

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE EPIDEMIOLOGIE DES RAPSKREBSES,
VERURSACHT DURCH SCLEROTINIA SCLEROTIUM (LIB.) DE BARY

W. Krüger

Einleitung

Der Rapskrebs, verursacht durch *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, ist eine Krankheit des Rapses und Rübens, die in der Bundesrepublik Deutschland bevorzugt in den Küstengebieten zu finden ist, wo bei epidemischem Auftreten starke Verluste verursacht werden. Er tritt jährlich in unterschiedlicher Stärke auf, so daß es notwendig erschien, die Ursachen dieser Schwankungen zu erforschen, die in erster Linie witterungsbedingt sein dürften.

Um die Wirkung der verschiedenen Faktoren auf die Krankheit zu verstehen, waren die Stadien des Entwicklungsprozesses des Pilzes zu erfassen, auf die diese Einflüsse wirken konnten:

1. die Keimung der Sklerotien,
2. die Bildung der Apothezien,
3. die Verbreitung der Ascosporen und
4. die Infektion des Rapses.

Da die Witterung das Ergebnis des Zusammenwirkens mehrerer Faktoren ist, wurde in Modellversuchen von einigen der Einfluß auf die Apothezienbildung untersucht. Außerdem sollte die Witterung in ihrer Wirkung auf die Apothezienbildung und den Befall des Rapses analysiert werden.

Ergebnisse

1. Entwicklung der Apothezien in Rapsbeständen

Ab 1970 sind in Ostholstein und in den Marschen der Westküste in 14 - 16 Beständen Sklerotien ausgelegt und in etwa 10- bis 14tägigem Abstand auf die Apothezienbildung beurteilt worden (Tab. 1). Über die ins einzelne gehenden Ergebnisse wird an anderer Stelle berichtet (KRÜGER, 1974 a).

Im Jahre 1970 bildeten sich sowohl an der Westküste als auch im Osten des Landes fast keine Apothezien. Auffallend war, daß sich die wenigen Fruchtkörper im Verhältnis zu den anderen Jahren sehr spät entwickelten. Ursache war vermutlich das sehr späte Frühjahr. Im ersten Aprildrittel betrug z. B. die durchschnittliche Temperatur in Kiel in 2 cm Bodentiefe nur 1,9° C, im zweiten Drittel 5,8° C und im dritten Drittel 8,2° C.

Im Gegensatz zu 1970 keimten 1971 in fast allen Beständen aus der 1 cm-Tiefenlage etwa 30 % der Sklerotien. Aus 3 cm Tiefe waren es weniger.

Tabelle 1: Apothezienbildung in verschiedenen Rapsbeständen
(Sklerotien mit Apothezien in %) x)

Datum der Beurteilung 1970	Westküste		Ostholstein	
	Tiefenlage der Sklerotien im Boden			
	1 cm	3 cm	1 cm	3 cm
3.6.	0,2	0,6	0,6	1,3
18.6.	1,6	1,4	0,1	0,5
6.7.	0,0	0,0	0,2	0,4
Sa.	1,8	2,0	0,9	2,2
<u>1971</u>				
17.5.	3,0	0,0	2,5	0,3
2.6.	12,2	1,5	9,6	2,2
16.6.	7,0	2,8	13,3	3,7
29.6.	6,2	3,3	8,7	3,7
13.7.	2,0	0,8	2,5	1,0
Sa.	30,4	8,4	36,6	10,9
Tiefenlage 2 cm im Boden				
<u>1972</u>				
4.5.	7,8		4,2	
15.5.	19,0		8,5	
30.5.	12,8		9,3	
12.6.	10,2		6,8	
27.6.	5,4		7,4	
Sa.	55,2		36,2	
<u>1973</u>				
2.5.	14,4		14,1	
16.5.	24,8		23,9	
29.5.	15,6		21,6	
12.6.	13,6		6,8	
Sa.	68,4		66,4	

x) Die Sklerotien wurden jährlich in 14 bis 16 Beständen eingelegt

Diese günstige Apothezienbildung in der oberen Bodenschicht wurde in anderen Versuchen bestätigt, so daß in weiteren die Sklerotien in der ebenfalls optimalen 2 cm-Schicht ausgelegt wurden.

