

Ergänzende Untersuchungen zur Wirkungsweise systemischer Fungizide auf *Erysiphe graminis*

Additional Studies on the mode of action of systemic fungicides on *Erysiphe graminis*

Von K. Schlüter und H. C. Weltzien

Zusammenfassung

Die Einteilung fungizider Wirkstoffe zur Bekämpfung von *Erysiphe graminis* kann in 4 Gruppen erfolgen: 1. Keimhemmer, 2. Appressorienhemmer, 3. Infektionshyphenhemmer und 4. Haustorienhemmer. Alle geprüften Präparate wirkten auch als Sporulationshemmer. Die Zuordnung von fungiziden Wirkstoffen zu diesen Wirkungsgruppen ist mit Hilfe einfacher, lichtoptischer Untersuchungen möglich. Ihre Berücksichtigung bei der Auswahl der Wirkstoffe wird empfohlen, um einer Resistenzbildung entgegenzuwirken.

Abstract

Fungicidal substances for the control of *Erysiphe graminis* were found to belong to at least one of 4 different groups characterized by their mode of action. They can be characterized as inhibitors of 1. germination, 2. appressoria formation, 3. infection peg, and 4. haustoria development. All tested substances inhibited sporulation. A simple microscopic test is used to determine the proper grouping for each fungicide. In selecting fungicides for field use, it is suggested that the mode of action be considered in order to counteract the selection of resistant strains.

Der Einsatz systemischer Fungizide und damit die Gefahr einer Selektion Fungizid-resistenter Erregerassen als ein Teilaspekt des Phänomens der Rassenbildung stellt ein aktuelles Problem bei der Getreidemehltaubekämpfung dar, das es wünschenswert erscheinen läßt, unsere Kenntnisse über die Wirkungsmechanismen dieser Präparate zu erweitern. Bereits mitgeteilte Ergebnisse (SCHLÜTER u. WELTZIEN 1971) zytologischer Untersuchungen über den Zeitpunkt, zu welchem fungizide Substanzen die Mehltaupathogenese auf dem Wirt unterbrechen, wurden daher ergänzt.

Material und Methode

Gerstenpflanzen der Sorte 'Firlbecks Union' und der marokkanischen Sorte 077 wurden im Gewächshaus herangezogen und die Primärblätter im Alter von 9 bis 11 Tagen mit einem Rassengemisch von *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* aus dem Bonner Raum und einem Rassengemisch aus dem Raum Rabat, Marokko, inokuliert. Dazu wurden Konidien, die innerhalb von 24 Stunden herangereift waren, in einer Schale gesammelt und durch einen Zylinder auf horizontal liegende Blätter, die an der Pflanze verblieben, abgeklopft (SCHLÜTER 1970). Für die Dauer von 24 Stunden nach der Inokulation standen die Pflanzen in gesättigter Atmosphäre unter einer Plastikhaube.

Die Präparate wurden in von den Herstellern empfohlenen Konzentrationen appliziert, a) über das Blatt,

indem die Primärblätter 24 Stunden vor der Inokulation in die fungiziden Lösungen getaucht wurden, b) über das Saatgut als Beizmittel durch Überschußbeizung, c) über die Wurzeln als Gießmittel, 24 Stunden vor der Inokulation.

Zur Prüfung auf sporulationshemmende Wirkung der Präparate wurden die Blätter mit drei Tage alten Infektionen, die kurz vor der Konidienbildung standen, für kurze Zeit in die fungiziden Lösungen getaucht.

Ort und Zeitpunkt der Fungizidwirkung wurde mit Hilfe der Lactophenol-Baumwollblaumethode erfaßt (WHITE u. BAKER 1954). Eine zusätzliche Fixierung in 4%iger Glutaraldehydlösung konserviert die Zellstrukturen besser (SCHLÜTER 1971).

Zur Klärung der pilzlichen Enzymaktivität unter Fungizideinfluß wurde die Epidermis der inokulierten Blattunterseite abgezogen. Mit Jod-Jod-Kalium - H₂SO₄ wurde auf Cellulose (JENSEN 1962), mit Rutheniumrot auf Pektine und mit Perjodsäure-Schiff (PJS) auf unlösliche Polysaccharide (MARTOJA u. MARTOJA 1967) angefärbt.

