

**Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt
für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem**

Heft 262

Juni 1990



**Untersuchungen zur Pathogenese,
Epidemiologie und Bekämpfbarkeit von
Mycosphaerella brassicicola (DUBY)
Lindau, dem Erreger der
Ringfleckenkrankheit an Cruciferen**

Von

Dr. Wolfgang Zornbach

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau, Braunschweig

Berlin 1990

*Herausgegeben
von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem*

Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
Lindenstraße 44-47, D-1000 Berlin 61

ISSN 0067-5849

ISBN 3-489-26200-X

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Zornbach, Wolfgang:

Untersuchungen zur Pathogenese, Epidemiologie und Bekämpfbarkeit von *Mycosphaerella brassicola* (DUBY) Lindau, dem Erreger der Ringfleckenkrankheit an Cruciferen/ von Wolfgang Zornbach. Hrsg. von d. Biolog. Bundesanst. für Land- u. Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. - Berlin; Hamburg: Parey, 1990

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 262)

ISBN 3-489-26200-X

NE: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft <Berlin, West; Braunschweig>:
Mitteilungen aus der...

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um die von der Universität Hamburg, Fachbereich Biologie, genehmigte Dissertation von Wolfgang Zornbach.

© Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrages, der Entnahme von Abbildungen, der Funk- sendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungs- pflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

1990 Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, Lindenstraße 44-47, D-1000 Berlin 61. Printed in Germany by Arno Brynda GmbH, 1000 Berlin 62.

Beilagenhinweis: Dieser Ausgabe liegt der Sammelprospekt "Umwelt Natur Ökologie" des Verlages Paul Parey, Berlin und Hamburg, bei.

<u>I N H A L T S V E R Z E I C H N I S</u>		<u>Seite</u>
1.	E I N L E I T U N G	6
2.	M A T E R I A L U N D M E T H O D E N	11
2.1	In vitro Kultur	11
2.1.1	Nährmedien	11
2.1.2	Isolierung und Kultivierung des Erregers	11
2.2	Mikroskopische Untersuchungen	13
2.2.1	Probenvorbereitung und Gefriermikrotomschnitt ..	13
2.2.2	Epidermispräparation	14
2.2.3	Mikroskop und Fotografie	14
2.3	Kulturbedingungen zur Induktion der Sporulation in vitro	14
2.4	Prüfung der Saatgutverseuchung von Wintererbsen	15
2.5	Kultur der Versuchspflanzen	16
2.5.1	Pflanzenmaterial	16
2.5.2	Gewächshaus und Freiland	20
2.6	Inokultationsmethoden	20
2.6.1	Inokulum aus Pflanzenmaterial	20
2.6.2	Mycelsuspension	21
2.6.3	Inokulation von Kotyledonen	21
2.7	Befallsbonituren	21
2.8	Pathogenitätstest	23
2.9	Untersuchungen zum Sporenflug	23
2.9.1	Sporenfallen	23
2.9.2	Erfassung epidemiologisch relevanter Daten	23
2.9.3	Auswertung der Sporenfänge	24

	<u>Seite</u>
2.10	Prüfung der Bedeutung benachbarten Anbaus von Kohl und Winterraps für die Epidemiologie des Erregers 25
2.11	Bodenbehandlungen zum Nachweis der Überdauerung des Pathogens an infizierten Pflanzenresten 26
2.12	Bedingungen zur Lagerung von Weißkohl 27
2.13	Untersuchungen zur Wirksamkeit von Fungiziden 27
	2.13.1 Wirkung auf das Wachstum in vitro 27
	2.13.2 Freilandprüfung zur Wirkung auf den Befall von Weißkohl 28
	2.13.3 Ermittlung des Bekämpfungstermins auf der Grundlage von Sporenfangdaten 28
2.14	Statistische Auswertungen 29
3.	ERGEBNISSE 30
3.1	Wachstum in vitro 30
3.2	Sporulation in vitro 34
3.3	Entwicklung des Pilzes im Wirtsgewebe 35
	3.3.1 Ascosporenkeimung und Penetration 35
	3.3.2 Spermogonien und Spermastienbildung 36
	3.3.3 Pseudothecien und Ascosporenbildung 36
	3.3.4 Bildung von Chlamydosporen 37
3.4	Saatgutverseuchung von Winterraps 40
3.5	Eignung von Kotyledonen für Inokulationsversuche 41
3.6	Versuch zur Pathogenität 42
3.7	Freilandbeobachtungen 44
3.8	Wirtspflanzenkreis 48

Seite

3.9	Sortenanfälligkeit von Weißkohl	49
3.10	Ermittlung der Sporenflugtermine und deren Korrelation mit Wetterdaten und Infektionsverlauf	54
3.11	Die Bedeutung benachbarten Anbaues von Kohl und Winterraps für die Epidemiologie des Pathogens	61
3.12	Überdauerung des Pathogens	64
	3.12.1 Freilandbeobachtungen	64
	3.12.2 Überdauerung an infizierten Pflanzenresten	64
3.13	Verhalten des Erregers im Kohllager	64
3.14	Bekämpfbarkeit des Erregers mit Fungiziden	66
	3.14.1 In vitro	66
	3.14.2 Freilandprüfung	69
	3.14.3 Sporenfangergebnisse zur Bestimmung des Bekämpfungstermins	71
4.	D I S K U S S I O N	73
4.1	In vitro Untersuchungen und Pathogenese	73
4.2	Sortenversuche und Wirtspflanzen	75
4.3	Epidemiologie	76
4.4	Verhalten des Erregers im Lager	84
4.5	Bekämpfbarkeit des Erregers mit Fungiziden	85
5.	Z U S A M M E N F A S S U N G	91
6.	S U M M A R Y	94
7.	L I T E R A T U R	97

1. E I N L E I T U N G

Kohl ist mit einer Anbaufläche von 18.000 ha die bedeutendste Gemüsekultur in der Bundesrepublik Deutschland. Schleswig-Holstein besitzt davon mit 3.200 ha das größte geschlossene Kohlanbaugesbiet. Auf 60 % der Fläche wird hier Weißkohl angebaut, die restlichen 40 % fallen in der Reihenfolge der Flächenanteile auf Rotkohl, Blumenkohl, Wirsing, Grünkohl, Chinakohl, Kohlrabi und Rosenkohl. Bei Weißkohl liegen die Erträge in Schleswig-Holstein bei 700 bis 800 dt/ha gegenüber 550 dt/ha im Bundesdurchschnitt (STATISTISCHES BUNDESAMT, 1989). Der Hauptanteil der Kopfkohlarten wird im Landkreis Dithmarschen und auf der Insel Fehmarn angebaut, während im Raum um Glückstadt an der Elbe schwerpunktmäßig Blumenkohl kultiviert wird.

1985 wurde der Kohl Norddeutschlands von einer Epidemie der Ringfleckenkrankheit (Erreger: Mycosphaerella brassicicola (DUBY) LINDAU) heimgesucht. Das Ausmaß dieser Epidemie führte zu starken Ertragseinbußen bei den Landwirten dieser Region (RUDNICK, 1986). Bereits in den letzten August- und ersten Septembertagen brachen viele Bestände zusammen (Abb. 1). 1985 und auch 1987, als eine zweite Epidemie ausbrach, waren die Ertragsverluste, die durch die Krankheit und sicher auch widrige Witterung verursacht wurden, an einem dem Bundesdurchschnitt gegenläufigen Trend in der Ertragsentwicklung erkennbar (Abb. 2). In beiden Jahren breitete sich der Erreger bis Ende Oktober über die gesamte Region aus. Im Vergleich mit bekannten Epidemien in England (MOORE, 1959) und den Niederlanden (VAN DEN ENDE et al., 1986), wo schwere Ausfälle erst ab Oktober hauptsächlich an Rosenkohl und spätem Kopfkohl beobachtet wurden, begannen die Epidemien in der Bundesrepublik Deutschland sehr früh im Jahr.

Weltweit kommt M. brassicicola in allen gemäßigt-feuchten Küsten- und Vorgebirgsregionen vor, in denen Gemüse angebaut wird (Abb. 3). In der Bundesrepublik Deutschland ist der Erreger erstmals 1977 im Anbaugesbiet Dithmarschen nachgewiesen worden (SCHNEIDER, 1978), wenngleich VON KIRCHNER (1923) und CHUPP & SHERF (1960) schon früher darauf hingewiesen haben, daß er im Norden der Bundesrepublik Deutschland vorkommt.



Abb. 1 Befallsbild an Weißkohl. Links Einzelpflanze, rechts Weißkohlbestand mit starkem *M. brassicicola*-Befall in Dithmarschen

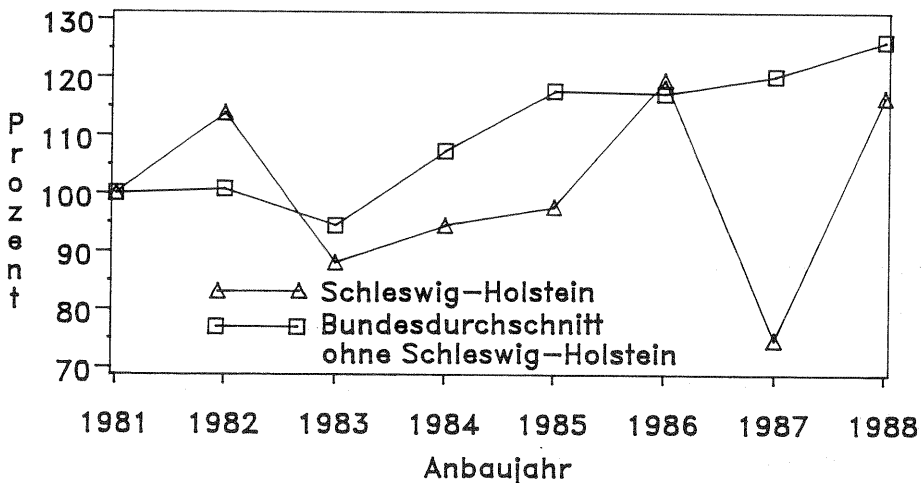


Abb. 2 Entwicklung der Weißkolerträge in den Jahren 1981 bis 1988 in relativen Zahlen (Ertrag 1981 = 100 %). Verglichen werden die relativen Erträge von Schleswig-Holstein (Absolut 1981: 786,8 dt/ha) mit dem Bundesdurchschnitt (Absolut 1981: 389,7 dt/ha), der sich aus den Erträgen der restlichen Bundesländer der Bundesrepublik Deutschland errechnet (STATISTISCHES BUNDESAMT, 1981-1989).

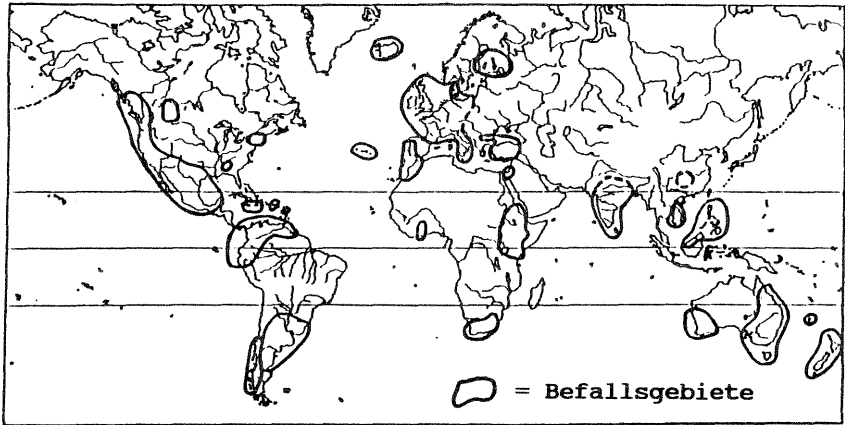


Abb. 3 Weltweite Verbreitung von *M. brassicicola*, dem Erreger der Ringfleckenkrankheit an Cruciferen (ANONYM, 1981a), durch ein neues Vorkommen in Chile erweitert (GONZALEZ & MONTEALEGRE, 1987)

M. brassicicola ist zuerst von CHEVALLIER (1826) beschrieben worden. Er fand nur die Spermastienform und bezeichnete sie als *Asteroma brassicae*. Er ist nach einer Revision von BOEREMA & VAN KESTEREN (1964) in *Asteromella brassicicola* (CHEV.) umbenannt worden. Der Teleomorph des Pathogens wurde von DUBY (1830) unter dem Namen *Sphaeria brassicicola* beschrieben und von LINDAU (1897) auf *M. brassicicola* umbenannt. Ein Anamorph existiert nicht (VON ARX, 1987). BOEREMA & VAN KESTEREN (1964) geben neben WEIMER (1926) und DRING (1961) eine detaillierte Darstellung der Nomenklatur des Pilzes.

Die Anbaufläche von Winterraps in Schleswig-Holstein ist seit der Einführung der 00-Sorten (ohne Erucasäure und glucosinolatarm) im Jahr 1980 von 74.000 ha auf 108.000 ha im Jahr 1987 angestiegen (STATISTISCHES BUNDESAMT, 1981-1988). Im Zuge dieser Entwicklung wurde der Raps aufgrund des für die Landwirte attraktiven Preisanstiegs (LANGBEHN & WEHR, 1988) auch in den Kohlanbaugebieten kultiviert und für viele Anbauer ein fester Bestandteil der Fruchtfolge.

Brassica napus L. als amphidiploides Kreuzungsprodukt aus B. oleracea L. und B. rapa L. (MORINAGE, 1934; U, 1935) ist ebenso anfällig für M. brassicicola wie B. oleracea L. (VANTERPOOL, 1960; DINGLEY, 1969; HARTILL, 1977). So konnte M. brassicicola in den Kohlanbaugebieten Schleswig-Holsteins auch an Winterraps nachgewiesen werden (HORNIG, 1988; RUDNICK, 1988; ZORNBACH 1988).

Unter Einbeziehung der Funktion des Winterrapses als zweiter Wirt des Erregers der Ringfleckenkrankheit und der Beobachtungen, daß der Pilz an Kohl verstärkt in der Nähe von Rapsflächen auftritt (CRÜGER, 1983 und 1984) wurde nach einer Erklärung für die 1985 erstmalig in der Bundesrepublik Deutschland aufgetretene Epidemie gesucht und eine Hypothese hierzu aufgestellt:

Da die Kulturzeit des Winterrapses genau die Lücken schließt, die durch die Anbauperiode der Kohlarten gelassen wird, steht dem Pathogen für die gesamte Vegetationszeit ein Wirt zur Verfügung. Der Weißkohl in Schleswig-Holstein wird in der Regel vom 15. Mai bis 15. Juni gepflanzt oder gesät und bis zum 15. November geerntet. Der Winterraps wird ab 15. August gesät und bis zum 30. Juli des folgenden Jahres geerntet (Abb. 4). Der Erreger kann so über das ganze Jahr hinweg nur durch Frostperioden unterbrochen ein hohes Infektionspotential aufbauen. Wichtiger erscheint noch, daß die jährliche Vegetationszeit für den Erreger durch den Winterraps gegenüber dem Kohl um sechs bis acht Wochen verlängert wird. Da eine Epidemie dieses Erregers polyzyklisch entsteht (FINKING & GEERDS, 1987), er also mehrere Infektionszyklen durchlaufen muß, ehe es zu einer epidemischen Ausbreitung im Anbaugebiet kommt, verhilft die Verlängerung der Vegetationszeit dem Pilz zu zusätzlichen Zyklen, die das Ausmaß der Epidemie 1985 bestimmt haben könnten.

In dieser Arbeit soll der Lebenszyklus des Pathogens in der Pflanze untersucht und durch Fotos dokumentiert werden. Daneben ist zu klären, ob eine Produktion von Ascosporen in vitro möglich ist, da die Ergebnisse aus der Literatur widersprüchlich sind (SNYDER, 1949; NELSON & POUND, 1959; DRING, 1961; TORTOLERO & CARRASCO, 1982).

Ferner soll die Hypothese zur Entstehung der Epidemie 1985 überprüft werden, um damit die Bedeutung des Winterrapses für die Epidemiologie des Erregers zu klären. Schließlich werden epidemiologische Untersuchungen im Freiland und im Lager am Wirt-Parasit-System Brassica oleracea L. convar. capitata L. f. alba - M. brassicicola (DUBY) LIND. angestellt, um Grundlagen für einen Befallsprognoseansatz zu schaffen, und es sollen Möglichkeiten zur Bekämpfung der Mykose bzw. zur Befallsminderung untersucht werden.

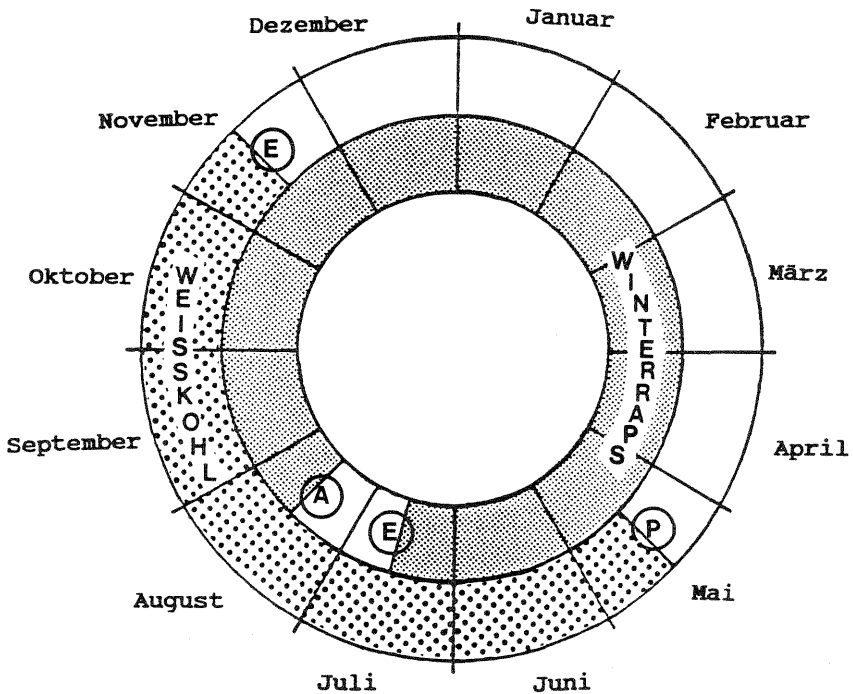


Abb. 4 Überlagerung der Kulturzeiten von Winterraps und Weißkohl. Für Aussaat-, Pflanz- und Erntetermine sind die Kernzeiten für die schleswig-holsteinischen Anbauggebiete angegeben. P=Pflanztermin, A=Aussaat, E=Ernte

2. M A T E R I A L U N D M E T H O D E N

2.1 In vitro-Kultur

2.1.1 Nährmedien

Als Standardmedium diente Potato-Dextrose-Agar (PDA; DIFCO, 0013-01-4). Weitere Nährmedien waren Malzextrakt-Agar (MA; OXOID, CM 59), Cornmeal-Agar (CMA; OXOID, CM 103), Sabourod-Dextrose-Agar (SDA; OXOID, CM 41) und Sabourod-Maltose-Agar (SMA; OXOID, CM 41a). Die selbst angesetzten und modifizierten Medien sind in Tab. 1 wiedergegeben.

2.1.2 Isolierung und Kultivierung des Erregers

Der Pilz wurde durch Auslegen infizierter Blattstücke auf PDA + 200 ppm Streptomycinsulfat isoliert und auf PDA bei 5 °C aufbewahrt. Die Isolate waren während des Versuchszeitraumes problemlos durch Überimpfen auf V8-Agar und vierwöchige Kultur bei 20 °C im Dunkeln zu reaktivieren. Falls größere Kontaminationen durch pilzliche Sekundärerreger oder Saprophyten auftraten, wurden dem Medium 500 mg/l des Fungizids Ronilan (50 % Vinclozolin) zugesetzt.

Die gewonnenen Isolate sind in Tab. 2 aufgeführt. Als Vergleichs-isolate dienten jeweils zwei Stämme des Centaalbureau voor Schimmelcultures in Baarn/Niederlande (Nr. CBS 228.32 und CBS 267.53) und des Plant Research Institute in Burnley, Victoria/Australien (Nr. 10.596 und 11.269).

Die Labortests und die Inokulumproduktion wurden auf PDA durchgeführt.

Tab. 1 Nährmedien

Nährmedium	Abkürzung	Zusammensetzung ¹⁾	
		Inhaltsstoff	Menge
Wasseragar	WA	Bacto-Agar (DIFCO)	20 g
Getreideschrotagar	GSA	Weizenschrot	50 g
		Dextrose	10 g
		Bacto-Agar (DIFCO)	20 g
V8-Juice-Agar	V8	V8-Juice	200 ml
		CaCO ₃	3 g
		Bacto-Agar	20 g
		Wasser (deion.)	800 ml
PDA+Pepton	PDA-PEP	Pepton	5 g
		PDA (DIFCO)	39 g
PDA+Abscisinsäure (nach ANDREOLI & MAGUIRE, 1986)	PDA-ABA	Abscisinsäure (Racemat; Serva, 10015)	50 mg
		PDA	39 g
PDA+Kohldekot aus Weißkohl aus Rosenkohl	KD-PDA KD-PDA-W KD-PDA-R	Kohldekot ²⁾	1000 ml
		PDA (DIFCO)	39 g
PDA+Kohlextrakt	KE-PDA	Kohlextrakt ²⁾	1000 ml
		PDA (DIFCO)	39 g

- 1) Die Medien wurden mit 1000 ml Wasser (deion.) angesetzt, soweit es nicht anders angegeben ist, und 20 Minuten bei 121 °C und einem bar Überdruck autoklaviert. Außer V8-Agar (pH 6,7) wurden alle Medien auf pH 5,6 eingestellt.
- 2) Zur Herstellung des Kohldekots und des Kohlextrakts wurden 200 g Kohlblätter in 1000 ml Wasser aufgenommen. Der Dekot wurde 60 Minuten gekocht und dann filtriert, während der Extrakt 24 h bei 5 °C ziehen mußte, bevor er filtriert wurde.

Tab. 2 Isolate von M. brassicicola

Nummer	Herkunft	Wirtspflanze	Datum der Isolierung
01	Marne	Weißkohl	11.08.86
02	Marne	Weißkohl	17.07.87
03	Marne	Winterraps	17.07.87
05	Marne	Winterraps	17.07.87
06	Fehmarn	Winterraps	30.07.87
07	Fehmarn	Winterraps	30.07.87
09	Heide	Winterraps	30.09.87
12	Heide	Rotkohl	08.09.87
14	Marne	Weißkohl	09.09.87
17	Braunschweig	Winterraps	30.09.87
19	Marne	Brokkoli	28.09.87
21	Marne	Kohlrabi	28.09.87
22	Marne	Kohlrübe	28.09.87
23	Marne	Blumenkohl	28.09.87
26	Marne	Wirsing	30.09.87
27	Marne	Wirsing	08.09.87
28	Marne	Kohlrübe	08.09.87
31	Clauen (Hannover)	Weißkohl	07.10.87
34	Heide	Weißkohl	06.11.87
35	Marne	Grünkohl	19.11.87
36	Marne	Blumenkohl	19.11.87
37	Marne	Brokkoli	19.11.87
38	Friedrichskoog	Rosenkohl	19.11.87
59	Fehmarn	Winterraps	10.08.88
70	Glückstadt	Weißkohl	13.09.88
71	Otterndorf	Weißkohl	13.09.88
72	Noordscharwoude (Niederlande)	Rosenkohl	27.10.88
73	Noordscharwoude (Niederlande)	Weißkohl	27.10.88
74	Marne	Winterraps	10.11.88

2.2 Mikroskopische Untersuchungen

2.2.1 Probenvorbereitung und Gefriermikrotomschnitt

Die zu untersuchenden Blattproben wurden in 3 mm² große Stücke zerschnitten und mindestens 48 h in einer AFE-Lösung (70 % Ethanol, 5 % Formaldehyd und 25 % Essigsäure) fixiert. Sie konnten mehrere Wochen in dieser Fixierlösung aufbewahrt werden.

Vor dem Schneiden wurden die Blattstücke 24 h bei 40 °C in 12,5 %ige wässrige Gelatine-Lösung gegeben, um darauf endgültig in 25 %iger Gelatine-Lösung eingebettet zu werden. Das Abkühlen und Erstarren der Gelatine erfolgte bei 5 °C.

Die Schnitte wurden mit einem Gefriermikrotom FRIGOCUT Modell 2700 von REICHERT-JUNG angefertigt und in einer Mischung von Glycerin und Wasser (1:1) auf einem Objektträger eingebettet. Die Schnittdicke betrug 8 bis 12 µm. Nach einer Stunde Streckzeit bei 40 °C konnten die Präparate mikroskopiert werden.

2.2.2 Epidermispräparation

In einer feuchten Kammer wurden Blattstücke mit reifen Pseudothecien von M. brassicicola so unter den Deckel geklebt, daß austretende Ascosporen auf die Epidermis der Blattunterseite eines in der Kammer liegenden Rapsblattes fallen konnten. Nach 48 Stunden Inkubation bei 20 °C wurden Teile der Epidermis mit einer Pinzette abgezogen und auf einem Objektträger mit Lactophenol-Baumwollblau angefärbt.

2.2.3 Mikroskop und Fotografie

Mikroskopiert wurde mit einem ZEISS-Mikroskop Standard WL mit einer Differenzialinterferenzkontrasteinrichtung (DIC). Fotos wurden mit einer M 35-Aufsatzkamera, einer MC 63 Fotoautomatik von ZEISS und Kodak-Ektachrome-50 Kunstlichtfilmen angefertigt. Zur Isolierung von Einzelsporen diente ein inverses Mikroskop IM von ZEISS.

2.3 Kulturbedingungen zur Induktion der Sporulation in vitro

In Vorversuchen hatte sich gezeigt, daß Ascosporen nur vom schwarzen Mycel des Pilzes gebildet wurden. Auf KD-PDA-R waren sie selten und auf V8-Agar regelmäßig zu finden. In Ergänzung dieser Erkenntnisse wurde ein Versuch zum Einfluß des Lichtes auf die Sporulation durchgeführt:

Das schwarze Mycel vom Isolat Nr.2 wurde auf 20ml V8-Agar abgeimpft und bei 20 °C über Wasseragar in mit Parafilm verschlossenen Petrischalen inkubiert. Variante A wurde bei völliger Dunkelheit, B bei 24 h Tageslicht (OSRAM L 20 W/32 und L 20 W/25s) und C bei 12 h Tageslicht und 12 h Dunkelheit aufgestellt. Die Varianten D und E wurden genau wie B und C angesetzt, nur das Tageslicht wurde durch UV-Licht (Wellenlänge 350-400 nm) ersetzt. Die auf den Wasser-Agar gefallenen Ascosporen wurden bei Sporulationsbeginn 27 Tage nach dem Überimpfen unter dem inversen Mikroskop ausgezählt.

2.4 Prüfung der Saatgutverseuchung von Winterraps

Das Saatgut wurde nach verschiedenen Vorbehandlungen (Tab. 3) auf PDA+ABA ausgelegt. Es stammte aus einem stark mit M. brassicicola befallenen Bestand. Nach 14 Tagen Inkubation bei 20 °C wurden die ausgewachsenen Pilze bis zur Gattung bestimmt.

Tab. 3 Vorbehandlungen des Saatgutes von Winterraps zur Prüfung der Saatgutverseuchung

Variante	Behandlung				
	in H ₂ O waschen	15 Sek. in Ethanol 96 % tauchen	60 Sek. in Chlorix 10 % tauchen	Ronilanbeize	Sumisclexbeize
A	X ¹⁾				
B	X	X			
C	X		X		
D	X	X	X		
E	X			X	
F	X				X
G				X	
H					X

1) Durchgeführte Behandlung

2.5 Kultur der Versuchspflanzen

2.5.1 Pflanzenmaterial

Winterraps und Weißkohl wurden aus thiramgebeiztem Originalsaatgut der Züchter angezogen (Tab. 4). Für die epidemiologischen Untersuchungen und die Fungizidprüfungen wurden die Weißkohlsorten Lennox und Bartolo gepflanzt. Saatgut für die Prüfung der Anfälligkeit von Wildkräutern, Kulturcruciferen und deren Wildformen (Tab. 5) stammten aus Saatgutsammlungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Braunschweig) und der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (Braunschweig). Die Wildkohlproben kamen aus dem Zentralinstitut für Genetik und Kulturpflanzenforschung (Gatersleben, DDR). Dieses Saatgut war ungebeizt.

Für eine Gewächshausprüfung von Wildkräutern auf ihre Anfälligkeit gegenüber M. brassicicola wurden die Arten Capsella bursa-pastoris (L.) MED., Thlaspi arvense L., Sinapis arvensis L., Raphanus raphanistrum L., Lepidium campestre (L.) R.BR., Diplotaxis muralis (L.) DC. und als Kontrolle Brassica oleracea L. convar. capitata (L.) ALEF. var. capitata L. f. alba 'Lennox' zwei Wochen nach dem Pikieren inokuliert (vgl. 2.6.1) und 30 Tage später die relative Befallshäufigkeit festgestellt.

Die in Tab. 5 angegebenen Arten wurden einem Keimblatt-Test unterzogen (vgl. 2.6.3).

Tab. 4 Sorten für die Sortenprüfung von Weißkohl auf ihre Anfälligkeit gegenüber M. brassicicola

Sorte	Züchter ¹⁾	Prüfjahr	Vorgesehener Erntetermin
Amager	GZG	1987/1988	Okt./Nov.
Apex	NZ	1987/1988	Sept.
Atria	RS	1987	Okt./Nov.
Bartolo	Bejo	1987/1988	Okt./Nov.
Big Ben	Bejo	1987/1988	Okt./Nov.
Bingo	Bejo	1988	Okt./Nov.
Bison	NZ	1987/1988	Sept./Okt.
Brutus	Bejo	1987	Okt./Nov.
Carlton	Bejo	1988	Sept./Okt.
Castello	NZ	1987/1988	Aug./Sept.
Davos	ZP	1988	Sept./Okt.
Duron	NZ	1988	Okt./Nov.
Erdeno	ZP	1987/1988	Okt.
Ergon	NZ	1988	Okt./Nov.
Fidelio	Bejo	1988	Okt./Nov.
Fieldforce	Bejo	1987	Aug.
Fornax	RS	1987/1988	Okt.
Freshma	GZG	1987/1988	Aug./Sept.
GZG 103	GZG	1987/1988	Okt.
GZG 105	GZG	1988	Okt./Nov.
Galaxy	RS	1987/1988	Okt./Nov.
Gradema	GZG	1988	Okt./Nov.
Grenadier	ZP	1987	Sept.
Hidena	Bejo	1987/1988	Sept.
Hinova	Bejo	1987/1988	Okt.
Histanda	Bejo	1987	Aug./Sept.
Hitstar	NZ	1987/1988	Sept.
Horizon	RS	1987/1988	Sept./Okt.
Hyjula	Bejo	1987/1988	Aug./Sept.
Inzell	SG	1987	Sept./Okt.
Krautking	Bejo	1987	Sept./Okt.
Krautkaiser	Bejo	1987/1988	Okt.
Krautmann	Bejo	1987/1988	Sept./Okt.
Krautpacker	Bejo	1987/1988	Sept.
Krautprinz	Bejo	1987	Okt.
Lennox	Bejo	1987/1988	Okt./Nov.
Magnum	RS	1987	Okt.
Manrico	Bejo	1987/1988	Okt./Nov.
Marathon	SG	1987/1988	Okt./Nov.
Marner Dauerweiß	GZG	1987	Okt./Nov.
Marner Lagerweiß	GZG	1987/1988	Okt./Nov.
Marner September	GZG	1987/1988	Sept.
Marvellon	NZ	1988	Aug./Sept.
Mastodon	SG	1987	Okt.
Menza	RS	1987	Sept./Okt.
Metino	RS	1987/1988	Aug./Sept.
Minicole	Bejo	1987/1988	Aug./Sept.

