

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

Heft 269

März 1991



**Verticillium lecanii (Zimmermann) Viégas  
(Hyphomycetales: Moniliaceae):  
Geschichte, Systematik, Verbreitung,  
Biologie und Anwendung im Pflanzenschutz**

Von

**Tanja Schuler, Dr. Martin Hommes,  
Prof. Dr. Hans-Peter Plate und Dr. Gisbert Zimmermann**

Technische Fachhochschule Berlin,  
Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau, Braunschweig,  
ehem. Pflanzenschutzamt Berlin  
und  
Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Institut für biologischen Pflanzenschutz, Darmstadt

Berlin 1991

*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 3-489-26900-4

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

**Verticillium lecanii (Zimmermann) Viégas (Hyphomycetales:  
Moniliaceae) :**

Geschichte, Systematik, Verbreitung, Biologie und Anwendung im  
Pflanzenschutz / hrsg. von der Biologischen Bundesanstalt für Land-  
u. Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem. Von Tanja Schuler... - Berlin;  
Hamburg: Parey, 1991

(Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt  
für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem; H. 269)  
ISBN 3-489-26900-4

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

© 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.

1991 Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, Lindenstraße 44-47, D-1000 Berlin 61.  
Printed in Germany by Arno Brynda GmbH, 1000 Berlin 62.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	5
2. Geschichtlicher Überblick	5
2.1 Nachweise und Beschreibungen	6
2.2 Weiterführende Untersuchungen	11
3. Systematik	16
4. Wirtskreis und Symptome	19
4.1 Pilzliche Wirte	19
4.2 Tierische Wirte	21
4.3 Symptome	30
5. Geographische Verbreitung	32
6. Biologie	45
6.1 Morphologie	45
6.2 Lebenszyklus	47
6.3 Ansprüche an Umweltbedingungen	48
6.3.1 Feuchte	48
6.3.2 Temperatur	51
6.3.3 Licht	53
6.4 Ernährung	54
6.5 Pathogenese bei tierischen Wirten	56
6.5.1 Infektion	57
6.5.2 Wachstum im Wirtsinnern und Krankheitsfolgen	59
6.5.3 Abwehrreaktionen des Wirtes	62
6.5.4 Pilzentwicklung auf dem lebenden Wirt	63
6.5.5 Anfälligkeit verschiedener Wirtsstadien	63
6.5.6 Inkubationszeiten	64
6.6 Pathogenese bei pilzlichen Wirten	65
6.6.1 Infektionseinheiten und Konidienkeimung	65
6.6.2 Keimschlauchwachstum und Wirtserkennung	66
6.6.3 Anfälligkeit verschiedener pilzlicher Entwicklungsstadien	66
6.6.4 Wirkungsweise des Hyperparasiten	67
6.6.5 Inkubationszeiten	71
6.7 Enzyme und ihre Wirkungsweise	72
6.8 Toxine und andere sekundäre Stoffwechselprodukte	74
6.9 Saprophytische Phase	77
6.9.1 Pilzentwicklung im und am toten Wirt	77
6.9.2 Saprophytische Entwicklung unabhängig vom Wirt	78

	Seite
6.10 Verträglichkeit mit Kulturpflanzen	79
6.11 Ausbreitung und Epidemiologie	80
6.12 Virulenz und Stammspezifität	83
6.13 Natürliche Gegenspieler von <i>Verticillium lecanii</i>	85
7. Grundlagen für die Anwendung im Pflanzenschutz	86
7.1 Kultur und Massenproduktion	87
7.2 Laborversuche (Methoden, Biotests, Ergebnisse)	90
7.3 Gewächshausversuche (Methoden, Ergebnisse)	97
7.4 Freilandversuche in verschiedenen Klimaten	104
7.5 Genetik	109
8. Derzeitiger Stand und Problematik der Anwendung	110
8.1 Präparate	110
8.2 Anwendungsbereiche und Wirksamkeit	111
8.3 Bei der Ausbringung zu beachtende Faktoren	114
8.4 Lebensdauer der Sporen und Lagerfähigkeit	115
8.5 Formulierung, Standardisierung der Präparate	116
9. Einsatz im integrierten Pflanzenschutz	117
9.1 Verträglichkeit mit Nützlingen	117
9.2 Verträglichkeit mit chemischen Pflanzenschutzmitteln	118
9.3 Einbindung in integrierte Programme	123
10. Mögliche Nebenwirkungen	125
10.1 Nebenwirkungen auf Mensch und andere Warmblüter	125
10.2 Nebenwirkungen auf bestäubende Insekten und auf Fische	125
11. Bedingungen für eine Zulassung in der Bundesrepublik Deutschland	126
12. Zukunftsaussichten als mikrobielles Pflanzenschutzmittel	127
13. Zusammenfassung	129
14. Summary	130
15. Literaturverzeichnis	131

## 1. Einleitung

Die mit dem Aufschwung des chemischen Pflanzenschutzes in den 50er und 60er Jahren verbundene Euphorie begann sich zu verringern, als man feststellen mußte, daß durch die intensive Behandlung mit chemischen Pflanzenschutzmitteln unerwünschte Nebenwirkungen auf Menschen und Umwelt auftraten und auch die Entstehung resistenter Schädlingspopulationen viele Mittel unwirksam werden ließ. So besann man sich auf zum Teil bereits seit langem bekannte Erkenntnisse bezüglich natürlicher Begrenzungsfaktoren und begann, ihre Einsatzmöglichkeiten für die Praxis zu untersuchen. Hierzu gehört auch der Pilz *Verticillium lecanii*.

Der Name *Verticillium* weckt gewöhnlich zuerst die Erinnerung an einige ernsthafte Pflanzenkrankheiten. In dieser Gattung gibt es jedoch außerdem zahlreiche Arten, unter anderem auch *V. lecanii*, die für Pflanzen weitgehend unschädlich sind. *V. lecanii* ist einer der vielseitigsten Pilze dieser Gattung. Er tritt als Krankheitserreger bei Insekten, Spinnentieren und Nematoden auf, parasitiert andere Pilze und kommt auch als Saprophyt vor.

Bereits seit Ende des letzten Jahrhunderts untersucht man seine Verwendbarkeit als Bekämpfungsmittel gegen verschiedene Schadinsekten. Erst später begannen Forschungen zur Wirkung gegenüber verschiedenen phytopathogenen Pilzen. Auf der Suche nach Alternativen zum Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel und mit der Entwicklung integrierter Pflanzenschutzprogramme wurde auch die Forschung hinsichtlich des Einsatzes von *V. lecanii* in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Kulturen weltweit intensiviert; mit dem Ergebnis, daß in den 80er Jahren in vier Ländern kommerzielle *V. lecanii*-Präparate entwickelt wurden.

In dieser Arbeit werden die Ergebnisse aus Forschungen und praktischer Anwendung, soweit verfügbar, zusammengetragen, um sowohl Wissenschaftlern als auch Praktikern und weiteren Interessierten eine Übersicht über die Wirkungsweise des Pilzes, den heutigen Stand der Entwicklung und die Möglichkeiten für die Zukunft zu geben. Daher wurden auch einige Arbeiten, die nur als Abstract vorlagen, in den Text mit aufgenommen. In der vorliegenden Arbeit wurde die Literatur bis zum Jahre 1989 berücksichtigt.

## 2. Geschichtlicher Überblick

In diesem Kapitel wird versucht, die Entwicklung der weltweiten Forschungen über *Verticillium lecanii* darzustellen. Eine vollständige Auflistung aller Arbeiten, die sich im Laufe der Zeit mit *V. lecanii* befaßten, war jedoch nicht möglich.

Die bisher veröffentlichten Untersuchungen gliedern sich in Nachweise und Beschreibungen sowie weiterführende Untersuchungen.

## 2.1 Nachweise und Beschreibungen

Die ersten Beobachtungen und Untersuchungen zu *V. lecanii* reichen bis in das 19. Jahrhundert zurück. Wie so häufig, ist auch in diesem Fall die erste Beobachtung nicht mehr mit absoluter Sicherheit festzustellen. Die erste gesicherte Beschreibung mit Namensgebung stammt von 1899 von ZIMMERMANN, der den Pilz 1898 auf Java (Indonesien), parasitierend auf der Grünen Kaffeeschildlaus (*Coccus viridis*, Synonym *Lecanium viride*) fand und ihm den Namen *Cephalosporium lecanii* gab. Nach PETCH (1925) und VIEGAS (1939) war die Beobachtung eines Pilzes auf *Saissetia coffeae*\* 1861 durch NIETNER auf Ceylon (Sri Lanka) die erste Beschreibung. Dieser gab dem Pilz jedoch keinen Namen. Ebenfalls vor der Beschreibung durch ZIMMERMANN 1899 wurden noch vier weitere Arten beschrieben, die möglicherweise synonym mit *V. lecanii* sind: *Verticillium minutissimum* Corda (1837), *Verticillium album* Rivolta (1872), *Verticillium aphidis* Bäumler (1887) und *Verticillium aphidis* Rostrup (1894) (zitiert bei GAMS 1971). Hier ist jedoch die Identität wegen mangelhafter Beschreibung und fehlenden Typenmaterials nicht mehr sicher festzustellen (schriftl. Mittel. GAMS 1988 a)

Im ersten Jahrzehnt des 20sten Jahrhunderts wurde der Pilz von verschiedenen Wissenschaftlern unter immer wieder neuen Namen beschrieben: OUDEMANS (1902) beschrieb ihn 1902 auf Blattläusen in den Niederlanden und nannte ihn *Acrostalagmus aphidum*. 1904 beschrieb GUEGUEN den Pilz auf Schildläusen und gab ihm den Namen *Acrostalagmus coccidicola*. 1905 fand DOP ihn auf Martinique (Kleine Antillen) auf *Quadraspidiotus perniciosus* und *Aspidiotus hederæ* und nannte ihn *Hyalopus yvonis* (zitiert bei PETCH 1925, VIEGAS 1939).

