

## Bekämpfung der Mehligen Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) mit dem entomopathogenen Pilz *Verticillium lecanii* im Labor und Freiland

Biological control of *Brevicoryne brassicae* with the parasitic fungus *Verticillium lecanii* in the laboratory and in the field

W. FROMMER, K. MENDGEN

Lehrstuhl für Phytopathologie, Fakultät für Biologie, Universität Konstanz, D-7750 Konstanz

Eingegangen am 17. Juli 1990; angenommen am 20. 2. 1991

### Zusammenfassung

Der Pilz *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas ist pathogen für die mehliges Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*). Experimente in Klimakammern zeigten, daß mit Konidien oder Blastosporen von *V. lecanii* allein keine ausreichende Bekämpfung der Insekten möglich ist. Die Suspension muß mit Polysacchariden und Detergenzien (2 % Sojamehl, 0,5 % Carboxymethylcellulose, 0,5 % Alginat, 0,02 % TWEEN 20) gemischt werden, um effektiv zu wirken.

In drei aufeinanderfolgenden Jahren wurden im Freiland Parzellenversuche an Kohlblattläusen auf Weißkohlpflanzen durchgeführt. Eine Woche nach Inokulation reduzierte eine Mischung aus Blastosporen mit Polysacchariden die Anzahl der Blattläuse um bis zu 80 %, eine Mischung von Blastosporen mit 0,5 % Phospholipid hatte Wirkungen von 58 % bis 85 %. Die Behandlung mit dem Pyrethrum-haltigen Präparat SPRUZIT war zu 87 % effektiv und das Phospholipid alleine reduzierte die Zahl der Blattläuse um 41 % bis 49 %.

In zwei größeren Feldversuchen konnten an Weißkohlpflanzen (*Brassica oleracea* var. *capitata*) ähnlich gute Wirkungen unter praxisnahen Bedingungen erzielt werden. Im Vergleich zur Leerformulierung bewirkte eine Mischung aus Blastosporen und 0,5 % Phospholipid nach 8 Tagen eine Reduktion der Anzahl der Blattläuse um 70 %. Die Behandlungen mit der Leerformulierung verringerte die Anzahl der Blattläuse auf den Kohlpflanzen zum gleichen Zeitpunkt auch um etwa 30 %.

In den Versuchen wurde gezeigt, daß es auch im Feld möglich ist, *B. brassicae* mit *V. lecanii* zu bekämpfen. Die Sporen müssen jedoch mit geeigneten Formulierungsmitteln, wie Polysacchariden oder Phospholipiden gemischt werden. Letzteres Zusatzmittel hat auch schon alleine eine gute Wirkung gegen Blattläuse.

**Stichwörter:** Biologische Bekämpfung; *Verticillium lecanii*; *Brevicoryne brassicae*; Entomopathogene; Weißkohl; *Brassica oleracea*; mehliges Kohlblattlaus

### Summary

Different isolates of the fungus *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas are pathogenic for the aphid *Brevicoryne brassicae*. Experiments in growth chambers indicated, that a control of the insects with conidia or blastospores of *V. lecanii* alone is not sufficient. The water suspension of spores needs to be mixed with polysaccharides and detergents (2 % soymeal, 0,5 % carboxymethylcellulose, 0,5 % sodium alginate and 0,02 % TWEEN 20) to be effective.

Experiments in the field were performed in small experimental plots during three subsequent years. One week after inoculation, the mixture of blastospores with polysaccharides reduced the number of

aphids up to 80 %, a mixture of blastospores with 0,5 % phospholipid reduced the aphids by 58 to 85 %. Application of the pyrethroid-containing product SPRUZIT reduced the number of aphids by 87 % and the phospholipid alone by 41 % to 59 %.

In two large field experiments with cabbage plants (*Brassica oleracea* var. *capitata*), which were performed under practical conditions, similar results were obtained. Compared with the control plants which were treated with phospholipid alone, the number of aphids was reduced by about 70 %, 8 days after the application of a mixture of blastospores with 0,5 % phospholipid Nat 1358. At this date, the application of the phospholipid reduced the number of aphids by 30 %.

The results show that in the field a control of aphids with *V. lecanii* is possible if the spores are mixed with additives such as polysaccharides or phospholipids. The phospholipids, used alone, also may be applied to control aphid populations.

**Key words:** Biological control; *Verticillium lecanii*; *Brevicoryne brassicae*; entomopathogen; cabbage; *Brassica oleracea*

## 1 Einleitung

Mehlige Kohlblattläuse (*Brevicoryne brassicae* (L.)) sind gefürchtete Schädlinge an Kohlpflanzen. Sie verursachen Saugschäden an den Blättern, die zu Wuchsdepressionen führen können. Die Blätter und der Sproß werden deformiert, die daraus resultierende Reduktion der Assimilationsfläche führt zur Bildung eines kleineren Kohlkopfes oder zur totalen Unterdrückung der Kopfbildung. Die Kohlblattläuse dienen außerdem als Virusvektoren. Natürliche Gegenspieler, wie Schlupfwespen, Spinnen, räuberische Gallmücken, Schwebfliegenlarven und Florfliegen können eine starke Populationsentwicklung hemmen (HOMMES 1983). Eine dominierende Stellung nimmt dabei die Schlupfwespe *Diaeretiella rapae* ein. Sie parasitiert regelmäßig einen großen Teil der Population von *B. brassicae* (KÜHNER et al. 1985). Die schon früh im Spätsommer einsetzende Diapause der Schlupfwespen ermöglicht von diesem Zeitpunkt an eine weitere starke Entwicklung der Kohlblattläuse bis hin zur Ernte (HOMMES 1983). Ein geringer Besatz von mehligem Kohlblattläusen beim Weiß- und Rotkohlanbau kann jedoch toleriert werden, sofern sich im August eine normale Kopfausbildung garantieren lässt (HÆCK, pers. Mitt.). Dieses Schadschwellenprinzip legt den Einsatz biologischer Kontrollmechanismen nahe. Wir haben dazu den Pilz *Verticillium lecanii* getestet, der auch schon gelegentlich von *B. brassicae* isoliert wurde (KITAZAWA et al. 1984; NAGAICH 1973). Diese Arbeit beschreibt den Einfluß dieses parasitischen Pilzes auf die Populationsdynamik von *B. brassicae* bei unterschiedlichen Bedingungen und schlägt eine effektive Methode zur Bekämpfung von mehligem Kohlblattläusen mit formulierten Sporen von *V. lecanii* vor.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Isolation und Anzucht geeigneten Sporenmaterials

