पादप रोग प्रबंधन में रोबोटिक्स का अनुप्रयोग

कृषि कुंभ (सितंबर, 2023),
खण्ड 03 भाग 04, पृष्ठ संख्या 98–101

पादप रोग प्रबंधन में रोबोटिक्स का अनुप्रयोग

दीपक मौर्या[1], दीपू सिंह[2] एवं अतुल उपाध्याय[3]

[1] पादप रोग विज्ञान विभाग, श्री खुशाल दास विश्वविद्यालय, हनुमानगढ़, राजस्थान

[2,3] पौध संरक्षण विभाग, अलीगढ मुस्लिम विश्वविद्यालय, अलीगढ, उत्तर प्रदेश, भारत।

Email Id: deepakmourya1096@gmail.com

परिचयः

नई प्रौद्योगिकियों का तेजी से विकास एवं ऑनलाइन दुनिया के बदलते परिश्य (जैसे, इंटरनेट ऑफ थिंग्स, इंटरनेट ऑफ ऑल, क्लाउड–आधारित समाधान), शहरी खेती, कृषि और वानिकी के लिए स्वचालित और रोबोट प्रणाली विकसित करने का एक अद्वितीय अवसर प्रदान करते हैं। मशीन (विजन), वैश्विक स्थिति निर्धारण व्यवस्था (ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम, जीपीएस), लेजर तकनीक, प्रवर्तक (एक्ट्यूएटर) और मेक्ट्रोनिक्स (अंतःस्थापित (एम्बेडेड) कंप्यूटर, सूक्ष्म अभिग्राही (माइक्रो–सेंसर), इलेक्ट्रिकल मोटर्स इत्यादि) में तकनीकी प्रगति ने सटीक कृषि के लिए रोबोट प्रणालियों और ''स्मार्ट'' (बुद्धिमान) तकनीकों के विकास और कार्यान्वयन को सक्षम किया है। मशीन दूरद्रष्टि तकनीकों को कृषि क्षेत्र में हरितगृहों (ग्रीनहाउस) जैसे उच्च–स्वचालित संदर्भों संभावित उपयोग के साथ, व्यक्तिगत पौधों की पहचान करने और उनका पता लगाने के लिए के लिए इस्तेमाल किया गया है। पौध प्रबंधन के लिए महत्वपूर्ण विशेषताएं रोबोटिक खेती में लागू की गई हैं, विशेष रूप से पारंपरिक कार्यों जैसे कि खेती, बुवाई, अनाज की कटाई, रोपण, पानी और फलों की कटाई। बीज रोपण, पौध प्रबंधन में एक महत्वपूर्ण कार्य का प्रतिनिधित्व करता है, इसलिए स्वचालित कृषि रोबोट के आद्यरूप (प्रोटोटाइप) को विशेष रूप से बीज बोने के कार्यों के लिए डिजाइन और विकसित किया गया है। रोबोट द्वारा उर्वरीकरण के लिए लेडीबर्ड रोबोट जैसे समाधानों का उपयोग किया जा सकता है, जिसमें सौर पैनलों द्वारा समर्थित एक विद्युत ड्राइवट्रेन है, और यह एक लाइट डिटेक्शन एवं रेंजिंग (एलआईडीएआर) लेजर प्रणाली का उपयोग करके परिवेश की विशेषताओं को पकड़ने में सक्षम है। एक स्टीरियो कैमरा फसलों की आर. जी. बी. (लाल, हरा, नीला) छवियां बनाता है, जबकि अवरक्त और पराबैंगनी डेटा एक हाइपरस्पेक्ट्रल इमेजिंग कैमरा (400–900 एनएम) का उपयोग करके एकत्र किए जाते हैं (चित्र 1)।

यह रोबोटिक प्रणाली मशीन लर्निंग कलन विधि (एल्गोरिदम) का उपयोग करके पौधे की स्थिति का मूल्यांकन कर सकती है। यह पादप उर्वरीकरण के लिए एक छिड़काव प्रणाली से लैस है, जो कि यूनिवर्सल रोबोट्स छह अक्ष वाले रोबोट हाथ से जुड़ा है। अर्ध–स्वचालित और स्वचालित प्रौद्योगिकियों को चयनात्मक तरीके से पौधों की संख्या कम करने के लिये डिजाइन और विकसित किया