Von SACCARDO wurde er 1905 auf der Blattlaus *Pemphigus bursarius* auf *Populus nigra* in Italien gefunden und *Oospora necans* genannt. PARKIN beobachtete den von ZIMMERMANN als *Cephalosporium lecanii* beschriebenen Pilz ebenfalls auf Ceylon (Sri Lanka), aber außer auf *Coccus viridis* auch auf anderen Schildläusen (zitiert bei PETCH 1925, VIEGAS 1939). Schließlich berichtete MASSEE 1909 aus England von einem Pilz, den er *Botrytis eriophyes* nannte und den er auf *Cecidophyopsis ribis* (Johannisbeergallmilbe) an *Ribes nigrum* fand (zitiert bei PETCH 1931 a, KANAGARATNAM et al. 1981 b).

\* Zoologische und botanische Namen werden hier nach aktuellem Stand angegeben. Bei Unklarheiten gibt die Wirtsliste Aufschluß.

Im nächsten Jahrzehnt gab es nur wenige Berichte, so 1911 aus Italien von DEL GUERCIO, der den Pilz auf *Phytoptus avellanae* (Haselnußknospengallmilbe) an Haselnuß beobachtete (zitiert bei LEATHERDALE 1965). Bedeutend ist jedoch der Bericht von HORNE 1915, der den Pilz auf *Trialeurodes (Aleurodes) vaporariorum*, der Weißen Fliege, fand und ihn *Cephalosporium lefroyi* nannte. Ebenfalls 1915 wurde die Art von HARDER als *Hyalopus heterosporus* beschrieben. ROSTRUP bezeichnete ihn 1916 als *Sporotrichum kirchneri* (zitiert bei GAMS 1971, PETCH 1925). 1919 wurde der Pilz das erste Mal in Indien beobachtet (SOUNDARARAJAN et al. 1984).

In den 20er Jahren veröffentlichte PETCH (1923 und 1925) seine ersten Untersuchungen über insektenpathogene Pilze und berichtete vom Vorkommen von *V. lecanii* auf verschiedenen Schildlausarten, Blattläusen und einer schwarzen *Aleurodes*-Art in Großbritannien, Neuseeland, Argentinien und Ceylon. Dabei unterschied er *V. lecanii* in verschiedene Arten der Gattung *Cephalosporium*. 1925 wurde *V. lecanii* in Brasilien auf *Saissetia coffeae* an Kaffee (POMPEO DO AMARAL zitiert bei VIEGAS 1939) und 1926 in Florida (USA) auf verschiedenen Schildläusen an Citrus (WATSON & BERGER zitiert bei VIEGAS 1939) beobachtet. 1929 wurde der Pilz von NOLLA (zitiert bei PETCH 1931 a) und McCLELLAND & TUCKER (zitiert bei HALL 1981 b) auf Puerto Rico ebenfalls auf Schildläusen gefunden.

In den 30er Jahren berichteten zahlreiche Veröffentlichungen von *V. lecanii* unter den verschiedenen Synonymen. PETCH veröffentlichte weitere Artikel, in denen er weiterhin die Ansicht vertrat, daß es sich bei den beschriebenen Pilzen um *Cephalosporium*-Arten und nicht um *Verticillium*-Arten handelte. Er beschrieb noch andere Arten, die sich seiner Ansicht nach von *Cephalosporium lecanii* unterschieden: so 1931 *Cephalosporium aphidicola* (PETCH 1931 a) und *Cephalosporium thripidum* (zitiert bei GAMS 1971), 1931 *Cephalosporium muscarium* und *Cephalosporium dipterigenum* (PETCH 1931 b). 1939 kam dann *Cephalosporium nodulosum* (zitiert bei GAMS 1971) hinzu. In diesen Jahren gab es weitere Berichte von *V. lecanii* auf Schildläusen. So 1938 von BLATTNY (zitiert bei KRCZAL 1960) aus der Tschechoslowakei. KALANDRA & ROZSYPAL fanden 1933 *V. lecanii* in der CSFR auf *Eulecanium tiliae*, EVLAKHOVA beobachtete 1938 den Pilz auf *Ceroplastes sinensis* auf Mandarinen in der UdSSR. Auch der erste Bericht aus Deutschland stammt aus dieser Zeit. 1936 beschreibt HASSEBRAUK (1936 und 1937) verschiedene pilzliche Parasiten auf Getreiderosten, unter denen sich auch zwei Stämme von *V. lecanii* befanden. In stärkerem Maße wurde der Pilz aber an Schildläusen auf Kaffee- und Citruspflanzen in tropischen und subtropischen Gebieten beobachtet. Hier sind vor allem Berichte aus Brasilien zu nennen, die VIEGAS 1939 in seiner ausführlichen Studie über den Pilz, dem er seinen heute gültigen Namen "*Verticillium lecanii*" gab, aufführte. Immer wieder wurde hier auf die große Bedeutung des Pilzes bei der natürlichen Begrenzung der Schildläuse hingewiesen. Neben Brasilien kamen in diesem Jahrzehnt Beobachtungen aus Indien, Kuba, Englisch Guyana und Ceylon (MAYNE

et al. 1933, Fawcett, zitiert bei VIEGAS 1939). 1939 berichtete BOURIQUET vom Befall von *Hemileia vastatrix* (Kaffeerost) durch *V. lecanii*, das er *Verticillium hemileiae* nannte (zitiert bei GAMS 1971).

In den 40er und 50er Jahren gab es nur relativ wenige Veröffentlichungen über *V. lecanii*. Neue Namensgebungen und Zuordnungen kamen 1942 von PETCH, der den Pilz auf Lepidoptera-Larven beschrieb und ihm den Namen *Cephalosporium subclavatum* gab und im gleichen Jahr von VAN BEYMA, der den von ihm beobachteten Pilz *Cephalosporium lanoso-niveum* nannte. Schließlich ordnete ihn CIFERRI zur Gattung *Torula* und gab ihm den Namen *Torula epistromata* (zitiert bei GAMS 1971). FREDRICK (1943 a und b) fand *V. lecanii* an *Coccus viridis* und schätzte ihn als den wichtigsten entomopathogenen Pilz bei der natürlichen Limitierung von *Coccus viridis* in Florida ein. ESFANDIARI (1947 zitiert bei KRCZAL 1960) berichtete von einer Epizootie im damaligen Persien. TANADA beobachtete den Pilz 1953 an *Coccus viridis* auf Hawaii (zitiert bei MÜLLER-KÖGLER 1965), THOMAS in Indien (zitiert bei KRCZAL 1960). Neben ersten Beobachtungen 1956 aus der Türkei auf *Pulvinaria floccifera* (LEVENDOGLU zitiert bei ISIK et al. 1983), weiteren Beobachtungen auf Rostpilzen von SCHRÖDER & HASSEBRAUK 1957 und auf *Trialeurodes vaporariorum* 1958 von HUSSEY in Großbritannien, ist besonders die ausführliche Bearbeitung des Pilzes von GANHAO 1956 in Portugal zu nennen, der zahlreiche weitere Schildlaus-Arten als Wirte nannte.

In den 60er Jahren wurde *V. lecanii* von DOMSCH (1960 a, b und c) in der Bundesrepublik Deutschland und von HERING (1965) in England von verrottenden Eichenblättern isoliert. 1967 wurde er in Australien gefunden (MARTIN, zitiert bei DOMSCH et al. 1980). Im selben Jahr isolierte SKOU (1967) *V. lecanii* u.a. von *Bombus* sp. in Dänemark. Von einer nicht besonders ungewöhnlichen, aber für die weitere Forschung hinsichtlich der praktischen Verwendung des Pilzes bedeutenden Beobachtung berichtet HUSSEY (1968 und 1969) in den Jahresberichten des Glasshouse Crops Research Institute Littlehampton (GCRI) in England (heute: Institute for Horticultural Research Littlehampton, IHRL) von 1967 und 1968: *V. lecanii* wurde von *Aphis gossypii* auf Gurken unter Glas isoliert.

1970 wurde *V. lecanii* von LEATHERDALE in seiner Liste der "arthropod hosts of entomogenous fungi in Britain" unter verschiedenen Synonymen als Parasit von Vertretern der Collembola, Homoptera, Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera sowie Araneae aufgeführt. 1971 veröffentlichte GAMS seine Bearbeitung der "*Cephalosporium*-artigen Schimmelpilze (Hyphomycetes)", in der er den Gattungsnamen *Cephalosporium* als "Nomen confusum" bezeichnete und fallen ließ. Er vereinte zahlreiche von den o.g. Autoren beschriebene Arten in der Sammelart *Verticillium lecanii*, da seiner Ansicht nach die vor allem von PETCH durchgeführte Artengliederung auf nicht zuverlässigen, sehr variablen Merkmalen beruhte. Diese Neuordnung des Artbegriffes wird heute weitgehend akzeptiert. Eine Ausnahme bildet u.a. BALAZY, der



