शोध पत्र/Research Paper

फसल की सहनशीलता को बढ़ाना: सतत कृषि विकास के लिए परिशुद्ध कृषि और जलवायु स्मार्ट प्रथाओं को एकीकृत करना

Enhancing Crop Resilience: Integrating Precision Agriculture and Climate Smart Practices for Sustainable Agricultural Growth

सचिन[1] एवं स्मिता परीक[2]
Sachin[1] and Smita Pareek[2]
[1, 2]Department of Electrical Engineering, B.K. Birla Instt. of Engg. & Tech., Pilani, Rajasthan
[1]21ebkee011.sachin@bkbiet.ac.in, [2]smitapareek.bkbiet@gmail.com
https://doi.org/10.5281/zenodo.18598970

सारांश

भारत की भौगोलिक और सांस्कृतिक पृष्ठभूमि विविध है। विभिन्न क्षेत्रों में विविध भूभागों में, जलवायु और संसाधनों की उपलब्धता के कारण देश का कृषि क्षेत्र कई चुनौतियों और अवसरों से गुजरता है। यह अध्ययन एक एकीकृत दृष्टिकोण का सुझाव देता है जो सटीक कृषि प्रौद्योगिकी और जलवायु-स्मार्ट प्रथाओं को जोड़ता है, जो विशेष रूप से भारत के कई कृषि-जलवायु क्षेत्रों में पाए जाने वाले अवसरों और बाधाओं के अनुकूल है। सटीक कृषि प्रौद्योगिकी, जैसे ड्रोन, इमेज प्रोसेसिंग, सेंसर और GPS, उत्पादकता में सुधार करने, इनपुट को अनुकूलित करने और जलवायु परिवर्तन से संबंधित खतरों को कम करने की क्षमता रखते हैं। इस बीच, फसल विविधीकरण, कृषि संरक्षण और जल प्रबंधन जैसे "जलवायु-स्मार्ट प्रथाओं" का लक्ष्य संसाधन दक्षता को बढ़ाना और जलवायु परिवर्तन के प्रति लचीलेपन को बढ़ाना है। यदि विभिन्न दृष्टिकोणों का एकीकरण किया जाए, तो किसान उत्पादन में सुधार कर सकते हैं. कृषि प्रणालियों की स्थिरता सुनिश्चित कर सकते हैं और बदलती जलवायु परिस्थितियों के साथ तालमेल बैठा सकते हैं। अनुकूलित समाधान भारतीय कृषि के सामने आने वाले विशिष्ट सामाजिक-आर्थिक और पर्यावरणीय मुद्दों को प्रभावी ढंग से हल करने के लिए आवश्यक हैं। यह शोध पत्र भारत में सटीक कृषि और जलवायु-स्मार्ट प्रथाओं को एकीकृत करने के तरीकों, लाभों, चुनौतियों और नीतिगत निहितार्थों का विश्लेषण करता है।

Abstract

India's agricultural landscape is as diverse as its geographical and cultural tapestry. With varied terrains, climates, and resource availabilities across different regions, the country's agriculture sector faces a multitude of challenges and opportunities. It is crucial to improve crop resilience in India, where agriculture is the backbone of the economy. This research suggests an integrated approach that combines climate-smart practices and precision agriculture technology, specifically adapted to the opportunities and constraints found in India's many agro-climatic zones. Drones, image processing, sensors,

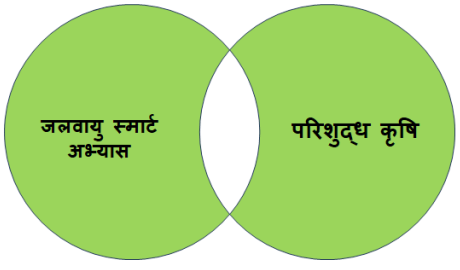
and GPS are examples of precision agriculture technology that have the potential to improve productivity, optimize inputs, and reduce hazards related to climatic unpredictability. In the meanwhile, a variety of tactics known as "climate-smart practices"—such as crop diversification, conservation agriculture, and water management—are employed to increase resource efficiency and increase resiliency to climate change. Through the integration of various approaches, farmers in India may improve production, ensure the sustainability of agricultural systems, and adjust to changing climatic conditions. In order to effectively address the distinct socio-economic and environmental issues that Indian agriculture faces, customized solutions are crucial. This research paper explores the possible ways, advantages, difficulties, and policy implications of integrating precision agriculture and climate-smart practices in the Indian context.