गया है। ककड़ी, स्ट्रॉबेरी, टमाटर, शतावरी, सलाद, मशरूम और नारंगी आदि फसलों के लिए कई कटाई वाली रोबोट प्रणालियों का विकास एवं मूल्यांकन किया गया है।

परिशुद्ध पादप संरक्षण को सटीक कृषि का एक हिस्सा माना जा सकता है, जिसमें कीटनाशकों का एक स्थान–विशिष्ट अनुप्रयोग कृषि स्थिरता में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इस क्षेत्र में, मशीनरी और रोबोट को स्वचालित बनाने के लिए पर्यावरणीय मापदंडों की निगरानी तथा नियंत्रण बहुत महत्वपूर्ण है। जहाँ, खुली वातावरणीय परिस्थितियों में पर्यावरण नियंत्रण बहुत सीमित है, ग्रीनहाउस सटीक कृषि सुरक्षा प्रणालियों को लागू करने के लिए सबसे अच्छा वातावरण है। यहां तक कि अगर आगे की जांच और विकास की जरूरत हो, तो कई मापदंडों की निगरानी की जा सकती है या यहां तक कि विशिष्ट स्थानों में नियंत्रित भी किया जा सकता है। रोगों का आना तथा फैलना पौधों के मापदंडों, जैसे पत्तियों पर नमी ठहरने का समय और पत्तियों का तापमान आदि से भी जुड़े होते हैं। ऐसी प्रणालियां विकसित की गयी है जो सूचनाओं की एकत्रित कर सके तथा हरितगृहों को वेब ब्राउजर के माध्यम से उनके स्थान पर अथवा दूरस्थ रूप से प्रभावी ढंग से एवं स्वचालित तरीके से नियंत्रित कर सके।

रोग की घटना, रोग की गंभीरता तथा रोगों के कृषि उत्पादों की गुणवत्ता एवं मात्रा पर नकारात्मक प्रभाव का सटीक अनुमान, खेत की फसलों, बागवानी, पादप प्रजनन तथा कवकनाशियों की प्रभावकारिता सुधारने के साथ–साथ बुनियादी एवं अनुप्रयुक्त पादप अनुसंधान के लिए बहुत महत्वपूर्ण है। पौधों की बीमारी के होने और फैलने का विश्वसनीय और समय पर आकलन, विशेष रूप से, खेत या हरितगृह उत्पादन में पौधों की लक्षित सुरक्षा गतिविधियों की योजना बनाने और विशिष्ट क्षेत्रों में बीमारी के सामयिक और स्थानिक रूप से फैलने का पूर्वानुमान लगाने का मुख्य का आधार है। पौधों की बीमारियों के पहचान एवं निदान के सामान्य तरीकों में मानव द्वारा द्रश्य पादप रोग का आकलन, रोगजनकों की पहचान करने के लिए उसकी आकृतिक विशेषताओं का सूक्ष्मदर्शी द्वारा मूल्यांकन, साथ ही आणविक, सीरम विज्ञानी और सूक्ष्म जीवविज्ञानी नैदानिक तकनीक शामिल हैं।

पारम्परिक, द्रश्य अनुमान द्वारा किसी बीमारी की पहचान पादप रोग के विशिष्ट लक्षणों (जैसे धब्बे, झुलसा, गाँठ, केंकर, मुरझाना, सड़ना, डैम्पिंग ऑफ इत्यादि) अथवा रोगजनक के द्रश्यमान संकेत (जैसे पक्सिनलेस के यूरेडिनोस्पोर, ऐरीसाईफेल्स का कवकजाल या कोनिडिया) के आधार पर की जाती है। द्रश्य आकलन प्रशिक्षित विशेषज्ञों द्वारा किया जाता है तथा यह गहन शोध और जांच का विषय रहा है। विश्वसनीयता और सटीकता द्रश्य मूल्यांकन रेटिंग के प्रदर्शन के लिए मानक है।