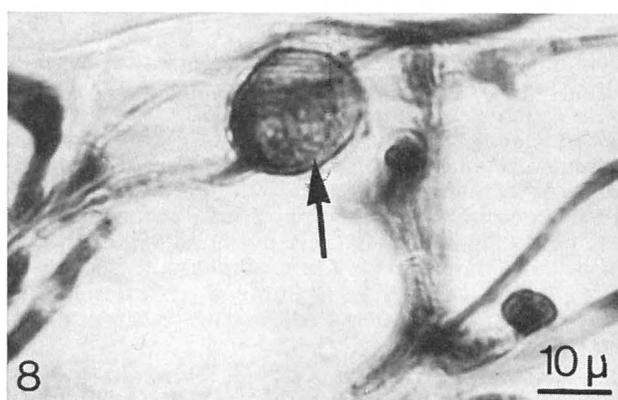
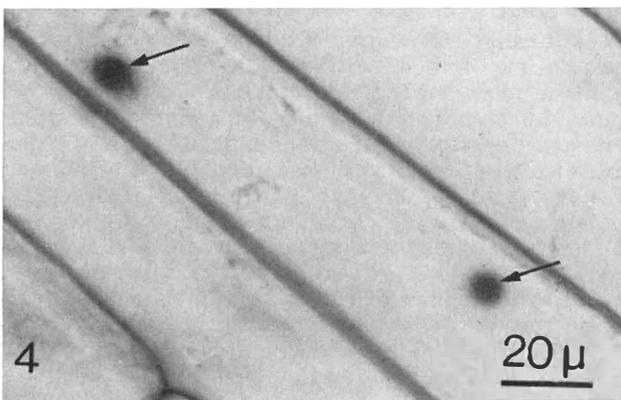
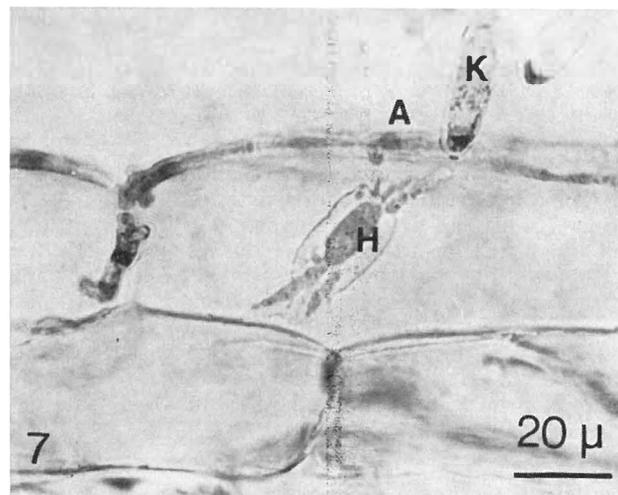
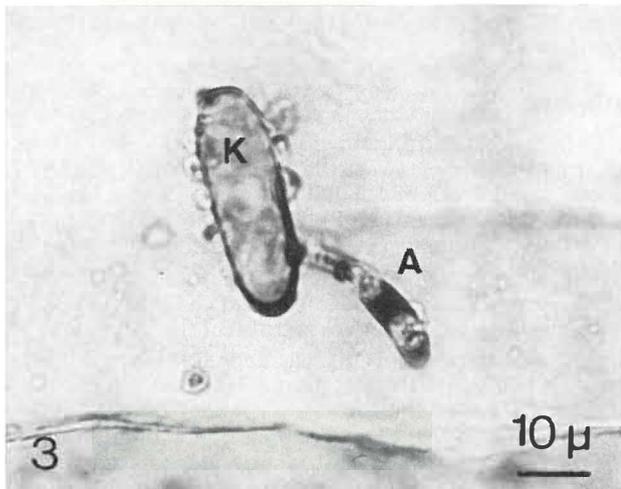
