कृषि के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई), जैव प्रौद्योगिकी और स्वचालन तकनीकें

दीपक पारीक
संस्थापक, एचएनवाईबी टेक इनक्यूबेशन्स

जैसे-जैसे 2050 तक वैश्विक जनसंख्या 10 अरब की ओर बढ़ रही है, हमारी खाद्य प्रणालियों पर दबाव एक महत्त्वपूर्ण मोड़ पर पहुँच गया है। हमें बदलती जलवायु की अस्थिरता से जूझते हुए कम भूमि पर अधिक भोजन उत्पादित करने की चुनौती का सामना करना है।

इस जटिल परिदृश्य में, प्रौद्योगिकी एक नए कृषि प्रतिमान — पुनर्योजी कृषि (रीजेनरेटिव एग्रीकल्चर) — के केंद्रबिंदु के रूप में उभर रही है।

जब कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई), जैव प्रौद्योगिकी (बायोटेक्नोलॉजी) और स्वचालन (ऑटोमेशन) की त्रिशक्ति द्वारा संचालित किया जाता है, तो दालें जैसी प्राचीन फसलें खाद्य-सुरक्षित भविष्य की आधारशिला बन जाती हैं — एक ऐसा भविष्य जो पृथ्वी को क्षरित करने के बजाय उसे पुनर्जीवित करता है।

पुनर्जनन का जैविक इंजन
पुनर्योजी कृषि मृदा स्वास्थ्य में सुधार, जैव विविधता बढ़ाने और कार्बन संग्रहण का लक्ष्य रखती है। दालें इस आंदोलन की प्राकृतिक इंजन हैं क्योंकि उनमें वायुमंडलीय नाइट्रोजन को मिट्टी में 'स्थिर' करने की अद्वितीय क्षमता होती है।

राइजोबियम (Rhizobium) जीवाणुओं के साथ सहजीवी संबंध के माध्यम से, दालें वायु से नाइट्रोजन को उस रूप में परिवर्तित करती हैं जिसे पौधे उपयोग कर सकें। इससे कृत्रिम नाइट्रोजन उर्वरकों की आवश्यकता समाप्त होती है, जो ऊर्जा-गहन उत्पादन प्रक्रिया के साथ-साथ नाइट्रस ऑक्साइड उत्सर्जन के प्रमुख स्रोत हैं — एक ऐसी ग्रीनहाउस गैस जो कार्बन डाइऑक्साइड से कहीं अधिक शक्तिशाली है।

एआई-संचालित पारिस्थितिकी तंत्र प्रबंधन
पुनर्योजी प्रणाली में खेत को एक जटिल पारिस्थितिकी तंत्र के रूप में देखा जाता है। एआई वह उपकरण है जो हमें उस जटिलता को बड़े पैमाने पर प्रबंधित करने में सक्षम बनाता है।

- पूर्वानुमानित फसल अनुक्रमणः एआई एल्गोरिदम दशकों के मौसम डेटा, मृदा सूक्ष्मजीव विज्ञान रिपोर्टों और बाजार प्रवृत्तियों का विश्लेषण करके इष्टतम फसल चक्र तैयार करते हैं। एकल फसली खेती के बजाय, एआई 'दाल-अनाज-आवरण फसल' (पल्स-सीरियल-कवर क्रॉप) अनुक्रम का सुझाव दे सकता है जो मृदा कार्बन संग्रहण को अधिकतम करता है और कीट चक्रों को प्राकृतिक रूप से तोड़ता है।
- वास्तविक समय मृदा स्वास्थ्य निगरानी एआई-संचालित प्लेटफॉर्म भू-आधारित सेंसरों से डेटा संसाधित कर वास्तविक समय में 'कार्बन-से-नाइट्रोजन' (सीःएन) अनुपात को ट्रैक करते हैं। इससे किसान यह समझ सकते हैं कि दाल की फसल मिट्टी में कितना जैव पदार्थ वापस योगदान कर रही है — खेत को एक सत्यापित कार्बन सिंक में बदल देता है।

बायोटेकः सहजीवी संबंध को सुदृढ़ करना
आधुनिक जैव प्रौद्योगिकी सरल आनुवंशिक संशोधन से आगे बढ़कर माइक्रोबायोम इंजीनियरिंग की ओर बढ़ रही है। यह 'बायोटेक 2.0' बीज और मिट्टी के बीच के संबंध पर ध्यान केंद्रित करती है।

- उन्नत इनोकुलेंटः वैज्ञानिक बायोटेक का उपयोग करके विशिष्ट मृदा प्रकारों के अनुकूल नाइट्रोजन-स्थिर करने वाले जीवाणुओं की 'सुपर-स्ट्रेन' विकसित कर रहे हैं। दाल

