है, कटाई के बाद के हानि को कम कर सकता है और मूल्यवर्धन के अवसर उत्पन्न कर सकता है, जिससे ग्रामीण कृषि-औद्योगीकरण को बढ़ावा मिलेगा।

भारत सरकार द्वारा कार्यान्वित की जाने वाली वर्तमान कार्यवाहियाँ

भारत सरकार कई पहलों के माध्यम से किसानों को सहायता प्रदान करती है।

कृषि यंत्रीकरण उप-मिशन (एसएमएएम): यह योजना ट्रैक्टर, कृषि मशीनरी और कटाई-पश्चात उपकरणों की क्रय के लिए वित्तीय सहायता (40-50:) प्रदान करती है। इसके अतिरिक्त, यह कस्टम हायरिंग केंद्रों, कृषि मशीनरी बैंकों और उच्च-तकनीकी केंद्रों के विकास में भी सहायता प्रदान करती है।

फसल अवशेष प्रबंधन (सीआरएम): सुपर स्ट्रॉ प्रबंधन प्रणाली, रिवर्सिबल मोल्ड बोर्ड हल, मल्चर, स्ट्रॉ चॉपर, स्मार्ट सीडर, सुपर सीडर, हैप्पी सीडर, हे रेक, बेलर और रीपर बाइंडर जैसी मशीनरी को बढ़ावा देकर धान की पराली जलाने की समस्या का समाधान करता है। इसके लिए व्यक्तिगत किसानों और स्वयं सहायता समूहों (एसएचजी)/एफपीओ/सोसायटियों आदि को सब्सिडी दी जाती है।

मशीनीकरण के माध्यम से स्थायी फसल अवशेष प्रबंधन के लिए सीआरएम योजना: धान की पराली (पराली) जलाने से गंभीर वायु प्रदूषण होता है। मशीनीकरण पर्यावरण के अनुकूल विकल्प प्रदान करता है, जिसे सीआरएम योजना के अन्तर्गत सब्सिडी के माध्यम से समर्थन दिया जाता

है। फसल अवशेष प्रबंधन (सीआरएम), व्यक्तिगत किसानों और स्वयं सहायता समूहों (एसएचजी)/एफपीओ/सोसायटियों आदि के लिए सब्सिडी के माध्यम से सुपर स्ट्रॉ प्रबंधन प्रणाली, प्रतिवर्ती मोल्ड बोर्ड हल, मल्चर, स्ट्रॉ चॉपर, स्मार्ट सीडर, सुपर सीडर, हैप्पी सीडर, हे रेक, बेलर और रीपर बाइंडर जैसी मशीनरी को बढ़ावा देकर धान की पराली (पराली) जलाने की समस्या का समाधान करता है। ये मशीनें प्रदूषण कम करती हैं, मृदा स्वास्थ्य में सुधार करती हैं और स्थायी खेती का समर्थन करती हैं।

एसएमएएम और सीआरएम पहलों के अन्तर्गत, किसानों को 40-50 प्रतिशत की सब्सिडी पर लाखों मशीनें प्रदान की गई हैं सरकार ने किसानों की सहायता के लिए कई अग्रणी पहल आरम्भ की हैं। बजट आवंटन में अभूतपूर्व वृद्धि की गई है। 2014-15 से 2024-25 के दौरान किसानों के कल्याण हेतु मशीनीकरण की विभिन्न योजनाओं और कार्यक्रमों के अंतर्गत 17,000 करोड़ रुपये से अधिक की राशि आवंटित की गई है और 63 लाख से अधिक मशीनरी वितरित की गई हैं तथा 90,000 से अधिक कस्टम हायरिंग केंद्र स्थापित किए गए हैं। अंततः यह उपयुक्त प्रौद्योगिकियों, उपकरणों और मशीनरी के विकास के साथ-साथ कृषि बिजली की उपलब्धता में 3.04 किलोवाट/हेक्टेयर (2021-22) तक की वृद्धि करके मशीनीकरण में वृद्धि में परिलक्षित हुआ है।

नमो ड्रोन दीदी योजनाः इस योजना का उद्देश्य 14,500 नामित महिला स्वयं सहायता समूहों को ड्रोन की आपूर्ति करना है ताकि वे कृषि उद्देश्यों, विशेष रूप से तरल उर्वरकों और कीटनाशकों के उपयोग के लिए किसानों को किराये की सेवाएं प्रदान कर सकें। यह कार्यक्रम ड्रोन की लागत और संबंधित खर्चों का 80 प्रतिशत, अधिकतम 8.0 लाख तक, महिला स्वयं सहायता समूहों को पैकेज के रूप में ड्रोन प्राप्त करने के लिए केंद्रीय वित्तीय सहायता प्रदान करेगा। परियोजना के अन्तर्गत किए गए प्रयासों से स्वयं सहायता समूहों को स्थायी आर्थिक और आजीविका सहायता मिलने की आशा है, जिससे वे अतिरिक्त आय उत्पन्न कर सकेंगे। यह पहल किसानों के लाभ के लिए दक्षता बढ़ाने, फसल उपज बढ़ाने और परिचालन लागत कम करने के लिए कृषि में उन्नत तकनीकों के एकीकरण की सुविधा प्रदान करेगी।

- एफएमटीटीआई द्वारा प्रशिक्षण और परीक्षणः चार कृषि मशीनरी प्रशिक्षण और परीक्षण संस्थान (एफएमटीटीआई) किसानों को प्रशिक्षित करते हैं, ऑपरेटरों को नवीनतम कृषि मशीनरी और प्रौद्योगिकी की मरम्मत और रखरखाव का प्रशिक्षण देते हैं और कृषि मशीनों की गुणवत्ता और सुरक्षा का परीक्षण करते हैं।

चार एफएमटीटीआई हैंः

I. केंद्रीय कृषि मशीनरी प्रशिक्षण एवं परीक्षण संस्थान, बुदनी, मध्य प्रदेश (1955)
II. उत्तरी क्षेत्र कृषि मशीनरी प्रशिक्षण एवं परीक्षण संस्थान, हिसार, हरियाणा (1963)
III. दक्षिणी क्षेत्र कृषि मशीनरी प्रशिक्षण एवं परीक्षण संस्थान, गरलादिन्ने, अनंतपुर, आंध्र प्रदेश (1983)
IV. पूर्वोत्तर क्षेत्र कृषि मशीनरी प्रशिक्षण एवं परीक्षण संस्थान, विश्वनाथ चरियाली, सोनितपुर, असम (1990)

आगे की चुनौतियाँ – प्रगति के बीच, कुछ समस्याएँ बनी हुई हैंः

1. मशीनें कई व्यक्तियों के लिए अत्यधिक महंगी बनी हुई हैं।
2. ट्रैक्टरों को छोड़कर कृषि मशीनरी के लिए आयात पर निर्भरता
3. खंडित भूमि जोत मशीनरी के उपयोग को सीमित करती है।
4. कुछ स्थानों पर जागरूकता और प्रशिक्षण का स्तर अपर्याप्त है।
5. अकुशल कार्यबल

भविष्य की रूपरेखा

इसके अलावा, देश को एक विकसित भारत में बदलने के लिए अतिरिक्त कदम उठाने आवश्यक हैं। समाधानों में रोडमैप के रूप में निम्नलिखित आवश्यक कदम सम्मिलित हैं।

1. अनुसंधान एवं विकास हस्तक्षेप - भारत में मशीनीकरण को बढ़ावा देने, दक्षता बढ़ाने और किसानों के श्रम बोझ को कम करने के लिए कृषि मशीनरी में अनुसंधान एवं विकास आवश्यक है। यह देखते हुए कि छोटे और सीमांत किसान सभी भूमिधारकों का 80 प्रतिशत से अधिक प्रतिनिधित्व करते हैं, अनुसंधान पहलों को बढ़ाना, सार्वजनिक-निजी भागीदारी (पीपीपी) को बढ़ावा देना और नए समाधानों को बढ़ावा देना उत्पादन में सुधार, संसाधन दक्षता सुनिश्चित करने और सभी के लिए मशीनीकरण को सुलभ बनाने के लिए आवश्यक है।

2. राज्य सरकार मशीनीकरण में सुधार - सस्ते, क्षेत्र-विशिष्ट और सटीक इंजीनियरिंग वाले कृषि उपकरणों का निर्माण अनिवार्य है। भारत में राज्य सरकारें अपने कृषि वातावरण की विशिष्ट आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए डिजाइन की गई क्षेत्र-विशिष्ट नीतियों और पहलों के कार्यान्वयन के माध्यम से कृषि मशीनीकरण को आगे बढ़ाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं।

3. लिंग-समावेशी प्रौद्योगिकी को प्रोत्साहन - वर्तमान में कृषि कार्यबल में महिलाओं की भागीदारी लगभग पचास प्रतिशत है, और उनके अनुपात में और वृद्धि होने की आशा है। परिणामस्वरूप, कृषि में महिलाओं की प्रभावी भागीदारी के लिए लैंगिक-समावेशी मशीनीकरण अत्यंत आवश्यक है। बुवाई, रोपाई, निराई, कटाई और कटाई-पश्चात प्रसंस्करण सहित विविध कृषि गतिविधियों में महत्वपूर्ण योगदान दें। महिला किसानों और श्रमिकों के लिए लैंगिक-समावेशी मशीनीकरण लागू करने से कृषि उत्पादकता में वृद्धि होगी और कृषि-उद्यमिता, मशीनीकृत कृषि सेवाओं और कटाई-पश्चात प्रसंस्करण उपक्रमों में उनकी भागीदारी को सुगम बनाकर महिलाओं को आर्थिक रूप से सशक्त बनाया जा सकेगा।

4. देश के प्रत्येक राज्य में कृषि अभियांत्रिकी

निदेशालय/विभाग - जमीनी स्तर पर कृषि मशीनीकरण और अभियांत्रिकी पहलों की व्यवस्थित योजना, क्रियान्वयन और निगरानी के लिए कृषि अभियांत्रिकी निदेशालय की स्थापना अत्यंत आवश्यक है। एक विशिष्ट निदेशालय अनुसंधान, नीति विकास और मशीनीकरण पहलों के क्षेत्रीय कार्यान्वयन को एकीकृत करने के लिए एक केंद्रीय समन्वय इकाई के रूप में कार्य करेगा।

5. सटीक और नवीन कृषि तकनीकों की वकालत - भारत में उन्नत कृषि मशीनीकरण हेतु नवीनतम तकनीकी प्रगति के साथ तालमेल बिठाने के लिए सटीक और स्मार्ट कृषि तकनीकें वर्तमान में उपलब्ध हैं। सटीक कृषि में, साइट-विशिष्ट कृषि प्रबंधन को सुगम बनाने, इनपुट दक्षता को अधिकतम करने और परिचालन व्यय को कम करने के लिए जीपीएस-निर्देशित ट्रैक्टर, एआई-संचालित स्वचालन, आईओटी निगरानी और ड्रोन तकनीकों का उपयोग किया जाता है। बुद्धिमान सेंसर और डेटा-केंद्रित विश्लेषण किसानों को मृदा स्वास्थ्य का आकलन करने, फसल तनाव की पहचान करने और सिंचाई एवं उर्वरक के उपयोग को स्थायी रूप से बढ़ाने में सक्षम बनाते हैं। जीपीएस से लैस ट्रैक्टर, ईंधन की बचत करते हैं और सटीकता से काम करते हैं। कृषि ड्रोन, कीटनाशकों का प्रयोग और कृषि भूमि का आकलन। रोबोटिक उपकरणः निराई जैसी गतिविधियों को स्वचालित करते हैं।

6. कृषि-तकनीक स्टार्टअप और कृषि मशीन निर्माण के लिए मेक इन इंडिया अभियान - भारत ट्रैक्टरों को छोड़कर, कई कृषि उपकरण और मशीनरी का आयात करता है, जिन पर भारी कर लगता है। भारतीय उत्पादक गुणवत्ता आश्वासन के अपेक्षित मानकों को पूरा नहीं करते हैं। हम भारतीय फर्मों के बीच बीआईएस मानकों को व्यवस्थित रूप से अपनाने को बढ़ावा देना चाहते हैं। हमें उत्पादकों को प्रेरित करने के लिए परीक्षण व्यय के वित्तपोषण पर निश्चित रूप से विचार करना चाहिए। आयातित उपकरणों पर सब्सिडी समाप्त करने की अनुशंसा की जाती है। भारत में कृषि मशीनरी उत्पादन के पूर्ण स्वदेशीकरण के लिए एक समय-सीमा निर्धारित की जानी चाहिए, जिसमें आयातित घटकों के प्रतिशत में क्रमिक कमी की जानी चाहिए। कृषि उपकरणों की अधिकांश आवश्यकताएँ मौसमी होती हैं। हम उपकरणों के अधिग्रहण के अतिरिक्त 'सेवाओं' के वित्तपोषण के बारे में सोच सकते हैं।

7. सार्वजनिक-निजी सहयोग को बढ़ावा देना - भारत में कृषि मशीनीकरण में तेजी लाने, परिष्कृत कृषि मशीनरी तक व्यापक पहुँच को सुगम बनाने और आविष्कार एवं कार्यान्वयन के बीच की खाई को पाटने के लिए सार्वजनिक-निजी भागीदारी को बढ़ावा देना आवश्यक है। निजी क्षेत्र, तकनीकी विकास, उत्पादन और सेवा वितरण में अपनी दक्षता का लाभ उठाते हुए, मशीनीकरण को बढ़ावा देने, सामर्थ्य बढ़ाने और छोटे एवं सीमांत किसानों के लिए पहुँच को व्यापक बनाने के लिए सरकारी पहलों को बढ़ावा दे सकता है। इसके अतिरिक्त, सामुदायिक स्वास्थ्य केंद्रों और कृषि-तकनीक प्लेटफार्मों के माध्यम से पट्टे और किराये के मॉडल बनाने हेतु सार्वजनिक-निजी भागीदारी को सुदृढ करने से छोटे किसानों को भारी पूंजी निवेश के बिना मशीनीकरण तक पहुँच प्राप्त होगी।

8. कुशल कार्यबल का निर्माण - भारत में कृषि मशीनीकरण में तेजी लाने के लिए कुशल कार्यबल का निर्माण आवश्यक है। सटीक खेती, एआई-संचालित स्वचालन और आईओटी-सक्षम मशीनरी के उदय ने तकनीकी रूप से कुशल व्यक्तियों, मशीन ऑपरेटरों और ग्रामीण कृषि तकनीशियनों की बढ़ती माँग उत्पन्न की है।

9. कृषि में नवीकरणीय ऊर्जा पर ध्यान - शोध निष्कर्षों के अनुसार, भारत में औसतन कृषि क्षेत्र में डीजल की खपत का 10 प्रतिशत और राष्ट्रीय ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन का लगभग 14 प्रतिशत भाग होता है। भारत ने सीओपी 26 सम्मेलन में 2030 तक देश के विद्युत उत्पादन में नवीकरणीय ऊर्जा की भागीदारी को दोगुना करने का वचन लिया गया है, किन्तु वर्तमान में इस क्षेत्र का कुल उत्पादन में केवल 25 प्रतिशत भाग है। भारत वर्ष 2070 तक 'शुद्ध शून्य उत्सर्जन' के अपने लक्ष्य तक पहुँचने की योजना बना रहा है। वर्तमान परिदृश्य में, 80 प्रतिशत से अधिक ऊर्जा की माँग कोयला, तेल और गैसों जैसे जीवाश्म ईंधनों से पूरी होती है। हमें सौर, बायोगैस, पवन, बायोडीजल, भूतापीय आदि जैसे नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का उपयोग आरम्भ करने की आवश्यकता है। उच्च स्थापना लागत, कम दक्षता और जानकारी की कमी ने अनुसंधान टीमों के प्रयासों के बाद भी इन ऊर्जा स्रोतों को व्यापक स्वीकृति प्राप्त करने से रोक दिया है। इसलिए, इन नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों के उपयोग पर अनुसंधान और विकास करने का यह सही समय है।

निष्कर्ष

कृषि यंत्रीकरण वह उत्प्रेरक है जो विकसित भारत को गति प्रदान करेगा। भारत सुदृढ सरकारी समर्थन, कुशल किसानों, समकालीन तकनीकों और सिद्ध मशीनरी द्वारा समर्थित, टिकाऊ, समावेशी और उच्च तकनीक वाली कृषि की ओर अग्रसर है। छोटे किसानों को सशक्त बनाकर और एफएमटीटीआई प्रशिक्षण एवं परीक्षण के माध्यम से सुरक्षित एवं कुशल उपकरण प्रदान करके, हम भारतीय कृषि को महत्वपूर्ण रूप से उन्नत कर सकते हैं।

LAUNCHING

Organized by
MESSE MÜNCHEN

AgriCon INDIA

16-17-18 December 2026 | IEML, Greater Noida

Unified Marketplace For Farmers, Suppliers, Policymakers & Agripreneurs

TO BOOK SPACE

Co-organizer
INDIA'S ONE OF THE LARGEST INTEGRATED VENUE FOR CONVENTIONS & EXHIBITIONS
INDIA EXPO CENTRE & MART
KNOWLEDGE PARK-II, GREATER NOIDA EXPRESSWAY, DELHI-NCR, INDIA

Association Partners
FAI | BASAI

For Bookings & Sponsorship:
Maaz Patel
M : +91 7021547761
E : maaz.patel@mm-india.in

www.agriconindia.in

भारत में कृषि यंत्रीकरण को अधिकतम करने की मार्गदर्शिका

प्रो. बी.एन. त्रिपाठी[1] और प्रो. पवन के. शर्मा[2]

[1]कुलपति, शेर-ए-कश्मीर कृषि विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, जम्मू एवं
पूर्व उप-महानिदेशक, भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद, नई दिल्ली
[2]विभागाध्यक्ष, कृषि अर्थशास्त्र, शेर-ए-कश्मीर कृषि विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, जम्मू

कृषि यंत्रीकरण को व्यापक रूप से कृषि कार्यों को अधिक कुशलतापूर्वक और प्रभावी ढंग से करने के लिए इंजीनियरिंग और तकनीकी नवाचारों जैसे कृषि उपकरण, मशीनरी, उपकरण और ऊर्जा स्रोतों का उपयोग करने की प्रक्रिया के रूप में परिभाषित किया जाता है। खाद्य एवं कृषि संगठन (एफएओ) के अनुसार, मशीनीकरण में न केवल ट्रैक्टर और हार्वेस्टर का उपयोग सम्मिलित है, अपितु भूमि की तैयारी, सिंचाई, बुवाई, निराई, कटाई, प्रसंस्करण और भंडारण के लिए उपकरण भी सम्मिलित हैं। यह कृषि आधुनिकीकरण का एक अनिवार्य घटक है, जो किसानों को उत्पादकता बढ़ाने, कठिन परिश्रम कम करने, समय बचाने और फसल संचालन में समयबद्धता सुनिश्चित करने में सक्षम बनाता है।

वैश्विक स्तर पर, मशीनीकरण कृषि परिवर्तन के सबसे महत्वपूर्ण चालकों में से एक रहा है। विकसित देशों ने लगभग पूर्ण मशीनीकरण प्राप्त कर लिया है, जिसका मुख्य कारण बड़े खेत हैं जो स्तर की अर्थव्यवस्थाओं को सक्षम करते हैं, उन्नत कृषि मशीनरी के लिए सुदृढ़ औद्योगिक क्षमता और सब्सिडी, अनुसंधान एवं विकास, और प्रशिक्षण के माध्यम से सुदृढ़ संस्थागत समर्थन है। उदाहरण के लिए, संयुक्त राज्य अमेरिका में, जहां खेतों का औसत 180 हेक्टेयर से अधिक है, बड़ी मशीनरी जैसे कि कंबाइन हार्वेस्टर और प्लांटर्स उच्च दक्षता के साथ काम करते हैं, जिसके परिणामस्वरूप मशीनीकरण का स्तर 97 प्रतिशत से अधिक है, साथ ही सटीक कृषि और डिजिटल उपकरणों को व्यापक रूप से अपनाया गया है। इसी तरह, जर्मनी और पश्चिमी यूरोप में, मशीनीकरण लगभग सार्वभौमिक है, जिसे तकनीकी नवाचार, सहकारी मशीनरी के उपयोग और उन्नत विनिर्माण द्वारा समर्थित किया गया है। चीन ने भी उल्लेखनीय प्रगति का प्रदर्शन किया है, इसके विपरीत, दक्षिण पूर्व एशिया एक मिश्रित तस्वीर प्रस्तुत करता है। वियतनाम और थाईलैंड ने चावल क्षेत्र के आधुनिकीकरण और सरकारी सब्सिडी के माध्यम से 65-75 प्रतिशत का मशीनीकरण स्तर प्राप्त कर लिया है, जबकि इंडोनेशिया ने धान की खेती में मशीनीकरण का विस्तार किया है, किन्तु अन्य फसलों में यह 60 प्रतिशत से कम है।

इस 21वीं सदी में, भारत में कृषि मशीनीकरण को बढ़ावा देने की आवश्यकता तीव्र हो गई है। जलवायु परिवर्तन, श्रम की कमी, बढ़ती लागत और टिकाऊ एवं प्रतिस्पर्धी कृषि की बढ़ती माँग के कारण मशीनीकरण पर नए सिरे से ध्यान केंद्रित करने की आवश्यकता है। प्रभावी मशीनीकरण न केवल उत्पादकता बढ़ाता है, अपितु सटीक इनपुट उपयोग के माध्यम से ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को कम करके, संरक्षण कृषि को सक्षम बनाकर और

नवीकरणीय ऊर्जा-आधारित कृषि कार्यों को बढ़ावा देकर पर्यावरणीय लक्ष्यों का भी समर्थन करता है।

भारत में कृषि मशीनीकरण की स्थिति

भारत में मशीनीकरण के निम्न स्तर को संरचनात्मक और सामाजिक-आर्थिक कारकों द्वारा समझाया गया है: छोटे और खंडित भूमि जोतों की प्रधानता, ऋण तक सीमित पहुँच, उपयुक्त मशीनरी के बारे में जागरूकता की कमी और अपनाने में क्षेत्रीय असमानताएँ। पंजाब, हरियाणा और पश्चिमी उत्तर प्रदेश उच्च मशीनीकरण वाले क्षेत्र हैं, जबकि पहाड़ी राज्य, वर्षा आधारित क्षेत्र और उत्तर-पूर्वी क्षेत्र अभी भी दुर्बल हैं। भारत में कुल कृषि ऊर्जा में 85-90 प्रतिशत से अधिक के लिए ट्रैक्टरों को प्राथमिकता देना सांस्कृतिक और आर्थिक दोनों ही पहलुओं को दर्शाता है, जहाँ छोटे उपकरण और विशिष्ट मशीनरी का अभी भी कम उपयोग होता है। भारत में, विभिन्न क्षेत्रों में मशीनीकरण के स्तर में व्यापक रूप से भिन्नता है। पंजाब, हरियाणा, पश्चिमी उत्तर प्रदेश और महाराष्ट्र के कुछ भागों में उच्च मशीनीकरण देखा जाता है, जहाँ बड़ी जोत, उच्च आय और उन्नत सिंचाई सुविधाएँ ट्रैक्टरों, हार्वेस्टर और आधुनिक उपकरणों के व्यापक उपयोग का समर्थन करती हैं, जहाँ मशीनीकरण का स्तर लगभग 70-80 प्रतिशत है।

आंध्र प्रदेश, तमिलनाडु और कर्नाटक जैसे दक्षिणी राज्यों में मध्यम मशीनीकरण देखा जाता है, जहाँ विशेष रूप से चावल, गन्ना और बागवानी फसलों में इसे अपनाया गया है। इसके विपरीत, पूर्वोत्तर राज्यों, जम्मू और कश्मीर, हिमाचल प्रदेश, उत्तराखंड जैसे पहाड़ी क्षेत्रों और मध्य भारत के आदिवासी क्षेत्रों में कम मशीनीकरण बना हुआ है, जहाँ छोटे और खंडित जोत, खराब मूलभूत संरचना और अनुकूलित मशीनरी की कमी अपनाने को सीमित करती है, जिससे मशीनीकरण 20-25 प्रतिशत से नीचे रहता है। देश भर में, ट्रैक्टर मशीनीकरण परिदृश्य पर हावी हैं, कुल कृषि शक्ति का 85-90 प्रतिशत भाग हैं। हालांकि, अन्य मशीनरी श्रेणियां जैसे हार्वेस्टर, प्लांटर, सीड ड्रिल और सिंचाई पंप का कम उपयोग होता है। ट्रैक्टरों को प्रायः न केवल कृषि कार्यों के लिए उपकरण के रूप में देखा जाता है, अपितु मूल्यवान संपत्ति और स्थिति के प्रतीक के रूप में भी देखा जाता है छोटे और खंडित भू-स्वामियों, जिनमें 86 प्रतिशत से अधिक किसान दो हेक्टेयर से कम भूमि पर खेती करते हैं, के कारण बड़ी मशीनरी रखने की आर्थिक व्यवहार्यता सीमित हो जाती है। उच्च पूँजीगत लागत, हार्वेस्टर और प्रिसिशन प्लांटर जैसे उपकरणों को सब्सिडी या सामूहिक स्वामित्व मॉडल के बिना अप्राप्य बना देती है, जबकि मौसमी फसलों के कारण कम उपयोग दर निवेश पर प्रतिफल को और कम कर देती है। सुस्थापित कस्टम हायरिंग और सेवा मॉडल का अभाव भी पहुँच को सीमित करता है, क्योंकि कस्टम हायरिंग केंद्रों (सीएचसी) को बढ़ावा तो दिया गया है, किन्तु उनका कवरेज अभी भी अपर्याप्त है। इसके अतिरिक्त, लघु-स्तरीय मशीनरी के लिए अपर्याप्त अनुसंधान एवं विकास के कारण पहाड़ी और खंडित खेत उपेक्षित रह जाते हैं, क्योंकि अधिकांश उपकरण बड़े खेतों के लिए डिजाइन किए गए हैं। अंततः, जागरूकता और प्रशिक्षण की कमी बनी हुई है, और कई किसानों को आधुनिक मशीनरी के संभावित लाभों और उचित संचालन के बारे में पर्याप्त जानकारी नहीं है।

चीन और दक्षिण पूर्व एशिया के साथ तुलना से पता चलता है कि भारत में मशीनीकरण की कमी केवल माँग की कमी के कारण नहीं है, अपितु संरचनात्मक चुनौतियों और दुर्बल नीति-औद्योगिक संबंधों के कारण है। चीन के औद्योगीकरण ने मशीनरी निर्माण के लिए एक सुदृढ़ आधार प्रदान किया, जबकि भारत का ध्यान ट्रैक्टरों पर ही केंद्रित रहा। इसके अतिरिक्त, चीन में क्षेत्र-विशिष्ट मशीनों (जैसे, चावल रोपाई, मिनी-कंबाइन) के लिए लक्षित सब्सिडी ने खंडित भूमि में भी इसे अपनाना सुनिश्चित किया, एक नीति जिसे भारत ने केवल आंशिक रूप से लागू किया है। इस प्रकार, भारत की वर्तमान स्थिति एक दोहरी रणनीति की आवश्यकता को रेखांकित करती है। बड़े जोत वाले क्षेत्रों में उच्च तकनीक वाले मशीनीकरण को बढ़ावा देना और छोटे किसानों और पहाड़ी राज्यों के लिए हल्के, छोटे स्तर के मशीनीकरण को तैयार करना। ऐसी विभेदित नीतियों के बिना, भारत अपने एशियाई समकक्षों के साथ उत्पादकता के अंतर को बढ़ाने का संकट उठाता है।

मशीनीकरण को बढ़ावा देते समय, यह समझना चाहिए कि मशीनीकरण केवल एक तकनीकी हस्तक्षेप नहीं है, अपितु किसानों के लिए एक महत्वपूर्ण आर्थिक निर्णय भी है, जो इसे अपनाने से पहले लागत और लाभ का आकलन करते हैं। लागत पक्ष पर, वे ईंधन, रखरखाव, मरम्मत और ऑपरेटर मजदूरी सहित परिवर्तनीय लागतों के साथ-साथ क्रय मूल्य, ब्याज, मूल्य ह्रास और बीमा जैसे निश्चित खर्चों पर विचार करते हैं। बदले में, लाभ उच्च उत्पादकता, संचालन की समयबद्धता, कम श्रम निर्भरता और उन्नत फसल गुणवत्ता से उत्पन्न होते हैं, उदाहरण के लिए, पंजाब और हरियाणा के बड़े खेतों में, व्यापक क्षेत्रों में गहन उपयोग के कारण कंबाइन हार्वेस्टर के लिए भुगतान अवधि 3-4 साल जितनी कम हो सकती है। इसके विपरीत, बिहार या पूर्वोत्तर राज्यों के छोटे और खंडित खेतों में, जहां मशीनरी का उपयोग सीमित है, भुगतान अवधि 10 वर्षों से अधिक हो सकती है, जिससे प्रत्यक्ष स्वामित्व आर्थिक रूप से अव्यवहारिक हो जाता है।

किसान मुख्य रूप से उच्च लागत, कम उपयोग और ऋण की कमी के कारण मशीनीकरण में निवेश करने से हिचकिचाते हैं। ट्रैक्टरों की कीमत 5-8 लाख है, जबकि हार्वेस्टर 20 लाख से अधिक है, जिससे वे छोटे किसानों के लिए अप्राप्य हैं। सीमित उपयोग (साल में 20-40 दिन) और फसल या बाजार जोखिमों से अनिश्चित रिटर्न निवेश को और हतोत्साहित करते हैं। नतीजतन, किसान बहुमुखी ट्रैक्टरों को प्राथमिकता देते हैं, जो अब भारत की कृषि शक्ति का लगभग 90 प्रतिशत भाग हैं।

मशीनीकरण को बढ़ावा देने के सरकारी प्रयास

भारत सरकार ने कृषि मशीनीकरण को बढ़ावा देने के लिए कई पहल आरम्भ की हैं, जिनमें कृषि मशीनीकरण उप-मिशन (एसएमएएम), मशीनरी क्रय के लिए सब्सिडी और ट्रैक्टर, हार्वेस्टर और विशेष उपकरणों तक साझा पहुँच प्रदान करने के

लिए कस्टम हायरिंग सेंटर (सीएचसी) स्थापित करने हेतु सहायता सम्मिलित है। नए कार्यक्रमों में कृषि में ड्रोन अपनाने के लिए लक्षित समर्थन भी सम्मिलित है, जिसमें छिड़काव, निगरानी और सटीक खेती में उनके उपयोग को प्रोत्साहित करने के लिए सब्सिडी भी सम्मिलित है। जम्मू और कश्मीर में, समग्र कृषि विकास कार्यक्रम (एचएडीपी) और केंद्र शासित प्रदेश जम्मू और कश्मीर में कृषि और संबद्ध क्षेत्रों की जम्मू-कश्मीर प्रतिस्पर्धात्मकता सुधार परियोजना (जेकेसीआईपी) के अन्तर्गत कृषि मशीनीकरण को और अधिक समर्थन दिया जाता है, जो छोटे किसानों के लिए मशीनरी समर्थन और किसान-अनुकूल तकनीकों को बढ़ावा देने पर बल देते हैं। इन प्रयासों के बाद भी, दूरस्थ, पहाड़ी और आदिवासी क्षेत्रों में अपर्याप्त कवरेज के साथ, कस्टम हायरिंग सेंटर की पहुँच सीमित बनी हुई है। खराब रखरखाव, कुशल ऑपरेटरों की कमी और कमजोर व्यावसायिक मॉडल जैसी चुनौतियाँ उनकी दीर्घकालिक प्रभावशीलता को सीमित करती हैं, जिससे कई सीमांत किसान अभी भी पारंपरिक प्रथाओं पर निर्भर हैं।

अपनाने में अंतराल

संयुक्त राज्य अमेरिका में, लगभग सार्वभौमिक मशीनीकरण और सटीक कृषि को तेजी से अपनाना बड़े खेतों के आकार और सुदृढ़ कृषि अर्थशास्त्र द्वारा संचालित है, जो उन्नत मशीनरी में निवेश को लाभदायक बनाता है। चीन ने एक समन्वित नीति-उद्योग-सेवा दृष्टिकोण के माध्यम से तेजी से मशीनीकरण प्राप्त किया, जिसमें स्थिर मशीनरी खरीद सब्सिडी, एक सुदृढ़ घरेलू विनिर्माण आधार और सहकारी सेवा नेटवर्क सम्मिलित हैं, जिससे बड़े और छोटे दोनों तरह के किसानों को आधुनिक उपकरणों तक पहुँच प्राप्त हुई। दक्षिण पूर्व एशिया (वियतनाम और थाईलैंड) में, विकास को सेवा प्रदाताओं और स्थानीय खेतों के आकार के अनुरूप छोटी, उद्देश्य-अनुकूल मशीनों द्वारा गति मिली। इसके विपरीत, भारत का मशीनीकरण धीमा है, जहाँ ट्रैक्टरों का प्रभुत्व है, और छोटी और खंडित जोत, उच्च पूंजीगत लागत और अपर्याप्त सेवा मॉडल के कारण विशिष्ट और सटीक उपकरणों को अपनाना सीमित है। थाईलैंड और वियतनाम ने स्थानीय विनिर्माण और कम-परिसंपत्ति सेवा उद्यमियों के समर्थन से, अधिकतम श्रम की जगह सेवा प्रदाताओं और छोटी मशीनों का उपयोग करके मशीनीकरण का विस्तार किया।

पशुधन मशीनीकरण

भारत में पशुधन मशीनीकरण कम और असमान रूप से वितरित है। डेयरी किसान बड़े स्तर पर मैन्युअल दूध निकालने पर निर्भर करते हैं, विशेष रूप से छोटे किसानों वाली प्रणालियों में जहाँ झुंड का आकार औसतन 3 पशुओं से कम होता है। भारत में केवल लगभग 15-20 प्रतिशत दूध यंत्रीकृत दूध निकालने की प्रणालियों के माध्यम से एकत्र किया जाता है, जबकि विकसित देशों में यह 80 प्रतिशत से अधिक है। पोर्टेबल चैफ कटर और साइलेज मशीनें अधिक आम हैं, किन्तु इनकी पहुँच अभी भी प्रगतिशील किसानों या सहकारी समितियों तक ही सीमित है। मुर्गीपालन में, स्वचालन (फीडर, ड्रिंकर, हैचरी, जलवायु-नियंत्रित शेड) बड़े व्यावसायिक फार्मों में फैल गया है, किन्तु पिछवाड़े और छोटे किसानों वाली प्रणालियों में सीमित है, जो अभी भी उत्पादन का एक बड़ा भाग बनाते हैं। जलीय कृषि में, आंध्र प्रदेश, तमिलनाडु और पश्चिम बंगाल में एरेटर और स्वचालित फीडरों को अपनाना बढ़ रहा है, फिर भी वैश्विक नेताओं की तुलना में मशीनीकरण का स्तर साधारण है।

मुर्गीपालन में, लगभग सभी व्यावसायिक फार्मों में पूरी तरह से स्वचालित आवास, चारा, पानी, अंडा संग्रहण और जलवायु-नियंत्रण प्रणालियाँ होती हैं। नॉर्वे और अमेरिका जैसे देशों में जलीय कृषि अत्यधिक मशीनीकृत है, जिसमें उन्नत एरेटर, स्वचालित चारा, जल-गुणवत्ता सेंसर और स्वचालित कटाई मशीनरी का उपयोग किया जाता है। चीन और दक्षिण पूर्व एशियाः चीन ने फसल मशीनीकरण के समानांतर पशुधन का भी तेजी से मशीनीकरण किया है। बड़े डेयरी फार्म क्लस्टर मिल्किंग पार्लर और स्वचालित कूलर का उपयोग करते हैं, जबकि ग्राम-स्तरीय सहकारी समितियाँ छोटे किसानों को मशीनीकृत सेवाएँ प्रदान करती हैं। मुर्गीपालन अत्यधिक औद्योगीकृत है, जहाँ एकीकृत कंपनियाँ जलवायु-नियंत्रित आवास और हैचरी अपना रही हैं। चीन और वियतनाम में जलीय कृषि में एरेटर, स्वचालित फीडर और स्मार्ट जल-गुणवत्ता प्रबंधन प्रणालियों का व्यापक उपयोग किया जाता है, जिससे प्रति हेक्टेयर उच्च उत्पादकता प्राप्त होती है।
भारत के लिए प्रमुख कमियाँः भारत विखंडित पशुधन स्वामित्व, कम निवेश क्षमता, सीमित ऋण पहुँच और सांस्कृतिक कारकों (हाथ से दूध दुहना पारंपरिक और सस्ता माना जाता है) के कारण पिछड़ा हुआ है। हालाँकि भारत दूध उत्पादन में विश्व स्तर पर अग्रणी है, किन्तु यह पश्चिम या चीन के मशीनीकृत दक्षता-संचालित मॉडलों के विपरीत, बड़े स्तर पर श्रम-गहन प्रणालियों से प्राप्त किया गया है।

भारत में कृषि मशीनीकरण को बढ़ावा देने की मार्गदर्शिका

भारत के लिए, मशीनीकरण का भविष्य सेवा-प्रथम, नवाचार-संचालित दृष्टिकोण में निहित है जो छोटे किसानों को भी सही समय पर सही मशीनरी तक पहुँच प्रदान करता है, जिससे सत्यापन योग्य उपज और लागत लाभ प्राप्त होता है जो बार-बार उपयोग को प्रोत्साहित करता है। भारत की दोहरी कृषि संरचना को देखते हुए अत्यधिक मशीनीकृत, उत्पादक क्षेत्रों के साथ-साथ छोटे, खंडित और मशीनीकरण में कठिन जोतों के विशाल क्षेत्र, एक सफल रोडमैप को दो पूरक पथों का अनुसरण करना चाहिएः बड़े मैदानी क्षेत्रों के लिए एक उच्च-तीव्रता, सटीक-मशीनीकरण पथ और छोटे और पहाड़ी खेतों के लिए एक सेवा-केंद्रित, हल्का, महिला-अनुकूल मशीनीकरण पथ। दोनों पथों को स्थानीय विनिर्माण, परिणाम-संबंधित प्रोत्साहन, डिजिटल सेवा प्लेटफॉर्म, प्रशिक्षित ऑपरेटर नेटवर्क और एनपीवी और आईआरआर जैसे आर्थिक परिणामों की व्यवस्थित अवलोकन सहित सामान्य सक्षमताओं द्वारा समर्थित होना चाहिए।
भारत की विविध कृषि संरचना एक विभेदित मशीनीकरण रणनीति की मांग करती है जो बड़े मैदानी क्षेत्रों, छोटे और पहाड़ी जोतों और महिला किसानों की विशिष्ट आवश्यकताओं को संबोधित करती है।

I. बड़े जोतों वाले बड़े राज्यों के लिए मॉडल (मैदानी और उच्च-तीव्रता वाले क्षेत्र)

बड़े जोतों वाले बड़े राज्यों के लिए एक विशिष्ट मॉडल का लक्ष्य परिशुद्ध, उच्च-थ्रूपुट मशीनीकरण की ओर संक्रमण को तेज करना है जो समयबद्धता में सुधार करता है, इकाई लागत को कम करता है, और परिशुद्ध पोषक तत्व और जल प्रबंधन को सक्षम बनाता है। इस हस्तक्षेप की प्रमुख विशेषताओं पर नीचे चर्चा की गई है:

क्लस्टर किए गए उच्च-क्षमता वाले सीएचसी केंद्र

ब्लॉक या क्लस्टर स्तर पर सीएचसी केंद्र स्थापित करें जो कंबाइन हार्वेस्टर, बड़े प्लांटर, परिशुद्ध सीडर, बूम और ड्रोन स्प्रेयर, लेजर लैंड-लेवलर और मृदा-मानचित्रण रिग सहित बेड़े से सुसज्जित हों। इन केंद्रों को एसएमएएम के अन्तर्गत सीएचसी पर दिए गए अनुरूप, गारंटीकृत अपटाइम एसएलए और डिजिटल बुकिंग प्लेटफॉर्म के साथ व्यावसायिक रूप से संचालित होना चाहिए।

परिशुद्ध कृषि बंडल

एकीकृत बंडलों को समर्थन देने के लिए सब्सिडी या ऋण प्रदान करें, मृदा परीक्षण, परिवर्तनीय-दर एप्लीकेटर, जीपीएस सीडर, और सब्सिडी जारी होने से पहले क्लस्टर स्तर पर एनपीवीध्आईआरआर के लिए मूल्यांकन की गई सलाहकार सदस्यता, परिणाम-लिंक्ड वाउचर का उपयोग करके। अमेरिका से प्राप्त साक्ष्य दर्शाते हैं कि सटीक तकनीक अपनाने में सफलता तब मिलती है जब आर्थिक लाभ स्पष्ट हों।

बड़े स्तर पर ठेका और सेवा उद्यमी

निजी ठेकेदारों और कृषि व्यवसायों को भूमि तैयारी और बुवाई से लेकर कीट प्रबंधन और कटाई तक, संपूर्ण सेवाएँ प्रदान करने के लिए प्रोत्साहित करें। संरचित अनुबंध निवेशकों के लिए उच्च उपयोग और पूर्वानुमानित आईआरआर सुनिश्चित करते हैं, जैसा कि चीन के ठेकेदार पारिस्थितिकी तंत्र द्वारा प्रदर्शित किया गया है।

उद्योग-आधारित नवाचार प्रकोष्ठ

आईसीएआर और राज्य कृषि विश्वविद्यालयों को सम्मिलित करते हुए क्लस्टरों में अनुसंधान एवं विकास पॉड्स का सह-वित्तपोषण करें ताकि स्थानीय मिट्टी और फसलों के लिए उपकरणों को अनुकूलित किया जा सके, और रोबोटिक हार्वेस्टर और टेलीमैटिक्स जैसे स्वचालन समाधानों का परीक्षण किया जा सके। चीन के तीव्र मशीनीकरण विकास को ऐसे घरेलू नवाचार और नीतिगत प्रोत्साहनों का समर्थन प्राप्त हुआ।

वित्त एवं अर्थशास्त्र

कृषि अवसंरचना कोष (एआईएफ) और सीएचसी केंद्रों के लिए लंबी अवधि के लीजिंग उत्पादों का लाभ उठाएँ, जिनके लिए आधारभूत आईआरआर/एनपीवी आकलन आवश्यक हैं। उदाहरण के लिए, रियायती वित्तपोषण के लिए अर्हता प्राप्त करने हेतु परियोजनाओं को क्लस्टर-स्तरीय आईआरआर 10 प्रतिशत से अधिक और भुगतान अवधि सात वर्ष से कम प्रदर्शित करनी चाहिए।