मुख्य शब्द: जलवायु परिवर्तन अनुकूलन, संसाधन प्रबंधन, प्रौद्योगिकी एकीकरण, पर्यावरणीय समर्थन, छवि प्रसंस्करण, फसल प्रतिरोध क्षमता, परिशुद्ध कृषि, जलवायु-स्मार्ट प्रथाएं, सतत कृषि

Key Words: Climate change adaptation, Resource management, Technology integration, Environmental sustainability, Image processing, Crop resilience, Precision agriculture, Climate-smart practices, Sustainable agriculture.

परिचय

भारत के कृषि क्षेत्र की विविधता और जटिलता उसके भूगोल और संस्कृति से मिलती-जुलती है। भारत की विशाल जमीन और विविध जलवायु परिस्थितियों के कारण, कृषि क्षेत्र देश की अर्थव्यवस्था का आधार है, करोडो जीविकाओं का समर्थन करता है और इसके जीडीपी में महत्वपूर्ण योगदान देता है। हालाँकि, इसके महत्व के बावजूद, क्षेत्र का सामना संसाधन संकीर्णता, अप्रत्याशित मौसमी पैटर्न, और दीर्घकालिक खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए शास्त्रीय तरीके की जरूरत आदि जैसी चुनौतियों से होता है। इन चुनौतियों को हल करने की आवश्यकता है, जिससे परिसंवेदनशील कृषि प्रौद्योगिकियों को संयोजता मिलती है। क्षेत्रीय विविधता और भारत के कृषि-जलवायु क्षेत्रों की विशिष्ट समाजिक, आर्थिक और पर्यावरणीय परिस्थितियों को ध्यान में रखना आवश्यक है। यह अध्ययन भारत में जलवायु-बुद्धिमति उपायों (जैसे फसल विविधता, संरक्षण कृषि और कुशल जल प्रबंधन) को विकसित कृषि प्रौद्योगिकी के साथ कैसे मिलाया जा सकता है। यह इस संयोजन के पक्षों, फायदों, चुनौतियों और नीति प्रभावों को देखता है। भारत के किसान इन समायोजित तकनीकों का उपयोग करके उत्पादकता को बढ़ा सकते हैं, अपने प्रयोगों को संवेदनशील बना सकते हैं और बदलते मौसमी पैटर्न के चुनौतियों का सामना कर सकते हैं। अंततः, यह दृष्टिकोण भारतीय कृषि में क्रांति ला सकता है, खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करता है, और जलवायु परिवर्तन के सामने टिकाऊ समृद्धि को पोषित करता है।



कृषि के सतत विकास के लिए एकीकृत दृष्टिकोण

जलवायु-स्मार्ट प्रथाओं और सटीक कृषि का एकीकरण स्थायी कृषि विकास के लिए संसाधन प्रबंधन और प्रौद्योगिकी एकीकरण

विभिन्न कृषि-जलवायु क्षेत्रों और उनकी संसाधन उपलब्धता के कारण कृषि में संसाधन प्रबंधन बहुत महत्वपूर्ण है। संसाधन प्रबंधन कृषि में निरंतर विकास का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है। उदाहरण के लिए, जल संकट वाले इलाकों में जल प्रबंधन, कृषि और अन्य उपयोगों के लिए जल की पर्याप्त उपलब्धता सुनिश्चित करता है। न केवल जल बल्कि मिट्टी और अपशिष्ट प्रबंधन भी महत्वपूर्ण हैं। दशकों से किसानों ने इन संसाधनों को प्रबंधित करने के लिए पारंपरिक तरीकों का उपयोग किया है, लेकिन अब समय आ गया है कि प्रौद्योगिकी को इन तरीकों में शामिल किया जाए। हम सटीक कृषि में संसाधन प्रबंधन और जलवायु-स्मार्ट प्रथाओं पर चर्चा क्यों करते हैं?