Auch 1972 wurde eine reichliche Apothezienbildung beobachtet, die bereits

Anfang Mai begann und bis Ende Juni dauerte. An der Westküste entwickelten sich mehr Fruchtkörper als im Osten des Landes.

Im folgenden Jahr (1973) setzte die Apothezienbildung noch früher ein. Bereits Ende April erschienen die ersten Apothezien. Mit über 60 % gekeimten Sklerotien erfolgte die beste Apothezienentwicklung der vier Jahre.

Diese Beobachtungen ergaben somit, daß in den einzelnen Jahren und auch innerhalb eines Jahres in den verschiedenen Beständen und Gebieten die Sklerotien in unterschiedlicher Zahl Apothezien bildeten.

2. Entwicklung der Apothezien von verschieden großen Sklerotien

Die Verbreitung des Rapskrebses erfolgte durch Sklerotien, die entweder nach der Ernte auf den Boden gelangen oder mit der Saat verbreitet werden. Durch Reinigungsprozesse werden jedoch die großen Sklerotien aus der Saat entfernt, und nur die rapskorngroßen verbleiben. Es entstand die Frage, ob diese kleinen Sklerotien keimfähig sind. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Apothezienbildung der Sklerotien in Abhängigkeit von ihrer Größe und Tiefenlage im Boden

Tiefenlage in cm	Größe der trockenen Sklerotien			
	kleiner als 1 mm	1,0 - 1,6 mm	1,6 - 2,0 mm	Mittelwerte
	Sklerotien mit Apothezien in %			
1	45	52	61	52,7
2-2,5	19	21	83	41,0
4-5	6	5	28	13,0
Mittelwerte	23,3	26,0	57,3	35,6
GD 5 %	Größe der Sklerotien		5,0	
	Tiefenlage		3,4	
	Sklerotiengröße x Tiefenlage		5,9	

Wie ersichtlich, keimten die kleinen und mittleren Sklerotien aus den tieferen Lagen weniger gut als große Sklerotien, die auch noch aus 4-5 cm Tiefe mehrere Apothezien entwickelten. Da jedoch nur sehr wenige kleine Sklerotien mit der Saat verbreitet werden (SCHLÖSSER 1968), scheidet sie als Quelle für ein epidemisches Auftreten der Krankheit aus. Sie können aber wohl auf solchen Flächen als Verseuchungsursprung in Betracht kommen, auf denen der Rapskrebs nicht vorhanden ist.

3. Ausschleudern und Verbreitung der Ascosporen

In Modellversuchen sollte der Einfluß des Apothezienzustandes und der Witterung auf das Ausschleudern der Ascosporen analysiert werden.

a) Beeinflussung der Apothezienentwicklung und des Ascosporenausschleuderns durch Trockenheit

Im Freiland wurden gleichaltrige, eben durch die Bodenoberfläche gedrungene Apothezien i) mit einem Becher abgedeckt, ii) von der direkten Sonneneinstrahlung durch Schattierung geschützt und iii) nach zwei Tagen für einige Stunden dem Sonnenlicht ausgesetzt.

Nach entsprechenden Zeiträumen wurden mehrere Apothezien abgeschnitten und einzeln für 5 Minuten mit dem Fruchtschüsselchen in einen Wassertropfen (0,025 ml) gestellt, so daß die Ascosporen in diesen diffundieren konnten. Anschließend wurden die Sporen gezählt (Tab. 3).