कार्यान्वयन चरण

- स्थानीय फसल पैटर्न के अनुरूप एक अनुकूलित सीएचसी बेड़ा डिजाइन करने के लिए फसल कैलेंडर और ब्लॉक-वार क्षेत्रफल का मानचित्रण करें।
- परिणाम-आधारित वाउचर जारी करें जिन्हें केवल पंजीकृत सीएचसी या प्रमाणित सेवा प्रदाताओं के माध्यम से भुनाया जा सके।
- प्रमाणित मशीनरी ऑपरेटरों को प्रशिक्षित करें और ओईएम फ्रैंचाइजी के माध्यम से रखरखाव और स्पेयर-पार्ट्स नेटवर्क स्थापित करें।
- मशीन उपयोग घंटे, प्रति एकड़ लागत, उपज में सुधार और किसान संतुष्टि सहित प्रमुख प्रदर्शन संकेतकों की निगरानी करें, और वार्षिक आधार पर क्लस्टर-स्तरीय एनपीवी/आईआरआर की गणना करें।

II. छोटे/सीमांत जोत वाले छोटे और पहाड़ी राज्यों के लिए मॉडल (पहाड़ी, पूर्वोत्तर, जनजातीय क्षेत्र)

यहाँ लक्ष्य सेवा मॉडल, स्थानीय निर्माण और एसएचजी/एफपीओ-नेतृत्व वाले संचालन के माध्यम से इलाके के अनुकूल, कम लागत, कम ऊर्जा और महिला-अनुकूल मशीनीकरण प्रदान करना है। इसकी प्रमुख विशेषताएँ हैं:

सूक्ष्म-मशीनीकरण किट और हल्की बिजली इकाइयाँ

छत और संकरी जमीनों के लिए अनुकूलित मिनी-टिलर, बैटरी चालित वीडर, हस्तचालित सीडर, पोर्टेबल थ्रेशर और छोटे ट्रांसप्लांटर को बढ़ावा देना। ये सस्ते, चलाने और रखरखाव में आसान हैं, और कम दबाव और ढलान के लिए डिजाइन किए गए हैं। (दक्षिण पूर्व एशिया में इसके उदाहरण और भारत में पायलट परियोजनाएँ उपलब्ध हैं।)

ग्राम मशीनरी बैंक (वीएमबी)

छोटे, एसएचजी/एफपीओ द्वारा प्रबंधित वीएमबी जो सूक्ष्म-किट का प्रति घंटा किराया प्रदान करते हैं और ऑपरेटर सेवाएँ प्रदान करते हैं। सूक्ष्म-ऋण और नाबार्ड/एफपीओ सहायता के माध्यम से वित्तपोषित होते हैं, स्थानीय तकनीशियनों से तकनीकी सहायता मिलती है।

मोबाइल मशीनीकरण दल

दल (संचालक मैकेनिक परिवहन) व्यस्त समय में छोटे उपकरणों का उपयोग करके सेवाएँ प्रदान करने के लिए बस्तियों में यात्रा करते हैं-इससे निष्क्रिय समय कम होता है और प्रति इकाई लाभ बढ़ता है।

स्थानीय विनिर्माण एवं मरम्मत केंद्र

लघु उपकरणों के निर्माण और रखरखाव के लिए एमएसएमई समूहों और व्यावसायिक संस्थानों को सुदृढ़ बनाएँ व लघु उपकरणों के लिए 'मेक इन इंडिया' प्रोत्साहन लागू करें। चीन के लघु-मशीन निर्माण के सबक शिक्षाप्रद हैं।

परिणाम-उन्मुख सब्सिडी

प्रति इकाई सब्सिडी की सीमा कम किन्तु सेवा प्रदाताओं व महिला किसानों के लिए सेवा वाउचर, और पर्यावरण-अनुकूल इलेक्ट्रिक माइक्रो-टूल्स के लिए अधिक सब्सिडी।

कार्यान्वयन के चरण

- सीढ़ीदार/खड़ी जमीन के लिए ब्लॉक-स्तरीय उपयुक्तता मानचित्रण करें।
- डिजिटल बुकिंग ऐप और स्थानीय फील्ड एजेंटों से जुड़े एसएचजी/एफपीओ वीएमबी बनाएँ।
- मोबाइल मशीनीकरण दल (एआईएफ एवं एनआरएलएम तालमेल) चलाने के लिए युवाओं को उद्यमी अनुदान प्रदान करें।
- एमएसएमई और पॉलिटेक्निक सहयोग के माध्यम से स्पेयर पार्ट्स और प्रशिक्षण सुनिश्चित करें।

III. कृषि क्षेत्र की महिलाओं के लिए कठिन परिश्रम कम करना

कई भारतीय खेतों में, खासकर पहाड़ी और छोटे खेतों में, महिलाएँ असमान रूप से श्रम करती हैं। मशीनीकरण रणनीतियाँ लिंग-संवेदनशील होनी चाहिए:

महिला-केंद्रित उपकरण डिजाइन

महिलाओं के लिए मशीनीकरण रणनीतियों में ऐसे एर्गोनॉमिक रूप से डिजाइन किए गए उपकरणों को प्राथमिकता दी जानी चाहिए जो शारीरिक तनाव को कम करें और संभालने में आसान हों, जैसे, हाथ से चलने वाले सीडर, हल्के रीपर, छोटे अनाज क्लीनर, बैटरी से चलने वाले वीडर और कंधे पर बांधने वाले एर्गोनॉमिक कैरियर। अपनाने को प्रोत्साहित करने के लिए, सरकारी खरीद और सब्सिडी कार्यक्रमों में स्पष्ट रूप से महिला-अनुकूल उपकरण सम्मिलित होने चाहिए और उच्च प्रोत्साहन दरें प्रदान की जानी चाहिए।

एसएचजी और महिला सीएचसी

स्वयं सहायता समूह (एसएचजी) द्वारा संचालित सूक्ष्म कस्टम हायरिंग सेंटर (सीएचसी) विशेष रूप से महिलाओं की आवश्यकताओं पर ध्यान केंद्रित कर सकते हैं, जैसे कि कटाई के बाद प्रसंस्करण, भूसी निकालना, थ्रेसिंग और छोटे स्तर पर सुखाने। ये केंद्र न केवल शारीरिक श्रम को कम करते हैं अपितु महिलाओं के लिए स्वामित्व और आय के अवसर भी उत्पन्न करते हैं। एनआरएलएम और डीएवाई-एनआरएलएम जैसे कार्यक्रम इन पहलों के कार्यान्वयन और समर्थन में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकते हैं।

समय बचाने वाली प्रौद्योगिकियाँ और ऊर्जा पहुँच

सौर ड्रायर और सौर जल पंप सहित सौर ऊर्जा से चलने वाली प्रसंस्करण इकाइयाँ, महिलाओं द्वारा ईंधन संग्रहण और खाना पकाने से संबंधित कार्यों में लगने वाले समय को कम कर सकती हैं। पीएम-कुसुम जैसी योजनाओं और विकेन्द्रीकृत सौर कार्यक्रमों का उपयोग इन ऊर्जा-कुशल, समय बचाने वाली तकनीकों को बड़े स्तर पर लागू करने के लिए किया जा सकता है।

प्रशिक्षण और प्रमाणन

महिला संचालकों को एटीएमए, केवीके और पॉलिटेक्निक जैसे संस्थानों के माध्यम से प्रशिक्षित और प्रमाणित किया जाना चाहिए। प्रशिक्षण में भागीदारी के लिए पुरस्कृत करने से उपस्थिति को बढ़ावा मिल सकता है, जबकि प्रमाणन से उनके कौशल में विश्वास बढ़ता है और सेवा-आधारित आय के अवसर खुलते हैं।

सामाजिक मानदंड और प्रोत्साहन

मशीनीकरण नीतियों को महिलाओं के नेतृत्व वाले उद्यमों को अधिक सब्सिडी या वरीयता प्रदान करके सामाजिक बाधाओं को दूर करना चाहिए। महिला संचालकों को नियुक्त करने के लिए एफपीओ को प्रोत्साहित करना और व्यवहार परिवर्तन अभियान चलाना, मशीन संचालन से जुड़े पारंपरिक पुरुष-केंद्रित मानदंडों को बदलने में सहायता कर सकता है, जिससे व्यापक स्वीकृति और सशक्तिकरण सुनिश्चित हो सकता है।

निष्कर्ष

कृषि मशीनीकरण उत्पादकता बढ़ाने, कठिन परिश्रम को कम करने और समय पर संचालन सुनिश्चित करने की कुंजी है, खासकर श्रम की कमी, बढ़ती लागत और जलवायु चुनौतियों के बीच। भारत के रोडमैप में दोहरे दृष्टिकोण को अपनाना होगा: बड़े मैदानी इलाकों के लिए सीएचसी केंद्रों, प्रौद्योगिकी समूहों और निजी सेवा उद्यमियों के माध्यम से सटीक, उच्च-तीव्रता वाला मशीनीकरण, और छोटे और पहाड़ी जोतों के लिए एसएचजी/एफपीओ के नेतृत्व वाले मशीनरी बैंकों, मोबाइल टीमों और स्थानीय निर्माण के माध्यम से हल्का, भू-भाग के अनुकूल, महिला-अनुकूल मशीनीकरण। कठिन परिश्रम को कम करने और समावेशी अपनाने को सुनिश्चित करने के लिए लिंग-संवेदनशील उपकरण, प्रशिक्षण और प्रोत्साहन महत्वपूर्ण हैं। एक डिजिटल प्लेटफॉर्म और डेटा सिस्टम को सीएचसी और वीएमबी की एक राष्ट्रीय रजिस्ट्री बनाए रखनी चाहिए, उपकरणों की सूची और उपयोग पर दृष्टि रखनी चाहिए, किसानों की प्रतिक्रिया एकत्र करनी चाहिए, और क्लस्टर-स्तरीय एनपीवी/आईआरआर की गणना करने के लिए बुकिंग, भुगतान और परिणाम रिपोर्टिंग को एकीकृत करना चाहिए। परिणाम-संबंधित प्रोत्साहनों को सब्सिडी को प्रदर्शित परिणामों की समयबद्धता, उपज लाभ या अवशेष-मुक्त बुवाई से जोड़ना चाहिए, बजाय इसके कि चीन के वर्तमान दृष्टिकोण का अनुसरण करते हुए केवल अग्रिम परिसंपत्ति अनुदान प्रदान किया जाए। आईसीएआर, राज्य कृषि विश्वविद्यालयों और उद्योग केंद्रों के माध्यम से स्थानीय अनुसंधान एवं विकास (आरएंडडी) और मानकों को विकसित किया जा सकता है ताकि सरकारी अनुदानों के सहयोग से छोटे उपकरणों और पहाड़ी इलाकों के लिए प्रोटोकॉल तैयार किए जा सकें। कम लागत वाली लीजिंग, प्रति उपयोग भुगतान मॉडल और एआईएफ समर्थन सहित वित्त और लीजिंग तंत्र, निजी ठेकेदारों के लिए निवेश के संकटों को कम कर सकते हैं। अंत में, निगरानी और मूल्यांकन में बड़े निवेशों से पहले आर्थिक आकलन अनिवार्य होना चाहिए और उपयोग, प्रति एकड़ लागत और कठिन परिश्रम के मानकों को कवर करने वाले वार्षिक मशीनीकरण डैशबोर्ड प्रकाशित करने चाहिए।

2047 तक कृषि यंत्रीकरण और स्वचालन को अधिकतम करने के दिशा निर्देश

प्रो. गजेंद्र सिंह

पूर्व उपमहानिदेशक (कृषि इंजीनियरिंग) आईसीएआर, नई दिल्ली

यह रोडमैप 2047 तक भारतीय कृषि में मशीनीकरण और स्वचालन को अपनाने के महत्वपूर्ण विस्तार के लिए एक रणनीतिक योजना की रूपरेखा प्रस्तुत करता है। यह आधुनिक मशीनों, स्मार्ट उपकरणों और स्वचालित तकनीकों के व्यापक उपयोग के माध्यम से कृषि पद्धतियों में दीर्घकालिक, संरचित परिवर्तन कर उन्हें अधिक कुशल, जलवायु-अनुकूल और कम श्रम-गहन-बनाने की परिकल्पना करता है।

1. परिचय

जैसे-जैसे भारत अपनी स्वतंत्रता के 100वें वर्ष की ओर बढ़ रहा है, कृषि क्षेत्र एक महत्वपूर्ण परिवर्तन के लिए तैयार है। जहाँ हरित क्रांति ने देश को खाद्यान्न की कमी से अधिशेष की ओर संक्रमण में सहायता की, वहीं आज की चुनौतियाँ, जैसे संसाधनों की घटती गुणवत्ता, जलवायु अस्थिरता, श्रम की कमी और गैर-अनाज फसलों में कम उत्पादकता, एक नई क्रांति की माँग करती हैं। एक ऐसी क्रांति जो मशीनीकरण और स्वचालन द्वारा संचालित हो। 2047 का लक्ष्य केवल बढ़ती जनसँख्या का भरण-पोषण करना नहीं है, अपितु खेती को एक उच्च तकनीक वाला, लाभदायक और पर्यावरणीय रूप से टिकाऊ उद्यम बनाना है।

2. वर्तमान परिदृश्य और चुनौतियाँ

वर्तमान में, भारत में केवल लगभग 50 प्रतिशत कृषि कार्य ही यंत्रीकृत हैं। अधिकांश मशीनीकरण चावल और गेहूँ जैसे अनाजों पर केंद्रित है, जबकि गन्ना, कपास और बागवानी जैसी महत्वपूर्ण फसलें अभी भी मुख्य रूप से शारीरिक श्रम पर निर्भर हैं। भारतीय ट्रैक्टर बाजार, जिसे प्रायः पूर्ण मशीनीकरण समझ लिया जाता है, इस असंतुलन को दर्शाता है। ट्रैक्टर कृषि मशीनरी का 80 प्रतिशत भाग है, किन्तु इनका उपयोग मुख्य रूप से भूमि तैयार

करने और परिवहन के लिए किया जाता है।

मशीनीकरण का उत्पादकता पर सीधा प्रभाव पड़ता है। भारत में कृषि बिजली की उपलब्धता 1960 में 0.28 किलोवाट/हेक्टेयर से बढ़कर 2021 में 2.76 किलोवाट/हेक्टेयर हो गई, जो खाद्यान्न उत्पादकता में लगभग तीन गुना वृद्धि के अनुरूप है। यद्यपि कि, क्षेत्रीय असमानताएँ, सामर्थ्य, छोटी जोत और सीमित कस्टम हायरिंग मूलभूत संरचना अभी भी छोटे और सीमांत किसानों की पहुँच को सीमित करता है।

3. 2047 के लिए रणनीतिक दृष्टिकोण

2047 का दृष्टिकोण एक ऐसा यंत्रीकृत और आंशिक रूप से स्वचालित कृषि पारिस्थितिकी तंत्र विकसित करना है जो:

- उत्पादकता और संसाधन दक्षता में सुधार करे
- कठिन परिश्रम और शारीरिक श्रम को कम करे
- किसानों की लाभप्रदता बढ़ाए
- जलवायु परिवर्तन के प्रति लचीलापन बढ़ाए
- स्थिरता और कम कार्बन उत्सर्जन वाली प्रथाओं का समर्थन करे

मशीनीकरण, फसल और क्षेत्र-विशिष्ट तथा स्तर-संवेदनशील होना चाहिए, जिसमें डिजिटल तकनीकों, कृत्रिम बुद्धिमत्ता, रोबोटिक्स, ड्रोन और सटीक उपकरणों को मुख्यधारा की कृषि में एकीकृत किया जाए।

4. मशीनीकरण और स्वचालन के लिए प्रमुख फोकस क्षेत्र

क. मुख्य कृषि कार्यों का आधुनिकीकरण: बीज बोने, रोपाई, छिड़काव, कटाई, कटाई के बाद की देखभाल और सिंचाई के लिए विभिन्न प्रकार की मशीनों का विकास और व्यापक रूप से उपयोग किया जाना चाहिए। मशीनों को भारत के विविध कृषि-जलवायु क्षेत्रों और छोटे खेतों के आकार के अनुरूप बनाया जाना चाहिए।

ख. अनाज से आगे विस्तार: मशीनीकरण को कम सेवा प्राप्त क्षेत्रों पर लक्षित करना चाहिए, जैसे:

- गन्ना और कपास (उच्च श्रम और जलवायु-संवेदनशील)
- बागवानी (नाशवान और उच्च मूल्य)
- पशुधन, मुर्गी पालन और मत्स्य पालन (बढ़ती माँग वाले गैर-फसल क्षेत्र)

ग. डिजिटल और स्मार्ट खेती: स्वचालन को स्मार्ट तकनीकों के साथ-साथ चलना चाहिए:

- निगरानी, छिड़काव और इमेजिंग के लिए ड्रोन
- सटीक निराई और कटाई के लिए एआई-सक्षम रोबोट
- सटीक इनपुट उपयोग के लिए लेजर-निर्देशित और सेंसर-आधारित उपकरण
- जल-उपयोग दक्षता के लिए आईओटी-आधारित सिंचाई और फर्टिगेशन प्रणालियाँ

5. नीति और संस्थागत सुधार

इस परिवर्तन का समर्थन करने के लिए, कई नीतिगत बदलाव आवश्यक हैं:

- सेवा-आधारित सब्सिडीः खरीद-आधारित मशीनरी सब्सिडी को सेवा-आधारित सहायता से बदलें, विशेष रूप से कस्टम हायरिंग सेंटर (सीएचसी) का उपयोग करने वाले छोटे किसानों के लिए।
- एमएसएमई को समर्थनः एमएसएमई को समर्थन देकर और सब्सिडी वाले विदेशी उपकरणों के आयात को विनियमित करके कृषि मशीनरी के घरेलू विनिर्माण को बढ़ावा देना।
- सीएचसी आधुनिकीकरणः कम दर पर ऋण, सब्सिडी और डिजिटल निगरानी के माध्यम से सीएचसी को उन्नत उपकरण और सहायक उपकरण खरीदने और बनाए रखने में सक्षम बनाना।
- कौशल विकास और मानव संसाधन विकासः कृषि विश्वविद्यालयों और तकनीकी संस्थानों में मशीनरी के संचालन, रखरखाव और नवाचार के लिए लक्षित प्रशिक्षण कार्यक्रम आरम्भ करना।

6. मूलभूत संरचना और उद्योग एकीकरण

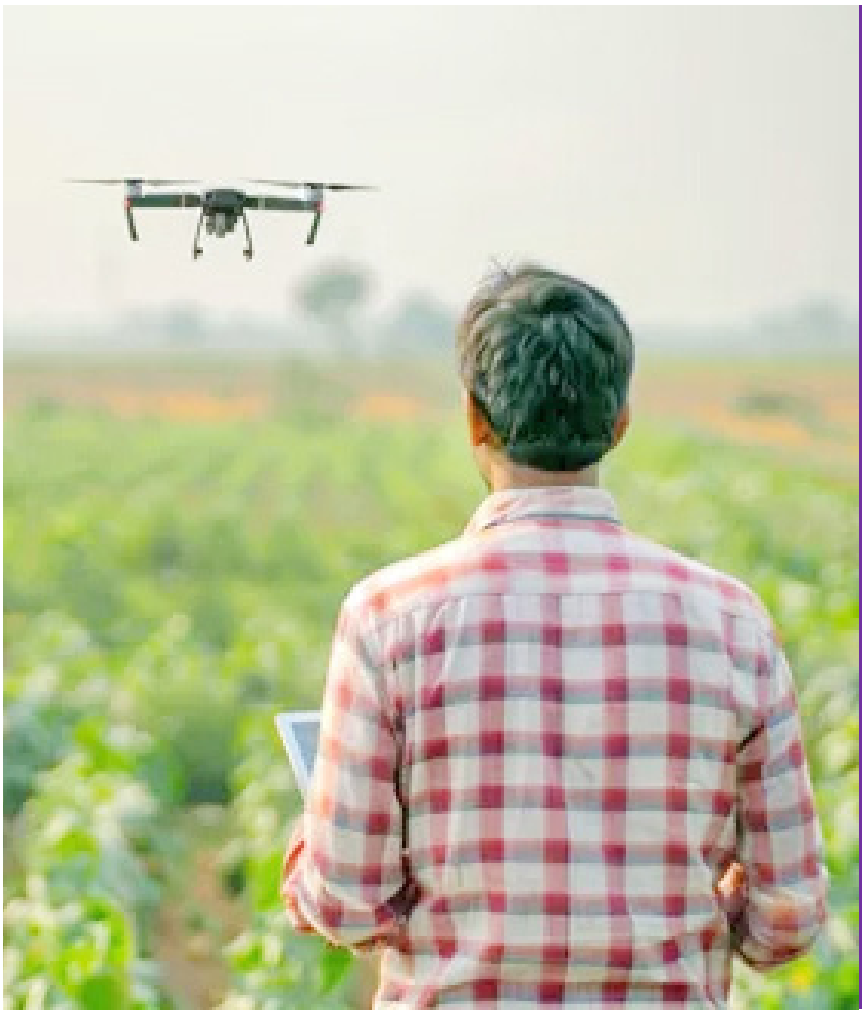
भारत के विशाल ट्रैक्टर निर्माण उद्योग, जिसके 3-5 प्रतिशत सीएजीआर से बढ़ने का अनुमान है, को भूमि तैयारी और परिवहन से परे स्मार्ट, सटीक उपकरणों में विविधता लानी चाहिए। रोडमैप निम्नलिखित को प्रोत्साहित करता हैः
- 30-50 एचपी ट्रैक्टरों के अनुकूल बहु-कार्यात्मक उपकरणों का विकास
- मौजूदा मशीनरी के बेहतर उपयोग के लिए 'किराए पर देने' की प्रणालियों को बढ़ावा देना
- क्षेत्र परीक्षणों और प्रदर्शनों के लिए कृषि-जलवायु क्षेत्रों में परीक्षण और प्रशिक्षण केंद्रों का निर्माण

7. जलवायु और स्थिरता संरेखण

मशीनीकरण को पर्यावरणीय प्राथमिकताओं के अनुरूप होना चाहिएः
- जुताई और मृदा अपरदन को कम करने के लिए संरक्षण कृषि मशीनरी का उपयोग करें
- ग्रीनहाउस गैसों को कम करने के लिए कम उत्सर्जन वाले उपकरणों का उपयोग करें
- कम्पोस्टर और बायोमास प्रोसेसर जैसे जैव-चक्रीय अर्थव्यवस्था उपकरणों को बढ़ावा दें
- शून्य-कार्बन कृषि पहलों में मशीनीकृत समर्थन को एकीकृत करें

8. अनुसंधान और विकास रोडमैप

भविष्य के लिए तैयार मशीनीकरण का समर्थन करने के लिए, कृषि अनुसंधान एवं विकास प्रणाली को प्राथमिकता देनी चाहिएः
- विविध फसलों के लिए स्मार्ट, मॉड्यूलर उपकरणों का विकास
- भंडारण, पैकेजिंग और रसद सहित कटाई के बाद की प्रक्रियाओं का स्वचालन
- मशीनीकृत प्रथाओं के साथ संरेखित आनुवंशिक और कृषि संबंधी अनुसंधान
- वास्तविक समय डेटा एकीकरण और निर्णय समर्थन के लिए प्रणालियाँ मशीनरी का उपयोग



निष्कर्ष

मशीनीकरण और स्वचालन के माध्यम से भारतीय कृषि का परिवर्तन अत्यावश्यक और साध्य दोनों है। सही नीतियों, लक्षित निवेशों और समावेशी नवाचारों के साथ, भारत 2047 तक स्मार्ट और टिकाऊ खेती में वैश्विक अग्रणी बन सकता है। रोडमैप में एक राष्ट्रीय प्रतिबद्धता की आवश्यकता है। विज्ञान, नीति, उद्योग और जमीनी स्तर के बीच सेतु का निर्माण ताकि यह सुनिश्चित किया जा सके कि प्रत्येक किसान, चाहे उसका आकार कुछ भी हो, सटीक और स्वचालित कृषि के युग में फल-फूल सके।
2047 की यात्रा केवल श्रम को मशीनों से बदलने के बारे में नहीं है, यह किसानों को अधिक उत्पादन करने, कम हानि करने और आने वाली पीढ़ियों के लिए एक सुदृढ़ खाद्य प्रणाली बनाने हेतु प्रौद्योगिकी से सशक्त बनाने के बारे में है।

आभार

यह लेख हिमांशु पाठक, आदि द्वारा संपादित पुस्तक 'अमृत काल 2047 के मध्य भारतीय कृषि अनुसंधान, शिक्षा और विस्तार के लिए रोडमैप' के अध्याय 'कृषि यंत्रीकरण' पर आधारित है। कृषि यंत्रीकरण पर अध्याय में शिक्षा जगत और उद्योग जगत के कई विशेषज्ञों ने योगदान दिया है, विशेष रूप से सैयद इस्माइल और पीतम चंद्र ने।

2047 तक कृषि मशीनीकरण और स्वचालन को अधिकतम करने का रोडमैप

श्री एम बालकृष्ण

उपाध्यक्ष बिक्री एवं विपणन, सेम ड्यूट्ज़.फ़ाहर समूह

मौलिक पहलू:
अल्पकालिक फोकस (2030 तक): मूलभूत मशीनीकरण, सटीक कृषि पायलट, नवीन वित्तपोषण मॉडल और ग्रामीण कौशल पहलों तक पहुँच और सामर्थ्य।

दीर्घकालिक फोकस (2047 तक): व्यापक स्वचालन और स्वायत्तता, विद्युतीकरण, डिजिटल ट्विन फार्मिंग, जलवायु-स्मार्ट एकीकरण, और कृषि-रोबोटिक्स में वैश्विक नेतृत्व स्थापित करना।

प्रौद्योगिकी और अवसंरचना व अल्पकालिकः मूलभूत मशीनीकरण (ट्रैक्टर, हार्वेस्टर, पावर टिलर, प्लांटर) को अपनाने का विस्तार। छोटे और सीमांत किसानों की पहुँच में सुधार के लिए कस्टम हायरिंग सेंटर और लीजिंग मॉडल को बढ़ावा देना। छिड़काव, मानचित्रण और बीजारोपण के लिए ड्रोन स्थापित करना। डिजिटल सलाहकार सेवाओं और सटीक उपकरणों को सक्षम करने के लिए ग्रामीण संपर्क को सुदृढ करना।

- **दीर्घकालिकः** पूरी तरह से एकीकृत सटीक कृषि (सेंसर, एआई-आधारित निर्णय लेने, प्रति-पौधा देखभाल) को लागू करना। स्वायत्त बेड़े (चालक रहित ट्रैक्टर, रोबोटिक हार्वेस्टर, निराई रोबोट) स्थापित करें। विद्युतीकरण और कम कार्बन मशीनीकरण की ओर संक्रमण करें। योजना, अनुकूलन और संकट प्रबंधन के लिए सार्वभौमिक डिजिटल ट्विन फार्म मॉडल लागू करें।

किसानों की पहुँच और समावेशिता

- **अल्पकालिकः** एफपीओ/एसएचजी के माध्यम से भुगतान-प्रति-उपयोग मॉडल को बढ़ावा दें। कृषि-तकनीक में

महिला और युवा उद्यमियों के लिए विशेष योजनाएँ शुरू करें। सस्ता वित्तपोषण, ऋण गारंटी और परिणाम-आधारित सब्सिडी प्रदान करें।

- **दीर्घकालिकः** सुनिश्चित करें कि प्रत्येक किसान समूह/गाँव को 24-48 घंटों के भीतर ऑन-डिमांड मशीनीकरण सेवाओं तक पहुँच प्राप्त हो। ऑपरेटरों, तकनीशियनों और कृषि-तकनीक उद्यमियों के कौशल का उन्नयन करें। रोबोटिक्स सर्विसिंग, डिजिटल सलाह और स्वचालन केंद्रों में मजबूत ग्रामीण रोजगार के अवसर उत्पन्न करें।

स्थायित्व और जलवायु तत्परता

- **अल्पकालिकः** जल-कुशल मशीनीकरण (लेजर लेवलिंग, चावल की सीधी बुवाई, सटीक प्लांटर) को बढ़ावा दें। संरक्षण जुताई और अवशेष प्रबंधन (स्ट्रॉ चॉपर, बेलर) को प्रोत्साहित करें। ईंधन-कुशल उपकरणों को प्रोत्साहित करें।
- **दीर्घकालिकः** इलेक्ट्रिकध्स्वच्छ ईंधन वाले ट्रैक्टरों और हार्वेस्टरों की ओर संक्रमण। कार्बन क्रेडिट के लिए एमआरवी (मापन, रिपोर्टिंग, सत्यापन) प्रणालियों से एकीकृत कार्बन-स्मार्ट कृषि मशीनों को स्थापित करें। शून्य-अपशिष्ट कृषि समूहों को प्राप्त करने के लिए फसल अपशिष्ट को जैव-सीएनजीध्ऊर्जा में परिवर्तित करके चक्रीय मशीनीकरण मॉडल विकसित करें।

कटाई-पश्चात एवं मूल्य श्रृंखलाएँ

- **अल्पकालिकः** गाँव/ब्लॉक स्तर पर मशीनीकृत थ्रेसिंग, सुखाने, ग्रेडिंग और कोल्ड स्टोरेज सुविधाओं को बढ़ावा दें। ड्रोन/आईओटी जुड़ी लॉजिस्टिक्स प्रणालियों को एकीकृत करें।

- **दीर्घकालिकः** ई-मार्केट से जुड़े पूरी तरह से स्वचालित पैकहाउस और कोल्ड चेन स्थापित करें। छंटाई, पैकेजिंग और ग्रेडिंग के लिए रोबोटिक्स का उपयोग करें। हानि को कम करने के लिए एआई-संचालित लॉजिस्टिक्स और पूर्वानुमानित आपूर्ति श्रृंखलाएँ लागू करें।

नीति एवं विनियमन

- **अल्पकालिकः** राज्य-स्तरीय कार्यान्वयन के साथ राष्ट्रीय मशीनीकरण मिशन 2.0 आरम्भ करें। सुरक्षा, डेटा और अंतर-संचालन मानकों को स्थापित करें। मरम्मत के अधिकार संबंधी नीतियों और स्थानीय स्पेयर पार्ट्स निर्माण को बढ़ावा दें।

❖ **दीर्घकालिकः** स्वायत्त प्रणालियों (दायित्व, बीमा, सुरक्षा) के लिए नीतियों को निरंतर अनुकूलित करें। बेड़े के लिए हरित ऊर्जा परिवर्तन को अनिवार्य करें। किसान-केंद्रित डेटा शासन और लाभ-साझाकरण ढाँचे को लागू करें।

अनुसंधान, नवाचार और विनिर्माण

❖ **अल्पकालिकः** कम लागत वाले नवाचारों (रेट्रोफिट ऑटो-स्टीयर किट, कम हॉर्सपावर वाले ट्रैक्टर, बहुउद्देशीय उपकरण) को प्रोत्साहित करें। ड्रोन, रोबोटिक्स और एआई सलाह में स्टार्टअप्स का समर्थन करें। घरेलू विनिर्माण के लिए पीएलआई योजनाएँ आरम्भ करें।

❖ **दीर्घकालिकः** भारत को कृषि-स्वचालन निर्यात के लिए एक वैश्विक केंद्र के रूप में स्थापित करें। रोबोटिक्स, एआई विजन और जैव-प्रेरित मशीनरी में उन्नत अनुसंधान एवं विकास को बढ़ावा दें। अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी, आईओटी और क्वांटम कंप्यूटिंग को कृषि पारिस्थितिकी तंत्र में एकीकृत करें।

क्षमता निर्माण और कौशल

❖ **अल्पकालिकः** मशीनीकरण प्रशिक्षण के साथ केवीके, कृषि संस्थानों और विस्तार सेवाओं का विस्तार करें। ड्रोन ऑपरेटरों और मशीन तकनीशियनों के लिए प्रमाणन कार्यक्रम आरम्भ करें।

❖ **दीर्घकालिकः** विशिष्ट कृषि स्वचालन इंजीनियरों का विकास करें। ग्रामीण युवाओं के लिए निरंतर कौशल उन्नयन कार्यक्रम आरम्भ करें। ग्रामीण रोजगार के साथ स्वचालन को संतुलित करने के लिए एक राष्ट्रीय कृषि-तकनीक कार्यबल नीति लागू करें।

2047 तक भारत में कृषि यंत्रीकरण और स्वचालन की मार्गदर्शिका

डॉ सी. आर. मेहता

निदेशक, आईसीएआर - केंद्रीय कृषि अभियांत्रिकी संस्थान
भोपाल - 462038, भारत

परिचय

भारतीय कृषि में उत्पादन और उत्पादकता को खेती की आदिम और पारंपरिक प्रथाओं से नहीं बढ़ाया जा सकता। भारत में औसत कृषि क्षेत्र छोटा (1.08 हेक्टेयर) है और छोटी और सीमांत भूमि जोत (2.0 हेक्टेयर से कम) कुल भूमि जोत का 86 प्रतिशत है। जनसंख्या गतिशीलता दर्शाती है कि वर्ष 2047 तक देश में कृषि श्रमिकों की जनसंख्या लगभग 202 मिलियन (कुल श्रमिकों का 26 प्रतिशत) होगी, जिसमें से 60 प्रतिशत महिला श्रमिक होंगी। औसत कृषि आकार में निरंतर कमी के साथ, अधिक से अधिक खेत प्रतिकूल श्रेणी में आ जाएँगे, जिससे कृषि मशीनरी का व्यक्तिगत स्वामित्व उत्तरोत्तर अधिक अलाभकारी होता जाएगा।

कृषि में तेजी से बदलाव आ रहा है और विकसित भारत एक टिकाऊ, सस्ती और पर्यावरण-अनुकूल कृषि के लिए प्रौद्योगिकी-संचालित होगा। कृषि के आधुनिकीकरण के प्रयास अब न केवल कृषि को लाभदायक बनाने के लिए, अपितु इनपुट उपयोग दक्षता बढ़ाने, कृषि कार्यों में कठिन परिश्रम को कम करने और आधुनिक संदर्भ में कृषि श्रमिकों के कार्य को सम्मानजनक बनाने के लिए भी आवश्यक हैं। 2047 तक विकसित कृषि अधिक जागरूक हितधारकों, चाहे वे उपभोक्ता हों, उत्पादक हों, प्रसंस्करणकर्ता हों या अन्य मध्यवर्ती कार्यकर्ता, के साथ काम करेगी। भविष्य के कृषि श्रमिकों को आधुनिक मशीनरी का उपयोग करके उत्पादन गतिविधियों की सटीक योजना बनाने के लिए मौसम संबंधी आंकड़ों सहित प्राकृतिक

संसाधनों की वास्तविक समय की जानकारी की भी आवश्यकता होगी।

विकसित भारत में खाद्य उत्पादन के लक्ष्य व्यापक अर्थों में भारत और विश्व की जनसंख्या वृद्धि द्वारा नियंत्रित होंगे। कृषि के आधुनिकीकरण के लिए स्थायी मूलभूत संरचना के विकास की आवश्यकता कृषि में मशीनीकरण/स्वचालन को अपनाने का अवसर प्रदान करती है। सार्वजनिक और निजी संस्थानों में शिक्षाविदों, शोधकर्ताओं और उद्योगों के बीच साझेदारी पारस्परिक विकास और समस्या समाधान के लिए कुशल, लागत प्रभावी और समयबद्ध विधि से बढ़ेगी। आभासी वास्तविकता ज्ञान के प्रसार और अनुसंधान प्रयोगों के संचालन में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगी।

2047 तक कृषि मशीनीकरण और स्वचालन का रोडमैप

भारत में 2047 तक कृषि मशीनीकरण और स्वचालन का रोडमैप इस प्रकार है।

1. कृषि मशीनीकरण

भारत में कृषि मशीनीकरण का समग्र स्तर वर्तमान में लगभग 47 प्रतिशत (मेहता एवं अन्य, 2023) है। विभिन्न कृषि कार्यों में, प्रमुख फसलों के लिए बीज क्यारी तैयार करने में मशीनीकरण का उच्चतम स्तर (70 प्रतिशत से अधिक) प्रदर्शित होता है, जबकि चावल और गेहूँ को छोड़कर, कटाई और थ्रेसिंग कार्य सबसे कम मशीनीकृत (34 प्रतिशत से कम) हैं। रोपण और रोपाई कार्यों के लिए मशीनीकरण का स्तर भी अपेक्षाकृत कम है, गन्ने के लिए केवल 25 प्रतिशत और चावल के लिए 35 प्रतिशत।

फसलवार मशीनीकरण के स्तर इस प्रकार हैं: चावल-53 प्रतिशत, गेहूँ-69 प्रतिशत, मक्का-46 प्रतिशत, ज्वार और बाजरा-33 प्रतिशत, दालें-41 प्रतिशत, तिलहन-39 प्रतिशत, कपास-36 प्रतिशत, और गन्ना- 35 प्रतिशत (मेहता एवं अन्य, 2023)।

जैसा कि संसदीय स्थायी समिति की 58वीं रिपोर्ट में उल्लिखित है, कृषि कार्यों में समयबद्धता, दक्षता और बेहतर गुणवत्ता सुनिश्चित करने के लिए, देश में कृषि मशीनीकरण के औसत स्तर को वर्तमान 47 प्रतिशत से बढ़ाकर 2047 तक 75 प्रतिशत करने की आवश्यकता है।

2. कृषि ऊर्जा उपलब्धता

खाद्यान्नों का उत्पादन और उत्पादकता उपलब्ध मोबाइल कृषि ऊर्जा स्रोतों के कारक माने जाते हैं। भारत में कुल कृषि बिजली उपलब्धता में कृषि श्रमिकों और भारवाहक पशुओं की संयुक्त भागीदारी 1971-72 में 60.8 प्रतिशत से घटकर 2021-22 में 6 प्रतिशत से भी कम हो गई। 1975-76 के मध्य भारतीय कृषि में फसल सघनता 0.36 किलोवाट/हेक्टेयर की कृषि बिजली उपलब्धता के साथ 120 प्रतिशत थी और कृषि बिजली उपलब्धता 3.04 किलोवाट/हेक्टेयर तक बढ़ने के साथ यह बढ़कर 142 प्रतिशत हो गई (मेहता एवं अन्य, 2023)। विकसित भारत में क्षेत्र संचालन में समयबद्धता और गुणवत्ता सुनिश्चित करने के लिए 2047 तक औसत कृषि बिजली उपलब्धता को 3.04 से बढ़ाकर 7.50 किलोवाट/हेक्टेयर करने की आवश्यकता है।

3. लघु एवं सीमांत किसानों के लिए अनुकूलित मशीनीकरण

यह देखते हुए कि 86 प्रतिशत भारतीय किसानों के पास 2 हेक्टेयर से कम भूमि है, मशीनरी का स्वामित्व प्रायः आर्थिक रूप से अव्यावहारिक होता है।

- **कस्टम हायरिंग सेंटर (सीएचसी) का विस्तारः** एसएमएएम और अन्य योजनाओं के अन्तर्गत व्यापक रूप से प्रचारित, सीएचसी की संख्या पहले से ही हजारों में है और ये मशीनरी तक पहुँच को लोकतांत्रिक बनाने में सहायता करते हैं।
- **एफपीओ और एसएचजी को बढ़ावाः** सहकारी मॉडल साझा या किराए पर ली गई मशीनरी के लिए सामूहिक क्रय शक्ति प्रदान करते हैं, जिससे दक्षता बढ़ती है।
- **ऐप-आधारित रेंटल प्लेटफॉर्म का विस्तारः** जे-फार्म, कृष-ई जैसी डिजिटल 'उबर' जैसी' सेवाएँ, सुदूरवर्ती छोटे किसानों के लिए भी उपकरणों तक पहुँच को सहज बना सकती हैं

4. मजबूत वित्तीय और नीतिगत समर्थन

- **सब्सिडी को सुदृढ़ करेंः** एसएमएएम वर्तमान में अधिकांश कृषि मशीनरी और ट्रैक्टरों पर 40-50 प्रतिशत सब्सिडी प्रदान करता है। आंध्र प्रदेश के 50 प्रतिशत फ्रंट-एंड सब्सिडी मॉडल जैसे समान उच्च-प्रभाव वाले कार्यक्रमों ने उल्लेखनीय वृद्धि दिखाई है (25,000 से अधिक किसान प्रभावित हुए हैं)।
- **एआई-संचालित-चयन प्रणालियाँः** उत्तर प्रदेश की ई-लॉटरी प्रणाली अवशेष प्रबंधन मशीनरी के लिए पारदर्शी, समय पर सब्सिडी वितरण सुनिश्चित करती है।
- **नवाचार और विनिर्माण के लिए समर्थनः** कृषि मशीनरी विनिर्माण के लिए उत्पादन से जुड़े प्रोत्साहन भारत के विविध कृषि-जलवायु क्षेत्रों के लिए सस्ती कृषि-तकनीक विनिर्माण को बढ़ावा दे सकते हैं।

5. प्रौद्योगिकी एकीकरणः कृषि 5.0 और उसके बाद

- **स्मार्ट मशीनीकरणः** विकसित भारत में, कृषि में सटीक और क्लाउड आधारित डेटा का प्रभुत्व होने की आशा है और इसे स्मार्ट ट्रैक्टर, मानव रहित हवाई वाहन, वायरलेस तकनीक और बहुउद्देश्यीय कृषि कार्यों के लिए मानव रहित स्वायत्त वाहनों जैसे उन्नत मूलभूत संरचना का समर्थन प्राप्त होगा। सटीक कृषि, एआई-संचालित सेंसर, जीपीएस मैपिंग, ड्रोन और रोबोटिक्स जैसी तकनीकें उत्पादकता को 30-40 प्रतिशत तक बढ़ा सकती हैं। इन तकनीकों को भारतीय परिस्थितियों के अनुरूप सरल बनाने और कृषक समुदाय द्वारा अधिकतम स्वीकृति के लिए लागत प्रभावी बनाने की आवश्यकता है। कृषि मशीनीकरण के क्षेत्र में भारत को आत्मनिर्भर बनाने के लिए स्वदेशी और सस्ती प्रणालियों और उपकरणों का विकास आवश्यक है।
- **जलवायु-स्मार्ट उपकरणः** संसाधनों के संरक्षण और सतत विकास लक्ष्यों के साथ तालमेल बिठाने के लिए सौर ऊर्जा चालित, शून्य-जुताई और सूक्ष्म-सिंचाई मशीनरी पर सब्सिडी दें।
- **ट्रेसेबिलिटी के लिए ब्लॉकचेनः** उन्नत

ट्रैकिंग सिस्टम खाद्य उत्पादों के लिए पारदर्शिता और उन्नत बाजार एकीकरण सुनिश्चित करते हैं।

- **एआई नीति ढाँचेः** महाराष्ट्र की उच्च-मूल्य वाली कृषि एआई नीति (3 वर्षों में 500 करोड़) डिजिटल नवाचार केंद्रों, एआई सलाहकार प्रणालियों और डेटा प्लेटफॉर्म का समर्थन करती है - जो स्केलेबल डिजिटलीकरण का एक खाका है। अन्य राज्यों में भी इसी तरह की योजनाएँ तैयार और कार्यान्वित की जानी चाहिए।

5. कौशल विकास और संस्थागत समर्थन

- **प्रशिक्षण कार्यक्रमः** 731 से अधिक कृषि विज्ञान केंद्रों (केवीके) के साथ, इन चैनलों को किसानों और युवाओं को मशीनीकरण संचालन और रखरखाव में गहन प्रशिक्षण देना चाहिए।
- **प्रदर्शन और अनुसंधान एवं विकासः** मशीनीकरण को सस्ता, विश्वसनीय और सुलभ बनाने के लिए अग्रिम पंक्ति के प्रदर्शन, उद्योग साझेदारी और उन्नत अनुसंधान एवं विकास की आवश्यकता है।
- **गुणवत्ता आश्वासनः** उपकरणों की विश्वसनीयता और अनुकूलता सुनिश्चित करने के लिए परीक्षण प्रयोगशालाओं और बीआईएस-प्रमाणित विनिर्माण का विस्तार करें।

6. मूलभूत संरचना और क्षेत्रीय सूक्ष्मतायें

- **डिजिटल और बिजली का मूलभूत संरचनाः** स्मार्ट कृषि उपकरणों को बढ़ावा देने के लिए ग्रामीण क्षेत्रों में ब्रॉडबैंड और विश्वसनीय बिजली को सुदृढ़ करना।
- **क्षेत्रीय रणनीतियाँः** वर्षा आधारित या पहाड़ी क्षेत्रों के लिए अनुकूलित समाधान - कॉम्पैक्ट और बहुउद्देश्यीय कृषि मशीनरी, मोबाइल सीएचसी प्रमुख हैं।

निष्कर्ष

भारतीय कृषि 2047 तक स्मार्ट, मशीनीकृत खेती की ओर एक बड़ा बदलाव देखेगी, जो आईओटी, एआई, रोबोटिक्स और स्वचालन के एकीकरण से प्रेरित होगा। ये प्रौद्योगिकियाँ न केवल उत्पादकता बढ़ाएँगी, बल्कि पर्यावरणीय स्थिरता को भी बढ़ावा देंगी, जिससे संसाधनों का अधिक कुशल उपयोग सुनिश्चित होगा। वर्तमान में उच्च-स्तरीय और महंगी मानी जाने वाली कुछ प्रौद्योगिकियाँ, आसानी से सस्ते मूल्यों पर उपलब्ध होंगी और कठिन कार्यों को

करते समय अपनी उपयोगिता सिद्ध करेंगी। मेक्ट्रोनिक्स, रोबोटिक्स, ड्रोन, माइक्रो-बॉट्स, यूएवी, 3-डी प्रिंटिंग, बायो-सेंसर, आईओटी, क्लाउड-सीडिंग, डेटा-क्लाउड, हरित ऊर्जा, पोर्टेबल एनर्जी पैक 2047 तक कृषि क्षेत्र की कुछ प्रमुख उपलब्धियाँ होंगी। सुदृढ़ नीतिगत संरचनाओं, स्मार्ट तकनीकों, सामुदायिक स्वास्थ्य केंद्रों और किसान उत्पादक संगठनों (एफपीओ) जैसे समावेशी मॉडलों और कौशल एवं मूलभूत संरचनाओं, के विकास को एकीकृत करके, भारत 2047 तक 75 प्रतिशत मशीनीकरण प्राप्त करने का लक्ष्य प्राप्त कर सकता है - जो उत्पादकता, ग्रामीण समृद्धि और टिकाऊ कृषि के लिए एक आवश्यक मील का पत्थर सिद्ध होगा।

ग्रंथसूची

1. Anonymous (2022). Vision 2047. Unpublished technical bulletin, ICAR-CIAE, Bhopal.
2. Mehta, C.R., Chandel, N.S., Senthilkumar, T. (2014). Status, challenges and strategies for farm mechanization in India. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA), 45(4), 43-50.
3. Mehta, C.R., Chandel, N.S., P C Jena, Anamika Jha (2019). Indian agriculture counting on farm mechanization. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA), 50(1), 84-89.
4. Mehta, C.R., Bangale, R.A., Chandel, N.S., Kumar, Mohit (2023). Farm mechanization in India: Status and way forward. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (AMA), 54(2), 75-88.

