



© Agroscope

PROGNOSEMODELLE ZUR APFELMEHLTAU-BEKÄMPFUNG

In warmen Sommern und Gebieten mit wenig Niederschlag ist die Bekämpfung des Apfelmehltaus oft schwierig. In einem dreijährigen Projekt (2020–2022) prüfte Agroscope in Zusammenarbeit mit der Union Fruitière Lémanique (UFL) zwei Prognosemodelle zur Bestimmung des optimalen Einsatzzeitpunkts mehltauspezifischer Fungizide.

Der Echte Apfelmehltau (*Podosphaera leucotricha*) ist ein alter Bekannter, der in den vergangenen Jahren in der Schweiz wieder vermehrt Probleme bereitet. Der Pilz überwintert als Mycel in den Knospen. Befallene Knospen treiben im Frühjahr fünf bis acht Tage später aus als gesunde und sind leicht am mehligem Belag auf deformierten Blüten und Blättern zu erkennen. Sofort produziert der Mehltaupilz eine grosse Menge Sporen, die sich über die Luft verbreiten. Die jungen Blätter sind am anfälligsten für Mehltauinfektionen, schon nach einer Woche nimmt die Anfälligkeit stark ab, nach drei Wochen sind die Blätter resistent. Ungefähr acht bis zehn Tage nach der Infektion bildet sich ein pudriger, weisser Belag, primär auf der Unterseite der Blätter, der wieder neue Sporen enthält. Dieser sekundäre Krankheitszyklus wiederholt sich bis zum Triebabschluss im Juli mehrmals. Für die Entwicklung von Mehltau sind hohe Temperaturen um 22 °C und eine Luftfeuchtigkeit von mehr als 40 % günstig. Freies Wasser hingegen verhindert die Sporenkeimung und

starker Regen kann die Sporen abwaschen (Strickland et al. 2021). Oft wird Mehltau gleichzeitig mit dem Apfelschorf bekämpft, obwohl Apfelschorfinfektionen durch genau umgekehrte Bedingungen, nämlich Regenereignisse und Blattnässe, gefördert werden. Im Gegensatz zum Schorf kann Mehltaubefall auf den Blättern in einem gewissen Ausmass toleriert werden. Bei starkem Befall von Blüten entwickeln die Früchte jedoch eine netzartige Berostung und sind nicht mehr als Tafelware verkaufsfähig.

PROGNOSEMODELLE FÜR APFELMEHLTAU

Prognosemodelle sollen durch die Vorhersage des Infektionszeitpunkts helfen, den optimalen Zeitpunkt für den präventiven Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) zu bestimmen. Das Modell ADEM™ wurde am East Malling Horticulture Research International (UK) entwickelt (Xu und Butt 1996). Das Prognosemodell RIMpro Podosphaera (rimpro.cloud/

de) verwendet eine ähnliche Darstellung wie das RIMpro-Apfelschorfmodell mit drei Schwellenwerten für leichte, mittlere und schwere Infektionen (Abb. 1). Beide Modelle basieren auf Temperatur, relativer Luftfeuchte, Blattnässe sowie Niederschlagsmenge und -dauer. Während drei Jahren wurden Validierungsversuche durchgeführt: in Wädenswil (ZH) auf den Sorten Golden Delicious (2020 und 2021) und Gala (2022), beide Sorten mit Pflanzjahr 2010 sowie in Marcelin (VD) auf der Sorte Golden Parsi, gepflanzt 2014. Die Fungizide wurden nach ihrer Wirkung in vorherigen Versuchen in der Schweiz ausgewählt. Eine Übersicht über die Betriebsvarianten und die Versuchsvarianten (ADEM™- und RIMpro-Varianten) ist in der Tabelle dargestellt. Um den Mehltaubefall zwischen den Betriebs- und Versuchsvarianten zu vergleichen, wurden im Mai und im Juli eine definierte Anzahl Triebe oder Anzahl Blätter von der Triebspitze in Richtung Basis gezählt und der Anteil sekundär befallener Blätter pro Trieb notiert.

