vinetur

Solarbetriebener Sensor erkennt Mehltau-Sporen im Weinberg nahezu in Echtzeit

Forschende sagen, das Gerät nutze digitale Holografie und künstliche Intelligenz, um gezieltere Spritzungen zu steuern, bevor Krankheitssymptome auftreten.

Donnerstag, 24. September 2026



Forschende haben einen solarbetriebenen Sensor beschrieben, der mithilfe digitaler Holografie und künstlicher Intelligenz luftgetragene Sporen von Falschem und Echten Mehltau in Weinbergen nahezu in Echtzeit erkennt – ein Schritt, der Weinbauern nach ihrer Einschätzung helfen könnte, weniger Fungizidbehandlungen einzusetzen, ohne die Krankheitskontrolle zu beeinträchtigen.

Die Arbeit, veröffentlicht in Frontiers in Plant Science, konzentriert sich auf zwei der kostspieligsten und hartnäckigsten Pilzkrankheiten im Weinbau. Falscher Mehltau, verursacht durch Plasmopara viticola, breitet sich vor allem bei milden und feuchten Bedingungen aus. Echter Mehltau, verursacht durch Erysiphe necator, wird durch wärmeres und trockeneres Wetter begünstigt. Beide können Erträge und Traubenqualität beeinträchtigen, und beide werden üblicherweise mit vorbeugenden Spritzungen bekämpft, bevor Infektionen sichtbar werden.

Dieser vorbeugende Ansatz zwingt die Betriebe zu Entscheidungen unter Unsicherheit. In vielen Weinbergen werden Fungizide von kurz nach dem Austrieb bis zum Beginn der Veraison ausgebracht, oft in 7 bis 12 Durchgängen pro Saison. Diese Entscheidungen stützen sich in der Regel auf Wettervorhersagen und Krankheitsmodelle. Die Autoren sagten, dieses System könne zu Behandlungen führen, die im Nachhinein unnötig erscheinen, allerdings erst, nachdem die Risikoperiode bereits vorbei ist.

Das neue Gerät soll diesen Entscheidungen direkte biologische Belege hinzufügen. Anstatt sich nur auf Wetterbedingungen zu verlassen, die eine Infektion begünstigen könnten, misst es, ob Sporen der beiden Erreger tatsächlich in der Luft vorhanden sind und in welcher Menge. Ziel ist es, den Erzeugern schneller Informationen über den Krankheitsdruck zu liefern, bevor Symptome an Blättern oder Früchten sichtbar werden.

Die Studie berichtet Fallbeispiele aus Changins in der Schweiz und Château le Puy in Frankreich, mit Einsätzen im Feld über drei Saisons von 2021 bis 2023. Nach Angaben der Autoren deuteten diese frühen Anwendungen auf „vielversprechende Strategien“ für deutliche Reduzierungen des Fungizideinsatzes bei gleichzeitig wirksamer Kontrolle der beiden Krankheiten hin. Sie warnten zugleich, dass weitere Fallstudien nötig seien, um die Ergebnisse zu bestätigen und ihnen eine stärkere statistische Grundlage zu

geben.

Das System ist als eigenständiges Feldgerät konzipiert. Die Luft strömt mit einer kontrollierten Rate von 1,4 m3 pro Stunde ein, und Partikel werden auf einer rotierenden Saphirscheibe konzentriert. Ein Laser beleuchtet dann das abgelagerte Material, und ein 48-Megapixel-Bildsensor zeichnet ein Hologramm auf. Software erkennt die von Partikeln auf der Scheibe erzeugten Beugungsmuster, und ein zweistufiges Modell der künstlichen Intelligenz klassifiziert sie. Nach Angaben der Autoren wird das Gerät von Solarpaneelen versorgt, sendet Bilder über eine 4G-Mobilfunkverbindung und kann eine ganze Saison lang ohne Wartung im Feld betrieben werden.

Die Studie sagte, die aktuelle operative Nachweisgrenze liege bei etwa 2 Sporen pro Kubikmeter über ein 3-Stunden-Erfassungsfenster, basierend auf einer Feldkalibrierungskampagne mit einem Referenz-Aerosolspektrometer. Das ist wichtig, weil die mit einer Infektion verbundenen Konzentrationen in der Luft niedrig sein können. Im Überblick früherer Forschung wurden die Konzentrationen von Falschem Mehltau in Weinbergen häufig mit 2 bis 40 Sporangien pro Kubikmeter angegeben, mit höheren Spitzen unter günstigen Bedingungen. Die Autoren verwiesen außerdem auf Arbeiten, denen zufolge das Infektionsrisiko mit der Sporenlast stark ansteigt, wobei 1 bis 5 Sporangien pro Kubikmeter unter günstigen Bedingungen einem Risiko von 50 % und 15 Sporangien pro Kubikmeter einem Risiko von 90 % entsprechen.