रणनीतिक स्वचालन के माध्यम से भारतीय कृषि में परिवर्तन

प्रो. (डॉ) बलविंदर शुक्ला

कुलपति, एमिटी विश्वविद्यालय

2047 तक एक विकसित राष्ट्र बनने के भारत के दृष्टिकोण ने कृषि क्षेत्र को एक महत्वपूर्ण मोड़ पर ला खड़ा किया है, जिसका लक्ष्य विश्व का खाद्य भंडार बनना, वैश्विक कृषि एवं संबद्ध निर्यात में 10 प्रतिशत से अधिक भागीदारी प्राप्त करना और भारतीय कृषि क्षेत्र को वैश्विक रूप से प्रतिस्पर्धी, विविध और टिकाऊ बनाना है।

2047 तक भारत की जनसंख्या 1.61 अरब तक पहुँचने का अनुमान है, इसलिए कृषि मशीनीकरण को 75-80 प्रतिशत तक बढ़ाने के लिए तकनीकी क्रांति और कृषि पारिस्थितिकी तंत्र में व्यापक परिवर्तन, जिसमें शासन भी सम्मिलित है, की आवश्यकता है।

वैश्विक कृषि-नेताओं से सीख

कृषि मशीनीकरण में वैश्विक नेताओं का परीक्षण करने पर आगे का रास्ता और भी स्पष्ट हो जाता है।

अमेरिका सटीक कृषि, ड्रोन तकनीक और उन्नत सिंचाई प्रणालियों में उत्कृष्ट है। नीदरलैंड की नियंत्रित वातावरण कृषि और ऊर्ध्वाधर कृषि नवाचारों ने इसे कृषि की सिलिकॉन वैली का उपाधि दी है। ड्रिप सिंचाई, सेंसर-आधारित निरीक्षण और उपग्रह प्रौद्योगिकी में इजराइल की विशेषज्ञता उल्लेखनीय है। चीन की सटीक खेती और रोबोटिक स्वचालन, जापान की कृषि रोबोटिक्स और जर्मनी की सटीक कृषि प्रौद्योगिकियाँ नवाचार की परिवर्तनकारी शक्ति को प्रदर्शित करती हैं।

सफल कृषि मशीनीकरण के ये वैश्विक उदाहरण प्रौद्योगिकी अपनाने, नीतिगत समर्थन और पूर्ण हितधारक जुड़ाव को मिलाकर एक समग्र दृष्टिकोण की माँग करते हैं।

भारत का कृषि परिदृश्य

भारत का कृषि अनुसंधान और शिक्षा का मूलभूल संरचना इस परिवर्तन के लिए एक ठोस आधार प्रदान करती है। भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, राष्ट्रीय डेयरी अनुसंधान संस्थान और पंजाब कृषि विश्वविद्यालय जैसे प्रमुख संस्थानों, देश भर में 74 कृषि संस्थानों और लगभग 101 कृषि अनुसंधान संस्थानों के साथ, भारत में स्थानीय रूप से प्रासंगिक मशीनीकरण समाधान विकसित करने के लिए आवश्यक अनुसंधान पारिस्थितिकी तंत्र उपस्थित है। भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (आईसीएआर) इस विशाल नेटवर्क के समन्वय में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

वर्तमान मशीनीकरण परिदृश्य और चुनौतियाँ

भारत की वर्तमान समग्र कृषि मशीनीकरण दर 47 प्रतिशत है, जिसमें विभिन्न फसलों और क्षेत्रों में मशीनीकरण के स्तर में पर्याप्त असमानताएँ हैं। जबकि सरकारी समर्थन और बाजार की मांग के कारण गेहूं और चावल जैसी फसलों में मशीनीकरण की दर अधिक है, वहीं पोषण से भरपूर ज्वार और बाजरा जैसी अन्य फसलें एक सीमा तक पारंपरिक विधियों पर निर्भर हैं। यह फसल

की विशेषताओं, क्षेत्रीय जलवायु और बाजार की मांग आदि जैसे कारकों को ध्यान में रखते हुए अनुकूलित समाधानों की आवश्यकता को उजागर करता है।

भारतीय कृषि में छोटे जोतों की प्रधानता अनूठी चुनौतियाँ प्रस्तुत करती है जैसे आधुनिक कृषि तकनीकों को अपनाने में कठिनाई, कम स्तर की अर्थव्यवस्था, उच्च क्रय मूल्य और कम लाभप्रदता, फसल विविधीकरण और चक्रण की सीमित क्षमता, जलवायु परिवर्तन के प्रति अधिक संवेदनशीलता। बड़ स्तर पर कृषि कार्यों के लिए डिजाइन किए गए पारंपरिक मशीनीकरण मॉडल प्रायः असमान भूमि स्वामित्व पैटर्न के लिए अपर्याप्त सिद्ध होते हैं। मशीनीकरण के लिए एक और महत्वपूर्ण चुनौती उपकरणों की बिक्री के बाद खराब सेवा है।

2047 के लिए रणनीतिक रोडमैप

2047 तक कृषि मशीनीकरण और स्वचालन को अधिकतम करने के रोडमैप के लिए एक व्यवस्थित, चरणबद्ध, बहु-हितधारक दृष्टिकोण की आवश्यकता है जो वर्तमान अक्षमताओं को दूर करते हुए भविष्य की क्षमताओं का निर्माण करे।

चरण 1: व्यापक मूल्यांकन और योजना

सफल मशीनीकरण की नींव गहन जमीनी स्तर के मूल्यांकन में निहित है। सरकारी निकायों को, स्थानीय गैर-सरकारी संगठनों, उद्योग, विश्वविद्यालयों और अनुसंधान संस्थानों के साथ साझेदारी में, क्षेत्र-विशिष्ट कृषि चुनौतियों को समझने, सुधार के अवसरों की पहचान करने और व्यवहार्य स्वचालन हस्तक्षेपों का पता लगाने के लिए देश भर में व्यापक सर्वेक्षण करने चाहिए। इन सर्वेक्षणों में परियोजना-आधारित दृष्टिकोण अपनाया जाना चाहिए, जिसमें व्यापक कवरेज सुनिश्चित करने के लिए कृषि, बागवानी, खाद्य प्रौद्योगिकी, इनपुट आपूर्ति, कटाई-पश्चात प्रौद्योगिकियों और अनुसंधान क्षेत्रों के विशेषज्ञों को सम्मिलित किया जाना चाहिए।

यह मूल्यांकन चरण सभी के लिए एक ही दृष्टिकोण अपनाने के स्थान पर, स्थानीय कृषि पद्धतियों, मिट्टी की स्थिति, फसल पैटर्न और किसानों की क्षमताओं को ध्यान में रखते हुए संदर्भ-उपयुक्त समाधान विकसित करने के लिए महत्वपूर्ण है।

चरण 2: नीति ढाँचा और कार्यान्वयन रणनीति

व्यापक आकलन के आधार पर, नीति निर्माताओं को स्पष्ट समयसीमा और मापनीय लक्ष्यों के साथ विस्तृत कार्यान्वयन रोडमैप विकसित करना होगा। इसमें सहायक नीतिगत वातावरण तैयार करना सम्मिलित है जो वित्तपोषण, प्रशिक्षण और रखरखाव संबंधी मूलभूल संरचना जैसी संभावित बाधाओं का समाधान करते हुए मशीनीकरण को अपनाने को प्रोत्साहित करे।

नीति ढाँचे को तात्कालिक आवश्यकताओं और दीर्घकालिक स्थिरता लक्ष्यों के बीच संतुलन बनाना होगा, यह सुनिश्चित करते हुए कि मशीनीकरण के प्रयास पर्यावरण संरक्षण और

जलवायु परिवर्तन के उद्देश्यों के अनुरूप हों।

चरण 3: योजना परिनियोजन और प्रौद्योगिकी एकीकरण

प्रारंभिक चरण में कई माध्यमों से मशीनीकरण योजनाओं के कार्यान्वयन पर ध्यान केंद्रित किया जाएगा। प्रमुख रणनीतियों में संसाधन उपयोग को अनुकूलित करने के लिए जीपीएस-निर्देशित ट्रैक्टरों, ड्रोन और सेंसर-आधारित प्रणालियों के माध्यम से सटीक कृषि को बढ़ावा देना सम्मिलित होगा। भारतीय कृषि की अनूठी चुनौतियों का समाधान करने के लिए छोटी जोतों के लिए उपयुक्त लागत-प्रभावी मशीनरी विकसित करना और मशीनरी साझा करने के लिए सहकारी मॉडल स्थापित करना सम्मिलित है।

कृषि मशीनीकरण के लिए व्यापक डिजिटल प्लेटफॉर्म बनाने से यह सुनिश्चित होगा कि किसानों की मशीनरी, तकनीक और विशेषज्ञता तक पहुँच हो और साथ ही समग्र दक्षता और उत्पादकता में वृद्धि हो। ये प्लेटफॉर्म उपकरण साझाकरण, रखरखाव शेड्यूलिंग और तकनीकी सहायता को सुगम बना सकते हैं।

कस्टम हायरिंग सेंटर (सीएचसी) उच्च लागत वाली कृषि मशीनरी तक पहुँच को लोकतांत्रिक बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएंगे। संसाधनों को एकत्रित करके, छोटे और सीमांत किसान स्वामित्व का पूरा वित्तीय बोझ उठाए बिना उन्नत मशीनीकरण का लाभ उठा सकते हैं। इन केंद्रों को किसान उत्पादक संगठनों (एफपीओ) द्वारा भी समर्थन दिया जा सकता है, जिससे उन्नत शासन, पारदर्शिता और व्यापक पहुँच सुनिश्चित होगी।

किसान उत्पादक संगठन (एफपीओ) किसानों की एक सशक्त सामूहिक आवाज के रूप में कार्य करते हैं, जिससे उन्हें उन्नत मूल्यों पर बातचीत करने, वित्त प्राप्त करने और बड़े स्तर पर मशीनीकरण अपनाने में सहायता मिलती है। एफपीओ-आधारित मॉडलों को मशीनीकरण रोडमैप में एकीकृत करने से न केवल विखंडित भूमि जोत की चुनौती का समाधान होगा, बल्कि मशीनरी के उपयोग में समन्वय और दक्षता में भी सुधार होगा।

एक हाइब्रिड मॉडल, जहाँ एफपीओ कस्टम हायरिंग सेंटरों का प्रबंधन करते हैं, एक मापनीय और टिकाऊ समाधान के रूप में उभर सकता है। ऐसे मॉडल सामूहिक सौदेबाजी, सब्सिडी तक पहुँच और स्थानीय प्रबंधन के लाभों को एक साथ लाएँगे, जिससे यह सुनिश्चित होगा कि मशीनीकरण के लाभ जमीनी स्तर तक पहुँचें। इस ढाँचे के अंतर्गत प्रशिक्षण और क्षमता निर्माण कार्यक्रम ग्रामीण युवाओं के कौशल को और बढ़ा सकते हैं, रोजगार उत्पन्न कर सकते हैं और साथ ही मशीनीकरण को अपनाने में भी सहायता कर सकते हैं।

चरण 4: निरीक्षण, गुणवत्ता आश्वासन, मूल्यांकन और निरंतर सुधार

किसान संगठन, ग्राम पंचायत, जिला कलेक्टर, गैर सरकारी संगठन, छात्र और शोधकर्ता सहित सभी स्तरों पर हितधारकों को सम्मिलित करने वाली एक सुदृढ निरीक्षण प्रणाली प्रभावी कार्यान्वयन सुनिश्चित करती है, सुधार के क्षेत्रों की पहचान करती है और मध्यावधि सुधार के उपाय सुझाती है। नियमित रिपोर्टिंग तंत्र और रीयल-टाइम फीडबैक लूप योजना की प्रभावशीलता बनाए रखने और उभरती चुनौतियों का तुरंत समाधान करने में सहायता करते हैं।

शैक्षणिक संस्थानों और छात्र समुदायों की भागीदारी व्यावहारिक शिक्षण के अवसर प्रदान करते हुए निरीक्षण प्रयासों को महत्वपूर्ण रूप से बढ़ा सकती है। यह दृष्टिकोण एक आत्म-सुदृढ़ीकरण प्रणाली का निर्माण करता है जहाँ शिक्षा, अनुसंधान और कार्यान्वयन एक-दूसरे को निरंतर सूचित करते रहते हैं।

प्रभावशीलता का मूल्यांकन करने के लिए लाभार्थी-संचालित रेटिंग प्रणालियाँ यह सुनिश्चित करती हैं कि मशीनीकरण के प्रयास किसानों को ठोस लाभ प्रदान करें और साथ ही अनुकरण के लिए सफल मॉडलों की पहचान भी करें।

कार्यान्वयन चुनौतियों का समाधान

वर्तमान कृषि विकास श्रृंखला में एक महत्वपूर्ण चुनौती हितधारकों के बीच समन्वय अंतराल के कारण होने वाली लगभग 50 प्रतिशत अनुकूलन हानि है। जहाँ कृषक, शोधकर्ता और नीति निर्माता अपने-अपने क्षेत्रों में उत्कृष्ट प्रदर्शन करते हैं, वहीं अपर्याप्त समन्वय समग्र प्रभावशीलता को कम करता है।

प्रस्तावित रोडमैप व्यवस्थित हितधारक भागीदारी और निरंतर निरीक्षण के माध्यम से इस चुनौती का समाधान करता है। निरीक्षण प्रक्रियाओं में छात्रों और शोधकर्ताओं को सम्मिलित करके, यह प्रणाली गुणवत्ता की निरीक्षण बनाए रखते हुए बड़े स्तर पर कार्य कर सकती है।

प्रौद्योगिकी एकीकरण, नवाचार और कौशल विकास को प्रोत्साहन

सफलता के लिए अनुसंधान और नवाचार, और कृषि मशीनरी की मरम्मत और रखरखाव में तकनीशियनों के लिए कौशल विकास कार्यक्रमों पर बल देना आवश्यक है। कृषि उपकरण निर्माताओं के साथ सार्वजनिक-निजी भागीदारी नवाचार और प्रौद्योगिकी अपनाने में तेजी ला सकती है।

प्रायः उच्च मात्रा में शोध कार्य और पेटेंट को प्राथमिकता दी जाती है, किन्तु स्थानीय रूप से प्रासंगिक और प्रभावशाली नवाचारों पर ध्यान केंद्रित करना आवश्यक है। केवल मात्रा पर बल देने के स्थान पर, सरकार को उन सफल नवाचारों को प्रोत्साहित करना चाहिए जो स्थानीय चुनौतियों का समाधान करते हैं। स्थानीय स्तर पर संचालित नवाचार को प्राथमिकता देने से यह सुनिश्चित होगा कि अनुसंधान और विकास के प्रयास समुदाय के लिए ठोस लाभ प्रदान करें, और अधिक सार्थक और टिकाऊ समाधान तैयार करें जो लोगों के जीवन पर सकारात्मक प्रभाव डालें।

2047 तक कृषि मशीनीकरण और स्वचालन को अधिकतम करने के रोडमैप के लिए नीति निर्माण से लेकर जमीनी स्तर पर कार्यान्वयन तक, सभी हितधारक स्तरों पर समन्वित और प्रतिबद्ध प्रयासों की आवश्यकता होगी। स्थानीय चुनौतियों का समाधान करते हुए वैश्विक सर्वोत्तम प्रथाओं से सीखकर, भारत अपने मशीनीकरण लक्ष्यों को प्राप्त कर सकता है और अपनी बढ़ती जनसंख्या के लिए खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित कर सकता है तथा कृषि मशीनीकरण और स्वचालन में खुद को वैश्विक नेता के रूप में स्थापित कर सकता है।

2047 तक विकसित कृषि के लिए ब्लू प्रिंट

डॉ नचिकेत कोतवालीवाले[1] और डॉ धृतिमान साहा[2]

[1]निदेशक, आईसीएआर-केंद्रीय कटाई-उपरान्त अभियांत्रिकी एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, लुधियाना
[2]वैज्ञानिक, आईसीएआर-केंद्रीय कटाई-उपरान्त अभियांत्रिकी एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, लुधियाना

2047 तक एक विकसित राष्ट्र बनने की भारत की आकांक्षा उसके कृषि क्षेत्र में बदलाव पर निर्भर करती है। आज, खेती श्रम-प्रधान, उच्च हानि और कम इनपुट उपयोग दक्षता के प्रति संवेदनशील है, किन्तु मशीनीकरण और स्वचालन के साथ, यह एक प्रौद्योगिकी-संचालित, कुशल और विश्व स्तर पर प्रतिस्पर्धी प्रणाली के रूप में विकसित हो सकती है। यह परिवर्तन ट्रैक्टरों और हार्वेस्टर से आगे बढ़कर सटीक कृषि, रोबोटिक्स, कटाई-पश्चात प्रसंस्करण, आईओटी-आधारित निरीक्षण और एआई-संचालित निर्णय लेने को भी सम्मिलित करेगा। अगले दो दशकों में, भारतीय कृषि मूलभूत मशीन पहुँच से आगे बढ़कर बुद्धिमान, डेटा-संचालित स्वचालन की ओर बढ़ेगी, जिससे खेत से थाली तक की पूरी श्रृंखला का अनुकूलन होगा। 2047 का विजन स्पष्ट हैः हर किसान को, चाहे उसकी जमीन कितनी भी बड़ी क्यों न हो, समय पर उपयुक्त मशीनों तक पहुँच होनी चाहिए जो बुद्धिमान प्रणालियों द्वारा समर्थित हों, हानि और मेहनत को कम करें, उत्पादकता और मूल्य-प्राप्ति को बढ़ाएँ। कृषि मशीनरी निर्माण क्षेत्र, कृषि के साथ-साथ भी वैश्विक नेतृत्व प्राप्त करने के लिए विकसित होगा।

चरण 1: 2025–2030 – पहुँच और समावेशिता का निर्माणः निकट भविष्य में, पहुँच और समावेशिता पर बल दिया जाएगा। चूँकि 85

प्रतिशत से अधिक भारतीय किसान दो हेक्टेयर से कम जमीन पर काम करते हैं, इसलिए महंगी मशीनरी का स्वामित्व अवास्तविक है। इसलिए, कस्टम हायरिंग सेंटर (सीएचसी), एफपीओ-प्रबंधित मशीनरी बैंक, मोबाइल कृषि -प्रसंस्करण सेवाएँ और माइक्रो-फ्रेंचाइजी सेवा मॉडल जैसी व्यवस्थाओं का तेजी से विस्तार होना चाहिए। इन केंद्रों को विविध उपकरण जैसे मिनी पावर वीडर, छोटे पैमाने के प्लांटर, छिड़काव के लिए ड्रोन, हार्वेस्टर, ड्रायर, ग्रेडर और पैकेजिंग मशीन उपलब्ध कराने चाहिए। कटाई के बाद मशीनीकरण भी उतना ही आवश्यक है, क्योंकि कटाई के बाद बहुत हानि (मात्रात्मक और गुणात्मक दोनों) होती है। क्लीनर, ग्रेडर, ड्रायर और पैकेजिंग सुविधाओं से युक्त मॉड्यूलर ग्राम-स्तरीय कृषि-प्रसंस्करण केंद्र (एपीसी) स्थापित करने से किसानों को स्थानीय स्तर पर अधिक मूल्य प्राप्त करने में सहायता मिलेगी। आईओटी-सक्षम कोल्ड स्टोरेज और परिवहन प्रणालियाँ महत्वपूर्ण भूमिका निभाएँगी, जिससे तापमान और आर्द्रता जैसी स्थितियों की वास्तविक समय पर निरीक्षण संभव होगा, जिससे उत्पादों की शेल्फ लाइफ बढ़ेगी और अपव्यय कम होगा। जिला-स्तरीय 'मशीनीकरण कौशल केंद्रों' के माध्यम से कौशल विकास को भी प्राथमिकता दी जाएगी, जो ऑपरेटरों, ड्रोन पायलटों और तकनीशियनों को प्रशिक्षित करेंगे। महिला किसानों को एर्गोनॉमिक रूप से डिजाइन किए गए उपकरणों और सूक्ष्म-उद्यमिता के लिए सहायता प्रदान करके सशक्त बनाने पर विशेष ध्यान दिया जाएगा। पे-पर-यूज मॉडल, लीज-टू-ओन योजनाएँ और उपयोग-आधारित बीमा जैसे वित्तीय समावेशन उपकरण मशीनीकरण को सस्ता बनाएंगे। क्यूआर-कोडेड सर्विस लॉग और आईओटी सेंसर द्वारा संचालित पूर्वानुमानित रखरखाव प्रणालियाँ विश्वसनीयता सुनिश्चित करेंगी। उत्पादों और प्रक्रियाओं का मानकीकरण गुणवत्तापूर्ण मशीनों और

मूल्यवर्धित खाद्य उत्पादों के उत्पादन के प्रमुख क्षेत्रों में से एक है। देश सभी प्रमुख मानकों को प्रासंगिक अंतर्राष्ट्रीय मानकों के अनुरूप बनाने में सक्षम होगा। इसके अलावा, हम अंतर्राष्ट्रीय मानक को प्रभावित करने में सक्षम होंगे ताकि भारतीय निर्माताओं और उद्योग के अधिकारों और हितों की रक्षा की जा सके।

चरण 2: 2030—2040 – इंटेलिजेंस का एकीकरणः दूसरे चरण में पहुँच से हटकर इंटेलिजेंस पर ध्यान केंद्रित किया जाएगा। मशीनीकरण को एआई, मशीन लर्निंग, रोबोटिक्स और आईओटी के साथ गहराई से एकीकृत किया जाएगा, जिससे स्मार्ट, सटीक संचालन संभव होगा। कृषि मशीनरी ऐसी बुद्धिमान प्रणालियों में विकसित होंगी जो मिट्टी और फसल की स्थितियों में परिवर्तनशीलता को भांप सकेंगी, वास्तविक समय में इनपुट समायोजित कर सकेंगी और संसाधनों की क्षति को कम कर सकेंगी। एआई-संचालित ड्रोन और रोबोटिक भुजाएँ, खरपतवार की पहचान, फसल तनाव का पता लगाने और असमान रूप से पकने वाली फसलों की चुनिंदा कटाई जैसे जटिल कार्य करेंगी। कटाई के बाद की प्रक्रियाओं में भी महत्वपूर्ण स्वचालन होगा। मशीन विजन और हाइपरस्पेक्ट्रल इमेजिंग से अनाज, फलों और सब्जियों की स्वचालित ग्रेडिंग और गुणवत्ता मूल्यांकन संभव होगा, जिससे पारदर्शी, गुणवत्ता-आधारित मूल्य निर्धारण सुनिश्चित होगा। रोबोटिक्स न केवल क्षमता और दक्षता बढ़ाएगा, बल्कि अनिश्चित परिस्थितियों में किए जाने वाले प्रसंस्करण कार्यों का भी ध्यान रखेगा। 3डी प्रिंटिंग खाद्य प्रोटोटाइपिंग और अनुकूलन के माध्यम से खाद्य प्रसंस्करण और पैकेजिंग को सुव्यवस्थित करेगी, खासकर कार्यात्मक खाद्य पदार्थों के मामले में। 3डी फूड प्रिंटिंग व्यक्तिगत पोषण कार्यक्रमों का भी समर्थन करेगी, जबकि एम्बेडेड बायोसेंसर वाली स्मार्ट पैकेजिंग उत्पाद की शेल्फ लाइफ बढ़ाएगी और ब्लॉकचेन के माध्यम से ट्रेसेबिलिटी की गारंटी देगी। आईओटी-आधारित सेंसर और डिजिटल ट्विन तकनीक भंडारण को पूर्वानुमानित बना देगी-उदाहरण के लिए, कोल्ड रूम, शेल्फ लाइफ का पूर्वानुमान लगाने और नमी के स्थानांतरण या खराब होने जैसे संकटों का पता लगाने के लिए भौतिकी-आधारित और एआई मॉडल का उपयोग करेंगे। कृषि-औद्योगिक उप-उत्पादों को किण्वन या सुपरक्रिटिकल द्रव निष्कर्षण जैसी पर्यावरण-अनुकूल विधियों का उपयोग करके न्यूट्रास्युटिकल्स, कार्यात्मक खाद्य पदार्थों और जैवसक्रिय यौगिकों में संसाधित किया जा सकता है। पशुधन क्षेत्र में, आहार, दूध दुहने, पर्यावरण नियंत्रण और अपशिष्ट प्रबंधन में स्वचालन से स्वच्छता और दक्षता में वृद्धि होगी, विशेष रूप से उपनगरीय डेयरी समूहों में। सामूहिक रूप से, ये प्रगति कृषि को एक परिशुद्धता-उन्मुख, डेटा-समृद्ध पारिस्थितिकी तंत्र में बदल देगी, जिसमें वास्तविक समय में निर्णय लेने की क्षमता होगी और शारीरिक श्रम पर निर्भरता कम होगी।

देश में सेंसर और संबंधित इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों के उत्पादन की एक अत्यंत प्रभावशाली क्षमता विकसित करने के बाद, भारतीय कृषि मशीनरी निर्माता अपने वैश्विक प्रतिस्पर्धियों के बराबर प्रतिस्पर्धी मूल्य और परिशुद्धता के साथ उन्नत मशीनरी प्रदान करने में सक्षम होंगे।

चरण 3: 2040—2047– स्वायत्तता और स्थिरता प्राप्त करनाः अंतिम चरण 'विकसित भारत' के लक्ष्य के साथ संरेखित स्वायत्तता, लचीलापन और स्थिरता को प्राथमिकता देगा। तब तक, मशीनीकरण का स्तर 75 प्रतिशत से अधिक होना चाहिए, जिसमें कृषि बिजली की उपलब्धता वैश्विक मानकों के बराबर होगी। स्वायत्त रोबोट, कोबोट और रोबोटिक झुंड बागवानी पर हावी होंगे व न्यूनतम मानव इनपुट के साथ निराई, छिड़काव और कटाई जैसे कार्य हो रहे होंगे । एआई और कंप्यूटर विजन से लैस बहुउद्देशीय स्वायत्त वाहन, दूरस्थ पर्यवेक्षण के अन्तर्गत बीजारोपण, अंतर-संस्कृति प्रथाओं और कटाई करेंगे। कटाई के बाद की श्रृंखला पूरी तरह से डिजिटल और एआई-प्रबंधित होगी, जिसमें डिजिटल जुड़वाँ पूर्वानुमानित शेल्फ-लाइफ अनुमान, संसाधन आवंटन और गतिशील मूल्य खोज को सक्षम करेंगे स्थायित्व मुख्यधारा बन जाएगा, और फसल अवशेष प्रबंधन की तकनीकें पराली जलाने को खत्म कर देंगी, बायोमास को बायो-सीएनजी, जैव ईंधन और पर्यावरण-अनुकूल कंपोजिट में बदल देंगी। मशीनरी तेजी से सौर, हाइड्रोजन या हाइब्रिड प्रणालियों पर चलेंगी, जो आपूर्ति श्रृंखला में उत्सर्जन को कम करने के लिए कार्बन-न्यूट्रल प्रोटोकॉल द्वारा समर्थित होंगी। विकेन्द्रीकृत, स्वच्छ ऊर्जा से संचालित मूल्य-संवर्धन केंद्र किसानों को उच्च-मूल्य वाले खाद्य पदार्थों, न्यूट्रास्युटिकल्स और जैव-पदार्थों को अपने खेतों के पास ही संसाधित करने की अनुमति देंगे, जिससे ग्रामीण-शहरी असमानताएँ कम होंगी। भारत की स्वतंत्रता के शताब्दी वर्ष तक, हर कृषि गाँव में मशीनीकरण और स्वचालन दिखाई देगा। किसान डिजिटल प्लेटफॉर्म के माध्यम से साझा मशीनों के बेड़े तक पहुँच पाएंगे, ड्रोन और रोबोट कठिन खेतों का काम करेंगे, आईओटी सेंसर खेत से भंडारण तक गुणवत्ता सुनिश्चित करेंगे, और एआई उपज, कीमतों और शेल्फ लाइफ का अनुमान लगाएगा। कचरे को मूल्यवर्धित उत्पादों, न्यूट्रास्युटिकल्स और जैव-पदार्थों में बदला जाएगा, जिससे आय के नए स्रोत बनेंगे। खेती को अब कम आय वाला, श्रम-प्रधान व्यवसाय नहीं, बल्कि एक आधुनिक, तकनीक-संचालित उद्यम माना जाएगा। रोडमैप में मशीनीकरण और स्वचालन को विलासिता के रूप में नहीं, बल्कि सभी किसानों और कृषि-समर्थित उद्योगों के अधिकारों के रूप में देखा गया है - जिससे 2047 तक समृद्धि, खाद्य सुरक्षा और वैश्विक प्रतिस्पर्धा सुनिश्चित होगी।

भविष्य के खेत 2047 तक मशीनीकरण और स्वचालन को अधिकतम करेंगे

नरिंदर मित्तल

अध्यक्ष एवं प्रबंध निदेशक, सीएनएच इंडिया

जैसे-जैसे भारत 2047 में अपनी शताब्दी वर्षगाँठ की ओर बढ़ रहा है, कृषि राष्ट्र की प्रगति को आकार देने में और भी बड़ी भूमिका निभाने के लिए तैयार है। यह लंबे समय से खाद्य सुरक्षा और ग्रामीण आजीविका की रीढ़ रही है, और आज यह नवाचार, स्थिरता और वैश्विक प्रतिस्पर्धा को बढ़ावा देने का वचन भी देती है। सही दृष्टिकोण के साथ, भारतीय कृषि अगले दो दशकों में और भी सुदृढ हो सकती है।

भारत पहले से ही वैश्विक स्तर पर सबसे बड़ा ट्रैक्टर बाजार है, किन्तु वास्तविक मशीनीकरण में ट्रैक्टरों से कहीं अधिक सम्मिलित है। 2024 में, भारत में कुल कृषि मशीनीकरण लगभग 47 प्रतिशत होगा, और इसका अनुप्रयोग विभिन्न फसलों और विभिन्न क्षेत्रों में असमान है, और इसका अधिकांश भाग अभी भी कठोर प्रयासों पर निर्भर है। अंतर सबसे अधिक वहाँ हैं जहाँ कृषि सबसे अधिक श्रम-प्रधान है और प्रौद्योगिकी का अनुप्रयोग सबसे कमजोर है। इन अंतरालों को पाटना उत्पादकता बढ़ाने से कहीं अधिक है, बल्कि कृषि कार्य को कम शारीरिक रूप से कठिन, कम दुर्बल करने वाला और अधिक लाभदायक बनाने के बारे में भी है। श्रमसाध्य श्रम को कम करके और कुशल आजीविका का सृजन करके, तकनीक किसानों और श्रमिकों दोनों को सक्षम बना सकती है, और 2047 तक एक सुदृढ, जलवायु-प्रतिरोधी और प्रतिस्पर्धी कृषि क्षेत्र स्थापित कर सकती है।

वर्तमान परिदृश्य

भारतीय मशीनीकरण एक मिश्रित चित्र प्रस्तुत करता है। गेहूँ और धान जैसी फसलों

में, जुताई, बुवाई और कटाई में मशीनों का उपयोग अपेक्षाकृत अधिक है, किन्तु गन्ना एक बिल्कुल अलग कहानी है। किसानों और उद्योग दोनों के लिए सबसे महत्वपूर्ण फसलों में से एक होने के बाद भी, केवल लगभग 6 प्रतिशत गन्ने की कटाई ही मशीनीकृत है। इसका अर्थ है कि 94 प्रतिशत क्षेत्र अभी भी मानव श्रम पर निर्भर है, जो उत्पादन बढ़ाने और लागत कम करने की अपार अप्रयुक्त क्षमता को दर्शाता है। अधिकांश काम अभी भी मानव श्रम पर निर्भर है, जिससे लागत बढ़ती है, दक्षता धीमी होती है, और श्रमिकों पर भारी शारीरिक बोझ पड़ता है। आधुनिक समाधानों को लागू करने से इस क्षेत्र में बदलाव आ सकता है, लागत में कटौती हो सकती है, उत्पादन में सुधार हो सकता है, स्थिर आपूर्ति श्रृंखलाएँ बन सकती हैं और कुशल रोजगार के अवसर उत्पन्न हो सकते हैं।

संरचनात्मक बाधाएँ ही उन्हें पीछे रखती हैं। छोटे, खंडित खेत मशीनों के उपयोग को प्रतिबंधित करते हैं, उच्च तकनीक वाली मशीनरी की लागत प्रायः पर एकल किसानों की पहुँच से बाहर होती है, और बहुत से किसानों के पास अभी भी प्रशिक्षण और भरोसेमंद सेवा नेटवर्क तक पहुँच का अभाव है। बदलाव की हवा चल रही है। बेलर के माध्यम से फसल अवशेष प्रबंधन को बढ़ावा देने वाले सरकारी कार्यक्रम पराली जलाने में कमी ला रहे हैं और आय के नए स्रोत खोल रहे हैं। छोटे और बड़े, दोनों प्रकार के उच्च क्षमता वाले बेलर का उपयोग विभिन्न क्षेत्रों में बढ़ रहा है, जिसे सब्सिडी ढाँचे और किराये के मॉडल का समर्थन प्राप्त है जो इसे और अधिक व्यवहार्य बनाते हैं। कुल मिलाकर, ये उपाय लागत कम करने और किसानों के लिए उपकरण अधिक सुलभ बनाने में सहायता करते हैं, जिससे विभिन्न क्षेत्रों में अधिक मशीनीकरण का मार्ग प्रशस्त होता है। हम बायोमास प्रबंधन पर भारत सरकार की पहलों का सक्रिय रूप से समर्थन कर रहे हैं। अपने बेलर और उच्च-हॉर्सपावर वाले ट्रैक्टरों के माध्यम से, हम किसानों को पराली को जलाने के स्थान पर उसे गांठों में बदलने में सक्षम बनाते हैं-जिससे दिल्ली-एनसीआर में प्रदूषण कम करने में सहायता मिलती है और साथ ही बायोमास उत्पादन से अतिरिक्त राजस्व का सृजन होता है।

विजन 2047

2047 तक, जब भारत अपनी स्वतंत्रता के 100 वर्ष पूरे करेगा, देश को तकनीक-संचालित, टिकाऊ कृषि के युग का आरम्भ करना होगा जिसमें मशीनीकरण को स्वचालन, कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई)

और स्वच्छ ऊर्जा समाधानों के साथ जोड़ा जाएगा। इसमें हमारे पास पहले से उपलब्ध सटीक तकनीकी समाधान सम्मिलित हैं, जैसे फसलों के निरीक्षण के लिए ड्रोन का उपयोग, सटीक दर पर फसलों के बीज बोने के लिए जीपीएस से लैस मशीनें, और पानी की बचत करने वाली स्मार्ट सिंचाई प्रणालियाँ। उच्च-स्तरीय कंबाइनों का व्यापक उपयोग, जो सटीक उपकरणों से कई फसलों की कटाई करने में सक्षम हैं, जो श्रम की कमी को कम करते हुए उत्पादन को 6-7 प्रतिशत तक बढ़ा सकते हैं, इस बात के उदाहरण हैं कि कैसे उन्नत मशीनीकरण दक्षता को पुनर्परिभाषित कर सकता है।

उदाहरण के लिए, गन्ने का सबसे बड़ा उत्पादक होने के बाद भी, उत्तर प्रदेश अभी भी बहुत सीमित मशीनीकरण के साथ मैन्युअल प्रथाओं पर बहुत अधिक निर्भर है - एक ऐसा अवसर जो सीधे उपज और किसानों की आय को प्रभावित करता है। सीएनएच में, हम इसे सार्थक बदलाव लाने के लिए एक अवसर के रूप में देखते हैं। उदाहरण के लिए, महाराष्ट्र में हमारे चल रहे कपास बीनने वाले परीक्षणों का उद्देश्य इस फसल क्षेत्र के लिए व्यावहारिक मशीनीकृत समाधान प्रदान करना, दक्षता में सुधार और श्रम निर्भरता को कम करना है।

युवा उन्नत हार्वेस्टर चलाकर और नई तकनीकों को अपनाने को प्रोत्साहित करके इस परिवर्तन में एक बड़ी भूमिका निभाएंगे, जिससे मशीनीकरण न केवल उत्पादकता का एक प्रेरक बल्कि रोजगार का स्रोत भी बनेगा। सतत कृषि स्वच्छ ऊर्जा से संचालित होगी और कुशल अवशेष प्रबंधन द्वारा समर्थित होगी, और प्राकृतिक संसाधनों के संरक्षण के लिए निरंतर मृदा स्वास्थ्य निगरानी द्वारा निर्देशित होगी। यह समतामूलक भी होनी चाहिए, जिसमें छोटे और सीमांत किसानों के लिए नए समाधानों के समान अवसर उपलब्ध हों, जो देश के कृषि परिदृश्य में बहुसंख्यक हैं। इस दृष्टिकोण को प्राप्त करने से न केवल भारत खाद्य और पोषण की दृष्टि से सुरक्षित बनेगा, बल्कि देश को कृषि के लिए एक विश्वसनीय वैश्विक भागीदार के रूप में भी स्थापित करेगा।