Tabelle 3: Einfluß des Eintrocknens der Apothezien und der Apotheziengröße auf die Sporenproduktion (Mittelwerte von 20 Apothezien)

Anzahl Tage nach Versuchsbeginn	Anzahl Ascosporen je Apothezium (in 1 ml Wasser diffundiert)		
	Apothezien abgedeckt	Apothezien nicht abgedeckt	Apothezien eingetrocknet
0	3.120	-	-
3	127.400	34.840	-
5	368.160	180.440	58.240
11	1.899.560	574.600	6.760

Aus den Zahlen der Tabelle 3 geht hervor, daß bei Versuchsbeginn in den kleinen, in diesem Stadium noch nicht entfalteten Apothezien wenige Ascosporen vorhanden waren. Nach drei Tagen wurden von den abgedeckten Apothezien mehr Ascosporen erhalten als von denen, die nicht abgedeckt, also den Luftbewegungen ausgesetzt waren. Nach zwei weiteren Tagen verdreifachte sich die Ascosporenmenge in den Apothezien der abgedeckten Serie. In der nicht abgedeckten Probe wurden fünfmal so viele Sporen gefunden wie vorher. Die eingetrockneten Apothezien enthielten die wenigsten Sporen. Nach weiteren 6 Tagen wurden die Unterschiede noch deutlicher.

Diese Ergebnisse zeigen somit, daß eingetrocknete Apothezien als Infektionsquelle wenig Bedeutung haben.

b) Einfluß der Niederschläge auf die Verbreitung der Ascosporen

Auf Grund von Beobachtungen in Rapsbeständen wurde angenommen, daß die Ascosporen bei Niederschlägen in die auf den Apothezien sich befindende Flüssigkeit diffundierten und nicht ausgeschleudert wurden. In einem entsprechenden Modellversuch sollte dieses geprüft werden (Tab. 4).

Tabelle 4: Einfluß der Witterung auf das Ausschleudern der Ascosporen

Beobach- tungs- stelle	Anzahl der gefangenen Ascosporen je abgesuchter Fläche (50 cm ²) nach 2 bzw. 4 Tagen Exposition der Objektträger im Freiland			
	Expositionszeit			Expositionszeit
	28. -30. 5.	30. 5. -1. 6.	1. -4. 6.	4. -6. 6.
	<u>Wetter:</u> trocken, warm, sonnig	<u>Wetter:</u> bedeckt, schwül, Sprühregen, windstill	<u>Wetter:</u> Regen, windstill	<u>Wetter:</u> heiter bis wolkg, mäßig windig bis windstill
				Apothezien nicht be- befeuch- feuchtet tet (Gieß- kanne)
A	71	74	20	27 14
B	286	57	18	370 13
C	153	18	6	51 17

Bei diesem Versuch wurden Ascosporen über einer Fläche von 35 x 35 cm, auf der etwa 60 Sklerotien Apothezien gebildet hatten, bei unterschiedlichem Wetter auf mit Vaseline bestrichenen Objektträgern gefangen. Bei warmem und trockenem Wetter wurden die meisten Ascosporen ausgeschleudert. Die Anzahl verringerte sich bei bedecktem und schwülem Wetter. Sie war am geringsten, wenn Regen vorherrschte und es windstill war. Auch wenn Regenwetter simuliert wurde, wurden sehr wenige Sporen gefangen.

Diese Ergebnisse zeigten somit, daß der Witterung ein entscheidender Einfluß auf die Apothezienbildung und das Ausschleudern der Sporen beizumessen ist.

4. Mögliche Auswirkung der Witterung auf den Befall des Rapses

Auf Grund von Befallsaufnahmen seit 1965 und der seit 1970 bekannten Apothezienentwicklung wurde versucht, die Wirkung der Witterung zu ana-

lysieren. Anhand von zwei Beispielen wird aufgezeigt, wie das Auftreten der Krankheit mit großer Wahrscheinlichkeit beeinflusst worden ist. Nähere Angaben werden später veröffentlicht (KRÜGER im Druck, b). Als Beispiel werden hier die Jahre 1971 und 1973 angeführt.