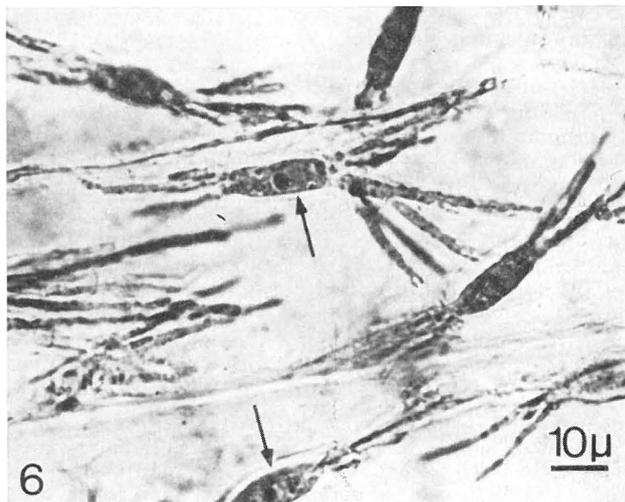
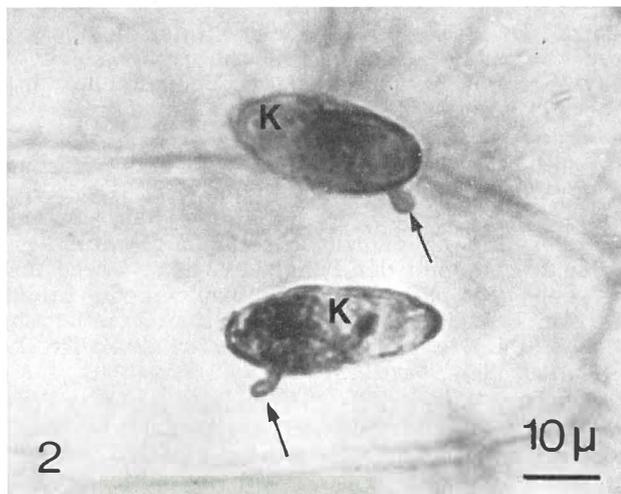
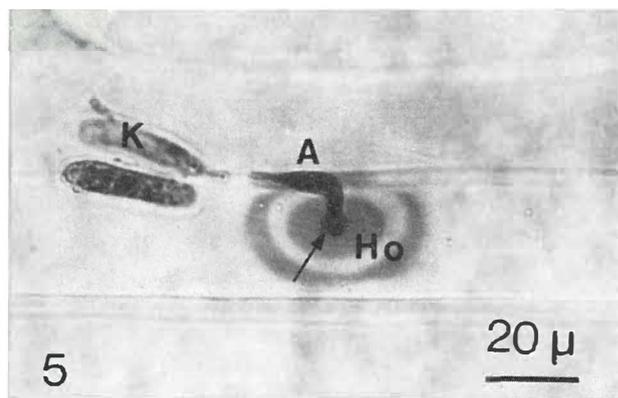
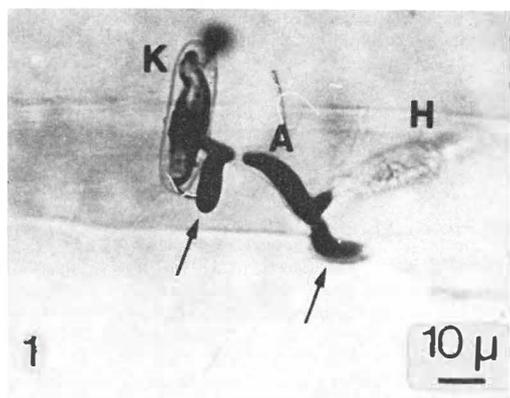
Ergebnisse