रोडमैप

इस दृष्टिकोण को प्राप्त करना विभिन्न कारकों पर निर्भर करेगा जो आगे सहयोग करेंगे। ड्रोन, जीपीएस-निर्देशित ट्रैक्टर और मृदा सेंसर जैसी तकनीकों को पायलट कार्यक्रमों से बाहर निकालकर लागत-प्रभावी, भारत-केंद्रित समाधानों के माध्यम से मुख्यधारा में लाना होगा। स्वच्छ पावरट्रेन अपनाना, फसल अवशेषों के निपटान के लिए बेलर और मल्चर का उपयोग करना, और जल-कुशल प्रणालियों को बढ़ावा देना जैसे स्थायी समाधान भी सहायक हो सकते हैं। मीथेन, गैस या फ्लेक्स-फ्यूल इंजन से चलने वाले इलेक्ट्रिक और वैकल्पिक ईंधन वाले ट्रैक्टरों का प्रदर्शन विश्व भर में पहले से ही किया जा रहा है, जो एक ऐसे भविष्य की ओर इंगित करता है जहाँ स्वच्छ ऊर्जा कृषि मशीनीकरण में एक बड़ी भूमिका निभाएगी। इसी तरह, भारत के कुछ भागों में कपास की मशीनीकृत कटाई का परीक्षण किया जा रहा है, यद्यपि कि इसका व्यापक रूप से अपनाया जाना छिड़काव प्रक्रियाओं से संबंधित सक्षम नियमों पर निर्भर करेगा।

फसलों के अलावा, भारत विश्व के सबसे बड़े दूध उत्पादकों में से एक है। यहाँ भी, मशीनीकरण की एक बड़ी भूमिका है। चारे की गुणवत्ता में सुधार करने वाले चारा हार्वेस्टर से लेकर सटीक छिड़काव करने वाले ड्रोन तक, सीएनएच ऐसी तकनीकों में अग्रणी है जो लागत कम करती हैं, उत्पादकता में सुधार करती हैं और समग्र गुणवत्ता को बढ़ाती हैं।

इसके अतिरिक्त, कौशल विकास और क्षमता निर्माण पर ध्यान केंद्रित किया जाना चाहिए, जिसमें किसानों का प्रशिक्षण, संचालक प्रशिक्षण और ग्रामीण क्षेत्रों में युवाओं का प्रशिक्षण सम्मिलित है ताकि वे आत्मविश्वास से परिष्कृत उपकरणों का उपयोग और संचालन कर सकें। वित्त और नीति भी महत्वपूर्ण योगदानकर्ता हैं। सस्ते ऋण और पट्टे की व्यवस्था शीघ्र अपनाने में सहायता करेगी। और अंत में, कृषि ऐप्स, विश्लेषणात्मक सारांश और दूरस्थ निदान के रूप में प्रौद्योगिकी एक गेम-चेंजर सिद्ध होगी, जिससे बेहतर निर्णय लेने और उत्पादकता में सुधार होगा।

ये प्राथमिकताएँ मिलकर कृषि को न केवल उत्पादक, बल्कि टिकाऊ और भविष्य-सुरक्षित बनाने का रोडमैप तैयार करती हैं। यह दृष्टिकोण सरकारी नीतियों के समर्थन, किसानों की ओर से परिवर्तन और उद्योग की ओर से निरंतर नवाचार के माध्यम से संभव होगा। सीएनएच में, हमने अनुसंधान एवं विकास, उन्नत स्थानीय विनिर्माण और उच्च-तकनीकी समाधानों, जिनमें स्मार्ट ट्रैक्टरों से लेकर सटीक उपकरण सम्मिलित हैं, में निवेश के माध्यम से इस यात्रा को सुगम बनाना आरम्भ कर दिया है, जो भारतीय खेतों की सहायता करते हैं और अंतर्राष्ट्रीय बाजारों तक भी पहुँचते हैं। स्थानीय अनुसंधान एवं विकास और विनिर्माण में बढ़ते निवेश पहले से ही यह सुनिश्चित कर रहे हैं कि भारत अपनी अनूठी कृषि परिस्थितियों के अनुकूल समाधान तैयार करने में अग्रणी बना रहे, साथ ही वैश्विक बाजारों में भी योगदान दे।

निष्कर्ष

स्वचालन और मशीनीकरण का उद्देश्य लोगों को प्रतिस्थापित करना नहीं है, बल्कि किसानों को अधिक कुशलता से उत्पादन करने, अपनी आय बढ़ाने और कृषि को टिकाऊ बनाने के लिए बेहतर ढंग से काम करने के लिए प्रेरित करना है। उन्नत कंबाइन और बेलर और स्वच्छ ईंधन वाले ट्रैक्टरों से, मशीनीकरण पहले ही दिखा रहा है कि यह कैसे लागत कम कर सकता है, कठिन परिश्रम को कम कर सकता है और किसानों के लिए आय के नए रास्ते खोल सकता है। डिजिटल रूप से सशक्त और मशीनीकृत कृषि क्षेत्र किसानों को मैनुअल विधियों की अनिश्चितताओं से मुक्त कर सकता है, ग्रामीण युवाओं के लिए नए अवसर खोल सकता है और यह सुनिश्चित कर सकता है कि भारत स्वयं और विश्व का भरण-पोषण करने में सक्षम बना रहे। यदि हम तकनीक का बुद्धिमानी से विस्तार करें, वित्त और बाजारों को खोलें, और क्षमताओं में निवेश करें, तो भारत 2047 और उसके बाद तक एक वैश्विक रूप से प्रतिस्पर्धी, डिजिटल रूप से सशक्त और स्थायी रूप से उत्पादक कृषि क्षेत्र का निर्माण कर सकता है। समय अभी है, दिशा तय है, और समय कार्यवाही का है।

विभिन्न क्षेत्रों में उन्नत मशीनीकरण समाधान लाकर, सीएनएच न केवल कृषि उपज में सुधार कर रहा है, अपितु भारतीय कृषि के लिए दक्षता, स्थिरता और दीर्घकालिक समृद्धि को भी बढ़ावा दे रहा है।

2047 तक किसानों के सशक्तिकरण के लिए अग्रणी कृषि यंत्रीकरण बाधाएँ और मार्ग

प्रो. (डॉ) ममता तिवारी

पूर्व निदेशक, मानव संसाधन विकास
कृषि विश्वविद्यालय, कोटा, राजस्थान

स्वतंत्रता के मात्र सौ वर्ष बाद, 2047 तक भारत को एक विकसित राष्ट्र बनने के लिए, कृषि को श्रम-प्रधान क्षेत्र से विकास के एक स्वचालित इंजन में बदलना होगा। कृषि यंत्रीकरण और स्वचालन, हमारी बुवाई, खेती और कटाई की विधि में क्रांतिकारी बदलाव ला सकते हैं। यह परिवर्तन केवल एक संभावना नहीं है, बल्कि आने वाले दशकों में खाद्य सुरक्षा, जलवायु परिवर्तन के प्रति लचीलापन और किसानों की समृद्धि सुनिश्चित करने के लिए एक आवश्यकता है। एक विकसित भारत बनने के लिए कृषि यंत्रीकरण और स्वचालन की तत्काल आवश्यकता है। भारत की कृषि अभी भी शारीरिक श्रम पर बहुत अधिक निर्भर है और इसलिए कभी-कभी कम उत्पादकता, विशेष रूप से महिलाओं और बुजुर्ग किसानों के लिए अधिक श्रमसाध्य कार्य, बढ़ती लागत और श्रम की कमी और जलवायु परिवर्तनशीलता के कारण कार्यों में देरी का परिणाम होता है।

भारत 2047 तक एक आत्मनिर्भर, तकनीकी रूप से उन्नत राष्ट्र बनने की कल्पना करता है। कृषि को पारंपरिक, श्रम-गहन प्रथाओं से डिजिटल रूप से संचालित, स्वचालित प्रणाली की ओर एक आमूल-चूल परिवर्तन करना होगा। किन्तु वर्तमान से भविष्य तक की यात्रा जटिल चुनौतियों से भरी है। 2047 तक कृषि मशीनीकरण और स्वचालन को अधिकतम करने के लिए, भारत को संरचित, समावेशी और नवीन दृष्टिकोणों के माध्यम से इन बाधाओं का समाधान करना होगा।

कृषि मशीनीकरण और स्वचालन के सामने असंख्य चुनौतियाँ हैं।

किसानों के पास कृषि भूमि के छोटे टुकड़े हैं। 85 प्रतिशत से ज्यादा भारतीय किसान छोटे और सीमांत हैं जिनके पास 2 हेक्टेयर से कम भूमि है। इस कारण से, उच्च लागत वाली मशीनें किसानों के लिए वहनीय नहीं हैं और वे छोटे भूखंडों के लिए अकुशल हैं। एफपीओ के माध्यम से इस समस्या को कम किया जा सकता है। भूमि पूलिंग और किसान उत्पादक संगठनों (एफपीओ) को बढ़ावा देने की आवश्यकता है जो साझा मशीनीकृत खेती के लिए भूमि के स्वैच्छिक पूलिंग को प्रोत्साहित कर सकें। इससे दक्षता बढ़ती है, व्यक्तिगत लागत का बोझ कम होता है और बड़े स्तर पर मशीनरी का उपयोग संभव होता है।

मशीनों की उच्च लागत और ऋण की खराब पहुँच एक बड़ी समस्या है। स्वचालित ट्रैक्टर या प्रिसिशन सीडर जैसे पूँजी-गहन उपकरण किसानों की पहुँच से बाहर हैं। इसलिए, विशेष रूप से छोटे किसानों द्वारा उन्नत तकनीकों को कम अपनाया जा रहा है। इस स्थिति का एकमात्र समाधान एक राष्ट्रीय डिजिटल कृषि मशीनीकरण मिशन बनाना और उपकरण किराये की सेवाओं, पूर्वानुमानित रखरखाव उपकरणों, मशीनरी उपयोग के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई)-आधारित सलाह और आधार से जुड़े यूपीआई-आधारित भुगतानों को एकीकृत करने वाला एक केंद्रीय प्लेटफॉर्म विकसित करना है। इससे किसानों को आधुनिक उपकरणों तक किफायती पहुँच के लिए एक ही स्थान पर डिजिटल समाधान उपलब्ध होगा।

ग्रामीण क्षेत्रों में डिजिटल साक्षरता का अभाव एक गंभीर समस्या है। अधिकांश किसान डिजिटल प्लेटफॉर्म, आईओटी, एआई या ड्रोन से अपरिचित हैं। इसके परिणामस्वरूप, तकनीक उपलब्ध होने पर भी, ज्ञान की कमी एक बाधा बन जाती है। इसका एकमात्र समाधान प्रत्येक पंचायत में कस्टम हायरिंग सेंटर (सीएचसी) स्थापित करना है। कई जिलों में कृषि विश्वविद्यालयों और कृषि विज्ञान केंद्रों की देखरेख में, भुगतान-प्रति-उपयोग मॉडल पर स्मार्ट उपकरण लगाने के

लिए सार्वजनिक-निजी भागीदारी (पीपीपी) लागू की जा रही है, जिससे उच्च-स्तरीय मशीनरी बिना स्वामित्व के भी उपलब्ध हो जाती है।

किसानों को मूलभूत संरचना की सुविधाओं, ग्रामीण कनेक्टिविटी, और बिजली की आपूर्ति में कमी तथा इंटरनेट की सीमित पहुँच का सामना करना पड़ रहा है। इसलिए डिजिटल मशीनीकरण उपकरणों को लागू या बनाए नहीं रखा जा सकता है। किसानों में ग्रामीण डिजिटल साक्षरता और कृषि प्रौद्योगिकी कौशल का भी अभाव है। कृषि विज्ञान केंद्रों (केवीके) के माध्यम से अनिवार्य डिजिटल प्रशिक्षण आरम्भ करना एक समाधान हो सकता है। इसके परिणामस्वरूप, किसानों की अगली पीढ़ी को नई तकनीकों को अपनाने और नवाचार करने के लिए सशक्त बनाया जा सकता है।

हम आयातित कृषि तकनीक पर अत्यधिक निर्भर हैं और सीमित अनुसंधान एवं विकास तथा स्वदेशी विनिर्माण के कारण भारत-विशिष्ट नवाचार का अभाव है। उपकरण या तो भारतीय परिस्थितियों के लिए अनुपयुक्त हैं या अत्यधिक महंगे हैं। स्वदेशी अनुसंधान एवं विकास तथा मेक इन इंडिया कृषि प्रौद्योगिकी में निवेश की तत्काल आवश्यकता है। स्टार्टअप्स, विश्वविद्यालयों और निर्माताओं को कम लागत वाले, मॉड्यूलर उपकरण विकसित करने और उपकरणों को इस तरह डिजाइन करने के लिए प्रोत्साहित करने हेतु तत्काल कार्रवाई की आवश्यकता है कि वे भारत की जलवायु और फसल पैटर्न के अनुकूल हों। इससे अंततः निर्भरता कम होगी और सामर्थ्य के माध्यम से अपनाने में वृद्धि होगी।

वर्तमान में भारत अपर्याप्त कस्टम हायरिंग मॉडल का सामना कर रहा है, इसलिए कभी-कभी मशीनीकरण अंतिम छोर के किसान तक पहुँचने में विफल रहता है। ग्रामीण विद्युतीकरण, 5जी और सैटेलाइट इंटरनेट तथा स्मार्ट वेयरहाउसिंग और कोल्ड स्टोरेज इकाइयों के साथ मशीनीकरण को सुदृढ़ और एकीकृत करना आवश्यक है। यदि स्थायी रूप से विनियमित और निर्देशित नहीं किया जाता है, तो बहुत बड़े स्तर पर मशीनीकरण से मृदा संघनन, ईंधन उत्सर्जन और ई-कचरा हो सकता है। इसलिए, सौर ऊर्जा चालित और विद्युत चालित मशीनों, जैव ईंधन संगत ट्रैक्टरों और कम पर्यावरणीय प्रभाव वाले बैटरी चालित ड्रोन के उपयोग को प्रोत्साहित करके हरित मशीनीकरण को बढ़ावा देना आवश्यक है। इससे परिचालन का विस्तार करते हुए स्थिरता सुनिश्चित होगी।

2047 के लिए एक रणनीतिक रोडमैप के लिए नीतिगत समर्थन और सब्सिडी योजनाओं के विस्तार द्वारा राजकोषीय प्रोत्साहन की आवश्यकता है। कृषि प्रौद्योगिकी और हरित मशीनरी को अपनाने के लिए कर छूट लागू करें जिससे निवेश आकर्षित होगा और किसानों के लिए वित्तीय बाधाएँ कम होंगी। डिजिटल सशक्तिकरण क्रांति परिवर्तन के प्रवर्तक के रूप में महत्वपूर्ण है। यह भविष्य के कृषि परिवर्तन की रीढ़ है। 2047 तक, एक वास्तविक डिजिटल रूप से समावेशी ग्रामीण भारत को गति मिल सकती है। इसी प्रकार, फलों की तुड़ाई और निराई के लिए रोबोटिक्स, स्वचालित जल निकासी वाली स्मार्ट सिंचाई प्रणालियाँ और स्वचालित प्रकाश, आर्द्रता और पोषक तत्व नियंत्रण से सुसज्जित वर्टिकल फार्मिंग इकाइयाँ कृषक समुदाय में लोकप्रिय होंगी। यह विकास खेती को तेज, अधिक कुशल और मानव श्रम पर कम निर्भर बनाएगा, साथ ही उत्पादन में भी सुधार करेगा।

2047 तक कृषि मशीनीकरण और स्वचालन को अधिकतम करने का रोडमैप

श्री इंद्रनील दास

सीईओ और संस्थापक, बायोट्रेंड्स ग्लोबल

कार्यकारी सारांश

यह रोडमैप 2047 तक भारतीय कृषि को अत्यधिक मशीनीकृत, स्वचालित और टिकाऊ क्षेत्र में बदलने के लिए एक व्यापक रणनीति प्रस्तुत करता है। यह वर्तमान संरचनात्मक बाधाओं, जैसे मृदा क्षरण और जल की कमी से लेकर सीमित वित्तीय पहुँच और डिजिटल असमानताएँ, को दूर करने की तत्काल आवश्यकता पर बल देता है, साथ ही कृत्रिम बुद्धिमत्ता, जैव प्रौद्योगिकी, इंटरनेट ऑफ थिंग्स (आईओटी) और नवीकरणीय ऊर्जा में उभरते अवसरों का लाभ उठाने की भी आवश्यकता पर बल देता है।

मुख्य निष्कर्ष बताते हैं कि भारत की मशीनीकरण दर, जो वर्तमान में 40-45 प्रतिशत है, विकसित देशों से काफी पीछे है, जिससे उत्पादकता में अंतर उत्पन्न हो रहा है जिसे लक्षित मूलभूत संरचना में निवेश, समावेशी वित्तपोषण, स्वदेशी प्रौद्योगिकी विकास, क्षमता निर्माण और सक्षम नीतिगत ढाँचों के माध्यम से पाटा जा सकता है। यह योजना 2047 तक 90 प्रतिशत से अधिक मशीनीकरण प्राप्त करने के लिए एक चरणबद्ध दृष्टिकोण की अनुसंशा करती है, जिसमें कृषि मूल्य श्रृंखला में स्वचालन को सम्मिलित किया जाएगा और सभी किसानों के लिए समान पहुँच सुनिश्चित की जाएगी।

अनुशंसित कार्यों में सम्मिलित हैं:

1. कृषि मशीनरी केंद्रों और सहकारिता-आधारित साझा सुविधाओं की स्थापना।
2. रियायती ऋण और सार्वजनिक-निजी पट्टे के मॉडल लागू करना।
3. जलवायु-प्रतिरोधी कृषि के लिए गहन तकनीकी समाधानों को एकीकृत करते हुए स्थानीयकृत अनुसंधान एवं विकास को बढ़ावा देना।
4. विशिष्ट कृषि-तकनीकी प्रशिक्षण संस्थानों और डिजिटल साक्षरता कार्यक्रमों का विकास।
5. स्थायी मशीनीकरण को प्रोत्साहित करने और कार्बन बाजार में भागीदारी को सक्षम बनाने वाले नियामक ढाँचों का कार्यान्वयन।

1. परिचय

जैसे-जैसे भारत 2047 में अपनी स्वतंत्रता की शताब्दी के निकट पहुँच रहा है, कृषि क्षेत्र एक आदर्श परिवर्तन के लिए तैयार है। कृषि, जो ग्रामीण आजीविका और राष्ट्रीय खाद्य सुरक्षा का स्थायी आधार है, अब तकनीकी नवाचार और पारिस्थितिक आवश्यकता के मिलन बिंदु पर खड़ी है। कृषि में मशीनीकरण और स्वचालन अब गौण संवर्द्धन नहीं रह गए हैं। ये रणनीतिक अनिवार्यताएँ हैं जो कृषक समुदाय के लिए उन्नत उत्पादकता, जलवायु परिवर्तन के प्रति अधिक लचीलापन और जीवन स्तर में सुधार का वचन देती हैं। यहाँ परिकल्पित परिवर्तन इस क्षेत्र को मुख्यतः श्रम-प्रधान प्रथाओं से परिशुद्धता-उन्मुख, डेटा-संचालित और पर्यावरण-अनुकूल उत्पादन प्रणालियों की ओर ले जाने की आकांक्षा रखता है।

यह विश्लेषण सबसे पहले मशीनीकरण की वर्तमान स्थिति की जाँच करता है, सतत संरचनात्मक और प्रणालीगत चुनौतियों को स्पष्ट करता है, और तत्पश्चात 2047 के

लिए एक दूरदर्शी, तकनीकी रूप से एकीकृत दृष्टिकोण प्रस्तुत करता है।

2. भारत में कृषि यंत्रीकरण का वर्तमान परिदृश्य

भारत की वर्तमान मशीनीकरण दर, जो अनुमानित 40-45 प्रतिशत है, संयुक्त राज्य अमेरिका (95 प्रतिशत) और जापान (100 प्रतिशत) जैसी तकनीकी रूप से उन्नत अर्थव्यवस्थाओं से काफी पीछे है। ट्रैक्टरों का प्रसार वृद्धिशील प्रगति का संकेत देता है, किन्तु उन्नत मशीनीकरण के लाभ अधिकांश छोटे किसानों-जो लगभग 86 प्रतिशत भूमिधारक हैं-के लिए अत्यधिक पूंजीगत लागत, सस्ते ऋण तक अपर्याप्त पहुँच और उपकरणों के रखरखाव एवं समर्थन के लिए अपर्याप्त मूलभूत संरचना के कारण दुर्गम बने हुए हैं।

भारत का कृषि आधुनिकीकरण पथ तीन परस्पर संबंधित कारकों पर निर्भर करता है: (एक) डिजिटल कृषि प्रौद्योगिकियों को तेजी से अपनाना, (दो) जलवायु-अनुकूल मशीनीकरण समाधानों का बड़े स्तर पर उपयोग, और (तीन) छोटे पैमाने के उत्पादकों के लिए उन्नत प्रौद्योगिकियों तक पहुँच को लोकतांत्रिक बनाने के लिए डिजाइन किए गए नीतिगत उपकरण। इन कारकों के प्रभावी कार्यान्वयन से 2035 तक फसल उत्पादकता में 25-30 प्रतिशत की वृद्धि हो सकती है, जिससे भारत एक उच्च-मूल्य उत्पादक और कृषि-स्वचालन प्रणालियों का वैश्विक निर्यातक बन सकता है। देश के पास कृत्रिम बुद्धिमत्ता-सक्षम, इंटरनेट ऑफ थिंग्स (आईओटी)-एकीकृत प्रणालियों को सीधे अपनाकर वृद्धिशील मशीनीकरण चरणों में छलांग लगाने का अवसर है।

मशीनीकरण को बाधित करने वाली मुख्य चुनौतियों में सम्मिलित हैं:

- मृदा क्षरण: वैश्विक कृषि योग्य भूमि का लगभग एक-तिहाई भाग क्षरित हो चुका है। उपचारात्मक उपायों के बिना, 2050 तक मृदा क्षरण 90 प्रतिशत तक पहुँच सकता है, जिससे कृषि संबंधी व्यवहार्यता कम हो जाएगी।
- प्रति व्यक्ति भूमि की घटती उपलब्धता: 1950 के बाद से भारत में प्रति 1,000 निवासियों पर कृषि योग्य भूमि में 80 प्रतिशत से अधिक की कमी आई है, जिससे उत्पादकता पर दबाव बढ़ गया है।
- जल की कमी: कृषि मीठे पानी का प्रमुख उपभोक्ता बनी हुई है, जबकि जलवायु परिवर्तन जल उपलब्धता में परिवर्तनशीलता को बढ़ा रहा है।
- जलवायु परिवर्तनशीलता: बढ़ती गर्मी, बाढ़ और अनियमित वर्षा से उपज स्थिरता और खाद्य सुरक्षा दोनों को खतरा है।
- शहरी अतिक्रमण: शहरी और औद्योगिक क्षेत्रों का विस्तार कृषि योग्य भूमि को कम करता जा रहा है।
- वित्तीय और पहुँच संबंधी बाधाएँ: उपकरणों की उच्च लागत, सीमित ऋण उपलब्धता और अपर्याप्त कस्टम-हायरिंग अवसंरचना, अपनाने में बाधा डालती हैं।
- मानव पूँजी की कमी: सीमित तकनीकी प्रशिक्षण और विस्तार सहायता प्रभावी प्रौद्योगिकी उपयोग को प्रतिबंधित करती है।
- डिजिटल असमानता: उच्च गति वाले इंटरनेट तक असमान पहुँच और डेटा प्रशासन संबंधी चिंताएँ डिजिटल एकीकरण में बाधा डालती हैं।
- ये संरचनात्मक बाधाएँ एक परिवर्तनकारी एजेंडे की तात्कालिकता को रेखांकित करती हैं जिसमें तकनीकी आधुनिकीकरण मौजूदा कृषि, आर्थिक और पर्यावरणीय बाधाओं का सीधे समाधान करता है।

3. 2047 के लिए दृष्टि

2047 तक, लक्ष्य 90 प्रतिशत से अधिक खेतों में मशीनीकरण प्राप्त करना है, जिससे पूरी कृषि मूल्य श्रृंखला में स्वचालन को सम्मिलित किया जा सके - भूमि की तैयारी और बुवाई से लेकर कटाई, प्रसंस्करण और वितरण तक। इस विजन में स्वचालित ट्रैक्टरों, रोबोटिक हार्वेस्टर, फसल निगरानी के लिए हवाई ड्रोन और कीट व रोग प्रकोप का पूर्वानुमान लगाने में सक्षम कृत्रिम बुद्धिमत्ता प्रणालियों की व्यापक तैनाती सम्मिलित है। मशीनरी मुख्य रूप से नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों पर आधारित होगी, जबकि ब्लॉकचेन-सक्षम प्रणालियाँ पारदर्शी, पता लगाने योग्य और न्यायसंगत आपूर्ति श्रृंखलाओं को सुगम बनाएँगी।

यह अभूतपूर्व प्रतिमान जैव प्रौद्योगिकी, कृत्रिम बुद्धिमत्ता, आईओटीऔर नैनो प्रौद्योगिकी को किसानों के लिए सुलभ प्लेटफॉर्म में एकीकृत करता है। ऐसी प्रणालियाँ अति-स्थानीयकृत, वास्तविक समय कृषि संबंधी निर्णय लेने में सक्षम होंगी, जल, पोषक तत्वों और इनपुट उपयोग को अनुकूलित करते हुए अपव्यय को न्यूनतम करेंगी। सहकारी स्वामित्व संरचनाएँ और मोबाइल सेवा प्लेटफॉर्म समावेशिता सुनिश्चित करेंगे, जिससे सीमांत उत्पादकों को भी अत्याधुनिक तकनीकों तक पहुँच प्राप्त होगी।

4. रोडमैप के रणनीतिक स्तंभ

यहाँ रेखांकित रणनीतिक स्तंभ प्रणालीगत दक्षताओं और दीर्घकालिक प्रतिस्पर्धात्मकता को बढ़ावा देते हुए प्रमुख अपनाने संबंधी बाधाओं का समाधान करते हैं।

4.1 अवसंरचना विकास

- **कृषि मशीनरी केंद्र:** जिला-स्तरीय केंद्र स्थापित करें जो उपकरण खरीद, किराये, मरम्मत और प्रशिक्षण के लिए एकीकृत केंद्रों के रूप में कार्य करें, और साथ ही अनुभवात्मक शिक्षण के लिए प्रदर्शन स्थल भी स्थापित करें।
- **साझा मशीनीकरण सुविधाएँ:** उन्नत मशीनरी से सुसज्जित सहकारी-आधारित किराये की प्रणालियाँ विकसित करें, जिससे छोटे किसानों के लिए स्वामित्व का बोझ कम हो और संसाधन-साझाकरण मॉडल को बढ़ावा मिले।
- **ग्रामीण ब्रॉडबैंड विस्तार:** आईओटी प्रणालियों, सटीक कृषि प्लेटफार्मों और डिजिटल बाजार पहुँच के संचालन को सक्षम करने के लिए सुदृढ कनेक्टिविटी प्रदान करें।

4.2 वित्तपोषण और पहुँच

- **रियायती ऋण तंत्र:** कृषि नकदी प्रवाह चक्रों के अनुरूप मशीनरी खरीद के लिए कम ब्याज दर वाले, मौसमी रूप से संरेखित ऋण प्रदान करें।
- **सार्वजनिक-निजी लीजिंग मॉडल:** लीज-टू-ओन और पे-पर-यूज सेवा वितरण का विस्तार करने के लिए निजी उद्यमों के साथ साझेदारी करें।
- **जोखिम न्यूनीकरण उपकरण:** उच्च-मूल्य वाली स्वचालन परिसंपत्तियों के

लिए व्यापक बीमा कवरेज प्रदान करें, जिससे पूँजीगत संकट कम हो।

4.3 अनुसंधान, विकास और नवाचार

- **स्वदेशी प्रौद्योगिकी विकासः** भारत के विविध कृषि-पारिस्थितिक संदर्भों के अनुकूल उपकरणों के स्थानीयकृत डिजाइन और निर्माण को प्रोत्साहित करें।
- **जैव-प्रौद्योगिकी एकीकरणः** जलवायु-लचीले, मशीनीकरण-संगत फसल प्रजातियों के प्रजनन के लिए मेटाजीनोमिक्स, जैव सूचना विज्ञान और कृत्रिम बुद्धिमत्ता का प्रयोग करें।
- **स्केलेबल स्वचालन समाधानः** विभिन्न फसल प्रकारों और खेत के आकार के अनुकूल मॉड्यूलर रोबोटिक प्रणालियाँ विकसित करें, जिससे सामर्थ्य सुनिश्चित हो।

4.4 मानव पूँजी और कौशल विकास

- विशिष्ट कृषि-प्रौद्योगिकी संस्थानः उन्नत उपकरण संचालन, मरम्मत और अनुकूलन में दक्षता विकास के लिए समर्पित केंद्र बनाएँ।
- डिजिटल साक्षरता पहलः डिजिटल बाजारों, डेटा विश्लेषण और निर्णय-समर्थन उपकरणों में किसानों की दक्षता बढ़ाने के लिए संरचित कार्यक्रमों को लागू करना।
- तकनीकी कार्यबल विकासः एआई प्रणालियों, रोबोटिक्स और सटीक कृषि अवसंरचना में विशेषज्ञता वाले ग्रामीण तकनीशियनों के लिए व्यावसायिक मार्ग स्थापित करना।

4.5 नीति और नियामक संरचना

- **प्रोत्साहन व्यवस्थाएँः** नवीकरणीय ऊर्जा और पर्यावरणीय रूप से टिकाऊ मशीनीकरण को अपनाने के लिए वित्तीय और बाजार प्रोत्साहन प्रदान करना।
- **मानकों का सामंजस्यः** उपकरणों और प्रणालियों की परस्पर-संगतता सुनिश्चित करने के लिए अंतर-संचालनीयता मानक विकसित करना।
- **कार्बन बाजार एकीकरणः** टिकाऊ मशीनीकरण प्रथाओं से जुड़े कार्बन क्रेडिट तंत्रों में किसानों की भागीदारी को सुगम बनाना।

5. चरणबद्ध कार्यान्वयन रोडमैप

पूर्व में उल्लिखित दृष्टिकोण और चुनौतियों के आधार पर, यह रोडमैप व्यापक आकांक्षाओं को ठोस, किसान-केंद्रित कदमों में परिवर्तित करता है। यह केवल एक तकनीकी मैनुअल नहीं है, यह अगले दो दशकों में भारत के

खेतों, आजीविकाओं और खाद्य प्रणालियों को बदलने की एक व्यावहारिक यात्रा है। इस यात्रा को तीन प्रबंधनीय चरणों में विभाजित करके, प्रत्येक पिछले चरण पर आधारित, हम आज की बाधाओं से लेकर कल के अवसरों तक एक स्पष्ट, जन-केंद्रित मार्ग तैयार करते हैं। अनुमान और लक्ष्य विश्वसनीय डेटा स्रोतों से प्राप्त होते हैं, जिनमें भारत सरकार के कृषि आँकड़े, एफएओ मशीनीकरण मानक और आईपीसीसी जलवायु प्रभाव अनुमान सम्मिलित हैं।

चरण 1 (2025-2030): आधार तैयार करना

- **प्रत्येक जिले में कस्टम-हायरिंग केंद्र:** स्थानीय केंद्रों के माध्यम से उन्नत मशीनरी को छोटे किसानों की पहुँच में लाना जहाँ उपकरण किफायती किराए पर लिए जा सकते हैं, जिससे स्वामित्व का बोझ कम होगा (कृषि और किसान कल्याण मंत्रालय, 2024)।
- **स्मार्ट स्टार्टर तकनीक:** जीपीएस-निर्देशित ट्रैक्टर, ड्रोन और आईओटी सेंसर का उपयोग करें जो किसानों को अधिक सटीकता से बुवाई करने, वास्तविक समय में फसलों की निगरानी करने और संसाधनों का कुशलतापूर्वक उपयोग करने में सहायता करें (एफएओ, 2023)।
- **मशीनों के लिए स्वच्छ ऊर्जा:** प्रोत्साहनों के साथ सौर, जैव ईंधन या बिजली से चलने वाले उपकरणों को प्रोत्साहित करें, जिससे परिचालन लागत और पर्यावरणीय प्रभाव कम होंगे (एमएनआरई, 2024)।

चरण 2 (2030-2040): विस्तार और जुड़ाव

- **बहुसंख्यक के लिए मशीनीकरण:** 70 प्रतिशत से अधिक खेतों तक विश्वसनीय सेवा और प्रशिक्षण द्वारा समर्थित आधुनिक मशीनरी की पहुँच सुनिश्चित करने का लक्ष्य (एफएओ, 2023)।
- **पूर्वानुमानित कृषि उपकरण:** कीटों और बीमारियों का शीघ्र पता लगाने, फसल हानि को कम करने और रसायनों के उपयोग में कटौती करने के लिए एआई-संचालित प्रणालियों को लागू करें (आईसीएआर, 2024)।
- **स्वायत्त हार्वेस्टर:** दिन-रात काम करने वाली स्वचालित मशीनें प्रस्तुत करना, जिससे श्रम की कमी कम होगी और दक्षता में सुधार होगा (ओईसीडी एंड एफएओ, 2024)।
- **चरण 3 (2040-2047):** पूर्ण स्वचालन, पूर्ण स्थायित्व
- **लगभग सभी खेतों के लिए मशीनीकरण:** सुनिश्चित करें कि 90 प्रतिशत से अधिक कृषि कार्य किसी न किसी रूप में स्वचालित हों, जिससे उन्नत कृषि एक आदर्श बन जाए (एफएओ, 2023)।
- **पारदर्शी आपूर्ति श्रृंखलाएँ:** खेत से बाजार तक उपज को ट्रैक करने, विश्वास बनाने और उचित मूल्य सुनिश्चित करने के लिए ब्लॉकचेन का उपयोग करें (विश्व बैंक, 2024)।
- **शुद्ध-शून्य उत्सर्जन:** सभी मशीनों को स्थायी रूप से संचालित करें और शेष उत्सर्जन को ऑफसेट के साथ संतुलित करें (आईपीसीसी, 2023)।
- इन चरणों का पालन करके-पहुँच और कौशल से आरम्भ करके, फिर उन्नत उपकरणों का विस्तार करके, और अंत में स्थायी स्वचालन को अपनाकर-भारत एक ऐसा परिवर्तन प्राप्त कर सकता है जिससे किसानों, उपभोक्ताओं और पृथ्वी को लाभ हो।

6. 2047 तक अपेक्षित प्रभाव

2047 तक, 1.64 अरब की अनुमानित जनसंख्या (संयुक्त राष्ट्र डेसा, 2024) के साथ, भारत के खेतों को पहले से कहीं अधिक उत्पादन करने की आवश्यकता होगी, जिसमें कम भूमि, कम पानी और कम इनपुट का उपयोग होगा।

आर्थिक: उत्पादकता आज के स्तरों (वर्तमान में मशीनीकृत क्षेत्रों में 15-20 प्रतिशत) की तुलना में 30-50 प्रतिशत बढ़ सकती है। कटाई के बाद होने वाले हानि, जो अभी 10-15 प्रतिशत (एफएओ, 2023) पर हैं, में तेजी से कमी आ सकती है। श्रम, जो छोटे किसानों की लागत का 40-60 प्रतिशत होता है, 40 प्रतिशत तक कम हो सकता है, जिससे निवेश के लिए संसाधन मुक्त होंगे। कृषि का सकल घरेलू उत्पाद (जीडीपी) में भाग लगभग 18 प्रतिशत से बढ़कर अपने वर्तमान योगदान से दोगुना हो सकता है (विश्व बैंक, 2024)।

सामाजिक: मशीनीकरण से आय में वृद्धि होगी और शारीरिक तनाव कम होगा, खासकर महिलाओं के लिए, जो वर्तमान में कृषि कार्यबल का एक तिहाई भाग है (एफएओ, 2023)। अधिक डिजिटल और तकनीकी भूमिकाओं के साथ, महिलाएँ कृषि-तकनीक उद्यमिता और संचालन में नेतृत्व संभाल सकती हैं।

पर्यावरण: नवीकरणीय ऊर्जा से चलने वाले, सटीक-आधारित मशीनीकरण की ओर बढ़ने से कृषि ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में आधे की कमी आ सकती है (आईपीसीसी, 2023), जिससे जलवायु लक्ष्यों को पूरा करने में सहायता मिलेगी। लक्षित इनपुट, पर्यावरण-अनुकूल कीट नियंत्रण और विविध फसलों से मिट्टी और जैव विविधता को लाभ होगा।

7. निष्कर्ष

2047 की यह यात्रा मशीनों से कहीं आगे की है। यह एक ऐसे भविष्य के निर्माण के बारे में है जहाँ खेती स्मार्ट, टिकाऊ और समावेशी हो। सही नीतियों, निवेश और प्रशिक्षण के साथ, एआई, आईओटी, जैव प्रौद्योगिकी और ब्लॉकचेन जैसे गहन तकनीकी उपकरण किसानों के लिए दिन प्रतिदिन की संपत्ति बन सकते हैं।

पाँच रणनीतिक स्तंभ, मूलभूत संरचना, वित्त, अनुसंधान एवं विकास, कौशल और नीतिकृतीन स्पष्ट चरणों के साथ मिलकर एक ऐसा रोडमैप बनाते हैं जो व्यावहारिक और महत्वाकांक्षी दोनों है। यदि हम तत्परता, लचीलेपन और निष्पक्षता के साथ आगे बढ़ते हैं, तो भारत टिकाऊ, उच्च तकनीक वाली कृषि में वैश्विक नेता बन सकता है - जिससे किसानों के लिए समृद्धि, जलवायु परिवर्तन के प्रति लचीलापन और आने वाली पीढ़ियों के लिए सुरक्षित भोजन सुनिश्चित होगा।

संरक्षित बागवानीः अवसर और चुनौतियाँ

डॉ आर. के. सिंह

प्रोफेसर एवं अध्यक्ष, सब्जी विज्ञान विभाग, सीओएचएफ
रानी लक्ष्मी बाई केंद्रीय कृषि विश्वविद्यालय, झाँसी 284 003, उत्तर प्रदेश, भारत

परिचय

वैश्विक सब्जी उत्पादन लगभग 1.17 अरब मीट्रिक टन तक पहुँच गया है, जो पिछले एक दशक में उल्लेखनीय वृद्धि दर्शाता है। भारत, चीन के बाद दूसरा सबसे बड़ा सब्जी उत्पादक देश है, जिसने 11.11 मिलियन हेक्टेयर से लगभग 212.9 मिलियन मीट्रिक टन उत्पादन किया है, जिसकी औसत उपज 18.47 टन प्रति हेक्टेयर है। पिछले दो दशकों में, भारत वैश्विक बागवानी क्षेत्र में एक प्रमुख खिलाड़ी के रूप में उभरा है, जिसे प्रायः दुनिया की बागवानी (फल और सब्जी) टोकरी कहा जाता है। देश ने 355.48 मिलियन मीट्रिक टन का रिकॉर्ड उच्च बागवानी उत्पादन प्राप्त किया है, जो इस क्षेत्र में इसके बढ़ते प्रभुत्व और क्षमता को दर्शाता है।

कम उत्पादकता की वास्तविक समस्या वर्ष में 2 से 49 डिग्री सेल्सियस के बीच के तापमान की चरम सीमा के कारण रही है, जो बड़े स्तर पर साल भर सब्जी की खेती की अनुमति नहीं देता है। भारत में, यह उत्पादन संरक्षित खेती में बागवानी फसलों को उगाने की कुंजी है और उच्च तकनीक वाली बागवानी के अन्तर्गत क्षेत्र दिन-प्रतिदिन बढ़ता जा रहा है और उत्पादकता और निर्यात दोनों में पर्याप्त सुधार हुआ है। संरक्षित खेती के अन्तर्गत उत्पादकता और लाभप्रदता संरक्षित संरचना के प्रकार, फसल और प्रजातियों के चयन आदि पर निर्भर करती है। फसल तकनीक जिसमें पौधों को नियंत्रित वातावरण में उगाया जाता है या पौधे के शरीर के आसपास के सूक्ष्म वातावरण को उनकी वृद्धि और विकास की अवधि में आंशिक/पूर्ण रूप से नियंत्रित किया जाता है ताकि उपज को अधिकतम किया जा सके और संसाधनों की बचत की जा सके, संरक्षित खेती के रूप में जानी जाती है। संरक्षित खेती कम लोकप्रिय है और असुविधाजनक लगती है क्योंकि यह कठोर और चुनौतीपूर्ण जलवायु परिस्थितियों में आती है सामान्यतः उत्तर भारत में और विशेष रूप से उत्तर प्रदेश में गर्मियों

और सर्दियों के मौसम में खुले मैदान में सब्जियां उगाना अत्यन्त मुश्किल होता है। यद्यपि कि, संशोधित संरक्षित संरचनाओं के माध्यम से कृत्रिम सूक्ष्म जलवायु के निर्माण के साथ, कुछ उच्च मूल्य वाली फसलें और सब्जियां आसानी से लगातार उगाई जा सकती हैं।

संरक्षित परिस्थितियों में उच्च मूल्य वाली फसलों/सब्जियों की खेती गुणवत्ता में सुधार और परिपक्वता को आगे बढ़ाने के साथ-साथ फलने की अवधि बढ़ाने में बेहतर भूमिका निभा सकती है। यह सिद्ध तथ्य है कि, संरक्षित खेती फसलों/सब्जियों को प्रतिकूल पर्यावरणीय परिस्थितियों (तापमान, ओलावृष्टि, झुलसा, धूप, भारी बारिश, बर्फ और पाला) से बचाती है और ऑफ पीरियड/सीजन में भी फसल उगाने का अवसर प्रदान करती है। हाल ही में, कम लागत वाली संरक्षित संरचनाएं भारत के उत्तरी मैदानों में लाभदायक तकनीक बन रही हैं भारत में इस तकनीक की प्रगति मुख्यतः सब्सिडी और वित्तीय सहायता सहित अनुकूल सरकारी नीतियों से प्रेरित है।