Tab. 4 Fortsetzung

Sorte	Züchter	Prüfjahr	Vorgesehener Erntetermin
Olympiade	Bejo	1988	Okt.
Octoking	NZ	1987	September
Paloma	GZG	1988	Sept./Okt.
Pedrillo	Bejo	1987	Aug./Sept.
Picolo	NZ	1987	Aug./Sept.
Pluton	ZP	1988	Sept.
Polinius	Bejo	1987/1988	Sept./Okt.
Predena	Bejo	1987	Sept.
President	Bejo	1988	Okt./Nov.
Provit	RS	1987/1988	Okt./Nov.
Quisto	ZP	1987/1988	Sept.
Ramco	ZP	1987/1988	Sept./Okt.
Rinda	RS	1988	Aug./Sept.
Rodolfo	Bejo	1987/1988	Sept.
Sagitta	RS	1987	Okt.
Selma	GZG	1988	Sept./Okt.
Slawdena	Bejo	1987/1988	Sept./Okt.
Sphinx	RS	1987/1988	Okt./Nov.
Stardon	ZP	1987/1988	Okt./Nov.
Starkwinter	NZ	1988	Okt./Nov.
Straton	NZ	1988	Sept./Okt.
Strukton	NZ	1987/1988	Okt.
Winston	SG	1988	Okt./Nov.
Zerlina	Bejo	1987/1988	Sept./Okt.

1) Abkürzungen der Züchter:

Bejo: Bejo Zaden B.V.,
Niederlande

GZG : Gemüse-Zucht-Genossenschaft
Marne, BR Deutschland

NZ : Nickerson Zwaan,
Niederlande

RS : Royal Sluis, Niederlande

SG : Sluis & Groot,
Niederlande

ZP : Zwaan Pannevis, Niederlande

Tab. 5 Kultivierte Cruciferen und deren Wildformen, die auf ihre Anfälligkeit gegenüber M. brassicicola geprüft wurden

Art	Herkunft	Bearbeitungs- stufe	Nummer ¹⁾
<u>Brassica carinata</u> BRAUN	Aethiopien	Wildtyp	034 482
	Aethiopien	Oekotyp	054 107
	Pakistan	Wildtyp	034 477
<u>Brassica juncea</u> (L.) CZERN.	Aethiopien	Cv. Vitasso	022 240
	Indien	Linie	034 239
	Bundesrep. Deutschland	Oekotyp	034 252
<u>Brassica nigra</u> (L.) KOCH	Türkei	Linie	034 223
	Italien	Oekotyp	034 179
	Bundesrep. Deutschland	Cv. Denmark	016 250
	---	2)	Wildtyp
<u>Brassica oleracea</u> L.	---	Wildtyp	BRA 259/83
	---	Wildtyp	BRA 101/85
	---	Wildtyp	BRA 101/85
<u>Brassica rapa</u> L. var. <u>silvestris</u> (LAM.) BRIGGS	Bundesrep. Deutschland	Cv. Perko PVH (Winterrübsen)	007 313
	Schweden	Cv. Kasper (Winterrübsen)	049 363
	Bundesrep. Deutschland	Cv. Saturn (Sommerrübsen)	034 815
	Spanien	Wildtyp	032 855
<u>Crambe abyssinica</u> HOCHST. ex R.E. FRIES.	Polen	Oekotyp	030 347
	Bundesrep. Deutschland	Cv. Prophet	034 316
	Polen	Cv. Tetra posnansca	028 683
<u>Raphanus sativus</u> L. var. <u>oleiformis</u> PERS.	England	Cv. Neris	028 961
	Bundesrep. Deutschland	Cv. Mira	034 322
	Frankreich	Landsorte	034 485
<u>Sinapis alba</u> L.	Dänemark	Cv. Danska	034 499
	Türkei	Wildtyp	034 571

1) Registrationsnummer der Saatgutsammlungen

2) --- = Herkunft unbekannt

2.5.2 Gewächshaus und Freiland

Das Saatgut wurde in Anzuchterde (FLORATON 3) ausgesät und bei 20 °C zum Keimen gebracht. Nach einer Woche wurden die Pflanzen in mit gärtnerischer Kulturerde (FLORATON 2) gefüllte Kunststofföpfe (Durchmesser 8 bis 14 cm, je nach geplanter Kulturzeit) pikiert. Die weitere Kultur erfolgte bei 15 bis 20 °C.

Die Düngung der Pflanzen erfolgte nach Bedarf mit einem Volldünger. In den Wintermonaten bekamen sie 16 h/Tag Zusatzlicht (8000 Lux).

Winterraps und Weißkohl (gepflanzt) wurden für die Freilandversuche grundsätzlich unter praxisorientierten Bedingungen angebaut.

2.6 Inokulationsmethoden

2.6.1 Inokulum aus Pflanzenmaterial

Für Freilandversuche wurden getrocknete, mit M. brassicicola befallene Weißkohlblätter als Inokulum benutzt. Sie wurden im November für das darauffolgende Jahr gesammelt, bei 20 °C getrocknet und so bis zur Inokulation aufbewahrt. In Abwandlung der Methode von VAN DEN ENDE (1986) wurde das getrocknete Blattmaterial pulverisiert. So konnte die Menge des Inokulums genau ausgewogen und gleichmäßig auf die Versuchsvarianten verteilt werden. Bei Weißkohl wurde 5 g Inokulum je Pflanze ausgebracht, bei anderen Kulturen 30 g/m².

Da die Inokulation nur erfolgreich verläuft, wenn mindestens drei bis vier Tage hohe Feuchtigkeit herrscht, mußte entweder eine feuchte Periode ausgenutzt oder nach der Inokulation vier Tage künstlich beregnet werden.

Im Gewächshaus wurden die Versuchspflanzen unter eine Drahtkonstruktion gestellt, auf die getrocknete Kohlblätter mit reifen

Pseudothecien gelegt wurden. Durch Abdecken mit einer PE-Folie wurde die Feuchtigkeit für sieben Tage so erhöht, daß der Pilz sporulieren und infizieren konnte.

2.6.2 Mycelsuspension

In Abwandlung der Methode von NELSON und POUND (1959) wurden vier 30 Tage alte PDA-Kulturen des Pilzes mit dem Nährmedium und 100 ml Wasser eine Minute püriert und die Suspension mit einem Pinsel auf die Blattober- und Unterseiten der zu inokulierenden Blätter aufgetragen. Durch Abdeckung mit einer PE-Folie wurden die inokulierten Pflanzen sieben Tage hoher Luftfeuchtigkeit ausgesetzt. Die Temperatur durfte in dieser Zeit 25 °C nicht überschreiten. Nach dem Abnehmen der Folie und einer zweistündigen Akklimatisationszeit wurden die Pflanzen zur Entfernung der PDA-Reste abgeduscht.

2.6.3 Inokulation von Kotyledonen

Der Pilz wurde 30 Tage auf PDA vorkultiviert, die Kolonien eine Minute mit Wasser überschichtet und dann Mycelscheiben mit einem Durchmesser von vier Millimetern ausgestochen. Diese wurden auf die Oberseite der Kotyledonen gesetzt. Auch diese Pflanzen wurden sieben Tage hoher Luftfeuchtigkeit ausgesetzt (vgl. 2.6.2).

2.7 Befallsbonituren

Für Freilandbonituren wurde in Anlehnung an den natürlichen Befallsverlauf ein Schema mit den Bewertungsstufen 1 bis 9 entworfen. Diese Bewertungsstufen lassen sich für eine bessere Verrechnung auch in Prozent sichtbar befallener Blattfläche ausdrücken (Abb. 5).

Im Gewächshaus wurde der Anteil der Fläche eines behandelten Blattes mit Befallssymptomen in Prozent geschätzt und im Lager der prozentuale Anteil der Kopfoberfläche.

Beim Winterraps wurde die befallene Blattfläche in Prozent geschätzt.

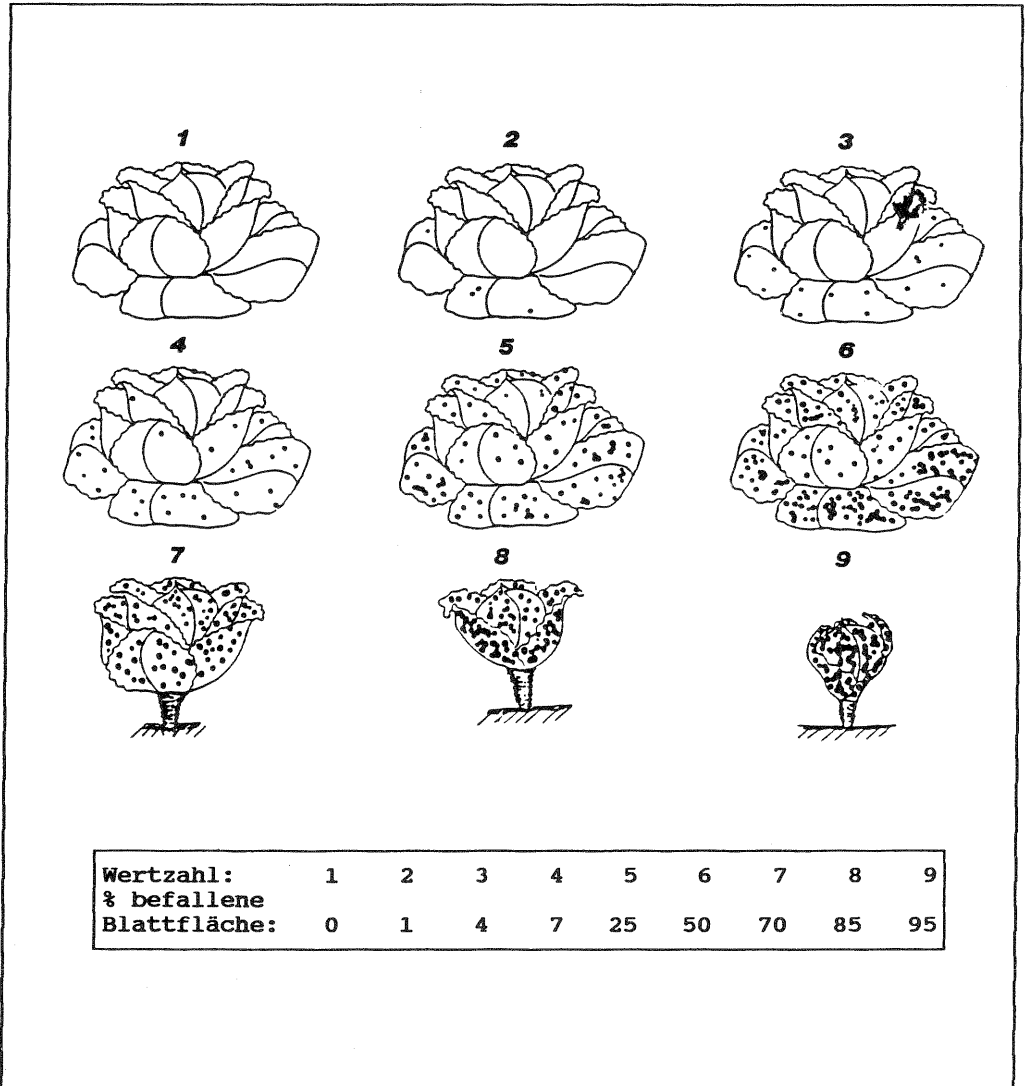


Abb. 5 Boniturschema für Befallsbonituren von *M. brassicicola* an Weißkohl

2.8 Pathogenitätstest

Alle in Tab. 3 aufgeführten Isolate wurden auf ihre Pathogenität an der Weißkohlsorte Lennox untersucht. Je Isolat wurden die Laubblätter zwei bis fünf (vom Hypocotyl aus gezählt) von vier 30 Tage alten Pflanzen inokuliert (vgl. 2.6.2). Zu diesem Zeitpunkt waren die Pflanzen im 8-Blattstadium. Nach weiteren 30 Tagen konnten die Pflanzen bonitiert werden.

2.9 Untersuchungen zum Sporenflug

2.9.1 Sporenfallen

Die Ascosporenzahl/m³ Luft wurde auf einer Versuchsfläche in Braunschweig in den Monaten Dezember 1988 und Januar 1989 mit einer BURKHARD-Sporenfalle (Abb. 6) stündlich ermittelt.

Ein zweiter Fallentyp war eine von einer Energieversorgung unabhängige Sporenfalle nach RACK (1957) (Abb. 7). Sie wurde mit Objektträgern bestückt, die mit DX-Folie beschichtet waren und zweimal wöchentlich ausgetauscht wurden. Die Auswertung erfolgte durch Auszählung von 300 mm² des Objektträgers. Fallen diesen Typs waren 1988 in den Monaten Juli bis Oktober auf Kohlflächen in Braunschweig, Dithmarschen und Fehmarn aufgestellt.

2.9.2 Erfassung epidemiologisch relevanter Daten

Neben den Sporenfangergebnissen wurden an den Versuchsorten folgende Wetterdaten erfaßt:

- Temperatur [°C]
- Relative Luftfeuchtigkeit [%]
- Niederschlagsmenge [mm/d]
- Windstärke [m/s]

Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit wurden direkt im Pflanzenbestand erhoben, in Klassen unterteilt (Temperatur in 5 °C- und relative Luftfeuchtigkeit 10 %-Abstufungen) und die tägliche Stun-

denzahl je Klasse bestimmt. In Dithmarschen konnten die täglichen Niederschlagsmengen ebenfalls vor Ort ermittelt werden. Alle anderen Werte stammten von Wetterstationen in Braunschweig (BBA), Heide/Dithmarschen und Puttgarden/Fehmarn (Deutscher Wetterdienst, 1988).

Während der Fangzeit mit der BURKHARD-Falle wurde mit einem Schreiber der Fa. LUFFT zusätzlich die Blattbenetzungsdauer [h/d] festgehalten.

2.9.3 Auswertung der Sporenfänge

Die Sporenfangergebnisse wurden grafisch dargestellt und mit den Wetterdaten verglichen. Berechnet wurden die Pearson'schen Korrelationskoeffizienten bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=5\%$ und die multiple Regression mit dem höchsten Bestimmtheitsmaß nach einer Methode der schrittweisen Eliminierung von Regressoren mit geringer Bestimmtheit.



Abb. 6 Eine BURKHARD-Sporenfalle im Einsatz, neben der Falle ist der LUFFT-Blattnässeschreiber zu erkennen.

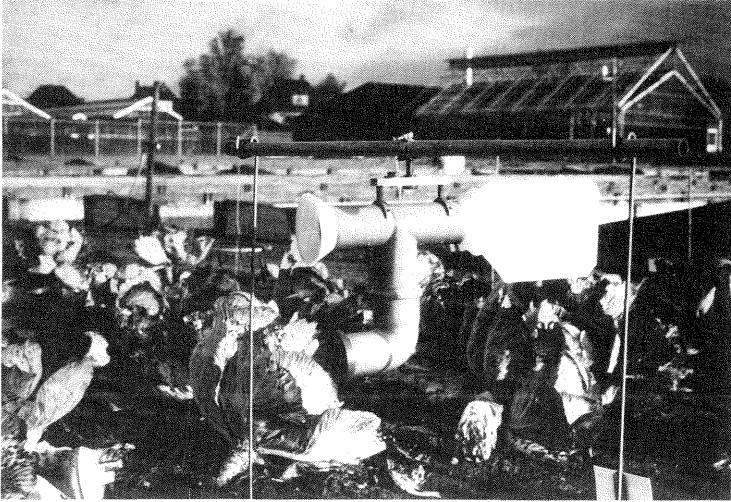


Abb. 7 Eine Sporenfalle nach RACK (1957) auf der Versuchsfläche in Braunschweig

2.10 Prüfung der Bedeutung benachbarten Anbaus von Kohl und Winterraps für die Epidemiologie des Erregers

Auf einer Versuchsfläche wurden vier Parzellen am 28.08.87 mit den Rapsorten Ceres, Lirabon, Liporta, Doral und Jet Neuf eingesät (Abb. 8). Am 08.09.87 waren die Rapspflanzen im 1- bis 2-Blatt-Stadium (EC 15, EC 17) und konnten inokuliert werden (vgl. 2.6.1). Parzelle A wurde mit befallenen Kohlhäckseln inokuliert, Parzelle B mit infizierten Rapsschoten versetzt, Parzelle C war unbehandelt und in Parzelle D wurde das fruchtkörperfreie Mycel 30 Tage alter Kulturen in den Boden eingearbeitet (1 Platte/m²). Die Bonitur des Rapses erfolgte am 11.11.87.

Die freien Flächen zwischen den Parzellen wurden zwei Wochen nach der Inokulation mit Winterraps 'Jet Neuf' eingesät und im Mai 1988 wieder umgebrochen, um mit drei Weißkohlsorten bepflanzt zu werden. 'Tam-Tam' (früh), 'Octoking' (mittelfrüh) und 'Lennox' (spät) sind alle hochanfällig und wurden alternierend um die Rapsparzellen herum gepflanzt. Beobachtet wurde, wann und wo erstmals Infektionen durch M. brassicicola am Kohl auftraten.

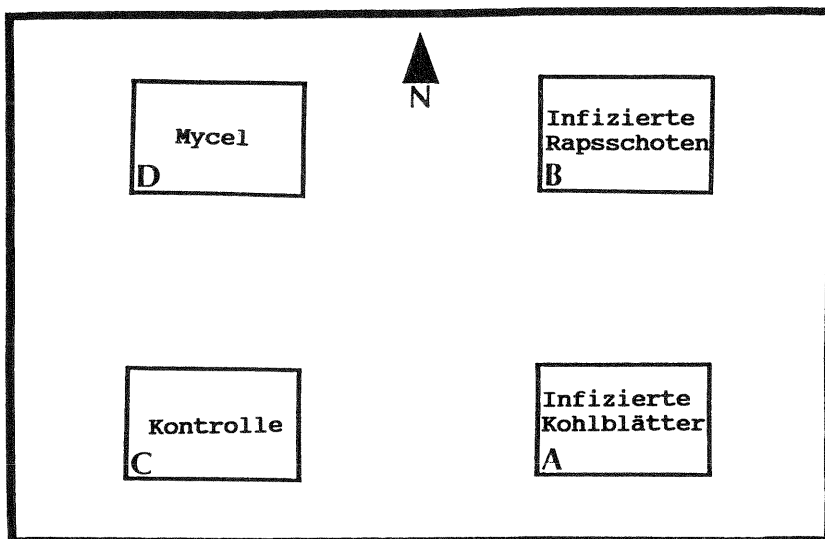


Abb. 8 Anlage des Versuchs zur Prüfung der Bedeutung benachbar-
ten Anbaus von Winterraps und Weißkohl für die Epidemiologie von
M. brassicicola

2.11 Bodenbehandlungen zum Nachweis der Überdauerung des Patho- gens an infizierten Pflanzenresten

Eine Versuchsfläche, auf der 1987 mit M. brassicicola befallener Weißkohl stand, wurde in drei Abschnitte unterteilt. Die Pflanzenreste wurden auf der Fläche belassen. Variante A wurde nach der Ernte umgebrochen, Variante B wurde nicht bearbeitet und Variante C flach gefräst, so daß hier nur ein Teil des Pflanzenmaterials untergearbeitet wurde. Am 01.06.88 wurden alle drei Teilflächen flach gefräst und mit 'Lennox' bepflanzt. Bonitiert wurden die relative Befallshäufigkeit und die Befallsstärke bei Befallsbeginn.

2.12 Bedingungen zur Lagerung von Weißkohl

In drei Lagerräume mit den Temperaturen 0, 4 und 8 °C (+/- 0.5 °C) wurde Weißkohl 'Bartolo' aus Dithmarschen mit einem gleichmäßigen Vorbefall von 20 % der Kopfoberfläche eingelagert, um die Auswirkungen unterschiedlicher Lagerungsbedingungen auf den Krankheitsverlauf zu untersuchen. Die relative Luftfeuchtigkeit lag bei den Temperaturen 0 und 4 °C zwischen 95 und 100 %, bei 8 °C zwischen 90 und 100 %. Variante A wurde ohne weitere Behandlung eingelagert, Variante B wurde vor der Einlagerung abgeblattet, so daß der sichtbare Befall unter 1 % der Kopfoberfläche fiel.

Die Varianten C und D entsprachen A und B, wurden nur zusätzlich bei der Einlagerung mit einer 0,15 %igen Tecto fl.-Lösung (45,1 % Thiabendazol) behandelt.

Die Lagerzeit betrug drei Monate. Bonituren wurden in dreiwöchigem Abstand vorgenommen. Bei Ein- und Auslagerung wurden die Gewichte der Varianten zur Erfassung der Lagerverluste festgestellt.

Die Ausbreitung des Pilzes im Lager wurde in den drei Lagerräumen durch die zusätzliche Einbringung von Weißkohl der gleichen Sorte aus einem befallsfreien Anbauggebiet beobachtet. Die Hälfte dieser Köpfe hatte Kontakt zu befallenen Kohlköpfen und der Rest wurde frei gelagert.

2.13 Untersuchungen zur Wirksamkeit von Fungiziden

2.13.1 Wirkung auf das Wachstum in vitro

Die getesteten Fungizide (Tab. 6) wurden in Konzentrationen von 5×10^{-2} , 5×10^{-3} und 5×10^{-4} Prozent nach dem Autoklavieren in das Nährmedium (PDA) eingemischt. Als Kontrolle diente PDA mit 1ml Wasser (deion.) und eine ohne Zusätze angesetzte 0-Variante. Die Platten wurden mit dem Pilz beimpft, und die Koloniedurchmesser nach 20 Tagen Inkubation bei 20 °C bestimmt.

2.13.2 Freilandprüfung zur Wirkung auf den Befall von Weißkohl

Die Fungizide Derosal (0,5 l/ha), Folicur 250 EC (1 l/ha), Rovral (1 Kg/ha), Saprol (1 l/ha) und Tecto fl. (1,5 l/ha) wurden mit einer Wassermenge von 400 l/ha auf dem Versuchsfeld der GZG Marne (Dithmarschen) bei natürlichem Infektionsdruck auf ihre Wirksamkeit gegen den Erreger geprüft. Die Kontrolle wurde nicht behandelt. Die Wirkstoffbezeichnungen und -gehalte der Präparate sind Tab. 6 zu entnehmen.

Nach Befallsbeginn wurden die Pflanzen in ca. 20-tägigem Abstand behandelt. Bonituren (vgl. 2.7) erfolgten in drei- bis vierwöchigen Intervallen.

2.13.3 Ermittlung des Bekämpfungstermins auf der Grundlage von Sporenfangdaten

In diesem Versuch sollte die Wirksamkeit einer konventionellen Spritzfolge (vier Anwendungen während der Kulturzeit) mit einer durch Sporenfangdaten bestimmten Folge verglichen werden.

Zum Sporenfang diente eine Falle nach RACK (1957). Die Inokulation der Pflanzen fand am 03.08.88 statt (vgl. 2.6.1). Wegen geringen Anfangsbefalls wurde am 27.09.88 eine zweite Inokulation durchgeführt.

Variante A wurde mit Folicur 250 EC (1 l/ha, Wasseraufwand 400 l/ha) behandelt, sobald mehr als 3 Sporen pro Tag auf dem Objektträger gezählt wurden, wobei die letzte Behandlung mehr als 14 Tage zurückliegen mußte. Die Variante C wurde in gleicher Weise mit Rovral (1 Kg/ha, Wasseraufwand 400 l/ha) gespritzt. Die Varianten B (Folicur) und D (Rovral) wurden nach Befallsbeginn am 30.08.88 viermal im Abstand von 20 Tagen behandelt. Variante E (Kontrolle) wurde nicht behandelt.

Bonituren wurden in wöchentlichen Abständen vorgenommen.

Tab. 6 Fungizide, deren Wirkung auf M. brassicicola untersucht wurde

Wirkstoff- gruppe	Wirkstoff	Handels- präparat	Wirkstoff- gehalt [%]
Benzimidazol- carbamate (MCB)	Carbendazim	Derosal	36
	Thiabendazol	Tecto fl	45,1
Carbonsäure- imide	Iprodion	Rovral	50
	Procymidon	Sumisclex	50
	Vinclozolin	Ronilan	50
Heterocyclische Verbindungen	Dichlofluanid	Euparen	50
Piperazine	Triforine	Saprol	19
Triazole	Tebuconazol	Folicur 250 EC	25
	Triadimenol	Bayfidan	25

2.14 Statistische Auswertungen

Aus den Versuchswerten wurden die arithmetischen Mittelwerte errechnet, diese einer Varianzanalyse und Signifikanztests nach RYAN-EINOT-GABRIEL-WELCH mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=5\%$ unterzogen. Berechnungen und graphische Darstellungen wurden unter Zuhilfenahme eines Statistik-Softwarepakets (Statistical Analysis System (SAS USERS GUIDE, 1985), VAX-Version) erstellt.

3. ERGEBNISSE

3.1 Wachstum in vitro

Von 12 getesteten Medien (vgl. 2.1.1 und Tab. 1) förderten die PDA enthaltenden Nährböden das Wachstum am besten. Die Kolonien auf PDA hatten nach 20 Tagen bei 20 °C im Dunkeln im Mittel einen Durchmesser von 25 mm gefolgt von denen auf KD-PDA-W mit 24 mm. GSA, SMA, WA und BMA zeigten sich mit Mittelwerten von 14 mm bis 16 mm als wenig förderlich. Die Koloniedurchmesser auf den restlichen geprüften Medien lagen in einem Bereich zwischen 17 mm und 21 mm (Tab. 7).

Im Verlauf des Koloniewachstums zeigte sich sehr schnell eine Aufspaltung des Mycels in verschiedene Typen. Es wurden drei Formen nach ihrer Färbung unterschieden. Eine schwarze mit einem sklerotialen Mycel und dickwandigen, granularen und kurzen Zellen, eine weiße mit dünnwandigen, hyalinen und langgestreckten Hyphenzellen und eine graue Variante (Abb. 9 und 10). Das Wachstum des weißen Mycels wurde von den Medien PDA, KD-PDA-W, KE-PDA und SDA gefördert, während sich die schwarze Form besser auf V8-Agar und MA entwickelte. Das relativ schnell wachsende weiße Mycel konnte sich auf diesen Nährböden nur mit geringer Intensität ausbreiten.

Im Durchschnitt aller 27 getesteten Isolate lag das Temperaturoptimum mit einem Koloniedurchmesser von 16 mm, einem Minimum von 9 mm (Isolat 34) und einem Maximum von 25 mm (Isolat 27) bei 20 °C. Bei den Temperaturen 5 und 25 °C zeigte der Pilz mit Koloniedurchmessern von 6 und 8 mm im Durchschnitt ein geringes Wachstum. Bei 10 °C betrug der Durchschnitt der Koloniedurchmesser 9 mm und bei 15 °C 14 mm (Abb. 11).

Wirtsspezifische oder herkunftsbezogene Unterschiede zwischen den Pilzisolaten waren nicht zu erkennen. Deutlich war jedoch, daß der schwarze Myceltyp mit 7 mm am langsamsten wuchs, gefolgt von der grauen Form mit 9 mm und dem weißen Mycel mit 13 mm im Durchschnitt aller Temperaturen und Isolate. Die drei Myceltypen unterschieden sich in ihrer Wachstumsgeschwindigkeit signifikant.

Tab. 7 Wachstum von *M. brassicicola* auf verschiedenen Nährmedien

Nährmedium	Mittlerer Koloniedurchmesser [mm] ¹⁾	Standardabweichung
PDA	25 a	0,5
KD-PDA-W	24 a	0,9
CMA	21 b	1,1
KE-PDA	20 b c	1,6
KD-PDA-R	19 b c d	3,0
PDA-PEP	18 c d e	0,6
SDA	17 d e	2,3
V8	17 d e f	1,1
GSA	16 e f g	0,5
SMA	15 f g	0,5
WA	15 g	0,9
BMA	14 g	0,6

1) Es sind die mittleren Koloniedurchmesser nach 20 Tagen Wachstum bei 20 °C angegeben. Ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede.

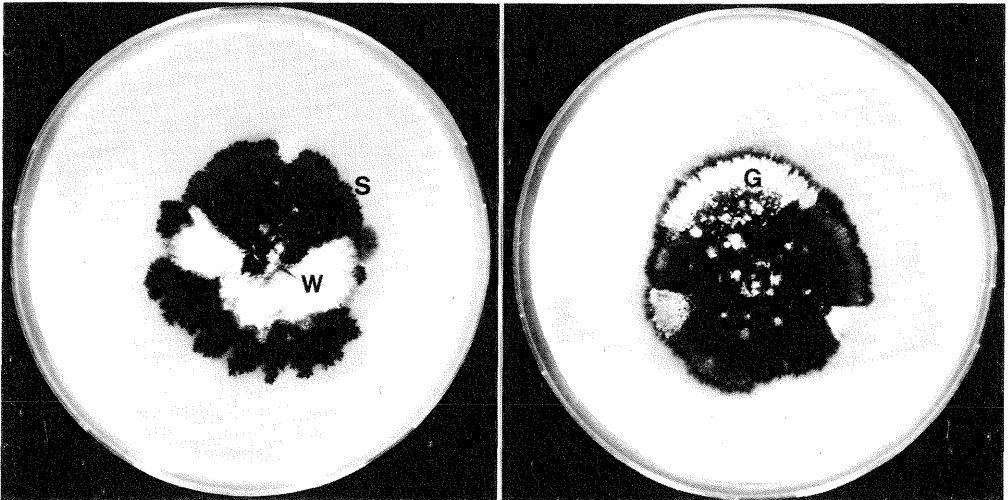


Abb. 9 Aufspaltung des Mycels von *M. brassicicola* in drei verschiedene Myceltypen. Schwarzes, generatives Mycel (S), weißes, vegetatives Mycel (W) und eine graue Mischform (G) auf V8-Agar 50 Tage nach dem Überimpfen.