Die bereits vorgeschlagene Einteilung in 4 Wirkungsgruppen (SCHLÜTER u. WELTZIEN 1971) hat sich bewährt und wird daher durch Abbildungen belegt. Als Vergleich dient Abb. 1 mit Konidie, Keimschlauch, Appressorium und sekundären Hypheninitialen.

1. Keimhemmer: Die Keimung unterbleibt, allenfalls entsteht ein sehr kurzer Keimschlauch (Abb. 2). Zellwandbeeinflussende Enzyme sind nicht nachweisbar.

2. Appressorienhemmer: Es werden atypische Appressorien beobachtet (Abb. 3). Blaue Höfe sind nach Aufhellung und Anfärbung mit Lactophenol-Baumwollblau nicht oder nur schwach nachweisbar. Es kann nur ein stark verkleinerter Hof mit den Nachweisreagenzien für Cellulose, Pektin und Polysaccharide sichtbar gemacht werden (Abb. 4).

3. Infektionshyphenhemmer: Es entstehen zwar typische Appressorien, doch entwickeln sich keine sekundären Hypheninitialen (Abb. 5). Enzymaktivität und die Ausbildung der pathogen-induzierten Wandverdickung unter den Appressorien bleiben ungestört. Haustorien werden in der Regel nicht gebildet. Nur in seltenen Fällen versucht der Erreger über eine sekundäre Hypheninitiale in die Epidermis zu gelangen, unter der sich dann gleichfalls ein Hof und eine Wandverdickung ausbilden. Ob hier die Infektionshyphen gar nicht angelegt wird oder ob der Erreger in der Wandverdickung stecken bleibt, ist bisher nicht untersucht worden. Wahrscheinlich kommen beide Fälle vor, da bei 1-5% der Fälle auch deformierte Haustorien beobachtet wurden.



Die Wirkungsweise verschiedener Fungizide auf *Erysiphe graminis f. sp. hordei* bei Blattapplikation, Saatgutbeizung bzw. Bodenbehandlung

Wirkstoff	Dosierung in g bzw. ml Wirkstoff/l	Blatt	Anwendung über		Keim-schlauch	Fungizide Wirkung auf Appres-sorium	Infektions-hyphe	Hausto-rium
			Wurzel*	Samen**				
Dichlofluanid	1,5/2,5	+			+			
Chinomethionat	0,1	+			+			
Dinocap	0,2	+			+			
Netzschwefel	4/10/20	+			+			
Ethirimol	1,6	+		+	+			
Dimethirimol	0,8	+	+		+			
Bupirimat	0,1[1]	+	+		+	+		
Benomyl	0,3	+		+		+		
Carbendazim	0,3	+	+			+		
Folcidin	0,15/0,3	+	+	+		+		
Hoe 25 986	0,48	+	+			+		
Hoe 27 591	0,36	+	+			+		
Thiophanat	0,37/0,5	+				+		
Thiophanat-Methyl	0,35	+		+		+		
Thiabendazol				+		+		
Pyrazophos	0.07/0,14	+				(+)	+	(+)
Chloraniformethan	0,28	+					+	(+)
Dodemorph	0,8	+						+
Tridemorph	0,11	+	+					+
Triforine	0,05/0,5	+		+				+
Triadimefon	0,25	+	+					+
Imazalil	0,5	+	+					+

* 10 ml Fungizidlösung/Pflanze

** Überschußbeizung

[1] Wirkung über Wurzel nur bei 1 ml

Abbildungslegenden für S. 18 (gegenüber):

Bildtafel: Infektionsstadien von *Erysiphe graminis f. sp. hordei* mit und ohne Fungizidanwendung (vgl. Tab. 1). K: Konidie; A: Appressorium; H: Haustorium; Ho: Hof.

Abb. 1. Entwicklung ohne Fungizideinwirkung; Konidie mit Appressorium, sekundären Hypheninitialen (Pfeile) und Haustorium.

Abb. 2. Konidien mit kurzem Keimschlauch (Pfeil), nach Einwirkung von Keimhemmern.

Abb. 3. Konidie mit atypischem Appressorium nach Einwirkung von Appressorienhemmern; ein Hof ist nicht ausgebildet.

Abb. 4. Stark verkleinerter Hof (Pfeile) nach Einwirkung von Appressorienhemmern (vgl. Abb. 5).

Abb. 5. Typisches Appressorium jedoch ohne sekundäre Hypheninitiale nach Einwirkung von Infektionshyphenhemmern. Normale Ausbildung von Hof und Wandverdickung (Pfeil).

Abb. 6. Normal entwickelte Haustorien in unbehandelten Pflanzen.

Abb. 7. Mißgebildetes Haustorium nach Einwirkung von Haustorienhemmern. Die fingerförmigen Fortsätze sind verkürzt, die Haustorienscheide ist stark angeschwollen.