संरक्षित संरचनाओं का परिदृश्य

विश्व स्तर पर, कुल ग्रीनहाउस क्षेत्र में चीन शीर्ष पर है। विश्व में 1.3 मिलियन हेक्टेयर ग्रीनहाउस खेती के लिए समर्पित है। चीन कुल क्षेत्रफल के 60.4 प्रतिशत के साथ इस क्षेत्र में अग्रणी है, उसके बाद स्पेन (5.6 प्रतिशत), इटली (4.1 प्रतिशत), मेक्सिको (3.3 प्रतिशत), तुर्की (2.4 प्रतिशत), मोरक्को (2.3 प्रतिशत), दक्षिण कोरिया (1.8 प्रतिशत), जापान (1.7 प्रतिशत), नीदरलैंड (1.4 प्रतिशत) और फ्रांस (1.3 प्रतिशत) का स्थान है। उत्तरी गोलार्ध में ग्रीनहाउस विस्तार स्थिर रहा है, किन्तु एशिया, अफ्रीका और मध्य एवं दक्षिण अमेरिका में यह लगातार बढ़ रहा है। दक्षिण में उत्तर की तुलना में ग्रीनहाउस के लिए 2.7 गुना अधिक क्षेत्र समर्पित है। 2023 में, देश भर में ग्रीनहाउस का संचयी क्षेत्रफल 18.35 मिलियन हेक्टेयर था। दुनिया के 120 से अधिक देश ग्रीनहाउस में सब्जियाँ उगा रहे हैं। वैश्विक परिदृश्य दर्शाता है कि संरक्षित खेती का क्षेत्रफल लगभग 6.23 मिलियन हेक्टेयर है, जबकि कुल अनुमानित वैश्विक ग्रीनहाउस सब्जी उत्पादन क्षेत्रफल 4.03 मिलियन हेक्टेयर है। भारत में, संरक्षित खेती का क्षेत्रफल लगभग 110000 हेक्टेयर है।

संरक्षित खेती के लाभ

- यह उच्च गुणवत्ता वाली सब्जियों के उत्पादन के लिए अनुकूल सूक्ष्म जलवायु परिस्थितियाँ निर्मित करती है और एक ही भूमि पर एक वर्ष में कई फसलें उगाना संभव बनाती है।
- यह बेमौसम में फसल उगाकर बेहतर मूल्य प्राप्त करने का अवसर प्रदान करती है।
- यह विभिन्न सब्जियों की फसलों के लिए नर्सरी तैयार करने में आसानी प्रदान करती है, संकर बीज उत्पादन को सुगम बनाती है और उन्हें सुरक्षा प्रदान करती है।
- यह उन्नत गुणवत्ता के साथ उपज उत्पादकता बढ़ाती है और निवेशित संसाधन की प्रति इकाई आय में वृद्धि करती है तथा हवा, वर्षा,

हिमपात, पक्षियों, ओलों आदि से आश्रय प्रदान करती है।

- यह ऊँचाई वाले क्षेत्रों और रेगिस्तानों जैसे गैर-पारंपरिक क्षेत्रों में सब्जियाँ उगाने का एक वैकल्पिक साधन प्रदान करती है।
- यह उन्नत कृषि तकनीकों (हाइड्रोपोनिक्स, एरोपोनिक्स, सब्जियों की ऊर्ध्वाधर खेती) को बढ़ावा देती है।
- यह विषाक्त कीटनाशकों के कम उपयोग के कारण पोषण से भरपूर और स्वास्थ्यकर सब्जियों के उत्पादन की माँग को भी पूरा करती है।
- यह विभिन्न बागवानी फसलों की उत्कृष्ट रोपण सामग्री के विकास और प्रसार में सक्षम बनाता है।
- कम लागत वाली संरक्षित संरचनाएँ छोटी जोत वाले प्रगतिशील किसानों के लिए आदर्श रूप से उपयुक्त हैं।
- यह एक श्रम-प्रधान तकनीक है और शिक्षित युवाओं के लिए स्रोत पर ही श्रम-रोजगार उत्पन्न करती है।
- यह ऊतक संवर्धन तकनीकों के माध्यम से विकसित पौधों के बेहतर अनुकूलन में सुधार करती है।

ग्रीनहाउस/पॉलीहाउस के प्रकार

कम लागत वाला ग्रीनहाउस/पॉलीहाउस

कम लागत वाले पॉलीहाउस/ग्रीनहाउस की संरचना 200 माइक्रोन (800 गेज) की पॉलीथीन शीट, बांस, रस्सियों (सुतली) और कीलों से बनी होती

है। संरक्षित संरचना का आकार मुख्यतः उद्देश्य और स्थान की उपलब्धता पर निर्भर करता है। इस प्रकार के पॉलीहाउस प्रायः पर समशीतोष्ण क्षेत्रों के लिए विकसित किए जाते हैं और इनका जीवनकाल 3-5 वर्ष होता है। पॉलीहाउस के अंदर का तापमान रात और दिन के दौरान बाहर की तुलना में क्रमशः 6-100° सेंटीग्रेड तक बढ़ता/घटता है। यूवी स्थिर प्लास्टिक फिल्म से ढके पाइप फ्रेम वाले पॉलीहाउस में, दिन का तापमान बाहर की तुलना में अधिक और रात का तापमान कम होता है।

मध्यम लागत वाला ग्रीनहाउस/पॉलीहाउस

थोड़ी अधिक लागत वाला एक मध्यम लागत वाला ग्रीनहाउस क्वोंसेट आकार का होता है जिसे 15 मिमी व्यास वाले जीआई पाइप (वर्ग बी) से बनाया जा सकता है। यह संरचना 200 माइक्रोन मोटाई वाली यूवी-स्थिर पॉलीथीन की एक परत से ढकी होती है। इसके किनारों और छत पर खुलने वाली खिड़कियाँ लगाकर इसे प्राकृतिक रूप से हवादार किया जा सकता है या फिर एग्जॉस्ट पंखों द्वारा यांत्रिक रूप से हवादार किया जा सकता है। पॉलीहाउस को आर्द्र बनाने के लिए फैन-पैड प्रणाली का भी उपयोग किया जा सकता है, जिससे तापमान को आसानी से नियंत्रित किया जा सकता है।

उच्च लागत वाला ग्रीनहाउस/पॉलीहाउस

यह गुंबद या शंकु के आकार के लोहे/एल्यूमीनियम संरचना (फ्रेम) से निर्मित होता है। फसल की आवश्यकता के अनुसार तापमान, आर्द्रता और प्रकाश को नियंत्रित/नियंत्रित करने के लिए तंत्र लगाए जाते हैं। फर्श और साइड की दीवारों का एक हिस्सा कंक्रीट से बना होता है। यह अत्यधिक

टिकाऊ होता है लेकिन इसकी लागत कम लागत वाले संरक्षित ढांचे की तुलना में लगभग 5-6 गुना अधिक होती है।

स्वस्थ रोपण सामग्री के लिए तकनीकें

संरक्षित आधारित स्वस्थ रोपण सामग्री बागवानी उत्पादन प्रणालियों की रीढ़ है। नर्सरी उगाने के लिए बूम सिंचाई, ग्लेजिंग सामग्री, सीडर, ट्रे और प्रसार के लिए सेल पैक, कंटेनर ले जाने वाली ट्रे, पॉली ट्यूब, बैग, कप और उचित पहचान के लिए लेबल, लंबी दूरी के परिवहन के लिए रोपण सामग्री की ग्राउंड कवर और पैकिंग वाले ग्रीनहाउस की आवश्यकता होती है। चूँकि रोग और कीट मुक्त स्वस्थ रोपण सामग्री उगाना अत्यंत महत्वपूर्ण है, इसलिए ग्रीनहाउस के अंतर्गत मिट्टी रहित नर्सरी का उत्पादन बहुत महत्वपूर्ण है। प्रायः पर सब्जियों के पौधे उगाने के लिए विभिन्न सेल आकारों वाली प्लास्टिक नर्सरी ट्रे या प्रो-ट्रे का उपयोग किया जाता है। फूलों के पौधे उगाने में विभिन्न प्रकार के प्लास्टिक प्रो-ट्रे का उपयोग किया जाता है। ये ट्रे बीजों और कलमों के उचित अंकुरण में सहायता करती हैं और प्रत्येक बीज और कलम को अंकुरित होने के लिए स्वतंत्र क्षेत्र प्रदान कर मृत्यु दर को कम करती हैं, पौधों के एक समान और स्वस्थ विकास को बनाए रखती हैं, इन्हें संभालना और संग्रहीत करना आसान होता है, परिवहन में विश्वसनीय और सस्ती होती हैं। उपयोग किए जाने वाले माध्यम मुख्य रूप से दो प्रकार के होते हैं, अर्थात मृदा रहित माध्यम (कोकोपीट के 3 भाग .वर्मीक्यूलाइट और परलाइट का 1-1 भाग) जिसका मूल्य लगभग 7000-8000 रुपये प्रति 100 किलोग्राम होती है या स्वदेशी माध्यम (2 भाग कोकोपीट .1 भाग वर्मीकम्पोस्ट/पत्ती खाद और अन्य संयोजन में 2 भाग वर्मीकम्पोस्ट/पत्ती खाद और एक-एक भाग रेत और राख सम्मिलित हो सकते हैं। ये माध्यम ट्राइकोडर्मा से समृद्ध हो सकते हैं)। इन माध्यमों की लागत केवल 500-1000 रुपये प्रति

संरक्षित संरचनाओं में बुंदेलखंड क्षेत्र के लिए विभिन्न सब्जी फसलें

क्र. सं.	संरक्षित संरचना	उपयुक्त फसलें	मौसम
1	प्राकृतिक रूप से हवादार पॉलीहाउस (एनवीपीएच)	खीरा, टमाटर, शिमला मिर्च आदि	अगस्त से अप्रैल
2	ग्रीन शेड नेट हाउस	खीरा, पत्तेदार और जड़ वाली सब्जियाँ	अगस्त के अंत से नवंबर और फरवरी से मई (खीरा) और अप्रैल से अगस्त (पत्तेदार और जड़ वाली सब्जियाँ)
3	कीट रोधी नेट हाउस (आईपीएनएच)	शिमला मिर्च, खीरा, टमाटर, बैंगन और खीरा आदि	साल भर
4	प्लास्टिक लो टनल	खीरा के लिए	नवंबर के मध्य से फरवरी
5	प्लास्टिक मल्च	सभी सब्जी फसलें	साल भर

कोको पीट, वर्मीक्यूलाइट और परलाइट

कोको पीट, वर्मीक्यूलाइट और परलाइट युक्त प्रो-ट्रे

बड़े पैमाने पर पौध उत्पादन

100 किलोग्राम है। यह माध्यम न केवल सस्ता है बल्कि इसमें आधार पोषक तत्व भी उपलब्ध हैं। कुल मिलाकर, हाई-टेक नर्सरी थोड़ी पूंजी और श्रम गहन या स्वचालन आधारित है, फिर भी यह अत्यधिक लाभदायक है कि इसे बेरोजगार शिक्षित युवाओं द्वारा उद्यमशीलता मॉडल में अपनाया जा सकता है।

सब्जी नर्सरी उगाना एक लाभदायक व्यवसाय

संरक्षित ढाँचे में बेमौसमी सब्जी नर्सरी उगाना एक लाभदायक व्यवसाय बन गया है। विभिन्न सब्जी फसलों के संकर बीजों की लागत बहुत अधिक होती है, इसलिए यह आवश्यक है कि प्रत्येक बीज अधिकतम अंकुरण के साथ अंकुरित हो। इसके लिए नियंत्रित परिस्थितियों की आवश्यकता होती है। नियंत्रित परिस्थितियों में नर्सरी उगाने का मुख्य उद्देश्य बेमौसमी में अधिक लाभ और रोगमुक्त पौध प्राप्त करना है ताकि जल्दी फसल प्राप्त हो सके। खीरा वर्गीय फसलें गर्म मौसम की फसलें हैं और इन्हें मार्च के अंतिम सप्ताह से अप्रैल तक बोया जाता है जब रात का तापमान लगभग 18-20 डिग्री सेल्सियस होता है। किन्तु नियंत्रित परिस्थितियों में इनके पौधों को दिसंबर और जनवरी में पॉलीथीन की थैलियों में उगाया जा सकता है और फरवरी के अंत और मार्च के पहले सप्ताह में खेत में लगाया जा सकता है और सीधी बुवाई की सामान्य विधि की तुलना में 1.0-1.5 महीने पहले फल प्राप्त किए जा सकते हैं। इसके परिणामस्वरूप, बेमौसमी में उपज के विपणन के कारण अतिरिक्त मूल्य प्राप्त होता है। इसी प्रकार, टमाटर, मिर्च, शिमला मिर्च, बैंगन, खीरा, पत्तागोभी, फूलगोभी और ब्रोकली के पौधों को प्लास्टिक कवर वाले सुरक्षित ढाँचे में उगाया जा सकता है। पर्यावरणीय परिस्थितियां, विशेष रूप से पॉलीहाउस के अंदर तापमान में वृद्धि, वसंत ऋतु में आरम्भिक फसलों को उगाने के लिए गर्म मौसम की सब्जी के पौधों के अंकुरण और प्रारंभिक वृद्धि को तेज करती है।

संरक्षित बागवानी की भविष्य की संभावनाएँ, चुनौतियाँ, अवसर, बाधाएँ और रणनीतियाँ

अर्ध-शुष्क क्षेत्रों में संरक्षित ढाँचे में व्यावसायिक खेती के लिए तापमान में उतार-चढ़ाव, कम जैवभार,

उच्च वायु वेग और उच्च सौर विकिरण के साथ-साथ मिट्टी की कम उर्वरता को ध्यान में रखना आवश्यक है। यह देखा गया है कि कई जलवायु संबंधी बाधाओं के बाद भी, यह क्षेत्र उच्च गुणवत्ता वाली बागवानी फसलें उगाने का अवसर प्रदान करता है।

चुनौतियाँ

- गर्मी के महीनों में उच्च तापमान एक बड़ी चुनौती बन जाता है, जिससे उगाई जा सकने वाली फसलों की विविधता सीमित हो जाती है। उगाई जाने वाली फसलों को अत्यधिक गर्मी और बार-बार आने वाले तूफानों का सामना करना पड़ता है, जिससे उनकी वृद्धि और उत्पादकता प्रभावित होती है।
- विकिरण के उच्च स्तर के कारण तापमान में अचानक वृद्धि होती है और जल की कमी का तनाव उत्पन्न होता है, जिससे नई फसलों की अनुकूलन क्षमता कम हो जाती है।
- सिंचाई के लिए उपलब्ध भूमिगत जल की मात्रा और गुणवत्ता सीमित है, और लवणों की उपस्थिति के कारण इसकी गुणवत्ता प्रायः खराब हो जाती है, जिससे यह खारा या खारा हो जाता है।
- इस क्षेत्र की विशेषता ऊबड़-खाबड़ और लहरदार स्थलाकृति है, जहाँ मिट्टी कम उपजाऊ है और उसमें कार्बनिक कार्बन (0.1-0.4 प्रतिशत), नाइट्रोजन, फास्फोरस और जिंक का स्तर बहुत कम है, तथा अपरदनशीलता भी बहुत अधिक है। परिणामस्वरूप, वर्षा ऋतु में सतही और उप-सतही अपवाह सामान्य है।
- इन क्षेत्रों में कम और बिखरा हुआ वनस्पति आवरण आम है, जिससे बार-बार धूल भरी आँधी आती है और अंततः फसलों को भारी हानि होती है।
- इस क्षेत्र में प्रायः पर अनियमित और असमान वर्षा होती है, जो 750 से 1020 मिमी तक होती है। बार-बार मानसून की विफलता इसे अत्यधिक सूखाग्रस्त बना देती है। इसके परिणामस्वरूप होने वाली जल कमी, जल के अधिक कुशल उपयोग की तत्काल आवश्यकता को उजागर करती है। इसलिए, वनरोपण के साथ-साथ इन-सीटू और एक्स-सीटू वर्षा जल संचयन, इस क्षेत्र के चुनौतीपूर्ण पर्यावरण के प्रबंधन के लिए प्रमुख रणनीतियाँ हैं।
- संरक्षित खेती तकनीक के लिए सावधानीपूर्वक योजना, रखरखाव और प्रबंधन की आवश्यकता होती है, विशेष रूप से उत्पादन समय, सब्जियों की कमी और उच्च बाजार मूल्यों के अनुरूप कटाई कार्यक्रम, बेमौसम परिस्थितियों के अनुकूल प्रजातियों का चयन, और उच्च गुणवत्ता वाली उपज की उच्च, सस्ता उत्पादन प्राप्त करने के संदर्भ में।

अवसर

- बढ़ती जनसंख्या और विस्तारित अर्थव्यवस्था सब्जियों और उच्च मूल्य वाली फसलों की मांग में निरंतर वृद्धि का कारण बन रही है।
- बेरोजगार शिक्षित युवाओं के लिए पर्याप्त स्वरोजगार के अवसरों का सृजन
- घरेलू और अंतर्राष्ट्रीय दोनों बाजारों में उच्च गुणवत्ता वाली उपज की बिक्री के माध्यम से राष्ट्रीय अर्थव्यवस्था को बढ़ावा देना।
- अनुत्पादक भूमि को बागवानी फसलों के उच्च गुणवत्ता वाले उत्पादन के लिए रूपांतरित किया जा सकता है।
- संरक्षित खेती में गुणवत्तापूर्ण और बेमौसम सब्जियों और कटे हुए फूलों के उत्पादन को सक्षम करके किसानों की आय बढ़ाने की अपार क्षमता है।
- संरक्षित खेती जल-उपयोग दक्षता में उल्लेखनीय सुधार करती है।
- संरक्षित खेती के लिए उपयुक्त जलवायु-प्रतिरोधी सब्जी किस्मों का विकास।
- स्थानीय मूल्यों और स्वदेशी ज्ञान पर ध्यान केंद्रित करने से जैव विविधता और सतत उपयोग के बीच संबंध मजबूत होता है, जो बाजार में उनकी उपलब्धता बढ़ाने के लिए अत्यन्त आवश्यक है।

रणनीतियाँ

- कम से मध्यम लागत वाले पॉलीहाउस के डिजाइन का मानकीकरण, जिसमें उपयुक्त क्लैडिंग और ग्लेजिंग सामग्री का चयन सम्मिलित है।
- विभिन्न सब्जियों की खेती के लिए लागत-प्रभावी कृषि-तकनीकों का विकास और ग्रीनहाउस प्रबंधन में इनपुट लागत को कम करना।
- कठोर जलवायु परिस्थितियों में विकसित कृषि-तकनीकों का पुनर्मूल्यांकन और बदलती आवश्यकताओं और माँगों के अनुसार तकनीकों को परिष्कृत करना।
- पॉलीहाउस निर्माण में विशेषज्ञता वाले युवा पेशेवरों और कुशल निर्माताओं का विकास।
- संरक्षित सब्जी उत्पादन की संभावनाओं के बारे में किसानों में जागरूकता उत्पन्न करना।

बाधाएँ/सीमाएँ

- उच्च प्रारंभिक निवेश लागत, पॉली शीट का अल्प जीवनकाल और क्लैडिंग सामग्री की सीमित उपलब्धता, किसानों द्वारा व्यावसायिक खेती के लिए इस तकनीक को अपनाने में प्रमुख बाधाएँ हैं।
- न्यूनतम समर्थन मूल्य का अभाव, कीमतों में उच्च उतार-चढ़ाव और अपर्याप्त बाजार जानकारी, संरक्षित खेती को अपनाने में बाधा डालने वाली प्रमुख विपणन बाधाएँ हैं।
- पॉलीहाउस के घटक जैसे फाइबरग्लास, कूलिंग पैड और पंखे प्रायः आयात करने पड़ते हैं, जिसके परिणामस्वरूप माल ढुलाई शुल्क और सीमा शुल्क के कारण उच्च लागत आती है।
- ग्रीनहाउस और अन्य संरचनाओं का डिजाइन क्षेत्र के विविध कृषि-जलवायु क्षेत्रों के लिए मानकीकृत नहीं है।
- लंबी ऋण प्रक्रियाएँ, उच्च उत्पादन लागत और गुणवत्तापूर्ण पौधों की अनुपलब्धता जैसी बाधाएँ संरक्षित खेती के विकास में बाधा डालती हैं।
- तकनीकी मार्गदर्शन का अभाव, कीटनाशकों और उर्वरकों की उच्च लागत के साथ, उत्पादन

खीरे में उत्कृष्ट पुष्पन और फलन

स्तर कम होता है।

- विपणन माध्यमों में, किसानों को कमीशन एजेंटों द्वारा भुगतान में देरी और उच्च परिवहन लागत जैसी बड़ी बाधाओं का सामना करना पड़ता है।
- उपयुक्त उपकरणों और मशीनरी का अभाव सब्जी फसलों के गुणवत्तापूर्ण उत्पादन में एक बड़ी बाधा है।
- संरक्षित सब्जी उत्पादन की संभावनाओं के बारे में किसानों में जागरूकता की कमी और संरक्षित खेती पर केंद्रित अपर्याप्त अनुसंधान कार्यक्रम, गंभीर चुनौतियाँ हैं।
- इस ढाँचे की आरम्भिक लागत किसानों के लिए वहनीय नहीं लगती, क्योंकि वे संकट सहन नहीं कर पाते और इसलिए इस तकनीक को अपनाने में हिचकिचाते हैं।
- संरक्षित उत्पादकों को माइट्स और व्हाइटफ्लाई जैसे सूक्ष्म कीटों, विशेष रूप से व्हाइटफ्लाई के खतरनाक सूत्रकृमि के हमलों, बार-बार आने वाले तूफान और ओलावृष्टि, गाँवों में शीत भंडारण सुविधाओं की कमी और प्रशीतित परिवहन की उच्च लागत जैसी गंभीर बाधाओं का सामना करना पड़ता है।

सुझाव

- महंगे स्टील पाइपों के बजाय बांस या लकड़ी जैसी स्थानीय सामग्रियों का उपयोग करने से ग्रीनहाउस स्थापना की आरम्भिक लागत को कम करने में सहायता मिल सकती है।
- कम लागत वाले ग्रीनहाउस में तापमान और आर्द्रता को नियंत्रित करने के लिए, तापमान बढ़ने पर पॉलीथीन शीट का एक किनारा हाथ से खोलें और आर्द्रता बढ़ाने और तापमान कम करने के लिए क्यारियों में सिंचाई या छिड़काव करें।
- इन क्षेत्रों में ग्रीनहाउस को लोकप्रिय बनाने के लिए किसानों को दिए जाने वाले पॉलीहाउस पर सब्सिडी दर बढ़ाई जानी चाहिए।
- किसानों को सहकारी समितियाँ बनाकर कम लागत पर ग्रीनहाउस सामग्री की संयुक्त रूप से क्रय करनी चाहिए और बेहतर लाभ प्राप्त करने के लिए सामूहिक रूप से अपनी उपज का विपणन करना चाहिए।
- किसानों को उपयुक्त तकनीक का प्रभावी ढंग से हस्तांतरण करने के लिए नियमित प्रशिक्षण कार्यक्रम आयोजित किए जाने चाहिए।

बदलते परिदृश्य में भारत का मार्गदर्शनः वैश्विक उर्वरक बाजार पर अमेरिकी टैरिफ का प्रभाव

अभिषेक वाडेकर

संस्थापक अध्यक्ष, ट्रेडलिंक इंटरनेशनल प्राइवेट लिमिटेड

वैश्विक उर्वरक क्षेत्र अभूतपूर्व उथल-पुथल का सामना कर रहा है क्योंकि हाल ही में अमेरिकी व्यापार नीति में किए गए संशोधनों ने अंतर्राष्ट्रीय आपूर्ति नेटवर्क को मौलिक रूप से नया रूप दिया है। बढ़ते भू-राजनीतिक तनाव इन चुनौतियों को और बढ़ा रहे हैं, कृषि बाजारों में व्यापक अनिश्चितता उत्पन्न कर रहे हैं और तनावपूर्ण वितरण चैनलों के माध्यम से दुनिया भर के कृषक समुदायों को प्रभावित कर रहे हैं। जो आपूर्ति श्रृंखलाएँ पहले पूर्वानुमानित हुआ करती थीं, अब वे अनिश्चित हैं। अमेरिकी टैरिफ का नवीनतम प्रवृत्ति विशेष रूप से चिंताजनक है क्योंकि यह लंबे समय से स्थापित व्यापारिक संबंधों को बाधित और सभी को नई व्यवस्थाओं के लिए संघर्ष करने पर विवश कर रहा है। भारत जैसे देश के लिए, जिसकी व्यापक कृषि अर्थव्यवस्था एक सीमा तक उर्वरक आयात पर निर्भर करती है, ये घटनाक्रम महत्वपूर्ण चुनौतियाँ प्रस्तुत करते हैं।

यह लेख इन अमेरिकी नीतियों की सूक्ष्मता, अंतर्राष्ट्रीय उर्वरक व्यापार पर उनके तात्कालिक और दीर्घकालिक प्रभावों, और सबसे महत्वपूर्ण, भारत पर उनके प्रभावों पर गहराई से चर्चा करता है।

नए अमेरिकी टैरिफ उर्वरक बाजारों को कैसे प्रभावित कर रहे हैं

31 जुलाई को, राष्ट्रपति ट्रम्प ने एक कार्यकारी आदेश पर हस्ताक्षर किए, जिसका वैश्विक

उर्वरक बाजारों पर पहले से ही व्यापक प्रभाव पड़ रहा है। नए ''पारस्परिक'' टैरिफ 7 अगस्त से लागू हो गए हैं, और ये कुछ देशों पर दूसरों की तुलना में कहीं अधिक भारी पड़ रहे हैं।

मिस्र, सऊदी अरब और मोरक्को अब अपने फॉस्फेट उर्वरकों पर 10 प्रतिशत टैरिफ का सामना कर रहे हैं, जबकि जॉर्डन और इजराइल पर 15 प्रतिशत टैरिफ लगाया गया है। यह एक बड़ी बात है, खासकर सऊदी अरब के लिए, जो अमेरिका को अमोनियम फॉस्फेट का एक प्रमुख आपूर्तिकर्ता है। नाइट्रोजन की दुनिया में, अल्जीरिया और नाइजीरिया के दानेदार यूरिया पर अब क्रमशः 30 प्रतिशत और 15 प्रतिशत टैरिफ लग रहे हैं। परन्तु, सभी पर इसका प्रभाव समान रूप से नहीं पड़ा है।

टैरिफ के कार्यान्वयन से आवेदन में उल्लेखनीय विसंगतियाँ सामने आती हैं। कनाडा जैसे यूएसएमसीए देशों के पोटेशियम उर्वरकों को टैरिफ-मुक्त स्थिति प्राप्त है, जबकि अन्य कनाडाई निर्यातों पर 35 प्रतिशत का भारी शुल्क लगता है। ब्राजील ने आरम्भ में प्रस्तावित 50 प्रतिशत टैरिफ से राहत पाने के लिए सफलतापूर्वक बातचीत की, और राजनयिक माध्यमों से एनपीके उत्पादों के लिए छूट प्राप्त की। इन घोषणाओं के प्रत्यक्ष परिणाम स्वरूप, मोनोअमोनियम फॉस्फेट (एमएपी), डायअमोनियम फॉस्फेट (डीएपी), यूरिया और अमोनिया जैसे महत्वपूर्ण उर्वरकों के बाजार मूल्यों में 31 जुलाई को तत्काल वृद्धि देखी गई। यह पूरी स्थिति दर्शाती है कि व्यापारिक सम्बन्ध कितनी जल्दी बदल सकते हैं और सभी को अनुकूलन के लिए संघर्ष करना पड़ सकता है।

वैश्विक उर्वरक बाजार कैसे बदल रहे हैं और भारत के लिए इसके क्या अर्थ हैं

उर्वरक उद्योग में भारी वृद्धि हो रही है। वैश्विक उर्वरक बाजार के 2025 में लगभग 402.5 अरब डॉलर से बढ़कर 2030 तक 541.2 अरब डॉलर हो जाने का अनुमान है, जो सालाना लगभग 6.1 प्रतिशत की वृद्धि है। यह 2050 तक 9 अरब से अधिक होने वाली अनुमानित विश्व जनसंख्या

को खिलाने की आवश्यकता, उपलब्ध कृषि भूमि में कमी और आधुनिक कृषि तकनीकों के बढ़ते उपयोग से प्रेरित है।

भारत के कृषि क्षेत्र, जो इसकी अर्थव्यवस्था की रीढ़ है, के लिए यह वैश्विक स्थिति कुछ गंभीर दोष उत्पन्न करती है। भारत अपने विशाल फसल उत्पादन को बनाए रखने के लिए आयातित उर्वरकों पर बहुत अधिक निर्भर करता है। इन आयातों का एक बड़ा भाग रूस और सऊदी अरब से आता है, ये दोनों देश अब प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से नए अमेरिकी टैरिफ से प्रभावित हैं। आयात स्रोतों पर इस अत्यधिक निर्भरता के कारण भारत को मूल्य झटकों और आपूर्ति में व्यवधान का एक बड़ा संकट है। हालाँकि ये टैरिफ सीधे भारत को लक्षित नहीं करते हैं, लेकिन इनके व्यापक प्रभाव अपरिहार्य हैं। जब वैश्विक स्तर पर उर्वरक की कीमतें बढ़ेंगी, तो भारत का क्रय व्यय बढ़ेगा, जिससे किसानों पर भारी दबाव पड़ेगा, जिससे अंततः उनके लाभ में कमी की सम्भावना है, उपभोक्ताओं के लिए खाद्यान्न की लागत बढ़ेगी और संभवतः भारतीय कृषि निर्यात दुनिया भर में कम प्रतिस्पर्धी हो जाएगा।

भारत की रणनीतिक चुनौतियाँ और अवसर-आगे की राह

यह स्थिति भारत के सामने कई विशिष्ट चुनौतियाँ प्रस्तुत करती है और यदि इनका सही ढंग से समाधान किया जाए, तो यह देश को बहुमूल्य अवसर प्रदान कर सकती है। टैरिफ की तात्कालिक कठिनाइयाँ स्पष्ट हैं - आपूर्तिकर्ताओं पर अत्यधिक निर्भरता, जो अब नए व्यापार अवरोधों का सामना कर रहे हैं, अंतर्राष्ट्रीय मूल्य में उतार-चढ़ाव के प्रति संवेदनशीलता, और अपर्याप्त घरेलू उत्पादन क्षमताएँ। भारत के आयात आँकड़े इस निर्भरता को स्पष्ट रूप से प्रकट करते हैं - लगभग 20 प्रतिशत यूरिया, 50-60 प्रतिशत डीएपी, और लगभग सभी म्यूरेट ऑफ पोटाश की आवश्यकताएँ विदेशों से आती हैं।

यद्यपि कि, ये परिस्थितियाँ नीतियों के व्यापक पुनर्गठन के अवसर भी प्रस्तुत करती हैं। भारत दक्षिण पूर्व एशिया, अफ्रीका और लैटिन अमेरिका में आपूर्ति साझेदारियाँ स्थापित करके, संकेंद्रित स्रोतों पर निर्भरता कम करके और भू-राजनीतिक व्यवधानों के विरुद्ध लचीलापन बनाकर आयात विविधीकरण को आगे बढ़ा सकता है। वर्तमान परिस्थितियाँ घरेलू उत्पादन विकास में तेजी लाने के पक्ष में हैं। रणनीतिक अनुसंधान निवेश, निजी क्षेत्र के प्रोत्साहन और अंतर्राष्ट्रीय सहयोग आत्मनिर्भरता के लक्ष्यों को महत्वपूर्ण रूप से आगे बढ़ा सकते हैं। भारत के राजनयिक माध्यम अनुकूल व्यापार व्यवस्थाओं पर बातचीत कर सकते हैं और विभिन्न अंतर्राष्ट्रीय मंचों के माध्यम से छूट प्राप्त कर सकते हैं।

इसके अतिरिक्त, सटीक खेती और पोषक तत्वों से भरपूर उर्वरक अनुप्रयोगों के माध्यम से टिकाऊ कृषि पद्धतियों को आगे बढ़ाने से उत्पादकता में वृद्धि हो सकती है और साथ ही समग्र खपत में कमी आ सकती है, जिससे दीर्घकालिक आयात निर्भरता कम हो सकती है।

सक्रिय बाजार निरीक्षण रणनीतिक क्रय समय को सक्षम बना सकती है, जिससे संभावित रूप से अधिशेष उर्वरक का लाभ उठाया जा सकता है क्योंकि आपूर्तिकर्ता संयुक्त राज्य अमेरिका से उर्वरक की मात्रा को पुनर्निर्देशित करते हैं। ये समन्वित दृष्टिकोण वर्तमान दोषों को स्थायी प्रतिस्पर्धात्मक लाभों में बदल सकते हैं, भारत के कृषि आधार को सुदृढ़ कर सकते हैं और साथ ही उन वाह्य निर्भरताओं को कम कर सकते हैं जिन्होंने ऐतिहासिक रूप से इस क्षेत्र की विकास क्षमता को बाधित किया है।

निष्कर्ष

अमेरिकी टैरिफ कदम अंतर्राष्ट्रीय उर्वरक व्यापार के लिए एक महत्वपूर्ण मोड़ का प्रतिनिधित्व करता है। भारत के लिए, यह विविधीकरण, आत्मनिर्भरता और चतुर कूटनीति के माध्यम से लचीलेपन को मजबूत करने की आवश्यकता पर भी बल देता है। दूरदर्शी और त्वरित कार्रवाई करके, भारत स्वयं को संकटों से बचा सकता है, इनपुट मूल्यों को स्थिर कर सकता है, और एक पुनर्संयोजित विश्व अर्थव्यवस्था में उभरते व्यापार संरेखण से लाभ उठाने के लिए स्वयं को तत्पर कर सकता है।

कृषि में एआईः डेमो से निर्णय की ओर बढ़ने का समय

सत्य संयुक्ता

बाधवानी फाउंडेशन, मुख्य एआई और डिजिटल सलाहकार

कृषि-तकनीक क्षेत्र में यह विचार बढ़ता जा रहा है किः एआई कृषि को बदल देगा'। एनपीएसएस (राष्ट्रीय कीट निगरानी प्रणाली) जैसी सलाह से लेकर बुद्धिमान शासन डैशबोर्ड तक, हमारे नीति निर्माताओं से लेकर किसानों तक, एआई को एक क्रांतिकारी बदलाव के रूप में देखा जा रहा है। हालाँकि यह एक आकर्षक दृष्टिकोण है, किन्तु यह असुरक्षित रूप से अति-सरलीकरण भी है।

अब समय आ गया है कि हम स्वयं से एक कठिन सवाल पूछें - क्या हम प्रभाव के लिए निर्माण कर रहे हैं या दिखावे के लिए?

पिछले एक साल में, जहाँ फार्मिटोपिया और प्लांटिक्स जैसी कंपनियों ने कीट और रोग प्रबंधन के लिए कंप्यूटर विजन का उपयोग किया है, वहीं दूसरी ओर, सर्वम.एआई जैसी कंपनियों ने फसल सलाह और डेटा-आधारित नीति निर्माण के लिए तर्क के संदर्भ में अपनी क्षमता प्रदर्शित की है। कृषि एवं किसान कल्याण मंत्रालय भी एआई को अपनाने में अग्रणी प्रतीत होता है, चाहे वह ई-मित्र जैसे समस्या निवारण चैटबॉट बनाना हो या आईआईटी रोपड़ जैसा उत्कृष्टता केंद्र स्थापित करना हो। गति वास्तविक है, किन्तु विखंडन भी उतना ही है।

बहुत सारे असंबद्ध पायलट प्रोजेक्ट हैं, अवधारणा के बहुत सारे अतिव्यापी प्रमाण हैं, और बहुत कम पहल हैं जो एक जिले या डेमो डे से आगे बढ़ पाती हैं। हम यह सिद्ध करने में बहुत समय लगा रहे हैं कि एआई काम कर सकता है-जबकि हमें इस बात पर ध्यान केंद्रित करना चाहिए कि इसे क्या करना चाहिए, और

इसे खेत में कैसे उपयोग किया जाएगा।

समस्या तकनीक नहीं है-यह दिशा है

मुख्य विषय यह नहीं है कि एआई काम करता है या नहीं। बल्कि यह है कि क्या हम इसे सही समस्याओं के समाधान के लिए उपयोग कर रहे हैं, या इसलिए कि इसे किसी ऐसे विषय पर बलपूर्वक थोप दिया जाए जिसे हम समस्या समझते हैं।

उदाहरण के लिए फसल सलाह को ही लें। एक बहुभाषी चैटबॉट जो किसान को बताता है कि बीज कब बोना है, प्रभावशाली लगता है, जब तक आपको यह अनुमान न हो कि यह स्थानीय मिट्टी की नमी या क्षेत्रीय कृषि-जलवायु गतिशीलता को नहीं समझता है। या गवर्नेंस डैशबोर्ड, ये सम्मेलनों में आकर्षक तो लगते हैं, किन्तु प्रायः जिला अधिकारियों के लिए आवश्यक विस्तृत जानकारी का अभाव होता है जिससे वे क्षेत्रीय स्तर पर निर्णय ले सकें।

हम अभी भी एआई को एक अपग्रेड के रूप में देख रहे हैं, न कि एक नए डिजाइन के रूप में। किन्त कृषि लगभग किसी भी क्षेत्र से अधिक ऐसी प्रणालियों की माँग करती है जो गंभीरतापूर्वक स्थानीय हों, अत्यन्त विशिष्ट हों, और उच्च-दांव वाली परिवर्तनशीलता के लिए बनी हों। अधिकतर एलएलएम (बड़े भाषा मॉडल) और रीजनिंग इंजन इसके लिए प्रशिक्षित नहीं थे।

रोडमैप कोई रणनीति नहीं है

इंडियाएआई, सरवनएआई, आईआईटीज और विभिन्न वित्तपोषकों के प्रयासों को जोड़ने के लिए बातचीत चल रही है। यह एक स्वागत योग्य कदम है। किन्तु एक रोडमैप सिर्फ तकनीकी एकीकरणों की सूची नहीं होना चाहिए। इसे वास्तविक दुनिया के सवालों के उत्तर देने की आवश्यकता हैः डेटा का स्वामी कौन है? मॉडलों का ऑडिट कौन करता है? जब कोई संस्तुति गलत हो जाती है तो क्या होता है?

