vinetur

सौर-ऊर्जा चालित सेंसर ने अंगूर के बागों में मिल्ड्यू के बीजाणु लगभग रियल टाइम में पकड़े

शोधकर्ताओं का कहना है कि यह उपकरण डिजिटल होलोग्राफी और कृत्रिम बुद्धिमत्ता की मदद से रोग के लक्षण दिखने से पहले अधिक चयनात्मक छिड़काव में मार्गदर्शन कर सकता है।

गुरुवार, 24 सितंबर 2026



शोधकर्ताओं ने एक सौर-ऊर्जा चालित सेंसर का वर्णन किया है, जो डिजिटल होलोग्राफी और कृत्रिम बुद्धिमत्ता का उपयोग करके अंगूर के बागों में डाउनी और पाउडरी मिल्ड्यू के वायुजनित बीजाणुओं का लगभग रियल टाइम में पता लगाता है—एक ऐसा कदम, जिसके बारे में उनका कहना है कि इससे उत्पादक रोग-नियंत्रण से समझौता किए बिना कम फफूंदनाशक उपचार लागू कर सकेंगे।

यह अध्ययन Frontiers in Plant Science में प्रकाशित हुआ है और अंगूर की खेती में दो सबसे महंगे और लगातार बने रहने वाले फफूंदजनित खतरों पर केंद्रित है। Plasmopara viticola से होने वाला डाउनी मिल्ड्यू, हल्की और आर्द्र परिस्थितियों में फैलता है। Erysiphe necator से होने वाला पाउडरी मिल्ड्यू, अपेक्षाकृत गर्म और शुष्क मौसम में पनपता है। दोनों उपज और अंगूर की गुणवत्ता को नुकसान पहुँचा सकते हैं, और दोनों का प्रबंधन आमतौर पर संक्रमण दिखाई देने

से पहले निवारक छिड़काव से किया जाता है।

यह निवारक तरीका उत्पादकों को अनिश्चितता के बीच निर्णय लेने को मजबूर करता है। कई अंगूर के बागों में, फफूंदनाशक कली फूटने के तुरंत बाद से वेराइज़न की शुरुआत तक डाले जाते हैं, और अक्सर एक सीज़न में 7 से 12 दौर तक। ये निर्णय आम तौर पर मौसम पूर्वानुमानों और रोग मॉडलों पर आधारित होते हैं। लेखकों ने कहा कि यह प्रणाली ऐसे उपचारों की ओर ले जा सकती है जो बाद में अनावश्यक लगें, लेकिन केवल तब जब जोखिम अवधि बीत चुकी हो।

नया उपकरण इन निर्णयों में प्रत्यक्ष जैविक साक्ष्य जोड़ने के लिए बनाया गया है। केवल उन मौसमीय स्थितियों पर निर्भर रहने के बजाय, जो संक्रमण के पक्ष में हो सकती हैं, यह मापता है कि क्या इन दो रोगजनकों के बीजाणु वास्तव में हवा में मौजूद हैं, और यदि हैं तो कितनी मात्रा में। उद्देश्य यह है कि पत्तियों या फलों पर लक्षण दिखने से पहले रोग-दबाव के बारे में उत्पादकों को तेज़ जानकारी दी जाए।

यह पेपर स्विट्ज़रलैंड के Changins और फ्रांस के Château le Puy से केस स्टडीज़ प्रस्तुत करता है, जिनमें 2021 से 2023 तक तीन सीज़नों के दौरान क्षेत्रीय उपयोग किया गया। लेखकों के अनुसार, इन शुरुआती प्रयोगों ने दोनों रोगों पर प्रभावी नियंत्रण बनाए रखते हुए फफूंदनाशक उपयोग में उल्लेखनीय कटौती के लिए “उत्साहजनक रणनीतियाँ” की ओर इशारा किया। उन्होंने यह भी चेताया कि निष्कर्षों की पुष्टि और उन्हें अधिक मजबूत सांख्यिकीय आधार देने के लिए और केस स्टडीज़ की आवश्यकता होगी।

