

Eckhard Koch<sup>1</sup>, Eckard Moll<sup>2</sup>, Annegret Schmitt<sup>1</sup>, Christoph Seifried<sup>3</sup>

## Echter Gurkenmehltau – Erreger, Regulierungsmöglichkeiten und Vorstellung einer Webanwendung zur Befallsbonitur

Powdery mildew of cucumber – causal agents, disease management and introduction of a web application for disease assessment

162

### Zusammenfassung

Der Echte Mehltau an Cucurbitaceen ist weltweit verbreitet. In Europa treten als Erreger im Wesentlichen zwei Arten auf, *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*, *S. fusca*) und *Golovinomyces orontii* (syn. *Erysiphe cichoracearum*). Im vorliegenden Beitrag wird der Stand der Forschung zur Bekämpfung des Gurkenmehltaus mit alternativen Agenzien wie Salzen, Mikroorganismen und anderen Naturstoffen anhand der Literatur kurz beschrieben. Weiterhin wird ein Überblick über die Möglichkeiten zur Regulierung des Gurkenmehltaus in der Praxis gegeben. Im letzten Teil wird eine neue Internetanwendung zur Befallsschätzung des Echten Mehltaus auf Gurkenblättern vorgestellt. Sie ermöglicht das Erlernen des Schätzens des Befalls in drei Gruppen: geringer (bis 15%), mittlerer (10–40%) und stärkerer Befall (mehr als 30%) anhand zufällig ausgewählter Befallsbilder. Des Weiteren kann ein Verlauf der Krankheit angedeutet werden, indem die 67 einzeln konstruierten Befallsbilder nacheinander wie ein Film ablaufen. Die Webanwendung für Gurkenmehltau ergänzt zehn bereits vorhandene, gleichartige Webanwendungen zur Befallsschätzung wichtiger Getreidekrankheiten. Die Webanwendungen sind im Internet über die URL <http://prozentualer-befall.jki.bund> aufrufbar.

**Stichwörter:** *Podosphaera xanthii*, *Golovinomyces orontii*, *Ampelomyces quisqualis*, biologische Bekämpfung, prozentualer Befall, Befallsschätzung

### Abstract

Powdery mildew of cucurbits is distributed worldwide. In Europe, the disease is mainly caused by the two species *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*, *S. fusca*) and *Golovinomyces orontii* (syn. *Erysiphe cichoracearum*). In this contribution, the current state of research on alternative agents for control of cucumber powdery mildew like salts, microorganisms and other agents of natural origin is shortly reviewed. In addition, an overview is given on measures available for regulation of cucumber powdery mildew in practical horticulture. Finally, a new web application for assessment of powdery mildew on cucumber leaves is introduced. It facilitates the training of disease assessment by random presentation of 67 computer-constructed drawings belonging to one of three classes, low (up to 15%), medium (10–40%) and high (more than 30%) disease severity. Furthermore, the disease progress can be simulated by presenting a film-like sequence of the 67 computer-constructed drawings in the order of increasing disease severity. The web application for powdery mildew of cucumber is presented under the URL <http://prozentualer-befall.jki.bund.de>, together with ten already existing equivalent schemes for cereal diseases.

**Key words:** *Podosphaera xanthii*, *Golovinomyces orontii*, *Ampelomyces quisqualis*, biocontrol, percent disease, disease assessment

### Institut

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt<sup>1</sup>  
Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Zentrale Datenverarbeitung, Kleinmachnow<sup>2</sup>  
Beratungsdienst Reichenau e.V., Insel Reichenau<sup>3</sup>

### Kontaktanschrift

Dr. Eckhard Koch, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Biologischen Pflanzenschutz, Heinrichstraße 243, 64287 Darmstadt, E-Mail: [eckhard.koch@jki.bund.de](mailto:eckhard.koch@jki.bund.de)

### Zur Veröffentlichung angenommen

6. November 2012

## Einleitung

Der Echte Mehltau an Cucurbitaceen (Abb. 1) ist weltweit verbreitet. In Europa treten als Erreger im Wesentlichen zwei Arten auf, *Podosphaera xanthii* (Castagne) U. Braun und Shishkoff und *Golovinomyces orontii* (Castagne) Heluta (BRAUN und COOK, 2012). Bei beiden ist die taxonomische Zuordnung durch eine nur schwer zu überschauende Vielzahl an Synonymen und Umbenennungen gekennzeichnet. Synonyme Benennungen sind, neben anderen, *Sphaerotheca fuliginea* und *S. fusca* für *P. xanthii* und *Erysiphe cichoracearum* und *E. orontii* für *G. orontii*. Die von einigen Autoren (z.B. SAKATA et al., 2006; KRÍSTKOVÁ et al., 2009) verwendete Bezeichnung *Golovinomyces cichoracearum* für die ehemals als *E. orontii* bzw. *E. cichoracearum* berichteten Isolate ist heute für Isolate von Cichorioideae, eine Unterfamilie der Asterngewächse, vorbehalten (BRAUN und COOK, 2012). *P. xanthii* und *G. orontii* lassen sich mikroskopisch anhand verschiedener Merkmale unterscheiden, wie Vorhandensein von Appressorien und von Fibrosinkörpern in den Konidien sowie Morphologie von Konidien, Keimschläuchen, Appressorien und Chasmothezien (= Ascoma der Echten MehltauPilze). Ein dritter Erreger von Mehltau an Cucurbitaceen, *Leveillula taurica* (Lév.) G. ARNAUD, ist im Gegensatz zu den vorgenannten Arten ein Endoparasit und tritt hauptsächlich im Mittelmeerraum auf (McGRATH und THOMAS, 1996; BRAUN und COOK, 2012). Im Falle des Echten Mehltaus an Gurken ist die wirtschaftliche Bedeutung durch Fortschritte in der Resistenzzüchtung in den letzten Jahrzehnten zurückgegangen. Dennoch bleibt der Echte Gurkenmehltau sowohl für den Profi als auch für den Kleingärtner eine wichtige Pflanzenkrankheit. Darüber hinaus wird das Wirt-Parasit System Gurke – Echter Mehltau in der experimentellen Pflanzenschutzforschung häufig als Modell verwendet. Hauptgrund dafür ist die vergleichsweise einfache Handhabbarkeit: die Gurke als Versuchspflanze lässt sich relativ schnell anziehen, die Mehltaukonidien lassen sich – anders als bei vielen anderen Mehltauarten – in Wasser suspendiert applizieren, und das Befallssymptom ist eindeutig und gut zu bonitieren.