हमने नीति निर्माण के लिए तर्क मॉड्यूल, योजना कार्यान्वयन के लिए एआई सहायक, यहाँ तक कि मेटा द्वारा वित्त पोषित व्हाट्सएप बॉट्स के उपयोग में रुचि देखी है। किन्त हमें अभी तक एक भी एकीकृत आधारभूत संरचना नहीं मिली है जो इन सबको एक साथ जोड़ सके।

जिस भविष्य का हम लक्ष्य बना रहे हैं - वास्तविक समय की परामर्श, अनुकूली शासन, फील्ड फीडबैक लूप - यह तभी कारगर होगा जब उपकरण केवल क्षमता के लिए नहीं, बल्कि संदर्भ के लिए डिजाइन किए गए हों। इसका मतलब है किसान संगठनों, जिला प्रशासनों और स्थानीय विस्तार कार्यकर्ताओं के साथ मिलकर काम करना-न कि केवल प्रयोगशाला में प्रशिक्षित मॉडल को लागू करना।

तकनीकी-समाधानवाद का संकट

आइए पिछली तकनीकी लहरों की गलतियों को न दोहराएँ, जहाँ बिना वस्तुस्थिति के डिजिटल उपकरण प्रस्तुत किए गए थे। कृषि-तकनीक में, गलत सटीकता अत्यन्त हानिकारक है। गलत बुवाई की तिथि या कीटनाशक की संस्तुति कोई यूएक्स बग नहीं है-इसका अर्थ फसल की हानि और वित्तीय संकट हो सकता है।

और सच कहें तो इनमें से कई एआई पहल अभी भी अपने आरम्भिक चरण में हैं। विकासाधीन कुछ तर्क इंजन (एआई सिस्टम जो केवल डेटा को संसाधित करने के लिए नहीं, अपितु विश्लेषण, अनुमान और सूचित निर्णय लेने के लिए डिजाइन किए गए हैं) का क्षेत्र-परीक्षण नहीं किया गया है। डेटा सेट अभी भी अपूर्ण हैं। एग्रीस्टैक जैसी सरकारी प्रणालियों के साथ एकीकरण अभी भी कागजों पर है। प्रतिक्रिया-आधारित विकास के लिए गंभीर, दीर्घकालिक प्रतिबद्धता के बिना, हम ऐसे सिस्टम बनाने का जोखिम उठाते हैं जो टिक नहीं पाते।

क्या बदलने की आवश्यकता है
अभी हमें इन पर जोर देना चाहिए:

- मिशन-प्रथम डिजाइनः केवल मॉडल क्षमताओं पर ही नहीं, बल्कि वास्तविक कृषि समस्याओं पर आधारित उपकरण बनाएँ।
- अंतर-मंत्रालय संरेखणः यदि एक ही तर्क मॉड्यूल कृषि, स्वास्थ्य और शिक्षा की सेवा कर सकता है, तो आइए साझा आधारभूत संरचना बनाएँ, किन्तु डोमेन-विशिष्ट परतों को स्पष्ट रूप से परिभाषित करें।
- उत्तरदायी लूपः वित्तपोषकों और मंत्रालयों को अनुदैर्ध्य मेट्रिक्स की माँग करनी चाहिए न कि केवल पायलट सफलता की।
- क्षेत्र साझेदारीः सर्वश्रेष्ठ एआई केवल बेंगलुरु या दिल्ली से नहीं आएगा। यह मंडला, बारामती और नलगोंडा के साथ सह-डिजाइनिंग से आएगा।

हम एक महत्वपूर्ण मोड़ पर हैं। भारत समावेशी, संदर्भ-सचेत कृषि एआई प्रणालियों के निर्माण में अग्रणी भूमिका निभा सकता है। किन्तु हमें बुलबुलों से बने प्रचलित शब्दों और अल्पकालिक परियोजनाओं से आगे बढ़ना होगा। यह केवल एआई के माध्यम से कृषि को रूपांतरित करने के विषय में नहीं है, यह कृषि को इतनी गहनता से समझने के बारे में है कि एआई सहायक सिद्ध हो।

क्षमता अपार है। किन्तु यदि इसे क्रियान्वयन के साथ नहीं जोड़ा गया तो यह क्षमता केवल कागजों तक ही सीमित रह जाएगी।

विकसित भारत के लिए कृषि यंत्रीकरण को आगे बढ़ानाः नवाचार, समावेशिता और सततता का एकीकरण

डॉ. दिवाकर चौधरी[1] और डॉ. आर.के. श्रीवास्तव[2]

[1] प्रधान अन्वेषक, पशु विज्ञान अभियांत्रिकी एवं प्रौद्योगिकी केंद्र
पशु चिकित्सा एवं पशु विज्ञान विश्वविद्यालय, बीकानेर, राजस्थान
[2]अध्यक्ष, मृदा एवं जल अभियांत्रिकी विभाग, कृषि अभियांत्रिकी संकाय, एसकेयूएएसंटी-जम्मू

परिचय

कृषि भारत की अर्थव्यवस्था का केंद्र बिंदु बनी हुई है, जो 46 प्रतिशत कार्यबल को रोजगार देती है और देश के सकल घरेलू उत्पाद में 20 प्रतिशत का योगदान देती है। इसे सीमित भूमि पर बढ़ती जनसंख्या का भरण-पोषण करना होगा, साथ ही ग्रामीण आय और सततता में भी सुधार करना होगा। इसलिए आधुनिक कृषि यंत्रीकरण, खेती के सभी चरणों में मानव और पशु श्रम के स्थान पर मशीनों का उपयोग, भारत के विकास के लिए महत्वपूर्ण है। ऐतिहासिक रूप से, भारतीय किसान हाथ से चलने वाले औजारों और पशु-चालित हलों का उपयोग करते थे। हरित क्रांति के बाद के युग में ही यंत्रीकरण का आरम्भ हुआ। आज, भारत दुनिया के सबसे बड़े कृषि-मशीन बाजारों में से एक है, जिसका मूल्य 2024 में 16.73 अरब अमेरिकी डॉलर है और 2029 तक 25.15 अरब डॉलर होने का अनुमान है। यह आय और फसल की सघनता बढ़ने के साथ बढ़ती माँग को दर्शाता है। फिर भी, केवल लगभग आधे कृषि कार्य ही यंत्रीकृत हैं, जो कई देशों के स्तर से काफी कम है। विकसित भारत दृष्टिकोण के अन्तर्गत इस अंतर को पाटना एक नीतिगत प्राथमिकता है। उन्नत मशीनीकरण से उत्पादन बढ़ और श्रम कम, इनपुट का अधिक कुशलता से उपयोग हो सकता है और किसानों की आय में वृद्धि हो सकती है (चित्र 1)।

मुख्यशब्दः विकसित भारत, ट्रैक्टरीकरण, फसल सघनता, परिशुद्ध कृषि, स्थायित्व, जीपीएसय आईओटी, एआई।

भारत में यंत्रीकरणः अतीत और वर्तमान

भारत के कृषि यंत्रीकरण में लंबे समय से ट्रैक्टरों का दबदबा रहा है। भारत में सभी कृषि मशीनरी के उपयोग में ट्रैक्टरों का योगदान लगभग 80 प्रतिशत है, जो अन्य ऊर्जा स्रोतों को पीछे छोड़ देता है। 2020-21 में, कुल कृषि ऊर्जा का केवल 6 प्रतिशत ही सजीव स्रोतों से प्राप्त हुआ, जिसमें पशु ऊर्जा (3 प्रतिशत) और मानव श्रम (3 प्रतिशत) सम्मिलित हैं। इसके विपरीत, ट्रैक्टरों ने 59 प्रतिशत ऊर्जा प्रदान की, जबकि शेष अधिकांश ऊर्जा डीजल (14 प्रतिशत) और इलेक्ट्रिक मोटर (20 प्रतिशत) से प्राप्त हुई। हाल के दशकों में भारतीय कृषि के इस ट्रैक्टरीकरण में तेजी आई है। उदाहरण के लिए, वित्त वर्ष 2022-23 में घरेलू ट्रैक्टरों की बिक्री 9.4 लाख इकाइयों के सर्वकालिक उच्च स्तर पर पहुँच गई, जिससे भारत विश्व स्तर पर एक अग्रणी ट्रैक्टर उत्पादक बन गया। इसके विपरीत, पावर टिलर, रीपर या अन्य विशेष मशीनरी का उपयोग पिछड़ गया है। 2020-21 में कृषि बिजली का केवल 1 प्रतिशत योगदान दिया। परिणामस्वरूप, मशीनीकरण असमान बना हुआ है। लगभग 47 प्रतिशत भारतीय कृषि कार्य कम से कम आंशिक रूप से मशीनीकृत हैं, जबकि चीन में यह 60 प्रतिशत और ब्राजील में 75 प्रतिशत है।

2 हेक्टेयर से कम के भारतीय कृषि फार्मों पर

छोटे किसानों का दबदबा है, जो 86 प्रतिशत जोतों के लिए उत्तरदायी हैं, जो मशीनीकरण को बाधित करता है। अधिकांश कृषि मशीनरी (विशेषकर उच्च-शक्ति वाले ट्रैक्टर और कंबाइन) बड़े खेतों के स्वामित्व में हैं। केवल लगभग 4.4 प्रतिशत किसान परिवारों के पास ट्रैक्टर है, और केवल 5.3 प्रतिशत के पास कोई भी बिजली से चलने वाले उपकरण (कंबाइन, थ्रेशर, आदि) व्यक्तिगत छोटे खेतों के लिए वहनीय नहीं होंगे।

भूमि तैयारी और रोपणः हल, हैरो, रोटावेटर और सीड ड्रिल वाले ट्रैक्टरों ने सिंचित मैदानी इलाकों में बैल-हल की जगह बड़े स्तर पर ले ली है। जुताई और रोपण कार्यों का मशीनीकरण अब राष्ट्रीय स्तर पर 40 प्रतिशत है, जो उच्च उत्पादकता वाले राज्यों में 70-80 प्रतिशत तक पहुँच रहा है। उदाहरण के लिए, पंजाब, हरियाणा और पश्चिमी उत्तर प्रदेश लगभग 80-90 प्रतिशत गेहूँ और चावल की बुवाई के लिए मशीनों (ट्रैक्टर-खींची या सीड ड्रिल) का उपयोग करते हैं। इसके विपरीत, पूर्वी और दक्षिणी राज्य इन कार्यों में केवल 35-45 प्रतिशत ही यंत्रीकृत हैं, और छोटे, सीढ़ीदार खेतों और उच्च उपकरण परिवहन लागत के कारण उत्तर-पूर्वी पहाड़ी क्षेत्र अत्यन्त कम (<15 प्रतिशत) बने हुए हैं। पावर टिलर और कॉम्पैक्ट ट्रैक्टरों की बढ़ती उपलब्धता ने कुछ मध्यम आकार के खेतों की सहायता की है, किन्तु जुताई के लिए अधिकांश बिजली अभी भी पूर्ण आकार के ट्रैक्टरों से होती है।

कटाई और कटाई के बादः यंत्रीकृत कटाई भी उत्तर और पश्चिम में केंद्रित है। पंजाबध्हरियाणा में, लगभग सारा गेहूँ (और अधिकांश चावल) अब कंबाइन या रीपर द्वारा काटा जाता है। 2008 में, केरल में एक क्लास कंबाइन हार्वेस्टर को काम करते हुए देखा गया था, जो इस बात का संकेत है कि आधुनिक कंबाइन गैर-पारंपरिक क्षेत्रों में भी प्रवेश कर रहा है। हालाँकि, पूरे भारत में, केवल कुछ ही खेतों में हार्वेस्टर हैं। इसके बजाय, अधिकांश कस्टम हार्वेस्टर या हाथ से काम करने वाले श्रमिकों का उपयोग करते हैं। कंबाइन हार्वेस्टर और पावर थ्रेशर समयबद्धता को बहुत बढ़ाते हैं और हानि को कम करते हैं, जिससे अधिक उपज प्राप्त होती है। उदाहरण के लिए, एक कंबाइन के साथ, एक ऑपरेटर प्रतिदिन दर्जनों एकड़ जमीन की कटाई और थ्रेसिंग कर सकता है, जो दर्जनों मजदूरों की तुलना में कहीं अधिक है। भारत में गेहूँ और चावल के उत्पादन में वृद्धि में इस मशीनीकृत कटाई क्षमता ने महत्वपूर्ण भूमिका निभाई। वित्त वर्ष 2021 तक देश ने 296 मिलियन टन अनाज का उत्पादन किया, जिसमें तेजी से कटाई में सहायता मिली।

सांख्यिकीय स्नैपशॉटः वर्तमान में आंकड़े भारत के मशीनीकरण के स्तर को प्रदर्शित करते हैं। 2022 तक, 47 प्रतिशत कृषि कार्य कुछ सीमा तक मशीनीकृत थे। प्रमुख उपकरण स्टॉक में 8-9 मिलियन ट्रैक्टर (लगभग हर 15 हेक्टेयर कृषि योग्य भूमि के लिए एक), लगभग 0.04 मिलियन कंबाइन हार्वेस्टर, 0.5 मिलियन पावर टिलर, 1.0-1.2 मिलियन रोटावेटर और लगभग 4.96 मिलियन डीजल पंप और थ्रेसर सम्मिलित हैं। इनमें से कई मशीनें साझा की जाती हैं। सभी डीजलध्इलेक्ट्रिक सिंचाई पंपों का लगभग 95 प्रतिशत व्यक्तियों के स्वामित्व में है, बाकी किराए पर या समुदाय द्वारा साझा किए जाते हैं। सरकारी योजनाओं के अन्तर्गत, अकेले उत्तर प्रदेश (2014-2024) में 1.76 लाख से अधिक मशीनों को सब्सिडी दी गई थी, जो मशीनीकरण में भारी सरकारी निवेश को दर्शाता है।

पंजाब और हरियाणा जैसे राज्यों में, 85-90 प्रतिशत गेहूं और चावल क्षेत्र की कटाई कंबाइन या रीपर द्वारा की जाती है। ऐसी उच्च क्षमता वाली मशीनें समयबद्धता में काफी सुधार करती हैं और कटाई के बाद के हानि को कम करती हैं।

मशीनीकरण और 'विकसित भारत' लक्ष्य

कृषि मशीनीकरण को भारत के व्यापक विकास लक्ष्यों के लिए एक उत्प्रेरक के रूप में देखा जाता है। किसानों को अधिक भूमि पर तेजी से और अधिक सटीकता से खेती करने में सक्षम बनाकर, मशीनीकरण उत्पादकता और आय बढ़ाता है। उदाहरण के लिए, शोध से पता चलता है कि मशीनीकृत उपकरण प्रमुख फसलों में कार्यभार का 40-45 प्रतिशत योगदान दे सकते हैं, जिससे एक ही खेत में दोहरी या तिहरी फसल उगाई जा सकती है। बढ़ी हुई फसल तीव्रता सीधे तौर पर उच्च कृषि शक्ति से जुड़ी होती है। 3 किलोवाट/हेक्टेयर से अधिक बिजली उपलब्धता वाले क्षेत्रों में 1-2 किलोवाट/हेक्टेयर वाले क्षेत्रों की तुलना में भूमि उपयोग अधिक होता है। व्यवहार में, उच्च कृषि शक्ति वाले राज्यों (पंजाब 6 किलोवाट/हेक्टेयर, हरियाणा 5 किलोवाट/हेक्टेयर) में कम बिजली वाले क्षेत्रों की तुलना में फसल तीव्रता और उपज बहुत अधिक होती है। कुल मिलाकर, कृषि शक्ति में प्रत्येक 1 किलोवाट/हेक्टेयर की वृद्धि फसल तीव्रता में कई प्रतिशत अंकों की वृद्धि से जुड़ी है।

मशीनीकरण संसाधन-उपयोग दक्षता और स्थिरता में भी सुधार करता है। आधुनिक मशीनरी सटीक कृषि तकनीकों को संभव बनाती है। उदाहरण के लिए, लेजर लैंड-लेवलर, ड्रिप सिंचाई उपकरण और सटीक सीडर जो इनपुट का अनुकूलन करते हैं। राष्ट्रपति की विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी सलाहकार परिषद ने नोट किया है कि सटीक उपकरण (जीपीएस-निर्देशित ट्रैक्टर, मृदा सेंसर, परिवर्तनीय दर एप्लीकेटर) किसानों को पौधों की आवश्यकताओं के अनुसार सिंचाई और उर्वरक तैयार करने में सक्षम बनाते हैं, जिससे पानी और रसायनों की बचत होती है। भारत में, कृषि में प्रति टन उपज के लिए वैश्विक औसत से 2-3 गुना अधिक पानी का उपयोग होता है। पंपों द्वारा संचालित सटीक सिंचाई (स्प्रिंकलर, ड्रिप) इसे उल्लेखनीय रूप से कम कर सकती है। इसी प्रकार, एकीकृत मशीनरी (हैप्पी सीडर, सुपर सीडर) फसल अवशेषों में सीधे बुवाई कर सकती है, जिससे पराली जलाने से बचा जा सकता है और मिट्टी की नमी में सुधार हो सकता है। ये विधियाँ ग्रीनहाउस उत्सर्जन को कम करके और जल संरक्षण करके सरकार के जलवायु और स्थिरता लक्ष्यों में योगदान करती हैं।

श्रम उत्पादकता एक अन्य प्रमुख लाभ है। अब उसी क्षेत्र में खेती करने के लिए कम लोगों की आवश्यकता होती है। जैसा कि एक विश्लेषण में कहा गया है, जब ट्रैक्टर और कंबाइन का उपयोग किया जाता है, तो कम लोग अधिक भूमि पर खेती कर सकते हैं। यह बदलाव महत्वपूर्ण है क्योंकि ग्रामीण श्रम में गिरावट आ रही है - कई युवा गैर-कृषि नौकरियों की तलाश करते हैं, और मनरेगा जैसी योजनाएं खेतों से श्रमिकों को दूर ले जाती हैं, जिससे फसल के मौसम में श्रमिकों की कमी होती है। मशीनीकरण इस श्रम में गिरावट की भरपाई करता है। यह कठिन परिश्रम को भी कम करता है। भारत में लगभग 70 प्रतिशत कृषि कार्य महिलाओं द्वारा किए जाते हैं, प्रायः हाथ से चलने वाले स्प्रेयर, बिजली से चलने वाले टिलर और मैकेनिकल प्लांटर्स को सम्मिलित करने से महिलाओं के काम का बोझ काफी कम हो सकता है और युवाओं को खेती में वापस आकर्षित किया जा सकता है।

अंत में, मशीनीकरण से उच्च दक्षता और उत्पादन आय वृद्धि में परिवर्तित हो जाता है। मैनुअल श्रम लागत और हानि को कम करने और समय पर खेती की अनुमति देने से प्रति हेक्टेयर शुद्ध लाभ बढ़ता है। अध्ययन बताते हैं कि रोपण और कटाई जैसे कार्यों का

मशीनीकरण उत्पादन को 10-20 प्रतिशत तक बढ़ा सकता है और लागत में कमी कर सकता है भारतीय मशीनीकरण पर पीडब्ल्यूसी/फिक्की की रिपोर्ट में कहा गया है कि 2030 तक कृषि बिजली की उपलब्धता को 4.0 किलोवाट/हेक्टेयर (आज के 2.5 किलोवाट से) तक बढ़ाना उत्पादकता और आय को बढ़ाने का एक महत्वाकांक्षी किन्तु लक्षित विधि है।

सरकारी कार्यक्रम और नीतिगत समर्थन

भारत सरकार ने छोटे और सीमांत किसानों पर ध्यान केंद्रित करते हुए मशीनीकरण में तेजी लाने के लिए कई योजनाएँ आरम्भ की हैं। कृषि मशीनीकरण पर प्रमुख उप-मिशन (एसएमएएम) (2014 से) उपकरण क्रय और कस्टम-हायरिंग मूलभूत संरचना के लिए सब्सिडी प्रदान करता है। एसएमएएम के अन्तर्गत, किसानों को ट्रैक्टर और उपकरणों पर 40-50 प्रतिशत सब्सिडी मिलती है (महिलाओं या अनुसूचित जाति/अनुसूचित जनजाति के किसानों के लिए उच्च दर)। उद्यमियों, सहकारी समितियों या एफपीओ को कस्टम हायरिंग सेंटर (सीएचसी) और कृषि मशीनरी बैंक स्थापित करने के लिए ऋण और अनुदान (लागत का 40 प्रतिशत) भी दिए जाते हैं, और सामुदायिक स्तर के मशीनरी केंद्रों (30 लाख तक की परियोजनाओं के लिए) के लिए 80 प्रतिशत तक की सहायता प्रदान की जाती है। ये सीएचसी प्रायः सहकारी समितियों, एफपीओ या ग्रामीण युवाओं द्वारा संचालित होते हैं और छोटे किसानों को सस्ती दरों पर उपकरण (हार्वेस्टर, लेजर लेवल आदि) किराए पर लेने की अनुमति देते हैं। राज्य सरकारों (जैसे, कर्नाटक, पंजाब, आंध्र प्रदेश) ने सार्वजनिक-निजी भागीदारी (पीपीपी) को भी अपनाया है। चीनी कारखाने, कृषि-कॉर्पोरेट और गैर सरकारी संगठन राज्य प्रशिक्षण और सब्सिडी कार्यक्रमों के अन्तर्गत सीएचसी को वित्तपोषित और संचालित करने में सहायता करते हैं।

अन्य योजनाएं विशिष्ट आवश्यकताओं को लक्षित करती हैं। फसल अवशेष प्रबंधन (सीआरएम) योजना (2018-वर्तमान) धान के ठूंठ से होने वाले वायु प्रदूषण को दूर करने के लिए मशीनरी (हैप्पी सीडर, सुपर सीडर, मल्चर, बेलर) पर सब्सिडी देती है। किसानों को ऐसे उपकरणों पर 50 प्रतिशत सब्सिडी मिलती है, जबकि सीएचसी उद्यमियों और सहकारी समितियों को उन्हें संचालित करने के लिए 80 प्रतिशत समर्थन मिलता है। प्रौद्योगिकी के उभरते महत्व को पहचानते हुए, सरकार ने नमो ड्रोन दीदी कार्यक्रम (2023-26) भी आरम्भ किया। चयनित एसएचजी को ड्रोन और पेलोड खरीदने के लिए 80 प्रतिशत वित्तीय सहायता (प्रति ड्रोन 8 लाख रुपये तक) मिलती है, जिससे भारत ग्रामीण सामूहिकता के माध्यम से ड्रोन तैनात करने वाले पहले देशों में सम्मिलित हो गया है।

सब्सिडी के अलावा, सरकार आपूर्ति श्रृंखलाओं और परीक्षण मानकों को सुदृढ़ कर रही है। नए कृषि मशीनरी प्रशिक्षण और परीक्षण संस्थान (एफएमटीटीआई) और मोबाइल प्रदर्शनियां किसानों को उपकरण प्रदर्शित करती हैं। एक केंद्रीकृत ''फार्म्स'' मोबाइल ऐप (फार्म मशीनरी सॉल्यूशंस) आस-पास के उपकरण डीलरों और किराये की सेवाओं का पता लगाने में सहायता करता है। मशीनीकरण के लिए प्रत्यक्ष लाभ हस्तांतरण (डीबीटी) सुनिश्चित करता है कि सब्सिडी सीधे मशीन निर्माताओं और डीलरों तक जाए, जिससे पारदर्शिता में सुधार होता है। बजट 2024 में, वित्त मंत्री ने राष्ट्रीय विकास योजनाओं के साथ मशीनीकरण को जोड़ते हुए औसत कृषि बिजली को 2.5 कि.वा./हे. (और अंततः 2030 तक 4.0 कि.वा./हे.) तक बढ़ाने के लक्ष्यों की पुष्टि की।

कृषि व्यवसाय फर्म और स्टार्टअप तेजी से इसमें सम्मिलित हो रहे हैं। ट्रैक्टर कंपनियां वित्तपोषण पैकेज प्रदान करती हैं, उपकरण सहकारी समितियां कस्टम हायर के लिए ऋण पूल करती हैं, और उद्यमी (जैसे कृषकॉन, ट्रिंगो) मंडियों में किराए पर देने की योजनाएं चलाते हैं। आरबीआई की प्राथमिकता क्षेत्र ऋण और कृषि-मशीनरी के लिए नई ऋण व्यवस्था यह सुनिश्चित करती है कि किसान (या सीएचसी) कम ब्याज दरों पर उधार ले सकें। कुल मिलाकर, वित्त वर्ष 2014-2024 में, अकेले उत्तर प्रदेश को 656 करोड़ से अधिक एसएमएएम फंड जारी किए गए, जिसके परिणामस्वरूप राज्य में 1.77 लाख मशीनों पर सब्सिडी दी गई और 10,769 हायरिंग सेंटर स्थापित किए गए। केंद्र प्रायोजित योजनाओं और मिशन क्लस्टरों (जैसे मशीनीकरण के लिए आरकेवीवाई और आरआईडीएफ घटक) के अन्तर्गत अन्य राज्यों में भी इसी तरह की वृद्धि देखी जा रही है।

प्रौद्योगिकी के क्षेत्र और नवाचार

भारतीय किसान भी अत्याधुनिक मशीनीकरण को अपनाने लगे हैं। जीपीएस-सक्षम ट्रैक्टरों और उपकरणों के माध्यम से परिशुद्ध कृषि का चलन बढ़ रहा है। उदाहरण के लिए, भू-टैग किए गए मृदा आर्द्रता सेंसर और परिवर्तनशील दर वाले फर्टिगेशन नोजल, यद्यपि कि अभी भी विशिष्ट हैं, प्रगतिशील राज्यों में इनका परीक्षण किया जा रहा है। उपग्रह चित्र (भुवन या निजी ऐप्स जैसे प्लेटफॉर्म के माध्यम से) उप-क्षेत्र रिजॉल्यूशन पर बीज और कीटनाशक के अनुप्रयोग का मार्गदर्शन करते हैं। शोधकर्ता और स्टार्टअप स्वायत्त उपकरणों का परीक्षण कर रहे हैं। इलेक्ट्रिक ट्रैक्टर (जैसे महिंद्रा ई-मैक्स) और बहु-फसल रीपर कम ईंधन उपयोग का संकल्प करते हैं, जबकि एआई-आधारित रोबोट (निराई या फल तोड़ने के लिए) बागों में परीक्षणाधीन हैं। ये उन्नत उपकरण आज भी महंगे हैं, किन्तु ये आगे का रास्ता दिखाते हैं। जैसा कि एक वर्तमान समीक्षा में कहा गया है, आईओटी, रोबोटिक्स और मशीन लर्निंग में विकास संसाधनों का अनुकूलन, श्रम लागत कम करने और पर्यावरणीय प्रभाव को कम करते हुए उत्पादन बढ़ाने में सक्षम हैं।

ड्रोन और डिजिटल तकनीक मीडिया द्वारा व्यापक रूप से कवर की गई, ड्रोन तकनीक अब भारतीय कृषि में प्रवेश कर रही है। छिड़काव के अलावा, ड्रोन का उपयोग फसल निरीक्षण, पोषक तत्वों की कमी का पता लगाने और पायलट परियोजनाओं में सटीक सिंचाई के लिए भी किया जाता है। स्वयं सहायता समूहों (एसएचजी) के लिए सरकार की ड्रोन योजना और कृषि ड्रोन नियम 2023 को लागू करना, वृहद् स्तर पर ड्रोन के उपयोग को बढ़ावा देने का संकेत है। इसी तरह, डिजिटल प्लेटफॉर्म (जैसे बाजारों के लिए ई-नाम, सब्सिडी के लिए भामाशाह मोबाइल ऐप) मशीनीकरण के साथ एकीकृत हो रहे हैं - उदाहरण के लिए, कुछ राज्य किसानों के आधार से जुड़े बैंक खातों में प्रत्यक्ष लाभ हस्तांतरण (डीबीटी) के माध्यम से उपकरण सब्सिडी के वितरण की अनुमति देते हैं, जिससे पहुँच आसान हो जाती है।

स्थायित्व और नवीकरणीय ऊर्जाः मशीनीकरण भी पर्यावरण के अनुकूल हो रहा है। गुजरात और तमिलनाडु के कुछ भागों में डीजल पंपों की जगह बिजली और सौर ऊर्जा से चलने वाले पंप आ रहे हैं, जिससे उत्सर्जन और लागत कम हो रही है। कीटनाशकों के उपयोग और ऊर्जा की माँग को कम करने के लिए बैटरी से चलने वाले स्प्रेयर और प्लांटर्स का परीक्षण किया जा रहा है। वर्षा आधारित क्षेत्रों में किसान मृदा

कार्बन को बनाए रखने के लिए संरक्षण जुताई (जीरो-टिल सीड ड्रिल) अपना रहे हैं। कुल मिलाकर, भारत में आधुनिक मशीनीकरण धीरे-धीरे ऊर्जा-कुशल मॉडलों की ओर बढ़ रहा है, जिसे प्रोत्साहन और अनुसंधान एवं विकास से सहायता मिल रही है।

असमानताएँ, चुनौतियाँ और आगे का रास्ता

प्रगति के बाद भी, महत्वपूर्ण असमानताएँ और चुनौतियाँ बनी हुई हैं।

क्षेत्रीय और पैमाने के अंतरः जैसा कि उल्लेख किया गया है, राज्यों में व्यापक अंतर है। पंजाब, हरियाणा और पश्चिमी उत्तर प्रदेश ने अनाज के लिए विकसित देशों के बराबर मशीनीकरण स्तर (70-90 प्रतिशत) प्राप्त कर लिया है। इसके विपरीत, पूर्वी भारत और उत्तर-पूर्व का अधिकांश भाग खंडित भूमि, भू-भाग और दुर्बल मूलभूत संरचना के कारण 30-40 प्रतिशत से नीचे बना हुआ है। छोटे और सीमांत किसानों (लगभग 86 प्रतिशत किसान) को सामर्थ्य संबंधी बाधाओं का सामना करना पड़ रहा हैः 0.5-2 हेक्टेयर के भूखंडों के लिए आकार की मशीनें (मिनी-ट्रैक्टर, बहुमुखी बहुउद्देशीय उपकरण) अभी भी दुर्लभ हैं, और वित्तपोषक अधिक संकट देखते हैं। वर्तमान सब्सिडी मानदंड (प्रायः पूर्व स्वामित्व या ट्रैक्टर क्रय की आवश्यकता) सबसे गरीब लोगों को इससे वंचित कर सकते हैं।

सामर्थ्य और पहुँचः सब्सिडी के साथ भी, आरम्भी लागत अधिक होती है। एक औसत 50 एचपी ट्रैक्टर की कीमत 8-10 लाख होती है, जो कई लोगों की पहुँच से बाहर है। सब्सिडी और क्रेडिट सहायता के बाद भी, कस्टम हायरिंग सेंटर प्रायः बड़ी मशीनों पर ध्यान केंद्रित करते हैं, जिससे छोटे किसानों के लिए उपयुक्त उपकरणों के लिए बाजार में जगह खाली हो जाती है।

उदाहरण के लिए, 1.5 किलोवाट के दो-पहिया पावर टिलर की कीमत 60,000 कम हो सकती है, किन्तु ऐसे उपकरणों का वितरण और प्रशिक्षण सीमित है। इसके अतिरिक्त, सुदूरवर्ती क्षेत्रों में बिक्री के बाद सेवा नेटवर्क कम है, जिससे नई तकनीक अपनाने में बाधा आ रही है। महिला किसानों को अतिरिक्त बाधाओं का सामना करना पड़ता है, जिसमें उनकी आवश्यकताओं के अनुरूप मशीनीकृत समाधानों के बारे में जागरूकता और प्रशिक्षण की कमी सम्मिलित है।

मशीनीकरण स्तर बनाम आवश्यकताः जहां मशीनें उपस्थित हैं, वहां भी परिचालन संबंधी कमियां बनी हुई हैं। अध्ययनों से पता चलता है कि गेहूं और चावल जैसी मुख्य फसलों की कटाई/थ्रेसिंग में 60-70 प्रतिशत मशीनीकरण होता है, इन 'अंतिम मील' अंतरालों को दूर करने के लिए लघु-स्तरीय मशीनरी (जैसे चलने वाले ट्रैक्टर, ब्रश कटर, ड्रोन एप्लीकेटर) और विस्तार समर्थन में नवाचार की आवश्यकता होगी।

समाधान और सुझावः मशीनीकरण के माध्यम से 'विकसित भारत' के लक्ष्य को प्राप्त करने के लिए, निम्नलिखित महत्वपूर्ण हैंः

- कस्टम हायरिंग विस्तारः सामुदायिक स्वास्थ्य केंद्रों (सीएचसी) और मशीनरी बैंकों के प्रसार में तेजी लाएँ। कम मशीनीकृत क्षेत्रों में विशेष पहुँच की आवश्यकता है, उदाहरण के लिए, पूर्वोत्तर भारत में उच्च सब्सिडी स्तर वाले हायरिंग केंद्र चलाने के लिए गैर-सरकारी संगठनों और एफपीओ को प्रोत्साहित करें। सामुदायिक स्वास्थ्य केंद्रों (सीएचसी) को स्थानीय बाजारों (मंडियों) या सहकारी समितियों से जोड़कर स्थिर माँग सुनिश्चित की जा सकती है।
- स्वदेशी तकनीकः छोटी-शक्ति वाली मशीनों पर अनुसंधान एवं विकास को बढ़ावा दें। निजी क्षेत्र और आईसीएआरध्एसएयू को छोटे भूखंडों के लिए उपयुक्त कॉम्पैक्ट, मॉड्यूलर उपकरण (सौर पंप, बहु-उपकरणों वाले चलने वाले ट्रैक्टर, फल-तोड़ने वाले रोबोट) विकसित करने चाहिए। अंतर्राष्ट्रीय सहयोग (जैसे, सूक्ष्म सिंचाई मशीनों पर इजराइल या नीदरलैंड के साथ) सहायक हो सकता है।
- वित्तीय नवाचारः सूक्ष्म-लीजिंग या प्रति-उपयोग भुगतान मॉडल का अन्वेषण करें। वित्तीय संस्थान ग्रामीण उद्यमियों के लिए उपकरण किराये पर ऋण देने में अग्रणी भूमिका निभा सकते हैं। ब्लॉकचेन-आधारित माइक्रोफाइनेंसिंग और उत्पादक-कंपनी निवेश से और अधिक सामुदायिक स्वास्थ्य केंद्रों को वित्तीय सहायता मिल सकती है।
- क्षमता निर्माणः तकनीशियनों और उपयोगकर्ताओं के प्रशिक्षण का विस्तार करें। एफएमटीटीआई और कृषि विज्ञान केंद्रों को युवाओं (विशेषकर महिलाओं) को कृषि-मशीनिस्ट के रूप में प्रशिक्षित करना चाहिए ताकि वे गाँवों में मशीनों का संचालन, रखरखाव और प्रदर्शन कर सकें। सार्वजनिक-निजी प्रशिक्षण मॉड्यूल (जैसे, मूल उपकरण निर्माताओं (ओईएम) द्वारा संचालित ट्रैक्टर-ड्राइविंग स्कूल) का विस्तार किया जाना चाहिए।
- बाजार और नीतिगत समर्थनः सब्सिडी या ऋण को मशीनीकृत प्रथाओं से स्पष्ट रूप से जोड़कर सुनिश्चित करें कि किसान आय दोगुनी करने और पीएम किसान सम्मान निधि 2.0 जैसी नीतियों में मशीनीकरण योजनाएँ प्राथमिकता बनी रहें। कृषि-औद्योगिक मशीनीकरण (जैसे पंप सेटों का सौर ऊर्जाकरण, कोल्ड चेन स्वचालन) को प्रोत्साहित करने के लिए स्मार्ट सिटी और अमृत जैसे मिशनों को वित्तपोषित करना जारी रखें।

निष्कर्ष

कृषि मशीनीकरण भारत के विकसित भारत के लक्ष्य की आधारशिला है। यह उच्च उत्पादकता, ग्रामीण समृद्धि और पर्यावरणीय स्थिरता को रेखांकित करता है। यद्यपि की भारत ने प्रभावशाली प्रगति की है, लगभग आधे खेत अब कुछ मशीनरी का उपयोग करते हैं, फिर भी महत्वपूर्ण कार्य बाकी है। व्यापक नीतियाँ (एसएमएएम, सीआरएम, ड्रोन योजनाएँ) लागू हैं, और सार्वजनिक-निजी भागीदारी बढ़ रही है, किन्तु हमें छोटे और सीमांत किसानों और वंचित क्षेत्रों के सामने आने वाली कमियों को पाटना होगा। प्रौद्योगिकी में निरंतर निवेश, अनुकूलित विस्तार और वित्तीय सहायता के साथ, यह सुनिश्चित करना आवश्यक होगा कि सभी किसान बैल-चालित हलों से आगे बढ़कर सटीक बीज बोने की मशीन से लेकर कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई)-निर्देशित प्रणालियों तक, आधुनिक उपकरणों की पूरी श्रृंखला का उपयोग कर सकें। ऐसा करने से भारत को कृषि उत्पादन और आय में वृद्धि, संसाधनों का संरक्षण और अगली पीढ़ी के लिए खेती को अधिक आकर्षक आजीविका बनाकर अपने विकास लक्ष्यों को प्राप्त करने में सहायता मिलेगी।

ड्रोन तकनीक और कृषि में इसका अनुप्रयोग

डॉ. द्वारिका मोहन दास[1] सुश्री सौभाग्य लक्ष्मी राय[2]

[1]वैज्ञानिक (कृषि अभियांत्रिकी) कृषि विज्ञान केंद्र, जगतसिंहपुर, ओयूएटी,
[2]पीएचडी स्कॉलर, एसडब्ल्यूसीई, सीएईटी, ओयूएटी, भुवनेश्वर

परिचय

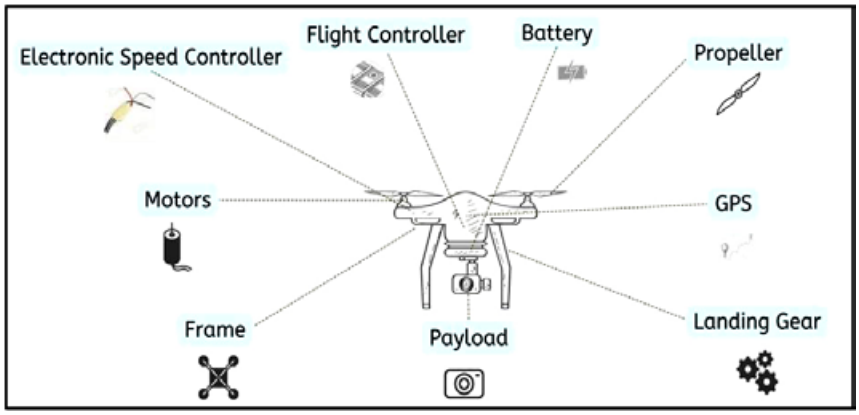
कृषि भारत की रीढ़ है, जहाँ लगभग 65% जनसँख्या अपनी आजीविका के लिए खेती और उससे जुड़ी गतिविधियों पर निर्भर है। भारतीय किसानों के लिए, लागत और श्रम का प्रबंधन करते हुए उपज को अधिकतम करना एक निरंतर चुनौती है। हाथ से फसल पर छिड़काव जैसी पारंपरिक पद्धतियाँ न केवल श्रम-गहन और समय लेने वाली हैं, बल्कि कृषि रसायनों के असंगत उपयोग को भी जन्म दे सकती हैं, जिसके परिणामस्वरूप कम उपज, पर्यावरण प्रदूषण और कृषि श्रमिकों के लिए स्वास्थ्य संकट हो सकते हैं। कृषि ड्रोन इन चुनौतियों के एक शक्तिशाली समाधान के रूप में उभर रहे हैं। सटीक, कुशल और मापनीय कृषि प्रबंधन का साधन प्रदान करके, ड्रोन अधिक लाभदायक और टिकाऊ कृषि के लिए एक सीधा मार्ग प्रदान करते हैं। ये प्रभावित क्षेत्रों में छिड़काव से लेकर पोषक तत्वों की कमी को गंभीर होने से पहले ही पहचानने तक, लक्षित कार्रवाई को सक्षम बनाते हैं, जिससे उर्वरकों और कीटनाशकों जैसे इनपुट पर महत्वपूर्ण बचत होती है। अंततः, कठिन परिश्रम को कम करके, परिचालन दक्षता में सुधार करके और डेटा-आधारित निर्णयों का समर्थन करके, ड्रोन तकनीक किसानों के लिए एक अधिक लचीला और लाभदायक भविष्य के निर्माण में एक प्रमुख मार्ग प्रस्तुत करती है।

कृषि ड्रोन की संरचना

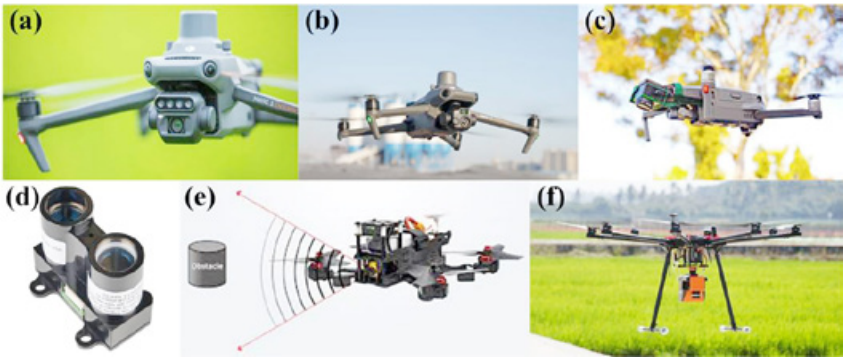
एक कृषि ड्रोन परस्पर जुड़े भागों की एक प्रणाली है जो उड़ान और डेटा संग्रह को सक्षम बनाती है। इसका मूल एक हल्का लेकिन सुदृढ फ्रेम है, जिसमें सभी घटक समाहित होते हैं। प्रणोदन इलेक्ट्रिक मोटर और प्रोपेलर से आता है, जिसे एक इलेक्ट्रॉनिक स्पीड कंट्रोलर (ईएससी) द्वारा प्रबंधित किया जाता है। ड्रोन का 'मस्तिष्क' उड़ान नियंत्रक है, एक सीपीयू जो स्थिरता बनाए रखने के लिए आदेशों और सेंसर डेटा को संसाधित करता है। एक जीपीएस मॉड्यूल नेविगेशन के लिए स्थान डेटा प्रदान करता है। बिजली की आपूर्ति एक उच्च क्षमता वाली लिथियम पॉलीमर (लिपो) या लिथियम आयन बैटरी द्वारा की जाती है, जो उड़ान की अवधि निर्धारित करती है। रिमोट ऑपरेशन के लिए, एक ट्रांसमीटर रिसीवर से संचार करता है। ड्रोन एक पेलोड ले जाता है, जैसे स्प्रे टैंक या उन्नत सेंसर। एक जिम्बल स्पष्ट इमेजिंग के लिए कैमरों को स्थिर करता है और एक टिकाऊ लैंडिंग गियर टेक-ऑफ और लैंडिंग में ड्रोन की सुरक्षा करता है।

प्रमुख सेंसर प्रौद्योगिकियाँ

- कृषि ड्रोन सटीक खेती के लिए परिष्कृत सेंसर का उपयोग करते हैं।
- **आरजीबी (दृश्य प्रकाश) कैमराः** एक मानक उच्च-रिजॉल्यूशन कैमरा जिसका उपयोग फील्ड मैप (ऑर्थोमोजाइक) बनाने और फसल की अवस्था का दृश्य आकलन करने के लिए किया जाता है।
- **मल्टीस्पेक्ट्रल सेंसरः** एनडीवीआई जैसे वनस्पति सूचकांकों की गणना करने के लिए दृश्य बैंड और निकट-अवरक्त में डेटा कैप्चर करता है। यह नंगी आँखों से दिखाई देने से पहले फसल के तनाव, शक्ति और पोषक तत्व की स्थिति का पता लगाता है।
- **थर्मल सेंसरः** जल तनाव का पता लगाने के लिए सतह के तापमान को मापता है। इसका उपयोग सिंचाई प्रणालियों के निरीक्षण के लिए भी किया जाता है और यह बीमार पशुओं की पहचान करने में सहायता कर सकता है।
- **लिडार (प्रकाश संसूचन और परासरण):** भूभाग और फसल छतरियों के अत्यधिक सटीक 3डी मॉडल बनाने के लिए लेजर पल्स का उपयोग करता है। इसका उपयोग फसल की ऊँचाई, बायोमास मापने और पौधों की



चित्र 1: ड्रोन के घटक



चित्र 2: विभिन्न सेंसर प्रौद्योगिकियाँ (अ) मल्टीस्पेक्ट्रल सेंसर, (ब) थर्मल सेंसर, (स) आरजीबी (दृश्य प्रकाश) कैमरा, (द) लिडार (लाइट डिटेक्शन एंड रेंजिंग) सेंसर, (य) अल्ट्रासोनिक सेंसर, (र) हाइपरस्पेक्ट्रल सेंसर

संरचना का विश्लेषण करने के लिए किया जाता है।

- **हाइपरस्पेक्ट्रल सेंसरः** एक उन्नत सेंसर जो सैकड़ों संकीर्ण स्पेक्ट्रल बैंडों को कैप्चर करता है, जिससे पौधों की बीमारियों, कीटों के हमले या पोषक तत्वों की कमी जैसे अत्यधिक विशिष्ट विश्लेषण की अनुमति मिलती है।
- **सहायक सेंसरः** ड्रोन निरंतर स्प्रे ऊंचाई बनाए रखने के लिए अल्ट्रासोनिक सेंसर या रडार अल्टीमीटर और कम-जीपीएस क्षेत्रों में स्थिरता के लिए ऑप्टिकल फ्लो सेंसर का भी उपयोग करते हैं।

प्रमुख सेंसर प्रौद्योगिकियाँ

- कृषि ड्रोन सटीक खेती के लिए परिष्कृत सेंसर का उपयोग करते हैं।
- **आरजीबी (दृश्य प्रकाश) कैमराः** एक मानक उच्च-रिजॉल्यूशन कैमरा जिसका उपयोग फील्ड मैप (ऑर्थोमोजाइक) बनाने और फसल की अवस्था का दृश्य आकलन करने के लिए किया जाता है।
- **मल्टीस्पेक्ट्रल सेंसरः** एनडीवीआई जैसे वनस्पति सूचकांकों की गणना करने के लिए दृश्य बैंड और निकट-अवरक्त में डेटा कैप्चर करता है। यह नंगी आँखों से दिखाई देने से पहले फसल के तनाव, शक्ति और पोषक तत्व की स्थिति का पता लगाता है।
- **थर्मल सेंसरः** जल तनाव का पता लगाने के लिए सतह के तापमान को मापता है। इसका उपयोग सिंचाई प्रणालियों के निरीक्षण के लिए भी किया जाता है और यह बीमार पशुओं की पहचान करने में सहायता कर सकता है।
- **लिडार (प्रकाश संसूचन और परासरण):** भूभाग और फसल छतरियों के अत्यधिक सटीक 3डी मॉडल बनाने के लिए लेजर पल्स का उपयोग करता है। इसका उपयोग फसल की ऊँचाई, बायोमास मापने और पौधों की संरचना का विश्लेषण करने के लिए किया जाता है।
- **हाइपरस्पेक्ट्रल सेंसरः** एक उन्नत सेंसर जो सैकड़ों संकीर्ण स्पेक्ट्रल बैंडों को कैप्चर करता है, जिससे पौधों की बीमारियों, कीटों के हमले या पोषक तत्वों की कमी जैसे अत्यधिक विशिष्ट विश्लेषण की अनुमति मिलती है।
- **सहायक सेंसरः** ड्रोन निरंतर स्प्रे ऊंचाई बनाए रखने के लिए अल्ट्रासोनिक सेंसर या रडार अल्टीमीटर और कम-जीपीएस क्षेत्रों में स्थिरता के लिए ऑप्टिकल फ्लो सेंसर का भी उपयोग करते हैं।