प्रबंधन प्रौद्योगिकी

जल प्रबंधन में प्रौद्योगिकी का एकीकरण

भारत में कृषि-जलवायु क्षेत्रों में सिंचाई के लिए जल की उपलब्धता में काफी अंतर है। पश्चिमी तटीय क्षेत्र और पूर्वी और पश्चिमी हिमालय क्षेत्र पिघलने, वर्षा और बारहमासी नदियों द्वारा लाए गए जल से लाभ उठाते हैं। टैंकों, ट्यूबवेलों और नहरों का उपयोग नदियों और भूजल की प्रचुरता से फायदा उठाता है, जिससे गंगा के मैदान (निचले, मध्य और ऊपरी) और ट्रांस-गंगेटिक क्षेत्र लाभ उठाते हैं। पूर्वी और मध्य पठार क्षेत्रों में नहरों, टैंकों और आधुनिक सिंचाई प्रणालियों की उपयुक्त मात्रा है। वे नदियों और मौसमी बारिश पर निर्भर करते हैं। दक्षिणी और पश्चिमी पठार क्षेत्रों को कम जल उपलब्धता से प्रभावित किया जाता है, जो मानसूनी वर्षा और कृष्णा और गोदावरी जैसी नदियों के माध्यम से सिंचाई पर निर्भर करते हैं। गुजरात के मैदानों में जल की पर्याप्त आपूर्ति नर्मदा नदी, कुओं, ट्यूबवेलों और मौसमी वर्षा से होती है। पश्चिमी शुष्क क्षेत्रों में, विशेष रूप से राजस्थान में, इंदिरा गांधी नहर, समकालीन ड्रिप सिंचाई, जोहड़ और कम वर्षा के कारण पानी का एकमात्र स्रोत है। द्वीप क्षेत्र, जहां पर वर्षा अधिक होती है परन्तु मीठे जल संसाधन कम होने के कारण सिंचाई प्रणालियों और वर्षा जल संग्रह का कम उपयोग करते हैं। विभिन्न क्षेत्रों में दक्षता और स्थिरता बढ़ाने के लिए प्रौद्योगिकी-एकीकृत जल प्रबंधन समाधान जैसे IoT-सक्षम सिंचाई प्रणाली तेजी से अपनाई जा रही हैं।

IoT-सक्षम सिंचाई प्रणालियाँ तापमान, मिट्टी की नमी और मौसम की स्थिति के लिए संवेदक का उपयोग करती हैं। फसलों को पानी की कितनी आवश्यकता है, यह जानने के लिए इस जानकारी का विश्लेषण किया जाता है।[1] बाद में, स्वचालित निर्णय लेने वाले एल्गोरिथ्म सिंचाई पंपों और वाल्वों को नियंत्रित करते हैं ताकि सही समय और स्थान पर सही मात्रा में पानी दिया जा सके।[2] किसान सिस्टम को दूर से देख सकते हैं और नियंत्रित कर सकते हैं, जबकि वे वास्तविक समय में अलर्ट और अपडेट

पा सकते हैं इसके लाभों में पानी का कम उपयोग, फसल उत्पादकता में वृद्धि, वित्तीय बचत और बेहतर स्थिरता शामिल हैं।