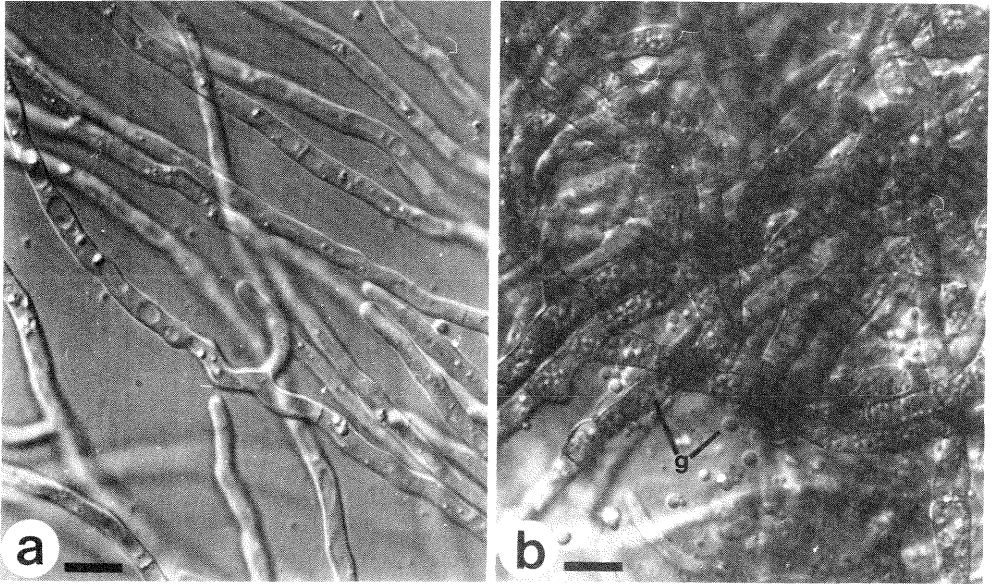


Abb. 10 Mikroskopische Aufnahmen der Hyphen des weißen Mycels (a) und des schwarzen Mycels (b). Die Hyphenzellen des schwarzen Mycels sind reich an granulären Strukturen (g). Maßstäbe entsprechen $10\ \mu\text{m}$

Das Temperaturoptimum lag für das schwarze Mycel zwischen $15\ ^\circ\text{C}$ und $20\ ^\circ\text{C}$, während die grauen und weißen Formen ihr Optimum bei $20\ ^\circ\text{C}$ hatten (Abb. 12).

Die Isolate 1, 3, 41 und 44 zeigten eine hohe Toleranz gegenüber dem getesteten pH-Bereich von 4,5 bis 7. Der mittlere Koloniedurchmesser aller vier Isolate bei den pH-Werten 5 und 5,5 unterschied sich signifikant von denen bei den restlichen geprüften pH-Werten. Das Optimum lag mit einem Koloniedurchmesser von 24 mm bei pH 5 und 5,5. Bei den pH-Werten 4 und 6 betrug der Koloniedurchmesser 23 mm. Bei 6,5 und 7 wurden im Mittel 22 mm nach 20 Tagen Inkubation bei $20\ ^\circ\text{C}$ im Dunkeln gemessen.

Alle vier Isolate zeigten die Tendenz zu einem besseren Wachstum bei pH-Werten unter 6 (Abb. 13).

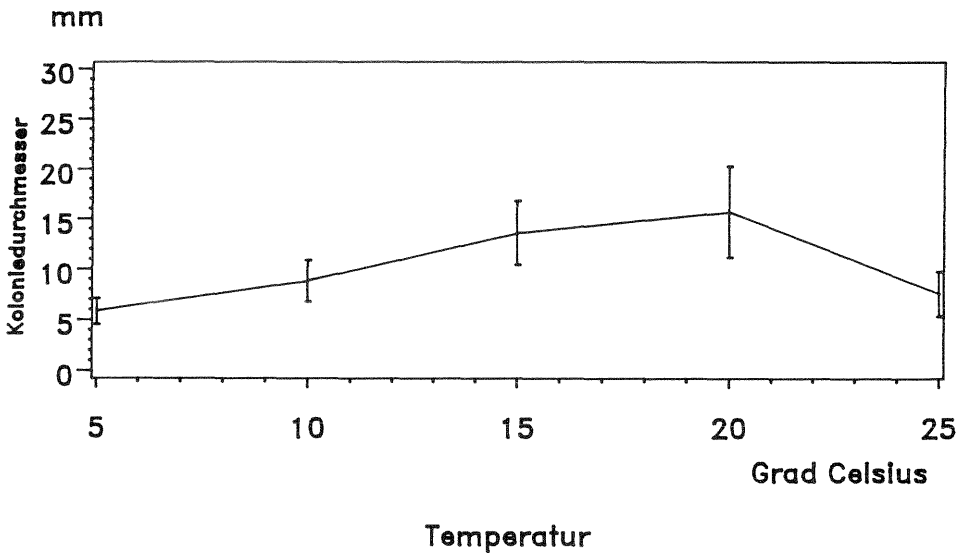


Abb. 11 Wachstum von *M. brassicicola* bei verschiedenen Temperaturen. Es sind die mittleren Koloniedurchmesser von 27 Isolaten nach 20 Tagen Inkubation auf PDA im Dunkeln dargestellt. Die senkrechten Linien geben die Standardabweichungen an.

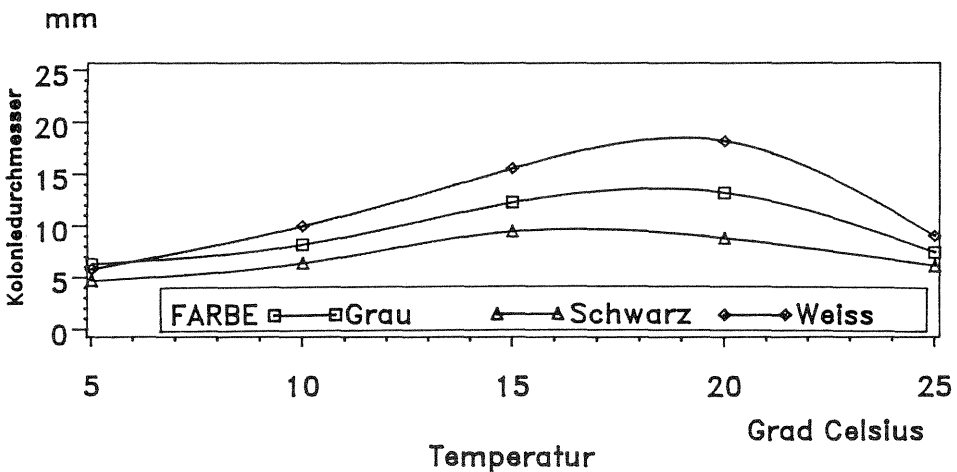


Abb. 12 Wachstum der drei Farbvarianten des Mycels von *M. brassicicola* bei verschiedenen Temperaturen nach 20 Tagen Inkubation im Dunkeln auf PDA.

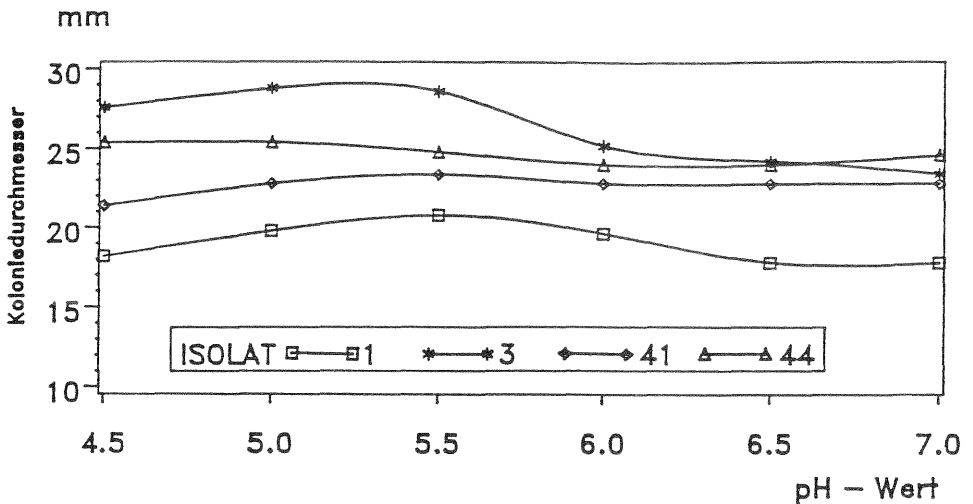


Abb. 13 Wachstum der Isolate 1, 3, 41 und 44 bei unterschiedlichen pH-Werten. Es sind die Mittelwerte der Koloniedurchmesser nach 20 Tagen Inkubation bei 20 °C im Dunkeln dargestellt.

3.2 Sporulation in vitro

Spermogonien und Spermastien wurden sowohl auf V8-Agar als auch auf PDA von vielen Isolaten gebildet. Spermastien waren 7 bis 10 Tage nach dem Abimpfen im jungen Mycel zu finden, allerdings nur in den schwarzen und grauen Formen.

Bei UV-Licht mit einem Hell-Dunkel-Rhythmus von 12h/12h war mit 524 Ascosporen im Durchschnitt eine erfolversprechende Produktion festzustellen. Dieser Wert unterschied sich signifikant von den Mittelwerten der restlichen Beleuchtungsvarianten. Sporulation fand noch in den Varianten A (vgl. 2.3) mit 202 Sporen im Mittel und in der Variante C mit 110 Sporen statt. Bei den Varianten B und D war keine Sporulation festzustellen. Die Anzahl der ausgezählten Sporen variierte von Petrischale zu Petrischale um mehrere Hundert (Abb. 14).

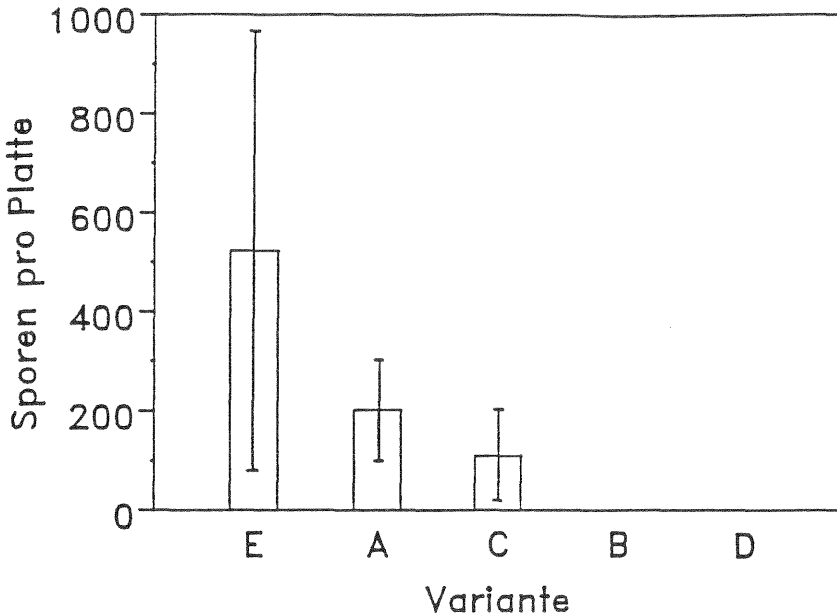


Abb. 14 Mittlere Anzahl in vitro produzierter Ascosporen. Die Kolonien wurden 27 Tage auf V8-Agar bei 20 °C inkubiert. Variante A wurde bei völliger Dunkelheit, B bei Tageslicht und C bei 12 h Tageslicht und 12 h Dunkelheit im Wechsel aufgestellt. Die Varianten D und E wurden analog zu B und C inkubiert, nur das Tageslicht wurde durch UV-Licht (350-400 nm) ersetzt.

3.3 Entwicklung des Pilzes im Wirtsgewebe

3.3.1 Ascosporenkeimung und Penetration

Die beiden Zellen der Ascosporen keimten entweder terminal oder seltener lateral und nie gleichzeitig aus, sondern in mehrstündigem Abstand. Nach der Keimung konnte häufig die Bildung von Anastomosen zwischen den Keimhyphen verschiedener Ascosporen beobachtet werden (Abb. 15c). Die Keimhyphen drangen durch die Stomata in das Blatt des Wirtes ein (Abb. 15d). Oft schien es, als würden sie durch einen Tropismus geführt. In keinem Fall konnte ein Eindringen durch die gesunde Epidermis oder durch Verletzungen beobachtet werden. Von der Keimung der Ascosporen auf dem Blatt bis zur Ausprägung von Symptomen vergingen bei 20 °C 10 bis 14 Tage.

3.3.2 Spermogonien und Spermationbildung

Die Primordien der Spermogonien wurden bald nach der Ausprägung der ersten Symptome an der Wirtspflanze angelegt. Sie entwickelten sich aus einem Konglomerat von angeschwollenen, dickwandigen und durch viele Anastomosen verknüpften Hyphenzellen (Abb. 16b), und entstanden häufig im Bereich der Atemhöhle unterhalb eines Stomas (Abb. 16c).

Die Spermation wurden in großer Zahl von den spermatogenen Zellen an der Innenseite der zwei- bis dreischichtigen Peridie gebildet. Sie wurden in feuchtigkeitsgesättigter Atmosphäre aus dem reifen Spermogon gepreßt und sammelten sich auf dem Ostiolum als schleimiger Pfropf (Abb. 16c). Der Schleim löste sich in Wasser, so daß die Spermation verschwemmt wurden, sobald es frei auf der Blattoberfläche zur Verfügung stand. Eine Keimung von Spermation wurde nicht beobachtet.

3.3.3 Pseudothecien und Ascosporenbildung

Die Pseudothecien wurden parallel zu den Spermogonien angelegt. Äußerlich unterschieden sie sich von den rundlichen Primordien der Spermogonien anfangs nicht, nahmen jedoch nach wenigen Tagen ihre typische Birnenform an. Mit zunehmender Reife der Spermogonien konnte an den jungen Pseudothecien bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit eine intensive Bildung von Trichogynen beobachtet werden. An ihnen blieben die im Flüssigkeitsfilm auf der Blattoberfläche schwimmenden Spermation in großer Zahl haften (Abb. 17). Eine direkte Übergabe von Plasma und Kernmaterial (Plasmogamie) konnte nicht beobachtet werden.

Wenige Tage nach der Ausbildung von Trichogynen formierten sich in den Pseudothecien die ersten Asci (Abb. 18a) und reiften im Laufe der folgenden 10 bis 14 Tage heran. Die bitunicaten Asci enthielten 8 hyaline, bicelluläre Ascosporen. Deutlich waren auch die sich um diese Asci herum öffnenden Loculi erkennbar (Abb. 18b und 18c).

Bei ausreichender Feuchtigkeit zerplatzte der Exoascus, so daß sich der dehnbare Endoascus aus dem Ostiolum herausschieben konnte, um die Ascosporen mit dem breiteren Ende voran zu entlassen (Abb. 19). Sie wurden mehrere Millimeter in die Höhe geschleudert.

In feuchtigkeitsgesättigter Atmosphäre und bei 20 °C wurden 5 bis 6 Wochen nach der Infektion neue Ascosporen gebildet.

3.3.4 Bildung von Chlamydosporen

In vielen Fällen war *in vitro* und auch in infiziertem Blattgewebe die Bildung von dickwandigen, chlamydosporenähnlichen Zellen mit einem Durchmesser von 15 bis 20 µm zu erkennen (Abb. 20).

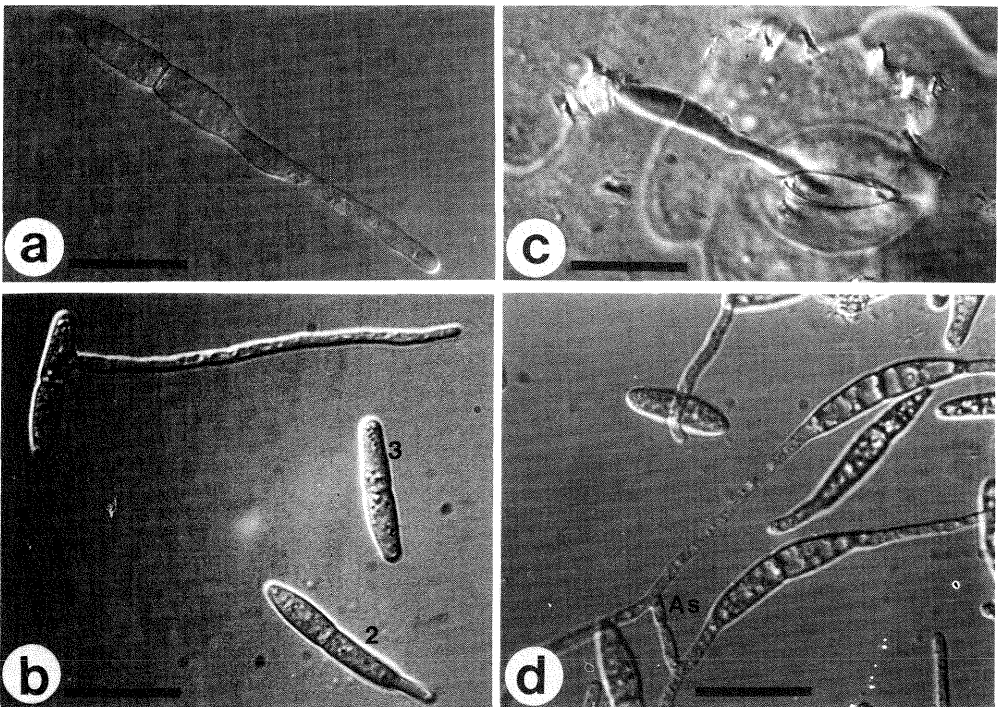


Abb. 15 Die beiden Zellen einer Ascospore von *M. brassicicola* keimten in mehrstündigem Abstand (a) entweder lateral (1) oder terminal (2), nachdem sie zwei Stunden gequollen (3) waren (b). Die Keimhyphen der auf der unteren Epidermis von Raps keimenden Ascosporen drangen durch die Stomata in das Blatt ein (c). Nach der Keimung war häufig die Bildung von Anastomosen (As) zwischen den Keimhyphen zweier Ascosporen zu beobachten (d). Maßstäbe entsprechen 20 µm

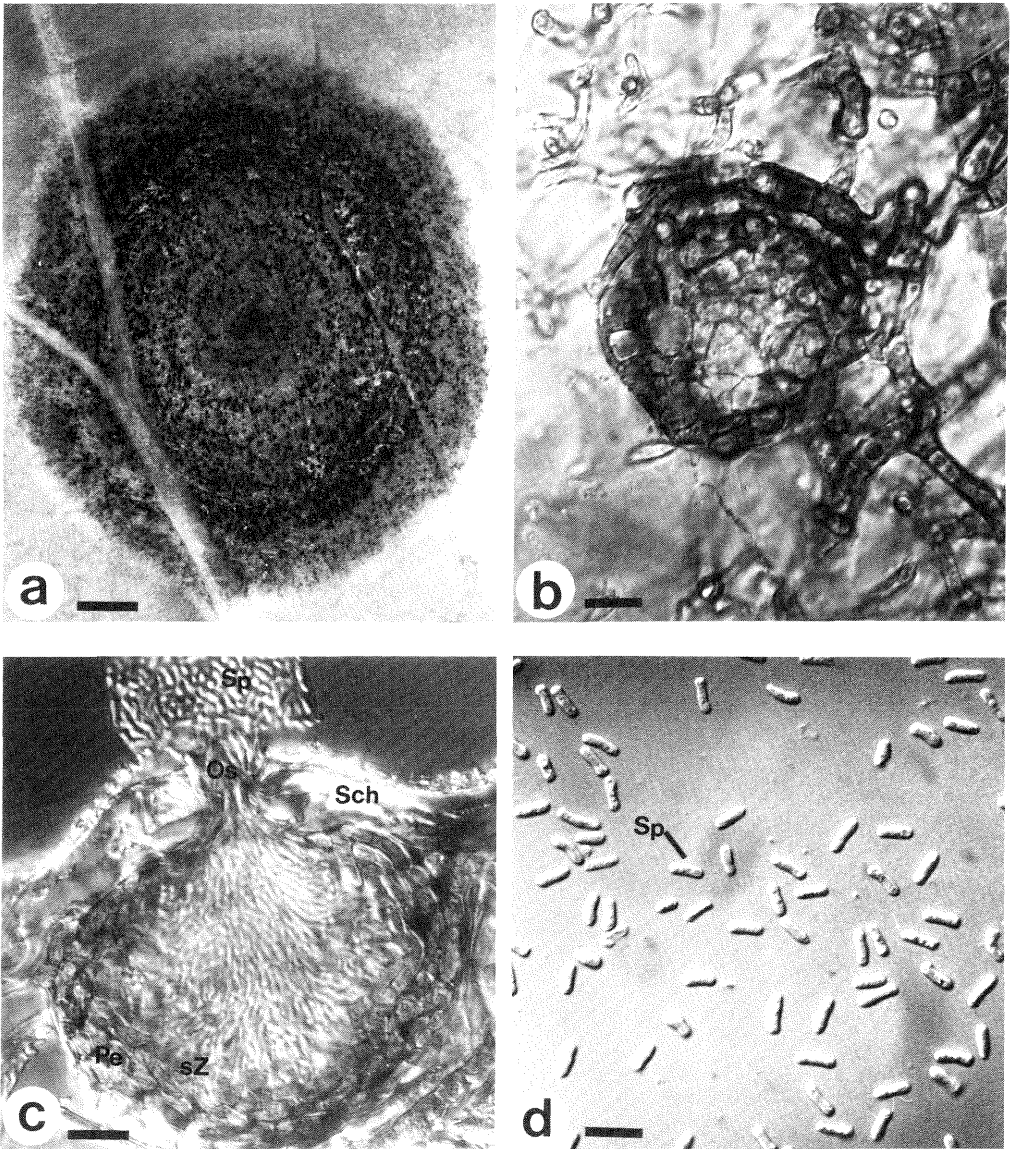


Abb. 16 Blattfleck von *M. brassicicola* auf einem Weißkohlblatt mit konzentrisch angeordneten Fruchtkörpern (a). Das Primordium eines Spermogons entsteht aus einem Konglomerat von dickwandigen Hyphenzellen (b). Das unterhalb eines Stomas liegende reife Spermogon drückt die Spermation in Ballenform aus dem Ostiolum (c). Die Spermation (d) werden von den spermatogenen Zellen an der Innenseite der zwei- bis dreischichtigen Peridie gebildet. Os=Ostiolum, Pe=Peridie, Sch=Schließzelle, Sp=Spermation, sZ=spermatogene Zellen, Maßstäbe: a = 0,25 cm; b = 10 μ m; c und d = 7 μ m

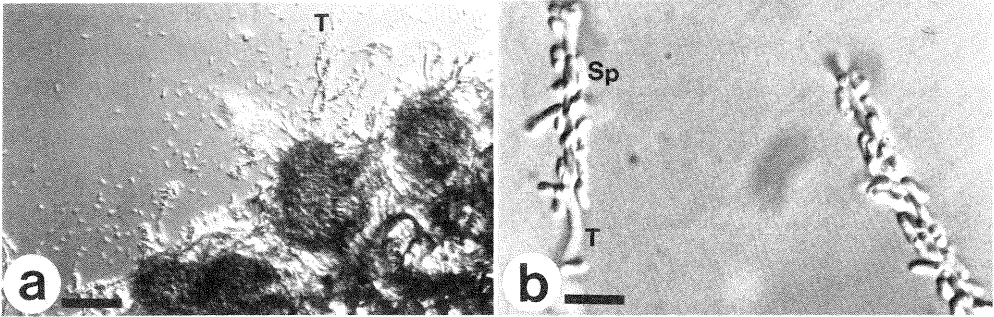


Abb. 17 Pseudothecien von *M. brassicicola* mit herausragenden Trichogynen (T), an denen in großer Zahl Spermastien (Sp) haften. Maßstäbe: a = 40 μm ; b = 7 μm

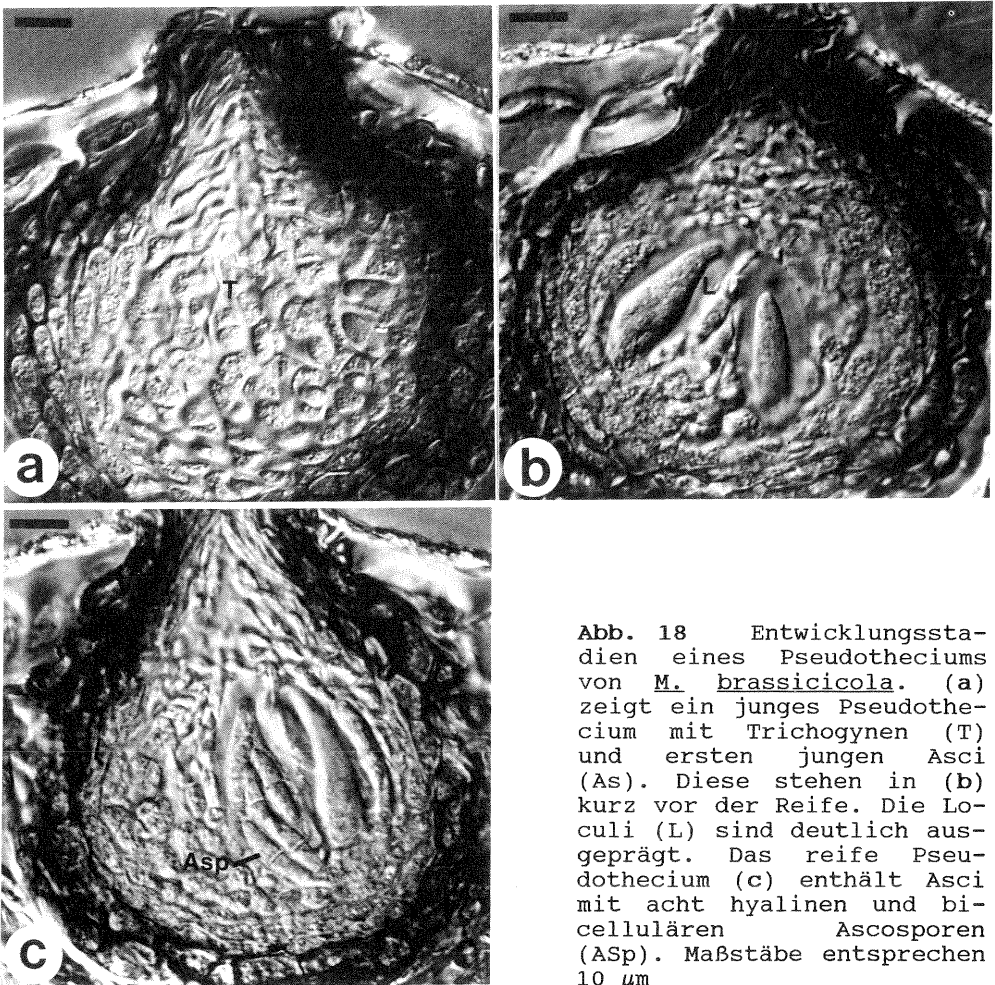


Abb. 18 Entwicklungsstadien eines Pseudotheciums von *M. brassicicola*. (a) zeigt ein junges Pseudothecium mit Trichogynen (T) und ersten jungen Ascis (As). Diese stehen in (b) kurz vor der Reife. Die Loculi (L) sind deutlich ausgeprägt. Das reife Pseudothecium (c) enthält Ascis mit acht hyalinen und bicellulären Ascosporen (Asp). Maßstäbe entsprechen 10 μm

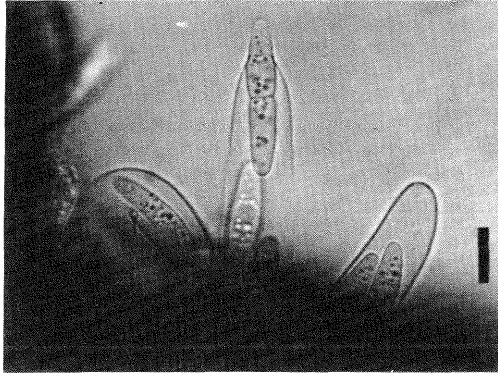


Abb. 19 Aus dem Ostiolum hervorquellende Endoasci. Der mittlere Ascus entläßt eine Ascospore. Maßstab entspricht $10\ \mu\text{m}$

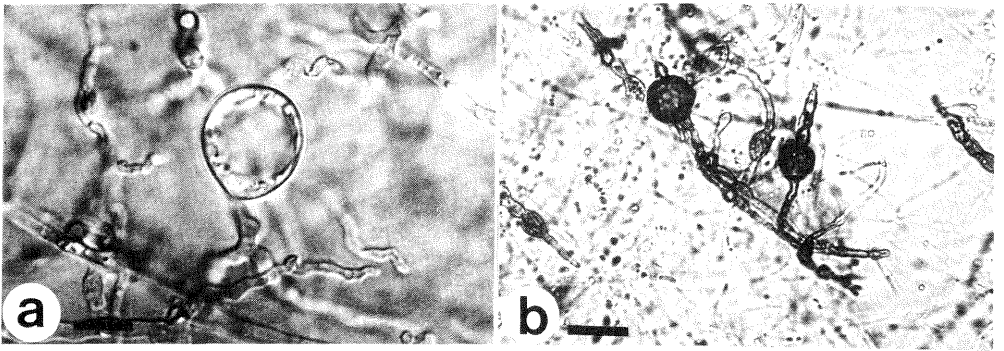


Abb. 20 Chlamydosporenähnliche Körper im Mycel von *M. brassicicola* in vitro. Diese Zellen wurden sowohl terminal als auch intercalar gebildet. Maßstäbe: a = $10\ \mu\text{m}$; b = $20\ \mu\text{m}$

3.4 Saatgutverseuchung von Winterraps

M. brassicicola war in keiner der acht untersuchten Varianten aus dem Saatgut zu isolieren (Tab. 8). Die Fungizidbehandlungen in den Varianten D bis H (vgl. 2.4) bewirkten eine gute Abtötung der saattgutübertragbaren Alternaria- und Phoma-Arten, so daß ein störender Einfluß dieser Pilze auf das Wachstum des Erregers ausgeschlossen werden konnte.