Das Isolat VK 16 von *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas wurde von *Brevicoryne brassicae* L. im Botanischen Garten der Universität Konstanz isoliert. Konidien wurden nach 10tägiger Kultur auf 3%-igem Malzextraktagar durch Abschwemmen mit Wasser geerntet. Mit diesen Konidien wurde eine Nährlösung (1000 ml, 3 % Malzextrakt) in 2 l Erlenmeyerkolben angeimpft. Nach 14tägiger Kultur bei 20° C im Schüttelkolben betrug die Konzentration der Blastosporen ca.  $5 \times 10^8$ /ml. Die Blastosporen wurden abfiltriert und frisch benutzt. Die Keimzahl der so produzierten Sporen betrug über 95 %. Die Leerformulierungen hatten keinen Einfluß auf die Keimzahl.

### 2.2 Kleinkammerversuche

Zur Vorbereitung der Freilandversuche wurde die Entwicklung einer Population von mehligem Kohlblattläusen, *Brevicoryne brassicae*, über mehrere Tage in speziell entwickelten Kleinkammern an intakten

Pflanzen beobachtet. Die Einzelblattkäfige bestanden aus einer Plastikpetrischale (5 cm Durchmesser) und Schaumstoffringen, welche auf die beiden Ränder aufgeklebt waren. Eine Perforation der beiden Deckelteile gewährleistete einen ausreichenden Austausch der Luft in den Käfigen mit der klimaregelten Luft der Phytokammer. Das Klima der Phytokammer wurde computergestützt an die Klimaverhältnisse im Juni und Juli angepasst. Die Pflanzen wurden 16 h mit ca. 20000 lx beleuchtet. Während der Tagphase betrug die Luftfeuchtigkeit 50 % bei 20° C. Nachts wurde die Luft wassergesättigt und die Temperatur auf 18° C abgesenkt. In die Käfige wurden jeweils 25 Blattläuse gesetzt. Dann wurden sie über frisch mit Sporen besprühte Blätter von Rapspflanzen (*Brassica napus*) gestülpt. Die Sporenkonzentration betrug  $10^7$  Sporen/ml. Die Sporen waren in Wasser oder in einem Gemisch aus 2 % Sojamehl, 0,5 % Carboxymethylcellulose, 0,5 % Natrium-Alginat und 0,02 % TWEEN 20 (2 SM-Komb) suspendiert. Die Anzahl lebender Läuse wurde über 7 Tage beobachtet und der Wirkungsgrad der Behandlungen mit den Konidien und Blastosporen bestimmt (ABBOTT 1925).

### 2.3 Parzellenversuche im Freiland

In den Jahren 1985, 1986 und 1987 wurden in einem biologisch-dynamisch geführten Betrieb in Stockach-Wahlwies Parzellen-Versuche im Freiland zur Bekämpfung von Kohlblattläusen (*B. brassicae*) durchgeführt. Gespritzt wurde jeweils nach Sonnenuntergang bei einer Luftfeuchte von mindestens 80 % und einer Temperatur zwischen 15° und 20° C. Die Sporenkonzentration betrug  $10^7$  Sporen/ml in der Spritzbrühe. Auf im Versuchsfeld ausgelegten Objektträgern konnte mikroskopisch eine Konzentration von  $10^5$  Sporen/cm<sup>2</sup> Blattfläche ausgezählt werden.

Ca. 100 m<sup>2</sup> eines Weißkohlfeldes (*Brassica oleracea* var. *capitata*) wurde im August 1985 mit Blastosporen des Isolats VK 16 behandelt. Die Sporen wurden mit 1 % des Phospholipids Phospholipon 100 (Fa. Nattermann) bzw. mit der Sojamehl-Mischung aus 2 % Sojamehl, 0,5 % Carboxymethylcellulose, 0,5 % Natrium-Alginat und 0,02 % TWEEN 20 (2 SM-Komb) formuliert. Neben der mit Wasser gespritzten Kontrolle wurde ein Versuchsglied mit dem natürlichen Pyrethroid SPRUZIT (Fa. Neudorff) gespritzt. Jedes Versuchsglied hatte vier Wiederholungen. Die einzelnen Pflanzen wurden je nach Größe mit 50 bis 100 ml Spritzbrühe behandelt. Vor Versuchsbeginn und nach 3, 7 und 14 Tagen wurden von jeder Parzelle jeweils 10 Blätter entnommen und die darauf lebenden Läuse gezählt.