1973 eine andere systematische Einordnung aufstellte. In diesen Jahren wurde *V. lecanii* von weiteren bisher unbekanntem Wirten isoliert: von verschiedenen Blattlausarten in Großbritannien (HALL & BURGESS 1972 und HALL 1976 c) und Indien (NAGAICH 1973), von weiteren Schildlausarten aus der Türkei (TUNGYURECK 1975), Israel (KENNETH & OLMERT 1975), dem Iran (AHMAD 1975) und Spanien (TUSET 1975), von *Scolytus scolytus* in Großbritannien (BARSON 1976) und verschiedenen Arthropoden, u.a. von Hymenoptera- und Coleoptera-Arten aus Polen (BALAZY 1973 und JAWORSKA 1979), sowie von Lepidoptera-Arten in Großbritannien (GLEN & MILSOM 1978). In Indien beobachteten MANCHARAN & JAYARAJ 1979 den Pilz auf *Nilaparvata lugens* (Braunrückige Reiszikade), einem wichtigen Reisschädling. Von *V. lecanii* auf *Trialeurodes vaporariorum* berichteten Wissenschaftler wiederholt aus Großbritannien (LEATHERDALE 1970, HALL 1976 c und KANAGARATNAM & HALL 1978 a). Dort wurde *V. lecanii* auch als Mykoparasit von MCKENZIE & HUDSON 1976 auf *Puccinia graminis* und von LEEMING 1976 (zitiert bei HALL 1980 b) auf Mehltau an Getreide beobachtet. Von Großbritannien kamen in diesen Jahren auch weitere Beobachtungen von *V. lecanii* auf *Cecidophyopsis ribis* (KANAGARATNAM & HALL 1978 b, KANAGARATNAM et al. 1979 b). Von FLANAGAN & SCARBOROUGH wurde *V. lecanii* 1974 aus Tundraböden in Alaska isoliert (zitiert bei DOMSCH et al. 1980). Aus der Türkei kam im gleichen Jahr ein Bericht über die natürliche Parasitierung von *Coccus pseudomagnoliarum* u.a. durch *V. lecanii* (ONCUER 1974). RUBIN & BEIRNE (1975) berichteten von Einbürgerungsversuchen von *V. lecanii* (unter dem Synonym *Cephalosporium*) zur Bekämpfung von *Eulecanium tiliae* in Kanada. Im selben Jahr kam zum ersten Mal aus Österreich ein Bericht über das natürliche Vorkommen von *V. lecanii* auf *Cydia pomonella* (RUSS & RUPF 1975). 1976 veröffentlichte MACHOWICZ-STEFANIAK eine Studie über die pilzlichen Gegenspieler von Obstschädlingen in Polen, zu denen auch *V. lecanii* gehört. SIKHARULIDZE & TAVAMAISHVILI (1977) beobachteten den Pilz auf *Parthenolecanium corni*. Als Hyperparasit des Mehltaupilzes *Oidium tinctanum* an Citrus in Indien wurde *V. lecanii* 1977 beschrieben (RAO & PAVGI 1977). Im Jahre 1978 beschrieb MICZULSKI *V. lecanii* auf *Oulema (Lema) gallaeciana*. MENDGEN berichtet 1979 vom Vorkommen des Hyperparasiten auf Getreidegelbrost (*Puccinia striiformis*) in der Bundesrepublik Deutschland.

Auch in den 80er Jahren setzten sich die Beobachtungen über den Wirkkreis und die natürliche Verbreitung des Pilzes fort: Von Schildläusen wurde *V. lecanii* 1980 auf Kuba von KOHLER (*Coccus viridis* an Kaffee), in den USA 1983 von LONSDALE sowie von HOUSTON (*Cryptococcus fagisuga* auf Buche) und in Florida 1986 von PENA & McMILLAN (*Philephedra tuberculosa* auf verschiedenen Zierpflanzen und tropischen Obstbäumen) isoliert. AVIDZBA (1983) beobachtete den Pilz auf *Dialeurodes citri* in der UdSSR. Neue Berichte von Blattlaus-Wirten kamen 1982 aus Venezuela (RONDON et al.), 1984 aus Japan (KITAZAWA et al.), 1985 aus Argentinien (YASEM DE ROMERO) und 1987 aus Italien (OZINO et al.). In der Bundesrepublik Deutschland berichtete

ZOHREN 1983 von dem natürlichen Auftreten des Pilzes auf *T. vaporariorum* auf der Insel Reichenau. Des weiteren wurde der Pilz von *Thrips tabaci* 1981 von GILLESPIE et al. (1983 a) sowie 1982 von BINNS et al., beide in Großbritannien, isoliert. Berichte von der Infizierung von Zwergzikaden kamen von KUMAR et al. (1983) und SRIVASTAVA & TANDON (1986) aus Indien (*Idioscopus clypealis* und *Amritodus atkinsoni* auf Mango), von MARLETTO & MAGGIORA (1983) und VIDANO & ARZONE (1988) aus Italien (auf *Zyginidia pullula* auf Mais) sowie 1985 von CHIYKOWSKI aus Kanada (auf *Paraphlepsius irroratus*). Von weiteren Wirten aus der Ordnung der Lepidoptera berichteten GLEN 1982 aus Großbritannien (*Cydia pomonella*, Apfelwickler) und MIETKIEWSKI 1985 (*Euproctis chryorrhoea*, Goldafter) und NAPIORKOWSKA-KOWALIK & MACHOWICZ-STEFANIAK 1986 (Noctuiden) aus Polen. In Italien wurde *V. lecanii* 1984 von ARZONE & MARLETTO an *Corythucha ciliata* auf Platane beobachtet. Besonders interessant ist auch die Veröffentlichung von BALLARD & KNAPP (1984), USA, über die Isolierung von *V. lecanii* von einer Imago des "Moskitos" *Aedes triseriatus*. Eine neue Wirtsgattung fanden GILLESPIE et al. (1983 b) 1981, als sie *V. lecanii* in Großbritannien von *Tetranychus urticae* isolierten. Auf der Gallmilbe *Cecidophyopsis ribis* wurde *V. lecanii* 1986 in der Bundesrepublik Deutschland von SCHLISSKE beobachtet. Von weiteren Rostpilzen wurde *V. lecanii* in Großbritannien 1981 von SPENCER auf *Uromyces dianthi* sowie 1982 von ALLEN auf *U. appendiculatus* und 1987 von UMA & TAYLOR auf *Puccinia allii* isoliert. 1985 fanden McMILLAN den Hyperparasiten auf Frangipani-Rost (*Coleosporium domingense*) in den USA und ZAMBETAKIS et al. auf *Puccinia arachidis* an Erdnuß in Burkina Faso (Afrika). SHAW (1988) beobachtete ihn in Papua-Neuguinea auf *Hemileia vastatrix*. Während bisher *V. lecanii* nur als Parasit von Arthropoden und Pilzen bekannt war, können seit 1981 auch Nematoden zu seinem Wirtskreis gezählt werden. HÄNSSLER & HERMANNNS führten in diesem Jahr erfolgreiche Infektionsversuche mit Zysten von *Heterodera schachtii* in der Bundesrepublik Deutschland durch. 1983 isolierten dann GINTIS et al. *V. lecanii* von *Heterodera glycines* an Sojabohnen in den USA. Am natürlichen Standort fanden LYSEK et al. (1986) den Pilz auf als Köder im Boden ausgelegten Nematoden-Eiern in Mexiko. Auch als Saprophyt wurde *V. lecanii* wieder aus Großbritannien beschrieben: von HILL & LACEY (1983) auf reifendem Gerstenkorn und von MAGAN & LACEY (1984 a und b) auf Weizen. 1982 beobachteten EVANS & SAMSON auf den Galapagosinseln den Ascomyceten *Torrubiella confragosa* mit seiner Nebenfruchtform, die ihrer Meinung nach mit *V. lecanii* identisch ist. Ungewöhnlich ist die Veröffentlichung von AHO et al. (1988), die 1986 einen Pilz aus Schwimmblasen von Zuchtlachsen in Finnland isolierten, der als *V. lecanii* identifiziert wurde.

## 2.2 Weiterführende Untersuchungen

Während man sich mit Ausnahme von KONINGSBERGER & ZIMMERMANN (ZIMMERMANN 1899 und KONINGSBERGER & ZIMMERMANN 1901) bis in die Mitte der 30er Jahre vorwiegend mit Isolierung und Beschreibung des Pilzes beschäftigte, begann sich danach der Schwerpunkt von der reinen Beobachtung auf die Untersuchung der Wechselwirkungen des Pilzes mit seinen Wirten und seiner praktischen Verwendbarkeit zu verlagern.

So unternahm KOTTHOFF 1937 in Deutschland Infektionsversuche an Schildläusen mit einem von *Puccinia chrysanthemi* isolierten Stamm. 1938 führte EVLAKHOVA in der UdSSR Versuche mit *V. lecanii* zur Bekämpfung von *Ceroplastes sinensis* durch. 1939 berichtete VIEGAS ausführlich von seinen Versuchen mit *V. lecanii* in Brasilien. Er untersuchte bereits sehr detailliert die Wirkung des Pilzes auf Schildläuse, bezeichnete den Pilz als "Halo branco das cochonilhas" (Weißer Hof der Schildläuse) und ordnete ihn zur Gattung *Verticillium*.

Aus den 40er Jahren stammen Berichte über Versuche mit *V. lecanii* lediglich aus der UdSSR von POSPELOV (1940) und von EVLAKHOVA (1941), die sich mit der Bekämpfung von *Ceroplastes sinensis* und *Coccus pseudomagnoliarum* an Citrus beschäftigten.

In den 50er Jahren ist ausschließlich die Arbeit von GANHAO (1956) in Portugal hervorzuheben, der den Pilz sehr ausführlich hinsichtlich geographischer Verbreitung und Pathogenese bei Schildläusen bearbeitete.

1960 untersuchte DOMSCH (1960 a, b und c) die Eigenschaften des aus einer Bodenprobe isolierten Pilzes und KRCZAL die Bekämpfungsmöglichkeiten des in Blattlauszuchten störend auftretenden Erregers. In Spanien führten 1962 LEAL & VILLANUEVA und 1965 GARCIA ACHA et al. Untersuchungen zur Wirkungsweise des Hyperparasiten auf Rostpilzen durch. 1965 unternahm ALAY in der Türkei Versuche zur Bekämpfung von *Pulvinaria floccifera*. 1967 testete SKOU in Dänemark die Anfälligkeit von Honigbienen (*Apis mellifera*) und Hummeln (*Bombus* sp.) gegenüber *V. lecanii*.