Tab. 8 Isolate aus Rapssaatgut, das von mit M. brassicicola infizierten Schoten gewonnen wurde

Variante ³⁾	Isolate in Prozent ausgelegter Samen					
	<u>Mycosph.</u> <u>br.</u>	<u>Alternaria</u> sp.	<u>Phoma</u> sp.	Bakterien	Sonst. ¹⁾	O.B. ²⁾
A	0	44	22	66	2	0
B	0	32	2	24	6	46
C	0	14	0	10	0	80
D	0	0	0	8	0	92
E	0	0	0	0	0	100
F	0	0	0	0	8	92
G	0	0	0	6	14	86
H	0	0	0	4	4	92

1) Hefen und nicht weiter bestimmte Penicillium- und Aspergillus-Arten

2) Ohne Befund, keine Mikroorganismen ausgewachsen

3) Varianten in 2.4 beschrieben

3.5 Eignung von Kotyledonen für Inokulationsversuche

In mehreren Versuchen wurde geprüft, ob durch eine gezielte Inokulation von Kotyledonen ein Schnelltest zur Bestimmung der Anfälligkeit von Weißkohlsorten gegenüber M. brassicicola entwickelt werden kann.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, daß Kotyledonen durch M. brassicicola genauso befallen werden können wie alle anderen grünen Pflanzenteile anfälliger Arten (Abb. 21). Voraussetzung für eine Infektion ist, daß das Längenwachstum der Kotyledonen zum Zeitpunkt der Inokulation abgeschlossen ist. Da dieser Termin spezies- und sortenabhängig ist, ist es äußerst schwierig, durch eine gezielte Inokulation von Kotyledonen Sortenunterschiede in der Anfälligkeit gegenüber dem Pathogen herauszuarbeiten. Bonitierbare Unterschiede können auf tatsächlichen Anfälligkeitsdifferenzen beruhen, aber auch nur durch einen unterschiedlichen Reifegrad (physiologisches Alter) der Kotyledonen zum Inokulationszeitpunkt entstehen.

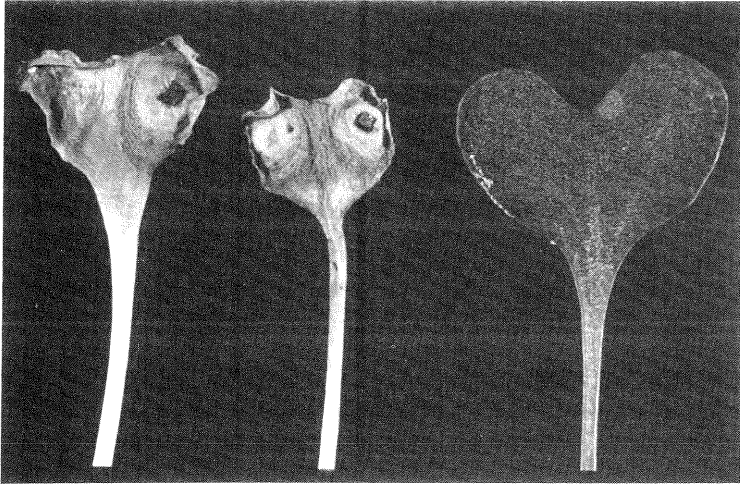


Abb. 21 Kotyledonen von Weißkohl 'Lennox', die mit Mycelstücken von M. brassicicola inokuliert worden waren, 14 Tage nach der Inokulation. Rechts ist ein gleichaltriges, nicht inokuliertes Keimblatt zu sehen.

3.6 Versuch zur Pathogenität

In diesem Versuch sollte geprüft werden, ob die von Winterraps gewonnenen Isolate in gleicher Weise pathogen an Weißkohl sind wie Isolate von Kohlarten.

Die einzelnen Isolate unterschieden sich sehr in ihrer Pathogenität (Abb. 22). Die Vergleichsisolate aus niederländischen Stammkulturen wiesen eine geringe Pathogenität (Isolat 41) auf bzw. waren nicht in der Lage Infektionen auszulösen (Isolat 40). Die Isolate aus Australien waren hingegen hochpathogen (Isolate 44 und 45).

Die von Winterraps gewonnenen Isolate (Isolate 3,5,6,7,9,17,59 und 74) waren in allen Pathogenitätsstufen wiederzufinden, und keines war apathogen an Weißkohl (Abb. 22).

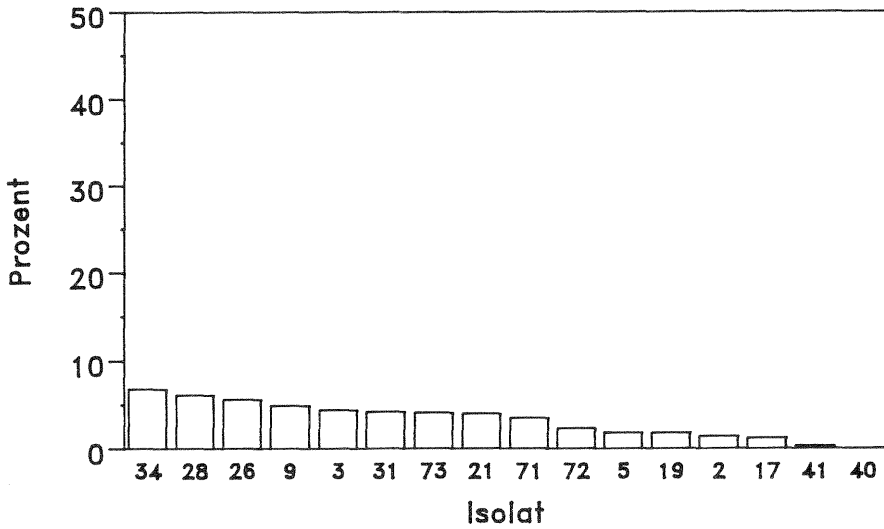
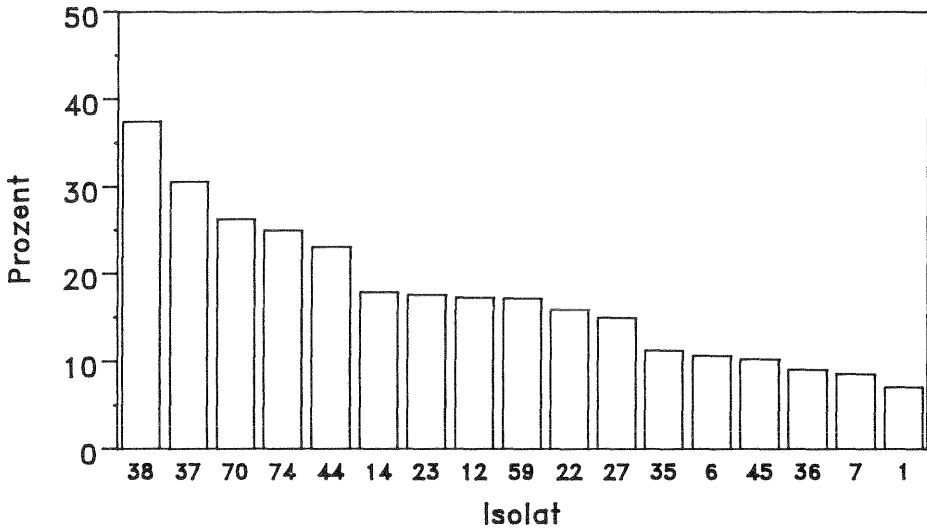


Abb. 22 Mittlerer Befall (% befallene Blattfläche) der inokulierten Blätter von Weißkohl 'Lennox' im Pathogenitätstest. Es wurden 33 Isolate (Tab. 2) geprüft.

3.7 Freilandbeobachtungen

Das erste epidemische Auftreten von M. brassicicola in der Bundesrepublik Deutschland ist 1985 in den Kohlanbaugebieten Schleswig-Holsteins beobachtet worden (RUDNICK, 1986). Nach Berichten von Landwirten war die Ringfleckkrankheit bereits 1984 in einzelnen Beständen aufgetreten. Der Pilz wurde in den Gemüseanbaugebieten Dithmarschen, Fehmarn, Glückstadt, Cuxhaven und Hamburg-Vierlanden nachgewiesen. 1987 konnte er auch einmalig in einem Weißkohlbestand in Clauen bei Hannover gefunden werden (Abb. 23).

1986 zeigten sich an Weißkohl im Anbaugbiet Dithmarschen am 21. Juni erste Befallssymptome in Form runder, graubrauner bis beiger Blattflecke mit einem Durchmesser von 5 bis 12 mm. Auf den Flecken waren in Form kleiner schwarzer Punkte in konzentrischer Anordnung Spermogonien und Pseudothecien zu erkennen. Diese nur an den unteren Blättern zu findenden Symptome wurden 1987 und 1988 erstmals am 27. Juni beobachtet (Abb. 24a).

Alle Kohlbestände, in denen zu dieser Zeit Befall beobachtet werden konnte, befanden sich in der Nähe von Winterrapsflächen. In diesen war immer unterschiedlich starker Befall mit M. brassicicola zu finden. In Einzelfällen war er an Blättern und Schoten so stark, daß Einbußen bei der Rapsernte zu erwarten waren (Abb. 26).

Im Verlauf der Vegetationszeit vollzog sich die Weiterentwicklung des Befalls im Weißkohl schubweise als Folge von mehrere Tage andauernden Feuchtigkeitsperioden mit Niederschlägen und Nebeltagen. 10 bis 14 Tage nach einer solchen Periode war der Neubefall deutlich zu erkennen. Zuerst waren nur auf den Außenblättern vereinzelte Flecke erkennbar. Mit zunehmendem Alter der Kohlpflanzen waren auch die oberen Blätter bis hin zu den Deckblättern und dem Kopf betroffen. Zu wirtschaftlich schädigendem Kopfbefall kam es in Nachbarschaft von Winterraps ab Ende August, sonst in den Monaten Oktober und November.

Die Blattflecke erreichten in der Regel einen Durchmesser von 1 bis 2 cm, in Einzelfällen auch 5 cm. Je mehr Flecke auf einem Blatt auftraten, desto kleiner waren sie. Ihre Form war rund bis

oval, soweit sie nicht durch Blattadern begrenzt wurden. Bei starkem Befall wuchsen die Blattflecke zusammen und bildeten flächige Nekrosen mit zahlreichen Fruchtkörpern. Diese Symptome gingen mit einer frühzeitigen Vergilbung der Blätter und vorzeitigem Blattfall einher.

Die Befallssymptome an den oberen Blättern und am Kopf des Weißkohls unterschieden sich erheblich von den oben beschriebenen Symptomen an den Außenblättern. Hier entstanden unregelmäßig geformte, schwarze und unterschiedlich große Flecke mit einem scharf abgegrenzten Rand. Diese als 'juvenile spots' (HARTILL, 1980) bezeichneten Flecke wuchsen langsam und stetig weiter, um nach mehreren Wochen Fruchtkörper auszubilden und eine den typischen Ringflecken ähnliche Struktur anzunehmen (Abb. 25).

Erstbefall an im August gesättem Winterraps war in den Jahren 1986 bis 1988 von Mitte Oktober bis Mitte November zu finden (Abb. 26a). Im Januar 1988 und Ende Februar 1989 war sowohl auf Fehmarn als auch in Dithmarschen eine starke Zunahme des Befalls im Raps zu beobachten. Zum Teil ähnelten die Blattflecke, die zu dieser Zeit am Raps auffielen, den oben beschriebenen "juvenile spots" (Abb. 25).

Die Verbreitung des Erregers im Laufe einer Vegetationsperiode erfolgte anemochor durch die Ascosporen. In zwei Fällen war jedoch auch eine anthropogen bedingte Verbreitung über infiziertes Pflanzgut zu beobachten.

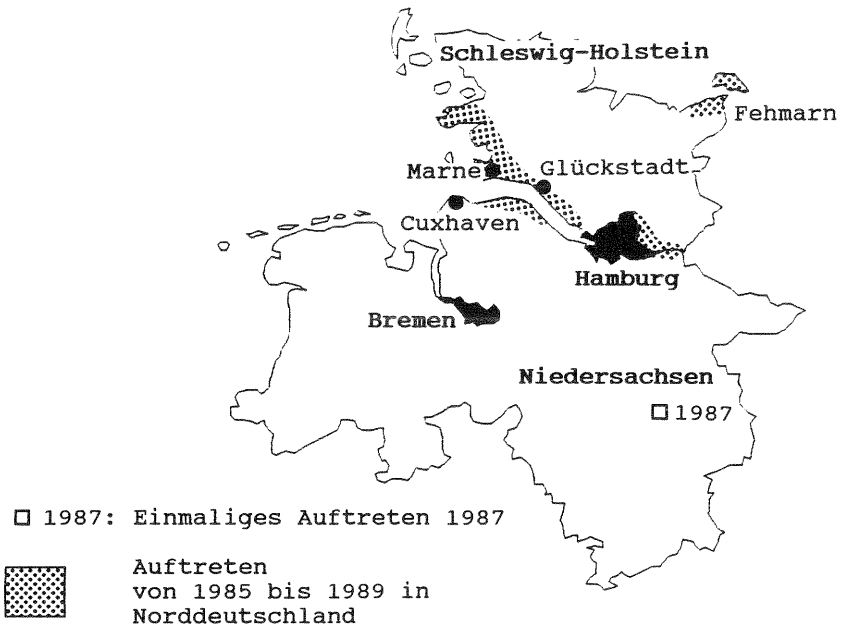


Abb. 23 Auftreten von *M. brassicicola* in Norddeutschland in den Jahren 1985 bis 1989

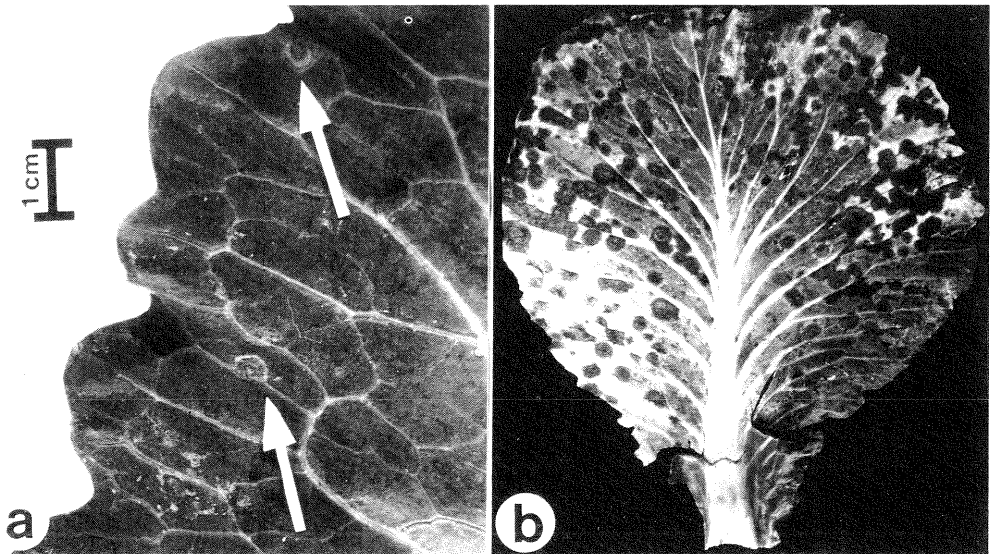


Abb. 24 Symptome von *M. brassicicola* an Weißkohl. a: Junge Flecke auf einem Weißkohlblatt (Aufn. 27.06.87). b: Stark befallenes Weißkohlblatt.

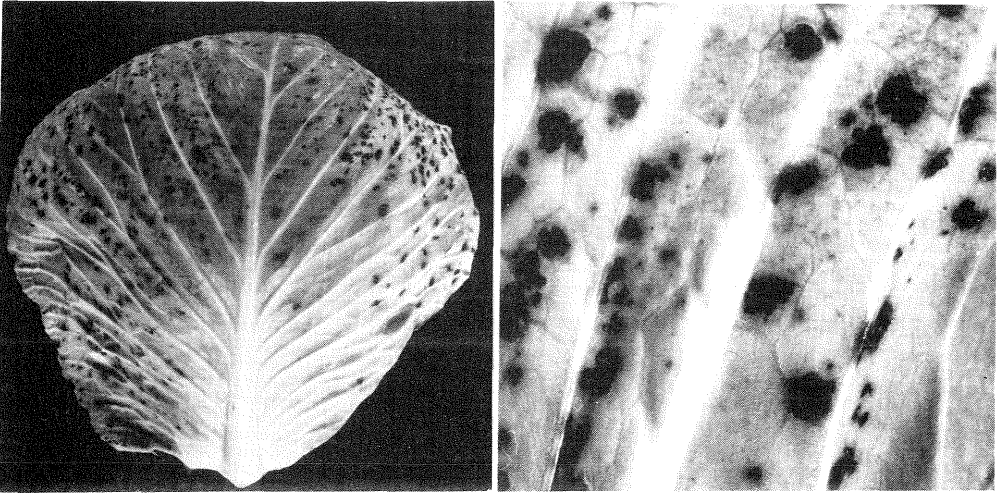


Abb. 25 'Juvenile spots' an einem Kopfblatt von Weißkohl (links Kopfblatt, rechts Blattflecke in natürlicher Größe)

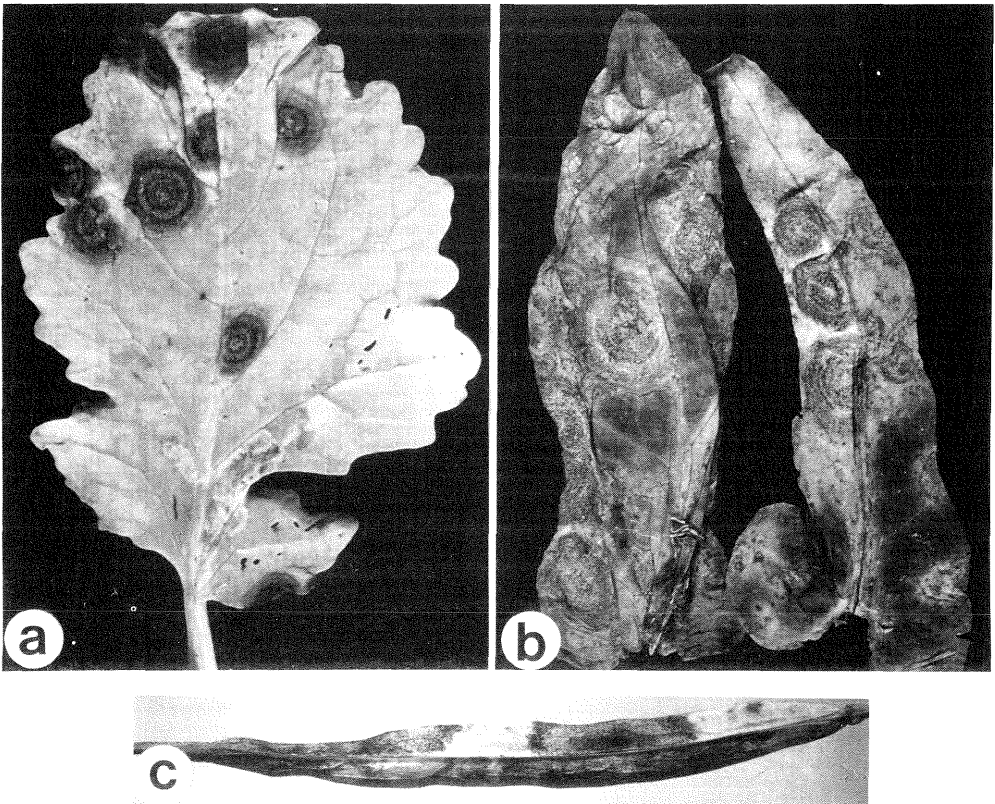


Abb. 26 Symptome von *M. brassicicola* an Blättern von Winterraps im November (a) und Juni (b) und an einer Schote (c).

3.8 Wirtspflanzenkreis

Die Pflanzenarten, an denen M. brassicicola beobachtet wurde, sind in Tab. 9 zusammengefaßt.

Die Symptome glichen in der Regel denen, die in 3.7 für Weißkohl und Raps beschrieben wurden. Ausnahmen bildeten Rosen- und Blumenkohl. Dort waren die Blattflecke auf den Blättern so dicht mit Fruchtkörpern besetzt, daß sie schwarz erschienen. Sie waren mit Durchmesser von 10 bis 15 mm kleiner als diejenigen auf Weißkohlblättern und von einem gelben Ring umgeben (Abb. 27a und 27c).

Beim Grünkohl entstanden häufig schwarzgraue, mit Spermogonien und Pseudothecien besetzte Blattrandnekrosen.

Tab. 9 Pflanzen, an denen M. brassicicola nachgewiesen wurde

Wissenschaftliche Bezeichnung	Deutscher Name
<u>Brassica carinata</u> BRAUN	Abessinischer Senf
<u>Brassica chinensis</u> L.	Chinakohl
<u>Brassica juncea</u> (L.) CZERN.	Sareptasenf
<u>Brassica napus</u> L. var. <u>napobrassica</u> (L.) REICHENB.	Kohlrübe
<u>Brassica napus</u> L. var. <u>napus</u> L.	So./Wi.-Raps
<u>Brassica nigra</u> (L.) KOCH	Schwarzer Senf
<u>Brassica oleracea</u> L.	Kohlarten
- convar. <u>acephala</u> var. <u>gongylodes</u> L.	Kohlrabi
- - var. <u>sabellica</u> L.	Grünkohl
- convar. <u>botrytis</u> var. <u>botrytis</u> L.	Blumenkohl
- - var. <u>italica</u> PLENCK	Brokkoli
- convar. <u>capitata</u> (L.) ALEF. var. <u>capitata</u> L.	Kopfkohlarten
- - - f. <u>alba</u>	Weißkohl
- - - f. <u>rubra</u>	Rotkohl
- - var. <u>sabauda</u> L.	Wirsing
<u>Thlaspi arvense</u> L.	Ackerhellerkraut

An Kohlrabi waren neben den Blättern auch die Sproßknollen von starkem Befall betroffen. Hier waren die Flecke schwarz und hatten einen Durchmesser bis zu 4 cm (Abb. 27b). Das abgestorbene Gewebe innerhalb der Flecke platzte mit zunehmendem Wachstum der Knolle auf, so daß sich tiefe Risse auftaten, in die Sekundärerreger eindringen konnten. Fruchtkörper entwickelten sich ähnlich wie bei den 'juvenile spots' auf diesen Flecken erst sehr spät.

Am Ackerhellerkraut konnte der Pilz während des Untersuchungszeitraumes nur ein einziges Mal an ausgereiften Schötchen nachgewiesen werden (Abb. 27d). Die Flecke waren nicht größer als 5 mm im Durchmesser.

In einem Inokulationsversuch an Kotyledonen wurde geprüft (Tab. 5), ob weitere Cruciferen anfällig gegenüber M. brassicicola sind. Mit dieser Methode konnten an allen geprüften Arten Infektionen gesetzt werden. Häufig blieb jedoch die Ausbildung eines typischen Ringflecks aus, da die Kotyledonen vorzeitig abstarben. Als wirklich anfällig können nur die Kotyledonen von Crambe abyssinica mit 55 % bis 70 %, Sinapis alba (034 499 und 034 571) mit 30 % und 28 % und Brassica oleracea (BRA 259/83) mit 58 % gelungenen Inokulationen gelten (Tab. 10).

An den Ackerwildkräutern Capsella bursa-pastoris (L.) MED., Thlaspi arvense L., Sinapis arvensis L., Raphanus raphanistrum L., Lepidium campestre (L.) R. BR. und Diplotaxis muralis (L.) DC. war bei der Abschlußbonitur kein Befall mit M. brassicicola festzustellen. Die Befallshäufigkeit bei den zur Kontrolle einbezogenen Kohlpflanzen der Sorte Lennox lag bei 100 %.

3.9 Sortenanfälligkeit von Weißkohl

In dem Freilandversuchen 1987 und 1988 sollten möglichst viele im Anbau befindliche Sorten auf ihre Anfälligkeit gegenüber M. brassicicola überprüft werden. 1987 war ein sehr großer Infektionsdruck, während starker Befall 1988 erst im Oktober auftrat.

1987 hatten die Sorten Magnum, Erdeno, Bison, Fornax, Sphinx und Zerlina die geringsten Befallswerte. Bei der Abschlußbonitur 1988 waren Carlton, Erdeno, Krautkaiser, Olympiade und Pluton die Sorten mit dem geringsten Befall.

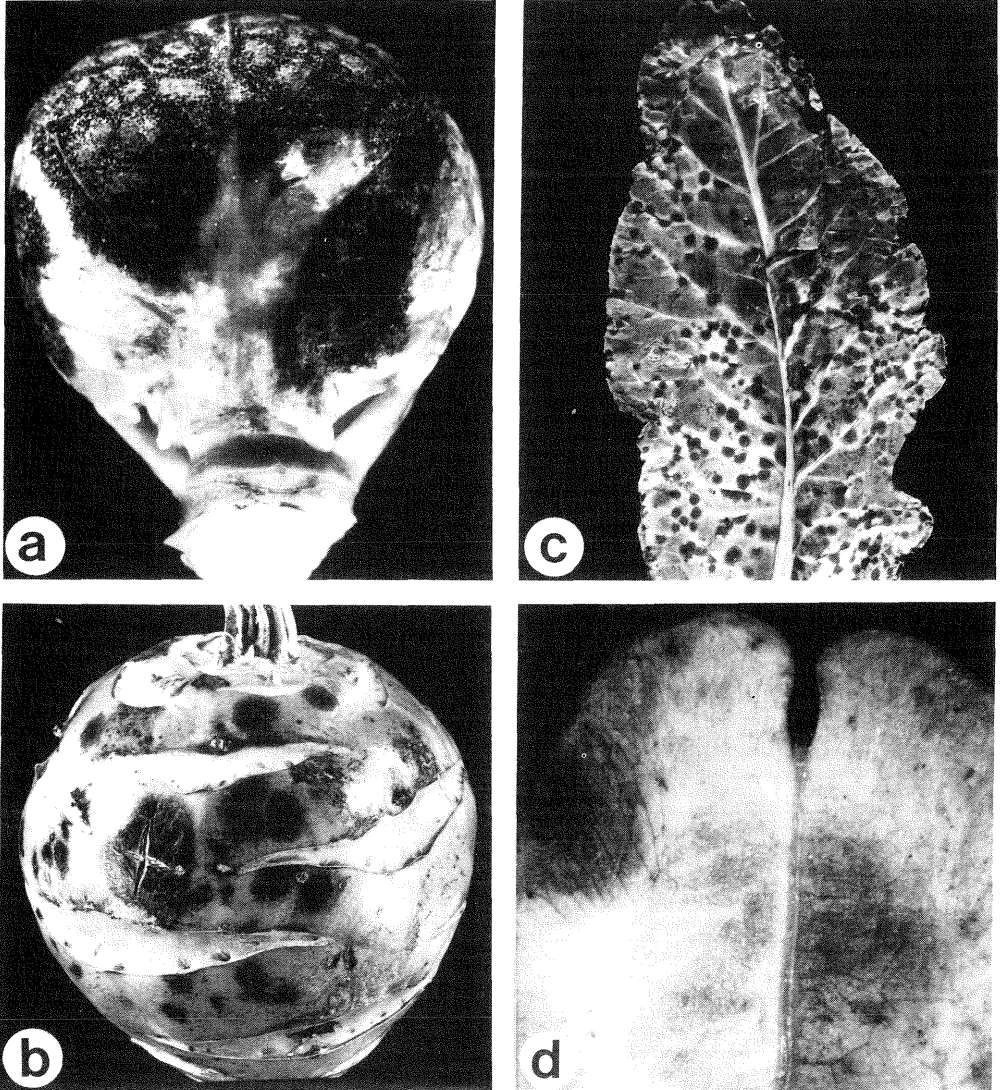


Abb. 27 Symptome von *M. brassicicola* an Rosenkohl (A), an der Sproßknolle von Kohlrabi (B) an einem Blatt von Blumenkohl (C) und an einer Schote vom Ackerhellerkraut (D)

Tab. 10 Anfälligkeit von kultivierten Cruciferen und deren Wildformen gegenüber M. brassicicola (Inokulationsversuch an Kotyledonen)

Art	Registrationsnummer	% Symptome ausprä- gende Inokulations- stellen 1)
<u>Brassica carinata</u> BRAUN	034 482	0
	054 107	5
	034 477	3
<u>Brassica juncea</u> (L.) CZERN.	034 240	0
	034 239	18
	034 252	5
<u>Brassica nigra</u> (L.) KOCH	034 223	5
	034 179	3
	016 250	5
<u>Brassica oleracea</u> L.	BRA 259/83	58
	BRA 101/85	0
	BRA 261/80	- 2)
<u>Brassica rapa</u> L. var. <u>silvestris</u> (LAM.) BRIGGS	007 313	5
	049 363	-
	034 815	30
<u>Crambe abyssinica</u> HOCHST. ex R.E. FRIES.	032 855	70
	030 347	60
	034 316	55
<u>Raphanus sativus</u> L. var. <u>oleiformis</u> PERS.	028 683	10
	028 961	10
	034 322	3
<u>Sinapis alba</u> L.	034 485	8
	034 499	30
	034 571	28

1) 100 % = 40 Inokulationen

2) Keine Auswertung möglich, da die Kotyledonen frühzeitig abgestorben waren.