Im Sommer 1986 wurden Blastosporen des Isolats VK 16 in folgenden Varianten ausgebracht: Die Sporen wurden auf  $10^6$  oder  $10^7$  Sporen/ml verdünnt und mit 0,5 % des Phospholipids Nat 1358 (Fa. Nattermann) auf Weißkohlpflanzen appliziert. In einem weiteren Versuchsglied wurden die Sporen wie im Vorjahr mit 2 % Sojamehl, 0,5 % Carboxymethylcellulose, 0,5 % Natrium-Alginat und 0,02 % TWEEN 20 (2 SM-Komb) formuliert. Als Kontrolle dienten neben den mit Wasser behandelten Pflanzen ein Versuchsglied, welches mit der Leerformulierung (0,5 % Nat 1358) behandelt wurde. Die Auswertung erfolgte 1, 3, 8 und 10 Tage nach der Behandlung. Die lebenden Blattläuse von 15 markierten Blättern je Versuchsglied wurden gezählt und der Wirkungsgrad der Behandlungen berechnet.

Im Juli 1987 erfolgte ein weiterer Parzellenversuch im Freiland. Die stark befallenen Versuchspflanzen wurden mit Blastosporen ( $10^7$  Sporen/ml) in 0,5 % Nat 1358 besprüht. Die Populationsentwicklung wurde über einen Zeitraum von 14 Tagen auf 10 markierten Blättern je Parzelle beobachtet.

### 2.4 Großversuche im Freiland

Parallel zu den Parzellenversuchen wurde im August 1987 auf zwei Kohlfeldern der Versuch unternommen, unter praxisnahen Bedingungen Kohlpflanzen eines ganzen Ackers (jeweils ca. 1500 m<sup>2</sup>) gegen mehligke Kohlblattläuse zu behandeln. In jedem Feld befanden sich drei inselartig angelegte Kontrollparzellen mit jeweils ca. 30 Pflanzen. Sie wurden während der Spritzung mit Folien abgedeckt. Das Versuchsfeld wurde mit Blastosporen ( $10^7$  Sporen/ml) des Isolats VK 16 in 0,5 % Nat 1358 behandelt. Jede Pflanze wurde mit 50–100 ml Sporensuspension besprüht. Die Pflanzen von jeweils zwei Kontrollparzellen wurden anschließend mit der Leerformulierung (0,5 % Nat 1358) bei gleicher Aufwandmenge behandelt. Die Pflanzen der dritten Kontrollparzelle wurden mit Wasser behandelt. Die Behandlungen wurden 7 und 14 Tage nach Versuchsbeginn wiederholt. An markierten Blättern wurden die lebenden Blattläuse über einen Zeitraum von 28 Tagen gezählt.

## 2.5 Statistik

Zur Absicherung der Versuchsergebnisse wurde der U-Test nach KRÜSKAL-WALLIS benutzt. Die Unterschiede der einzelnen Versuchsglieder wurden mit Hilfe der „Multiplen Vergleiche“ abgesichert (CONOVER 1980).

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Kleinkammerversuche mit *B. brassicae*

Sowohl die Konidien als auch die Blastosporen des Isolats VK 16 sind pathogen für mehlig Kohl-  
blattläuse (Tab. 1). Nach Behandlung mit Konidien war die Zahl der Insekten auf 11,3 Blattläuse/  
Käfig (38 % Reduktion) und durch Blastosporen auf 10,3 Läuse/Käfig (43,8 % Reduktion) innerhalb  
von 7 Tagen gegenüber der Kontrolle reduziert. Wenn Blastosporen in der Formulierung mit den  
Polysacchariden gespritzt wurden, konnte die Effektivität auf 65 % (6,25 Blattläuse/Käfig) gesteigert  
werden. Die Zahl der Kohlblattläuse in den Kontrollkäfigen nahm auch beständig ab. Die Kontroll-  
populationen gingen innerhalb von 7 Tagen auf 73 % (18,3 Blattläuse/Kontrollkäfig) ihrer Ausgangs-  
stärke zurück.

### 3.2 Parzellenversuche im Freiland

Die Auswertung des ersten Parzellenversuches im August 1985 ergab, daß durch den Einsatz der  
formulierten Sporen des Isolats VK 16 die Population von *B. brassicae* bereits nach 3 Tagen stark  
zurückgegangen war (Abb. 1). In den Parzellen, welche mit *V. lecanii* behandelt waren, wurden die  
Pflanzen nur halb so stark befallen wie in den Kontrollparzellen. Die Einzelwerte auf den markierten  
Blättern schwankten jedoch sehr stark um die Mittelwerte. Nach 7 Tagen waren die Blattläuse der  
Kohlpflanzen, welche mit VK 16-Sporen in Kombination mit dem Phospholipid gespritzt waren, um  
83 % (nicht signifikant, n.s.) gegenüber der Kontrollparzelle reduziert. Das Sojamehlgemisch erwies  
sich ebenfalls als erfolgreich (87,4 % Reduktion, n.s.). Die Wirkung des parasitischen Pilzes bewegt sich  
im Bereich der Effektivität von SPRUZIT, welches die Blattläuse nach 7 Tagen um 90 % (n.s.)  
reduzierte. Die Effektivität der Behandlung mit formulierten Blastosporen des Isolats VK 16 in  
Kombination mit 1 % Phospholipid erhöhte sich nach 14 Tagen auf 90,3 % ( $P \leq .05$ ), die mit  
Blastosporen in 2 % SM-Kombination betrug 73,8 % ( $P \leq .05$ ). SPRUZIT hatte zu diesem Zeitpunkt  
eine Effektivität von 87,8 % ( $P \leq .05$ ).