मृदा प्रबंधन में प्रौद्योगिकी का एकीकरण

विभिन्न कृषि-जलवायु क्षेत्रों में मिट्टी का प्रबंधन करने के लिए कई अलग-अलग तरीके हैं: उष्णकटिबंधीय क्षेत्र अपरदन को रोकने पर ध्यान देते हैं, समशीतोष्ण क्षेत्र उर्वरता को बचाने पर, शुष्क क्षेत्र जल संरक्षण पर। भूमध्य सागरीय तापमान, अपरदन और सूखा सहनशीलता को संतुलित करते है। परिशुद्ध कृषि आपूर्ति को बढ़ाता है, ड्रोन मृदा स्वास्थ्य की निगरानी करते हैं, सेंसर सिंचाई अनुसूची बनाने में मदद करते हैं, और भूमि उपयोग योजना में जीआईएस की मदद करता है।[3, 4, 5] इन प्रथाओं को प्रौद्योगिकी के समावेश से सुधारा जाता है। ये विकास कृषि की स्थिरता और उत्पादन को बढ़ावा देकर विभिन्न संदर्भों में कृषि के लचीलेपन को सुनिश्चित करते हैं।

पोषण प्रबंधन में प्रौद्योगिकी का एकीकरण

भारत के कृषि-जलवायु क्षेत्रों में पोषण प्रबंधन के लिए अलग-अलग दृष्टिकोणों की आवश्यकता होती है, जिनमें से प्रत्येक पर अलग-अलग पर्यावरणीय हालात का प्रभाव होता है। सटीक कृषि और जीआईएस मैपिंग, जैविक खेती के साथ, हिमालय क्षेत्र में ऊबड़-खाबड़ भूभाग को नेविगेट करना आसान बनाते हैं।[6] सिन्धु गंगा मैदानी क्षेत्र फसलों की निगरानी के लिए ड्रोन और उपग्रह प्रतिबिंब का उपयोग करते हैं।[7] लवणता तनाव और जल की कमी को कम करने के लिए शुष्क पश्चिमी क्षेत्रों में ड्रिप सिंचाई और रिमोट सेंसिंग तकनीक का उपयोग किया जाता है।[8] पूर्वी क्षेत्र में मिट्टी की अम्लता और पोषक तत्वों की कमी को दूर करने के लिए स्मार्ट उर्वरक उपकरणों और मोबाइल मृदा परीक्षण प्रयोगशालाओं का इस्तेमाल किया गया है।[9] दक्षिण में, ब्लॉकचेन प्रौद्योगिकी और सेंसर-आधारित सिंचाई पोषक तत्वों की आपूर्ति को आसान बनाते हैं और उच्च गुणवत्ता वाले निविष्ट प्रदान करते हैं।[10] भारत इस तकनीक का उपयोग करके टिकाऊ कृषि को बढ़ावा दे सकता है, पोषण प्रबंधन प्रणालियों में सुधार कर सकता है और बदलते मौसम के अनुकूल किसानों की क्षमता बढ़ा सकता है।