मूल्यांकन प्रशिक्षण के लिए उपयोग किए जाने वाले विस्तृत दिशा–निर्देशों और मानकों की उपलब्धता के कारण द्रश्य आकलन अधिक सटीक और विश्वसनीय हो गया है। फिर भी द्रश्य अनुमान हमेशा एक व्यक्ति के अनुभव पर निर्भर करता है तथा अस्थायी परिवर्तन से प्रभावित हो सकता है। यह परिवर्तन अलग अलग व्यक्तियों के आकलन तथा दुबारा आकलन में महत्वपूर्ण अंतर पैदा करता है। इन विधियों द्वारा रोगों की पहचान एवं निदान के लिए बहुत अधिक समय के साथ–साथ, विकसित कौशल वाले बहुत अनुभवी व्यक्तियों की आवश्यकता होती

है और इस प्रकार मानव पूर्वाग्रह के अधीन है।

तालिका 1: प्रकाशीय सेंसरों द्वारा मूल्यांकन किए गए पौध–रोग प्रणालियों और बीमारियों के उदाहरण

क्र. स.	सेंसर	फसल	रोग / रोगजनक
1.	आर जी बी	कपास	बेक्टिरियल ब्लाइट (जेन्थोमोनस केम्पेस्ट्रिस), एस्कोकाईटा ब्लाइट (एस्कोकाईटा गोसिफी)
		चुकंदर	सर्कोस्पोरा लीफ स्पॉट (सर्कोस्पोरा बेटिकोला),
		सेब	सेब का केंकर (वैन्चुरिया एनएक्वेलिश)
2.	वर्ण क्रमीय (स्पेक्ट्रल)	जों	चूर्णिल आसिता (पाउडरी मिलडिव)
		गेंहू	हेड ब्लाइट (फ्युसेरियम ग्रामिनेरियम)
		टमाटर	लेट ब्लाइट (फाईटोप्थोरा इन्फेस्टांस)
3.	गर्मी सम्बन्धी (थर्मल)	चुकंदर	सर्कोस्पोरा लीफ स्पॉट (सर्कोस्पोरा बेटिकोला)
		खीरा	म्रदुरोमिल आसिता (डाउनी मिलडिव)
4.	प्रतिदिप्तिता इमेजिंग	गेंहू	भूरा रतुआ (पक्सीनिया ट्रीटीसिना)
		सेम	कॉमन बैक्टीरियल ब्लाइट (जेन्थोमोनस फुस्कनस)

बीमारी के आकलन के पारंपरिक तरीके, जैसे कि 0 –100% पैमाने पर रोग की गंभीरता का मूल्यांकन करने के लिए मानक क्षेत्र आरेखों से प्राप्त चित्रात्मक कुंजियों का उपयोग, अब कंप्यूटर प्रौद्योगिकी में तेजी से प्रगति द्वारा संभव किए गए कई नए तरीकों से जुड़ गए हैं। इसके अलावा, आधुनिक क्रियाओं जैसे प्रतिरक्षाविज्ञानी एवं आणविक तकनीकों के द्वारा पादप रोगजनकों का पता लगाना, पहचान करना एवं परिमाणन का भी उपयोग किया जाता है। फाइटोपैथोमेट्री के कई नए द्रष्टिकोण विकसित हुए हैं, जिसमें सुदूर संवेदन, छवि विश्लेषण और रोग से उत्पन्न फसल तनाव का पता लगाना आदि शामिल हैं। बीमारी के आकलन में सुधार करके द्रश्य आकलन प्रक्रियाओं के ऊपर तथा उनसे आगे ले जाने के लिए अधिक संवेदनशीलता, विशिष्टता एवं विश्वसनीयता वाली नयी एवं स्वचालित विधियों की आवश्यकता है। रोगजनकों के खिलाफ मात्रात्मक प्रतिरोध वाले पोधों के चयन हेतु, उपज कार्यक्षमता (हाई थ्रूपुट) वाली तकनीकों की जरुरत है, जो रोग की गंभीरता को बहुत सही तरीके से माप सके। विविध अध्ययनों ने सटीक कृषि अनुप्रयोगों के लिए नियंत्रित वातावरण तथा खेत की परिस्तिथियों दोनों के लिए रोग का पता लगाने के लिए संवेदी तकनीकों की क्षमता का प्रदर्शन किया।