Im August 1986 wurden weitere Freilandexperimente in Wahlwies unternommen. In einem Parzel-  
lenversuch wurden die Wirkungen zwei verschiedener Konzentrationen von Blastosporen des Isolats VK  
16 gegen die mehlig Kohlblattläuse verglichen (Abb. 2). Beide Behandlungen erwiesen sich als gleich-  
wirksam. Die Blätter, welche mit  $10^6$  Sporen/ml (in 0,5 % Nat 1358) besprüht wurden, hatten nach 8  
Tagen in Relation zur Kontrollparzelle 82 % ( $P \leq .05$ ) weniger lebende Blattläuse, nach 10 Tagen  
betrug der Wirkungsgrad 86 % ( $P \leq .05$ ). Die Blattläuse, die mit einer 10fach höheren Konzentration

Tab 1. Wirkung von *Verticillium lecanii* gegenüber *Brevicoryne brassicae* 7 Tage nach Inokulation in Kleinkäfigen unter kontrollierten Klimabedingungen

Table 1. Effect of *V. lecanii* against *B. brassicae* 7 days after inoculation in small cages under controlled climatic conditions

Isolat	Sporenform	Additive	Blattläuse/Käfig		$\sigma$ n-1 [±]	Wirkung [%]
			0 Tage	7 Tage		
Kontrolle			25	18,3	9,1	-
VK 16	Konidien		25	11,3	8,6	38
VK 16	Blastosporen		25	10,3	8,4	43,8
VK 16	Blastosporen	2 SM-Komb	25	6,3	5,8	65,8

Abb. 1. Bekämpfung von *Brevicorye brassicae* mit *Verticillium lecanii* im Freiland. Ergebnisse des Parzellenversuchs 1985 in Wahlwies, Populationsentwicklung nach Behandlung mit Sporen des Isolats VK 16. Formulierung mit 0,5 % Phospholipid und der 2 % SM-Kombination im Vergleich zur Behandlung mit SPRUZIT (▲ Behandlungstermin). Die Populationsdynamik wurde zur jeweiligen Ausgangspopulation (100 %) bestimmt.

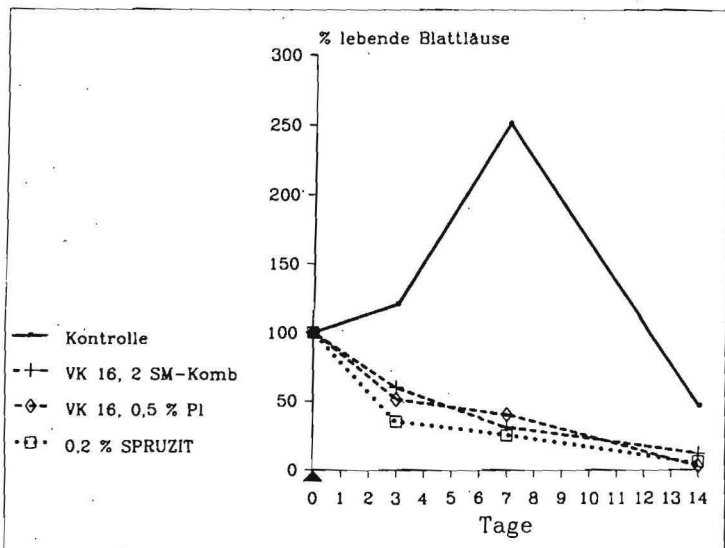


Fig. 1. Control of *B. brassicae* with *V. lecanii* in the field. Results of the experiment in Wahlwies in 1985, development of the populations after treatment with spores of the isolate VK 16. Spores were formulated with 0,5 % phospholipid and the 2 % soymeal-combination in comparison to the treatment with SPRUZIT (▲ date of treatment). The populations were related to the number of aphids (100 %) before the treatments.

Abb. 2. Bekämpfung von *Brevicorye brassicae* mit *Verticillium lecanii* im Freiland. Ergebnisse des Parzellenversuchs 1986, Populationsentwicklung nach Behandlung mit verschiedenen Sporenkonzentrationen und Formulierungsmitteln (▲ Behandlungstermin). Die Populationsdynamik wurde zur jeweiligen Ausgangspopulation (100 %) bestimmt.

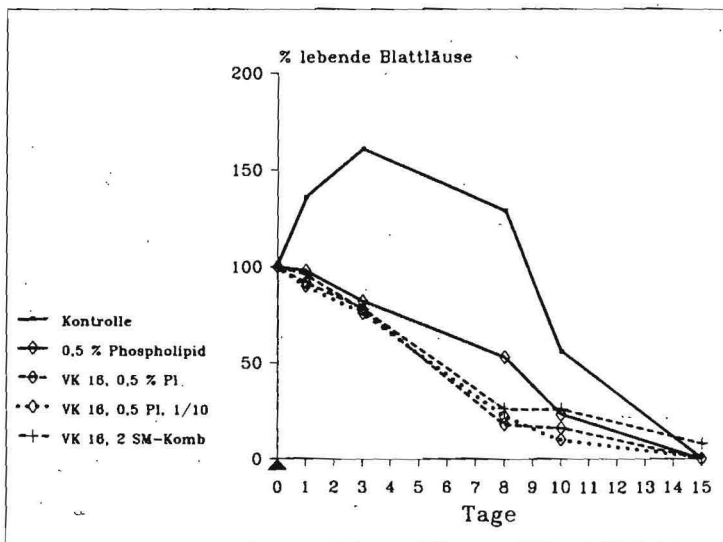


Fig. 2. Control of *B. brassicae* with *V. lecanii* in the field. Results of the experiment in 1986, development of the population after treatment with spores in several concentrations and formulations (▲ date of treatment). The populations were related to the number of aphids (100 %) before the treatments.