In den 70er Jahren nahm die Forschungstätigkeit, die sich mit der Aufklärung der Wirkungsweise des Pilzes und seiner Verwendbarkeit beschäftigte, stark zu. Zu nennen sind hier in erster Linie die Arbeiten des Institute of Horticultural Research Littlehampton (IHRL), dem ehemaligen Glasshouse Crops Research Institute (GCRI), in Großbritannien. Hier begann man Anfang der 70er Jahre mit Untersuchungen, die vor allem von HALL durchgeführt wurden und die zur Entwicklung von kommerziellen *V. lecanii*-Produkten in Zusammenarbeit mit Firmen in den 80er Jahren führten. HALL beschäftigte sich vorwiegend mit verschiedenen auf Chrysanthemen und auf Gurken vorkommenden Blattläusen sowie mit der Weißen Fliege (*T. vaporariorum*). Er erforschte sehr intensiv die Wirkungsweise von *V. lecanii*, seine

Ansprüche an Feuchte und Temperatur, das epidemische Verhalten und die Wirksamkeit verschiedener Isolate. Er entwickelte eine standardisierte Versuchstechnik zur Messung der Virulenz, testete den Pilz als Bestandteil integrierter Programme in Gewächshäusern und vieles mehr (HALL 1976 a, b und c, 1979 b, 1980 a, b, c, d und e, 1981 d, 1982, 1983 b und 1984). Untersuchungen zur Anastomosenbildung und Kernwanderung bei *V. lecanii* führte SINGH 1972 in Indien durch. Ebenfalls 1972 stellten LESLIE & PARBERRY fest, daß *V. lecanii* sehr hohe Fluoridkonzentrationen verträgt. 1974 wurde in Israel (OLMERT & KENNETH) und 1975 in Spanien (TUSET) die Verträglichkeit von *V. lecanii* mit Pflanzenschutzmitteln getestet. 1975 und 1976 entwickelten SAMSINAKOVA & KALALOVA in der CSFR Methoden zur Massenproduktion des Pilzes und berichteten von der Bekämpfung der Weichen Schildlaus (*Coccus hesperidum*) mit *V. lecanii*. GRADWELL et al. (1973, 1974) und BARSON (1976) unternahmen Infektionsversuche mit *Scolytus scolytus* in Großbritannien. 1977 isolierten SUZUKI, MURAKOSHI, KANAOKA et al. (SUZUKI et al. 1977, MURAKOSHI et al. 1978, KANAOKA et al. 1978) in Japan das Toxin Bassianolid aus dem Myzel von *V. lecanii*. Im selben Jahr veröffentlichte SAMSINAKOVA eine Arbeit zur Bekämpfung des Kartoffelkäfers durch *V. lecanii* in der Tschechoslowakei. Ab 1976 kamen aus Indien Berichte über Versuche zur Bekämpfung von *Coccus viridis* auf Kaffee und von anderen Schädlingen (EASWARAMOORTHY & JAYARAJ 1976, 1977 a und b und 1978, EASWARAMOORTHY et al. 1979, SANTHARAM et al. 1977 und 1978, MANCHARAN & JAYARAJ 1979, REGUPATHY & PARANJOTHI 1979). MACHOWICZ-STEFANIAK veröffentlichte 1976 eine Arbeit zur Bekämpfung von *Malacosoma neustria* durch entomopathogene Pilze in Polen. Ab 1978 begannen im GCRI Versuche zur Bekämpfung von *Cecidophyopsis ribis* durch *V. lecanii* (KANAGARATNAM et al. 1979 b). Ebenfalls 1979 begannen in der Bundesrepublik Deutschland Wissenschaftler an der Universität Konstanz mit ersten Veröffentlichungen über die Wechselwirkungen zwischen Rostpilzen und *V. lecanii*. Weitere Veröffentlichungen folgten später in den 80er Jahren und reichen bis in die Gegenwart. Auch die Bekämpfungsmöglichkeiten bei Blattläusen wurden getestet (CASPER & MENDGEN 1979, GRABSKI 1984, GRABSKI & MENDGEN 1984, MENDGEN 1979, MENDGEN 1981, MENDGEN & CASPER 1980, PFROMMER & MENDGEN 1986 und 1987, PFROMMER et al. 1988 a). Auch die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für biologische Schädlingsbekämpfung in Darmstadt, beschäftigte sich mit Blattlausbekämpfung in Kohl durch *V. lecanii* (ZIMMERMANN & BODE 1980). 1979 kam ein Bericht aus Polen von JAWORSKA über Versuche zur Bekämpfung der Apfelsägewespe (*Hoplocampa testudinea*). EKBOM (1979, 1980 und 1981) veröffentlichte zwischen 1979 und 1981 mehrere Berichte über Versuche mit *V. lecanii* gegen *T. vaporariorum* in schwedischen Gewächshäusern.

In den 80er Jahren wurden weltweit zunehmend Versuche mit *V. lecanii* durchgeführt. Ab 1980 beschäftigte sich das GCRI zusätzlich mit der Untersuchung der Wechselwirkung von *V. lecanii* mit Rostpilzen, speziell dem Nelkenrost, *Uromyces*

*dianthi* (SPENCER 1980, 1981 und 1983, SPENCER & ATKEY 1981 a und b und SPENCER & EBBEN 1983). Von einem Versuch zur Bekämpfung von Blattläusen unter Praxisbedingungen mit *V. lecanii* berichtet 1980 WARDLOW in Großbritannien. Aus der Sowjetunion kamen ab 1980 Berichte von SOLOVEI und SOGOYAN (SOLOVEI 1980, 1984, SOLOVEI & SOGOYAN 1982) über Versuche zur Bekämpfung der Weißen Fliege mit *V. lecanii* sowie Untersuchungen zu günstigen Lagerungsbedingungen und zur Spezifität verschiedener Stämme. Ab 1981 veröffentlichten HÄNSSLER und Mitarbeiter (HÄNSSLER & HERMANN 1981, HÄNSSLER et al. 1981 a und b und 1982) an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule in Aachen durchgeführte Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen *Puccinia graminis* var. *tritici* (Weizenschwarzrost) und *V. lecanii*. Sie führten außerdem erfolgreiche Infektionsversuche mit *Heterodera schachtii* durch. In Großbritannien kam 1981 das *V. lecanii*-Präparat "Vertalec" auf den Markt. Einige Zeit später folgte "Mycotal" (BURGES & PAYNE 1983, BURGES & HALL 1983, HALL 1984 und ZIMMERMANN 1986). Von den Bekämpfungsversuchen der Weißen Fliege in der UdSSR mit einem *V. lecanii*-Präparat namens "Verticillin" berichtete FILATOV 1981. MACHOWICZ-STEFANIAK veröffentlichte 1980 und 1981 in Polen Untersuchungen zur Fungizid-Verträglichkeit von *V. lecanii*. Ab 1981 begann man im GCRI mit der Untersuchung der Wirkung von *V. lecanii* auf *Thrips tabaci* (BINNS et al. 1982, GILLESPIE 1986 und GILLESPIE et al. 1983 a) und ab 1982 mit Versuchen zur Bekämpfung von *Nilaparvata lugens* (HALL et al. 1984). Ebenfalls in England isolierten 1982 CLAYDON & GROVE weitere insektizide sekundäre Stoffwechselprodukte des Pilzes und untersuchte ALLEN das Verhalten von *V. lecanii* auf *Uromyces appendiculatus*. 1982 bis 1983 führten KITAZAWA et al. (1984) in Japan Versuche zur Bekämpfung von verschiedenen Blattlausarten und der Weißen Fliege in Gewächshäusern durch. Aus der CSFR kamen ab 1982 Berichte von Untersuchungen zur Wirkung von *V. lecanii* auf Blattläuse, v.a. auf *Aphis fabae*, von RIMSA und KHALIL et al. (RIMSA & KHALIL 1982 und KHALIL et al. 1983). In dieser Zeit wurde in der CSFR auch ein *V. lecanii*-Präparat entwickelt (ZIMMERMANN 1986 und schriftl. Mitteil. ZIMMERMANN 1988). Weitere Versuche zur Bekämpfung von schädlichen Schmetterlingsarten veröffentlichten MACHOWICZ-STEFANIAK 1982 und MIETKIEWKSI 1984 in Polen. Die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Darmstadt führte Versuche mit "Vertalec" gegen Blattläuse in verschiedenen Gewächshauskulturen durch (ZIMMERMANN 1983). ISIK et al. unternahmten 1983 Versuche zur Bekämpfung von *Parthenolecanium rufulum* mit *V. lecanii* in der Türkei. JACKSON & HEALE versuchten im selben Jahr in Großbritannien die Inkompatibilität der verschiedenen Stämme von *V. lecanii* zu überwinden. 1983 beschäftigte sich die Rothamsted Experimental Station in Großbritannien mit der Wirkung der englischen *V. lecanii*-Präparate auf Honigbienen (ANONYMUS 1984). Weitere Versuche zur Bekämpfung von *T. vaporariorum* wurden in der UdSSR von BORISOV & VINOKUROVA 1983 und SLOBODYANYUK et al. 1984 durchgeführt. Mit der Bekämpfung