Im vorliegenden Beitrag werden die Erreger des Echten Mehltaus an Gurken vorgestellt, und der Stand der Forschung zu seiner Bekämpfung mit alternativen Agenzien wie Salzen, Mikroorganismen und anderen Naturstoffen wird kurz beschrieben. Weiterhin wird ein Überblick über die Möglichkeiten zur Regulierung des Gurkenmehltaus in der Praxis gegeben, und es wird eine neue Internetanwendung zum Erlernen der Befallsschätzung für den Echten Gurkenmehltau vorgestellt.

## Geografische Verbreitung der Erreger

Als Erreger des Echten Mehltaus von Gurkengewächsen wird in früheren Berichten ausnahmslos *E. cichoracearum* genannt. Basierend auf dem Vorhandensein von Fibrosinkörpern und der Bildung gegabelter Keimschläuche



Abb. 1. Mehltaupusteln auf einer anfälligen Gurkensorte ca. 10 Tage nach Inokulation mit einer Konidien suspension des Erregers.

gilt heute aber *P. xanthii* als die vorherrschende Art (JAHN et al., 2002). Ob diese Änderung eine tatsächliche Verschiebung der Arten widerspiegelt, wie sie für viele andere Mehltauarten beschrieben wurde und eine Reaktion auf den Klimawandel sein könnte (GLAWE, 2008), oder vor allem auf frühere falsche taxonomische Einordnungen zurückzuführen ist, ist nicht immer klar. In wärmeren Ländern und Regionen wie Spanien, Israel, Türkei und Süd-Italien sowie beim Anbau unter Glas oder Folie ist *P. xanthii* die vorherrschende Art (CRÜGER et al., 2002; KRÍSTKOVÁ et al., 2009; PÉREZ-GARCÍA et al., 2009; MIAZZI et al., 2011). Bei einer im Zeitraum 1995 bis 2000 durchgeführten Erhebung trat *P. xanthii* auf den Proben aus Deutschland, Italien und Slowenien allein oder in Mischung mit *G. orontii* auf. *G. orontii* allein wurde nicht gefunden. Dagegen war in der Tschechischen Republik *G. orontii* vorherrschend und trat in vielen Fällen auch allein auf. Auch in den nördlicheren Breiten und in höheren Lagen kam häufiger nur *G. orontii* vor (KRÍSTKOVÁ et al., 2009). In einer neueren Untersuchung zur Verbreitung der beiden Arten an Gurke, Kürbis und Zucchini in Deutschland wurden ebenfalls regionale Unterschiede gefunden. In Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz wurde, mit Ausnahme einer einzigen Probe, im Freiland und im Gewächshaus ausschließlich *G. orontii* identifiziert. In Brandenburg, Niedersachsen und Thüringen trat *P. xanthii* sowohl im Gewächshaus als auch im Freiland häufig auf, in einigen Fällen häufiger als *G. orontii*. Die Proben aus Brandenburg stammten nahezu alle aus dem Gewächshaus und konnten mit gleicher Häufigkeit beiden Arten zugeordnet werden (KRAUL und HAU, 2012). Nach McGRATH und THOMAS (1996) ist *G. orontii* in den kühleren Frühjahrs- und Frühsommermonaten die vorherrschende Art, während sich *P. xanthii* besonders in den wärmeren Monaten stark vermehrt. Offensichtlich sind die Unterschiede auf unterschiedliche

Temperaturoptima der Konidienkeimung zurückzuführen (15–25°C bei *G. orontii*, 25–30°C bei *P. xanthii*; ZLOCHOVÁ, 1990, zit. bei KRÍSTKOVÁ et al., 2009).

### Verfahren zur nicht-chemischen Bekämpfung

#### Mikroorganismen

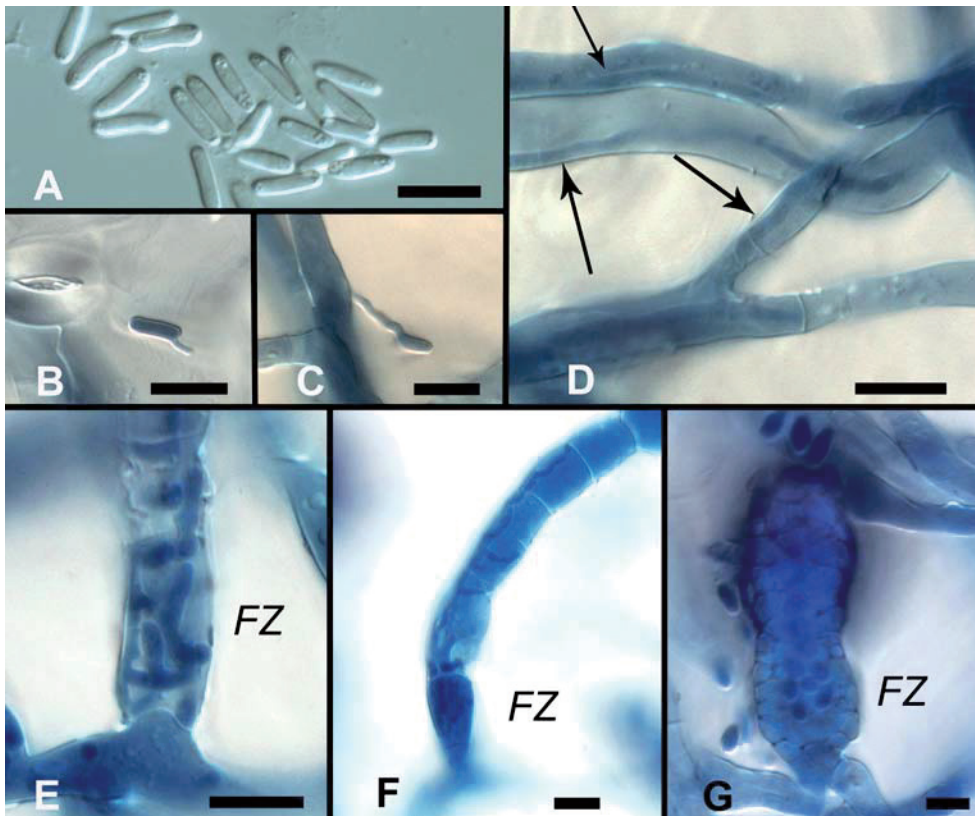
Zur Bekämpfung des Gurkenmehltaus mit alternativen, nicht chemisch-synthetischen Verfahren liegt eine umfangreiche Literatur vor. Zu den wirksamen Agenzien gehören einerseits anorganische Salze und Verbindungen und andererseits Stoffe organischen Ursprungs sowie Mikroorganismen (KISS, 2003). Unter letzteren ist das bekannteste und bestuntersuchte Beispiel der Mehltau-Parasit *Ampelomyces quisqualis* (KISS et al., 2004; Abb. 2). In Deutschland wurde dieser Hyperparasit schon vor geraumer Zeit und insbesondere für die Bekämpfung des Gurkenmehltaus untersucht (PHILIPP und CRÜGER, 1979).