चित्र 3: ड्रोन प्लेटफॉर्म के प्रकार (अ) फिक्स्ड विंग ड्रोन, (ब) मल्टी रोटर ड्रोन, (स) हाइब्रिड ड्रोन

डीजीसीए के अनुसार ड्रोन की श्रेणियाँः

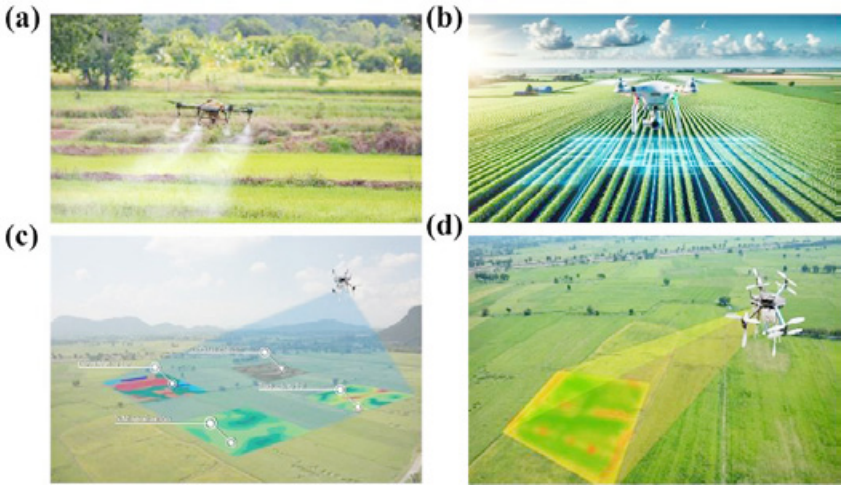
- **नैनो ड्रोनः** 250 ग्राम से कम या उसके बराबर।
- **माइक्रो ड्रोनः** 250 ग्राम से 2 किग्रा।
- **छोटे ड्रोनः** 2 किग्रा से 25 किग्रा।
- **मध्यम ड्रोनः** 25 किग्रा से 150 किग्रा।
- **बड़े ड्रोनः** 150 किग्रा से अधिक।

कृषि उद्देश्यों के लिए, अधिकांश ड्रोन सूक्ष्म या लघु श्रेणी में आते हैं।

व्यावहारिक कृषि लाभों के लिए अनुप्रयोग

ड्रोन व्यावहारिक समाधान प्रदान करते हैं जो सीधे उत्पादकता और लाभप्रदता में सुधार करते हैं।

- **सटीक छिड़कावः** केवल आवश्यक क्षेत्रों को लक्षित करके रसायनों के उपयोग और लागत को कम करता है। यह श्रमिकों को कृषि रसायनों के सीधे संपर्क से दूर रखकर सुरक्षा में भी सुधार करता है।
- **समस्या का शीघ्र पता लगानाः** मल्टीस्पेक्ट्रल और थर्मल सेंसर कीटों, बीमारियों या पानी की कमी से होने वाले फसल तनाव की पहले ही पहचान कर लेते हैं, जिससे समय पर हस्तक्षेप संभव हो जाता है और उपज में भारी हानि को रोका जा सकता है।
- **डेटा-आधारित खेतीः** पूरे खेत का एक विहंगम दृश्य प्रदान करता है, जिससे किसानों को संसाधन आवंटन के बारे में बेहतर, डेटा-आधारित निर्णय लेने में सहायता मिलती है ताकि उपज को अधिकतम किया जा सके।
- **कुशल पशुधन प्रबंधनः** बड़े क्षेत्रों में झुंडों की



चित्र 4: ड्रोन के अनुप्रयोग (क) सटीक छिड़काव, (ख) सुदूर संवेदन और डेटा संग्रहण, (ग) मृदा विश्लेषण, (घ) फसल और उपज का अनुमान

निरीक्षण, पशुओं के स्थान का पता लगाने और दूर से संभावित स्वास्थ्य समस्याओं की पहचान करने में लगने वाले समय और श्रम को काफी कम कर देता है।

- **सटीक उपज पूर्वानुमान:** विश्वसनीय कटाई-पूर्व उपज अनुमान प्रदान करके किसानों को फसल रसद, भंडारण और विपणन की योजना बनाने में सहायता करता है।

भारत में ड्रोन तकनीक: स्थिति और सरकारी सहायता

भारतीय कृषि में ड्रोन तकनीक को अपनाने की दर में उल्लेखनीय वृद्धि हो रही है, जो सरकारी पहलों और इसके लाभों की बढ़ती मान्यता के संयोजन से प्रेरित है। ड्रोन, या किसान ड्रोन, का उपयोग कीटनाशकों और तरल उर्वरकों के उपयोग के लिए सबसे प्रमुख है, विशेष रूप से चावल, गन्ना और दालों जैसी बड़े क्षेत्रफल वाली फसलों में। भारत सरकार नीतिगत समर्थन और वित्तीय सहायता के माध्यम से ड्रोन अपनाने को बढ़ावा देने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रही है। प्रमुख पहलों में सम्मिलित हैं:

- **कृषि यंत्रीकरण उप-मिशन (एसएमएएम):** इस योजना के तहत, सरकार ड्रोन तकनीक को और अधिक सुलभ बनाने के लिए पर्याप्त सब्सिडी प्रदान करती है। भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (आईसीएआर), कृषि विज्ञान केंद्र (केवीके) और राज्य कृषि विश्वविद्यालयों जैसे कृषि संस्थानों को कृषि ड्रोन की खरीद पर 100 प्रतिशत सब्सिडी (10 लाख रुपये तक) दी जाती है। इससे उन्हें प्रदर्शन और अनुसंधान करने में सहायता मिलती है।

चित्र 5: केवीके जगतसिंहपुर द्वारा ड्रोन का उपयोग करके चावल में कीटनाशक का छिड़काव

- **किसानों के लिए वित्तीय सहायता:** व्यक्तिगत और सामूहिक रूप से ड्रोन अपनाने को प्रोत्साहित करने के लिए, किसान उत्पादक संगठन (एफपीओ) ड्रोन की लागत पर 75 प्रतिशत सब्सिडी के पात्र हैं। व्यक्तिगत लघु और सीमांत किसानों, अनुसूचित जाति/अनुसूचित जनजाति के किसानों, महिला किसानों और पूर्वोत्तर राज्यों के किसानों के लिए 50 प्रतिशत (5 लाख रुपये तक) की सब्सिडी उपलब्ध है। अन्य किसान 40 प्रतिशत सब्सिडी (4 लाख रुपये तक) का लाभ उठा सकते हैं।

- 'ड्रोन दीदी' योजना: इस महत्वाकांक्षी कार्यक्रम का उद्देश्य ग्रामीण क्षेत्रों की महिलाओं को प्रमाणित ड्रोन पायलट बनने का प्रशिक्षण देकर उन्हें सशक्त बनाना है। इस योजना के तहत, महिला स्वयं सहायता समूहों (एसएचजी) को ड्रोन उपलब्ध कराए जाते हैं, जिन्हें वे छिड़काव और अन्य सेवाओं के लिए किराए पर दे सकती हैं। यह पहल न केवल कृषि में प्रौद्योगिकी के उपयोग को बढ़ावा देती है, बल्कि ग्रामीण महिलाओं के लिए आजीविका के नए अवसर भी उत्पन्न करती है, जिससे वे कृषि मूल्य श्रृंखला में प्रमुख हितधारक बन जाती हैं।

ये समन्वित प्रयास ड्रोन प्रौद्योगिकी के प्रसार के लिए एक सहायक पारिस्थितिकी तंत्र बनाने में सहायता कर रहे हैं, जिसका उद्देश्य फसल उत्पादकता बढ़ाना, लागत कम करना और भारतीय कृषि का आधुनिकीकरण करना है।

छिड़काव के लिए परिचालन संबंधी सर्वोत्तम आचरण

सुरक्षित और प्रभावी ड्रोन छिड़काव के लिए परिचालन दिशानिर्देशों का पालन करना महत्वपूर्ण है। ये सर्वोत्तम अभ्यास भारत सरकार के मानक संचालन प्रक्रियाओं (एसओपी) पर आधारित हैं। ड्रोन को फसल की छतरी से 1.5-2.5 मीटर ऊपर 4.5-5.0 मीटर/सेकंड की गति से उड़ना चाहिए। लंबी फसलों के लिए यह ऊँचाई 3-4 मीटर तक बढ़ाई जा सकती है। छिड़काव की मात्रा को फसल घनत्व, आमतौर पर 20-25 लीटर/हेक्टेयर, के अनुसार समायोजित किया जाना चाहिए। बहाव को कम करने के लिए, संचालन के लिए 3 मीटर/सेकंड से कम हवा की गति, 50% से अधिक आर्द्रता और 35°से से कम तापमान की आवश्यकता होती है। पूरे दिन के काम के लिए, 6-8 चार्ज बैटरियों के रोटेशन की आवश्यकता होती है, क्योंकि प्रत्येक लगभग 15-20 मिनट की उड़ान प्रदान करती है। छिड़काव के बाद 48 घंटे का पुनः प्रवेश अंतराल रखने की सलाह दी जाती है। सभी उड़ानों को डीजीसीए के नियमों का पालन करना होगा, जिसमें ऑपरेटर की दृश्य रेखा के भीतर रहना भी सम्मिलित है। इन प्रथाओं का पालन ड्रोन की प्रभावशीलता और सुरक्षा को अधिकतम करता है (स्रोतः कृषि एवं किसान कल्याण मंत्रालय, ड्रोन अनुप्रयोग के लिए मानक संचालन प्रक्रिया)।

निष्कर्ष

ड्रोन एक विशिष्ट तकनीक से आधुनिक खेती के लिए एक आवश्यक उपकरण के रूप में विकसित हो रहे हैं। वे एक नया दृष्टिकोण प्रदान करते हैं, जो सटीक डेटा की सहायता से, इनपुट लागत को कम करने और कठिन कार्यों को उन्नत विधि से करता है। यह मुख्य रूप से एक स्वस्थ लाभ और अधिक टिकाऊ संचालन में योगदान देता है। जैसे-जैसे ड्रोन तकनीक एआई और मशीन लर्निंग के साथ और अधिक एकीकृत होती जाएगी, यह और भी स्मार्ट होती जाएगी, कार्यों को स्वचालित और गहन अंतर्दृष्टि प्रदान करेगी। इस प्रौद्योगिकी की अधिक सुलभता, उत्पादकता के नए स्तर प्रदान करेगी, जिससे स्वस्थ फसलें, अधिक उपज और कृषि समुदाय के लिए अधिक सुरक्षित भविष्य प्राप्त होगा।

गैर-टोरेफाइड पेलेट उत्पादन हेतु बायोमास उप-उत्पादों का प्रसंस्करण

डॉ. नवनाथ एस. इंदोरे[1] डॉ. राजेश कुमार विश्वकर्मा[2]* इंजी. हरप्रीत कौर[3] इंजी. अछरदीप धीमान[3]

[1]वैज्ञानिक (वरिष्ठ स्केल), एवं परीक्षण प्राधिकारी, पीएचएमईटीसी
[2]प्रधान वैज्ञानिक, पीसी-पीएचईटी
[3]वरिष्ठ अनुसंधान अध्येता-पीएचएमईटीसी
[1,2,3]आईसीएआर-केंद्रीय कटाई-उपरान्त अभियांत्रिकी एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, लुधियाना, पंजाब, भारत

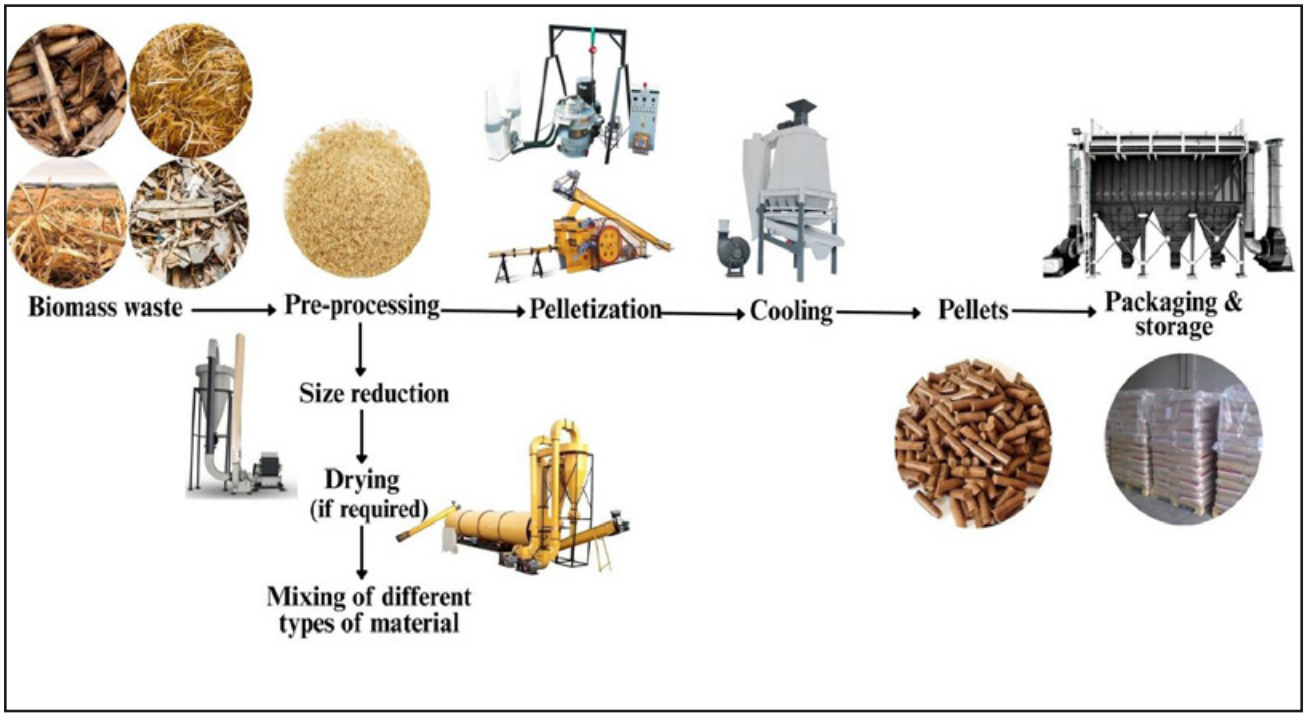
परिचय

जीवाश्म ईंधन, मुख्यतः कोयला, तेल और प्राकृतिक गैस पर वैश्विक निर्भरता ने ग्रीनहाउस गैस (जीएचजी) उत्सर्जन में नाटकीय वृद्धि की है, जो जलवायु परिवर्तन में एक प्रमुख योगदानकर्ता हैं। शोध से पता चलता है कि जीवाश्म ईंधन की खपत में 80 प्रतिशत की वृद्धि से ग्रीनहाउस गैस (जीएचजी) उत्सर्जन में 70 प्रतिशत की वृद्धि होती है, जो स्वच्छ, नवीकरणीय ऊर्जा विकल्पों की तत्काल आवश्यकता को रेखांकित करता है। सबसे आशाजनक समाधानों में से एक बायोमास ऊर्जा है, जिसे लगभग कार्बन-तटस्थ माना जाता है और इसकी नवीकरणीय प्रकृति और कम उत्पादन लागत के कारण महत्वपूर्ण पर्यावरणीय और आर्थिक लाभ प्रदान करता है। कच्चा बायोमास कई चुनौतियां प्रस्तुत करता हैः यह भारी होता है, इसमें नमी की मात्रा अधिक होती है, और आकार और माप में अनियमित होता है, जिससे इसे संभालना, परिवहन करना और कुशलतापूर्वक भंडारण करना कठिन हो जाता है। बायोमास को छर्रों में सघन करने से इन समस्याओं का समाधान होता है बायोमास पेलेट, विशेष रूप से उप-उत्पादों और अवशेषों से बने पेलेट, लागत, नवीकरणीयता और पर्यावरणीय प्रभाव में, तेल और प्राकृतिक गैस जैसे जीवाश्म ईंधनों के साथ प्रभावी रूप से प्रतिस्पर्धा करते हैं। इनका उपयोग लकड़ी के चूल्हों, औद्योगिक बॉयलरों और पायरोलिसिस व गैसीकरण जैसी उन्नत प्रक्रियाओं के लिए फीडस्टॉक के रूप में किया जा सकता है। जहाँ एक ओर ऊष्मा उपचार प्रक्रिया द्वारा उत्पादित टोरेफाइड पेलेट उच्च ऊर्जा घनत्व और उन्नत नमी प्रतिरोध प्रदान करते हैं, वहीं दूसरी ओर कृषि और औद्योगिक उप-उत्पादों से बने गैर-टोरेफाइड पेलेट अधिक सस्ते और सुलभ होते हैं, जो अपशिष्ट प्रबंधन और चक्रीय अर्थव्यवस्था का समर्थन करते हैं। यह लेख बायोमास उप-उत्पादों से गैर-टोरेफाइड पेलेट के उत्पादन, विशेषताओं और अनुप्रयोगों का अन्वेषण करता है और नवीकरणीय ऊर्जा क्षेत्र में उनकी क्षमता पर प्रकाश डालता है।

पेलेट उत्पादन के लिए बायोमास और उप-उत्पाद

बायोमास में ऊर्जा उत्पादन के लिए उपयुक्त कार्बनिक पदार्थों की एक विस्तृत श्रृंखला सम्मिलित है। परंपरागत रूप से, लकड़ी और कृषि अवशेष पेलेट उत्पादन के प्राथमिक स्रोत रहे हैं। विभिन्न उद्योगों के उप-उत्पादों पर भी ध्यान दिया जा रहा है, जो पर्यावरणीय और आर्थिक दोनों लाभ प्रदान करते हैं।

- **कृषि अवशेषः** पुआल, मक्के का भूसा, चावल की भूसी और गेहूँ का भूसा सामान्य कृषि उप-उत्पाद हैं। ये सामग्रियाँ, जिन्हें प्रायः अपशिष्ट माना जाता है, पेलेट उत्पादन के लिए प्रचुर और टिकाऊ फीडस्टॉक हैं। इनका उपयोग खुले मैदान में जलाने और उससे जुड़े वायु प्रदूषण को कम करने में सहायता करता है।



चित्र 1: गैर-टोरेफाइड छर्रों के लिए पैलेटीकरण प्रक्रिया (1), (2)

- **लकड़ी प्रसंस्करण अवशेषः** आरा मिलें और लकड़ी उत्पाद निर्माता बड़ी मात्रा में चूरा, छाल और लकड़ी के चिप्स उत्पन्न करते हैं। ये अवशेष अपनी निरंतर गुणवत्ता और उच्च ऊर्जा सामग्री के कारण पेलेट उत्पादन के लिए आदर्श हैं।
- **खाद्य प्रसंस्करण उप-उत्पादः** कॉफी के दाने, मूंगफली के छिलके, फलों के बीज और खाद्य प्रसंस्करण से निकले अन्य छिलकों जैसी सामग्रियों को पेलेट में परिवर्तित किया जा सकता है, जिससे अपशिष्ट एक मूल्यवान ऊर्जा संसाधन में परिवर्तित हो जाता है।
- **औद्योगिक उप-उत्पादः** पेपर मिल के कचरे, कपास की कताई के अपशिष्ट और अन्य कारखानों के अवशेषों को पेलेट में संसाधित किया जा सकता है, जिससे लैंडफिल के उपयोग और निपटान की लागत कम होती है और साथ ही एक नवीकरणीय ऊर्जा स्रोत भी मिलता है।

उप-उत्पादों के उपयोग के लाभः

- **लागत-प्रभावशीलताः** उप-उत्पाद प्रायः कम या बिना किसी लागत के उपलब्ध होते हैं, जिससे वर्जिन बायोमास के उपयोग की तुलना में पेलेट उत्पादन की लागत में उल्लेखनीय कमी आती है।
- **अपशिष्ट में कमीः** इन सामग्रियों का उपयोग लैंडफिल से अपशिष्ट को हटाता है और अपशिष्ट धाराओं को ऊर्जा संसाधनों में बदलकर एक चक्रीय अर्थव्यवस्था को बढ़ावा देता है।
- **स्थायित्वः** नवीकरणीय, अवशिष्ट सामग्रियों का उपयोग करके, उप-उत्पादों से पेलेट उत्पादन जीवाश्म ईंधन की तुलना में पर्यावरणीय प्रभाव को कम करता है।
- **ऊर्जा सुरक्षाः** कृषि और औद्योगिक उप-उत्पादों की स्थानीय उपलब्धता आयातित ईंधनों पर निर्भरता कम करके ऊर्जा सुरक्षा को बढ़ाती है।

गैर-टोरेफाइड पेलेट क्या हैं?

गैर-टोरेफाइड पेलेट, कृषि या औद्योगिक उप-उत्पादों से उत्पादित बायोमास ईंधन पेलेट होते हैं, जिन्हें टोरेफिकेशन प्रक्रिया के बिना उत्पादित किया जाता है - कम ऑक्सीजन वाले वातावरण में एक तापीय उपचार जो ऊर्जा घनत्व और हाइड्रोफोबिसिटी को बढ़ाता है। परिणामस्वरूप, गैर-टोरेफाइड पेलेट में नमी और वाष्पशील मात्रा अधिक रहती है, जिससे वे कम ऊर्जा-घनत्व वाले होते हैं, लेकिन अधिक लागत प्रभावी और निर्माण में आसान होते हैं। इन पेलेट का व्यापक रूप से आवासीय हीटिंग, औद्योगिक बॉयलरों और बायोमास बिजली संयंत्रों में उपयोग किया जाता है।

गैर-टोरेफाइड पेलेट के लिए पेलेटीकरण प्रक्रिया

गैर-टोरेफाइड पेलेट के उत्पादन में कई प्रमुख चरण सम्मिलित होते हैं, जिनमें से प्रत्येक अंतिम उत्पाद की गुणवत्ता और उपयोगिता सुनिश्चित करने के लिए महत्वपूर्ण है:

1. कच्चा माल संग्रहण और पूर्व-उपचार

- **संग्रहणः** कृषि अवशेष, औद्योगिक उपोत्पाद और खाद्य प्रसंस्करण अपशिष्ट जैसे फीडस्टॉक एकत्रित किए जाते हैं।
- **पूर्व-उपचारः** सामग्री के आधार पर, पूर्व-उपचार में एक समान कण आकार प्राप्त करने और स्थूल घनत्व बढ़ाने के लिए डीबेलिंग (डीबेलर मशीनों का उपयोग करके), श्रेडिंग और पीसना सम्मिलित हो सकता है। आकार में कमी, पेलेटीकरण बायोमास की प्रवाहशीलता और संघनन को बढ़ाती है।

2. सुखानाः बायोमास में प्रायः नमी की

चित्र 1: गैर.टोरेफाइड छर्रों के लिए पैलेटीकरण प्रक्रिया (1),(2)

मात्रा 20% से अधिक होती है, जिसे इष्टतम पेलेटीकरण के लिए 10-15% तक कम करना आवश्यक है। इस उद्देश्य
के लिए आमतौर पर रोटरी ड्रायर का उपयोग किया जाता है। उचित सुखाने से यह सुनिश्चित होता है कि पेलेट सही ढंग से बनें और भंडारण और दहन संरचनात्मक अखंडता बनाए रखें।

3. योजकः यदि फीडस्टॉक में प्राकृतिक लिग्निन की मात्रा अपर्याप्त है, तो पेलेट की संसक्ति और स्थायित्व में सुधार के लिए एक प्रमुख बंधनकारी एजेंट, योजक या बाइंडर मिलाए जा सकते हैं।

4. पेलेटीकरणः सूखे और तैयार फीडस्टॉक को एक पेलेट मिल में डाला जाता है, जहाँ इसे उच्च दाब पर एक डाई के माध्यम से संपीड़ित किया जाता है। घर्षण ताप लिग्निन को नरम कर देता है, जिससे कण आपस में जुड़कर घने, बेलनाकार पेलेट बन जाते हैं। फिर पेलेट को घूमते हुए ब्लेडों से वांछित लंबाई में काटा जाता है। पेलेट मिलें विभिन्न आकारों और विन्यासों में आती हैं, जो विभिन्न उत्पादन स्तरों और सामग्री प्रकारों के लिए उपयुक्त होती हैं।

5. शीतलन और पैकेजिंगः ताजा बने पेलेट गर्म होते हैं और उन्हें स्थिर करने और टूटने से बचाने के लिए, एक काउंटरफ्लो कूलर का उपयोग करके, ठंडा किया जाना चाहिए। ठंडा होने के बाद, पेलेट को भंडारण और परिवहन के लिए थैलों या थोक कंटेनरों में पैक किया जाता है, और उचित पैकेजिंग उन्हें नमी और यांत्रिक क्षति से बचाती है।

- **ऊर्जा सामग्रीः** गैर-टोरेफाइड छर्रों में टोरेफाइड पेलेट की तुलना में ऊर्जा घनत्व कम होता है क्योंकि वे अधिक नमी और वाष्पशील यौगिकों को धारण करते हैं। उनकी ऊर्जा सामग्री आमतौर पर तापन और छोटे स्तर पर बिजली उत्पादन के लिए पर्याप्त होती है। कृषि अवशेष छर्रों का कैलोरी मान आमतौर पर लकड़ी आधारित छर्रों की तुलना में कम होता है, किन्तु फिर भी वे कई अनुप्रयोगों के लिए उपयुक्त होते हैं। पेलेट बनाने में प्रयुक्त सामग्री के आधार पर ऊर्जा सामग्री 16.9-18 MJ/kg के बीच होती है। [3-5]
- **नमी सामग्रीः** ये पेलेट अधिक नमी धारण करते हैं, जिससे दहन क्षमता कम हो सकती है, अधिक धुआँ निकल सकता है और ईंधन की खपत बढ़ सकती है। गैर-टोरेफाइड छर्रों की नमी सामग्री 7-12 प्रतिशत के बीच होनी चाहिए। [4-5]
- **स्थायित्वः** गैर-टोरेफाइड पेलेट यांत्रिक रूप से कम दृढ होते हैं और संचालन एवं परिवहन में विखंडन के प्रति अधिक संवेदनशील होते हैं। बाइंडर या उच्च-लिग्निन फीडस्टॉक का उपयोग करके स्थायित्व में सुधार किया जा सकता है।
- **राख की मात्राः** राख की मात्रा फीडस्टॉक पर निर्भर करती है। कृषि अवशेष लकड़ी-आधारित छर्रों की तुलना में अधिक राख उत्पन्न कर सकते हैं, जिससे दहन प्रणाली का रखरखाव और दक्षता प्रभावित होती है।

अनुप्रयोग और लाभ

- उप-उत्पादों से बने गैर-टॉरफाइड पेलेट का उपयोग विभिन्न प्रकार की स्थितियों में किया जाता हैः
- **आवासीय तापः** घरेलू तापन के लिए पेलेट के स्टोव और छोटे बॉयलरों में उपयोग किया जाता है, जो जीवाश्म ईंधन का एक नवीकरणीय विकल्प प्रदान करते हैं।
- **औद्योगिक बॉयलरः** औद्योगिक भाप और ऊष्मा उत्पादन के लिए ईंधन प्रदान करते हैं, जिससे कोयले या तेल पर निर्भरता कम होती है।
- **विद्युत उत्पादनः** ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को कम करने के लिए समर्पित बायोमास विद्युत संयंत्रों या कोयले के साथ सह-दहन में उपयोग किया जाता है।
- उन्नत प्रक्रियाओं के लिए फीडस्टॉकः पायरोलिसिस, गैसीकरण और अन्य जैव-ऊर्जा रूपांतरण तकनीकों के लिए इनपुट के रूप में कार्य करते हैं।

पर्यावरणीय और आर्थिक लाभः

- **ग्रीनहाउस गैस में कमीः** जीवाश्म ईंधन के स्थान पर पेलेट का उपयोग करने से ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में कमी आती है, जिससे जलवायु परिवर्तन शमन में सहायता मिलती है।
- **संसाधन दक्षताः** अपशिष्ट धाराओं को मूल्यवान ऊर्जा में परिवर्तित करता है, जिससे पर्यावरण प्रदूषण और लैंडफिल उपयोग में कमी आती है।
- **स्थानीय आर्थिक विकासः** स्थानीय उप-उत्पादों से पेलेट उत्पादन से रोजगार सृजन होता है और ग्रामीण अर्थव्यवस्था को प्रोत्साहन मिलता है।

चुनौतियाँ और भविष्य की संभावनाएँ

- यद्यपि कि गैर-टोरेफाइड पेलेट्स कई लाभ प्रदान करते हैं, किन्तु वे चुनौतियाँ भी प्रस्तुत करते हैंः
- **कम ऊर्जा घनत्वः** उच्च नमी और वाष्पशील सामग्री कुछ अनुप्रयोगों के लिए उनकी उपयुक्तता को सीमित करती है, विशेषकर जहाँ उच्च ऊर्जा घनत्व की आवश्यकता होती है।
- **स्थायित्व और भंडारणः** टूटने और नमी के अवशोषण की संवेदनशीलता भंडारण और हैंडलिंग को प्रभावित कर सकती है।
- **फीडस्टॉक परिवर्तनशीलताः** फीडस्टॉक संरचना में अंतर के कारण पेलेट की निरंतर गुणवत्ता सुनिश्चित करने के लिए सावधानीपूर्वक प्रक्रिया नियंत्रण की आवश्यकता होती है।

भविष्य की दिशाएँः

- **प्रक्रिया अनुकूलनः** पूर्व-उपचार, सुखाने और पेलेटीकरण तकनीकों में प्रगति पेलेट की गुणवत्ता और प्रदर्शन में सुधार कर सकती है।
- फीडस्टॉक विविधीकरणः उपयोग योग्य उप-उत्पादों की श्रृंखला का विस्तार स्थिरता और आपूर्ति सुरक्षा को बढ़ाता है।
- नीतिगत समर्थनः नवीकरणीय ऊर्जा और अपशिष्ट मूल्य निर्धारण को बढ़ावा देने वाले प्रोत्साहन और नियम अपनाने में तेजी ला सकते हैं।

निष्कर्ष

बायोमास उप-उत्पादों से उत्पादित गैर-टोरेफाइड पेलेट जीवाश्म ईंधन के एक व्यावहारिक, टिकाऊ और लागत-प्रभावी विकल्प का प्रतिनिधित्व करते हैं। कृषि, औद्योगिक और खाद्य प्रसंस्करण अवशेषों का उपयोग करके, ये पेलेट अपशिष्ट न्यूनीकरण, ऊर्जा सुरक्षा और चक्रीय अर्थव्यवस्था को बढ़ावा देते हैं। यद्यपि कि टोरेफाइड पेलेट की तुलना में इनका ऊर्जा घनत्व और स्थायित्व कम होता है, फिर भी निरंतर तकनीकी सुधार और उपयुक्त योजकों के उपयोग से इनका प्रदर्शन उन्नत रहा है। जैसे-जैसे विश्व स्वच्छ और अधिक टिकाऊ ऊर्जा समाधानों की खोज कर रही है, उप-उत्पादों से बने गैर-टोरेफाइड पेलेट नवीकरणीय ऊर्जा परिदृश्य में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाने के लिए तैयार हैं।

संदर्भ

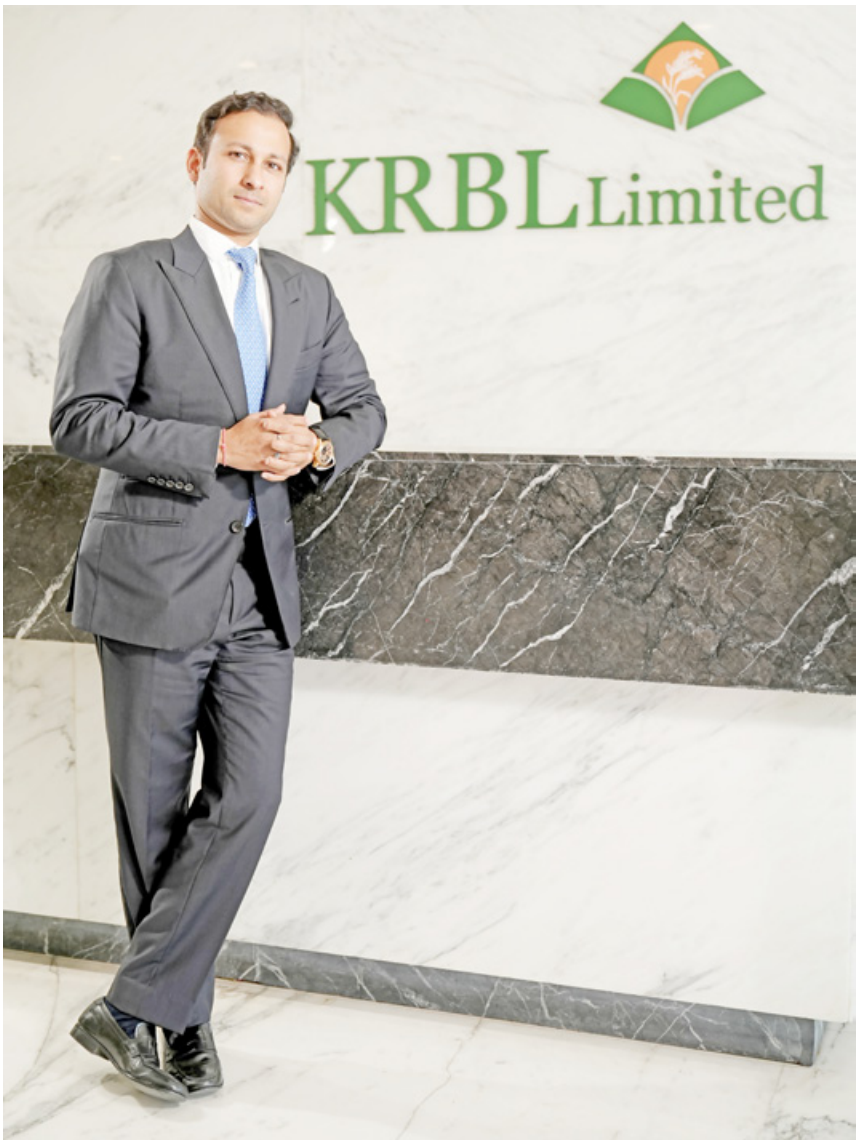
1. Biomass Dryer Systems. Satyajit Renewable Engineering Pvt. Ltd. Retrieved June 20, 2025, from https://www.satyajiteng.com
2. Pellet machines, peelers, and other biomass processing equipment. Ecostan. Retrieved June 20, 2025, from https://www.ecostan.com
3. Demirbas, A. (2004) 'Combustion characteristics of different biomass fuels', *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(2), pp. 219–230. Available at: https://doi.org/10.1016/J.PECS.2003.10.004.
4. Jenkins, B.M. *et al.* (1998) 'Combustion properties of biomass', *Fuel Processing Technology*, 54(1–3), pp. 17–46. Available at: https://doi.org/10.1016/S0378-3820(97)00059-3.
5. Vassilev, S. V. *et al.* (2010) 'An overview of the chemical composition of biomass', *Fuel*, 89(5), pp. 913–933. Available at: https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2009.10.022.

चावल मिलिंग की पुनर्कल्पनाः भारत का स्मार्ट, टिकाऊ समाधानों की दिशा

कुणाल गुप्ता

प्रमुख - चावल उत्पादन व क्रय, धुरी इकाई

चावल हजारों सालों से दुनिया भर के लोगों के मुख्य भोजन में से एक रहा है। आज भी, कृषि उद्योग के प्रमुख खिलाड़ियों में से एक चावल की खेती है। और वैश्विक चावल की खेती में भारत एक प्रमुख खिलाड़ी है। पिछले कुछ दशकों में, भारत वैश्विक चावल बाजार में सबसे बड़े खिलाड़ियों में से एक के रूप में विकसित हुआ है। सिंधु-गंगा के मैदानों, पूर्वी और पश्चिमी घाटों और ब्रह्मपुत्र घाटी के आसपास के क्षेत्रों में चावल की खेती के लिए आवश्यक आदर्श जलवायु, मिट्टी और वर्षा उपलब्ध है। इस प्रकार, चावल और भारत वैश्विक बाजार में एक-दूसरे से अभिन्न रूप से जुड़ गए हैं। इस निरंतर विकसित होती दुनिया में पारंपरिक चावल मिलिंग पद्धतियों को अब सीमाओं का सामना करना पड़ रहा है। कच्चे माल की बढ़ती लागत, पुरानी तकनीक, कचरे का अनुचित निपटान, वित्तीय समस्याएँ आदि, ये भारत में चावल उत्पादन के विकास में बाधा डालने वाली कुछ समस्याएँ हैं। इन विषयों और अन्य के कारण, परिवर्तन की आवश्यकता बढ़ रही है, जिससे इन प्रथाओं की दक्षता, पता लगाने की क्षमता और स्थिरता बेहतर होगी।



दुनिया भर में, पारदर्शी और पता लगाने योग्य गुणवत्तापूर्ण चावल की मांग बढ़ रही है। स्वच्छ-लेबल, स्थायी रूप से उत्पादित चावल के प्रति उपभोक्ताओं की बदलती प्राथमिकताओं ने इस प्रवृत्ति को और सुदृढ किया है। इन चिंताओं को दूर करने के लिए, कृषि में ब्लॉकचेन की स्थापना की गई है। सभी लेन-देन को एक विकेन्द्रीकृत बहीखाते में दर्ज करके, यह गारंटी देता है कि कोई भी खेत से थाली तक उत्पादों की यात्रा को ट्रैक कर सकता है।

इसके साथ ही, कृषि क्षेत्र में और आधुनिकीकरण के लिए कई सरकारी नीतियाँ हैं, जैसे कि पीएम-एफएमई योजना, कृषि प्रौद्योगिकी के लिए प्रदान की जाने वाली सब्सिडी, और बहुत कुछ। ये तकनीकें पारंपरिक चावल की खेती की विधियों की जगह ले सकती हैं, जैसे कि आईओटी-सक्षम मशीनें, जो वास्तविक समय में मिलिंग मापदंडों की निगरानी करती हैं। या स्वचालित मशीनें, जो मानवीय त्रुटि को कम करती हैं और किसी भी प्रकार के संदूषण के संकट को भी कम करती हैं, जिससे उत्पाद की स्वच्छता में सुधार होता है। यहाँ तक कि उपज को अनुकूलित करने और अनाज को अधिक कुशलता से छांटने के लिए एआई और मशीन लर्निंग का भी उपयोग किया जा रहा है।

इस बदलाव के पीछे एक और प्रमुख कारक पर्यावरणीय चिंताएँ हैं। पारंपरिक चावल मिलिंग पद्धतियाँ भारी मात्रा में ऊर्जा और पानी के उपयोग पर निर्भर करती हैं, जिससे कार्बन उत्सर्जन में भारी वृद्धि होती है। इससे निपटने के लिए, सौर ऊर्जा और बायोमास-आधारित बॉयलरों का उपयोग किया जा रहा है, जो स्वच्छ ऊर्जा का उपयोग करते हैं। ये बायोमास बॉयलर चावल की भूसी से भी संचालित होते हैं, ताकि चावल उत्पादन में शून्य अपशिष्ट वातावरण बनाया जा सके। पानी के उपयोग को कम करने के लिए, क्लोज्ड-लूप जल प्रणालियाँ बनाई गई हैं ताकि पानी को फेंकने के स्थान पर उसका पुनरुपयोग किया जा सके। अंत में, पर्यावरण के अनुकूल पैकेजिंग और प्लास्टिक के उपयोग में कमी चावल उत्पादन प्रक्रियाओं में अपशिष्ट प्रबंधन से जुड़ी अन्य चिंताओं को दूर करती है।

इस अधिक टिकाऊ प्रक्रिया में बदलाव के लाभ और चुनौतियाँ दोनों हैं। एक ओर, यह परिचालन दक्षता बढ़ाता है और प्रति इकाई लागत कम करता है। इससे अनाज का अधिक सुसंगत और उच्च गुणवत्ता वाला उत्पादन संभव होता है। यह सोर्सिंग और प्रमाणन दोनों के माध्यम से पारदर्शिता के माध्यम से उपभोक्ता विश्वास को बढ़ाता है। यह ब्रांड इक्विटी को भी बढ़ाता है और वैश्विक निर्यात की संभावना को बढ़ाता है। दूसरी ओर, इन प्रक्रियाओं के लिए उच्च पूंजी निवेश और इन तकनीकों को संचालित करने के ज्ञान की आवश्यकता होती है। इसके लिए कुशल और प्रशिक्षित कार्यबल की आवश्यकता होती है, जिसमें समय और संसाधन लगते हैं। और सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि यह परंपरा पर आधारित है, जिसे पारंपरिक चावल मिलिंग प्रक्रिया करने वाले किसानों से भारी प्रतिरोध का सामना करना पड़ रहा है।

इन चुनौतियों के बाद भी, पहला कदम उठाया जा चुका है। इस आधुनिकीकरण में विश्वास करते हुए और इन नए मानकों के अनुसार संचालित करते हुए, वैश्विक स्तर पर सार्वजनिक-निजी भागीदारी स्थापित की गई है। वियतनाम में सस्टेनेबल राइस प्लेटफॉर्म (एसआरपी), या मार्केट ओरिएंटेड स्मॉलहोल्डर वैल्यू चेन (एमएसवीसी) कार्यक्रम जैसी साझेदारियां इस विचारधारा के विकास में वैश्विक अग्रणी हैं। भारत में भी, स्टार्टअप और एग्री-बिजनेस इन्क्यूबेटर (एबीआई) किसानों के लिए इन बेहतर प्रथाओं तक पहुंच का लोकतंत्रीकरण कर रहे हैं। सरकार किसानों के भरोसे के लिए बेहतर डिजिटल मूलभूत संरचना और क्षमताओं का निर्माण करने के लिए भी कदम उठा रही है।