Abb. 8. Hyphendeformationen in Kugelform am Oberflächenmyzel (Pfeil) nach Applikation von Triforine als Sporulationshemmer.

4. Haustorienhemmer: Beim Einsatz von Haustorienhemmern sind Keimung, Appressorienbildung, Penetration und Aufbau der Wandverdickung nicht beeinträchtigt. Dagegen bilden sich die Haustorien nur unvollständig aus (Abb. 6 u. 7). Besonders das Wachstum der fingerförmigen Fortsätze ist gestört. Die Scheide, die Haustorienkörper und Finger umgibt, nimmt erheblich an Volumen zu.

Die Zugehörigkeit der bisher geprüften Präparate zu den einzelnen Gruppen ist in der Tabelle zusammengestellt. Zu den Keimhemmern gehören die Pyrimidin-derivate Ethirimol und Dimethirimol. Appressorienhemmer sind die Verbindungen aus der MBC-Gruppe wie Thiophanat, Thiophanat-Methyl, Thiabendazol, Benomyl, Carbendazim, Folcidin, Hoe 25986 und Hoe 27591. Infektionshyphenhemmer sind Chloraniformethan und Pyrazophos. Zu den Haustorienhemmern gehören die Oxazinderivate Calixin und Dodemorph, das Piperazinderivat Triforine, das Triazolderivat Triadimefon, sowie das Imidazolderivat Imazalil.

Die Wirkungsweise war stets unabhängig vom Ort der Applikation.

Bei Anwendung auf bereits vorhandene Infektionen erwiesen sich alle geprüften systemischen Fungizide als wirksame Sporulationshemmer. Bereits nach einmaliger Blatt- oder Wurzelapplikation war die Sporulationshemmung irreversibel. An den Hyphen und Fußzellen konnten häufig kugelige Deformationen beobachtet werden (Abb. 8). Mit den geprüften nicht-systemischen Mitteln konnte die Konidienbildung erst nach

dreimaliger Behandlung im Abstand von jeweils drei Tagen vollständig und endgültig unterbunden werden.

Die hier belegten Beobachtungen über den Wirkungstypus von Mehltaufungiziden können Ansatzpunkte für die Bearbeitung der Wirkungsmechanismen bieten. Der alternierende Einsatz von Wirkstoffen verschiedener Wirkungsweise sollte erwogen werden, um einer Resistenzbildung entgegenzuwirken.

Literatur

JENSEN, W. A.: Botanical histochemistry. W. A. Freeman and Company, San Francisco and London, 1962.

MARTOJA, R., M. MARTOJA: Initiation aux techniques de l'histologie animale. Masson et Cie., Editeurs, Paris, 1967.

SCHLÜTER, K.: Réactions provoquées par l'*Erysiphe graminis* sur le parenchyme foliaire de deux variétés d'orge, l'une sensible, Proctor, l'autre partiellement résistante, Nigrate. C. R. Acad. Sc. Paris, 271, 587–590, 1970.

SCHLÜTER, K.: Beiträge zur Cytologie von *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* an Sorten unterschiedlicher Anfälligkeit und nach Fungizidanwendung. Dissertation, Inst. f. Pflanzenkrankheiten, Universität Bonn, 1971.

SCHLÜTER, K., H. C. WELTZIEN: Ein Beitrag zur Wirkungsweise systemischer Fungizide auf *Erysiphe graminis*. Meded. Landb. Gent 36, 1159–1164, 1971.

WHITE, N. H., E. P. BAKER: Host pathogen relations in powdery mildew of barley. I. Histology of tissue reactions. Phytopathology 44, 657–662, 1954.

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Botanik, Braunschweig

Vergleichende Darstellung pilzlicher Lagerfäuleerreger an Kartoffelknollen

Comparative studies on fungal storage rot pathogens of potato tubers

Von Eduard Langerfeld

Zusammenfassung

Vier Kartoffelsorten wurden bei 6 °C und 15 °C im Herbst und im Frühjahr auf ihre Reaktion gegenüber folgenden pilzlichen Knollenfäule-Erregern geprüft: *Fusarium coeruleum*, *F. sulphureum*, *Phoma exigua* var. *exigua*, *P. exigua* var. *foveata*. – *P. exigua* var. *exigua* zeigte sich dabei vergleichsweise nur schwach pathogen.