*A. quisqualis* tritt regelmäßig in natürlichen Populationen von Echten Mehltaupilzen auf. Bereits eine Zeichnung aus dem Jahr 1861 der Mykologen L.R. und C. TULASNE zur Beschreibung verschiedener Mehltaupilze zeigt Strukturen von *A. quisqualis*, die die Autoren fälschlicherweise dem Mehltau zuordneten (vergl. LARGE, 1940).

Die antagonistische Aktivität von Pilzen der Gattung *Tilletiopsis* auf Gurkenmehltau wurde erstmals von HOCH und PROVIDENTI (1979) beschrieben und von verschiedenen Autoren für andere Mehltaupilze bestätigt (e.g. HLJWEGEN und BUCHENAUER, 1984; KLECAN et al., 1990). Der

als Blattlausparasit und Hyperparasit von Rostpilzen bekannte Pilz *Lecanicillium lecanii* (vormals *Verticillium lecanii*) ist auch ein Antagonist von Mehltaupilzen (ASKARY et al., 1998). In Versuchen von VERHAAR et al. (1996) erwies er sich insbesondere auf einer teilresistenten Gurkensorte als wirksam. Ein weiterer aussichtsreicher Mikroorganismus für die biologische Mehltaubekämpfung ist *Pseudozyma flocculosa*. Ursprünglich unter dem Artnamen *Sporothrix flocculosa* zur Familie der Endomycetaceae gehörig beschrieben, wurde er später als eine Basidiomyceten-Hefe mit Verwandtschaft zu Anamorphen von Ustilaginales eingeordnet (BÉLANGER und LABBÉ, 2002). In vergleichenden Versuchen von DIK et al. (1998) war *P. flocculosa* gegen Gurkenmehltau wirksamer als *A. quisqualis* und *V. lecanii*. Während die Wirkung von *A. quisqualis* einzig auf dessen parasitischen Eigenschaften beruht, ist die von *Tilletiopsis* spp. und *L. lecanii* ganz oder teilweise auf Antibiose zurückzuführen. Die ursprüngliche Annahme, auch die Wirksamkeit von *P. flocculosa* beruhe allein auf Antibiose (BÉLANGER und LABBÉ, 2002), trifft nach neueren Untersuchungen wohl so nicht zu (HAMMAMI et al., 2011).

Von den hier genannten pilzlichen Antagonisten wurde bisher nur *A. quisqualis* kommerzialisiert. Das Präparat AQ 10® ist in Deutschland zur Anwendung unter anderem gegen Gurkenmehltau mit der Einschränkung „Nur zur Befallsminderung“ zugelassen. Die für *P. flocculosa* schon vor einigen Jahren beantragte Aufnahme in den Anhang I steht noch aus. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass trotz vieler positiver Ansätze ein Durch-



**Abb. 2.** Parasitierung des Gurkenmehltaus durch *Ampelomyces quisqualis*. Die Konidien von *A. quisqualis* (A) keimen auf der Pflanzenoberfläche mit einem Keimschlauch aus (B, C). Der Pilz dringt in die Hyphen des Mehltaupilzes ein, breitet sich in ihnen aus (D) und besiedelt die Konidiophoren (E, F). Insbesondere die Fußzellen (FZ) werden zu pyknidienartigen Strukturen umgebildet (G), in denen die neue Konidiengeneration heranreift (Balken = 10 µm).

bruch bei der Mehлтаubekämpfung mit Mikroorganismen derzeit nicht zu erkennen ist. Ein Haupthindernis ist das hohe Feuchtebedürfnis der pilzlichen Antagonisten. Bei der Bekämpfung Echter Mehltaupilze, die sich häufig gerade unter trockenen Bedingungen stark vermehren, ist dies ein schwerwiegender Nachteil.