EINSPARUNG VON APPLIKATIONEN MIT DEM RIMPRO-MODELL

Neben der Optimierung der Wirkung interessierte bei den Versuchen auch, ob durch den Einsatz der Prognosemodelle Fungizid-Applikationen eingespart werden können. Über alle Versuche hinweg wurden mit dem RIMpro-Modell meist die Anzahl Behandlungen im Vergleich mit der Betriebsvariante reduziert. Oft war der Befall in der Modellvariante jedoch höher (Tab.). Exemplarisch zeigt sich dieser potenzielle Zielkonflikt im Versuchsjahr 2020. In Wädenswil wurden in

der RIMpro-Variante drei Behandlungen weniger gemacht als in der Betriebsvariante. Dafür war der Mehлтаubefall in der RIMpro-Variante aber auch um knapp 20% höher. In Marcelin hingegen war der Mehлтаubefall 2020 in der RIMpro-Variante vergleichbar mit der Betriebsvariante, obwohl durch das Modell eine Applikation eingespart wurde. Das Modell ADEM™ resultierte an beiden Standorten in mehr Applikationen als in der Betriebs- und RIMpro-Variante, der Mehлтаubefall war jedoch nicht bedeutend geringer (Abb. 2). Zudem erwies sich ADEM™ als wenig

benutzerfreundlich, daher wurde es nach dem ersten Versuchsjahr nicht weiter geprüft.

FRÜHE BEKÄMPFUNG IST ENTSCHEIDEND

Im Jahr 2021 zeigte das RIMpro-Modell an beiden Standorten die ersten Infektionen zu spät an. In Wädenswil fand die erste Applikation erst am 31. Mai statt, in der Folge waren im Juli alle Triebspitzen infiziert und der Versuch war nicht mehr auswertbar. In Marcelin wurde die erste Behandlung in den Modell-

VARIANTE	EINSATZZEITPUNKT	MEHLTAUSPEZIFISCHE FUNGIZIDE	VERSUCHS-JAHRE UND -STANDORTE	APPLIKATIONEN*	BEFALL**
Unbehandelt	–	Keine mehлтаuspezifischen Fungizide, zur Schorfbekämpfung wurde in allen Varianten Captan oder Delan (Dithianon) eingesetzt	alle	–	–
Betriebsvariante (Standard)	Behandlungszeitpunkte gegen Apfelschorf	Moon Privilege (Fluopyram) Cyflamid (Cyflufenamid) Nimrod (Bupirimate) Slick (Difenoconazol) (nur 2022)	2020 Wädenswil 2020 Marcelin 2021 Wädenswil 2022 Wädenswil	–	–
Betriebsvariante (Marcelin 2021)	Behandlungszeitpunkte gegen Apfelschorf	Flint (Trifloxystrobin) Myco-Sin (schwefelsaure Tonerde und Schachtelhalm-extrakt) + Schwefel Moon Privilege (Fluopyram)	2021 Marcelin	–	–
Betriebsvariante (Marcelin 2022)	Behandlungszeitpunkte gegen Apfelschorf	Schwefel Moon Privilege (Fluopyram) Armicarb (Kalium-Bicarbonat) + Schwefel	2022 Marcelin	–	–
ADEM™	Vor prognostizierten Infektionsereignissen, gemäss Adem™-Modell	Siehe Betriebsvariante (Standard)	2020 Wädenswil 2020 Marcelin	Mehr Applikationen als in der Betriebsvariante	-0.1% -13.3%
RIMpro «leicht»	Vor prognostizierten Infektionsereignissen, gemäss RIMpro-Modell beim Überschreiten der Schwelle für «leichte» Infektionen	Siehe Betriebsvariante (Standard)	2020 Wädenswil 2020 Marcelin 2021 Marcelin 2022 Marcelin	-38% -10% -29% -20%	+7.8% +0.3% +18.6% +29.6%
RIMpro «mittel»	Siehe oben, beim Überschreiten der Schwelle für «mittlere» Infektionen	Siehe Betriebsvariante (Standard)	2022 Wädenswil	Mehr Applikationen als in der Betriebsvariante	-0.6%
RIMpro «schwer»	Siehe oben, beim Überschreiten der Schwelle für «schwere» Infektionen	Siehe Betriebsvariante (Standard)	2021 Marcelin 2022 Wädenswil	-60% -12.5%	+47.8% +18.8%

Tab.: Übersicht über die Versuchsvarianten für die Versuchsjahre 2020–2022 an den Standorten Wädenswil (ZH) und Marcelin (VD). Vergleiche zwischen der Anzahl Applikationen und dem Mehлтаubefall im Vergleich zur jeweiligen Betriebsvariante sollten nur zwischen Versuchen desselben Jahres und Standorts gemacht werden. * % weniger Applikationen verglichen mit jeweiliger Betriebsvariante. ** % mehr (+) oder weniger (–) Befall verglichen mit der Betriebsvariante.