Bei den Sorten ergaben sich z. T. erhebliche Unterschiede in der Anfälligkeit; die Rangfolge gegenüber den einzelnen Erregern war nicht in jedem Falle gleich.

Die Befallsrate war, bei Infektion im Herbst, bei 6 °C höher als bei 15 °C. Alle geprüften Erreger verhielten sich in dieser Hinsicht gleichsinnig. Bei Infektion im Frühjahr kehrte sich dieses Bild – mit Ausnahme von *P. exigua* var. *exigua* – in der Mehrzahl der Fälle um.

Abstract

Four potato cultivars were tested as to their reaction against the storage rot pathogens *Fusarium coeruleum*, *F. sulphureum*, *Phoma exigua* var. *exigua*, *P. exigua* var. *foveata*, in autumn and spring at 6 °C and 15 °C. *P. exigua* var. *exigua* showed a relatively weak pathogenicity.

The resistance of some cultivars varied considerably in their ranking order as to the above pathogens.

The degree of attack was higher after infection in the autumn at 6 °C than at 15 °C. All tested pathogens responded in a similar way. However opposite results were obtained in the spring except for *P. exigua* var. *exigua*, which demonstrated the same behaviour in the spring as well in the autumn.

Lagerfäuleerreger verursachen im Durchschnitt mindestens 5 Prozent Verluste an der Gesamternte bei Kartoffeln (WEISS et al., 1928; MORSTATT, 1929; LANSADE, 1950; ANONYM, 1974; HOHMANN u. LANGERFELD, 1975). Besonders die zunehmende Mechanisierung von Kartoffelernte, -lagerung und -aufbereitung und die dadurch

angestiegene Beschädigungsrate haben dazu beigetragen, die Verlustquote in den letzten Jahrzehnten weltweit ansteigen zu lassen, zumal diese pilzlichen Erreger im wesentlichen Wundparasiten sind (s. u. a. BOYD, 1972). Nachfolgende sollen vier wichtige Vertreter dieser Gruppe vorgestellt werden, von denen drei (*Fusarium coeruleum*, *F. sulphureum*, *Phoma exigua* var. *exigua*) in der Bundesrepublik Deutschland von größerer Bedeutung sind.

Fusarium coeruleum (Lib.) Sacc. kommt vor allem in den gemäßigten Zonen von Europa und Nordamerika vor und verursacht in der Bundesrepublik den überwiegenden Teil aller Schäden. Dabei ist die Pflanzkartoffelproduktion stärker betroffen als die Speisekartoffelproduktion.

Fusarium sulphureum Schlecht. (*F. sambucinum* Fckl. f. 6 Wr.) hat eine ähnliche Verbreitung wie *F. coeruleum*. Dieser Pilz ist die überwiegende Ursache von Kartoffelfäulen in den nördlichen USA sowie Kanada (BOYD, 1972), auch in der DDR scheint er eine erhebliche Bedeutung zu haben (STACHEWICZ, 1970). Im nördlichen Teil der Bundesrepublik ist seine Verbreitung geringer als die von *F. coeruleum* (LANGERFELD, 1970), es gibt jedoch Fälle von größeren Schäden durch diesen Erreger.

Phoma exigua Desm. var. *exigua* Boerema kommt ebenfalls in den meisten Kartoffelbau betreibenden Ländern Europas vor. Die Schadwirkung ist jedoch vergleichsweise gering (LOGAN u. KHAN, 1969).

Phoma exigua Desm. var. *foveata* (Foister) Boerema wurde 1936 erstmalig als Erreger einer Knollenfäule an Kartoffeln beschrieben (ALCOCK u. FOISTER, 1936). Diese Varietät von *Phoma exigua* Desm. läßt sich morphologisch nur schwer von der Varietät „*exigua*“ unterscheiden. Als Hauptkriterium dient die Produktion eines rotbraunen Pigments bei *P. exigua* var. *foveata*