#### Anorganische Stoffe und Salze

Obwohl natürlich vorkommend und auch für die Anwendung im Biolandbau erlaubt, zählt Schwefel zu den klassischen Fungiziden. Neben möglichen Pflanzenschädigungen nach Anwendung von Schwefelpräparaten ist die Schädigung von Nützlingen wie Raubmilben und Schlupfwespen ein weiterer Nachteil. Bicarbonat-Salze (= Hydrogencarbonate) verbinden vorteilhafte Umwelteigenschaften und eine äußerst geringe Säugertoxizität mit fungizider Aktivität gegenüber verschiedenen phytopathogenen Pilzen, darunter Mehltauerregern. Viele werden auch im Lebensmittelbereich eingesetzt (JAMAR, 2007). In Deutschland sind Natrium- und Kaliumhydrogencarbonat als Pflanzenstärkungsmittel gelistet. Im Falle des Gurkenmehltaus wurde beobachtet, dass Natrium-Bicarbonat die Konidienkeimung und Konidienbildung verringerte. Durch Formulierung mit einem Emulgator ließ sich die Wirkung steigern (HOMMA et al., 1981). In schweizerischen Versuchen war die Wirksamkeit von formuliertem Kaliumhydrogencarbonat (Armicarb®) auf Echten Mehltau an verschiedenen Gemüsekulturen gleich gut wie die von Schwefel (KOLLER, 2011). Für diverse weitere Salze wurden befallsreduzierende Wirkungen auf Gurkenmehltau beschrieben, beispielsweise bei hydroponischer Kultur durch Erhöhung des Phosphat-Gehaltes in der Nährlösung oder durch Blattapplikation von Mono-Kalium-Phosphat (REUVENI et al., 2000). In Versuchen von DIK et al. (1998) führte die Blattapplikation mit Natrium-Bicarbonat, Kalium-Bicarbonat sowie Magnesium- und Mangansulfat zu Befallsminderungen, wobei diese am höchsten nach Anwendung von Mangansulfat waren. Die zugrundeliegenden Wirkmechanismen sind nicht immer bekannt. Nach REUVENI et al. (2000) beruht im Falle der Phosphatapplikation über die Nährlösung und der Blattapplikation von Mono-Kalium-Phosphat die Wirkung auf einer Resistenzinduktion. Die Wirksamkeit der Bicarbonate soll nach ISRAEL et al. (zitiert bei BÉLANGER und LABBÉ, 2002) auf eine fungizide Aktivität des Bicarbonat-Ions zurückgehen.

#### Organische Stoffe

Zu den organischen Agenzien mit Mehltauwirkung gehören Lecithin (HOMMA et al., 1977) und verschiedene Pflanzenöle. Bei letzteren ist die Wirksamkeit nicht auf Echte Mehltaupilze beschränkt. Durch Kombination mit Bicarbonaten lässt sich ihre Wirksamkeit verbessern (HORST et al., 1992). In Versuchen von DU et al. (2010) war die Wirkung der von ihnen untersuchten Pflanzenöle auf Gurkenmehltau auf eine Hemmung der Konidienkeimung zurückzuführen. Mit 0,5–1%igen Emulsionen wurde im Gewächshaus eine gleich hohe Befallsreduktion erzielt wie nach Anwendung von Triadimefon, im

Freiland betrug sie ca. 70% der Triadimefon-Wirkung. Ende der 1980er Jahre wurde am Institut für Biologischen Pflanzenschutz in Darmstadt die Wirksamkeit eines Extraktes aus dem Sachalin-Staudenknöterich (*Fallopia sachalinensis*) gegen Gurkenmehltau beobachtet (HERGER et al., 1988). Der Extrakt wird in Deutschland unter dem Namen Milsana® als Pflanzenstärkungsmittel und in den USA unter dem Namen Regalia™ als Biopestizid vertrieben. Milsana besitzt resistenzinduzierende Eigenschaften; in behandelten, mit Mehltau inokulierten Blättern reichern sich Phytoalexine, d.h. konjugierte phenolische Verbindungen mit fungizider Aktivität, an (DAAYF et al., 1997). Dabei scheint der Anthrachinon-Verbindung Physcion eine wichtige Rolle zuzukommen (GÄNSBAUER, 1996; MÜLLER, 2002). In China wird ein Extrakt aus Rhabarberwurzeln (Handelsname: Vegard) zur Bekämpfung des Echten und Falschen Mehltaus an Gurken vermarktet (YANG et al., 2009), dessen Wirksamkeit in Versuchen im Darmstädter Institut des Julius Kühn-Instituts bestätigt werden konnte (unveröffentlicht). Auch bei diesem Präparat wird dem Anthrachinon Physcion eine Schlüsselrolle für die Wirksamkeit zugeschrieben (YANG et al., 2008). Die Bekämpfbarkeit von Echem Mehltau an Kürbis mit Kuhmilch wurde von BETTIOL (1999) beschrieben. In weiteren Versuchen wurden Bekämpfungserfolge auch mit Molke erzielt (BETTIOL et al., 2008). In beiden Fällen war die Wirksamkeit konzentrationsabhängig. Als Ursache für die Aktivität wurden direkte antimikrobielle Effekte, Resistenzinduktion durch in der Milch enthaltene Salze sowie eine gesteigerte mikrobielle Aktivität auf der Blattoberfläche angenommen (BETTIOL, 1999; BETTIOL et al., 2008). Offensichtlich ist das in Milch und verschiedenen Körperflüssigkeiten vorkommende Enzym Lactoperoxidase einer der Hauptfaktoren für deren antimikrobielle Eigenschaften. Aufgrund der breiten bioziden und biostatischen Aktivität seiner Reaktionsprodukte hat das Lactoperoxidase-System verschiedene Anwendungen gefunden, darunter im Pflanzenschutz (BOOTS und FLORIS, 2006; RAVENSBERG et al., 2006). Ein Produkt basierend auf dem Lactoperoxidase-System (Enzicur®) ist seit 2007 in den Niederlanden für die Bekämpfung Echter Mehltaupilze an Gemüsekulturen unter Glas zugelassen.