यह प्रणाली एक स्वायत्त फील्ड उपकरण के रूप में बनाई गई है। हवा 1.4m3 प्रति घंटा की नियंत्रित दर से भीतर जाती है और कणों को एक घूमती हुई नीलम डिस्क पर केंद्रित किया जाता है। फिर एक लेज़र जमा सामग्री को प्रकाशित करता है, और 48-मेगापिक्सल इमेज सेंसर एक होलोग्राम रिकॉर्ड करता है। सॉफ्टवेयर डिस्क पर कणों से बने विवर्तन पैटर्न का पता लगाता है, और दो-चरणीय कृत्रिम बुद्धिमत्ता मॉडल उन्हें वर्गीकृत करता है। लेखकों ने कहा कि यह उपकरण सौर पैनलों से संचालित होता है, 4G सेलुलर कनेक्शन के जरिए छवियाँ भेजता है, और फील्ड में बिना किसी रखरखाव के पूरे सीज़न तक काम कर सकता है।

अध्ययन में कहा गया है कि वर्तमान परिचालन पहचान-सीमा 3-घंटे के अधिग्रहण विंडो में लगभग 2 बीजाणु प्रति घन मीटर है, जो एक संदर्भ एरोसोल स्पेक्ट्रोमीटर के साथ किए गए फील्ड कैलिब्रेशन अभियान पर आधारित है। यह मायने रखता है, क्योंकि संक्रमण से जुड़ी वायुजनित सांद्रताएँ कम हो सकती हैं। पेपर में पूर्व शोध की समीक्षा में डाउनी मिल्ड्यू की सांद्रताएँ अक्सर 2 से 40 स्पोरैंजिया प्रति घन मीटर के बीच बताई गई हैं, जबकि अनुकूल परिस्थितियों में इससे ऊँचे शिखर देखे गए। लेखकों ने ऐसे कार्य का भी हवाला दिया जिसमें संकेत दिया गया था कि स्पोर लोड बढ़ने पर संक्रमण का जोखिम तेज़ी से बढ़ता है, और अनुकूल परिस्थितियों में 1 से 5 स्पोरैंजिया प्रति घन मीटर 50% जोखिम तथा 15 स्पोरैंजिया प्रति घन मीटर 90% जोखिम के बराबर है।

पाउडरी मिल्ड्यू के लिए, पेपर ने पहले के अध्ययनों का हवाला दिया, जिनमें दिखाया गया था कि सीज़न के दौरान सांद्रताएँ 2 से 100 कोनिडिया प्रति घन मीटर तक हो सकती हैं, और अनुकूलतम परिस्थितियों में शिखर इससे कहीं अधिक हो सकते हैं, तथा 5 कोनिडिया प्रति घन मीटर संक्रमण शुरू करने के लिए पर्याप्त हो सकते हैं। पेपर यह भी नोट करता है कि डाउनी मिल्ड्यू, पाउडरी मिल्ड्यू की तुलना में कम दूरी तक फैलता है, कभी-कभी केवल लगभग 50 मीटर, जिससे स्थानीय, साइट-विशिष्ट निगरानी विशेष रूप से महत्वपूर्ण हो जाती है।

यह स्थानीय आयाम पेय उद्योग, विशेषकर वाइन उत्पादकों के लिए महत्वपूर्ण हो सकता है। यदि बीजाणु माप ब्लॉक-दर-ब्लॉक रोग-दबाव को भरोसेमंद ढंग से दर्शा सकें, तो उत्पादक केवल व्यापक पूर्वानुमानों पर निर्भर रहने के बजाय प्रत्येक ब्लॉक में वास्तविक जोखिम के आधार पर अधिक चयनात्मक छिड़काव निर्णय ले सकते हैं। इससे उत्पादन लागत, उपचार कार्यक्रम और संभवतः अंगूर की गुणवत्ता प्रभावित हो सकती है, हालांकि अध्ययन यह दावा नहीं करता कि ये परिणाम अभी पूरे क्षेत्र में स्थापित हो चुके हैं।

लेखकों ने इस काम को कीटनाशक उपयोग पर चल रही व्यापक नीतिगत और पर्यावरणीय बहस के संदर्भ में रखा है। उनका कहना है कि फफूंदनाशक उपचारों से उत्पादकों पर प्रत्यक्ष लागत आती है और श्रमिकों के संपर्क, वनस्पति पर अवशेष, मिट्टी और भूजल प्रदूषण, तथा जैव विविधता पर व्यापक प्रभावों को लेकर चिंताएँ बढ़ती हैं। पेपर 2019 के एक यूरोपीय संसद के प्रस्ताव का हवाला देता है, जिसमें कहा गया था कि सदस्य देशों में से 80% ने कीटनाशक उपयोग को तर्कसंगत बनाने के लिए प्रभावी उपाय लागू नहीं किए थे।