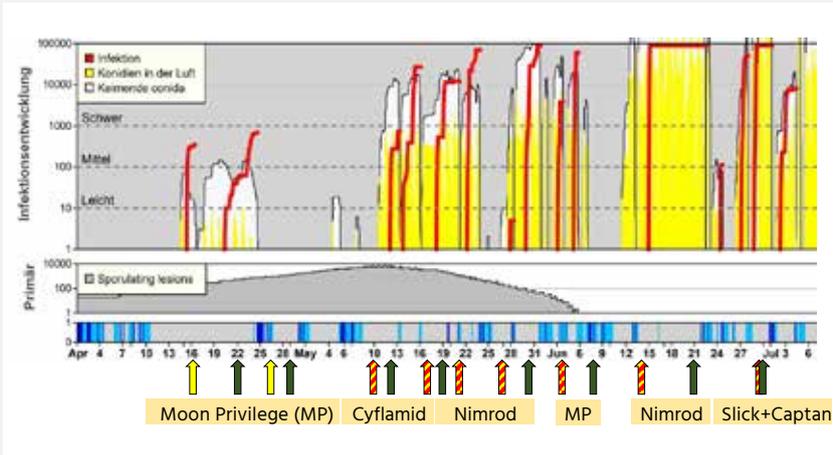


Abb. 1: Darstellung des RIMpro-Modells, beispielhaft für das Jahr 2022 am Standort Wädenswil. Die blauen Balken unten stellen Niederschlagsereignisse (dunkelblau) respektive Blattnässe (hellblau) dar. Die grünen Pfeile sind Applikationstermine in der Betriebsvariante, gelbe Pfeile stellen die Modellvariante mit der mittleren Auslöseschwelle für eine Behandlung, die orange-rot gestreiften Pfeile stehen für Behandlungen in den Modellvarianten mit hoher und mittlerer Auslöseschwelle.

varianten RIMpro «leicht» und «schwer» am 9. Juni durchgeführt. In der Betriebsvariante hingegen fanden zuvor bereits fünf Applikationen zwischen dem 8. April und dem 12. Mai statt. Zur ersten Bonitur am 20. Mai war der Befall mit 4% in der Betriebsvariante sehr gering (Abb. 3). Daraufhin wurden in der Betriebsvariante keine weiteren Behandlungen gemacht und der Befall stieg bis zur letzten Bonitur im Juli nur mässig auf ein tolerierbares Niveau an. In den Modellvarianten RIMpro «mittel» und «schwer», die erst im Juni und Juli gegen Mehltau behandelt wurden, lag der Befall bei der letzten Bonitur hingegen bei rund 60 resp. 80%. Das zeigt, wie wichtig die Bekämpfung der ersten Infektionen ist, um den exponentiellen Anstieg

des Befallsdrucks zu verhindern. Offenbar unterschätzte das RIMpro-Modell diese ersten Infektionen im Jahr 2021, wodurch die frühen Infektionstermine verpasst wurden.

BEHANDLUNGEN AB LEICHTEN INFEKTIONEN EMPFOHLEN

Das RIMpro-Modell gibt drei Schwellen für «leichte», «mittlere» und «schwere» Infektionen an. In zwei Versuchsjahren wurde der Frage nachgegangen, ab welcher Schwelle Applikationen stattfinden sollten. In Marcelin war 2021 der Befall im Verfahren nach der Schwelle für «leichte» Infektionen etwas geringer als im Verfahren nach der Schwelle für «schwere» (Abb. 3). In Wädenswil gab es 2022

deutliche Unterschiede beim Vergleich der Schwellen «mittel» und «schwer». Die ersten zwei Infektionsereignisse waren nur von «mittlerer» Stärke. Anschliessend gab es nur «schwere» Infektionsereignisse, folglich wurden dann beide Varianten gleichzeitig behandelt (Abb. 1). Der Befall in der Variante RIMpro «mittel» war mit 15% signifikant niedriger als in der Variante RIMpro «schwer» mit 35% (Abb. 4). Das zeigt erneut die Bedeutung der frühen Bekämpfung. Eine Differenzierung nach Schwellen im RIMpro-Mehltaumodell ist nicht sinnvoll, da die besten Ergebnisse mit Behandlungen ab Überschreiten der niedrigsten Schwelle für Infektionen erzielt wurden.