#### Rolle der Resistenzzüchtung

Die Resistenzzüchtung von Cucurbitaceen gegen Echten Mehltau hat eine lange Tradition und ist ein erfolgreiches Beispiel für die Veränderung einer Kulturpflanze durch Züchtung. JAHN et al. (2002) verwenden den Begriff „Resistenz“ im Falle von Wirtspflanzen-Genotypen, auf denen Wachstum und Sporulation des Pathogens deutlich verringert sind, verweisen aber darauf, dass selbst die resistentesten Genotypen unter starkem Infektionsdruck Krankheitssymptome zeigen. Trotz der weit verbreiteten Nutzung solcher resistenten Sorten innerhalb der Familie der Cucurbitaceae sind klar definierte Pathogenrassen nur für *P. xanthii* auf Melone bekannt. Sowohl

bei Melonen als auch bei Gurken und Kürbis können die Resistenzgene auch in Abwesenheit des Pathogens die Bildung nekrotischer oder chlorotischer Blattflecke auslösen, wobei die Ausprägung durch den genetischen Hintergrund der Wirtspflanze beeinflusst wird. Einkreuzungen von Resistenzgenen müssen daher von weiteren züchterischen Maßnahmen begleitet sein, die darauf ausgerichtet sind, solche negativen Eigenschaften zu minimieren. Trotz der langen Tradition der Resistenzzüchtung und Nutzung von Resistenzgenen bei Cucurbitaceen sind die Mechanismen der Resistenz nur ungenügend bekannt (JAHN et al., 2002). Bei den auf dem Markt befindlichen Gurkensorten schließt Resistenz gegen *P. xanthii* Resistenz gegen *G. orontii* ein (CRÜGER et al., 2002).

### Regulierung des Echten Mehltaus an Gürkengewächsen in der Praxis

Sowohl im integrierten als auch im ökologischen Anbau ist die Wahl der Sorte eine der wichtigsten Maßnahmen gegen Echten Mehltau. Von den Züchtern werden hohe und schwächere (intermediäre) Resistenzen ausgewiesen. Die Sorten mit niedriger Resistenz verlieren immer mehr an Bedeutung, vor allem da die neuen Sorten mit hoher Resistenz im Ertrag ähnlich oder sogar besser sind. Deshalb steht Echter Mehltau bei Gurken in der Wichtigkeit der Bekämpfung nicht an erster Stelle. Vor allem in der Bodenkultur sind Falscher Mehltau (*Pseudoperonospora cubensis*) und Gummistängelkrankheit (*Didymella bryoniae*) weitaus bedeutender.

Trotzdem kann es hin und wieder zu stärkerem Befall mit Echem Mehltau kommen. Die ersten Symptome sind oft an zugigen Stellen im Gewächshaus zu finden: am Anfang der Reihen und in der Nähe von Türen. Ab Juni tritt Echter Mehltau häufiger auf. Vor allem in älteren Gewächshäusern herrschen dann trockenere Bedingungen, die zum Auftreten der Krankheit führen können. In Betrieben, die auf Substrat kultivieren, erfolgt ebenfalls im Juni der Kulturwechsel. Diese Neupflanzungen sind dann nicht in der Lage, durch eigene Transpiration eine entsprechend hohe Luftfeuchtigkeit zu erzielen. Hier besteht ebenfalls erhöhte Infektionsgefahr. Durch entsprechende Maßnahmen in der Klimaführung muss also einer niedrigen Luftfeuchte (< 70%) entgegengewirkt werden. Dazu gehört, dass die dem Wind zugewandte Seite der Lüftung frühzeitig (ab 2 m/s) geschlossen wird. Bei einer Windgeschwindigkeit von 5 m/s sollte die Lüftung, je nach Temperatur, entweder ganz geschlossen oder nur noch ein geringer Spalt offen sein. Eine weitere Maßnahme ist das Schließen des Energieschirms ab einer Einstrahlung von etwa 500 W/m<sup>2</sup>. Wenn es die Witterung zulässt, können auch Wassergaben von oben erfolgen. Dabei müssen aber die Pflanzen bis zum Abend abgetrocknet sein, da sich sonst die Gefahr anderer Krankheiten erhöht. Im Ökoanbau gibt es häufig zusätzlich zur Tropfbewässerung eine Unterberegnung. Dadurch wird ein größeres Bodenvolumen befeuchtet, was

zu mehr Mineralisation führt. Die regelmäßigen Wassergaben heben die Luftfeuchtigkeit im Bestand so weit an, dass eine etwaige Ausbreitung des Echten Mehltaus oft verhindert wird.

Wichtig nach dem Ausräumen der Gurken ist das konsequente Reinigen des Gewächshauses. Um ein Überdauern des Pilzes zu verhindern, müssen Konstruktion und Scheiben von innen mit einem Hochdruckreiniger abgespritzt werden. Optimal ist die Verwendung eines zugelassenen Desinfektionsmittels (aktuell: Menno Florades<sup>®</sup>, Wirkstoff: Benzoesäure).

Im integrierten Anbau werden in der Regel vor der ersten Ernte vorbeugende Behandlungen mit Strobilurinen (z.B. Kresoxim-metyl, Azoxystrobin, Trifloxystrobin) durchgeführt. Dadurch erhält die Pflanze einen ersten Schutz vor Echem Mehltau. Im weiteren Verlauf der Kultur müssen häufig weitere Fungizide aus der Gruppe der Azole (Difenoconazol, Penconazol oder Myclobutanil) eingesetzt werden, die eine gute Wirkung gegen Echten Mehltau haben. Außerdem kann die Nebenwirkung von Switch<sup>®</sup> (Fludioxonil + Cyprodinil), das gegen Botrytis zugelassen ist, mit genutzt werden.

Im Ökoanbau werden vorbeugend gegen verschiedene Pilzkrankheiten Pflanzenstärkungsmittel eingesetzt. Speziell bei Echem Mehltau werden die Gurken regelmäßig mit HF-Pilzvorsorge<sup>®</sup> (Fenchelöl), Milsana<sup>®</sup> flüssig (Sachalin-Staudenknöterich) und Prev-B2<sup>®</sup> (Orangenöl-Basis) behandelt. Des Weiteren kommen Pflanzenstärkungsmittel auf Basis von Natrium- oder Kaliumhydrogencarbonat (Steinhauers Mehltauschreck oder VitiSan<sup>®</sup>) zum Einsatz (siehe oben). Die im biologischen Anbau zugelassenen Pflanzenschutzmittel mit dem Wirkstoff Schwefel (z.B. Kumulus<sup>®</sup> WG) sind gut gegen Echten Mehltau wirksam. Vor allem bei häufigem Gebrauch von Schwefel kann es aber zu Verbrennungen auf den Gurkenblättern kommen.