यह शोध मौजूदा स्पोर मॉनिटरिंग की एक व्यावहारिक कमजोरी को भी संबोधित करता है। पारंपरिक फील्ड सैंपलिंग विधियाँ अक्सर चिपकने वाली टेपों या रोटरॉड्स पर निर्भर करती हैं, जिसके बाद LAMP या qPCR जैसी आणविक तकनीकों का उपयोग कर प्रयोगशाला विश्लेषण किया जाता है। ये विधियाँ उपयोगी माप दे सकती हैं, लेकिन श्रमसाध्य हैं और आम तौर पर परिणाम देने में एक से तीन दिन लेती हैं। किसी उत्पादक के लिए, जो तेज़ी से बढ़ते संक्रमण-घटना से पहले छिड़काव करना है या नहीं, यह तय कर रहा हो, इतना विलंब बहुत लंबा हो सकता है।

डाउनी मिल्ड्यू के लिए समय-निर्धारण विशेष रूप से महत्वपूर्ण है। लेखकों ने कहा कि इस रोग के नियंत्रण उत्पादों को पौधे की सतह पर रोगजनक के संक्रामक चरण के दौरान मौजूद होना चाहिए, जब ज़ूओस्पोर लगभग 12 से 24 घंटे तक सतही जल में छोड़े जाते हैं। एक बार रोगजनक पौधे के ऊतक में प्रवेश कर जाए, तो उपचार कम प्रभावी हो जाता है और प्रकोप का जोखिम बढ़ जाता है।

इस उपकरण के पीछे की AI प्रणाली को प्रयोगशाला और फील्ड में एकत्र किए गए बीजाणुओं की होलोग्राफिक छवियों पर प्रशिक्षित किया गया था। पेपर दो convolutional neural networks का वर्णन करता है, जिन्हें लक्ष्य बीजाणुओं को हवा में मौजूद अन्य पदार्थों से अलग करने के लिए डिज़ाइन किया गया है, जिनमें शोर, धूल, कणों के समूह और असंबंधित जैविक पदार्थ शामिल हैं। शुरुआती फील्ड तैनाती में कुछ परिणामों का मानवीय सत्यापन भी शामिल था, ताकि कभी-कभार होने वाली गलत वर्गीकरणों को सुधारा जा सके और समय के साथ प्रशिक्षण डेटा बेहतर बनाया जा सके।

लेखकों का कहना है कि यह उपकरण मौजूदा कई कृषि निगरानी साधनों से अलग है, क्योंकि यह रोग-जोखिम का अनुमान केवल आर्द्रता, तापमान या सैटेलाइट इमेजरी जैसे अप्रत्यक्ष संकेतकों से नहीं लगाता। इसके बजाय, यह फसल के ऊपर हवा में रोगजनक इनोकुलम को सीधे मापने का प्रयास करता है। अंगूर के बाग में, उनका तर्क है, इससे उत्पादकों को यह आकलन करने में मदद मिल सकती है कि क्या हाल के उपचारों ने बीजाणु संख्या घटाई है, क्या मौसम-आधारित चेतावनियाँ वास्तविक रोगजनक उपस्थिति से समर्थित हैं, और क्या कुछ नियोजित फफूंदनाशक अनुप्रयोगों को टाला या छोड़ा जा सकता है।

पेपर में कहा गया है कि इस प्रोटोटाइप का एक व्यावसायिक संस्करण निकट भविष्य में अपेक्षित है। फिलहाल, शोधकर्ता इस काम को प्रिसिजन विटीकल्चर में रियल टाइम स्पोर डिटेक्शन के उपयोग की दिशा में एक शुरुआती लेकिन व्यावहारिक कदम के रूप में प्रस्तुत करते हैं, जहाँ रोग-नियंत्रण संबंधी निर्णय तेजी से व्यापक मौसमी कार्यक्रमों के बजाय फील्ड-स्तरीय डेटा से जुड़े हैं।