bekämpft wurden, waren nach 8 Tagen um 85 % ( $P \leq .05$ ) und nach 10 Tagen um 73 % reduziert ( $P \leq .05$ ). Die Leerformulierung (0,5 % Nat 1358) reduzierte die Zahl der Blattläuse auf den Blättern ebenfalls. Die Zahl der Blattläuse war nach 8 Tagen um 59 % ( $P \leq .05$ ) und nach 10 Tagen um 57 % (n.s.) gegenüber der Wasserkontrolle vermindert. Der Vergleich der formulierten Blastosporen mit der

Leerformulierung ergibt nach 8 und 10 Tagen Wirkungsgrade von 63 % und 37 % für die Behandlung mit  $10^7$  Sporen/ml und 56 % und 67 % für die Behandlung mit der schwächer konzentrierten Sporensuspension. Die Unterschiede zwischen der Wirkung der Leerformulierung und der Wirkung der Behandlungen mit *V. lecanii* in Phospholipid konnten aufgrund der starken Schwankungen zwischen den einzelnen Blattlauspopulationen statistisch nicht abgesichert werden. Die Anzahl der Blattläuse auf den Blättern, welche mit Blastosporen in der 2 % SM-Kombination behandelt waren, betrug nach 8 und 10 Tagen jeweils 26 % der Ausgangsstärke, das bedeutet 80 % Wirkungsgrad nach 8 Tagen ( $P \leq .05$ ) bzw. 54 % Wirkungsgrad nach 10 Tagen (n.s.) gegenüber den mit Wasser behandelten Kontrollparzellen.

Im Sommer 1987 konnte in einem Parzellenversuch die starke Entwicklung der Blattlauspopulationen mit einer einmaligen Behandlung gestoppt werden. Die Blattlauspopulation entwickelte sich ähnlich wie im Vorjahr. Neun Tage nach Versuchsbeginn hatte sich die Zahl der Schädlinge auf den unbehandelten Pflanzen verdreifacht. Nachdem die Anzahl der Blattläuse zuerst 7 Tage nach Inokulation mit *V. lecanii* in 0,5 % Nat 1358 gleich blieb, brach die Insektenpopulation ebenso wie bei der Kontrolle zusammen. Der Wirkungsgrad lag nach 9 Tagen bei 72 % und nach 14 Tagen bei 75 % gegenüber den mit Wasser behandelten Versuchspflanzen ( $P \leq .01$ ). Aber auch die Leerformulierung mit 0,5 % Nat 1358 zeigte eine starke Wirkung auf die Blattläuse. Nach 9 Tagen waren die Blattläuse in dieser Parzelle um 59 % und nach 14 Tagen um 48 % gegenüber der Wasserkontrolle reduziert (n.s.). Die Blätter, die mit formulierten Blastosporen behandelt wurden, hatten 9 Tage nach Versuchsbeginn im Vergleich zur Leerformulierung 31 % (n.s.) weniger Blattläuse. Diese Wirkung steigerte sich bis zum 14. Tag nach Inokulation auf 51 % (n.s.) im Vergleich zur Leerformulierung.

### 3.3 Praxisnahe Feldversuche

Diese Experimente sollten zeigen, ob der Einsatz von *V. lecanii* unter Praxisbedingungen zu vergleichbaren Ergebnissen führen kann wie in den Parzellenversuchen. Dazu wurden zwei Kohlfelder mit der Sporensuspension in 0,5 % Nat 1358 besprüht.

Die zwei Kohlfelder zeigten dabei eine unterschiedliche Entwicklung der jeweiligen Blattlauspopulationen.

Im ersten Feld (Abb. 3) nahmen die Schädlinge nach der Behandlung stark ab. Die Wirkung der formulierten Sporensuspension und die der Leerformulierung betrug hier 39 % ( $P \leq .05$ ) nach einem Tag. Die Blattläuse des mit *V. lecanii* in 0,5 % Nat 1358 behandelten Feldes nahmen kontinuierlich auch nach der zweiten Behandlung am 7. Tag bis zum 10. Tag ab. Der Wirkungsgrad betrug nach 8 Tagen 69 % ( $P \leq .05$ ) und nach 10 Tagen 81 % ( $P \leq .01$ ) gegenüber der Wasserbehandlung. Auf den Pflanzen, welche mit dem Phospholipid alleine gespritzt wurden, erholten sich die Blattlauskolonien wieder. Vor der zweiten Spritzung ließ sich für die Spritzung mit *V. lecanii* eine Wirkung von 35 % (n.s.) gegenüber der Leerformulierung berechnen. Am Tag nach der zweiten Spritzung waren die Populationen der mit Phospholipid behandelten Blätter gleich stark wie die der mit Wasser behandelten. Der Wirkungsgrad der *Verticillium*-Behandlung betrug hier 70 % ( $P \leq .05$ ) gegenüber beiden Kontrollen. Danach gingen die mit Phospholipid behandelten Blattlauspopulationen aufgrund eines starken *Entomophthora*-Befalls bis zum 10. Tag auf 23 % ihrer Ausgangsstärke zurück.