Abbildungen 1 und 2: Daten des Witterungsverlaufes, der Rapsblüte, der Apothezienentwicklung und des Befalles des Rapses durch den Rapskreb, verursacht durch *Sclerotinia sclerotiorum* (Daten 1971 Kiel, 1973 Husum)

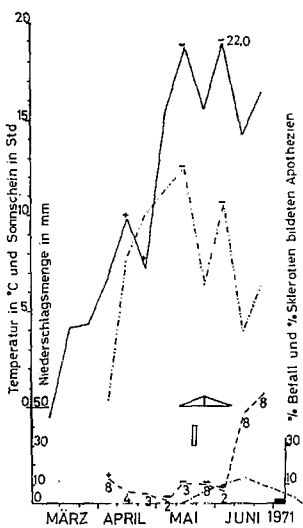


Abbildung 1

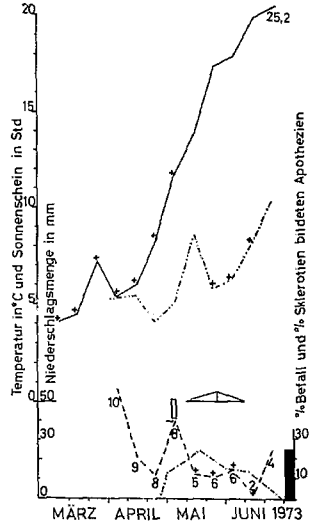


Abbildung 2

Zeichenerklärung

- Temperatur in 2cm Bodentiefe
- x- Niederschlagsmenge und Anzahl Regentage(x)
- - - - - Sonnenscheindauer
- · - · - · % Sklerotien bildeten Apothezien
- △ Blüte des Rapses
- ▮ Beginn des Ascosporenfluges möglich
- Rapskrebssverminderung } erwartet
- + Rapskrebssförderung } erwartet
- Befall des Rapses

Zeichenerklärung zu Abb. 1 und 2

Die Frühjahrstemperaturen waren 1971 mit 6-10° C im April für eine Apothezien-Entwicklung mäßig bis günstig. Apothezien wurden am 15. 6. in größerer Anzahl gefunden (Abb. 1). Es kam trotzdem zu keinem nennenswerten Befall. Die Ursachen waren folgende. Bedingt durch die sehr geringen Niederschläge in den Monaten April, Mai und Juni trockneten die Apothezien sofort nach ihrem Erscheinen aus. In diesem Stadium waren sie noch klein und nicht ausgereift. Die eingetrockneten Apothezien enthielten somit kaum Sporen, wie bereits oben erwähnt wurde.

Im Jahre 1973 waren die Frühjahrstemperaturen ebenfalls günstig. Die Apothezien erschienen bereits Ende April (Abb. 2). Die Niederschläge waren Anfang Mai überdurchschnittlich, später mittelstark. Die sehr früh erschienenen Apothezien werden zu keinem Befall geführt haben. Ihre Ascosporen gelangten zu früh auf die Pflanzen, um starken Befall hervorzurufen, denn die eine Infektion stimulierenden Blütenblätter lagen zu dieser Zeit noch nicht auf den Blättern und in den Blattgabeln (PURDY, 1958; PURDY und BARDIN, 1953). Während dieser Phase der Apothezien dürften die Niederschläge außerdem einen Teil der Ascosporen in den Boden gespült und dadurch die Sporenmenge verringert haben. Die für die Krankheitsentwicklung positiv wirkenden Faktoren überwogen aber, so daß ein mittelstarker Befall erwartet wurde. Wie aus der Abbildung 2 zu ersehen ist, traf dieses auch zu.

Werden die Daten der anderen Jahre mit beurteilt, dann wurde deutlich, daß die Ursachen des unterschiedlichen Rapskrebsauftretens fast immer erkannt werden konnten. Die Temperatur im Frühjahr und Vorsommer entschied über die frühe oder späte Apothezienbildung bzw. über das Ausschleudern der Ascosporen.

Bedeutsam waren auch die Niederschlagsmenge und die Anzahl der Regentage während der Entwicklungszeit der Apothezien. Zu viele Niederschläge bedingten offenbar, daß die Ascosporen in das auf den Fruchtschüsselchen liegende Wasser drangen und in den Boden gelangten.

Auf Grund der Frühjahrstemperatur und der Feuchtigkeit kann zwar gesagt werden, ob sich die Apothezien entwickeln werden, über den zu erwartenden Sporenflug sind frühzeitig aber keine Angaben möglich, weil die Witterung nicht langfristig vorausgesagt werden kann. Eine Prognose über den zu erwartenden Rapskrebsbefall ist daher nur bedingt möglich.