Im Haus- und Kleingarten sind verschiedenste Produkte mit dem Wirkstoff Azoxystrobin zugelassen. Diese sollten möglichst vorbeugend eingesetzt werden. Bei Befall wirken Mittel mit dem Wirkstoff Difenoconazol besser. Schwefelpräparate sind nur für die Anwendung im Freiland zugelassen und dürfen nicht bei Hitze und direkter Sonne gespritzt werden, da es auch hier zu Verbrennungen kommen kann. Die Einhaltung der Wartezeit muss auch bei einer Anwendung im Haus- und Kleingarten beachtet werden.

### Vorstellung einer neuen Webanwendung zur Befallsschätzung

Sowohl im Rahmen der Resistenzzüchtung als auch bei der Entwicklung von Bekämpfungsmitteln und -verfahren besteht häufig die Notwendigkeit, den Befall zu quantifizieren. Um Zeit zu sparen, werden Befallsschätzungen von Pflanzenkrankheiten meist anhand von Befallsklassen oder Boniturnoten vorgenommen, oft unterstützt durch die Verwendung von Boniturschemata (GODOY et al., 1997). Beispielsweise verwendeten ELAD et al. (1989) für den Gurkenmehltau eine Skala von 0 bis 5

(0: Befallsfreiheit, 5: völlige Bedeckung). VERHAAR et al. (1996) teilten den Befall in zehn Klassen (0–9) ein, von denen sieben den Bereich von 0–40% befallene Blattfläche umfassten. Die Schätzung des prozentualen Befalls ohne Einteilung in Befallsklassen ist zwar wesentlich genauer, aber auch schwieriger. Um Unsicherheiten und Fehler bei der Befallsschätzung zu minimieren, wurde von MOLL et al. (2009) eine Webanwendung zum Erlernen von Befallsschätzungen für zehn wichtige Getreidekrankheiten entwickelt. Diese Webanwendung wurde jetzt um den Echten Gurkenmehltau erweitert. Dazu wurden Befallsbilder für insgesamt 67 Befallswerte konstruiert: 0,3%, 0,5%, 0,75% (Einzelwerte), im Bereich von 1% bis 50% in Einerschritten, von 52% bis 70% in Zweierschritten und 75%, 80% und 90% als Einzelwerte. Die Farbgebung erfolgte in Anlehnung an die natürlichen Schadbilder (Abb. 3).

Die Webanwendung ermöglicht das Erlernen des Schätzens des Befalls in drei Gruppen: geringer (bis 15%), mittlerer (10–40%) und stärkerer Befall (mehr als 30%)

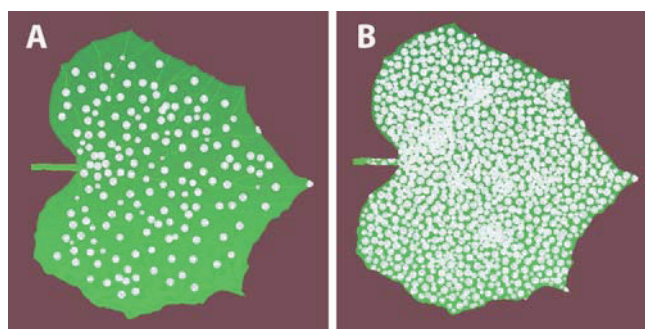


Abb. 3. Befallsbilder für 13% (A) und 56% (B) befallene Blattfläche.

anhand zufällig ausgewählter Befallsbilder. Deren konstruierter Befall ist zu schätzen. Eine Wiederholung dieses Schätzens trägt wesentlich dazu bei, die Sicherheit und Genauigkeit der Bonitur zu erhöhen. Eine Orientierung bietet das Boniturschema (Abb. 4) mit 11 Befallsbildern.