अपशिष्ट प्रबंधन में प्रौद्योगिकी का एकीकरण

भारतीय कृषि में अलग-अलग कृषि-जलवायु परिस्थितियों के कारण स्थिरता सुनिश्चित करने के लिए अपशिष्ट प्रबंधन के लिए विशिष्ट दृष्टिकोण आवश्यक हैं। उन्नत कृषि प्रणालियों के लिए प्रसिद्ध तटीय क्षेत्र, ड्रिप सिंचाई और खाद पर ध्यान देते हैं। उपोष्णकटिबंधीय उत्तर में बायोगैस संयंत्रों के साथ-साथ फसल अवशेषों को जलाने के विकल्प भी लोकप्रिय हैं। कृषि और जल-कुशल सिंचाई, अक्सर परिशुद्ध कृषि प्रौद्योगिकियों का उपयोग करते हुए, शुष्क क्षेत्र संरक्षण की पहली प्राथमिकता है। सामुदायिक आधारित अपशिष्ट प्रबंधन और कृषि वानिकी को पहाड़ी क्षेत्रों में भूमि उपयोग योजना में शामिल किया जाता है। रेगिस्तानी क्षेत्रों में स्थिरता के लिए ड्रिप सिंचाई और सौर ऊर्जा चालित प्रौद्योगिकी महत्वपूर्ण हैं। अपशिष्ट प्रबंधन के अनुचित तरीके से जलवायु पर अप्रत्यक्ष प्रभाव पड़ता है, लेकिन फसल के लचीलेपन पर प्रत्यक्ष प्रभाव नहीं पड़ता। कृषि अपशिष्ट का उत्पादन जलवायु क्षेत्र और फसलों के प्रकार से भिन्न होता है। कृषि अपशिष्टों को नियंत्रित करने के लिए एक ही प्रणाली को लागू करना मुश्किल है। प्रौद्योगिकी कृषि अपशिष्ट के प्रबंधन और पुन: उपयोग को सरल बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है, जैसे कि केले के अपशिष्ट से पर्यावरण के अनुकूल कपड़े और फसल अवशेषों से एथेनॉल।

सटीक कृषि चक्र

जलवायु-स्मार्ट कृषि अनुकूलन और परिशुद्ध कृषि अनुकूलन

जलवायु-स्मार्ट कृषि (CSA) अनुकूलन और परिशुद्ध कृषि अनुकूलन, कृषि के सामने आने वाली चुनौतियों, विशेषकर जलवायु परिवर्तन और बढ़ती खाद्य मांग के संदर्भ में, दो अलग-अलग लेकिन पूरक दृष्टिकोण हैं।

फसल विविधीकरण को परिशुद्ध कृषि के साथ एकीकृत करके लागू करना एक बहुआयामी चुनौती है। इस प्रयास में कई अलग-अलग फसलों को बड़े पैमाने पर उगाना शामिल है, जिनमें से प्रत्येक की अपनी अलग-अलग संसाधन आवश्यकताएं हैं, और इसे बड़े पैमाने पर करना होगा। विभिन्न आवश्यकताओं को एक ही स्थान और समय पर समन्वित करना एक परिष्कृत दृष्टिकोण की आवश्यकता है। इसे हल करने के लिए एक व्यापक प्रणाली की जरूरत है, जो डेटा की निगरानी और विश्लेषण करके मशीन लर्निंग एल्गोरिथ्म का उपयोग करता है। यह प्रणाली निरंतर मॉनिटरिंग के माध्यम से मिट्टी की नमी, पोषक तत्वों की मात्रा और मौसम की स्थिति पर वर्तमान डेटा एकत्र करती है। इसके बाद, मशीन लर्निंग एल्गोरिथ्म इस डेटा को प्रसारित करते हैं और प्रत्येक फसल की विशिष्ट आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए सूचित निर्णय लेते हैं। तब आईटी-आधारित सिंचाई प्रणालियों (IoT) की कार्यान्वयन इकाइयाँ चालू होती हैं, जो एल्गोरिथ्मिक निर्देशों के अनुसार फसलों को सही रूप से पानी और पोषक तत्व देती हैं। यह सुनिश्चित करता है कि प्रत्येक फसल को उच्चतम वृद्धि के लिए आवश्यक इनपुट मिले एवं जबकि कुल उत्पादकता को अधिकतम किया जाता है, यह एकीकृत दृष्टिकोण संसाधन आवंटन को अनुकूलित करता है। विभिन्न जलवायु स्मार्ट तरीके इसी तरह लागू होते हैं।