desselben Schädling beschäftigte sich LANDA 1984 und 1985 in der CSFR. KUTER (1984) untersuchte zu dieser Zeit in den USA die Interaktionen zwischen Hyphen von *Rhizoctonia solani* und einigen *Verticillium*-Arten, u.a. auch von *V. lecanii*. 1984 berichteten SOUNDARARAJAN et al. von Versuchen zur Bekämpfung von *Coccus viridis*, *Phenacoccus insolitus*, *Nephotettix virescens* (Grüne Reiszikade), *Nilaparvata lugens*, *Pentalonia nigronervosa* (Bananenblattlaus) und *Aphis gossypii* mit Hilfe des Pilzes in Indien. GALANI & ALAMASAN (1984) berichteten über die Bekämpfung von *T. vaporariorum* in Rumänien. 1984 wurden Versuche zur Verwendung von "Vertalec" in Gewächshauskulturen in den USA durchgeführt (GARDNER et al. 1984 und OETTING & GARDNER 1984). In Kanada veröffentlichte GOETTEL ebenfalls 1984 eine neue Methode zur Produktion von *V. lecanii*. 1984 bis 1986 führten in Kanada ELLIOTT et al. (1987) Versuche zur Bekämpfung von Weißer Fliege auf Gewächshausgemüse durch. 1985 veröffentlichten SRIVASTAVA et al. die Ergebnisse einer in der Schweiz durchgeführten Untersuchung über die Wirkung von *V. lecanii* auf verschiedene *Puccinia*-Arten. Im selben Jahr unternahmen MARLETTO, ARZONE und andere (ARZONE & MARLETTO 1984, ARZONE et al. 1986 und MARLETTO & ARZONE 1985) Versuche in Italien, *Corythucha ciliata* (Platanen-Netzwanze) auf *Platanus* mit Hilfe des Pilzes zu bekämpfen. In Großbritannien wurden 1985 u.a. intensive Forschungen hinsichtlich der Spezifität und zur Ploidie-Stufe von verschiedenen *V. lecanii*-Stämmen durchgeführt (DRUMMOND & HEALE 1985, JACKSON & HEALE 1985 und JACKSON et al. 1985). McMILLAN berichtete 1985 von der Wirkung von *V. lecanii* auf Frangipani-Rost in Florida (USA). Aus Frankreich kamen in diesem Jahr Berichte von Versuchen zur Bekämpfung von Blattläusen und der Weißen Fliege unter Glas (ANONYMUS 1985 und RABASSE 1985). In Pakistan testeten KHALIL et al. (1985 b) die Wirkung verschiedener chemischer Pflanzenschutzmittel auf *V. lecanii*. YASEM DE ROMERO & ROMERO (1985) beschrieben die Ergebnisse ihrer Kultivierungsversuche mit *V. lecanii*. Ab 1986 veröffentlichten ST. LEGER et al. (1986 a, b, c und d und 1987) in Großbritannien Arbeiten über die Produktion von Kutikula-abbauenden Enzymen durch *V. lecanii*. 1986 veröffentlichten BEGLYAROV et al. in der UdSSR eine Methode zur Massenproduktion von *V. lecanii*, und KOTLYAREVSKII & PAVLYUSHIN (1986) führten im gleichen Land Kreuzungsversuche mit dem Pilz durch. Neben den Versuchen mit *V. lecanii* an den Universitäten Konstanz und Aachen und der Biologischen Bundesanstalt berichteten in der Bundesrepublik Deutschland 1986 BÜHL & MITTNACHT und 1987 ALBERT von Bekämpfungsversuchen gegen Blattläuse und Weiße Fliege. Ende 1986 kaufte die dänische Firma Novo Industri A/S die englische Herstellerfirma von "Vertalec" und "Mycotal" auf und stellte die Produktion der Präparate ein (schriftl. Mitteil. SKØT 1988). In Australien testeten 1986 MILNER & LUTTON "Vertalec". In der UdSSR untersuchten PAVLYUSHIN & KRASAVINA (1986) die Empfindlichkeit von verschiedenen Blattlaus-Prädatoren gegenüber *V. lecanii*. Von der Einwirkung des Hyphomyceten auf verschiedene u.a. Luzerne besiedelnde Insekten

wurde aus Kanada berichtet (HARPER & HUANG 1986 und 1987). Aus Großbritannien berichteten 1987 UMA & TAYLOR von Infektionsversuchen an *Puccinia allii* und DRUMMOND et al. von dem unterschiedlichen Verhalten verschiedener *V. lecanii*-Stämme bei der Bekämpfung der Weißen Fliege. Von einem weiteren Versuch zur Einsetzbarkeit von "Vertalec" berichteten HELYER & WARDLOW (1987). In Österreich wurde ebenfalls 1987 ein Versuch mit "Vertalec" durchgeführt (BLÜMEL & HAUSDORF 1987), und FREULER (1987) berichtete im selben Jahr vom Einsatz von "Vertalec" gegen Blattläuse in der Schweiz. HOULE et al. (1987) untersuchten in Laborversuchen die Virulenz von *V. lecanii* gegenüber *Scolytus multistriatus* in den USA. ELLIOTT et al. (1987) testeten den Pilz gegen die Weiße Fliege im Gewächshaus in Kanada. GOUR & DABI (1988) bekämpften in Indien *Holotrichia consanguinea* mit *V. lecanii*. Versuche zur Bekämpfung von Gurkenmehltau (*Sphaerotheca fuliginea*) durch *V. lecanii* führte HIJWEGEN (1988) in den Niederlanden durch. DRUMMOND & HEALE (1988) veröffentlichten eine ausführliche Studie zur Vererbung der Pathogenität von *V. lecanii* gegenüber *Trialeurodes vaporariorum*. In der DDR untersuchten Wissenschaftler die Einsetzbarkeit von *V. lecanii* gegen Blattläuse im Gewächshaus und unter Folie (GRÜNBERG et al. 1988). Die Arbeitsgruppe "Pesticides and Beneficial Organisms" der International Organization for Biological Control (IOBC), West Palaearctic Regional Section (WPRS), veröffentlichte 1988 die Ergebnisse des vierten gemeinsamen Pestizid-Testprogrammes, in dem auch *V. lecanii* enthalten war (HASSAN et al. 1988). Von Infektionsversuchen mit verschiedenen Heuschreckenarten berichten JOHNSON et al. (1988) aus Kanada. MAGAN & McLEOD, die 1988 die Auswirkungen von SO<sub>2</sub>-Begasung auf die Oberflächen-Mykoflora von Getreiden untersuchten, stellten fest, daß *V. lecanii* sehr empfindlich auf diese Begasung reagierte. Im selben Jahr wurde in der DDR mit Hilfe von rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen der Infektionsverlauf bei Larven von *Trialeurodes vaporariorum* genauer untersucht (WALTER et al. 1988). In diesem Jahr wechselten für "Vertalec" und "Mycotal" wiederum die Besitzrechte. Sie wurden von der niederländischen Firma Koppert B. V. erworben (schriftl. Mitteil. SKØT 1989). In der Bundesrepublik Deutschland werden zur Zeit von SAKSIRIAT & HOPPE (1988) Versuche zur Infizierung von Sojabohnenrost (*Phakopsora pachyrhizi*) durchgeführt.

### 3. Systematik

Da die Gattung *Verticillium* einen aus Hyphen gebildeten Thallus besitzt, wurde sie in die Abteilung der Eumycota eingeordnet. Die Eingliederung in die Unterabteilung der Deuteromycotina basierte auf dem ausschließlich asexuellen Lebenszyklus. Die Sporenträger werden nicht in Fruchtkörpern oder -lagern gebildet, sondern entstehen frei am Myzel, daher die Eingruppierung unter die Hyphomycetes. Da die Konidienträger einzeln auftreten und nicht in Synnemata zusammengeschlossen sind, wurde *V. lecanii* weiter zur Ordnung der Hyphomycetales geordnet. In die Familie der Moniliaceae erfolgte die Einordnung aufgrund der vorwiegend hyalinen Hyphen und Vermehrungsorgane (s. Tabelle 1) (HOFFMANN et al. 1985).

Tab. 1: Stellung von *Verticillium lecanii* im System der Pilze  
(nach GAMS 1971, HOFFMANN et al. 1985)

Abteilung	Eumycota
Unterabteilung	Deuteromycotina
Klasse	Hyphomycetes
Ordnung	Hyphomycetales
Familie	Moniliaceae
Gattung	<i>Verticillium</i>
Sektion	Prostrata
Art	<i>lecanii</i>

GAMS, der 1971 eine Neuordnung der Gruppe der *Cephalosporium*-artigen Schimmelpilze vornahm, faßte zahlreiche Arten unter *Verticillium lecanii* zusammen (s. Tabelle 2), da er aus seinen Untersuchungen folgerte, daß die Art in sich stark variiert und für die Einteilung in verschiedene Arten, vor allem durch PETCH (1925 und 1931 a), keine ausreichende Grundlage vorhanden ist. Er ordnete außerdem *V. lecanii* aufgrund der meist niederliegenden, nicht deutlich differenzierten Konidienträger zur *Verticillium*-Sektion Prostrata.



Die Neuordnung durch GAMS ist nicht unumstritten. So war z.B. BALAZY (1973) der Meinung, daß der Gattungsname doch *Cephalosporium* sein müsse und daß GAMS zu stark verallgemeinere. Er spaltete daher die Art wieder auf. EVANS & SAMSON (1986) halten eine genauere Bestimmung von Varietäten oder Arten innerhalb des *V. lecanii*-Komplexes nur dann für möglich, wenn Teleomorphen oder andere als rein morphologische Bestimmungskriterien gefunden werden.

*V. lecanii* ist eine Sammelart, die wahrscheinlich mit verschiedenen Teleomorphen (Hauptfruchtformen) in genetischer Verbindung steht. Diese gehören wohl meist zur Gattung *Torrubiella* (Ascomycotina: Clavicipitales) (schriftl. Mitteil. GAMS 1989). Eine bisher beschriebene Hauptfruchtform ist *Torrubiella confragosa* Mains, wobei die Namensgebung noch etwas unklar ist (EVANS & SAMSON 1982 und 1986). Heute wird weitgehend GAMS' Einteilung verwendet. Auch die vorliegende Arbeit richtet sich nach ihr.

Die in Tabelle 2 aufgeführten Synonyme von *Verticillium lecanii* stammen bis *Cephalosporium lanoso-niveum* sämtlich aus der Veröffentlichung "*Cephalosporium*-artige Schimmelpilze (Hyphomycetes)" von GAMS 1971; ebenso die Synonyme *Torula epistromata* und *Paecilomyces eriophytis*. *Hirsutella confragosa* und *Cephalosporium salvinae* sind nach EVANS & SAMSON (1982) und GAMS (schriftl. Mitteil. 1988 b und 1989) von *V. lecanii* morphologisch nicht unterscheidbar. *Cephalosporium yvone* und *C. diversiphialidum* wurden von BALAZY (1973) als einzelne Arten angesehen, nach GAMS gehören sie jedoch zu *V. lecanii*. Insgesamt ergeben sich durch die unterschiedliche Einordnung durch GAMS und BALAZY noch weitere Unklarheiten und Überschneidungen. Bei den mit "?" versehenen Bezeichnungen in Tabelle 2 ist die Identität wegen unzureichender Beschreibung und fehlenden Typenmaterials unsicher (schriftl. Mitteil. GAMS 1988 a).

Zur Systematik äußern sich außerdem EKBOM (1979) und DOMSCH et al. (1980).