Für Echten Mehltau zitierte die Studie frühere Untersuchungen, wonach die Konzentrationen während der Saison zwischen 2 und 100 Konidien pro Kubikmeter liegen können, mit deutlich höheren Spitzen unter optimalen Bedingungen, und dass 5 Konidien pro Kubikmeter ausreichen könnten, um Infektionen auszulösen. Die Studie merkt außerdem an, dass sich Falscher Mehltau über kürzere Distanzen ausbreitet als Echter Mehltau, teils nur etwa 50 Meter, was eine lokale, standortspezifische Überwachung besonders wichtig macht.

Diese lokale Dimension könnte für die Getränkeindustrie, insbesondere für Weinproduzenten, von Bedeutung sein. Wenn Sporenmessungen den Krankheitsdruck parzellenweise zuverlässig widerspiegeln, könnten Erzeuger selektivere

Spritzentscheidungen auf Grundlage des tatsächlichen Risikos in jedem Schlag statt nur aufgrund allgemeiner Prognosen treffen. Das könnte sich auf Produktionskosten, Behandlungspläne und möglicherweise die Traubenqualität auswirken, obwohl die Studie nicht behauptet, dass diese Ergebnisse branchenweit bereits belegt seien.

Die Autoren ordnen die Arbeit in eine breitere politische und ökologische Debatte über den Pestizideinsatz ein. Sie weisen darauf hin, dass Fungizidbehandlungen für Erzeuger direkte Kosten verursachen und Bedenken hinsichtlich der Belastung von Arbeitskräften, Rückständen auf der Vegetation, der Verschmutzung von Boden und Grundwasser sowie weiterreichender Auswirkungen auf die Biodiversität aufwerfen. Die Studie zitiert eine Resolution des Europäischen Parlaments aus dem Jahr 2019, wonach 80 % der Mitgliedstaaten es versäumt hätten, wirksame Maßnahmen zur Rationalisierung des Pestizideinsatzes umzusetzen.

Die Studie behandelt auch eine praktische Schwäche der heutigen Sporenüberwachung. Herkömmliche Feldprobenmethoden beruhen oft auf Klebebändern oder Rotorods, gefolgt von Laboranalysen mittels molekularer Verfahren wie LAMP oder qPCR. Diese Methoden können nützliche Messwerte liefern, sind jedoch arbeitsintensiv und benötigen in der Regel ein bis drei Tage, um Ergebnisse zu liefern. Für einen Erzeuger, der entscheiden muss, ob er vor einem rasch fortschreitenden Infektionsereignis spritzen soll, kann diese Verzögerung zu lang sein.

Der Zeitpunkt ist besonders kritisch beim Falschen Mehltau. Nach Angaben der Autoren müssen Mittel zur Bekämpfung dieser Krankheit während der infektiösen Phase des Erregers auf der Pflanzenoberfläche vorhanden sein, wenn Zoosporen in Oberflächenwasser über etwa 12 bis 24 Stunden freigesetzt werden. Sobald der Erreger Pflanzengewebe penetriert, wird die Behandlung weniger wirksam und das Risiko eines Ausbruchs steigt.

Das dem Gerät zugrunde liegende KI-System wurde mit Hologrammbildern von Sporen trainiert, die im Labor und im Feld gesammelt wurden. Die Studie beschreibt ein Paar konvolutionaler neuronaler Netze, die die Zielsporen von anderem luftgetragenen Material trennen sollen, darunter Rauschen, Schmutz, Partikelaggregate und nicht verwandtes biologisches Material. Der frühe Feldeinsatz umfasste zudem die

menschliche Überprüfung einiger Ergebnisse, um gelegentliche Fehlklassifikationen zu korrigieren und die Trainingsdaten im Laufe der Zeit zu verbessern.

Die Autoren sagen, dass sich das Gerät von vielen bestehenden Instrumenten zur Agrarüberwachung dadurch unterscheidet, dass es das Krankheitsrisiko nicht nur aus indirekten Indikatoren wie Luftfeuchtigkeit, Temperatur oder Satellitenbildern ableitet. Stattdessen versucht es, das Pathogen-Inokulum direkt in der Luft über der Kultur zu messen. Im Weinberg, so ihr Argument, könnte das den Erzeugern helfen zu beurteilen, ob jüngste Behandlungen die Sporenzahlen gesenkt haben, ob wetterbasierte Warnungen durch eine tatsächliche Anwesenheit des Erregers gestützt werden und ob einige geplante Fungizidanwendungen verschoben oder ausgelassen werden können.

Die Studie sagt, dass in naher Zukunft eine kommerzielle Version des Prototyps erwartet wird. Vorerst präsentieren die Forschenden die Arbeit als einen frühen, aber praktischen Schritt hin zum Einsatz der Echtzeit-Erkennung von Sporen in der Präzisionsweinbau, wo Entscheidungen zur Krankheitsbekämpfung zunehmend an feldspezifische Daten statt an allgemeine saisonale Zeitpläne gekoppelt sind.