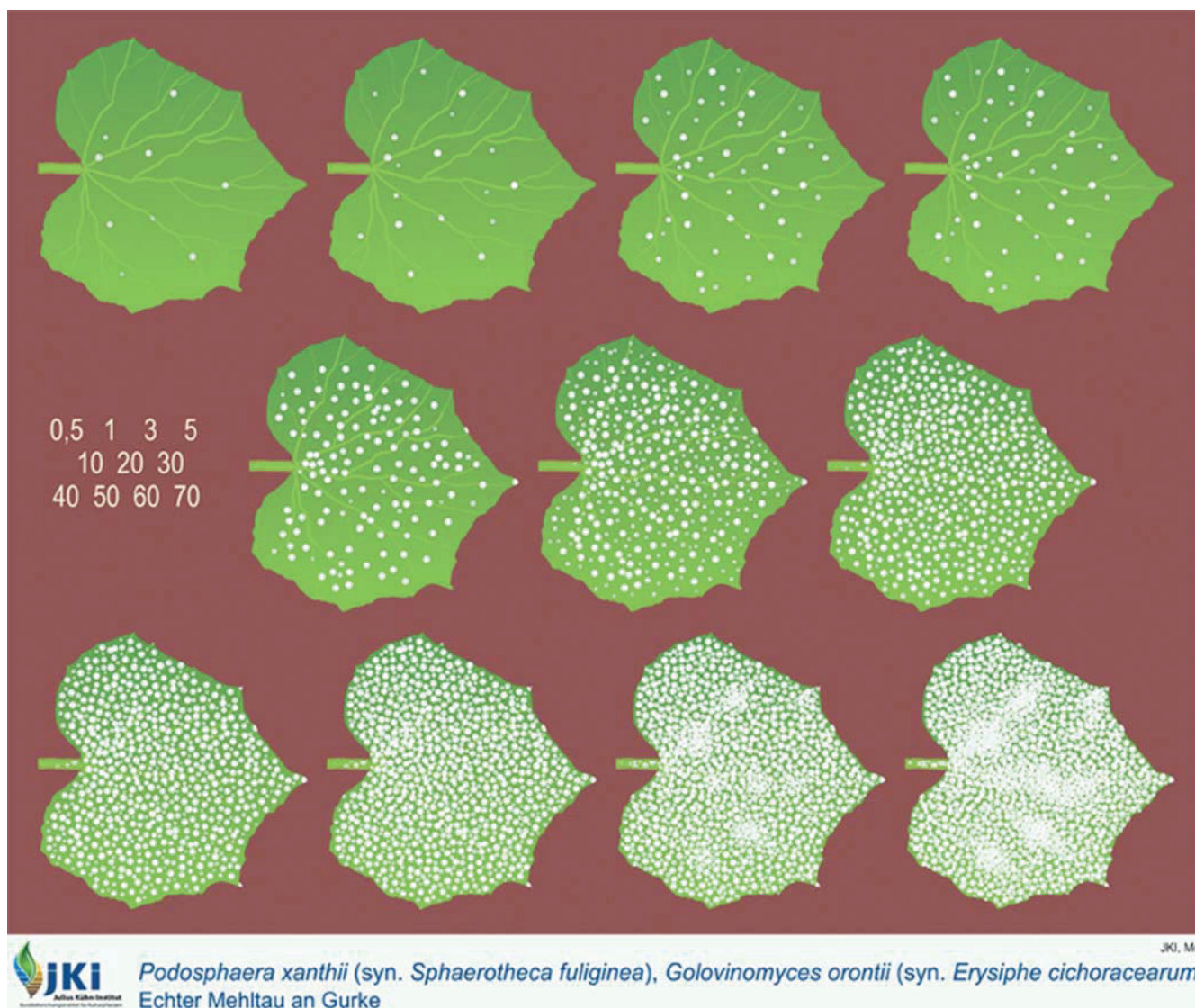


Abb. 4. Boniturschema für den Echten Mehltau auf Gurkenblättern.

Ein Download diese Boniturschemas aus der Webanwendung heraus ist möglich. Des Weiteren kann ein Verlauf der Krankheit angedeutet werden, indem die 67 einzeln konstruierten Befallsbilder nacheinander wie ein Film ablaufen. Die Webanwendungen zur Befallsschätzung sind im Internet über die URL <http://prozentualer-befall.jki.bund.aufzurufen>.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Herrn SELLMANN (Julius Kühn-Institut, Zentrale Datenverarbeitung, Kleinmachnow) für die Erweiterung der Webanwendung für die Befallsschätzungen von Getreidekrankheiten um den Echten Mehltau an Gurke.