भारत में सटीक कृषि और फसल विविधीकरण जैसी सतत कृषि प्रथाओं को लागू करने में कई चुनौतियाँ आती हैं, जो मुख्यत: संसाधन की कमी, वित्तीय सीमाओं और किसानों की जागरूकता और रुचि की कमी से उत्पन्न होती हैं। लंबे समय तक खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने और जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को कम करने के लिए आवश्यक उपायों को लागू करने में ये बाधाएँ बाधा डालती हैं। कुशल डेटा एकत्रीकरण और प्रसंस्करण के लिए आवश्यक संसाधनों की कमी एक प्रमुख चुनौती है। भारत जैसे बड़े और विविध देश से कृषि डेटा एकत्र करना मुश्किल है। वित्तपोषण की कमी और खराब बुनियादी ढांचा यह समस्या बढ़ाते हैं, जिससे डेटा एकत्र करने और वितरित करने के विश्वसनीय सिस्टम बनाना अधिक मुश्किल हो जाता है। समय पर और सटीक जानकारी के अभाव में संसाधनों के आवंटन को अनुकूलित करना और कृषि संचालन को स्थानीय परिस्थितियों के अनुसार समायोजित करना मुश्किल हो जाता है।किसानों को वित्तीय सहायता देना भी एक महत्वपूर्ण आवश्यकता है जो अक्सर पूरी नहीं होती है। स्थायी प्रथाओं और नई तकनीकों को लागू करने के लिए वित्तपोषण और ऋण प्राप्त करना भारतीय कृषि की रीढ़ कहा जाता है। सीमित संसाधनों वाले किसानों के लिए सटीक कृषि तकनीकों को लागू करने में भारी अग्रिम लागत (जैसे आवश्यक प्रशिक्षण प्राप्त करना और उपकरण खरीदना) एक बड़ी बाधा है। कई लोगों के लिए जलवायु-स्मार्ट व्यवहार अपनाना अभी भी एक दूर का लक्ष्य है, क्योंकि पर्याप्त वित्तीय सहायता और प्रोत्साहन नहीं है।

जलवायु-चालीत विधानों का अनुपालन करने के बीच तुलनात्मक विश्लेषण

मूल्यांकन के दौरान निविष्ट कुशलता, उत्पादन स्थिरता, वतावार्निया प्रभाव, प्रारंभिक निवेश की आवश्यकता, दीर्घकालिक स्थायित्व, अपरिहार्य बाधाओं का सामना करना, प्रद्योगिकी का उपयोग, जलवायु परिवर्तन के प्रति सहनशीलता और आर्थिक वनिजिकता प्रमुख कारक हैं। स्थानीय पारंपरिक कृषि, जलवायु चालित तरीके और तकनीक का उपयोग करने वाली जलवायु चालित तरीके की तुलना की जाएगी।

सामान्य पारंपरिक कृषि

सामान्य पारंपरिक कृषि में लम्बे समय के उत्पादन पर अधिक एवं स्थायित्व पर कम ध्यान दिया जाता है। इसमें जीवन प्रद्योगिकियों और उच्च निविष्ट का उपयोग बताया गया है। इसकी मजबूत उत्पादकता और पूर्ववर्ती बुनियादों पर निर्भरता के बावजूद, उच्च ग्रीन हाउस गैस निकास, क्षतिग्रस्त भूमि और प्रदूषित जल, वातावरण के लिए हानिकारक है।

जलवायु चालित विधियों को अनुकूलित करना

कृषि में तकनीक और जलवायु-चालीत तरीके का एकीकरण अधिक स्थायी होता है। नवीनतम स्त्रोतों से प्राप्त ऊर्जा, डेटा-आधारित निर्णय लेना, सुविधाजनक कृषि उत्पादन स्थिरता, संसाधन कुशलता और जलवायु परिवर्तन प्रति सहनशीलता में सुधार यह रणनीति बहुत अधिक दीर्घकालिक लाभांकन और देती है, लेकिन इसके लिए बहुत अधिक प्रारंभिक निवेश और तकनीकी ज्ञान की जरूरत होती है।