Tab. 11 Ergebnisse der Sortenversuche 1987 und 1988

Sorte	Prozent befallene Blattfläche			
	25.09.87		16.11.87	
	Mittelwert	Std.abw. ¹⁾	Mittelwert	Std.abw.
Magnum	1	10	62 h ²⁾	10
Erdeno	1	0	66 gh	8
Bison	14	10	67 fgh	10
Fornax	10	8	68 fgh	10
Sphinx	25	0	69 fgh	12
Zerlina	9	6	70 fgh	0
Slawdena	9	6	70 efgh	0
Inzell	11	8	70 efg	0
Manrico	68	6	70 efg	0
Galaxy	26	14	73 efg	6
Amager	50	0	73 efg	6
Marathon	25	0	75 def	7
Polinius	25	0	78 cde	8
Menza	7	0	82 bcd	6
Krautkaiser	1	0	82 bc	6
Krautking	1	0	82 bc	6
Apex	25	0	84 bc	8
Piccolo	4	2	85 bc	0
Mastodon	7	0	85 bc	0
Marner Dauerweiß	25	0	85 bc	6
Strukton	25	0	85 bc	0
Hidena	28	13	85 bc	0
Bartolo	50	0	85 bc	0
Lennox	69	12	85 bc	0
Stardon	50	0	86 bc	7
Big Ben	50	0	87 bc	4
Predena	50	0	87 b	4
Marner Lagerweiß	50	0	87 b	4
Horizon	25	0	87 b	4
Brutus	70	0	87 b	4
Hinova	50	0	87 ab	4
Freshma	4	0	95 a	0
Castello	4	2	95 a	0
GZG 103	7	0	95 a	0
Pedrillo	7	0	95 a	0
Quisto	7	0	95 a	0
Hitstar	25	0	95 a	0
Krautmann	25	0	95 a	0
Minicole	28	13	95 a	0
Atria	50	0	95 a	0
Fieldforce	50	0	95 a	0
Metino	50	11	95 a	0
Ramco	50	0	95 a	0
Rodolfo	52	13	95 a	0
Octoking	54	8	95 a	0
Krautprinz	70	0	95 a	0

Tab. 11 Fortsetzung

Sorte	Prozent befallene Blattfläche			
	12.10.88		08.11.88	
	Mittelwert	Std.abw. ¹⁾	Mittelwert	Std.abw.
Carlton	2	2	3 q	3
Pluton	1	0	8 q	6
Erdeno	3	2	28 p	8
Olympiade	11	10	47 o	13
Krautkaiser	14	10	49 o	8
Gradema	21	8	66 n	8
Galaxy	42	12	66 mn	15
Marnier Lagerweiß	26	14	68 mn	10
Zerlina	35	13	68 mn	6
Duron	21	8	70 lmn	0
Starkwinter	35	13	71 klmn	13
Fornax	35	13	71 klmn	13
Manrico	21	8	75 ijklmn	7
Bison	30	11	76 hijklm	8
Slawdena	25	0	70 ghijkl	11
Winston	25	0	79 fghijk	9
Stardon	26	10	84 efghi	5
Paloma	25	0	84 defgh	8
GZG 105	40	13	84 cdefgh	14
Sphinx	35	13	85 bcdefg	0
Marathon	32	12	85 bcdefg	0
Fidelio	40	13	88 abcdefg	5
Davos	38	12	89 abcdef	8
Apex	24	12	90 abcde	5
Strukton	38	13	91 abcde	5
Big Ben	40	13	92 abcd	5
Bartolo	52	13	92 abc	5
Horizon	30	11	93 abc	4
Krautmann	60	11	95 ab	0
Bingo	30	11	95 a	0
Castello	33	12	95 a	0
Lennox	35	13	95 a	0
Krautpacker	37	13	95 a	0
Hinova	42	16	95 a	0
Hidena	43	12	95 a	0
Marnier September	43	12	95 a	0
Hitstar	45	11	95 a	0
Polinius	45	16	95 a	0
Amager	50	0	95 a	0
Higusta	50	0	95 a	0
Freshma	52	6	95 a	0
Quisto	54	8	95 a	0
Ramco	56	10	95 a	0
Rodolfo	56	10	95 a	0
Ergon	58	10	95 a	0
GZG 103	58	10	95 a	0
President	58	10	95 a	0

Tab. 11 Fortsetzung

Sorte	Prozent befallene Blattfläche			
	12.10.88		08.11.88	
	Mittelwert	Std.abw. ¹⁾	Mittelwert	Std.abw.
Selma	62	13	95 a	0
Minicole	64	10	95 a	0
Metino	68	6	95 a	0
Straton	81	12	95 a	0
Rinda	81	7	95 a	0
Marvellon	90	5	95 a	0

1) Std.abw. = Standardabweichung

2) Mittelwerte mit ungleichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant.

3.10 Ermittlung der Sporenflugtermine und deren Korrelation mit Wetterdaten und Infektionsverlauf

Die Maxima des Sporenfluges lagen in Dithmarschen während des Untersuchungszeitraumes zwischen dem 21.07.88 und 11.08.88 und zwischen dem 26.09.88 und 10.10.88. Leichter Sporenflug war hier während der gesamten Zeit festzustellen. Die relative Luftfeuchtigkeit lag im Tagesdurchschnitt während der Sporulationsmaxima mehr als drei Tage über 80 %. Nach dem 07.09.88 wurden diese 80 % nur noch selten unterschritten. Niederschläge fielen regelmäßig. Die längste niederschlagsfreie Periode dauerte 8 Tage. Die Tagesdurchschnittstemperaturen lagen bis zum 27.09.88 mit einer Ausnahme zwischen 10 °C und 20 °C. Danach wurden 10 °C häufiger unterschritten. Der erste Befall des Weißkohls wurde am 22.07.88 bonitiert. Bis zum 20.09.88 stieg er auf 6 % der Blattfläche. In den folgenden sechs Wochen nahm er auf 93 % zu (Abb. 28).

Auf Fehmarn wurden ähnlich wie in Dithmarschen zwei Sporenflugmaxima Ende Juli/Anfang August und Anfang Oktober festgestellt. Leichter Sporenflug fand Anfang Juli, Ende August und in der zweiten Septemberwoche statt. Die relative Luftfeuchtigkeit lag bis auf die Zeit vom 28.07.88 bis 20.08.88 mit wenigen Ausnahmen im Tagesmittel über 80 %. Zusammenhängende Niederschlagsperioden

wurden während des Monats Juli, vom 10.09.88 bis 15.09.88, vom 23.09.88 bis 29.09.88 und vom 04.10.88 bis 15.10.88 registriert. Die Tagesdurchschnittstemperaturen lagen bis zum 20.10.88 zwischen 10 °C und 20 °C, danach häufig unter 10 °C. Befallsbeginn war hier am 30.06.88 mit 1 % befallener Blattfläche. Ein weiterer Anstieg erfolgte nach dem 01.08.88 bis zum 06.09.88 auf 70 %. In einer dritten Phase vom 22.09.88 bis 21.10.88 nahm der Befall auf 96 % zu (Abb. 29).

In Braunschweig konnte Ende Juli starker und Mitte September und Oktober leichter Sporenflug beobachtet werden. In diesen Zeiten lag die relative Luftfeuchtigkeit über 80 %. Mehr als drei Tage dauernde Niederschlagsphasen wurden in den Monaten Juli, September und Oktober registriert. Die durchschnittlichen Tagestemperaturen lagen am 23.07.88 und vom 08.08.88 bis 12.08.88 über 20 °C, ansonsten zwischen 10 °C und 20 °C und im Oktober auch unter 10 °C. Der erste Befall wurde am 29.06.88 mit 1 % infizierter Blattfläche festgestellt. Bis zum 04.08.88 bei war keine Zunahme der Befallsintensität erkennbar. Nach einem leichten Anstieg bis zum 29.09.88 auf 2 % wuchs die befallene Blattfläche bis zum 27.10.88 auf 27 % an (Abb. 30).

Die Untersuchungen mit der BURCKARD-Falle zeigten, daß die Maxima des Sporenfluges grundsätzlich zwischen 10 und 16 Uhr lagen. Während der Dunkelheit wurde nur schwacher Sporenflug festgestellt. Ein Anstieg der Sporendichte war zwei Stunden nach Beginn einer Blattnässeperiode zu beobachten, wenn die am Boden liegenden Blätter gut durchfeuchtet waren, sonst wurden 24 bis 48 Stunden Blattnässe registriert, bevor die Sporendichte in der Luft anstieg. Waren bezüglich der Feuchtigkeit alle Voraussetzungen gegeben, konnte Sporenflug in einigen Fällen ab 0 °C und regelmäßig ab 5 °C aufwärts registriert werden.

Der Sporenflug steht in einem direkten Zusammenhang mit Niederschlag, einer relativen Luftfeuchtigkeit über 80 % und der Blattnässe. Mit den Koeffizienten von 0,3, 0,39 und 0,43 sind die Blattnässestunden/Tag, die Stunden relativer Luftfeuchtigkeit über 80 % am Tag und das Niederschlagsereignis/Tag positiv und signifikant mit dem dekadischen Logarithmus der Sporen/m³ Luft im Ta-

gesdurchschnitt korreliert (Tab. 12). Niederschlagsmengen und Windstärke korrelierten nicht mit den Sporenflugergebnissen. Die Sporendichten wurden logarithmiert, um den in den Abb. 31 und 32 erkennbaren Verteilungen näherzukommen.

Da die Witterungsfaktoren nur in Kombination wirken, wurde ein Modell entwickelt, das die wichtigsten Einflußgrößen berücksichtigt. Mittels multipler Regression wurde mit einer Bestimmtheit von 49 % ($r^2=0,49$) ermittelt, daß Sporulation bei Temperaturen über 5 °C, einer relativen Luftfeuchtigkeit über 80 %, Blattnässe und Niederschlag stattfindet. Das geringe Bestimmtheitsmaß erklärt sich aus der großen Anzahl von Fehlerquellen (Sporenfalle, Ungenauigkeit der Meßgeräte etc.) und aus der Tatsache, daß die Werte der Nacht, in der kaum Sporulation stattgefunden hat, in die Tagesmittelwerte eingegangen sind.

Tab. 12 Pearson'sche Korrelationskoeffizienten des Vergleichs der Wetterdaten mit dem dekadischen Logarithmus der durchschnittlichen Sporendichte/m³ Luft und Tag

Messwert	Korrelationskoeffizient	Grenzdifferenz
Temperaturen über 5 °C (h/d)	0,52	0,0001
Temperaturen unter 5 °C (h/d)	-0,52	0,0001
Niederschlagshöhe (mm/d)	0,09	0,49
Niederschlagsereignis (ja/nein)	0,43	0,0008
Blattnässe (h/d)	0,3	0,025
rel. Luftfeuchtigkeit über 90 % (h/d)	0,3	0,025
über 80 % (h/d)	0,39	0,0034
80 - 90 % (h/d)	-0,14	0,29
70 - 79 % (h/d)	-0,21	0,11
60 - - 69 % (h/d)	-0,28	0,036

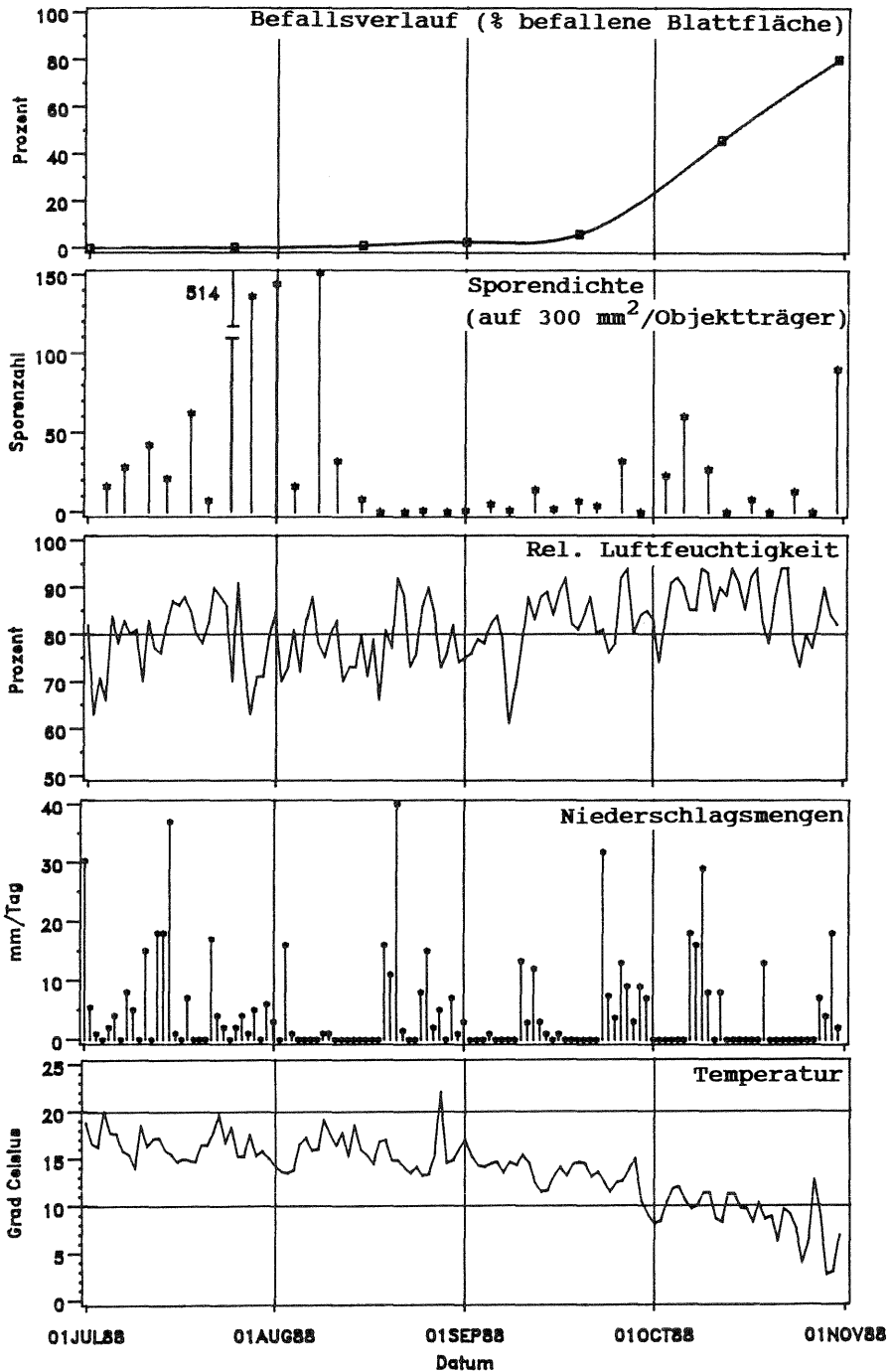


Abb. 28 Vergleich von Wetterdaten, Sporenflug und Befallsverlauf in Dithmarschen. Bei den Niederschlagsmengen sind Tagessummen, bei Temperatur und Rel. Luftfeuchtigkeit Tagesmittelwerte angegeben.

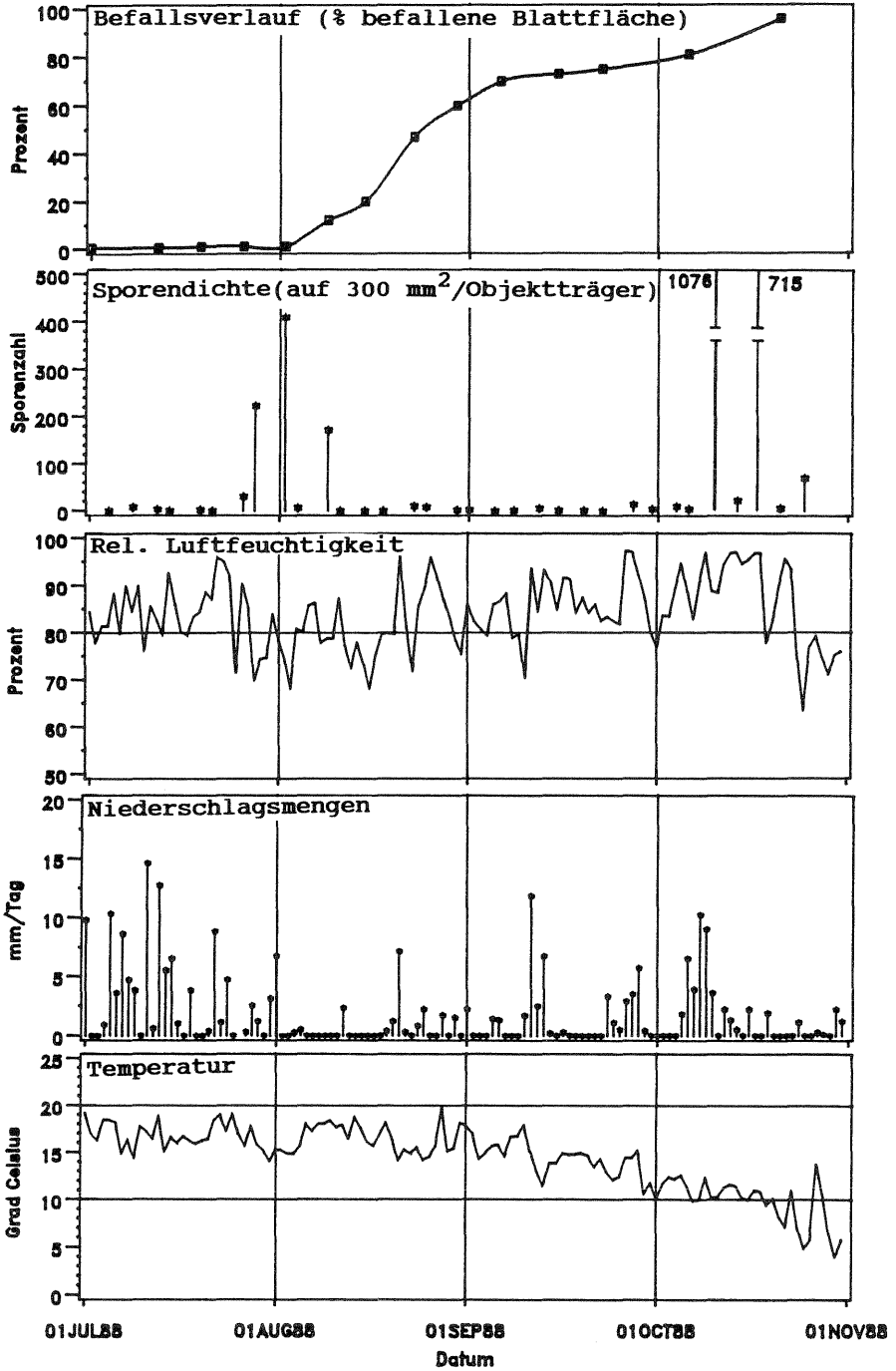


Abb. 29 Vergleich von Wetterdaten, Sporenflug und Befallsverlauf auf Fehmarn. Bei den Niederschlagsmengen sind Tagessummen, bei Temperatur und Rel. Luftfeuchtigkeit Tagesmittelwerte angegeben.

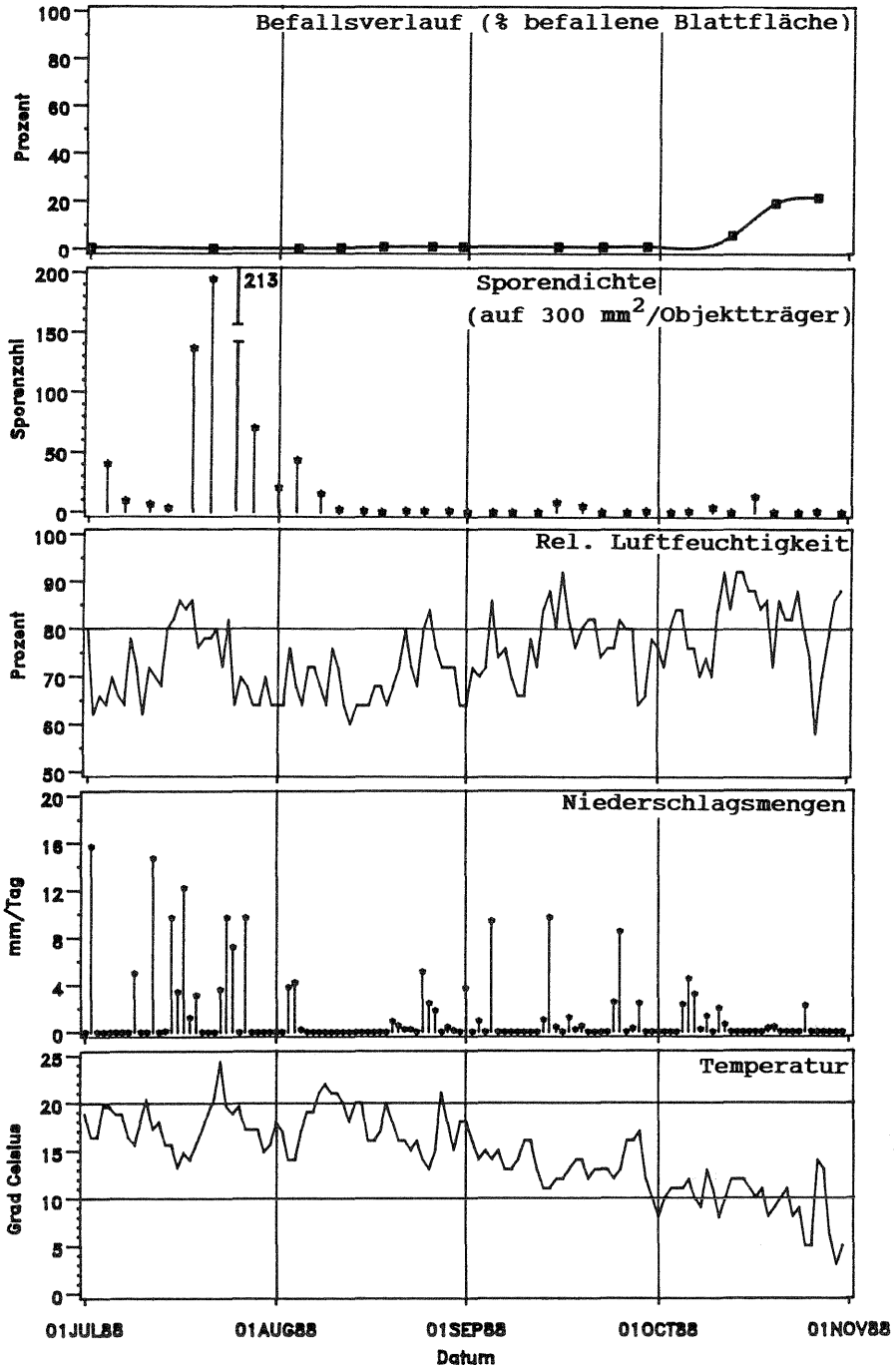


Abb. 30 Vergleich von Wetterdaten, Sporenflug und Befallsverlauf in Braunschweig. Bei den Niederschlagsmengen sind Tagessummen, bei Temperatur und Rel. Luftfeuchtigkeit Tagesmittelwerte angegeben.

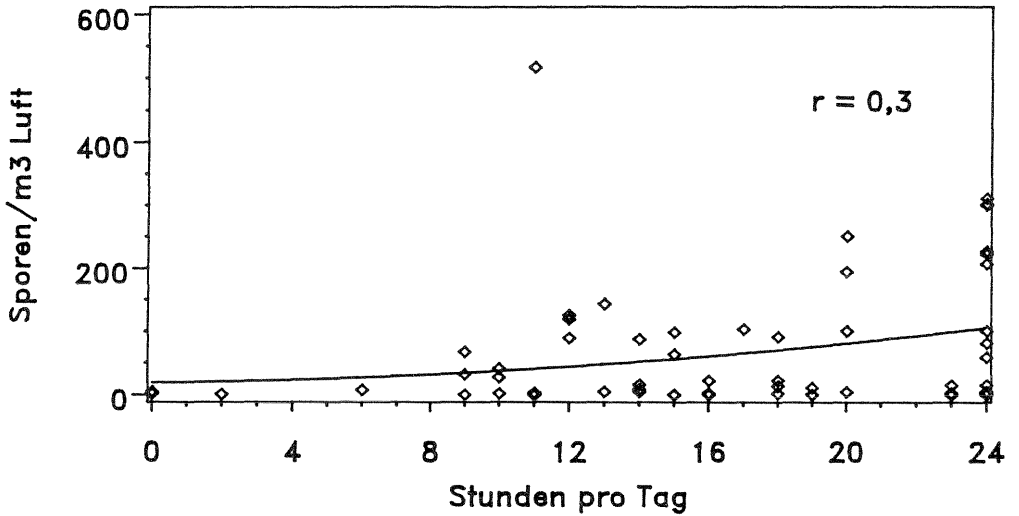


Abb. 31 Korrelation der täglichen Stunden mit Blattnässe (h/d) mit der stündlichen Sporendichte ($\text{Sporen/m}^3\text{h}$) im Tagesdurchschnitt

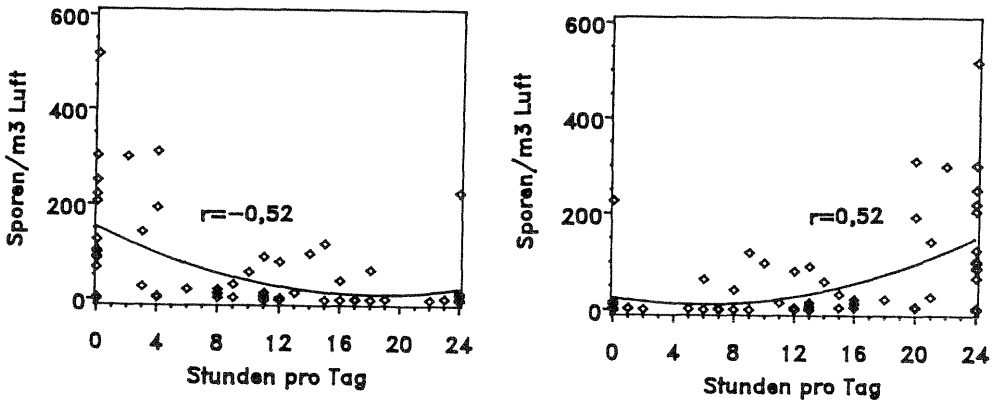


Abb. 32 Korrelationen der Anzahl von Stunden mit Temperaturen unter 5°C (a) und über 5°C (b) in h/d mit der stündlichen Sporendichte ($\text{Sporen/m}^3\text{h}$) im Tagesdurchschnitt

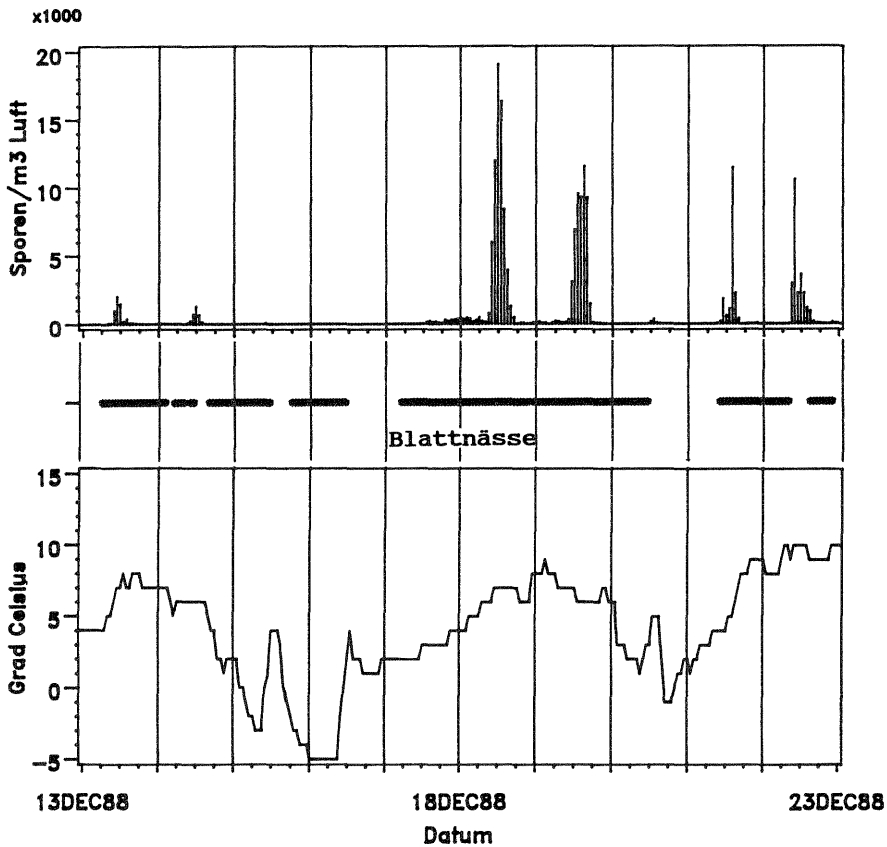


Abb. 33 Stündliche Auswertungen der Sporendichte in der Luft in einem stark infizierten Kohlbestand im direkten Vergleich mit Temperatur und Blattnässe (—)

3.11 Die Bedeutung benachbarten Anbaues von Kohl und Winterraps für die Epidemiologie des Pathogens

Dieser Versuch sollte die Frage klären, ob eine Übertragung des Erregers im Herbst von Weißkohl auf Winterraps möglich ist, und ob im darauffolgenden Jahr Weißkohl erneut von infiziertem Raps ausgehend befallen werden kann.

20 Tage nach der Inokulation des Winterrapses war in den Varianten A und B (vgl. 2.10) der erste Befall festzustellen. Die Variante, in der das Inokulum aus Weißkohlblättern gewonnen wurde, hatte mit durchschnittlich 21 % den stärksten Befall, Variante B (Inokulum

aus Rapsschoten) einen durchschnittlichen Blattbefall von 2 % und die unbehandelte Variante 0,1 % befallene Blattfläche. Dieser Befall ging auf Zuflug von den inokulierten Varianten zurück. In der Variante D war kein Befall bonitierbar. Sie wurde jedoch wegen widriger Bodenverhältnisse (zeitweise Staunässe) aus der Wertung genommen. Alle fünf geprüften Rapssorten wurden von dem Pilz infiziert, die auftretenden Unterschiede waren gering. Absicherbare Befallsunterschiede traten nur in der Variante A auf. Der mittlere Befall der Sorte Doral lag mit 15 % signifikant unter den Mittelwerten der restlichen geprüften Sorten. Diese unterschieden sich nicht signifikant. 'Jet Neuf' war mit 25 % durchschnittlichem Blattbefall am stärksten betroffen, gefolgt von 'Liporta' und 'Lirabon' mit jeweils 22 % und 'Ceres' mit 19 % (Abb. 34).

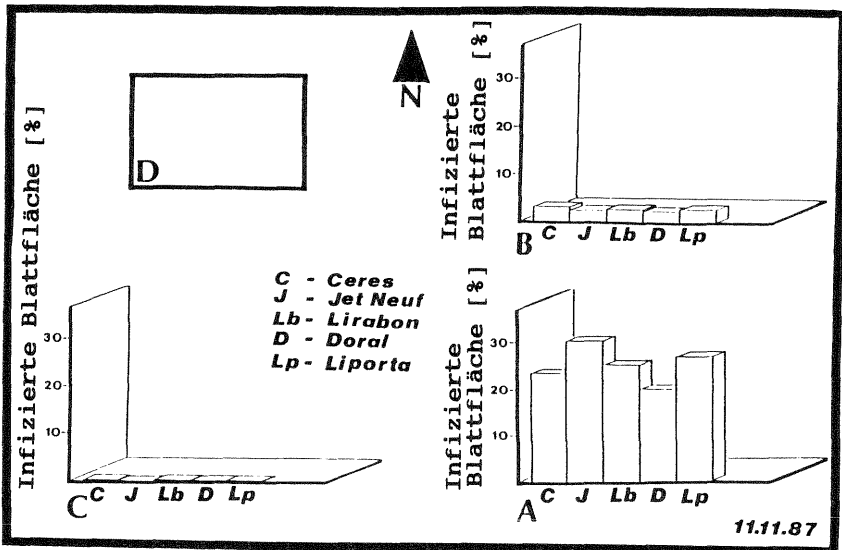


Abb. 34 Befallsstärken in den Rapspartzellen A (mit infizierten Kohlhäckseln inokuliert) und B (mit infizierten Rapsschoten inokuliert). C wurde nicht inokuliert, D nicht ausgewertet.