Im Feld II, welches parallel zu Feld I behandelt wurde, entwickelten sich die Blattlauspopulationen anders (Abb. 4). Auf den Kontrollblättern, die mit Wasser behandelt wurden, nahmen die Schädlinge noch einige Tage stark zu. Nach dem 3. Tag nahmen die Blattlauspopulationen dann langsam ab. Die Behandlung mit der Leerformulierung 0,5 % Nat 1358 brachte die Entwicklung der Blattläuse umgehend zum Stillstand. Der Wirkungsgrad im Vergleich zur Wasserbehandlung betrug nach einem Tag 36 % (n.s.), nach 3 Tagen 57 % (n.s.) und nach 7 Tagen 44 % (n.s.). Die zweite Spritzung mit 0,5 % Nat 1358 verbesserte das Ergebnis nicht. Ein Tag danach (8. Tag) betrug die Differenz nur noch 31 % (n.s.). Am 10. Tag waren 45 % (n.s.) weniger Blattläuse auf den mit dem Phospholipid behandelten Pflanzen. Die Behandlung mit *V. lecanii* VK 16 in 0,5 % Nat 1358 erzielte nach einem Tag einen Wirkungsgrad von 63 % (n.s.) im Vergleich zu den wasserbehandelten Pflanzen. Nach 3 Tagen steigerte sich die Wirkung auf 76 % ( $P \leq .05$ ). Direkt vor der zweiten Spritzung am 7. Tag betrug die Wirkung 63 % ( $P \leq .05$ ). Die Zahl der Blattläuse war 1 Tag später um 77 % gegenüber den mit Wasser behandelten Kontrollen reduziert ( $P \leq .05$ ). Im Vergleich zur Leerformulierung betrug die Wirkung

Abb. 3. Bekämpfung von *Brevicoryne brassicae* mit *Verticillium lecanii* im Freiland. Ergebnisse des Großversuchs 1987, Populationsentwicklung nach Behandlung von Feld I mit Sporen des Isolats VK 16, formuliert mit 0,5 % Nat 1358 (▲ Behandlungstermin). Die Populationsdynamik wurde zur jeweiligen Ausgangspopulation (100 %) bestimmt.

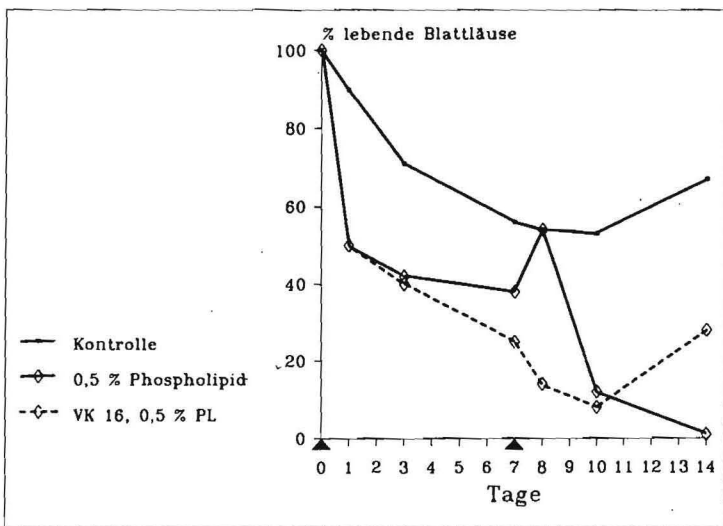


Fig. 3. Control of *B. brassicae* with *V. lecanii* in the field. Results of the field-experiment in 1987, development of the populations in the field I after treatment with spores of the isolate VK 16, formulated with 0,5 % Nar 1358 (▲ date of treatment).

The populations were related to the number of aphids (100 %) before the treatments.

Abb. 4. Bekämpfung von *Brevicoryne brassicae* mit *Verticillium lecanii* im Freiland. Ergebnisse des Großversuchs 1987, Populationsentwicklung nach Behandlung Feld II mit Sporen des Isolats VK 16, formuliert mit 0,5 % Nar 1358 (▲ Behandlungstermin). Die Populationsdynamik wurde zur jeweiligen Ausgangspopulation (100 %) bestimmt.

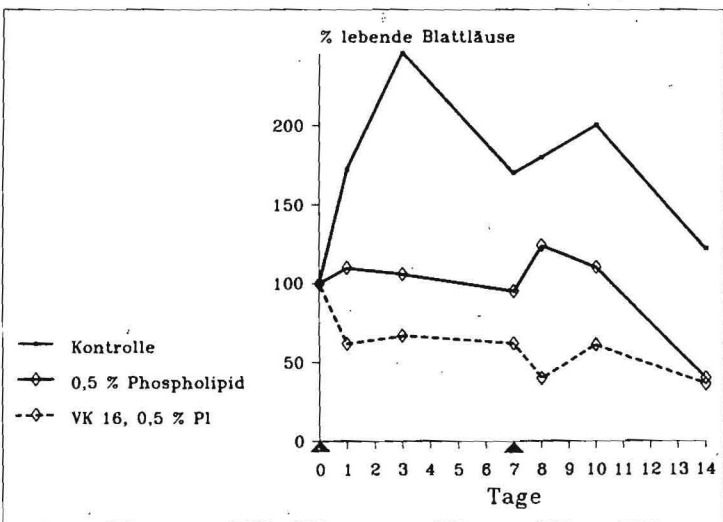


Fig. 4. Control of *B. brassicae* with *V. lecanii* in the field. Results of the field-experiment in 1987, development of the populations in the field II after treatment with spores of the isolate VK 16, formulated with 0,5 % Nar 1358 (▲ date of treatment). The populations were related to the number of aphids (100 %) before the treatments.

nach dem ersten Tag 43 % (n.s.), nach dem 3. Tag 36 % (n.s.) und direkt vor der zweiten Spritzung nach 7 Tagen 45 % ( $P \leq .1$ ). Die zweite Behandlung erwies sich als wirkungsvoller. Die Blattläuse waren im Vergleich zur Leerformulierung 1 Tag nach dieser Behandlung um 67 % ( $P \leq .05$ ) reduziert. Zwei Tage später waren noch 45 % ( $P \leq .1$ ) weniger Schädlinge auf den mit Blastosporen in Phospholipid behandelten Pflanzen. Danach ging die Zahl der Schädlinge im gesamten Versuchsfeld stark zurück. Trotzdem waren die Blattlauspopulationen in den Versuchsgliedern, die mit Phospholipid oder mit formulierten Blastosporen behandelt waren, 14 Tage nach Versuchsbeginn noch um 70 % ( $P \leq .05$ ) geringer als in der mit Wasser behandelten Kontrollparzelle.