के बीजों पर लगाए जाने पर ये इनोकुलेंट अवक्रमित मिट्टी में भी पौधे की पुनर्योजी क्षमता को अधिकतम करते हैं।

- जलवायु-अनुकूली गुणः क्रिस्पर और उन्नत प्रजनन के माध्यम से, शोधकर्ता गहरी जड़ प्रणाली वाली दालें विकसित कर रहे हैं। ये 'कार्बन-डीप' किस्में न केवल अत्यधिक सूखे में जीवित रहती हैं, बल्कि कार्बन को मृदा में कहीं अधिक गहराई में संग्रहित करती हैं — जहाँ से वह वायुमंडल में वापस जाने की संभावना कम होती है।

ऑटोमेशनः पुनर्योजी देखभाल की परिशुद्धता
पुनर्योजी खेती में अक्सर अधिक श्रम-गहन प्रथाओं की आवश्यकता होती है, जैसे 'नो-टिल' (बिना जुताई) बुआई और जटिल आवरण फसल। ऑटोमेशन श्रम की कमी को दूर करता है और परिशुद्धता बढ़ाता है।

- स्वायत्त नो-टिल ड्रिल : रोबोटिक रोपण यंत्र अब दाल के बीजों को मिट्टी पलटे बिना, पिछली फसल के अवशेषों में सीधे बो सकते हैं। इससे मृदा क्षरण रुकता है और भूमिगत कवकीय जाल (माइकोराइजी) अखंड बने रहते हैं, जो पोषक तत्वों के चक्रण के लिए अत्यंत महत्त्वपूर्ण हैं।
- लक्षित खरपतवार नाशक रोबोट : लाभकारी मृदा जीवन को नष्ट करने वाले व्यापक शाकनाशी छिड़काव के बजाय, 'सी-एंड-स्प्रे' (See-and-Spray) जैसे एआई-संचालित रोबोट प्लेटफॉर्म कंप्यूटर विज़न का उपयोग करके खरपतवारों की पहचान कर लेजर से उन्हें नष्ट करते हैं। इससे दाल की फसल सुरक्षित रहती है और आसपास की मिट्टी की सूक्ष्मजैविक अखंडता भी बनी रहती है।

चक्र को पूर्ण करनाः चक्रीय अर्थव्यवस्था
दालों और एग्रीटेक की समन्वित शक्ति एक ऐसी चक्रीयता बनाती है जो स्थिरता को परिभाषित करती है। एक डिजिटल फार्म प्रबंधन उपकरण मसूर की फसल द्वारा पीछे छोड़े गए सटीक 'नाइट्रोजन क्रेडिट' की गणना कर सकता है — जिससे अगली गेहूँ की फसल को 40% कम उर्वरक के साथ उगाया जा सकता है।

पुनर्योजी प्रभाव : दालों को डिजिटल रूप से प्रबंधित, स्वचालित पुनर्योजी प्रणाली में एकीकृत करने से खेत का शुद्ध कार्बन पदचिह्न शून्य तक कम हो सकता है — या इसे कार्बन-नकारात्मक भी बनाया जा सकता है — साथ ही भूमि की जैविक जीवन-शक्ति को पुनर्स्थापित किया जा सकता है।

चुनौतियाँ और आगे का मार्ग
एआई और बायोटेक-संचालित दाल उद्योग की ओर संक्रमण बाधाओं से रहित नहीं है। स्वायत्त मशीनरी की उच्च लागत और ग्रामीण क्षेत्रों में 'डिजिटल विभाजन' महत्त्वपूर्ण बाधाएँ बनी हुई हैं। तथापि, जैसे-जैसे 'कृषि-सेवा के रूप में' (एग्रीकल्चर-एज-अ-सर्विस/AaaS) मॉडल बढ़ रहे हैं, लघु किसान भी सहकारी समितियों और मोबाइल-प्रथम प्लेटफार्मों के माध्यम से इन उच्च-तकनीकी उपकरणों तक पहुँच बनाने लगे हैं।

निष्कर्षः एक डिजिटल-हरित क्रांति
हम 20वीं शताब्दी की 'हरित क्रांति' से — जो रासायनिक निवेशों पर निर्भर थी — दूर जाकर पारिस्थितिक बुद्धिमत्ता पर आधारित 'डिजिटल-पुनर्योजी क्रांति' की ओर बढ़ रहे हैं। दाल उत्पादन को अनुकूलित करने के लिए एआई, बायोटेक और ऑटोमेशन का उपयोग करके, हम केवल भोजन नहीं उगा रहे — हम मिट्टी को स्वस्थ कर रहे हैं। सिलिकॉन चिप और आनुवंशिक अंतर्दृष्टि से सशक्त साधारण दाल, पृथ्वी को ठंडा रखते हुए विश्व को खिलाने का सबसे शक्तिशाली उपकरण है।