Der 1988 um die Rapsparzellen herum gepflanzte Weißkohl zeigte am 16.06.88 erstmals Befallssymptome. Die befallenen Pflanzen standen an der südöstlichen Seite von der Parzelle A. Am 19.07.88 konnten jeweils auf den südöstlichen Seiten der Parzellen A, B und C befallene Pflanzen bonitiert werden (Abb. 35), wobei ihre Anzahl im Bereich der Rapsparzellen in einem direkten Zusammenhang zu den Befallsstärken im vorhergegangenen Herbst stand. Um die Parzelle A herum waren 75, um die Parzelle B 20 und um die Parzelle C 13 Kohlpflanzen infiziert.

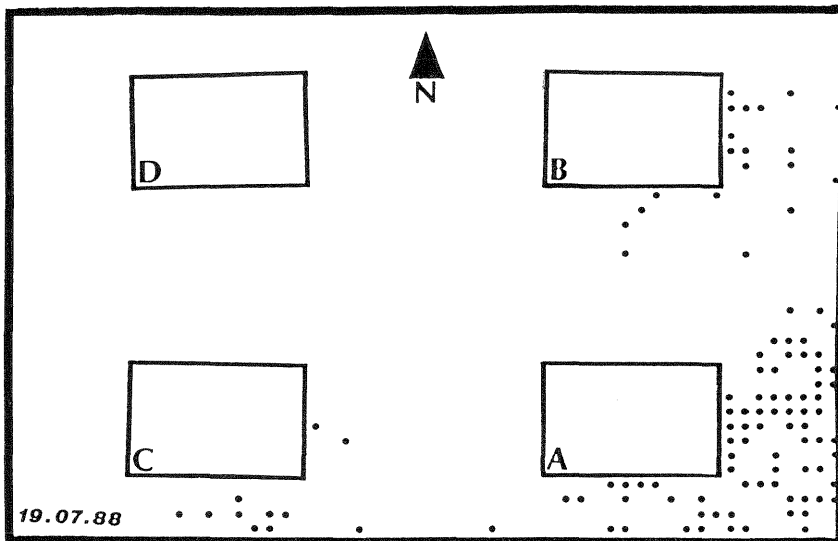


Abb. 35 Befallssituation auf der Versuchsfläche am 19.07.88. Mit *M. brassicicola* infizierte Kohlköpfe sind mit schwarzen Punkten dargestellt.

3.12 Überdauerung von *M. brassicicola*

3.12.1 Freilandbeobachtungen

Bodenproben aus Rapsbeständen in den Kohlanbaugebieten Schleswig-Holsteins zeigten, daß nach der Verrottung des Pflanzenmaterials auf der Erdoberfläche reife Pseudothecien von *M. brassicicola* zurückblieben (Abb. 36a und b).

In den milden Wintern 1987/88 und 1988/89 erfolgte an Pflanzenresten von Kohlarten und auf grünen Pflanzenteilen von Raps eine Weiterentwicklung des Mycels und eine Neubildung von Fruchtkörpern (Abb. 36a).

3.12.2 Freilandversuch zum Nachweis der Überdauerung an infizierten Pflanzenresten

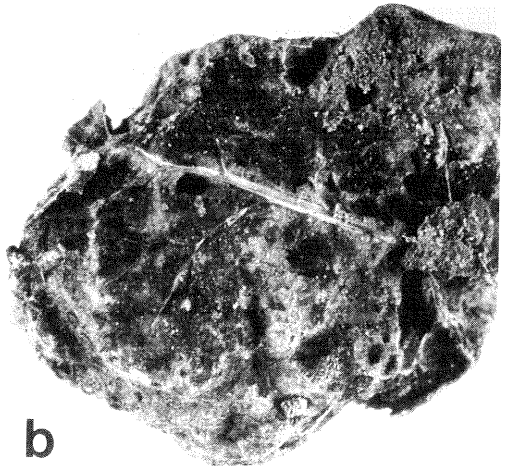
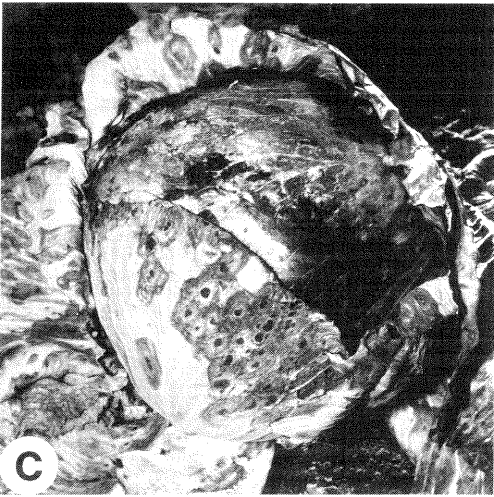
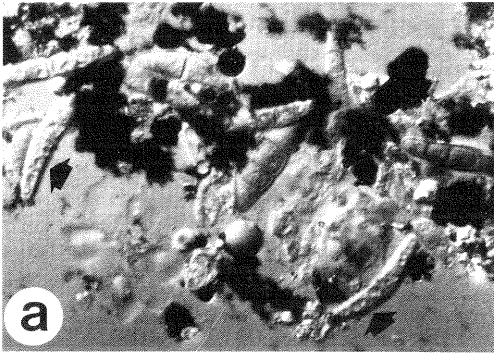
In den drei Varianten mit den verschiedenen Bearbeitungsintensitäten (vgl. 2.11) war 29 Tage nach dem Pflanzen des Weißkohls Befallsbeginn.

Bei der sofort durchgeführten Bonitur betrug die Befallshäufigkeit in der Variante A 3 %, in der Variante B 77 % und in der Variante C 50 %. Die Befallsstärken lagen im Durchschnitt bei 0,03 % in der Variante A, bei 0,8 % in B und bei 0,6 % in C. Die Befallshäufigkeiten und Befallsstärken unterschieden sich signifikant.

3.13 Verhalten des Erregers im Kohllager

M. brassicicola verursachte in den Jahren 1985 bis 1988 regelmäßig Verluste bei der Lagerung von Weißkohl in den Anbaugebieten Fehmarn und Dithmarschen. Daher wurde der Befallsverlauf unter verschiedenen Lagerungsbedingungen untersucht.

Lagerverluste entstanden einerseits durch direkten Befall, der auch tiefer liegende Blattlagen der Kohlköpfe betraf, und anderer-



b

Abb. 36 Möglichkeiten der Überdauerung von M. brassicicola: a = Ascosporen des Erregers (Pfeil) nach dem Zerquetschen eines Pseudotheciums aus einer Bodenprobe aus einem Rapsbestand. b = Auf der Bodenoberfläche liegende Fruchtkörper nach dem Verrotten des Blattmaterials. c = Auf dem Feld überdauerter Weißkohl in einem milden Winter mit zahlreichen Ringflecken. Die im Durchmesser bis zu 4 cm großen Blattflecke waren am Anfang des Winters nicht größer als 5 mm.

seits durch Sekundärerreger wie Alternaria spp., Botrytis cinerea oder Bakterien wie Erwinia spp. und Pseudomonas spp., die die nekrotischen Blattflecke als Eintrittspforten nutzten (Abb. 37b).

In den ersten sechs Wochen nach der Einlagerung war ein steiler Anstieg des Befalls zu beobachten. In den Lagerräumen mit 0 °C und 4 °C nahm die befallene Kopffläche in dieser Zeit bei den nicht behandelten Kontrollen um 30 %, bei der Lagertemperatur 8 °C sogar um 45 % zu (Abb. 38). Dieser Anstieg beruhte hauptsächlich auf einer Vergrößerung bei der Einlagerung vorhandener Blattflecke.

Im Durchschnitt aller Varianten war in der Abschlußbonitur nach dreimonatiger Lagerung bei 0 °C mit 30 % der geringste Befall zu

beobachten. Bei 4 °C lag er bei 36 % und bei 8 °C waren 43 % der Kopfoberfläche befallen. Der Mittelwert der Befallsbonituren in der 8 °C-Variante unterschied sich signifikant von den Mittelwerten der 4- und 0 °C-Varianten, deren Differenz nicht abgesichert werden konnte.

Signifikante Unterschiede gab es auch zwischen den vier Behandlungsvarianten. So lag der durchschnittliche Befall der ungeputzten und unbehandelten Variante A (vgl. 2.12) zur Abschlußbonitur bei 72 %, bei der ungeputzten und mit Tecto fl. (45,1 % Thiabendazol) behandelten Variante B bei 62 %. Die geputzte und unbehandelte Variante C hatte einen Befall von 7 % und die geputzte und thiabendazolbehandelte Variante D 3 % Kopfbefall.

Bei 0 °C traten mit 20 % Gewichtsverlust gegenüber dem Einlagerungsgewicht im Schnitt aller Varianten die geringsten Lagerungsverluste auf, während bei 4 °C schon 27 % und bei 8 °C sogar 40 % Verlust festzustellen waren.

Die Behandlungsvariante A unterschied sich mit einem durchschnittlichen Gewichtsverlust von 31 % von den anderen drei Varianten mit 25 % (B), 28 % (C) und 25 % (D) signifikant. Die Unterschiede der Varianten B, C und D waren nicht signifikant. Gliedert man diese Verluste nach den Temperaturen auf, wird noch einmal die Steigerung von 0 nach 8 °C deutlich (Tab. 13).

Die zusätzlich eingelagerten und anfangs befallsfreien Kohlköpfe waren bei der Abschlußbonitur deutlich infiziert soweit sie Kontakt mit den befallenen Köpfen hatten. Die frei liegenden Köpfe waren ohne Befall.

3.14 Bekämpfbarkeit des Erregers mit Fungiziden

3.14.1 In vitro

Die Kolonien auf den Kontrollplatten (PDA + 1ml Wasser) hatten nach 20 Tagen einen mittleren Durchmesser von 22 mm erreicht. Diese Zahl wurde gleich 100 % gesetzt.

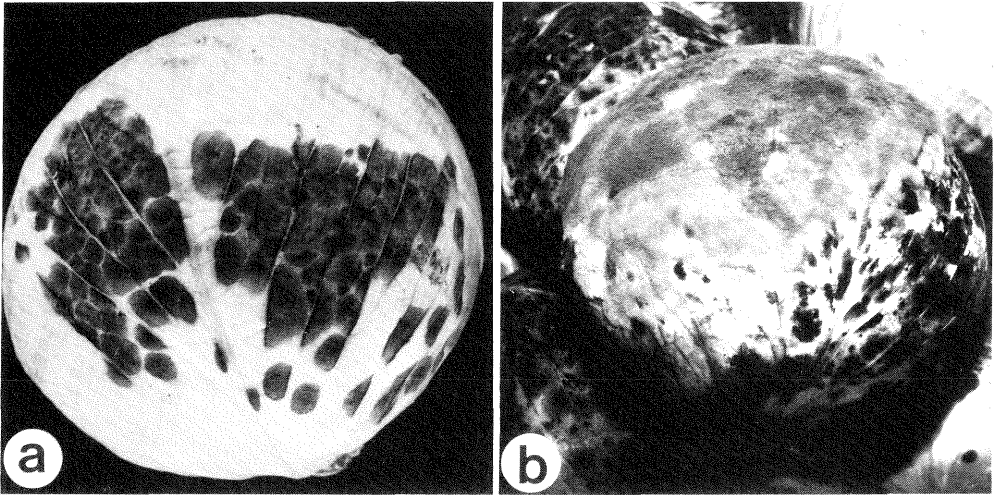


Abb. 37 a = Mit *M. brassicicola* infizierter Weißkohl im Lager. b = *Botrytis cinerea* als Sekundärerreger auf einem mit *M. brassicicola* infizierten Weißkohlkopf im Lager

Tab. 13 Ergebnisse der Abschlußbonitur des Lagerungsversuchs mit infiziertem Weißkohl der Sorte Bartolo

T ²⁾ [°C]	Varianten							
	A ¹⁾		B		C		D	
	% Kopf- befall	% Ver- lust ³⁾	% Kopf- befall	% Ver- lust	% Kopf- befall	% Ver- lust	% Kopf- befall	% Ver- lust
0	59 a ⁴⁾	22 e	3 b	18 e	54 a	19 e	2 b	19 e
4	77 a	39 e	5 c	23 f	58 b	25 f	2 c	22 f
8	82 a	56 e	13 c	35 f	73 b	38 f	4 d	33 f

- 1) Die Variante A wurde ungeputzt und unbehandelt eingelagert, Variante B wurde vor der Einlagerung geputzt, Variante C wurde ungeputzt eingelagert und mit 0,15 % Tecto fl. (45,1 % Thiabendazol) behandelt und Variante D geputzt und mit 0,15 % Tecto fl. behandelt.
- 2) Lagerzeit= 3 Monate bei den angegebenen Temperaturen (T)
- 3) 100 % = Einlagerungsgewicht, Verlust = Gewichtsverlust
- 4) Ungleiche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede der Mittelwerte innerhalb einer Zeile.

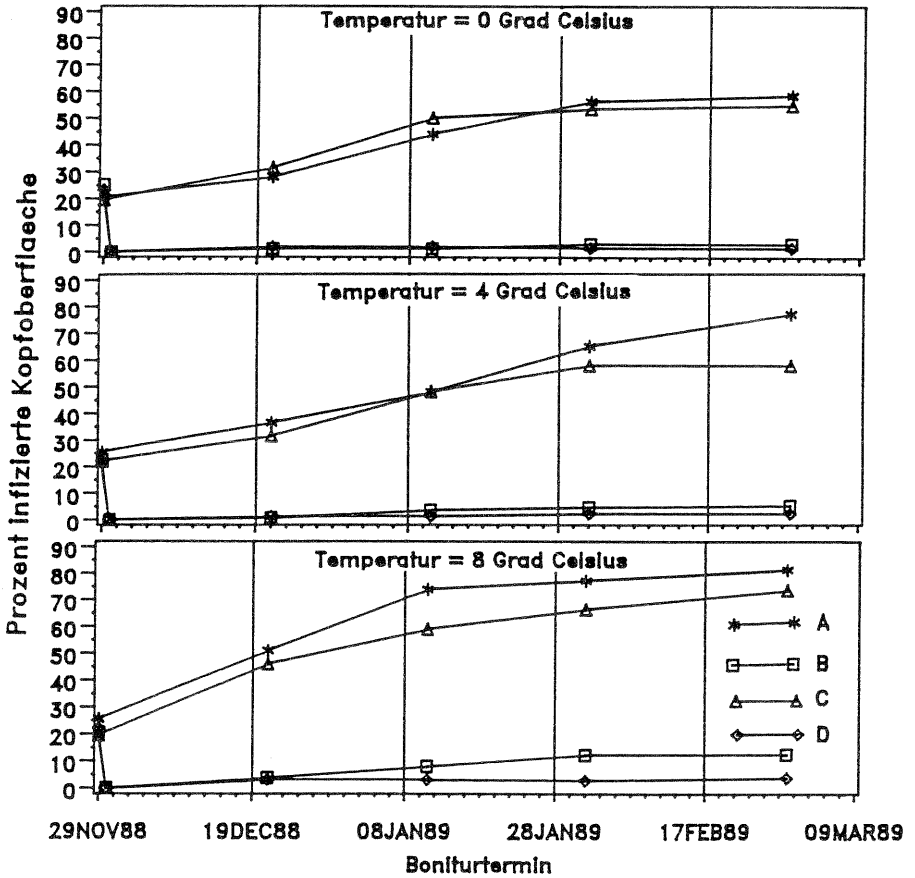


Abb. 38 Entwicklung des Kopfbefalls von Weißkohl 'Bartolo' bei den Lagertemperaturen 0, 4 und 8 °C. Variante A wurde ungeputzt eingelagert, B wurde vor der Einlagerung geputzt. C und D wurden analog zu A und B vorbereitet und zusätzlich mit 0,15 % Tecto fl. (45,1 % Thiabendazol) behandelt

Die Wirkstoffe Triadimenol, Tebuconazol und Carbendazim hemmten das Wachstum von *M. brassicicola* in allen drei geprüften Konzentrationen von 5×10^{-2} , 5×10^{-3} und 5×10^{-4} % total (vgl. 2.13.1).

Bei einer Zugabe von 5×10^{-2} % Triforine zum Medium war kein Wachstum mehr zu beobachten. Die Kolonien auf den Nährböden, die mit der gleichen Menge des Wirkstoffs Iprodion angereichert waren, erreichten 1 %, mit Dichlofluamid 11 %, mit Procymidon 60 % und

mit Vinclozolin 72 % des Durchmessers der Kontrolle (Abb. 39).

Thiabendazol bewirkte in einer Konzentration von 5×10^{-3} % eine absolute Wachstumshemmung des Pilzes. Bei Dichlofluanid betrug der Koloniedurchmesser im Durchschnitt 32 %, bei Iprodion 11 % und bei Triforine 2 % der Kontrolle (Abb. 39). Die Mittelwerte der Durchmesser auf den mit Procymidon und Vinclozolin angereicherten Medien unterschieden sich nicht signifikant von der Kontrolle.

Bei der geringsten Fungizidkonzentration wuchs M. brassicicola auf dem mit Thiabendazol versetzten Nährboden mit 3 % der Kontrolle nur noch schwach. Triforine und Iprodion reduzierten die Koloniedurchmesser auf 53 % bzw. 51 % (Abb. 39). Die Wirkstoffe Dichlofluanid, Procymidon und Vinclozolin beeinflussten das Wachstum nicht signifikant.

3.14.2 Freilandprüfung

Alle fünf gestesten Fungizide (vgl. 2.13.2) bewirkten gegenüber der Kontrolle einen signifikant geringeren Befall von Weißkohl 'Bartolo'. Die geringste Befallsstärke war nach der viermaligen Behandlung mit Folicur 250 EC (25 % Tebuconazol) zu bonitieren. Der Befall von 21 % der Blattfläche bei der Abschlußbonitur gegenüber 93 % in der unbehandelten Kontrolle unterschied sich deutlich von den restlichen geprüften Mitteln. In der mit Derosal (36 % Carbendazim) behandelten Variante konnte eine befallene Blattfläche von 66 % bonitiert werden. Die restlichen drei Fungizide minderten den Befall um Werte zwischen 5 und 12 % (Tab. 14).

In den mit Tebuconazol behandelten Varianten waren leichte Wachstumsdepressionen der Kohlpflanzen erkennbar.

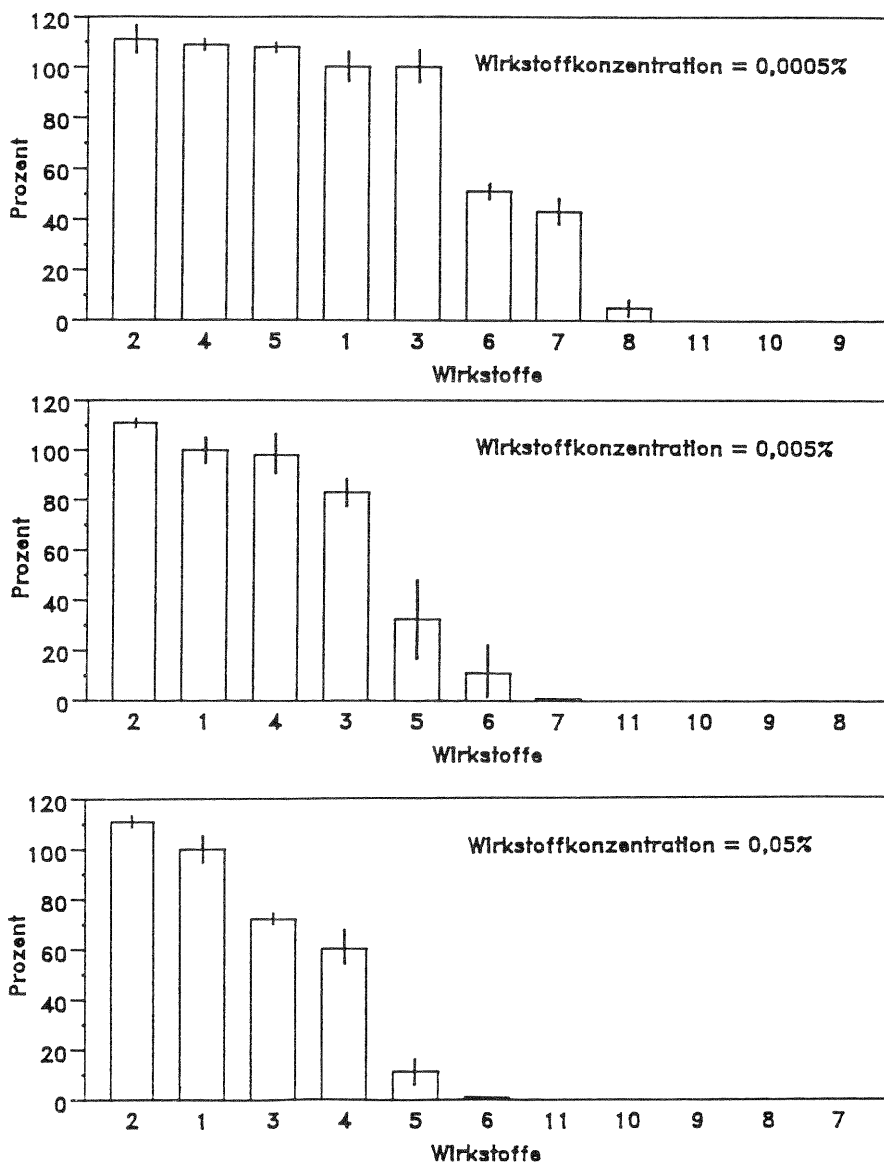


Abb. 39 Wachstum von *M. brassicicola* bei verschiedenen Konzentrationen von Fungiziden im Nährboden. 100 % entspricht dem Wachstum auf dem mit 1 l Wasser je Platte angereicherten Nährboden (1). (2) steht für das Wachstum auf reinem PDA. Den restlichen Nährböden wurden die Wirkstoffe Vinclozolin (3), Procymidon (4), Dichlofluamid (5), Iprodion (6), Triforine (7), Thiabendazol (8), Triadimenol (9), Tebuconazol (10) und Carbendazim (11) hinzugefügt. Die senkrechten Linien geben die Standardabweichung an.

Tab. 14 Ergebnisse der Abschlußbonitur der Fungizid-Freilandprüfung in Marne 1988

Fungizid	Wirkstoff ¹⁾	% befallene Blattfläche ²⁾	Standardabweichg.
Kontrolle unbeh.	---	93 a	4
Rovral	Iprodion	87 b	9
Saprol	Triforine	85 bc	10
Tecto fl	Thiabendazol	81 c	12
Derosal	Carbendazim	66 d	13
Folicur 250 EC	Tebuconazol	21 e	13

- 1) Die Wirkstoffgehalte der Fungizide sind Tab. 6 zu entnehmen.
 2) Es sind die Mittelwerte der Abschlußbonitur am 08.11.88 angegeben. Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede der Mittelwerte an.

3.14.3 Sporenfangergebnisse zur Bestimmung des Bekämpfungstermins

Nach der ersten Inokulation am 03.08.1988 (vgl. 2.13.3) war ein sprunghafter Anstieg des Sporenfluges festzustellen. Befallsbeginn war am 22.08.88. Die erste Behandlung in den Varianten A bis D wurde am 30.08.88 vorgenommen. In den Feuchtigkeitsperioden vom 18.08.88 bis 29.08.88 und vom 15.09.88 bis 22.09.88 war leichter Sporenflug feststellbar. Aufgrund der Vorgaben (vgl. 2.13.3) war am 17.09.88, als 12 Sporen auf dem Objektträger gezählt wurden, in den Varianten B und D eine zweite Behandlung mit den Fungiziden Folicur 250 EC und Rovral notwendig (Abb. 40).

Trotz der zweiten Inokulation am 27.09.88 war der Befall insgesamt aufgrund der trockenen Wetterlage gering. Bei der Abschlußbonitur am 15.11.88 waren in der unbehandelten Variante E im Durchschnitt 14 % der Blattfläche befallen. Im Gegensatz zu dem Fungizid Rovral (Varianten C und D), das bei der Abschlußbonitur keine absicherbare Wirkung auf den Erreger zeigte, konnte Folicur (A und B) den Befall auf einem Niveau unter 1 % halten. Diese Mittelwerte unterschieden sich signifikant von denen der restlichen Varianten. Die nach Sporenflugbestimmung nur zweimal behandelten Varianten B und D hatten den gleichen Infektionsverlauf wie die viermal behandelten Varianten A und C.

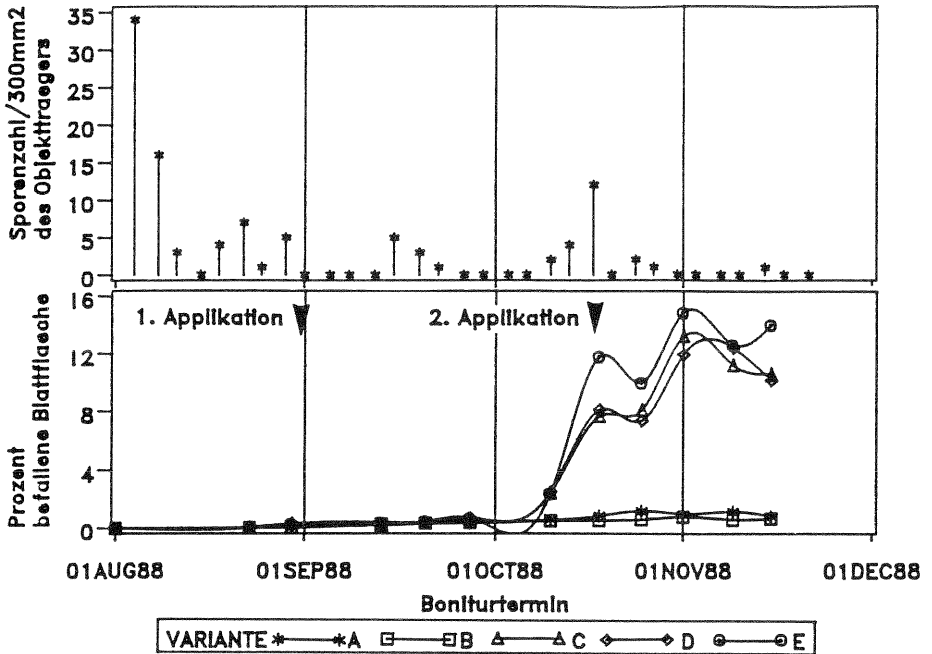


Abb. 40 Sporenfänge und daraus resultierende Bekämpfungstermine. Die Varianten wurden vier Mal in 20-tägigen Intervallen mit Follicur (A) oder Rovral (C) ab dem 30.08.88 behandelt. In B und D wurden die gleichen Mittel nach Befallsbeginn und nach Sporenflug (▼) appliziert (vgl. 2.13.3).

4. D I S K U S S I O N

4.1 In vitro Untersuchungen und Pathogenese

Der Erreger der Ringfleckenkrankheit M. brassicicola wird häufig als kälteliebender Pilz bezeichnet (MC KAY, 1956; NIEUWHOF, 1969; PUNITHALINGAM & HOLLIDAY, 1975). Nach den vorliegenden Ergebnissen (vgl. 3.1) befindet sich das Temperaturoptimum für sein Mycelwachstum und für die Pseudothecien- und die Ascosporenbildung (NELSON & POUND, 1959) mit Werten zwischen 15 °C und 20 °C in einem gemäßigten Bereich. Wie der Lagerungsversuch zeigte, konnte er aber auch bei 0 °C noch wachsen (vgl. 3.13). In vitro wuchsen die Kolonien bei 25 °C sehr langsam und wenig schneller als bei 5 °C. WEIMER (1926) und NELSON & POUND (1959) kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Sie ermittelten zudem, daß der Pilz bei 30 °C bis 32 °C abstirbt, unterschieden jedoch nicht zwischen den Temperatursprüchen verschiedener Myceltypen, wie es hier getan wurde (vgl. Abb. 12). NELSON & POUND (1959) stellten in ihren Untersuchungen differierende Nährstoffbedürfnisse fest: das weiße Pilzmycel wuchs in ihren Versuchen wie bei den eigenen besser auf dextrosehaltigen Medien, während die langsam wachsende, schwarze Form auf zuckerlosen Nährböden dominierte. Die graue Mycelvariante stellt offensichtlich eine Mischung aus weißem und schwarzem Mycel dar. Ähnliche in ihren Temperaturbedürfnissen differierende Myceltypen wurden von HARRISON & STEWARD (1988) an M. fragariae beschrieben und deuten darauf hin, daß diese Variabilität keine Eigenheit von M. brassicicola allein ist, sondern häufiger vorkommt.

Da Ascosporen in vitro auf V8-Agar ausschließlich vom schwarzen Mycel gebildet wurden (vgl. 3.2), kann dieses als generative Form bezeichnet werden, während die weiße Mycelvariante vegetative Funktionen erfüllt. Weder NELSON & POUND (1959) noch DRING (1961) konnten in vitro Ascosporen produzieren, während SNYDER (1946) und TORTOLERO & CARRASCO (1982) auf anderen Medien erfolgreich waren. Eventuell spielt der hohe vom Optimum des vegetativen Mycels abweichende pH-Wert des V8-Agars (pH 6,7) eine Rolle bei der Fruchtkörper- und Ascosporenbildung. Hierzu sind nähere Untersuchungen notwendig.

Die Keimhyphen der Ascosporen - DRING (1961) sprach von den primären Keimhyphen - drangen ausschließlich durch die Stomata in das Wirtsgewebe ein (vgl. 3.3.1). Diese Beobachtung stimmte mit den Erkenntnissen von WEIMER (1926) und DRING (1961) überein, die ausschlossen, daß der Pilz die Epidermis direkt durchdringen kann. Da die Fruchtkörper des Erregers sich ebenfalls unter den Spaltöffnungen bildeten und diese die Epidermis nicht direkt durchbrachen, ist anzunehmen, daß der Pilz nicht über die Fähigkeit zur Bildung cellulolytischer Enzyme verfügt. Auch im Blatt wächst er als Perthophyt nur intercellulär (DRING, 1961).

Die Spermogonien und Pseudothecien entwickelten sich in den eigenen Untersuchungen gemäß den Beschreibungen von DRING (1961), der auch ihre Abmessungen genau feststellte. Die nicht infektiösen Spermastien (WEIMER, 1926; SNYDER, 1946; DRING, 1961), die sich in feuchtigkeitsgesättigter Atmosphäre auf dem Ostiolum als schleimiger Ballen sammelten, waren leicht mit den Pycnosporen von Phoma lingam zu verwechseln (DRING, 1961; RUDNICK, 1986a). Als wichtiges Differenzierungskriterium erscheint hier die Beobachtung, daß der die Spermastien verklebende Schleim sich in Wasser leicht auflöst und im mikroskopischen Wasserpräparat keine für Phoma-Arten typische Sporenranken erkennbar sind.