#### 4 Diskussion

Mehlige Kohlblattläuse besiedeln Kohlpflanzen jedes Jahr. Meist wird erst im Spätsommer die Population so groß, daß eine Schädigung der Pflanzen eintritt. Zu dieser Zeit sind die klimatischen Bedingungen, wie Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Taubildung während der Nächte so günstig, daß eine Bekämpfung der Blattläuse mit einem parasitischen Pilz sinnvoll erscheint. Dies um so mehr, als ein geringer Blattlausbefall nach einer Bekämpfung noch toleriert werden kann.

Die Ergebnisse aus den Kleinkammerversuchen zeigen, daß eine erfolgreiche Parasitierung der Kohlblattläuse von Konidien und Blastosporen ausgehen kann. Die Blastosporen sind jedoch in Submerskultur leichter und kostengünstiger zu produzieren. Bei Chrysanthemen-Blattläusen (*Macrosiphoniella sanborni*) zeigten Blastosporen im Labortest sogar eine höhere Infektiosität. In Gewächshausversuchen unter suboptimalen Klimabedingungen waren beide Sporenarten gleich wirksam. Die hohe Infektiosität der Blastosporen läßt sich auf die schnellere Keimung und das wahrscheinlich größere Nahrungsreservoir der voluminöseren Sporenform zurückführen (HALL 1979).

Im Freiland hängt eine erfolgreiche Epizootie von den klimatischen Bedingungen ab. Limitierend wirken hohe Tagestemperaturen und die direkte Bestrahlung mit Sonnenlicht (GRABSKI und MENDGEN 1985; HALL 1984). Vor allem zu kurze Zeiten hoher Luftfeuchtigkeit reduzieren die Chance des Pilzes, die Insekten erfolgreich zu infizieren. Die Sporen keimen aus und vertrocknen in der folgenden Zeitspanne mit niedrigeren Luftfeuchtigkeiten (DRUMMOND et al. 1987). Aber auch unter optimalen Bedingungen in den Phytokammern mit langen Zeiträumen hoher Luftfeuchtigkeit, parasitiert der entomopathogene Pilz nur eine unzureichende Anzahl von Blattläusen. Erst nach Beigabe von Zusätzen zur Sporensuspension konnte der Wirkungsgrad in den Kleinkäfigen erhöht werden. Das getestete Formulierungsgemisch auf Sojamehlbasis läßt sich jedoch nur schlecht auf die hydrophoben Blattlauskolonien, die im Freiland vorkommen, aufbringen. Aus diesem Grund wurde in den folgenden Freilandversuchen oberflächenaktive Zusätze, die Phospholipide Phospholipon 100 bzw. Nat 1358, beigemischt. Die bivalenten Moleküle, die keinen Einfluß auf die Keimfähigkeit der ausgebrachten Sporen zeigten, ermöglichen eine ausreichende Benetzung der stark bewachsenen Blattläuse. Dies zeigen dann auch die Ergebnisse in den Parzellenversuchen. Das Phospholipid wirkte schon in der Leerformulierung gut gegen die Schädlinge. Diese Wirkung, welche schon am Tag nach der Spritzung deutlich wurde, könnte durch eine Erstückung der direkt benetzten Blattläuse hervorgerufen werden. Der Effekt könnte aber auch darin bestehen, daß die Wirkung natürlicher vorkommender antagonistischer Mikroorganismen gefördert wird. In den so behandelten Kontrollparzellen konnte regelmäßig eine verstärkte Infektion der Blattläuse mit *Entomophthora*-Pilzen beobachtet werden (unveröffentl. Resultate).

In den Großversuchen, bei denen ganze Kohlfelder mit *V. lecanii* behandelt wurden, konnten die Ergebnisse der Parzellenversuche unter Praxisbedingungen bestätigt werden. Auf beiden Feldern konnte eine Weiterentwicklung der Blattlauspopulationen gestoppt werden und nach wenigen Tagen unter eine schädigende Schwelle reduziert werden. Auf mit Wasser behandelten Kontrollparzellen war ebenfalls ein Rückgang der Zahl der Blattläuse zu beobachten. Dies ist auf natürliche Nützlingspopulationen zurückzuführen, die sich auf die größeren Kolonien der Kontrollpflanzen konzentrierten. Es konnten zahlreiche Schwebfliegenlarven, Marienkäferlarven und Schlupfwespen auf diesen Pflanzen beobachtet werden.