KEIN KLARER MEHRWERT DER MODELLE

Prognosemodelle sollen den Zeitpunkt der Infektion durch den Pilz vorhersagen, damit das Fungizid zielgerichtet zum richtigen Zeitpunkt ausgebracht werden und seine maximale Wirkung entfalten kann. Die Interpretation des ADEM™-Modells war kompliziert und resultierte in mehr Applikationen als in der Betriebsvariante. Das RIMpro-Modell ist intuitiv lesbar, reagierte wegen der schwierigen Prognose von Niederschlagsereignissen und Blattnässe jedoch etwas sprunghaft, insbesondere zu Beginn der Saison. Teilweise wurden die Infektionsereignisse recht kurzfristig prognostiziert, sodass eine Behandlung vor dem Infektionstag nicht mehr möglich war. Nur in einem Versuch (Wädenswil 2022) war der Mehltaubefall in einer RIMpro-Modellvariante geringfügig niedriger als in der Betriebsvariante, ansonsten war der Befall

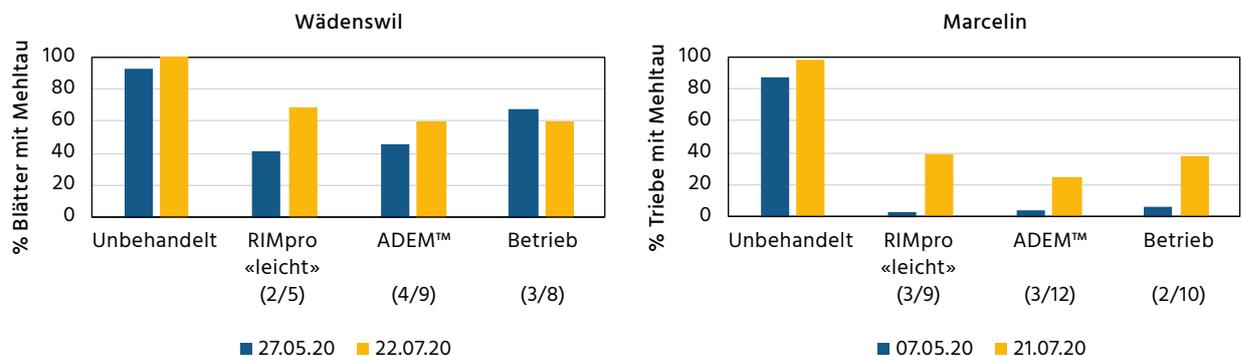


Abb. 2: Mehltaubefall in Wädenswil (links) und in Marcelin (rechts) 2020. Die Zahlen in Klammern hinter den Varianten stellen die Anzahl erfolgter Behandlungen zum 1. resp. zum 2. Boniturtermin dar.

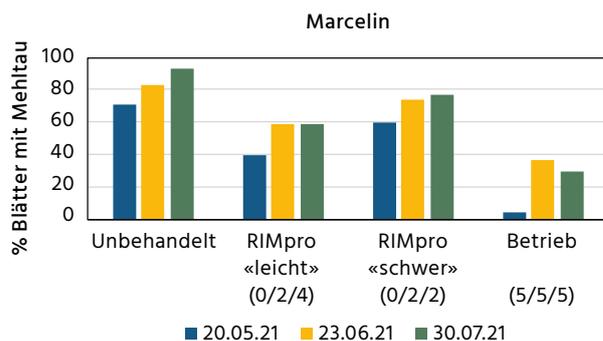


Abb. 3: Mehltaubefall in Marcelin 2021. Die Zahlen in Klammern hinter den Varianten stellen die Anzahl erfolgter Behandlungen zum 1., 2. und 3. Boniturtermin dar.

vergleichbar oder höher. Dabei muss jedoch auch berücksichtigt werden, dass die RIMpro-Modellvarianten meist in weniger Behandlungszeitpunkten resultierten als die Betriebsvariante. Insgesamt zeigte der Einsatz der Modelle zur Bestimmung des optimalen Applikationszeitpunktes wider Erwarten keinen klaren Mehrwert gegenüber der gängigen Praxis, Mehltau gleichzeitig mit Apfelschorf zu bekämpfen. Zumindest mit den eingesetzten, überwiegend chemisch-synthetischen Fungiziden deckte die Wirkung bei Applikation zu Schorfterminen vor Regenereignissen auch Mehltauinfektionen nach dem Regen ab. In längeren Trockenperioden oder bei der Verwendung weniger regenfester Fungizide kann es jedoch sinnvoll sein, ein Mehltau-Modell zum Abschätzen des optimalen Behandlungszeitpunkts einzusetzen. Ausserdem kann das Modell bei der Entscheidung helfen, ob ein mehltauspezifisches Fungizid zugegeben werden sollte.