Tab. 2: Synonyme von *Verticillium lecanii*

- 
- ? *Verticillium minutissimum* Corda 1837  
? *Verticillium album* Rivolta 1872  
? *Verticillium aphidis* Bäumler 1887  
? *Verticillium aphidis* Rostrup 1894  
*Cephalosporium lecanii* Zimmermann 1898  
*Acrostalagmus aphidum* Oudemans 1902  
*Acrostalagmus coccidicola* Guéguen 1904  
*Hyalopus yvonis* Dop 1905  
*Oospora necans* Saccardo & Trotter 1905  
*Botrytis eriophytis* Masee apud Taylor 1909  
*Verticillium eriophytis* (Masee) Saccardo & Trotter 1913  
*Cephalosporium lefroyi* Horne 1915  
*Hyalopus heterosporus* Harder 1915  
*Sporotrichum kirchneri* Rostrup 1916  
*Cephalosporium coccidicolum* (Guéguen) Petch 1925  
*Cephalosporium longisporum* Petch 1925  
*Cephalosporium coccorum* Petch 1925  
*Verticillium aphidium* (Oudemans) Westerdiijk 1930  
*Cephalosporium eriophytis* (Masee) Petch 1931  
*Cephalosporium aphidicola* Petch 1931  
*Cephalosporium thripidum* Petch 1931  
*Cephalosporium muscarium* Petch 1931  
*Cephalosporium dipterigenum* Petch 1931  
*Verticillium album-minimum* (A. & R. Sartory & Meyer) Westerdiijk 1933  
*Verticillium hemileiae* Bouriquet 1939  
*Cephalosporium nodulosum* Petch 1939  
*Cephalosporium subclavatum* Petch 1942  
*Cephalosporium lanoso-niveum* van Beyma 1942  
*Hirsutella confragosa* Mains 1949  
*Torula epistromata* Ciferri 1957  
*Paecilomyces eriophytis* (Masee) Leatherdale 1965  
*Cephalosporium salviniae* Jones & Frederick 1971  
*Cephalosporium yvone* (Dop) Balazy 1973  
*Cephalosporium diversiphialidum* Balazy 1973
-

#### 4. Wirtskreis und Symptome

Die folgende Wirtsliste von *Verticillium lecanii* gliedert sich nach der im Lehrbuch der Phytomedizin von HOFFMANN et al. (1985) angeführten Systematik. Diese Quellen wurden durch weitere Literatur ergänzt (BLUNCK 1953, 1954, 1956 und 1957, FREUDE et al. 1969, SCHMIDT 1970, CUMMINS 1971, MÜLLER & KÖGLER 1982, AINSWORTH et al. 1973 a und b, KRANZ et al. 1979, GRZIMEK 1980, FREUDE et al. 1983 und STEITZ & STENGEL 1984). Auf eine Angabe von Unterordnungen und Unterfamilien wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet. Bei den Pflanzenläusen schien die Angabe der Unterordnungen aufgrund der Vielzahl der Wirte angebracht. Die Familien wurden innerhalb der Ordnungen weitgehend willkürlich angeordnet.

##### 4.1 Pilzliche Wirte

###### ASCOMYCOTINA

###### Endomycetales

###### Saccharomycetaceae (Hefen)

- *Saccharomyces cerevisiae* (JACKSON et al. 1985)

###### Erysiphales (Echte Mehltaupilze)

###### Erysiphaceae

- *Erysiphe graminis* (DRUMMOND et al. 1987, HALL 1980 b, SPENCER 1980)
- *Sphaerotheca fuliginea* (SPENCER & EBBEN 1983, HIJWEGEN 1988)
- *Oidium tingtanium* (RAO & PAVGI 1977)

###### Sphaeriales

###### Polystigmataceae

- *Phyllachora guazumae* (GAMS 1971)

###### Tuberales (Echte Trüffel)

###### Tuberaceae

- *Tuber maculatum* (JACKSON & HEALE 1985, GAMS 1971)

###### BASIDIOMYCOTINA

###### Agaricales

###### Boletaceae

- *Boletus* sp. (HIJWEGEN 1988)

Uredinales (Rostpilze)

Melampsoraceae

- *Melampsora lini*\*\* (GARCIA ACHA et al. 1965)
- *Melampsora* sp.\*\* (GARCIA ACHA et al. 1965)
- *Phakopsora pachyrhizi* (SAKSIRIAT & HOPPE 1988)

Coleosporiaceae

- *Coleosporium domingense* (McMILLAN 1985, ROMBACH & GILLESPIE 1988)

Pucciniaceae

- *Uromyces appendiculatus* (BALASUBRAMANIAN 1979, GRABSKI & MENDGEN 1984, HALL 1980 b, PFROMMER & MENDGEN 1987, SPENCER 1980)
- *Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* (GRABSKI 1984, PFROMMER & MENDGEN 1986)
- *Uromyces appendiculatus* (*phaseoli*) var. *typica* (MENDGEN & CASPER 1980, MENDGEN et al. 1988, PFROMMER et al. 1988 c)
- *Uromyces dianthi* (SPENCER 1980, 1981 und 1983, SPENCER & ATKEY 1981 a und b, SRIVASTAVA et al. 1985)
- *Uromyces fabae* (PFROMMER & MENDGEN 1986, SILVEIRA & RODRIGUES 1972, MENDGEN et al. 1988, PFROMMER et al. 1988 b)
- *Uromyces leavigatus* (GAMS 1971)
- *Uromyces pisi* (PFROMMER & MENDGEN 1987)
- *Uromyces trifolii* (SILVEIRA & RODRIGUES 1972)
- *Puccinia allii* (UMA & TAYLOR 1987)
- *Puccinia arachidis* (ZAMBETTAKIS et al. 1985)
- *Puccinia asparagi*\*\* (GARCIA ACHA et al. 1965)
- *Puccinia chrysanthemi* (KOTTHOFF 1937)
- *Puccinia coronata* (*coronifera*) (GAMS 1971, HASSEBRAUK 1936 und 1937)
- *Puccinia coronata* f.sp. *avenae*\*\* (GARCIA ACHA et al. 1965)
- *Puccinia dianthi* (SRIVASTAVA et al. 1985)
- *Puccinia dispersa*\*\* (HASSEBRAUK 1936 und 1937, SCHRÖDER & HASSEBRAUK 1957)
- *Puccinia glomerata* (SRIVASTAVA et al. 1985)
- *Puccinia glumarum* (HASSEBRAUK 1936 und 1937)
- *Puccinia graminis* (GARCIA ACHA et al. 1965, HALL 1980 b, HASSEBRAUK 1936 und 1937)
- *Puccinia graminis* f.sp. *secalis*\*\* (GARCIA ACHA et al. 1965)
- *Puccinia graminis* var. *tritici* (HÄNSSLER et al. 1981 a, b und 1982, MCKENZIE & HUDSON 1976, SPENCER 1980)

- *Puccinia hordei (anomala)* (GARCIA ACHA et al. 1965, SILVEIRA & RODRIGUES 1972)
- *Puccinia horiana* (SRIVASTAVA et al. 1985)
- *Puccinia malvacearum\*\** (GARCIA ACHA et al. 1965, SRIVASTAVA et al. 1985)
- *Puccinia menthae\*\** (GARCIA ACHA et al. 1965)
- *Puccinia recondita* (PFROMMER & MENDGEN 1987, SPENCER & ATKEY 1981 a und b, MENDGEN et al. 1988, PFROMMER et al. 1988 b)
- *Puccinia simplex* (HASSEBRAUK 1936 und 1937)
- *Puccinia striiformis* (CASPER & MENDGEN 1979, MENDGEN 1979 und 1981)
- *Puccinia triticina* (HASSEBRAUK 1936 und 1937, SCHRÖDER & HASSEBRAUK 1957)
- *Hemileia scholtzii* (GAMS 1971)
- *Hemileia vastatrix* (LEAL & VILLANUEVA 1962, PFROMMER & MENDGEN 1987, HALL 1980 b, MENDGEN et al. 1988, PFROMMER et al. 1988 b, SHAW 1988)

#### DEUTEROMYCOTINA

##### Hyphomycetes

###### Agonomycetaceae

- *Rhizoctonia solani* (KUTER 1984)
- *Alternaria* sp.\*\* (McKENZIE & HUDSON 1976)

- "entomopathogene Pilze" (ROMBACH & GILLESPIE 1988)

#### 4.2 Tierische Wirte

##### NEMATODA (Nematoden)

###### Ascaridoidea

###### Ascarididae (Spulwürmer)

- *Ascaris* sp. (LYSEK et al. 1986)

###### Tylenchida

###### Heteroderidae (Zystennematoden)

- *Heterodera schachtii* (HÄNSSLER 1990, HÄNSSLER & HERMANN 1981)
- *Heterodera glycines* (GINTIS et al. 1983)

ARACHNIDA (Spinnentiere)

Araneae (Spinnen)

- "spiders (Araneae)" (GAMS 1971, LEATHERDALE 1970, PETCH 1948)
- "spider cocoon" (PETCH 1948)

Acari (Milben)

Digamasellidae

- *Dendrolaelaps cornutus* (BALAZY 1973)

Tetranychidae (Spinnmilben)

- *Panonychus ulmi* (LEATHERDALE 1965)
- *Tetranychus urticae* (GAMS 1971, GEEST 1985, GILLESPIE et al. 1983 b)

Eriophyidae (Gallmilben)

- *Cecidophyopsis ribis* (KANAGARATNAM et al. 1979 b und 1981 b, KANAGARATNAM & HALL 1978 b, LEATHERDALE 1965, PETCH 1931 a, SCHLIESSKE 1986)
- *Eriophyes guerreronis*\*\* (HALL et al. 1980)
- *Phytoptus avellanae* (LEATHERDALE 1965)

- "Milben auf Betula" (GAMS 1971)
- "Acarina" (BALAZY 1973)
- "Raubmilben" (KRIEG & FRANZ 1989)

INSECTA (Insekten)

Collembola (Springschwänze)

Isotomidae (Gleichringler)

- *Folsomia cavicola* (LEATHERDALE 1970)
- *Tomocerus longicornis* (LEATHERDALE 1970)

Saltatoria (Springschrecken, Heuschrecken)

Cyratacanthacrinae

- *Melanoplus sanguinipes* (HARPER & HUANG 1986 und 1987)
- *Melanoplus bivittatus* (JOHNSON et al. 1988)
- *Melanoplus packardii* (JOHNSON et al. 1988)

Thysanoptera (Fransenflügler)

Thripidae

- *Thrips tabaci* (BINNS et al. 1982, GILLESPIE 1986, GILLESPIE et al. 1981 und 1983 a)
- "Thrips" allg. (GAMS 1971)

Heteroptera (Wanzen)