गहन अनुसंधान द्वारा हाल ही में पौधों की बीमारियों का पता लगाने, पहचान और

परिमाणन नए, सेंसर–आधारित तरीकों की पहचान की गई है। ये सेंसर विद्युत चुम्बकीय वर्णक्रम (स्पेक्ट्रम) के विभिन्न क्षेत्रों के भीतर पौधों के प्रकाशीय गुणों का आकलन करते हैं तथा द्रश्य सीमा से परे जानकारी का उपयोग करने में सक्षम हैं। वे जैविक तनावों के कारण पादप कार्यिकी में प्रारंभिक परिवर्तनों का पता लगाने में सक्षम होते हैं, क्योंकि रोग ऊतक रंग, पत्ती आकार, वाष्पोत्सर्जन दर, केनोपी आकार और पौधों के घनत्व के साथ–साथ पौधों की सौर विकिरण के साथ परस्पर क्रिया में भिन्नता पैदा कर सकते हैं। वर्तमान में सबसे आशाजनक तकनीक सेंसर है जो परावर्तन, तापमान या प्रतिदीप्ति को मापते हैं। इन सेंसरों को कई प्लेटफार्मों (डिजिटल माइक्रोस्कोप, ट्रैक्टर, वाहक, रोबोट, उŭच कार्यक्षमता वाले प्लेटफॉर्म, मानव रहित हवाई वाहन (ड्रोन), जेपेलिन, हवाई जहाज, उपग्रह, आदि) पर स्थापित किया जा सकता है या स्थिर सेंसर को महत्वपूर्ण स्थानों पर रखा जा सकता है ।

(चित्र 1)

(चित्र 2)

छवि विश्लेषण द्वारा पता लगाए जाने वाले रोगजनकों की संख्या में तेजी से वृध्दि हो रही है, जिसमें अधिकतर वो रोगजनक शामिल है जो व्यापक क्षेत्र में अक्सर कृषि प्रणाली में पुनरावर्त होते रहते हैं। विभिन्न प्रकार के अत्यधिक संवेदनशील सेंसर और कई डेटा विश्लेषण पाइपलाइनों का उपयोग करके विभिन्न रोग प्रणालियों की जाँच तकनीकों में हाल ही हुए परिवर्तनों को संक्षेप में यहां प्रस्तुत किया गया है

निष्कर्ष

रोबोटिक्स और पौधों के बीच प्रगतिशील परस्पर क्रिया, जो सेंसर, प्रवर्तकों (एक्ट्यूएटर्स), और मेक्ट्रोनिक्स के विकास के माध्यम से तेजी से बढ़ रही है, का सामाजिक और पर्यावरणीय स्थिरता के संदर्भ में भी मूल्यांकन किया जाना चाहिए। कृषि रोबोटिक प्रणाली एवं उपकरण खतरनाक सामग्रियों और रसायनों का उपयोग कर सकते हैं, जो उनके निपटान के लिए लागत तथा पर्यावरणीय प्रभाव में वृद्धि कर सकते हैं। कुशल रोबोट समाधानों की शुरुआत और व्यापक उपयोग के लिए आगे की चुनौतियां औद्योगिक समाज में श्रम स्वचालन के सामाजिक आयामों के सापेक्ष भी है।

मानव–रोबोट सहकार्यता (सह–रोबोट) में पिछले वर्षों से मौजूद श्रमिकों और मशीनों के बीच के श्रम के विभाजन को बदलने की क्षमता है। कृषि और खुले क्षेत्र के वातावरण में, कुशल सह–रोबोट प्रणालियों का विकास अधिक चुनौतीपूर्ण एवं मांगकारी है, तथा इसमें आगे और जांच की आवश्यकता है। यह भी वांछनीय है कि रोबोट के विकास को कड़ाई से रोग नैदानिक स्थिरता तकनीकों के विकास से जुड़ा हुआ हो, क्योंकि अधिकतर पादप रोगजनक पहचान के लिए छवि विश्लेषण की सबसे उन्नत तकनीकों को अक्सर रोबोट अनुप्रयोग/एकीकरण से स्वतंत्र रूप से विकसित और परीक्षण किया जाता है।