DRING (1961) sprach das Vorkommen von chlamydosporenähnlichen Zellen bei M. brassicicola an, konnte ihnen jedoch keine Bedeutung zuordnen. VAN DEN ENDE et al. (1986) vermuteten, daß Chlamydosporen für die Überdauerung des Erregers wichtig sein könnten. Derartige Zellen wurden hier sowohl im Mycel des Pilzes als auch in abgestorbenem Pflanzenmaterial am Boden gefunden (vgl. 3.3.4). Es wurde jedoch nie beobachtet, daß sie auskeimten und vom Boden ausgehend neue Infektionen setzten. Für die Epidemiologie des Erregers scheinen die chlamydosporenähnlichen Zellen daher keine Bedeutung zu haben.

4.2 Sortenunterschiede und Wirtspflanzen

In den Sortenversuchen zeigte sich sehr schnell, daß die meisten der im Anbau befindlichen Weißkohlsorten hochanfällig gegenüber dem Erreger der Ringfleckenkrankheit sind (vgl. 3.9). Unterschiede zwischen samenfesten Sorten und F1-Hybridsorten sind nicht erkennbar. 'Carlton', 'Erdeno', 'Krautkaiser', 'Olympiade' und 'Pluton' waren weniger anfällig, als alle restlichen geprüften Sorten. Das deutet darauf hin, daß es züchterische Möglichkeiten gibt, die Anfälligkeit der Kohlsorten herabzusetzen. Das Erreichen einer totalen Resistenz erscheint unwahrscheinlich, da bislang bei keiner Sorte absolute Befallsfreiheit erkennbar war. Erfolge bei der Resistenzzüchtung an Rosenkohl und Brokkoli gegenüber M. brassicicola sind aus England und den Niederlanden bekannt (OGILIVIE, 1969; VAN RIJBROEK, 1985; ANONYM, 1986; VAN RIJBROEK, 1989; ANONYM, 1989).

1987 war der Infektionsdruck sehr hoch, so daß auch Sorten, die im Jahr darauf geringen Befall zeigten, stark infiziert waren (Tab. 11). Die Anfälligkeit war außer von der Sorte auch vom Reifegrad der einzelnen Pflanze abhängig. Erntereife Pflanzen wurden stärker befallen, als in vollem Wachstum befindliche Kohlpflanzen. Daher schnitten bei den Bonituren im November frühe und mittel-frühe Kohlsorten auch häufig schlechter ab als späte Sorten. Selbst die wenig anfällige Sorte Erdeno hatte in vollentwickeltem Zustand 1987 relativ starken Befall. Die Ursache für dieses Verhalten liegt in der Erkenntnis, daß hauptsächlich solche Blätter infiziert werden, die ihr Längenwachstum abgeschlossen haben (HARTILL & SUTTON, 1980). Die Kotyledonen sind von dieser Regel nicht ausgeschlossen (MCKAY, 1954; FRINKING & GEERDS, 1987). Der Grund dafür könnte der Abbau von Allylisothiocyanat im cuticulären Wachs der Blätter während des Alterungsprozesses sein, denn diese Substanz wirkt keimungshemmend auf die Ascosporen des Pathogens (HARTILL, 1978). Es ist denkbar, daß weniger anfällige Sorten diese Substanz nur langsam abbauen oder eine höhere Konzentration in ihrem Wachs enthalten.

Zur Verringerung des Kopfbefalls, der die eigentliche Wertminderung des Erntegutes ausmacht, sollte die späte Öffnung der Deckblätter des Kopfes als mechanische Abschirmung ein Züchtungsziel sein.

Neben allen Varietäten von Brassica oleracea und den hier beschriebenen Brassica-Arten (vgl. 3.8) wurde Thlaspi arvense im Freiland als weiterer Wirt gefunden, obwohl diese Art im Inokulationsversuch keine Symptome ausprägte. DINGLEY (1969) fand den Erreger in Neuseeland außer auf Brassica-Arten auch auf Hirschfeldia incana, Matthiola incana und Sisymbrium officinale. Ansonsten beschränkten sich die Beobachtungen nur auf Brassica-Arten (WEIMER, 1926; MCKAY, 1956; CHUPP & SHERF, 1960; HARTILL, 1977). Es zeigte sich in den durchgeführten Untersuchungen, daß die zum Verwandtschaftskreis von B. oleracea gehörenden Cruciferen (Abb. 41), die zur Ölgewinnung und Gründüngung angebaut werden, alle anfällig gegenüber M. brassicicola sind. Sie sollten deshalb in die Überlegungen zur Gestaltung der Fruchtfolge in befallsgefährdeten Kohlanbaugebieten einbezogen werden.

Die Cruciferen, die dem Keimblatttest unterzogen worden waren (Tab. 10), schienen alle mehr oder weniger anfällig zu sein. Im Freiland bestätigte sich die Anfälligkeit von C. abyssinica, R. sativus und S. alba nicht. Die Symptome an den Kotyledonen deuten auf eine besondere Empfindlichkeit dieser Blätter hin, die sich an den ausgewachsenen Pflanzen verliert. Aus diesen und den in 3.5 genannten Gründen ist die Einbeziehung von Kotyledonen in einen Schnelltest zur Bestimmung der Anfälligkeit kritisch zu betrachten.

4.3 Epidemiologie

Ein Anstieg der Sporendichte des Erregers in der Luft wurde in infizierten Weißkohlbeständen schon zwei Stunden nach Beginn einer Blattnässeperiode festgestellt, wenn die Pseudothecien enthaltenden Blätter feucht waren. Regen war keine unbedingte Voraussetzung für die Sporulation, förderte aber den Ausstoß der Ascosporen (HARTILL, 1977; ZORNACH, 1988b). Waren die mit Pseudothecien be-

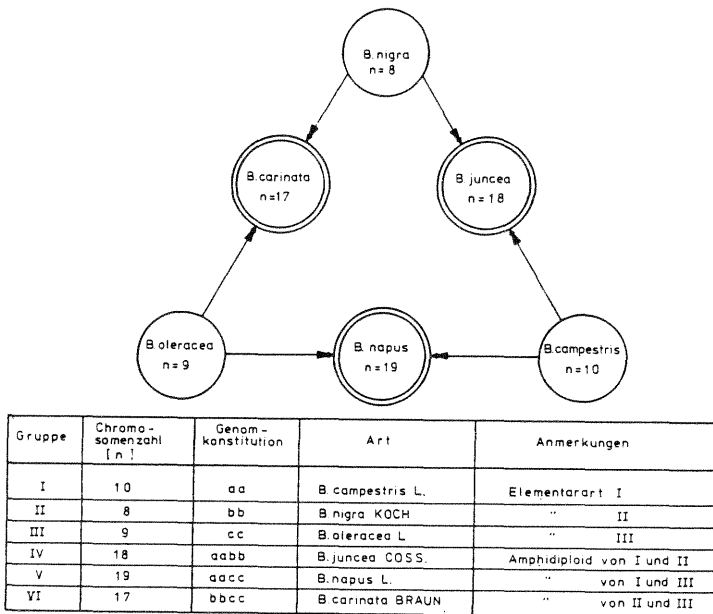


Abb. 40 Verwandtschaftskreis von *B. oleracea* nach MORINAGE (1934) und U (1935).

gesetzten Blätter durchgetrocknet, wurden bis zu 24 h Blattnässe registriert, bevor die Sporendichte in der Luft anstieg (vgl. 3.10).

Die eigenen Untersuchungen zum Sporulationsverhalten des Erregers zeigten, daß *in vitro* eine hohe Ascosporenproduktion bei einem Wechsel von 12 h UV-Licht und 12 h Dunkelheit in einer feuchtigkeitsgesättigten Atmosphäre stattfindet. Bei durchgehender Dunkelheit war die Ascosporenproduktion geringer, während bei Dauerlicht keine Sporen freigesetzt wurden (vgl. 3.2). Wie auch HARTILL (1977) und HUMPERSON-JONES & O'BRIEN (1988) bemerkten, war der Sporenflug im Freiland hauptsächlich bei Tageslicht zu beobachten, vereinzelt aber auch bei Blattnässe während der Nacht. Offensichtlich durchläuft der Pilz verschiedene Entwicklungsphasen, die durch den Wechsel von Licht und Dunkelheit stimuliert werden. Die generativen Organe scheinen sich bei Dunkelheit zu entwickeln, während das Tageslicht einen zusätzlichen Reiz zum Ausstoß der As-

cosporen auslöst. Für Ascomyceten und einige Basidiomyceten ist dieser diurnale Rhythmus nicht ungewöhnlich (INGOLD, 1971). Ein sehr bekannter Ascomycet mit einem solchen Tag-Nacht-Rhythmus ist Venturia inaequalis (MACHARDY & GADOURY, 1986). Auch andere Mycosphaerella-Arten wie M. pinodes (CARTER, 1963) sporulieren nur bei Tageslicht.

Die niedrigste Temperatur, bei der Sporenflug festgestellt wurde, lag bei 0 °C (vgl. 3.10). FRINKING & GEERDS (1987) konnten im Labor regelmäßig Sporulation bei Temperaturen zwischen 6 °C und 20 °C beobachten. Einzelne Sporen fanden sie bei 2 °C, das Temperaturmaximum für den Ausstoß von Ascosporen lag bei 22 °C, immer vorausgesetzt, daß die relative Luftfeuchtigkeit 100 % betrug bzw. das Blatt mit Wasser benetzt war.

Blattnässe ist hier wie bei vielen anderen Ascomyceten Voraussetzung für die Quellung der Asci und damit für die Freisetzung der Ascosporen (SCHRÖDTER, 1987). Da vielerorts keine Möglichkeit besteht, die Blattnässedauer zu registrieren, Daten über die Luftfeuchtigkeit aber zur Verfügung stehen, empfiehlt es sich, diese als Indikator für die Blattnässe einzusetzen. Relative Luftfeuchten über 80 %, die 2 m über dem Erdboden gemessen wurden, korrelieren in hohem Maße mit Blattbenetzung der Pflanzen in Bodennähe (SCHRÖDTER, 1987). Daher entspricht das von ZORNBAACH (1988b) genannte Minimum von 80 % relativer Luftfeuchtigkeit als Voraussetzung für Sporenflug offensichtlich dem Beginn einer Blattnässeperiode.

Bei 20 °C und 100 % relativer Luftfeuchtigkeit brauchten die Ascosporen zur Keimung 18 bis 30 Stunden (WEIMER, 1926). Für eine erfolgreiche Infektion sind nach NELSON & POUND (1959) mindestens vier Tage mit einer relativen Luftfeuchtigkeit über 90 % notwendig. Auch FRINKING & GEERDS (1987) gingen davon aus, daß die Infektion mehrere Tage beansprucht und dieser Zeitraum von der Temperatur abhängt. Die Dauer der kritischen Phase vom Auftreffen der Ascospore auf den Wirt bis zum Eindringen der Keimhyph in ein Stoma ist analog dem Wachstum des Erregers temperaturabhängig. Zur Aufstellung einer präzisen Temperatur-Zeit-Relation sind noch genauere Untersuchungen notwendig.

Die Inkubationszeit betrug in den Gewächshaus-Inokulationsversuchen bei 20 °C 10 bis 14 Tage, was den Freilandbeobachtungen entsprach (vgl. 3.10 und 3.14.3). NELSON & POUND (1959) und HARTILL (1977) gaben als Inkubationszeit ein bis zwei Wochen an, WICKS et al. (1987) und WICKS & VOGELZANG (1988) fanden bei einer Tagesdurchschnittstemperatur von 8 °C eine Inkubationszeit von drei bis vier Wochen. Keimen kann der Pilz in einem Temperaturbereich zwischen 2 °C und 24 °C. Sein Temperaturoptimum liegt zwischen 15 °C und 22 °C (WEIMER, 1926). Nach NIEUWHOF (1969) keimen die Ascosporen des Pilzes auch noch bei 0 °C.

Nachdem M. brassicicola an Winterraps 1986 in der Bundesrepublik Deutschland nachgewiesen wurde und in den folgenden Jahren regelmäßig auftrat (KROSTITZ, 1988b; RUDNICK, 1988; ZORNACH, 1988a) und in einzelnen Beständen Ertragsverluste zwischen 10 und 15 % verursachte (KROSTITZ, 1988a), wurde in einem Freilandversuch gezeigt, daß Infektionen an Weißkohl von einem benachbarten Rapsbestand ausgehen können (vgl. 3.11). Die Ergebnisse bestätigen vielfache Beobachtungen von Landwirten und schon früher angestellte Vermutungen (CRÜGER, 1983 und 1984), daß Infektionen an Weißkohl ihren Ursprung in Winterrapsbeständen haben könnten. Ähnliche gegenseitige Beeinflussungen von Kohl- und Rapskulturen wurden von HUMPHERSON-JONES (1985) für die Erreger Alternaria brassicae und A. brassicicola beschrieben. Die eigenen Untersuchungen zur Pathogenität verschiedener Isolate (vgl. 3.6), die von Winterraps gewonnen wurden, bestätigten, daß es sich an B. napus um den gleichen Erreger wie an B. oleracea handelte. Das Auftreten verschiedener Pathotypen konnte ausgeschlossen werden.

Die eingangs aufgestellte Hypothese zur Epidemiologie des Erregers (vgl. 1.) konnte durch die vorliegenden Ergebnisse bestätigt werden. Durch den gemeinsamen Anbau von Weißkohl und Winterraps in einer Region ist für den Erreger eine lückenlose Ganzjahreskultur potentieller Wirte vorhanden. NIEUWHOF (1969) deutete darauf hin, daß M. brassicicola in einem solchen Fall von Kultur zu Kultur springen könnte. Im Winterraps kann vom Herbst bis zum darauffolgenden Frühjahr ein großes Potential von Inokulum, das sich frei auf der Erdoberfläche befindet, aufgebaut werden (Abb. 42). Bereits die erste Infektion im Jahr trifft den Kohl dadurch flächen-

deckend. Ohne den Raps wären nur einzelne Pflanzen befallen, weil auf der Erdoberfläche liegende Pflanzenreste, die als Infektionsquelle dienen, in den Kohlanbaugebieten nur in geringem Umfang vorhanden sind. Sie werden in der Regel gründlich untergepflügt.

Da sich eine Epidemie dieses Erregers polyzyklisch aufbaut (FRINKING & GEERDS, 1987), verhilft der bei Vegetationsbeginn vorhandene Raps dem Erreger zur epidemieauslösenden Anzahl von ca. 4 Infektionsperioden im laufenden Jahr. Die feuchten Sommer 1985 und 1987 mit häufigen Niederschlägen in den Monaten Juni und Juli begünstigten zusätzlich die vom Raps ausgehenden Infektionen (Abb. 43).



Abb. 42 Am Boden liegende, mit *M. brassicicola* infizierte Rapsblätter als Ausgangsinokulum für starke Infektionen an Kohl.

Niederschlagssummen mm

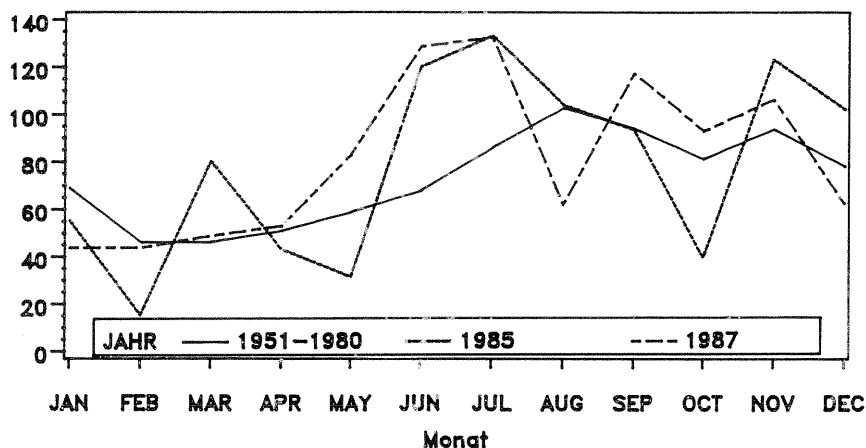


Abb. 43 Monatssummen der Niederschlagsmengen in Heide (Dithmarschen) in den Jahren 1985 und 1987 im Vergleich mit dem langjährigen Mittel (1951-1985) (DEUTSCHER WETTERDIENST, 1988)

FRINKING & GEERDS (1987) entwickelten eine Theorie zur Epidemiologie des Erregers an Rosenkohl in den Niederlanden. Für die schleswig-holsteinischen Kohlanbaugebiete müssen die Winterrapskulturen in die Überlegungen der beiden Autoren einbezogen werden. Der Jahresablauf einer Epidemie sieht dann ab Vegetationsbeginn wie folgt aus:

April bis Juni

Rapsblätter können in einem verseuchten Bestand von den am Boden liegenden Pseudothecien ausgehend befallen werden, sobald sie das Längenwachstum abgeschlossen haben. Die Witterung ist im April oft günstig für Infektionen. Infizierte Blätter fallen bald zu Boden und beginnen zu verrotten. Die auf ihnen in großer Zahl gebildeten Pseudothecien sind ab Mitte Mai bereit, Ascosporen bei mehr als dreitägiger Blattnässe freizugeben. Mitte Mai bis Mitte Juni wird der Weißkohl gepflanzt.

Ab Ende Mai ist ausreichend infizierbare Blattfläche am Kohl vorhanden, so daß nach einer Infektionsperiode ab Mitte Juni in direkter Nachbarschaft von befallenem Winterraps erste Symptome an Weißkohl zu erwarten sind. Diese sind aufgrund des hohen Infektionspotentials, das von einem Rapsbestand ausgeht, in dessen Nähe wesentlich häufiger zu finden, als auf weiter entfernten Anbauflächen. Das feuchte Mikroklima in einem geschlossenen Winterrapsbestand unterstützt die Entwicklung des Erregers und seine Sporulation zusätzlich.

Juli bis September

Bei feuchter Sommerwitterung gehen weitere Infektionen von befallenen Raps- und Kohlbeständen aus. Nach drei bis vier Infektionsperioden kommt es je nach Stärke und Dauer der Sporulation und nach der Intensität der Infektion (abhängig von der Länge der Blattnässeperioden) zu einer epidemischen Ausbreitung des Erregers im Bestand, so daß ab Ende August Weißkohl mit mehr als 80 % befallener Blattfläche zu finden ist. Der im August gesäte Winterraps ist dann ab Mitte bis Ende September infizierbar.

Oktober bis Dezember

Der Erreger wird bei Feuchtigkeit und Wind über das gesamte Anbaugebiet verbreitet. Besonders betroffen sind die späten Lagerkohlsorten und Rosenkohl sowie andere spät kultivierte Kohlar ten. Auch am jungen Winterraps sind ab Mitte Oktober erste Blattflecke erkennbar.

Januar bis März

Der Erreger überdauert an infizierten Pflanzenresten. In milden Wintern mit Temperaturen über 0 °C lebt er auch an grünen Pflanzenteilen von Kohlarten, Winterraps und anderen Brassica-Arten weiter. Es kann sogar zu einer Vermehrung des Infektionspotentials während längerer Perioden mit Temperaturen über 5 °C kommen. In Wintern mit andauernden Frösten frieren die oberirdischen Pflanzenteile ab und verrotten. Erste Infektionen gehen dann von den frei auf der Erdoberfläche liegenden Pseudothecien aus, die bei Feuchtigkeit und Temperaturen über 5 °C ihre Ascosporen in die Luft schleudern.

VAN DEN ENDE et al. (1986) vermuteten, daß starker Frost das Infektionspotential des Pilzes verringern könnte. Da den Vegetationszeiten 1985 und 1987 jeweils kalte Winter mit Kahlfrösten bis - 25 °C vorangingen (DEUTSCHER WETTERDIENST, 1985-1987) und schwere Epidemien in Schleswig-Holstein folgten, kann diese Vermutung nicht unterstützt werden.

Da der Erreger an infizierten Pflanzenresten überdauert (vgl. 3.12.2), ist auch eine Verschleppung in neue Anbauggebiete über Pflanzenteile durch Im- und Export befallenen Gemüses denkbar. So berichteten TORTOLERO & CARRASCO (1982) vom erstmaligen Auftreten des Pilzes in Venezuela und GONZALEZ & MONTEALEGRE (1987) entdeckten ihn in Chile. Diskutiert wird auch die Verbreitung des Erregers über infiziertes Saat- und Pflanzgut, wobei letztere Möglichkeit als erwiesen gelten kann (vgl. 3.7). Der Pilz kann Schoten und Samenanlagen infizieren und auf der Testa von Kohlsamen Fruchtkörper bilden. Die Kotyledonen im Samen bleiben jedoch befallsfrei (WEIMER, 1926; DRING, 1961). HUBER & GOULD (1949) gingen fest von einer Saatgutinfektion durch den Erreger aus und empfahlen zu seiner Bekämpfung eine Heißwasserbeize von 20 Minuten bei 45 °C. POUND et. al. (1951) zweifelten diese Arbeiten jedoch an, da sie den Pilz aus Saatgut, das von stark infizierten Samen-trägern stammte, nicht isolieren konnten, und aus einer Vielzahl

dieser Samen keine infizierten Pflanzen heranwachsen. Die hier gewonnenen Erkenntnisse an Rapssaatgut (vgl. 3.4) entsprechen diesen Erfahrungen, die Kontamination einzelner Samen mit dem Erreger ist aber nach wie vor nicht auszuschließen.

4.4 Verhalten des Erregers im Lager

Neben starken Schäden auf dem Feld verursachte die Mykose auch Probleme bei der Lagerung der infizierten Kohlköpfe. Zusätzliches, zeit- und kostenaufwendiges Putzen vor und während der Lagerzeit wurde seit 1985 in den Befallsgebieten notwendig (RUDNICK, 1986a). Der Pilz durchdringt während der Lagerzeit mehrere Blattschichten des Kohlkopfes. Viele Sekundärerreger, vor allem Botrytis cinerea nutzen seine Nekrosen als Eintrittspforte (GEESON & ROBINSON, 1975). Auch in anderen Anbaugebieten kommt dem Pilz als Schaderreger im Lager eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu (GEESON & ROBINSON, 1975; GEESON 1978 und 1983).

Die üblichen Lagerungsbedingungen von Weißkohl bei 0 °C bis 1 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 95 % (GEESON & KEAR, 1978) erwiesen sich in den eigenen Untersuchungen zur Vermeidung wirtschaftlicher Schäden (vgl. 3.13) als am günstigsten. Die infizierte Kopfoberfläche hatte sich nach drei Monaten Lagerzeit von 20 auf 60 % erhöht. Da der Pilz im Vergleich zu höheren Lagertemperaturen nicht so weit in den Kopf eingedrungen war und die Entwicklung von Sekundärerregern durch die niedrigen Temperaturen weitgehend unterbunden wurde, waren die Verluste zum Versuchsende verhältnismäßig gering.

Der Gewichtsverlust von ca. 20 % nach der Lagerzeit in jeder der Behandlungsvarianten bei 0 °C liegt gegenüber üblichen Verlusten von 10 bis 15 % (GEESON & KEAR, 1978) relativ hoch. Die Ursache hierfür ist darin zu sehen, daß die Köpfe zur Einlagerung Ende November schon voll ausgereift und mit M. brassicicola befallen waren.

Das einmalige Abblatten bei der Auslagerung hatte die gleichen Gewichtsverluste zur Folge wie ein zweimaliges Putzen bei Ein- und

Auslagerung. Auch die Behandlungen mit Thiabendazol bei der Einlagerung brachten keine Verlustminderung, so daß bei 0 °C ein einmaliges Putzen bei der Auslagerung der Köpfe ausreicht. GEESON & KEAR (1978) und GEESON & BROWNE (1979) konnten dagegen sowohl mit Thiabendazol als auch mit Benomyl und Iprodion den Fortgang der Mykose im Lager hemmen. Bei höheren Lagertemperaturen verschob sich das Bild. Sowohl das zweimalige Abblatten bei Ein- und Auslagerung als auch die Thiabendazolbehandlung bei der Einlagerung führten zu signifikant niedrigeren Gewichtsverlusten durch die Lagerung. Das liegt an den geringeren Schädigungen durch sekundäre Erreger, die in den unbehandelten Kontrollen häufig auftraten. Eine sichtbare Hemmung des Wachstums von M. brassicicola durch Thiabendazol war nur bei 8 °C feststellbar. Der 10 % geringere Befall in dieser Variante bei der Abschlußbonitur ist wirtschaftlich ohne Bedeutung.

Eine Verbreitung des Erregers im Lager erfolgte nur über direkten Kontakt infizierter Kohlköpfe mit nichtinfizierten Köpfen. Sporulation fand wegen fehlender Benetzung der Köpfe nicht statt.

GEESON & BROWNE (1979) untersuchten das Auftreten von Lagermykosen an Weißkohl in CA-Lagern mit 3 % O₂, 5-6 % CO₂ und 91-92 % N₂. Sie fanden eine Unterdrückung von B. cinerea bei einer gleichzeitigen Förderung von M. brassicicola.

4.5 Bekämpfbarkeit des Erregers mit Fungiziden

In vitro bewirkten Tebuconazol, Triadimenol und Carbendazim in allen geprüften Konzentrationen eine totale Wachstumshemmung des Erregers (vgl. 3.14.1). Tebuconazol und Carbendazim waren auch im Freiland wirksam, wobei der im Vergleich zur Kontrolle 30 % geringere Befall bei der Abschlußbonitur in der Carbendazim-behandelten Variante als nicht ausreichend angesehen werden kann, während die mit Tebuconazol behandelten Pflanzen ca. 70 % weniger infizierte Blattfläche aufwiesen (vgl. 3.14.2). Thiabendazol, Triforine und Iprodion zeigten zwar auch eine signifikante Depression des Erregers, ein Einsatz dieser Fungizide in der Praxis ist aufgrund der zu geringen Wirksamkeit jedoch nicht zu empfehlen.

Tebuconazol und das in vitro geprüfte Triadimenol, dessen Wirksamkeit gegen M. brassicicola im Freiland von WAINWRIGHT & LINKE (1987) angesprochen wurde, gehören zur Gruppe der 1,2,4-Triazolfungizide. Sie hemmen die Ergosterolbiosynthese, indem sie die oxydative C-14-Demethylierung des Lanosterols unterbinden (BUCHENAUER, 1983). Tebuconazol greift zusätzlich in die $\Delta^8-\Delta^7$ -Isomerenbildung im Sterolmetabolismus ein (KUCK & BERG, 1986, BERG et al., 1987). Da die gute Wirkung von Tebuconazol gegen den Erreger an Raps bereits bekannt war (WAINWRIGHT & LINKE, 1987) und auch andere Triazolfungizide wie Triadimenol, Triadimefon oder Penconazol an verschiedenen Brassica-Gemüsearten gegen die Ringfleckenkrankheit mit zufriedenstellenden Ergebnissen eingesetzt wurden (HARTILL, 1977; WAINWRIGHT & LINKE, 1987, WICKS et al., 1987; WICKS & VOGELZANG, 1988), war eine gute Wirkung dieses Mittels an Weißkohl zu erwarten.

Der Einsatz dieser Triazolfungizide ist trotzdem kritisch zu bewerten, da sie auch die Gibberellinsäuresynthese der behandelten Pflanzen hemmen können (BUCHENAUER & RÖHMER, 1981) und es so zu den hier beobachteten Wachstumsdepressionen kommt (vgl. 3.14.2). Die Applikation des Fungizids während der Kopfbildung führte in einem Versuch zu spürbaren Ertragsverlusten (KÄSSMANN, 1988).

Wegen des Einflusses der Triazolwirkstoffe auf das Pflanzenwachstum, zur Vorbeugung gegen Resistenzbildungen und zur Minderung der Belastung des Gemüses und der Umwelt mit Rückständen der Fungizide ist anzustreben, die Anzahl von Applikationen auf das notwendige Maß zu beschränken. Wurde Tebuconazol nur nach erfolgreichem Sporenflug angewendet, konnte die Anzahl der Behandlungen ohne Erhöhung der Befallsstärke von vier Spritzungen (konventionell) auf zwei reduziert werden. Allerdings war der Infektionsdruck 1988 in Braunschweig, wo der Versuch durchgeführt wurde, relativ gering (vgl. Abb. 30). Da das Mittel eine gute kurative Wirkung zeigte, war es problemlos auch einige Tage nach einer Infektionsperiode einsetzbar.

Die Wirkung von Tebuconazol hält nach den vorliegenden Ergebnissen länger als zwei Wochen an. Obwohl nach dem Mitte September registrierten Sporenflug, der für eine Behandlung nicht stark genug

erschien, Anfang Oktober in den Iprodionbehandelten und unbehandelten Varianten ein Anstieg des Befalls zu beobachten war, blieben die am 30. August zuletzt behandelten Tebuconazol-Varianten annähernd befallsfrei. Die Spanne zwischen zwei Behandlungen kann so auf drei Wochen erweitert werden.

Ähnliche Versuche zur Reduktion der Anzahl protektiver Applikationen von Fungiziden stellten WICKS & VOGELZANG (1988) in Australien an. Sie ermittelten den Zeitpunkt einer Infektionsperiode indirekt durch die Registrierung der Blattnässedauer und konnten die Zahl der Anwendungen von Penconazol an Rosenkohl in einem Zeitraum von sechs Monaten von 13 (protektiv) auf 9 (Behandlung nach 24 h Blattnässe) bzw. 5 (Behandlung nach 72 h Blattnässe) reduzieren, ohne erheblich stärkeren Befall in Kauf nehmen zu müssen.

Am genauesten wird die Bestimmung des Infektionstermins, wenn Sporendichte in der Luft, Temperatur und Blattnässedauer gemeinsam aufgenommen werden. Die für eine Infektion notwendige Blattnässedauer wird analog der Wachstumskurve des Pilzes bei verschiedenen Temperaturen zu- bzw. abnehmen. Daher ist es wichtig zu wissen, wie lange der Infektionsvorgang in Abhängigkeit von der Temperatur dauert, und wie hoch die Sporendichte sein muß, um eine Applikation von Fungiziden zu rechtfertigen. Für den Praktiker sollte das System später vereinfacht und auf das Messen der Blattnässedauer bzw. der relativen Luftfeuchtigkeit reduziert werden.