In der gemäßigten Klimazone wurden mehrmals Versuche unternommen, mit Hilfe von *V. lecanii* Blattläuse im Freiland zu bekämpfen. Bei Versuchen gegen *Aphis fabae* auf Zuckerrüben in der CSSR waren die Bekämpfungserfolge nicht immer gesichert (RIMSA und KHALIL 1982). Die ungünstigen Klimabedingungen – warmes und trockenes Wetter – schienen auch hier die begrenzenden Faktoren für einen erfolgreichen Einsatz des insektenpathogenen Pilzes im Freiland zu sein. Kartoffelblattläuse (*Macrosiphum solanifolii*) konnten ebenfalls nicht ausreichend reduziert werden (SHANDS et al. 1958). Selbst konstante Temperaturen und die hohe relative Luftfeuchtigkeit erbrachten bei Freilandversuchen in Großbritannien nicht die gewünschten Erfolge bei der Bekämpfung von Hopfenblattläusen (*Phorodon humuli*) mit dem formulierten *Verticillium*-Präparat VERTALEC (CRANHAM et al. 1981). Bei Freilandversuchen in einem Hopfengarten mit Jungpflanzen im Bodenseegebiet konnte durch Zusatz von subletalen Dosen eines chemischen Insektizids (METHOMYL) zur Sporensuspension eine Wirkung von 96 % gegenüber *P. humuli* erzielt werden (PFROMMER et al. 1991). Bei Versuchen im Ertragsgarten konnte der Erfolg nicht in ausreichendem Maße wiederholt werden. Durch die Kombina-

tion von Sporen des Pilzes mit dem natürlichen Insektizid SPRUZIT, welches als Vergleichssubstanz im Parzellenversuch ebenfalls gut gewirkt hat, könnte eine Bekämpfung von Kohlblattläusen auch unter ungünstigeren Klimabedingungen erfolgversprechend sein.

Die Bekämpfungsversuche von *B. brassicae* im Labor und im Freiland haben erstmals gezeigt, daß Kohlpflanzen durch eine Behandlung mit Phospholipid-formulierten Sporen von *V. lecanii* vor einem starken Befall durch die Blattläuse geschützt werden können. Die Versuche haben gezeigt, daß ein Einsatz von *V. lecanii* nur in Verbindung mit Kohlenhydraten oder Phospholipiden, besonders 0,5 % Nat 1358, sinnvoll ist. Interessant ist, daß das Formulierungsmittel Phospholipid selbst eine starke blattlausreduzierende Wirkung hat. Die Zahl der Schädlinge kann durch die Infektion mit formulierten Sporen und die Wirkung des Phospholipids so stark reduziert werden, daß eine chemische Behandlung unnötig wird.

### Danksagung

Wir danken Herrn Dr. E. ZOHREN und Herrn M. HECK für die Unterstützung bei den Feldversuchen, Herrn Dr. R. ALBERT und Herrn Dr. M. FRÖSCHLE für die Durchsicht des Manuskripts und dem Ministerium für Ländlichen Raum, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg für die finanzielle Unterstützung.

### Literatur

- ABBOTT, W. S.: A method of computing the effectiveness of an insecticide. – J. econ. Ent. 18, 265–267, 1925.
- CONOVER, W. J.: Practical nonparametric statistics. – Wiley & Sons, NY, USA, 1980.
- CRANHAM, J. E., E. F. SOUTER, G. M. TARDIVEL, S. I. FIRTH: Damson-hop aphid, *Phorodon humuli* (Schr.). – Rep. East Malling Res. Stn 1981, 105–107, 1981.
- DRUMMOND, J., J. B. HEALE, A. T. GILLESPIE: Germination and effect of reduced humidity on expression of pathogenicity in *Verticillium lecanii* against the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. – Ann. appl. Biol. 111, 193–201, 1987.
- GRABSKI, C., K. MENDGEN: Einsatz von *Verticillium lecanii* als biologisches Schädlingsbekämpfungsmittel gegen den Bohnenrostpilz *Uromyces appendicularis* var. *appendicularis* im Feld und Gewächshaus. – Phytopath. Z. 113, 243–251, 1985.
- HALL, R. A.: Pathogenicity of *Verticillium lecanii* conidia and blastospores against the aphid *Macrosiphoniella sanbornii*. – Entomophaga 24, 191–198, 1979.
- HALL, R. A.: Epizootic potential for aphids of different isolates of the fungus *Verticillium lecanii*. – Entomophaga 29, 311–321, 1984.
- HOMMES, M.: Untersuchungen zur Populationsdynamik und integrierten Bekämpfung von Kohlschädlingen. – Mitt. Biol. BundAnst. Ld- u. Forstw., Heft 213, Paul Parey, Berlin 1983.
- KITAZAWA, K., I. FUJISAWA, S. I. IMABAYASHI: Isolation of *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas affecting aphids and greenhouse whitefly in Japan. – Ann. phytopath. Soc. Japan 50, 574–581, 1984.
- KÜHNER, G., F. KLINGAUF, S. A. HASSAN: Development of laboratory and semi-field methods to test the side-effect of pesticides on *Diaeretiella rapae* (Hym.: Aphidiidae). – Med. Fac. Landb. Rijksuniv. Gent, 50, 531–538, 1985.
- NAGAICH, B. B.: *Verticillium* sp. pathogenic on aphids. – Indian Phytopath. 26, 163–165, 1973.
- PEROMMER, W., G. SEWIFY, K. MENDGEN: Biological and integrated control of damson-hop aphids, *Phorodon humuli* (Hemiptera, Aphididae) by an entomophagous fungus, *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas. Submitted 1991.
- RIMSVA, V., S. K. KHALIL: Effectiveness of *Verticillium lecanii* against the black bean aphid, *Aphis fabae* in glasshouse and field conditions on sugar beet. – Scientia agric. Bohemoslovaca 14, 103–108, 1982.
- SHANDS, W. A., C. G. THOMPSON, G. W. SIMPSON, H. E. WAVE: Preliminary studies of entomogenous fungi for the control of potato-infesting aphids in Maine. – J. econ. Ent. 51, 184–186, 1958.