Tingidae (Gitterwanzen, Netzwanzen)

- *Corythucha ciliata* (ARZONE & MARLETTO 1984, MARLETTO & MENARDO 1984, ARZONE et al. 1986, MARLETTO & ARZONE 1985)

- *Nabis alternatus* (HARPER & HUANG 1986)

Anthocoridae (Blumenwanzen)

- *Anthocoris nemorum* (BALAZY 1973)

Auchenorrhyncha (Zikaden)

Delphacidae (Spornzikaden)

- *Nilaparvata lugens* (BALASUBRAMANIAN 1979, SOUNDARARAJAN et al. 1984)

Jassidae (= Cicadellidae) (Zwergzikaden)

- *Paraphlepsius irroratus* (GHIYKOWSKI 1985)

- *Nephotettix virescens* (SOUNDARARAJAN et al. 1984)

- *Idioscopus clypealis* (KUMAR et al. 1983, SRIVASTAVA & TANDON 1986)

- *Amritodus atkinsoni* (KUMAR et al. 1983)

- *Hauptidia maroccana* (GILLESPIE 1986)

- *Zyginidia pullula* (MARLETTO & MAGGIORA 1983, VIDANO & ARZONE 1988)

- *Zygina pallidifrons* (GILLESPIE et al. 1981)

Sternorrhyncha (Pflanzenläuse)

Aleyrodina (Mottenschildläuse)

Aleyrodidae

- *Trialeurodes vaporariorum* (ALBERT 1987, BALAZY 1973, BORISOV & VINOKUROVA 1983, BÜHL & MITTNACHT 1986, BURGESS & PAYNE 1983, DRUMMOND et al. 1987, EKBOM 1979, 1980 und 1981, ELLIOTT et al. 1987, FILATOV 1981, GALANI & ALAMASAN 1984, GAMS 1971, GILLESPIE 1986, HALL 1976 c, 1981 c und 1982, HALL & SCOPES 1985, HALL et al. 1983 b, HALL & TURNER 1983, HUSSEY 1958, KANAGARATNAM et al. 1979 a und 1982, KANAGARATNAM & HALL 1978 a, KITAZAWA et al. 1984, LARA 1981, LEATHERDALE 1970, LENTEREN & SCOPES 1985, LOGINOVA et al. 1987, PETCH 1925, QUINLAN 1983, SLOBODYANYUK et al. 1984, SOLOVEI 1980, SOLOVEI & SOGOYAN 1982, WALTER et al. 1988, ZOHREN 1983)

- *Bemisia tabaci* (DRUMMOND et al. 1987)

- *Dialeurodes citri* (AVIDZBA 1983)

- *Aleurodes* sp. (GANHAO 1956, VIEGAS 1939)

- "black *Aleurodes*" (PETCH 1925)

Aphidina (Blattläuse)

Callaphididae (Zierläuse)

- *Therioaphis maculata* (HARPER & HUANG 1986)

Aphididae (Röhrenläuse)

- *Rhopalosiphum maidis* (SHANDS et al. 1958)

- *Rhopalosiphum nymphaeae* (KUTER 1984)

- *Rhopalosiphum padi* (HARPER & HUANG 1986 und 1987)

- *Aphis abbreviata* (SHANDS et al. 1958)
- *Aphis craccivora* (PFROMMER et al. 1988 a und b)
- *Aphis fabae* (HALL 1978 c, HALL et al. 1981 a, KHALIL et al. 1985 a und 1983, RIMSA & KHALIL 1982, YASEM DE ROMERO 1985)
- *Aphis gossypii* (BORISOV & VINOKUROVA 1983, HALL 1976 c, 1978 b, c, 1979 a und 1982, HALL et al. 1981 a, HELYER & WARDLOW 1987, HUSSEY 1969, KITAZAWA et al. 1984, LARA 1981, SOUNDARARAJAN et al. 1984)
- *Aphis nasturtii* (LOGINOVA et al. 1987)
- *Melanaphis sacchari* (*Aphis sacchari*) (GAMS 1971)
- *Toxoptera citricida* (RONDON et al. 1982, YASEM DE ROMERO 1985, YASEM DE ROMERO & ROMERO 1985)
- *Brevicoryne brassicae* (ALBERT 1987, KITAZAWA et al. 1984, PFROMMER & MENDGEN 1986, ZIMMERMANN & BODE 1980)
- *Myzus persicae* (DRUMMOND et al. 1987, GARDNER et al. 1984, HALL 1976 c, 1978 b, 1979 a, 1980 c, e und 1981 d, HALL & BURGESS 1976 und 1979, HALL et al. 1981 a, HARPER & HUANG 1986 und 1987, HELYER & WARDLOW 1987, JACKSON et al. 1985, KHALIL et al. 1983, KHALIL et al. 1985 a, KITAZAWA et al. 1984, LARA 1981, MILNER & LUTTON 1986, SHANDS et al. 1958, ZIMMERMANN 1983)
- *Myzus solani* (SHANDS et al. 1958)
- *Acyrtosiphon pisum* (HARPER & HUANG 1986 und 1987)
- *Metopolophium dirhodum* (HARPER & HUANG 1986)
- *Macrosiphum euphorbiae* (ANONYMUS 1985)
- *Macrosiphum solanifolii* (SHANDS et al. 1958)
- *Macrosiphum rosae* (HARPER & HUANG 1987)
- *Sitobion avenae* (KHALIL et al. 1985 a, OZINO et al. 1987)
- *Pentalonia nigronervosa* (REGUPATHY & PARANJOTHI 1979, SOUNDARARAJAN et al. 1984)
- *Macrosiphoniella sanborni* (DRUMMOND et al. 1987, GARDNER et al. 1984, GILLESPIE 1986, HALL 1976 a, b, c, 1979 b, 1980 a, b, c, d, 1981 d und 1984, HALL & BURGESS 1972, 1976, 1977 a und 1979, JACKSON et al. 1985, KHALIL et al. 1983 und 1985 a)
- *Brachycaudus helichrysi* (HALL 1976 c und 1978 b, HALL & BURGESS 1979, KHALIL et al. 1983)
- *Brachycaudus* sp. (KHALIL et al. 1985 a)
- *Chaetosiphon fragaefolii* (KRCZAL 1960, LEATHERDALE 1970)  
(= *Passerinia fragaefolii*)
- *Capitophorus fragariae* (PETCH 1948)
- *Phorodon humuli* (PFROMMER et al. 1988 a und b)
- *Schizaphis graminum* (YASEM DE ROMERO 1985)



- *Therioaphis maculata* (HARPER & HUANG 1986 und 1987)

Pemphigidae (Blasenläuse)

- *Pemphigus bursarius* (SAGGARDO 1905)

Thelaxidae (Maskenblattläuse)

- *Cerataphis lataniae* (GAMS 1971)

- *Cerataphis* sp. (GAMS 1971)

- Blattläuse allg. (DRUMMOND & HEALE 1985, FREULER 1987, LENTEREN & SCOPEL 1985, PETCH 1925, PFROMMER & MENDGEN 1986, RABASSE 1985)

- "Solidago-Läuse" (GAMS 1971)

Coccina (Schildläuse)

Margarodidae

- *Icerya purchasi* (GANHAO 1956, PETCH 1925)

Pseudococcidae (Schmierläuse)

- *Cryptococcus fagisuga* (HOUSTON 1983, LONSDALE 1983)

- *Phenacoccus insolitus* (SOUNDARARAJAN et al. 1984)

- "mealybugs" (PETCH 1948)

Lecaniidae (= Coccidae) (Napfschildläuse)

- *Coccus acuminatus* (GANHAO 1956, VIEGAS 1939)

- *Coccus hesperidum* (GANHAO 1956, KENNETH & OLMERT 1975, OLMERT & KENNETH 1974, PETCH 1925, SAMSINAKOVA & KALALOVA 1975, VIEGAS 1939)  
(= *Lecanium hesperidum*)

- *Coccus mangiferae* (GANHAO 1956)

- *Coccus pseudomagnoliarum* (EVLAKHOVA 1938, ONGUER 1974)

- *Coccus viridis* (DEKLE 1976, EASWARAMOORTHY et al. 1979, EASWARAMOORTHY & JAYARAJ 1976, 1977 a, b und 1978, FREDRICK 1943 a und b, GANHAO 1956, KOHLER 1980, MAYNE et al. 1933, MÜLLER-KÖGLER 1965, PETCH 1925, PRAKASAN 1987, SMITH 1942, SOUNDARARAJAN et al. 1984, VIEGAS 1939, ZIMMERMANN 1899)

- *Eulecanium tiliae* (GANHAO 1956, JACKSON et al. 1985, KALANDRA & ROZ-SYPAL 1933, KOTTHOFF 1937)

(= *E. coryli*, *Lecanium tiliae*, *L. coryli*)

- *Eulecanium nigrofasciatum* (GANHAO 1956, VIEGAS 1939)

(= *Lecanium nigrofasciatum*)

- *Eulecanium persicae* (GANHAO 1956, VIEGAS 1939)

(= *Lecanium persicae*)

- *Parthenolecanium corni* (SAMSINAKOVA & KALALOVA 1975, SIKHARULIDZE & TAVAMAISHVILI 1977)

(= *Eulecanium corni*, *Lecanium corni*)

- *Parthenolecanium rufulum* (ISIK et al. 1983)

- *Mesolecanium deltae* (GANHAO 1956, VIEGAS 1939)