Neben den Triazolen und dem Imidazol Prochloraz, das einen ähnlichen Wirkungsmechanismus wie diese hat, aber an Kohlarten Geschmacksveränderungen hervorruft (HADLER, 1988), sind die Benzimidazolderivate (MBC) häufig als wirksam ausgewiesen (Tab. 15). In den letzten Jahren zeigten sich vermehrt Fälle, in denen die Wirksamkeit gering oder gar nicht mehr vorhanden war (HARTILL, 1977; MACGREGOR & MERRIMAN, 1983; ANONYM, 1984; WICKS et al., 1987). Der letztgenannte Autor vermutet, daß in Australien aufgrund der häufigen Anwendung dieser Fungizide bereits MBC-resistente Stämme des Pilzes existieren und begründet damit den Wirkungsverlust.

Tab. 15 Weltweit geprüfte Fungizide nach 1975

Wirkstoff	Testpflanze	Wirkung	Jahr	Autor
Triazolderivate Hemmung der Ergosterolbiosynthese				
Penconazol	Rosenkohl	++ ¹⁾	1987	WICKS et al.
Penconazol (+ Mancozeb)	Rosenkohl	++	1988	WICKS & VOGELZANG
Triadimenol	Kohlarten	++	1987	WAINWRIGHT & LINKE
Triadimefon	Rosenkohl	++	1987	WICKS et al.
Tebuconazol	Winterraps	++	1987	WAINWRIGHT & LINKE
Imidazole Hemmung der Ergosterolbiosynthese				
Prochloraz	Winterraps	++	1988	HORNIG
Pyrimidinderivate Hemmung der Ergosterolbiosynthese				
Fenarimaol	Rosenkohl	++	1987	WICKS et al.
Benzimidazolderivate Blockierung der Tubulinpolymerisierung (MBC) während der Mitose				
Benomyl	Rosenkohl	++	1975	STAUNTON & RYAN
	Rosenkohl	++	1976	STAUNTON & RYAN
	Weiß-/Blumenkohl	++	1977	HARTILL
	Rosenkohl	++	1979	BROWN
	Weißkohl (Lager)	++	1979	GEESON & BROWNE
	Weißkohl (Samenträger)	++	1981	GABRIELSON et al.
	Rosenkohl	o	1983	MACGREGOR & MERRIMAN
	Rosenkohl	++	1984	ANONYM
	Blumenkohl	++	1984	ANONYM
	Weißkohl	-	1984	ANONYM
Carbendazim	Rosenkohl	++	1988	VAN DER VEN
	Weiß-/Blumenkohl	+	1977	HARTILL
	Rosenkohl	-	1987	WICKS et al.
Cypendazol	Rosenkohl	++	1988	VAN DER VEN
	Blumenkohl	++	1977	HARTILL
	Thiabendazol	+	1977	HARTILL
Thiabendazol	Weiß-/Blumenkohl	+	1977	HARTILL
	Weißkohl (Lager)	++	1979	GEESON & BROWNE
	Weiß-/Blumenkohl	++	1977	HARTILL
Thiophanate-methyl	Kohlarten	++	1987	WAINWRIGHT & LINKE

Tab. 15 Fortsetzung

Wirkstoff	Testpflanze	Wirkung	Jahr	Autor
Piperazine	Hemmung von Membranlipid- (Δ^7 - Δ^8 - Isomerisierung) und Ergosterolbiosynthesen			
Tridemorph	Weiß-/Blumenkohl	+	1977	HARTILL
Triforine	Rosenkohl	++	1975	STAUNTON & RYAN
	Rosenkohl	++	1976	STAUNTON & RYAN
	Rosenkohl	++	1978	STAUNTON & RYAN
	Rosenkohl	++	1988	VAN DER VEN
Dicarboximid-derivate	Reduktion der DNA-Synthese, Hemmung von an der Mitose beteiligten Biosynthesen			
Iprodion	Weißkohl (Lager)	++	1979	GEESON & BROWNE
	Rosenkohl	-	1983	MACGREGOR & MERRIMAN
	Rosenkohl	-	1988	VAN DER VEN
Dithiocarbamate	Hemmung der ATP-Bildung in der Zelle, Inaktivierung der Polyphenoloxidase			
Mancozeb	Rosenkohl	++	1977	BROWN
	Rosenkohl	o	1978	ANONYM
Maneb	Rosenkohl	-	1983	MACGREGOR & MERRIMAN
	Weiß-/Blumenkohl	-	1977	HARTILL
	Weißkohl (Samenträger)	-	1981	GABRIELSON et al.
Propineb	Weiß-/Blumenkohl	+	1977	HARTILL
Phthalimide	Reaktion mit Thiolen, unspezifische SH-Blockierung			
Captafol	Weiß-/Blumenkohl	-	1977	HARTILL
Captan	Rosenkohl	o	1978	ANONYM
Kupferverbindungen	unspezifische SH-Blockierung durch dissoziierte Kupferionen			
Kupferhydroxid	Rosenkohl	-*	1978	ANONYM
	Rosenkohl	-	1988	WICKS & VOGELZANG
Kupferoxid	Rosenkohl	-*	1978	ANONYM
Kupferoxychlorid	Weiß-/Blumenkohl	-	1977	HARTILL

Tab. 15 Fortsetzung

Wirkstoff	Testpflanze	Wirkung	Jahr	Autor
Nitrile Reduktion von Glutathion in der Zelle				
Chlorothalonil	Rosenkohl	++	1977	BROWN
	Rosenkohl	o	1978	ANONYM
	Rosenkohl	o	1983	MACGREGOR & MERRIMAN
	Rosenkohl	++	1984	ANONYM
	Blumenkohl	-	1984	ANONYM
	Weißkohl	-	1984	ANONYM
	Rosenkohl	++	1987	WICKS et al.
Triazindrivate				
Anilazin	Weiß-/Blumenkohl	-	1977	HARTILL
	Weißkohl(Samenträger)	-	1981	GABRIELSON et al.

1) - = Keine Wirkung, o = leichte Befallsreduktion, + = deutliche Befallsreduktion, ++ = zufriedenstellende Befallsreduktion, * = phytoxtoxisch

Die Einordnung der Wirkstoffgruppen in Tab. 15 erfolgte nach WEGLER (1970), TILLMAN et al. (1973), HOFFMANN et al. (1976), WEGLER (1977), PERKOW (1982) und BUCHENAUER (1983).

5. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse grundlegender Laboruntersuchungen zum Wachstum von Mycosphaerella brassicicola (DUBY) LIND. dargestellt, die Pathogenese dieses Pilzes durch Fotos dokumentiert, der epidemiologische Zusammenhang zwischen dem Befall an Brassica oleracea L. und B. napus L. in den Kohlanbaugebieten Norddeutschlands ermittelt und Hinweise zur Bekämpfung der Krankheit gegeben.

Das Temperaturoptimum für das Wachstum des Mycels lag zwischen 15 °C und 20 °C. Es konnte zwischen einem schwarzen, generativen Mycel, einem weißen, vegetativen Mycel und einer grauen Mischform dieser Typen unterschieden werden. Das Temperaturoptimum des generativen, langsam wachsenden Mycels lag zwischen 15 °C und 20 °C, das Optimum des schneller wachsenden vegetativen Mycels bei 20 °C.

In vitro wurden vom generativen Mycel bei 20 °C und Wechsellicht (12 h dunkel/12 h UV-Licht (350-400 nm)) auf V8-Agar die meisten Ascosporen produziert. Sporulation war auch bei Dunkelheit, nicht aber bei Dauerlicht möglich.

Nach dem Eindringen der Keimhyphen der anemochor verbreiteten Ascosporen durch die Stomata der Wirtspflanzen verging bei 20 °C eine Inkubationszeit von 10 bis 14 Tagen. Wenige Tage nach dem Erscheinen erster Symptome wurden Spermogonien und Pseudothecien angelegt. Zur Reife der Spermogonien streckten sich in feuchtigkeitsgesättigter Atmosphäre Trichogynen aus den Pseudothecien, an die sich die Spermastien anhefteten. Keimende Spermastien wurden nicht beobachtet.

Im Laufe von 10 bis 14 Tagen nach der vermuteten Plasmogamie formierten sich in den Pseudothecien die bitunicaten Asci. Von der Infektion bis zum Ausstoß neuer Ascosporen vergingen bei 20 °C 5 bis 6 Wochen.

Chlamydosporenähnliche Zellen, die in vitro und im Pflanzengewebe beobachtet wurden, hatten offenbar keine Bedeutung für die Epidemiologie des Erregers.

Der Erreger konnte aus Rapssaatgut, das aus einem stark infizierten Bestand gewonnen wurde, nicht isoliert werden.

Kotyledonen von Brassica-Arten konnten durch mycelbewachsene Agarstücke des Pilzes infiziert werden. Ein Einsatz dieser Methode für Sortenprüfungen ist jedoch problematisch.

Isolate von Winterraps waren in gleicher Weise pathogen an Weißkohl wie von Kohlarten gewonnene Isolate.

Infektionen an Weißkohl können von befallenen Winterrapsbeständen ausgehen. Durch den gemeinsamen Anbau von Winterraps und Kohlarten in einem Anbaugebiet werden dem Erreger ganzjährig Wirte zur Verfügung gestellt, was zum Aufbau hoher Infektionspotentiale führt. Der Pilz benötigt im Laufe einer Vegetationszeit ca. vier Infektionsperioden zur polyzyklischen Entwicklung einer Epidemie, deshalb wird die Gefahr ihrer Entstehung durch die Überlagerung der Kulturzeiten von Winterraps und Weißkohl beträchtlich erhöht.

Alle zum Verwandtschaftskreis von B. oleracea gehörenden Arten sind anfällig gegenüber dem Erreger. Er wurde auch an Thlaspi arvense gefunden. Die Weißkohlsorten Carlton, Erdeno, Krautkaiser, Olympiade und Pluton waren wenig anfällig. Völlig resistente Sorten konnten in den eignen Untersuchungen nicht selektiert werden.

Sporenflug war bei relativen Luftfeuchtigkeiten über 80 % bzw. bei Blattnässe und Temperaturen über 0 °C 2 h nach Beginn der Feuchtigkeitsperiode festzustellen, wenn das am Boden liegende, infizierte Pflanzenmaterial naß war. Andernfalls konnten 24 h bis 48 h vergehen, bis die ersten Sporen registriert wurden. Die Sporulation erfolgte in einem lichtinduzierten diurnalen Rhythmus. Die Maxima lagen in den Stunden zwischen 10 und 14 Uhr, wenn ausreichend Feuchtigkeit vorhanden war.

Der Pilz überdauerte ungünstige Perioden auf am Boden liegenden Pflanzenresten.

Bei Temperaturen von 0 °C konnte das Wachstum des Erregers an Weißkohl im Lager zwar nicht unterbunden werden, größere Verluste waren jedoch zu vermeiden, weil bei dieser Temperatur weniger Sekundärinfektionen auftraten. Bei höheren Lagertemperaturen empfahl sich zur Hemmung von Sekundärmykosen eine einmalige Behandlung mit 0,15 % Tecto fl. (45,1 % Thiabendazol) bei der Einlagerung. Der Pilz konnte bei Lagertemperaturen über 0 °C mehrere Blattlagen durchwachsen.

Triadimenol, Tebuconazol und Carbendazim hemmten in vitro das Wachstum des Erregers am wirkungsvollsten. Eine viermalige Behandlung mit Folicur 250 EC (25 % Tebuconazol) hatte im Freiland einen gegenüber der Kontrolle 72 % geringeren Befall zur Folge, die Spritzung mit Derosal (36 % Carbendazim) dagegen nur 27 %. Durch Bestimmung des Bekämpfungstermins anhand des Sporenfluges war die Anzahl der Applikationen bei geringem Infektionsdruck von 4 (protektiv) auf 2 zu reduzieren.

6. S U M M A R Y

Pathogenesis, epidemiology and control of Mycosphaerella brassicicola (DUBY) LINDAU, the causal organism of the ringspot disease of crucifers

Ringspot (Mycosphaerella brassicicola (DUBY) LINDAU) is the most important disease of cole crops in Schleswig-Holstein (Germany) since 1985 when the first epidemic occurred. Before 1985 the disease was neglectable in that region.

In this paper results of investigations concerning the growth of M. brassicicola in vitro, its pathogenesis and epidemiology are reported and discussed. Special interest was given to the function of oilseed rape (*Brassica napus* L.) in the epidemiology of the fungus in the cabbage growing areas of Schleswig-Holstein.

Black, white and grey mycelia were distinguished in vitro. The black one seemed to be the generative type and had an optimum temperature for growth on PDA between 15 and 20 °C. It grew very slowly in comparison to the white, faster growing type, which was supposed to be vegetative. The optimum temperature for growth of this mycelium was 20 °C. The grey type represented a mixture of the white and black mycelia.

Ascospore production in vitro could be obtained on V8-vegetable-juice-agar by the black mycelium. A temperature of 20 °C and an alternation of 12 hours darkness and 12 hours UV-light (350-400 nm) provided the best conditions for sporulation. Ascospore release was recognized 27 days after inoculation of the PDA-plates. It also happened with less intensity when the plates were incubated in complete darkness, but not in permanent light.

After the germ tubes of the aerenogen dispersed ascospores had penetrated the host tissue through the stomata it needed 10 to 14 days at 20 °C before the first symptoms were visible. A few days later primordia of spermogonia and pseudothecia were formed. Synchronous to the maturity of the spermogonia 14 days after the first occurrence of symptoms trichogyns protruded from the ostiole

of the pseudothecia. Under moist conditions the spermatia were extruded from the spermogonia and attached to the trichogyns. It was supposed that a plasmogamy took place. Germinating spermatia could never be observed.

The pseudothecia ripened in 10 to 14 days after the supposed plasmogamy. Altogether it needed 5 to 6 weeks at 20 °C and optimal humidity for a whole life cycle of the fungus.

Cells resembling chlamydospores were observed as well in host tissue as in vitro but their function was never determined. They do not seem to be decisive for the epidemiology of the fungus.

Isolation of M. brassicicola from seeds of heavily infested oilseed rape was not successful. Seed transmission is supposed to be unimportant for this disease.

Cotyledons of several Brassica species were successfully inoculated with mycelium from PDA-plates. The practicability of this method for a reliable screening test for resistance of different cultivars of cole crops is discussed.

In Schleswig-Holstein infections in cabbage had their origin in heavily infested neighbouring oilseed rape fields. This combination of oilseed rape and cabbage in one growing area makes hosts available to the fungus all the year round. That leads to an accumulation of a high infection potential. The growing periods of cabbage (May to October) and oilseed rape (end of August to July of the following year) complement one another and support the development of a polycyclic epidemic. The fungus needs four to five infection periods during one growing season to build up an inoculum for an epidemic. Thus, if the weather conditions are favourable, the fungus is able to use every infection period throughout the year while it had only six months with cabbage as single host in the area.

Brassica carinata BRAUN, B. chinensis L., B. juncea (L.) CZERN., B. napus L., B. nigra (L.) KOCH and all tested varieties of B. oleracea L. were susceptible to the fungus. In a single record

Thlaspi arvense L. was found to be susceptible too. The white cabbage cultivars Carlton, Erdeno, Krautkaiser, Olympiade and Pluton were resistant to the disease.

Ascospore release appeared when the relative humidity remained above 80 % (2 m above ground level) which was mostly equivalent to leaf wetness. Rainfall is not necessary but it promotes the sporulation. The minimum temperature for spore release was 0 °C. If the infested plant material was already wet it needed two hours of leaf wetness before the first increase of ascospore density in the air was recorded (BURCKARD-sporetrap). Otherwise it needed up to 48 hours leaf wetness before ascospores were projected. M. brassicicola sporulated in a daylight induced diurnal rhythm, if temperature and leaf wetness were favourable.

The fungus survives on infested plant debris.

Conditions of 0 °C and 95 % relative humidity could not stop the growth of the fungus on white cabbage in storage, but reduced the yield losses to a minimum. At higher storage temperatures spraying the cabbage with 0,15 % Tecto fl. (45,1 % a.i. Thiabendazol) against Botrytis cinerea PERS. was necessary. This fungus was the most serious secondary mycosis in Mycosphaerella-infested cabbage.

Triadimenol, Tebuconazol and Carbendazim inhibited the growth of the fungus in vitro. Four applications of Folicur 250 EC (25 % a.i. Tebuconazol) in white cabbage 'Bartolo' lead to a reduction of 72 % infected leaf area compared with the untreated control. It gave a considerably better control of ringspot than Derosal (36 % a.i. Carbendazim, 27 % reduction of infected leaf area), but induced in some instances suppressed plant growth. Rovral (50 % a.i. Iprodione), Saprol (19 % a.i. Triforine) and Tecto fl. (45,1 % a.i. Thiabendazol) gave no satisfactory control of ringspot. If Tebuconazol was applied only after an infection period, which was determined by ascospore counts, it succeeded to reduce the number of applications from four to two during a growing season with moderate infections.

7. L I T E R A T U R

- ANDREOLI, C. & J.D. MAGUIRE (1986): Abscisic acid (ABA): A new germination inhibitor for testing crucifer seed infected with Phoma lingam. Crucifer Newsletter, Eucarpia, No. 11, 114-115.
- ANONYM (1978): Crucifers. Queensland Department of Primary Industries, Ann. Rept. 1977-78, Brisbane, 64.
- ANONYM (1981a): CMI Distribution maps of plant diseases, No. 189 Edition 4, Commonwealth Mycological Institute, Kew, England.
- ANONYM (1984): Diseases of vegetables. Irish Republic, An Foras Taluntais, Horticulture, Res. Rept. 1984, 45.
- ANONYM (1986): Disease resistance in Brussels sprout varieties. NIAB Fellows Newsletter, No. 114, 4-5.
- ANONYM (1989): NIAB vegetable growers leaflet. Recommended varieties of Brussels Sprouts. National Institute for Agricultural Botany, No. 3, 2-7.
- ARX, J.A. VON (1987): Plant pathogenic fungi. Beihefte zur Nova Hedwigia, Heft 87, 56.
- BERG, D.; L. BORN; K.-H. BÜCHEL; G. HOLMWOOD; J. KAULEN (1987): HWG 1608 - Chemie und Biochemie eines neuen Azolfungizids. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 40 (2), 111-132.
- BOEREMA, G.H. & A. VAN KESTEREN (1964): The nomenclature of two fungi parasiting Brassica. Peroonia, 3 (1), 17-28.
- BROWN, L. (1979): Field evaluation of fungicides for control of Ringspot. Fungicide and Nematicide Tests, 34, 58.
- BUCHENAUER, H. (1983): Wirkungsweise moderner Fungizide in Pilzen und Pflanzen. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 96, 427-457.

- BUCHENAUER, H. & E. RÖHNER (1981): Effect of Triadimefon and Triadimenol on growth of various plant species as well as on Gibberellin content and sterol metabolism in shoot of barley seedlings. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 15, 58-70.
- CARTER, M.V. (1963): Mycosphaerella pinodes. II. The phenology of ascospore release. *Austr. J. Biol. Sci.*, 16, 800-817.
- CHUPP, C. & A.F. SHERF (1960): Ringspot (Mycosphaerella brassicicola). In *Vegetable diseases and their control*, The Ronald Press Company, New York, 264-265.
- CHEVALLIER, F.F. (1826): *Flore de Paris*, 1, Paris.
- CRÜGER, G. (1983): *Pflanzenschutz im Gemüsebau*. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- CRÜGER, G. (1984): Über die Bedeutung von Virosen, Bakteriosen, Mykosen, Unkräutern und Nematoden in einem integrierten Bekämpfungssystem für den Kohlanbau. *Kolloquium Integrierter Pflanzenschutz im Kohlanbau*. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtschaft., Berlin-Dahlem, Heft 218, 7-24.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (1985-1987): *Agrarmeteorologischer Wochenbericht von Braunschweig*. Zentrale Agrarmeteorologische Forschungsstelle, Braunschweig.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (1988): *Monatsmittelwerte/-summen von Temperatur und Niederschlag in Heide/Holst. (1985-1987)*, Dienststelle Schleswig, Deutscher Wetterdienst.
- DINGLEY, J.M. (1969): *Records of plant diseases in New Zealand*. Department of scientific and industrial research, Plant Diseases Division, Bulletin 192, 144-145.
- DRING, D.M. (1961): Studies on Mycosphaerella brassicicola (DUBY) OUDEM. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, 44 (2), 253-264.

- DUBY (1830): *Botanicum Fungorum Gallicum*, Paris.
- ENDE, J.E. VAN DEN; H.D. FRINKING & C.F. GEERDS (1986): *Mycosphaerella brassicicola* op kool: een epidemiologische beschouwing. *Gewasbescherming*, 17 (1), 12.
- FRINKING, H.D. & C.F. GEERDS (1987): Een beschouwing over de invloed van temperatuur en vocht op *Mycosphaerella brassicicola* in spruitkool. *Gewasbescherming*, 18 (5), 133-143.
- GABRIELSON, R.L.; J. ROBAK; M. ROBAK (1981): Control of black blight (*Mycosphaerella brassicicola*) of cabbage seed crops with Benlate. (Abstr.) *Phytopathology*, 71 (2), 217.
- GEESON, J.D. (1978): Careful harvest is vital for white cabbage storage success. *Grower*, 89 (1), 27-31.
- GEESON, J.D. (1983): Brassicas. In *Postharvest pathology of fruits and vegetables*. Editor C. Dennis, Academic Press, London.
- GEESON, J.D. & K.M. BROWNE (1979a): Effect of postharvest fungicide drenches on stored winter white cabbage. *Plant Pathol.*, 28, 161-168.
- GEESON, J.D. & K.M. BROWNE (1979b): CA ceeps coleslaw crop greener. *The Grower*, 92 (14), 36-38.
- GEESON, J.D. & R.W. KEAR (1978): Fungicide dips for cabbage storage. *Horticulture Industry*, Oct. 78, 38-39.
- GEESON, J.D. & J.E. ROBINSON (1975): Damage will mean trouble in store. *Commercial Grower*, No. 4147, 1245-1246.
- GONZALES M.S. & J.R. MONTEALEGRE (1987): Occurrence of *Mycosphaerella brassicicola* (DUBY) LINDAU in *Brassica oleracea* L. var. *acephala* D.C. in the X. region of Chile. *Agricultura Technica (CHILE)*, 47 (2), 181-183.
- HADLER, C. (1988): Persönliche Mitteilung.

- HARRISON, G.L. & A. STEWARD (1988): Cultural variation in Mycosphaerella fragariae (TUL.) LINDAU. Cryptog. Mycol. 9 (2), 87-92
- HARTILL, W.F.T. (1977): Epidemiology and control of ringspot in cabbages and cauliflowers. Proc. New Zealand Weed Pest Control Conf., 30, 91-95.
- HARTILL, W.F.T. (1978): The role of allylisothiocyanate in the development of 'ringspot' epidemics in brassicas. 3rd international congress of plant pathology, München, 217.
- HARTILL, W.F.T. & P.G. SUTTON (1980): Inhibition of germination of Mycosphaerella brassicicola ascospores on young cabbage and cauliflower leaves. Ann. appl. Biol., 96, 153-161.
- HOFFMANN, G.M., F. NIENHAUS, F. SCHÖNBECK, H.C. WELTZIEN, H. WILBERT (1976): Lehrbuch der Phytomedizin. Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- HORNIG, H. (1988): Stand der Pilzbekämpfung in Raps. Raps, 6 (1), 6-10.
- HUMPHERSON-JONES, F.M. (1984): Seed-borne disease interactions between oilseed rape and other brassicas. Proc. Brit. Crop Protect. Conf., 799-806.
- HUMPHERSON-JONES, F.M. & M.J. O'BRIEN (1987): Ringspot. National Vegetable Research Station, Wellesbourne, Warwick, Annual Report 1986/87, 55.
- INGOLD, C.T. (1971): Fungal spores. Their liberation and dispersal. Clarendon Press, Oxford.
- KIRCHNER, O. VON (1923): Die Krankheiten und Beschädigungen unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KROSTITZ, J. (1988a): Persönliche Mitteilung.

- KROSTITZ, J. (1988b): Neue Pilzkrankheiten, neue Bekämpfungstermine im Raps? DLG-Mitt., 104 (7), 340-343.
- KÄSSMANN, S. (1988): Persönliche Mitteilung.
- KUCK K.H. & D. BERG (1986): Systemische Eigenschaften und biochemischer Wirkungsmechanismus eines neuen Azolfungizids. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, Heft 232, 196.
- LANGBEHN, C. & F. WEHR (1988): Rapsanbau - weiter rentabel? DLG-Mittlg. 104 (14), 726-729.
- LINDAU, G. (1897): Sphaeriales. In Engler, A. & K. Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, Teil 1, Leipzig, 384-491.
- MACGREGOR, R.R. & MERRIMAN, P.R. (1983): Evaluation of fungicides for control of ringspot. Fungicide and Nematicide Tests, 38, 95.
- MACHARDY, W.E. & D.M. GADOURY (1986): Patterns of ascospore discharge by Venturia inaequalis. Phytopathology, 76, 985-990.
- MC KAY, R. (1956): Crucifer diseases in Ireland. At the sign of three candles, Dublin, 27-32.
- MOORE, W.C. (1959): British parasitic fungi. Univerity Press, Cambridge, 211.
- MORINAGE, T. (1934): Interspezifische hybridisation in Brassica. VI. The cytology of F1-hybrids of Brassica juncea and Brassica nigra. Cytologia, Tokyo, 6, 62-67.
- NELSON, M.R. & G.S. POUND (1959): The relation of environment to the ringspot (Mycosphaerella brassicicola) disease of crucifers. Phytopathology, 49, 633-640.

- NIEWHOFF, M. (1969): Cole crops. World crop books, Leonhard Hill, London, 144-145.
- PERKOW, W. (1982): Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel. Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- PUNITHALINGAM, E. & P. HOLLIDAY (1975): Mycosphaerella brassicicola. CMI Descriptions of plant pathogenic fungi and bacteria, Commonwealth Mycological Institute, Kew, England, 47, No. 468.
- OGILIVIE, L. (1969): Diseases of vegetables. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Bull. 123, 19.
- RACK, K. (1957): Beschreibung und Arbeitsweise eines einfachen Sporenfangergerätes. Zeitschr. PflKrankh. PflSchutz, 64, 332-340.
- RIJBROEK, P. VAN (1985): Mycosphaerella in spruitkool. Groenten Fruit, 40 (31), 43.
- RIJBROEK, P. VAN (1989): Vroeg ras kiezen blijft moeilijk maar vel ruime kens aan midden vroege rassen. Groenten Fruit, 44 (27), 59-61.
- RUDNICK, M. (1986a): Epidemisches Auftreten der Ringfleckenkrankheit an Kohl in Schleswig-Holstein, verursacht durch Mycosphaerella brassicicola (DUBY) LINDAU. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 38, 83-85.
- RUDNICK, M. (1986b): Eine neue Blattfleckenkrankheit an Kohl. Pflanzenschutzpraxis, Heft 2/1986, 32-33.
- RUDNICK, M. (1988): Wenig bekannte Rapskrankheiten. Pflanzenschutzpraxis, Heft 2/1988, 28-30.
- SAS USERS GUIDE (1985): Statistics, Version 5 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.

- SCHRÖDTER, H. (1987): Wetter und Pflanzenkrankheiten. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, NewYork, London, Paris, Tokyo.
- SCHNEIDER, R. (1978): Vorkommen von Mycosphaerella brassicicola an Kohl in Schleswig-Holstein. Biolog. Bundesanst. für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig, Jahresbericht, H73, 1.3.
- SNYDER, W.C. (1946): Spermogonia versus pycnidia in Mycosphaerella brassicicola. Phytopathology, 36, 481-484.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (1981-1989): Ausgewählte Zahlen für die Agrarwirtschaft. Hrsg. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Verlag W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart und Mainz.
- STAUNTON, W.P. & E.W. RYAN (1975): Ringspot of brassicas. Irish Republic, An Foras Taluntais, Horticulture, Res. Rept. 1975, 98.
- STAUNTON, W.P. & E.W. RYAN (1976): Ringspot of brassicas. Irish Republic, An Foras Taluntais, Horticulture, Res. Rept. 1976, 89.
- STAUNTON, W.P. & E.W. RYAN (1978): Ringspot of brassicas (Mycosphaerella brassicicola). Irish Republic, An Foras Taluntais, Horticulture, Res. Rept. 1978, 80.
- TILLMAN, R.W., M.R. SIEGEL, J.W. LONG (1973): Mechanism of action and fate of the fungicide chlorothalonil (2,4,5,6-Tetrachloroisophthalonitrile) in biological systems. Pest. Biochem. Physiol. 3, 160-170.
- TORTOLERO, O. & A. CARRASCO (1982): La mancha anular del repollo (Mycosphaerella brassicicola) en Venezuela. Fitopatologia, 17 (2), 21-24.
- U, N. (1935): General analysis in Brassica with special reference to the experimental Formation of B. napus and peculiar mode of fertilisation. Jap. J. Bot., 7, 389-452.

- VANTERPOOL, T.C. (1960): The ring spot disease of rape in an inland parkland region. *Plant Dis. Repr.*, **44** (5), 362-363.
- VEN, I.E. VAN DER (1988): Dit jaar meer kans op 'stip' in spruitkool? *Groenten Fruit*, **44**, 46-47.
- WAINWRIGHT, A. & W. Linke (1987): Freilandversuche und Beobachtungen in Großbritannien über die Wirkung von Folicur und Raxil gegen Blattinfektionen und samenbürtige Krankheiten des Getreides sowie von Folicur gegen Rapskrankheiten (1984-1986). *Pflanzenschutznachrichten Bayer*, **40** (2), 181-212.
- WEGLER, R. (1970): *Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel*. Bd. 2, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- WEGLER, R. (1977): *Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel*. Bd. 4, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- WEIMER, J.L. (1926): Ringspot of crucifers by *Mycosphaerella brassicicola* (FR.) LINDAU. *J. Agr. Res.*, **32**, 97-132.
- WICKS, T.; G. LOMMAN; I.S. ROGERS (1987): Fungicide control of ringspot (*Mycosphaerella brassicicola*) in Brussels sprouts. *Austr. J. Exp. Agric.*, **27**, 597-600.
- WICKS, T. & B. VOGELZANG (1988): Effect of fungicides applied after infection on the control of *Mycosphaerella brassicicola* on Brussels sprouts. *Aust. J. Exp. Agric.*, **28**, 411-416.
- ZORNACH, W. (1988a): Das Auftreten von *Mycosphaerella brassicicola* (DUBY) LIND., dem Erreger der Ringfleckenkrankheit an Kohl und Raps, im Jahr 1987. *Phytopathol.*, **18** (4), 19.

ZORNBACH, W. (1988b): Untersuchungen zur Epidemiologie von Myco-
sphaerella brassicicola (DUBY) LIND., dem Erreger der
Ringfleckenkrankheit an Kohl (Brassica oleracea L.) und
Raps (Brassica napus L.). Mitt. Biol. Bundesanst. Land-
Forstwirtsch., Berlin-Dahlem, No. 245, 301.