Zusammenfassung

Der Befallsgrad des Rapses durch *Sclerotinia sclerotiorum* war sehr unterschiedlich und variierte von Gebiet zu Gebiet und von Jahr zu Jahr. Die Ursachen dieser Schwankungen sind vielschichtig und in erster Linie den Witterungsbedingungen zuzuschreiben, die

- a) die Keimung der Sklerotien, b) die Bildung der Apothezien, c) das Ausschleudern der Ascosporen und d) den Befall des Rapses beeinflussen.

In Modellversuchen wurde gezeigt, daß in den verschiedenen Gebieten

Schleswig-Holsteins die Apothezien jährlich unterschiedlich gebildet wurden. Die Variationsbreite reichte von etwa 3 % im Jahre 1970 bis nahezu 70 % im Jahre 1973.

Sofern die Sklerotien ihre "Stielchen" durch die Bodenoberfläche schoben, entfalteten sich die Apothezien. Bei geringer Niederschlagsmenge und langer Sonnenscheindauer trockneten diese aber sofort ein und bildeten dann keine Inokulumquelle mehr. Das Ausschleudern der Ascosporen erfolgte auch bei noch nicht voll entfalteten Apothezien. Dieses Ausschleudern wurde durch die Witterung beeinflusst, durch Regen wurde es nahezu verhindert.

Die Tiefenlage der Sklerotien im Boden und deren Größe hatten ebenfalls einen Einfluß auf die Keimung. Kleinere Sklerotien keimten in der oberen Bodenschicht weniger als große Sklerotien.

Eine Analyse der Witterungsdaten machte deutlich, daß eine Korrelation zwischen den Witterungsfaktoren und dem Krankheitsauftreten bestand. Die Temperatur im Frühjahr entschied über die Zeit der Apothezienbildung. Im Mai waren die Temperaturen und auch die Niederschläge ausschlaggebend. Hohe Temperaturen sowie hohe Niederschlagsmengen bewirkten eine Verminderung des Rapskrebses.

Summary

The degree of infection of rape by *Sclerotinia sclerotiorum* varied from year to year and from district to district. There were some reasons for this variation and the weather conditions played a dominant part in this respect which influenced a) the germination of the sclerotia, b) the formation of the apothecia, c) the discharging of the asco-spores and d) the infection of rape.

From sclerotia buried in rape fields it was evident, that in Schleswig-Holstein the apothecia developed at different levels every year. This variation included 3 % in 1970 and nearly 70 % in 1973. During dry weather the apothecia dried up and were no longer a source of infection. Discharging of the asco-spores took place already from not yet full developed apothecia. This discharging of the spores was influenced by the weather. Rain nearly stopped it. The spores diffused in that case into the water on the apothecia and eventually were spoiled onto the soil.

The size of the sclerotia and the depth they were placed in the soil influenced the infection as well. Small sclerotia developed less apothecia, and mainly when at depths of 2,5 to 5 cm.

An analysis of the climatic dates on the infection made clear, that there was a relationship between the incidence of the disease and the weather. The temperature in spring decided whether the apothecia developed in time. In May the temperature as well as the precipitations had an influence.

High temperatures and only few rain days had an negative effect. On the other hand high precipitations had the same influence.

Literatur

1. KRÜGER, W. (1974a): Die Beeinflussung der Apothezien- und Ascosporenentwicklung des Rapskrebserregers *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary durch Umweltfaktoren. *Phytopath. Z.* (im Druck)
2. KRÜGER, W. (1974 b): Über die Wirkung der Witterung auf den Befall des Rapses durch *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. *Nachr. bl. Dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig)* (im Druck)
3. PURDY, L. H. und R. BARDIN (1953): Mode of infection of tomato plants by ascospores of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Dis. Repr.* 37, 361-362
4. PURDY, L. H. (1958): Some factors affecting penetration and infection by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phytopathology* 48, 605-609
5. SCHLÖSSER, U. (1968): Zur Verbreitung von *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary mit Saatgut von Raps. *Nachr. bl. Dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig)* 20, 8-11