GANZHEITLICHES MEHLTAU-MANAGEMENT

Eine Ursache für den erneuten Vormarsch des Apfelmehltaus liegt wahrscheinlich im reduzierten Fungizideinsatz, unter anderem bedingt durch die Verbreitung schorfresistenter Sorten, die nicht automatisch auch resistent gegenüber Mehltau sind. Frühe Fungizidapplikationen ab dem Grün- bis Rotknospenstadium (BBCH 56–57) sind wie bei der Schorfbekämpfung die Basis, um gut durch die Saison zu kommen. Um Resistenzen vorzubeugen, sollten Fungizide aus derselben resistenzanfälligen Wirkstoffgruppe maximal zweimal in Folge appliziert werden. Präventive Massnahmen wie die Sortenwahl und ein ausgeglichenes, nicht zu starkes Triebwachstum sowie ein Mehltauschnitt im Winter und nach Triebabschluss tragen zur Verringerung des Mehltaubefalls bei.

FAZIT

Das Modell ADEM™ erwies sich als wenig praxistauglich. Das RIMpro-Podosphaera-Modell zeigte als Entscheidungshilfsmittel keinen bedeutenden Mehrwert gegenüber der gängigen Praxis, Mehltau gleichzeitig mit dem Apfelschorf zu bekämpfen. Präventive Schnittmassnahmen, Sortenwahl und alternierender Einsatz von Wirkstoffgruppen bleiben die wichtigen Pfeiler in der Kontrolle des Apfelmehltaus.

DANK

Einen herzlichen Dank an Jonathan Schuler und Mateo Anor von der UFL. Diese Publikation ist im Rahmen des Forumprojekts «Validierung Apfelmehltaumodelle» entstanden (www.obstbau.ch, dann Untermenü «Forum Kern- und Steinobst»). 

Literatur

Strickland D. A., Hodge K. T. and Cox K. D., 2021: An Examination of Apple Powdery Mildew and the Biology of Podosphaera leucotricha from Past to Present. *Plant Health Progress*, 22(4), 421–432.

Xu X. M. and Butt D. J., 1996: Adem™ a PC-based multiple disease warning system for use in the cultivation of apples. *Acta Horticulturae*, 416, 293–296.



Anita Schöneberg

Agroscope, Wädenswil

anita.schoeneberg@agroscope.admin.ch

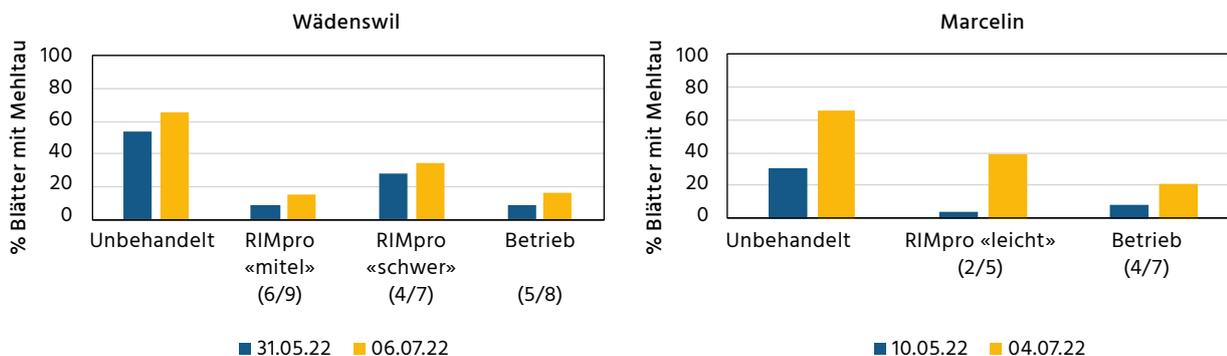


Abb. 4: Mehltaubefall in Wädenswil (links) und in Marcelin (rechts) 2022. Die Zahlen in Klammern hinter den Varianten stellen die Anzahl erfolgter Behandlungen zum 1. resp. 2. Boniturtermin dar.