तालिका 1. कृषि विधियों का तुलनात्मक अध्यन

पहलू	**पारंपरिक कृषि**	**जलवायु-स्मार्ट विधियाँ**	**तकनीक सहित जलवायु-स्मार्ट विधियाँ**
पर्यावरणीय प्रभाव	उच्च	मध्यम से कम	कम
उत्पादन स्थिरता	चरम, जलवायु-संवेदनशील	सुधारित, अधिक प्रतिरोधी	उच्च, अत्यधिक प्रतिरोधी
इनपुट कुशलता	कम	मध्यम से उच्च	बहुत उच्च
प्रारंभिक निवेश	कम से मध्यम	मध्यम	उच्च
दीर्घकालिक स्थायित्व	कम	उच्च	बहुत उच्च
अपरिहार्य अड़चनें	कम	मध्यम (ज्ञान, संक्रमण)	उच्च (लागत, विशेषज्ञता)
प्रौद्योगिकी उपयोग	न्यूनतम	मध्यम से उच्च	उच्च
जलवायु परिवर्तन के प्रति सहनशीलता	कम	उच्च	बहुत उच्च
आर्थिक वाणिज्यिकता	छोटे समय का ध्यान	संतुलित, लंबे समय का ध्यान	उच्च लाभ की संभावना के साथ लंबे समय का ध्यान

निष्कर्ष

भारत में जलवायु-स्मार्ट प्रथाओं और कृषि के संयोजन से कई संभावनाएं मिल सकती हैं, जो कृषि क्षेत्र को सुधारने में महत्वपूर्ण रूप से मदद कर सकती हैं। कृषि उत्पादन का बेहतर प्रबंधन इन प्रौद्योगिकियों से किया जा सकता है, जिससे उत्पादकता में वृद्धि होती है और खेती का संचालन अधिक आसान होता है। इसके अलावा, इन प्रौद्योगिकियों का उपयोग समुचित जल और ऊर्जा का उपयोग कम कर सकता है, जो पर्यावरण को बचाता है। किसानों के जीवन में इन नवीनतम तकनीकों का इस्तेमाल करने से उनकी आर्थिक स्थिति मजबूत हो सकती है और उनकी जीवनशैली में सुधार आ सकता है। हालाँकि, इस प्रक्रिया में कई चुनौतियां हैं, जैसे सही नीतिगत समर्थन और तकनीकी अद्यतन की आवश्यकता। हम इन समस्याओं का समाधान करके समझ सकते हैं कि जलवायु-स्मार्ट प्रथाओं का प्रयोग, खासकर कृषि उत्पादन और जलवायु संरक्षण में, कृषि क्षेत्र में लाभकारी हो सकता है।

संदर्भ

1. Bodner, G. (2017). High resolution irrigation scheduling based on satellite and on-farm soil moisture data. Agricultural Water Management, 184, 18-28.
2 Mishra, A., and Misra, S. (2020). Smart Agriculture Using IoT: A Comprehensive Analysis. In Internet of Things and Big Data Analytics Toward Next-Generation Intelligence, 203-222.
3. Smith, A.(2020). Advancements in soil management: A review. Journal of Agricultural Science, 45(2), 123-136.
4. Johnson, B., and Brown, C. (2019). Integrating technology into soil management practices. Environmental Management, 34(3), 201-215.
5. Wang, J. (2018). The role of technology in sustainable soil management. Journal of Sustainable Agriculture, 27(4), 312-328.
6. Kumar, A. (2020). Precision agriculture: A review on its scope and application in hilly terrains. Journal of Soil and Water Conservation, 19(3), 231-246.
7. Singh, R. (2019). Applications of drones in agriculture: A comprehensive review. Journal of Unmanned Vehicle Systems, 7(4), 270-294.
8. Sharma, S. (2018). Remote sensing and GIS-based approach for soil salinity mapping and monitoring in arid regions. Environmental Monitoring and Assessment, 190(7), 393.
9. Sarkar, S. (2021). Smart nutrient management in agriculture: A review. Computers and Electronics in Agriculture, 180, 105917.
10. Reddy, B. S. (2020). Blockchain technology in agriculture and its applications. Computers and Electronics in Agriculture, 177, 105700.

❐