## Literatur

- ASKARY, H., Y. CARIÈRE, R.R. BÉLANGER, J. BRODEUR, 1998: Pathogenicity of the fungus *Verticillium lecanii* to aphids and powdery mildew. *Biocontrol Science and Technology* **8**, 23-32.
- BÉLANGER, R.R., C. LABBÉ, 2002: Control of powdery mildews without chemicals: Prophylactic and Biological Alternatives for Horticultural Crops. In: BÉLANGER, R.R., BUSHNELL, W.R., DIK, A.J., CARVER, T.L.W. (Eds.): *The Powdery Mildews: A Comprehensive Treatise*. St. Paul, MN, USA, APS Press, S. 256-267.
- BETTIOL, W., 1999: Effectiveness of cow's milk against zucchini squash powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in greenhouse conditions. *Crop Protection* **18**, 489-492.
- BOOTS, J.-W., R. FLORIS, 2006: Lactoperoxidase: From catalytic mechanism to practical applications. *International Dairy Journal* **16**, 1272-1276.
- BRAUN, U., R.T.A. COOK, 2012: *Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews)*. Utrecht, Netherlands, CBS Biodiversity Series No. 11, CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre.
- CRÜGER, G., G.F. BACKHAUS, M. HOMMES, S. SMOLKA, H.J. VETTEN, 2002: *Pflanzenschutz im Gemüsebau*. 4., völlig neu bearb. und erw. Aufl., Stuttgart, Ulmer. 318 S.
- DIK, A., M.A. VERHAAR, R.R. BÉLANGER, 1998: Comparison of three biological control agents against cucumber powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in semi-commercial-scale glasshouse trials. *European Journal of Plant Pathology* **104**, 413-423.
- ELAD, Y., O. ZIV, N. AYISH, J. KATAN, 1989: The effect of film-forming polymers on powdery mildew of cucumber. *Phytoparasitica* **17**, 279-288.
- GÄNSBAUER, K.H., 1996: Untersuchungen zum resistenzinduzierenden Inhaltsstoff aus *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai gegen echte Mehltaupilze. Dissertation, Erlangen-Nürnberg, Friedrich-Alexander-Universität.
- GODOY, C.V., S.M.T.P.G. CARNEIRO, M.T. IMAUTI, M. DALLA PRIA, L. AMORIM, R.D. BERGER, A. BERGAMIN FILHO, 1997: Diagrammatic scales for bean diseases: development and validation. *Journal of Plant Diseases and Protection* **104**, 336-345.
- GLAWE, D.A., 2008: The powdery mildews: a review of the world's most familiar (yet poorly known) plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* **46**, 27-51.
- HAMMAMI, W., C.Q. CASTRO, W. REMUS-BOREL, C. LABBE, R.R. BELANGER, 2011: Ecological basis of the interaction between *Pseudozyma flocculosa* and powdery mildew fungi. *Applied and Environmental Microbiology* **77**, 926-933.
- HERGER, G., F. KLINGAUF, D. MANGOLD, E.H. POMMER, M. SCHERER, 1988: Die Wirkung von Auszügen aus dem Sachalin-Staudenknöterich, *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai, gegen Pilzkrankheiten, insbesondere Echte Mehltaupilze. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig)* **40**, 56-60.
- HLJWEGEN, T., H. BUCHENAUER, 1984: Isolation and identification of hyperparasitic fungi associated with Erysiphaceae. *Netherlands Journal of Plant Pathology* **90**, 359-362.
- HOCH, H.C., R. PROVIDENTI, 1979: Mycoparasitic relationships: Cytology of the *Sphaerotheca fuliginea*-*Tilletiopsis* sp. interaction. *Phytopathology* **69**, 359-362.
- HOMMA, Y., H. TAKAHASHI, H. MIZUBO, T. MISATO, 1977: Effect of soybean lecithin on cucumber powdery mildew, *Sphaerotheca fuliginea*, at various growth stages. *Journal of Pesticide Science* **2**, 33-40.
- HOMMA, Y., Y. ARIMOTO, T. MISATO, 1981: Effect of sodium bicarbonate on each growth stage of cucumber powdery mildew fungus (*Sphaerotheca fuliginea*) in its life cycle. *Journal of Pesticide Science* **6**, 201-209.
- HORST, R.K., S.O. KAWAMOTO, L.L. PORTER, 1992: Effect of sodium bicarbonate and oils on the control of powdery mildew and black spot of roses. *Plant Disease* **76**, 247-251.
- JAHN, M., H.M. MUNGER, J.D. MCCREIGHT, 2002: Breeding cucurbit crops for powdery mildew resistance. S. 239-248 in: BÉLANGER, R.R., BUSHNELL, W.R., DIK, A.J., CARVER, T.L.W. (Eds.): *The Powdery Mildews: A Comprehensive Treatise*. St. Paul, MN, USA, APS Press.
- KISS, L., 2003: A review of fungal antagonists of powdery mildews and their potential as biocontrol agents. *Pest Management Science* **59**, 475-483.
- KISS, L., J.C. RUSSELL, O. SZENTIVANYI, X. XU, P. JEFFRIES, 2004: Biology and biocontrol potential of *Ampelomyces* mycoparasites, natural antagonists of powdery mildew fungi. *Biocontrol Science and Technology* **14**, 635-651.
- KLECAN, A.L., S. HIPPE, S.C. SOMERVILLE, 1990: Reduced growth of *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei* induced by *Tilletiopsis albascens*. *Phytopathology* **80**, 325-331.
- KOLLER, M., 2011: Potassium bicarbonate as a potential sulphur substitute in protected organic cropping. In: DORAIS, M., S.D. BISHOP (Eds.): *Proceedings of the First International Conference on Organic Greenhouse Horticulture*. Acta Horticulturae **915**, 157-163.
- KRAUL, J., B. HAU, 2012: Verteilung des Echten Gurkenmehltaus an Kürbisgewächsen in Deutschland. *Julius Kühn-Archiv* **438**, 349-350.
- KŘÍSTKOVÁ, E., A. LEBEDA, B. SEDLÁKOVÁ, 2009: Species spectra, distribution and host range of cucurbit powdery mildews in the Czech Republic, and in some other European and Middle Eastern countries. *Phytoparasitica* **37**, 337-350.
- LARGE, E.C., 1940: *The Advance of the Fungi*. Jonathan Cape, Thirty Bedford Square, London.
- MCGRATH, M.T., C.E. THOMAS, 1996: Powdery Mildew. In: ZITTER, T.A., D.L. HOPKINS, C.E. THOMAS (Eds.): *Compendium of Cucurbit Diseases*, APS Press, St. Paul, MN, 30-31.
- MIAZZI, M., C. LAGUARDIA, F. FARETRA, 2011: Variation in *Podosphaera xanthii* on cucurbits in Southern Italy. *Journal of Phytopathology* **159**, 538-545.
- MOLL, E., K. FLATH, J. SELLMANN, 2009: Schätzen der Befallsstärke – (k)ein Problem. *Journal für Kulturpflanzen* **61**, 440-442.
- MÜLLER, S., 2002: Resistenzinduktion und Pathogenabwehr durch *Reynoutria sachalinensis*-Extrakt und Physcion: Signalkette im Vergleich zu systemischen Induktoren und Beziehungen zur Hypersensitiven Reaktion. Bonn, Dissertation Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität.
- PÉREZ-GARCÍA, A., D. ROMERO, D. FERNÁNDEZ-ORTUÑO, F. LÓPEZ-RUIZ, A. DE VICENTE, J.A. TORÉS, 2009: The powdery mildew fungus *Podosphaera fusca* (synonym *Podosphaera xanthii*), a constant threat to cucurbits. *Molecular Plant Pathology* **10**, 153-160.
- PHILIPP, W.D., G. CRÜGER, 1979: Parasitismus von *Ampelomyces quisqualis* auf Echten Mehltaupilzen und anderen Gemüsearten. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* **86**, 129-142.
- SAKATA, Y., N. KUBO, M. MORISHITA, E. KITADANI, M. SUGIYAMA, M. HIRAI, 2006: QTL analysis of powdery mildew resistance in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *TAG Theoretical and Applied Genetics* **12**, 243-250.
- VERHAAR, M.A., T. HLJWEGEN, J.C. ZADOKS, 1996: Glasshouse experiments on biocontrol of cucumber powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) by the mycoparasites *Verticillium lecanii* and *Sporothrix rugulosa*. *Biological Control* **6**, 353-360.
- YANG, X., X. MA, L. YANG, D. YU, Y. QIAN, H. NI, 2009: Efficacy of *Rheum officinale* liquid formulation on cucumber powdery mildew. *Crop Protection* **28**, 1031-1035.
- YANG, X.J., L.J. YANG, F.S. ZENG, L.B. XIANG, S.N. WANG, D.Z. YU, H. NI, 2008: Distribution of baseline sensitivities to natural product physcion among isolates of *Sphaerotheca fuliginea* and *Pseudoperonospora cubensis*. *Plant Disease* **92**, 1451-1455.