मानव एवं पशु पोषण के लिए ब्रियुअर्स स्पेंट ग्रेन (बीएसजी) की उपयोगिता

सुश्री शबनम कुमारी[1] और डॉ. देविंदर ढींगरा[2]

[1]वरिष्ठ शोध अध्येता, 'अनुरूपी लेखक ईमेल: shabnam0798@gmail.com
[2]प्रधान वैज्ञानिक (कृषि प्रसंस्करण अभियांत्रिकी), ईमेल: **dhingra.icar@gmail.com**
कृषि अभियांत्रिकी प्रभाग, भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद, नई दिल्ली-110012, भारत

परिचय

ब्रियुअर्स स्पेंट ग्रेन (बीएसजी) बीयर बनाने की प्रक्रिया की प्रक्रिया में उत्पन्न होने वाला प्राथमिक उप-उत्पाद है, जिसमें ब्रेवरीज के कुल उप-उत्पादों का लगभग 85 प्रतिशत सम्मिलित है। पारंपरिक रूप से अपशिष्ट माना जाने वाला बीएसजी अपने समृद्ध पोषक प्रोफाइल के कारण मानव और पशु पोषण दोनों के लिए एक मूल्यवान संसाधन के रूप में मान्यता प्राप्त कर रहा है। स्थिरता और अपशिष्ट न्यूनीकरण पर बढ़ते फोकस के साथ, बीएसजी खाद्य और पेय उद्योग की परिपत्र अर्थव्यवस्था में एक प्रमुख खिलाड़ी के रूप में उभर रहा है। ब्रुअर्स स्पेंट ग्रेन (बीएसजी) बीयर उत्पादन का मुख्य उपोत्पाद है, जो वॉर्ट निष्कर्षण में अघुलनशील अवशेष के रूप में बनता है। यह ब्रूइंग उद्योग के अपशिष्ट का एक बड़ा भाग है, फिर भी इसकी पूरी क्षमता बड़े स्तर पर अप्रयुक्त है। अकेले यूरोपीय ब्रूइंग क्षेत्र सालाना लाखों टन बीएसजी उत्पन्न करता है बीएसजी की व्यापक उपलब्धता और लागत-प्रभावशीलता इसे विभिन्न औद्योगिक अनुप्रयोगों के लिए जैवसक्रिय यौगिकों, आहारीय रेशों, प्रोटीन, लिग्निन और किण्वनीय शर्कराओं के निष्कर्षण हेतु एक आशाजनक संसाधन बनाती है, यदि नवीन प्रसंस्करण और संरक्षण तकनीकें विकसित की जाएँ। यह मुख्य रूप से जौ माल्ट अनाज की भूसी, पेरिकार्प और बीज आवरण परतों के कुछ भागों से बना होता है। अतः, गीले ब्रियुअर्स स्पेंट ग्रेन के कुल वार्षिक उत्पादन का कोई आँकड़ा उपलब्ध नहीं है। गणना के अनुसार, एक लीटर बीयर बनाने में लगभग 0.2 किलोग्राम गीला स्पेंट ग्रेन बचता है। भारत में वार्षिक बीयर उत्पादन के आधार पर, यह अनुमान लगाया गया है कि प्रतिवर्ष लगभग 1.01-1.4 बिलियन किलोग्राम गीला ब्रियुअर्स स्पेंट ग्रेन का उत्पादन होता है। बीएसजी की रासायनिक संरचना उपयोग किए गए जौ के प्रकार, माल्टिंग और मैशिंग की स्थितियों और मिलाए गए किसी भी सहायक पदार्थ जैसे कारकों के आधार पर भिन्न हो सकती है। बीएसजी आमतौर पर सेल्यूलोज, हेमीसेल्यूलोज, लिग्निन, प्रोटीन और खनिजों से भरपूर होता है।

बीएसजी की संरचना और पोषण मूल्य

ब्रियुअर्स स्पेंट ग्रेन (बीएसजी) शराब उद्योग का एक प्रमुख उपोत्पाद है, जो कुल उपोत्पादों का लगभग 85 प्रतिशत है। बीएसजी मुख्य रूप से जौ के दाने की भूसी, पेरिकार्प और बीज आवरण से बना होता है, जो लिग्नोसेल्यूलोसिक पदार्थों का एक समृद्ध स्रोत है, जिसमें सेल्यूलोज (16.8 ग्राम/100 ग्राम शुष्क पदार्थ), हेमीसेल्यूलोज (19.9 ग्राम/100 ग्राम शुष्क पदार्थ), लिग्निन (27.8 ग्राम/100 ग्राम शुष्क पदार्थ), प्रोटीन और लिपिड सम्मिलित हैं। बीएसजी में हेमीसेल्यूलोज अंश विशेष रूप से उच्च होता है, जिसमें मुख्य रूप से अरेबिनॉक्सिलन (एएक्स) होता है, जो शुष्क भार का 40 प्रतिशत हो सकता है।

बीएसजी को एक मूल्यवान, कम लागत वाली सामग्री माना जाता है जिसका उपयोग

चित्र 1: ब्रियुवर स्पेंट ग्रेन (बीएसजी)

विभिन्न अनुप्रयोगों में किया जा सकता है, जिसमें पशु आहार, मानव भोजन के लिए आहारीय रेशे और एंटीऑक्सीडेंट का स्रोत, और फेनोलिक अम्ल और प्रोटीन जैसे मूल्यवान यौगिकों का निष्कर्षण सम्मिलित है। बीएसजी में उपस्थित फेनोलिक यौगिक, विशेष रूप से हाइड्रॉक्सीसिनेमिक अम्ल जैसे फेरुलिक अम्ल (336.3 मिलीग्राम/100 ग्राम शुष्क पदार्थ) और पी-कौमारिक अम्ल (64.4 मिलीग्राम/100 ग्राम शुष्क पदार्थ), शक्तिशाली एंटीऑक्सीडेंट, सूजनरोधी और कैंसररोधी गुण प्रदर्शित करते हैं। बीएसजी से इन फेनोलिक यौगिकों को प्रभावी ढंग से प्राप्त करने के लिए क्षारीय जल-अपघटन और एंजाइमी जल-अपघटन जैसी निष्कर्षण विधियों का उपयोग किया गया है। फेनोलिक यौगिकों के अतिरिक्त, बीएसजी आहारीय रेशे, प्रोटीन और आवश्यक अमीनो अम्लों का भी एक अच्छा स्रोत है। बीएसजी में उच्च फाइबर सामग्री आंत के स्वास्थ्य के लिए लाभकारी पाई गई है और कोलेस्ट्रॉल के स्तर को कम करती है। शोधकर्ताओं ने विभिन्न खाद्य उत्पादों जैसे ब्रेड, स्नैक्स और मांस उत्पादों में बीएसजी को सम्मिलित करके उनके पोषण संबंधी गुणों को बढ़ाने पर विचार किया है। चूँकि बीएसजी में नमी की मात्रा (70 प्रतिशत -85 प्रतिशत) अधिक होती है और इसमें शर्करा और प्रोटीन होते हैं, इसलिए यह आसानी से सूक्ष्मजीवों की वृद्धि और विषाक्त पदार्थों के निर्माण को बढ़ावा देता है। इससे यह अस्थिर हो जाता है, इसकी शेल्फ लाइफ कम हो जाती है, इसका पोषण मूल्य कम हो जाता है, और सुरक्षा संबंधी चिंताएँ उत्पन्न हो सकती हैं। बीएसजी की उच्च नमी की मात्रा और खुरदरी बनावट इसे खाद्य पदार्थों में सीधे सम्मिलित करने में कुछ चुनौतियाँ उत्पन्न कर सकती है, जिसके लिए सुखाने, पीसने और एंजाइमी उपचार जैसी तकनीकों की आवश्यकता होती है।

बीएसजी मुख्य रूप से जौ के दानों की भूसी से बना होता है, जो ब्रूइंग प्रक्रिया के दौरान किण्वनीय शर्करा के निष्कर्षण के बाद बच जाता है। यह प्रोटीन, आहारीय रेशे और आवश्यक खनिजों का एक समृद्ध स्रोत है। आदर्श रूप में बीएसजी में निम्न पदार्थ होते हैं:

- **प्रोटीनः** शुष्क अवस्था में 20-30 प्रतिशत, जिसमें आवश्यक अमीनो अम्ल सम्मिलित हैं।
- आहारीय रेशाः 50-70 प्रतिशत, मुख्य रूप से अघुलनशील रेशे जैसे सेल्यूलोज, हेमीसेल्यूलोज और लिग्निन।
- **लिपिडः** वसा की एक मध्यम मात्रा, जो इसकी ऊर्जा सामग्री में योगदान करती है।
- **खनिजः** पोटेशियम, फास्फोरस, मैग्नीशियम और कैल्शियम।

बीएसजी के अनुप्रयोग पशु आहार से आगे बढ़कर विभिन्न मानव खाद्य उत्पादों, जैसे स्नैक्स और बेक्ड उत्पादों तक फैले हुए हैं, जो इसके उन्नत पोषण संबंधी गुणों से लाभान्वित हो सकते हैं। बीएसजी की

तालिका 1: ब्रियुवर स्पेंट ग्रेन की पोषण संरचना

क्रमांक	पैरामीटर	ब्रूअर्स स्पेंट ग्रेन की मात्रा (ग्राम/100 ग्राम)
1.	नमी	80-85 %
2.	लिपिड	3–13
3.	प्रोटीन	12–31
4.	स्टार्च	3–37
5.	राख	2–5
6.	कुल आहारीय रेशा	30–70
7.	कुल फिनोल मात्रा	0.5–8 mg GAE/g DW
8.	फ्लेवोनोइड मात्रा	0.02–2 mg QE/g DW
9.	फ्लेवोनोइड मात्रा	3.6–6.3

स्रोतः अरादवाड एवं अन्य, 2025, लिंच एवं अन्य, 2021

बहुमुखी प्रतिभा ऊर्जा उत्पादन और जैव-प्रौद्योगिकी प्रक्रियाओं में इसके समावेश से और भी स्पष्ट होती है, जो खाद्य उत्पादन में स्थायी प्रथाओं में योगदान देने की इसकी क्षमता को प्रदर्शित करता है। गेहूँ की ब्रेड में बीएसजी को सम्मिलित करने से ब्रेड में फाइबर, प्रोटीन और खनिजों की मात्रा बढ़ जाती है, जो मुख्य खाद्य पदार्थों की पोषण गुणवत्ता को बढ़ाने में इसकी उपयोगिता को दर्शाता है। बीएसजी के पुनरूपयोग में वर्तमान प्रगति इसकी कम लागत और उच्च उपलब्धता के कारण खाद्य सुदृढ़ीकरण में इसकी क्षमता को उजागर करती है, जो खाद्य अपशिष्ट को कम करने और स्थिरता को बढ़ावा देने के वर्तमान रुझानों के अनुरूप है। खाद्य उद्योग अपशिष्ट, विशेष रूप से बीएसजी, का मूल्यांकन महत्वपूर्ण है क्योंकि यह कार्यात्मक खाद्य पदार्थों की बढ़ती मांग का समर्थन करते हुए आर्थिक और पर्यावरणीय दोनों चुनौतियों का समाधान करता है।

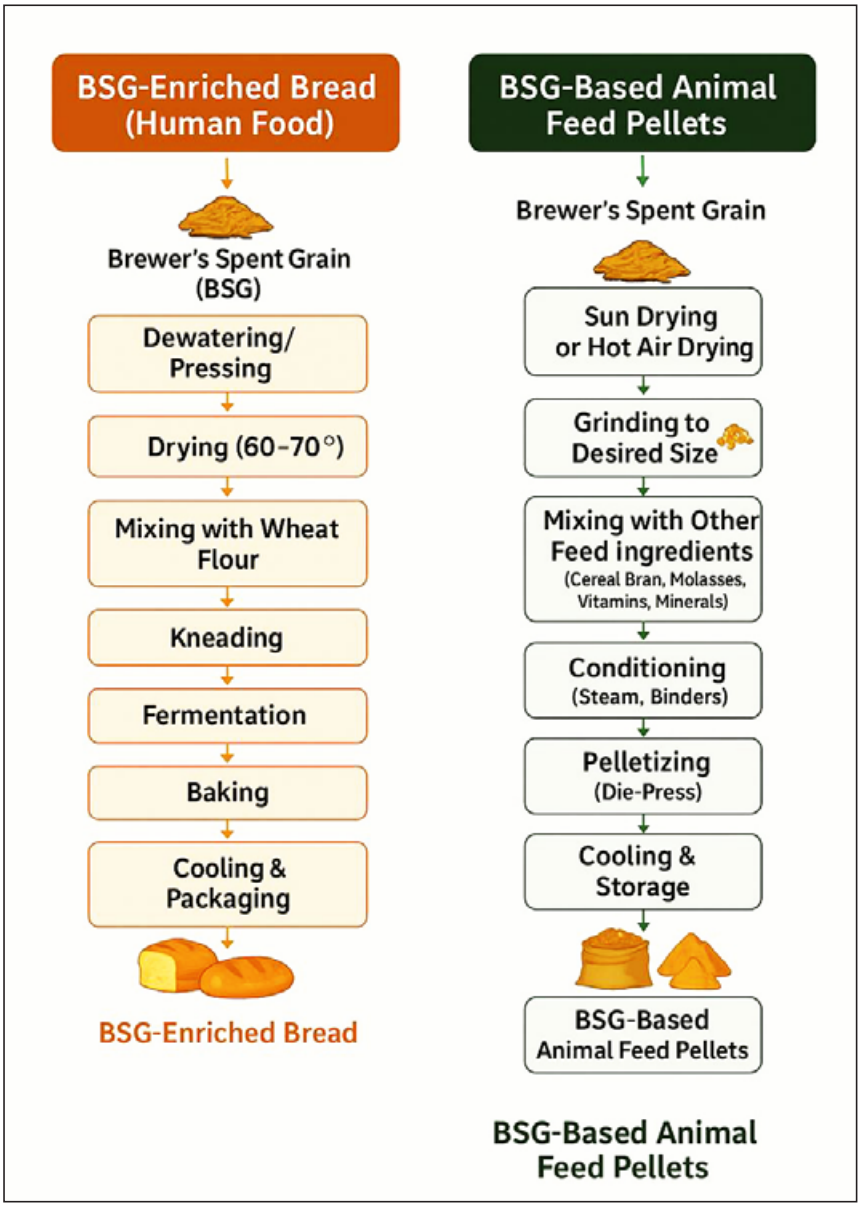
बीएसजी के स्वास्थ्य लाभ

ब्रियुअर्स स्पेंट ग्रेन (बीएसजी) के मुख्य घटक, जो इसे खाद्य पदार्थों के पोषण मूल्य में सुधार के लिए एक आकर्षक घटक बनाते हैं, वे हैं इसकी उच्च फाइबर और प्रोटीन सामग्री। बीएसजी फाइबर से भरपूर होता है, जिसमें अरेबिनॉक्सिलन, सेल्यूलोज और बीटा-ग्लूकेन जैसे घटक होते हैं, जो अपनी प्रीबायोटिक क्षमता और पाचन स्वास्थ्य को बेहतर बनाने की क्षमता के लिए जाने जाते हैं। इसके अतिरिक्त, बीएसजी के प्रोटीन अंश में आवश्यक अमीनो एसिड लाइसिन की पर्याप्त मात्रा होती है, जो इसे प्रोटीन का एक मूल्यवान स्रोत बनाता है। ये घटक खाद्य उत्पादों के पोषण संबंधी संवर्धन में योगदान करते हैं जब बीएसजी को उनके फॉर्मूलेशन में सम्मिलित किया जाता है।

ये विशेषताएँ बीएसजी को पशु आहार और मानव खाद्य उत्पादों, दोनों में उपयोग के लिए उपयुक्त बनाती हैं।

मानव और पशु आहार में बीएसजी

पशु आहार में बीएसजीः पशु पोषण में बीएसजी का उपयोग, विशेष रूप से डेयरी और पशुधन उद्योगों में, सुस्थापित है। इसकी उच्च प्रोटीन और फाइबर सामग्री इसे मवेशियों और भेड़ जैसे जुगाली करने वाले पशुओं के लिए एक उत्कृष्ट आहार घटक बनाती है, जो पाचन में



चित्र 2: ब्रियुअर्स स्पेंट ग्रेन (बीएसजी) को बीएसजी-समृद्ध ब्रेड (मानव आहार) और बीएसजी-आधारित पशु आहार पेलेट्स (जुगाली करने वाले पशुओं का आहार) में संसाधित करने की प्रक्रिया

सुधार करती है और विकास को बढ़ावा देती है। इसके कई लाभ इस प्रकार हैं:

- **लागत-प्रभावी चाराः** ब्रुअरीज प्रायः कम लागत पर बीएसजी की आपूर्ति करती हैं, जिससे किसानों के चारे का खर्च कम होता है।
- **पाचन स्वास्थ्यः** बीएसजी में उपस्थित फाइबर जुगाली करने वाले पशुओं में रूमेन की कार्यक्षमता में सुधार करता है, जिससे पोषक तत्वों के बेहतर अवशोषण में सहायता मिलती है।
- **पर्यावरणी प्रभावः** पशु आहार के रूप में बीएसजी का उपयोग अपशिष्ट निपटान से जुड़े अपशिष्ट और ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को कम करने में सहायता करता है।

सूअर और मुर्गी जैसे जुगाली न करने वाले पशुओं के लिए, पाचनशक्ति में सुधार के लिए बीएसजी को कुछ संशोधनों, जैसे सुखाने या किण्वन, के बाद आहार में सम्मिलित किया जा सकता है। बीएसजी का उपयोग पशु आहार में, विशेष रूप से मवेशियों, मुर्गी, सूअर और

मछली के लिए, इसके पोषण मूल्य के कारण, एक कम लागत वाले घटक के रूप में किया जा सकता है।

मानव उपभोग के लिए बीएसजीः हाल के शोध ने बीएसजी के पोषण मूल्य और टिकाऊ अवयवों की बढ़ती मांग को देखते हुए, मानव खाद्य उत्पादों के लिए इसके पुनरूपयोग पर ध्यान केंद्रित किया है। बीएसजी को आहार फाइबर और प्रोटीन के स्रोत के रूप में विभिन्न प्रकार के खाद्य उत्पादों में सम्मिलित किया जा सकता है। कुछ अनुप्रयोगों में सम्मिलित हैंः

- **बेकरी उत्पादः** बीएसजी का उपयोग ब्रेड, कुकीज और क्रैकर्स में एक घटक के रूप में किया जा सकता है, जिससे फाइबर की मात्रा बढ़ती है और पोषण संबंधी प्रोफाइल में सुधार होता हैं।
- **प्रोटीन सप्लीमेंटः** अपनी उच्च प्रोटीन सामग्री के कारण, बीएसजी को प्रोटीन बार, शेक और अन्य स्वास्थ्य सप्लीमेंट्स में एक घटक के रूप में प्रयोग किया जा रहा है।
- **कार्यात्मक खाद्य पदार्थः** बीएसजी में मौजूद आहार फाइबर में प्रीबायोटिक गुण होते हैं, जो आंत के स्वास्थ्य को बढ़ावा देते हैं। बीएसजी युक्त कार्यात्मक खाद्य उत्पाद पाचन में सुधार और वजन प्रबंधन में सहायता कर सकते हैं।

निम्नलिखित फ्लोचार्ट ब्रुअर्स स्पेंट ग्रेन (बीएसजी) के मूल्यवर्धित प्रसंस्करण को दो प्रमुख उत्पादों में दर्शाता है-मानव उपभोग के लिए बीएसजी-समृद्ध ब्रेड और जुगाली करने वाले पशुओं के लिए बीएसजी-आधारित फीड पेलेट।

चुनौतियाँ और भविष्य की संभावनाएँ

अपनी क्षमता के बाद भी, मानव खाद्य प्रणालियों में बीएसजी के व्यापक उपयोग के सामने कुछ चुनौतियाँ हैं, जिनमें सम्मिलित हैंः

- **नाशवानता और भंडारण संबंधी समस्याएँः** लगभग 70 प्रतिशत नमी होने के कारण, बीएसजी जल्दी खराब हो जाता है और गर्म जलवायु में केवल 7-10 दिनों तक ही टिकता है। इससे भंडारण, परिवहन और व्यापक उपयोग सीमित हो जाता है, जिससे प्रायः बर्बादी होती है।
- **संवेदी गुणः** बीएसजी की बनावट खुरदरी और स्वाद कड़वा होता है, जो कुछ खाद्य अनुप्रयोगों में इसके आकर्षण को सीमित कर सकता है।
- **प्रसंस्करण लागतः** बीएसजी को खाद्य-ग्रेड उत्पादों में बदलने के लिए प्रायः सुखाने, पीसने और अन्य प्रक्रियाओं की आवश्यकता होती है, जिससे लागत बढ़ सकती है।
- **नियामक बाधाएँः** कुछ क्षेत्रों में, मानव भोजन में बीएसजी के उपयोग के लिए कड़े नियामक अनुमोदन की आवश्यकता होती है, जिससे इसके अपनाने की गति धीमी हो सकती है।

चल रहे अनुसंधान और तकनीकी प्रगति इन बाधाओं को दूर करने में सहायता कर रहे हैं। जैसे-जैसे टिकाऊ और पादप-आधारित उत्पादों की उपभोक्ता माँग बढ़ती है, बीएसजी मानव और पशु दोनों के आहार में अधिक प्रमुख भूमिका निभाएगा।

बीएसजी के अनुप्रयोग

ब्रियुअर्स स्पेंट ग्रेन (बीएसजी) का उपयोग खाद्य, ऊर्जा और पर्यावरणीय अनुप्रयोगों सहित कई क्षेत्रों में किया जाता है। खाद्य उद्योग में, इसे ब्रेड, स्नैक्स और तरहानाकृएक पारंपरिक किण्वित गेहूँ और दही उत्पादकृजैसे उत्पादों में फाइबर और प्रोटीन की मात्रा बढ़ाने के लिए सम्मिलित किया जा सकता है। अपने पोषण संबंधी लाभों के अतिरिक्त, बीएसजी शर्करा, लिग्निन और हाइड्रॉक्सीसिनामिक एसिड जैसे जैवसक्रिय यौगिकों का एक मूल्यवान स्रोत है, जिन्हें रासायनिक या एंजाइमी प्रक्रियाओं के माध्यम से निकाला जा सकता है। ऊर्जा क्षेत्र में, इसके सेल्यूलोज और हेमीसेल्यूलोज अंश किण्वन के माध्यम से दूसरी पीढ़ी के इथेनॉल के उत्पादन को सक्षम बनाते हैं। बीएसजी को अवायवीय पाचन के माध्यम से बायोगैस में परिवर्तित किया जा सकता है या ताप-रासायनिक तकनीकों जैसे पायरोलिसिस और दहन के माध्यम से ऊर्जा उत्पादन के लिए प्रयोग किया जा सकता है। पर्यावरणीय स्थिरता में इसकी भूमिका भी महत्वपूर्ण है, क्योंकि यह अपशिष्ट जल से कार्बनिक प्रदूषकों और रंगों को हटाने के लिए एक अवशोषक के रूप में कार्य कर सकता है और विभिन्न जैव-प्रक्रियाओं में सूक्ष्मजीवों को स्थिर करने के लिए एक सहायक माध्यम के रूप में कार्य कर सकता है।

स्थिरता और वृत्ताकार अर्थव्यवस्था

बीएसजी का पुनः उपयोग खाद्य अपशिष्ट को कम करके और एक वृत्ताकार अर्थव्यवस्था को बढ़ावा देकर वैश्विक स्थिरता लक्ष्यों के अनुरूप है। विशेष रूप से, ब्रुअरीज बीएसजी के पुनर्चक्रण और इसे खाद्य प्रणालियों में एकीकृत करने की विधियों की सक्रिय रूप से खोज कर रही हैं। मानव और पशु उपभोग के लिए बीएसजी का उपयोग करके, उद्योग अपने पर्यावरणीय प्रभाव को कम करता है, संसाधनों का संरक्षण करता है और स्थायी कृषि पद्धतियों का समर्थन करता है।

इसके अलावा, किण्वन और एंजाइमी उपचार जैसी प्रसंस्करण तकनीकों में नवाचार, बीएसजी की पाचनशक्ति और कार्यात्मक गुणों में सुधार कर रहे हैं, जिससे खाद्य और चारा उद्योगों में इसकी क्षमता का और विस्तार हो रहा है।

निष्कर्ष

ब्रियुअर्स स्पेंट ग्रेन (बीएसजी) ब्रूइंग उद्योग का एक अत्यधिक मूल्यवान, किन्तु कम उपयोग किया जाने वाला उपोत्पाद है, जो मानव और पशु दोनों के उपभोग के लिए महत्वपूर्ण पोषण संबंधी और कार्यात्मक लाभ प्रदान करता है। अपने उच्च फाइबर और प्रोटीन सामग्री के साथ, बीएसजी के खाद्य सुदृढ़ीकरण, कार्यात्मक खाद्य पदार्थों और टिकाऊ पशु आहार में आशाजनक अनुप्रयोग हैं। नमी की मात्रा, प्रसंस्करण लागत और नियामक विचारों से संबंधित चुनौतियों के बाद भी, सुखाने, किण्वन और एंजाइमी उपचारों में प्रगति उनके संभावित उपयोगों का विस्तार कर रही है। बीएसजी को खाद्य और आहार प्रणालियों में एकीकृत करके, ब्रूइंग उद्योग वैश्विक स्थिरता लक्ष्यों में योगदान दे सकता है, अपशिष्ट को कम कर सकता है और संसाधन दक्षता को बढ़ावा दे सकता है। बीएसजी प्रसंस्करण और उत्पाद विकास में भविष्य के अनुसंधान और नवाचार इसकी पूरी क्षमता को उजागर करने और इसे खाद्य उत्पादन में वृत्ताकार अर्थव्यवस्था के एक महत्वपूर्ण घटक के रूप में स्थापित करने के लिए महत्वपूर्ण होंगे।

फॉरेस्ट पाइंस को सजावट में बदलनाः एक किसान पहल

मंजू देवी,[1] नीना कुमारी[2] और अंशुमन सेमवाल[1]

[1]सहायक प्रोफेसर (कीट विज्ञान), कीट विज्ञान विभाग, सीओएच और एफ थुनाग मंडी, हिमाचल प्रदेश,
[2] सहायक प्रोफेसर (वन उत्पाद), वन उत्पाद विभाग, सीओएच और एफ थुनाग मंडी, हिमाचल प्रदेश
[3]अनुसंधान विद्वान, कीट विज्ञान विभाग, सीओएच और एफ नौणी, सोलन, हिमाचल प्रदेश

हिमाचल प्रदेश के मनोरम राज्य में, जहाँ राजसी हिमालय हरी-भरी घाटियों और वनाच्छादित पहाड़ियों को अपने में समेटे हुए है, चीड़ के पेड़ परिदृश्य की एक प्रमुख विशेषता के रूप में ऊँचे खड़े हैं। *पाइनस वॉलिचियाना,* जिसे आमतौर पर हिमालयन ब्लू पाइन या भूटान पाइन कहा जाता है, इस क्षेत्र में सबसे प्रचुर और पारिस्थितिक रूप से महत्वपूर्ण चीड़ की प्रजातियों में से एक है। 1,800 से 4,300 मीटर की ऊँचाई तक पाया जाने वाला यह पेड़ उत्तरी भारत, नेपाल, भूटान और पाकिस्तान के कुछ भागों के समशीतोष्ण जंगलों में पनपता है। प्रत्येक गर्मियों में, अपने प्राकृतिक चक्र के भाग के रूप में, ये पेड़ सूखी चीड़ की सुइयाँ और शंकु गिराते हैं, जो जंगल की जमीन को एक मोटे, भूरे रंग के कंबल की तरह ढक देते हैं।यह मौसमी झड़ना एक प्राकृतिक प्रक्रिया है, किन्तु यह पारिस्थितिक महत्व और वन प्रबंधन, स्थानीय समुदायों और पर्यावरणीय स्थिरता के लिए व्यावहारिक निहितार्थ दोनों रखता है। अपनी नीली-हरी सुइयाँ और सुखद गंध के साथ ये सुंदर शंकुधारी पेड़ हिमाचल प्रदेश के इस शांत भाग में एक अद्भुत प्राकृतिक दृश्य का निर्माण करते हैं। हिमाचल प्रदेश की सेराज घाटी के मध्य में स्थित थुनाग क्षेत्र, नीले चीड़ (*पाइनस वॉलिचियाना)* के विशाल वनों से सुशोभित है जो पहाड़ियों को ढँकते हैं। ये राजसी शंकुधारी वृक्ष अद्भुत प्राकृतिक सौंदर्य का एक परिदृश्य निर्मित करते हैं, जो शांति की गहन अनुभूति और प्रकृति के साथ एक गहरा जुड़ाव प्रदान करते हैं। ये विशाल शंकुधारी वृक्ष, अपनी लंबी, पतली सुइयों और सुगंधित राल के साथ, एक शांत और मनोरम परिदृश्य बनाते हैं जो पारिस्थितिक और भावनात्मक दोनों तरह की समृद्धि प्रदान करता है। स्थानीय लोगों और पर्यटकों, दोनों के लिए, इन वनों की शांति और एकांत प्रकृति से जुड़ाव की एक गहरी अनुभूति प्रदान करते हैं, जो आज की तेज दुनिया में एक दुर्लभ और मूल्यवान अनुभव है।

अपने सौंदर्य और मनोरंजक मूल्य के अलावा, ये वन क्षेत्र की पारिस्थितिकी के लिए भी महत्वपूर्ण हैं। ये वन विभिन्न प्रकार की वनस्पतियों और जीवों को पोषित करके मिट्टी को स्थिर करने, जल संरक्षण और जैव विविधता को बनाए रखने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। ये वन आस-पास के समुदायों के लिए एक महत्वपूर्ण प्राकृतिक संसाधन के रूप में भी काम करते हैं, जहाँ लकड़ी, राल और गैर-लकड़ी वन उत्पाद, जैसे चीड़ की सुइयाँ और शंकु, उपलब्ध होते हैं।

हिमालयी क्षेत्रों में पहले, इन पेड़ों के गिरे हुए शंकुओं को पारंपरिक रूप से वन कूड़ा माना जाता था, जो प्रायः वन तल पर बड़ी मात्रा में जमा हो जाते थे। इनमें उच्च राल सामग्री के कारण, ये सूखे शंकु अत्यधिक ज्वलनशील होते हैं और लंबे समय से आग का खतरा माने जाते रहे हैं, विशेषकर शुष्क मौसम में जब जंगल की आग का खतरा काफी बढ़ जाता है। दशकों तक, इन्हें यूँ ही

सड़ने के लिए छोड़ दिया जाता था या वन प्रबंधन कार्यों में साफ कर दिया जाता था, और इनकी संभावित उपयोगिता पर बहुत कम या बिल्कुल ध्यान नहीं दिया जाता था। हाल के वर्षों में, इन प्राकृतिक उप-उत्पादों के बारे में लोगों की धारणा में बदलाव आया है। जिसे कभी पारिस्थितिकी तंत्र का एक मूल्यहीन और यहाँ तक कि खतरनाक भाग माना जाता था, उसे अब हस्तशिल्प और पर्यावरण-अनुकूल सजावटी वस्तुओं के क्षेत्र में एक मूल्यवान संसाधन के रूप में पुनः उपयोग में लाया जा रहा है। कारीगरों और पर्यावरण के प्रति जागरूक उद्यमियों ने नीले पाइन शंकुओं के सौंदर्य और कार्यात्मक गुणों, जैसे उनके अनोखे आकार, बनावट और देहाती सुंदरता, को प्राकृतिक घरेलू सजावट, मौसमी आभूषणों और टिकाऊ शिल्प उत्पादों के निर्माण के लिए आदर्श के रूप में पहचानना आरम्भ कर दिया है।

हिमाचल प्रदेश के लोग वर्षों से चीड़ के शंकुओं को मौसमी कचरे के अतिरिक्त कुछ नहीं समझते थे - जंगलों से बचा हुआ मलबा जो हर गर्मियों में जंगल की जमीन को ढक लेता था। जमीन पर बिखरे इन शंकुओं को, सूखी सुइयों के साथ, प्रायः आग का खतरा या बस साफ किए जाने वाले मलबे के रूप में देखा जाता था। एक नियमित क्षेत्र भ्रमण में, हमने मंडी के थुनाग तहसील के धरोट गाँव में एक मामले का अवलोकन और जाँच की, जहाँ निवासी श्री दया राम ने असुविधा से परे देखा और इस चीड़ की प्रजाति में एक व्यावसायिक अवसर की पहचान की। रचनात्मकता और दृढ़ संकल्प के साथ, उन्होंने इस अनदेखी पर्यावरणीय चुनौती को एक उल्लेखनीय अवसर में बदल दिया, और चीड़ के शंकुओं को आजीविका के एक स्थायी स्रोत में बदल

तालिका 1: हिमाचल प्रदेश में पाइन शंकु के मूल्यांकन का लागत-लाभ विश्लेषण

घटक	लागत (रू.)	लाभ/राजस्व (रू.)	पारिस्थितिक एवं सामाजिक-आर्थिक प्रभाव
संसाधन अधिग्रहण	0 (प्राकृतिक उपजद)	—	वन-तल की ज्वलनशीलता को कम करता है
प्रसंस्करण (धूमन, सुखाने)	0.50 ± 0.10 प्रति/कोन	2.00 ± 0.20 प्रति/कोन	कीट-मुक्त, संरचनात्मक रूप से स्थिर शंकु सुनिश्चित करता है।
श्रम (4 श्रमिक)	1.20 लाख/वर्ष	—	प्रत्यक्ष रोजगार, सतत विकास लक्ष्य 8 के अनुरूप
पैकिंग (बोरियाँ)	0.20 ± 0.05 प्रति/कोन	—	जैव-निम्नीकरणीय सामग्रियों का उपयोग।
परिवहन	0.30 ± 0.10 प्रति/कोन	—	जंगल की आग के शमन लाभों की तुलना में कम कार्बन पदचिह्न।
कुल परिचालन लागत	1.40 ± 0.25 लाख/टन	4.00 ± 0.50 लाख/टन	शुद्ध लाभ मार्जिनः 65-70 प्रतिशत
वार्षिक उत्पादन	18–20 लाख कोन	36 – 40 लाख/वर्ष	स्केलेबल सर्कुलर इकोनॉमी मॉडल

दिया। उनके प्रयासों ने न केवल स्थानीय समुदायों को सशक्त बनाया बल्कि पर्यावरण संरक्षण को भी बढ़ावा दिया और नए आर्थिक अवसरों के द्वार खोले। उनकी यात्रा एक सम्मोहक उदाहरण है कि कैसे उद्देश्य और जुनून स्थानीय पहलों को वैश्विक चुनौतियों के समाधान में बदल सकते हैं।

प्रत्येक वर्ष जनवरी से अप्रैल के महीनों में, श्री दया राम ने बड़ी मात्रा में चीड़ के शंकु एकत्र करना आरम्भ किया। ताजा एकत्र किए गए शंकुओं को पानी से गीला किया गया और फिर सल्फर से धूम्रित किया गया, जिसके बाद उन्हें रात भर बिना छेड़े छोड़ दिया गया। अगले दिन तक, शंकुओं में हल्का पीलापन आ गया था और बनावट नरम हो गई थी। फिर शंकुओं को शीट पर एक परत में फैलाया गया और कई दिनों तक धूप में सूखने के लिए छोड़ दिया गया। उन्हें पूरी तरह से खुलने तक सुखाया गया, और फिर बोरियों में पैक किया गया, प्रत्येक में लगभग 1,100 से 1,800 शंकु होते हैं। सुई और धागे का उपयोग करके हाथ से सिलाई की सावधानीपूर्वक प्रक्रिया के माध्यम से बैगों को सुरक्षित रूप से सील कर दिया गया था। बैगों पर उनके मालिकाना व्यापारिक मोहर लगाई गई थी। फिर उन्हें अंतिम बाजार में अंतिम निपटान तक सावधानीपूर्वक संग्रहीत किया गया।

श्री दया राम सालाना लगभग 18 से 20 लाख पाइन शंकु इकट्ठा करते हैं और उन्हें 2 प्रति शंकु के हिसाब से बेचते हैं। उनके शंकुओं ने न केवल हिमाचल प्रदेश के भीतर बल्कि कोलकाता जैसे दूरदराज के शहरों में भी बाजार पाया है, जहां उनका उपयोग सजावटी वस्तुओं, हस्तशिल्प और पर्यावरण के अनुकूल कला उत्पादों के लिए किया जाता है। जैसे-जैसे अधिक लोग और व्यवसाय प्राकृतिक और टिकाऊ सामग्रियों की तलाश कर रहे हैं, माँग बढ़ती जा रही है। इस सरल किन्तु प्रभावशाली उद्यम के माध्यम से, श्री दया राम ने न केवल अपने लिए, बल्कि क्षेत्र के अन्य लोगों के लिए भी एक स्थायी आजीविका का सृजन किया है। उनकी पहल गिरे हुए शंकु वृक्षों को हटाकर वनों की आग के संकट को कम करने में सहायता करती है, साथ ही ग्रामीण उद्यमिता और पर्यावरण संरक्षण को भी बढ़ावा देती है।

श्री दया राम की यात्रा इस बात का प्रमाण है कि कैसे पारंपरिक ज्ञान, समर्पित प्रयास और नवीन सोच का सम्मिश्रण एक स्थानीय पारिस्थितिक चुनौती को आर्थिक सशक्तिकरण, पर्यावरणीय संरक्षण और ग्रामीण प्रतिभा के एक आकर्षक आख्यान में बदल सकता है।

पाइन कोन के मूल्यवर्धन में पारिस्थितिक और आर्थिक बाधाएँ: लचीलेपन के मार्गः-

हिमाचल प्रदेश में पाइन कोन व्यवसाय, आशाजनक होते हुए भी, कई संभावित चुनौतियों का सामना कर रहा है जो इसके विकास और स्थायित्व में बाधा डाल सकती हैं। पारिस्थितिक रूप से, अत्यधिक कटाई एक बड़ा संकट उत्पन्न करती है, क्योंकि अत्यधिक संग्रहण पाइनस वॉलिचियाना के बीज प्रसार और पुनर्जनन को प्रभावित करके वन पारिस्थितिकी तंत्र को बाधित कर सकता है। इसके अतिरिक्त, पाइन कोन को हटाने से पक्षियों और कृन्तकों जैसे वन्यजीवों के लिए भोजन के स्रोत कम हो सकते हैं, जिससे स्थानीय जैव विविधता पर संभावित रूप से प्रभाव पड़ सकता है। सल्फर फ्यूमिगेशन का उपयोग, कीट नियंत्रण के लिए प्रभावी होते हुए भी, यदि इसका उचित प्रबंधन न किया जाए तो मृदा सूक्ष्मजीवों को हानि पहुँचा सकता है। आर्थिक और परिचालन की दृष्टि से, कोन संग्रहण, सुखाने और पैकिंग की श्रम-गहन प्रकृति लागत बढ़ाती है, जबकि पाइन कोन की मौसमी उपलब्धता (जनवरी से अप्रैल) आय के अवसरों को सीमित कर देती है। दूरस्थ वन क्षेत्रों से परिवहन लागत लाभप्रदता पर और दबाव डालती है।

बाजार से जुड़ी चुनौतियों में प्रतिस्पर्धा के कारण कीमतों में उतार-चढ़ाव, असंगत उत्पाद गुणवत्ता (जैसे, भंडारण में फफूंदी या कीट), और हस्तनिर्मित पाइन कोन उत्पादों के मूल्य के बारे में उपभोक्ताओं की सीमित जागरूकता सम्मिलित है। गैर-लकड़ी वन उत्पाद (एनटीएफपी) संग्रह के लिए परमिट प्राप्त करने जैसी नियामक बाधाएँ, और पारंपरिक आजीविका के आदी स्थानीय लोगों का सांस्कृतिक प्रतिरोध भी अपनाने की प्रक्रिया को धीमा कर सकता है। इन समस्याओं के समाधान के लिए, स्थायी कटाई कोटा, प्रसंस्करण के लिए अर्ध-मशीनीकृत उपकरण, और सरकारी योजनाओं के साथ साझेदारी, पारिस्थितिक और परिचालन संबंधी बोझ को कम कर सकती है। पाइन कोन को पर्यावरण-विलासिता वस्तुओं के रूप में ब्रांडिंग और ई-कॉमर्स प्लेटफॉर्म का लाभ उठाने से बाजार की मांग बढ़ सकती है, जबकि सामुदायिक प्रशिक्षण कार्यक्रम और वन विभागों के साथ सहयोग नियामक और सामाजिक बाधाओं को कम कर सकते हैं। सक्रिय शमन के बिना, ये चुनौतियाँ व्यवसाय की व्यवहार्यता को कमजोर कर सकती हैं, किन्तु सावधानीपूर्वक योजना बनाकर, इन्हें विकास और लचीलेपन के अवसरों में बदला जा सकता है।

LEMKEN THE AGROVISION COMPANY

SINCE 1780

Less Tyre Slippage

Low Maintenance

Ploughing at Uniform Depth

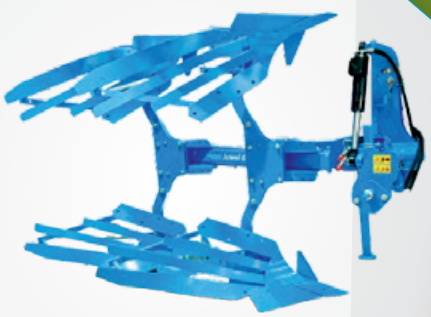
Upto 20% Fuel Saving

Upto 33% Faster

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
customercare.india@lemken.com

पीएनबी
कोल्डवेयर सुरक्षित योजना

कोल्ड स्टोरेज और गोदाम वित्तपोषण को बढ़ावा देने हेतु

मुख्य विशेषताएँ:

- 12 वर्ष तक की लम्बी/दीर्घ चुकौती अवधि
- न्यूनतम संपार्श्विक आवश्यकताएँ 15% से शुरु
- न्युनतम ब्याज दर
- न्युनतम मार्जिन आवश्यकताएँ 10% से शुरु
- ऋण बीमा सुविधा
- अन्य बैंक से अधिग्रहण पर शून्य सेवा प्रभार

आइए, "भंडारण से समृद्धि" को साकार करें!

हमें फॉलो करें : www.pnb.bank.in | टोल फ्री नम्बर 1800-1800 & 1800-2021 | 1800 180 8888 पर मिस्ड कॉल दें

पंजाब नैशनल बैंक ...भरोसे का प्रतीक !

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