- *Paralecanium expansum* (GANHAO 1956, PETCH 1925)  
(= *Lecanium expansum*)
- *Sphaerolecanium punastri* (BALAZY 1973)
- *Saissetia coffeae* (GANHAO 1956, PETCH 1925, SMITH 1942, VIEGAS 1939)  
(= *S.hemisphaerica*, *Lecanium coffeae*, *L.hemisphaericum*)
- *Saissetia nigra* (GAMS 1971, GANHAO 1956, PETCH 1925, VIEGAS 1939)  
(= *Lecanium nigrum*)
- *Saissetia oleae* (AHMAD 1975, CHIYKOWSKI 1985, EVLAKHOVA 1938,  
GANHAO 1956, JACKSON & HEALE 1985, KENNETH & OLMERT 1975, MENDEL et  
al. 1984, TUNGYURECK 1975, VIEGAS 1939, TUSET 1975)  
(= *Lecanium oleae*)
- *Ceroplastes floridensis* (GANHAO 1956, KENNETH & OLMERT 1975)
- *Ceroplastes sinensis* (BALAZY 1973, EVLAKHOVA 1938, EVLAKHOVA 1941,  
GANHAO 1956, POSPELOV 1940)
- *Ceroplastes* sp. (PETCH 1925)
- *Pulvinaria flavescens* (GANHAO 1956)
- *Pulvinaria floccifera* (ALAY 1965)
- *Pulvinaria psidii* (EASWARAMOORTHY & JAYARAJ 1977 b)
- *Pulvinaria* sp. (PETCH 1925, VIEGAS 1939)
- *Protopulvinaria pyriformis* (GANHAO 1956)
- *Eucalymnatus tessellatus* (VIEGAS 1939)
- *Toumeyella liriodendri* (GANHAO 1956)
- *Toumeyella turgida* (VIEGAS 1939)
- *Philephedra tuberculosa* (PENA & McMILLAN 1986, PENA et al. 1987)
- Coccidae allg. (LEATHERDALE 1970)
- Diaspididae (Austernschildläuse, Deckelschildläuse)
- *Lepidosaphes ulmi* (KOTTHOFF 1937, LEATHERDALE 1970, PETCH 1925)
- *Lepidosaphes* sp. (LEATHERDALE 1970, PETCH 1948)
- *Aspidiotus hederæ* (KOTTHOFF 1937, PETCH 1925, VIEGAS 1939)  
(= *A. nerii*)
- *Quadraspidotus perniciosus* (PETCH 1925, VIEGAS 1939)  
(= *Aspidiotus perniciosus*)
- *Chionaspis salicis* (LEATHERDALE 1970, PETCH 1925)
- *Chionaspis* sp. (PETCH 1948)
- *Mytilaspis* sp. (VIEGAS 1939)
- Schildläuse allg. (PETCH 1925, VIEGAS 1939)
- "subterranean coccids" (PETCH 1948)
- Hymenoptera (Hautflügler)
- Diprionidae (Buschhorn-Blattwespen)
- *Diprion pini* (JACKSON & HEALE 1985)

- *Diprion* sp. (BALAZY 1973)
- *Neodiprion banksianae* (GAMS 1971)

Tenthredinidae (Blattwespen)

- *Nematus pavidus* (DRUMMOND et al. 1987, JACKSON et al. 1985)
- *Pristiphora abietina* (BALAZY 1973, JACKSON et al. 1985)
- *Hoplocampa testudinea* (JAWORSKA 1979)

Ichneumonidae ("Echte"Schlupfwespen)

- *Coleocentrus excitator* (BALAZY 1973)
- Ichneumonidae allg. (LEATHERDALE 1970)
- "Ichneumon" (PETCH 1948)

Braconidae (Brackwespen)

- *Spathius* sp. (BALAZY 1973)

Aphelinidae (Zehrwespen)

- *Encarsia formosa* (BEGLYAROV et al. 1986, EKBOM 1979, KANAGARATNAM et al. 1981 a, mündl. Mitteil. PFROMMER 1988)

Torymidae

- *Torymus cyanimus* (LEATHERDALE 1970, PETCH 1948)

Apidae (Bienen, Hummeln)

- *Apis mellifera* (ANONYMUS 1984, SKOU 1967)
- *Bombus terrestris* (BALAZY 1973, SKOU 1967)
- *Bombus lapidarius* (SKOU 1967)
- *Bombus hortorum* (SKOU 1967)
- *Psithyrus bohemicus* (SKOU 1967)

Coleoptera (Käfer)

Tenebrionidae (Schwarzkäfer)

- *Tribolium confusum*\*\* (BALAZY 1973)
- *Hypophloeus bicolor* (BALAZY 1973)

Cantharidae (Weichkäfer)

- *Cantharis lateralis* (LEATHERDALE 1970, PETCH 1948)

Cerambycidae (Bockkäfer)

- *Tetropium fuscum* (MÜLLER-KÖGLER 1965)
- *Tetropium* sp. (BALAZY 1973)
- *Rhagium inquisitor* (MÜLLER-KÖGLER 1965)
- *Spondylis buprestoides* (BALAZY 1973)
- Cerambycidae allg. (BALAZY 1973)

Chrysomelidae (Blattkäfer)

- *Leptinotarsa decemlineata* (HARPER & HUANG 1986, SAMSINAKOVA 1977)
- *Oulema gallaeciana* (MICZULSKI 1978, MIETKIEWSKI 1985)  
(= *Lema gallaeciana*)
- *Plateumaris braccata* (PETCH 1948)

- *Cassida seladonia* (MACHOWICZ-STEFANIAK 1978)
- Curculionidae (Rüsselkäfer)
  - *Otiorhynchus sulcatus*\*\* (HALL 1985)
  - *Otiorhynchus* sp. (ANONYMUS 1987, GAMS 1971)
  - *Tryogenes nereis* (LEATHERDALE 1970, PETCH 1948)  
(= *Eriirrhinus nereis*)
- Scolytidae (Borkenkäfer)
  - *Ips typographus* (BALAZY 1973)
  - *Scolytus intricatus* (BALAZY 1973)
  - *Scolytus kirschii* (BALAZY 1973)
  - *Scolytus multistriatus* (HOULE et al. 1987)
  - *Scolytus ratzeburgi* (MÜLLER-KÖGLER 1965)
  - *Scolytus scolytus* (BARSON 1976, GRADWELL et al. 1973 und 1974,  
HALL 1980 b)
  - *Polygraphus polygraphus* (BALAZY 1973)
  - *Cryturgus pusillus* (BALAZY 1973)
  - *Hylesinus crenatus* (BALAZY 1973)
- Scarabaeidae (Blatthornkäfer)
  - *Holotrichia consanguinea* (GOUR & DABI 1988)
- Coccinellidae
  - *Henosepilachna vigintioctopunctata* (SANTHARAM et al. 1978)
- Coleoptera allg. (LEATHERDALE 1970)
- Planipennia (Haftes)
  - Chrysopidae (Florfliegen)
    - "Goldaugen" (BEGLYAROV et al. 1986)
- Lepidoptera (Schmetterlinge)
  - Sesiidae (Glasflügler)
    - *Synanthedon salmachus* (BAKER 1981)  
(= *S. tipuliformis*)
  - Tortricidae (Wickler)
    - *Cydia pomonella* (BALAZY 1973, GLEN & MILSOM 1978, GLEN 1982, JACKSON  
et al. 1985, RUSS & RUPF 1975, St. LEGER et al. 1987)  
(= *Carpocapsa pomonella*)
  - Pyralidae (Zünsler)
    - *Ostrinia nubilalis* (BAIRD 1954, BALAZY 1973, GAMS 1971, HARPER &  
HUANG 1986)  
(= *Pyrausta nubilalis*)
  - Lasiocampidae (Glucken)
    - *Malacosoma neustria* (MACHOWICZ-STEFANIAK 1982, MIETKIEWSKI 1985)

- *Macrotylatia rubi* (GAMS 1971)
  - (= *Macrothylacia rubi*)
- *Dendrolimus pini* (BALAZY 1973)
- Geometridae (Spanner)
  - *Boarmia selenaria* (KENNETH & OLMERT 1975)
    - (= *Ascotis selenaria*)
- Lymantriidae (Trägspinner)
  - *Euproctis chrysorrhoea* (MIETKIEWSKI 1984 und 1985)
- Arctiidae (Bärenspinner)
  - *Comacla senex* (LEATHERDALE 1970, PETCH 1948)
    - (= *Nudaria senex*)
- Thaumetopoeidae (Prozessionsspinner)
  - *Thaumetopoea pityocampa* (GAMS 1971)
- Bombycidae (Seidenspinner)
  - *Bombyx mori* (MURAKOSHI et al. 1978)
- Limacodidae (Asselspinner)
  - *Penthocrates* sp. (EVANS & SAMSON 1986)
- Caradrinidae
  - "caradrinid larvae" (PETCH 1948)
- Noctuidae allg. (NAPIORKOWSKA-KOWALIK & MACHOWICZ-STEFANIAK 1986)
- Lepidoptera allg. (LEATHERDALE 1970, PETCH 1948)
- "on moth" (GAMS 1971)
- Diptera (Zweiflügler)
  - Cecidomyiidae (Gallmücken)
    - *Rhabdophaga rosaria* (DRUMMOND et al. 1987, JACKSON et al. 1985)
    - *Aphidoletes aphidimyza*\*\* (BEGLYAROV et al. 1986, mündl. Mitteil. PFROMMER 1988)
  - Calliphorinae (Schmeißfliegen)
    - *Calliphora erythrocephala* (CLAYDON & GROVE 1982)
  - Anthomyiidae (Blumenfliegen)
    - *Delia* sp. (GAMS 1971)
      - (= *Leptohtylomyia*)
  - Culicidae (Stechmücken)
    - *Aedes triseriatus*\*\* (BALLARD & KNAPP 1984)
  - Lycoriidae (Trauermücken)
    - *Sciara* sp. (GRABSKI 1984)
  - Tephritidae (= Trypetidae) (Bohrfliegen)
    - *Urophora solstitialis* (PETCH 1948)
  - Tachinidae (Raupenfliegen)
    - Tachinidae allg.\*\* (BALAZY 1973)

- Diptera sp. (BALAZY 1973, LEATHERDALE 1970)
- "flies" (PETCH 1948)

OSTEICHTHYES (Knochenfische)

Salmoniformes (Lachsfische)

Salmonidae (Lachsähnliche i.e.S.)

- *Salmo salar*\*\* (AHO et al. 1988)

\*\* : unsicher

#### 4.3 Symptome

Bei Beschreibung der Symptome wurde von der makroskopischen Betrachtung oder der Benutzung einer einfachen Lupe ausgegangen.

Typisch für die Infektion durch *Verticillium lecanii* ist das bei ausreichender Luftfeuchte auf dem Wirt auftretende feine Luftmyzel, das z.T. den Körper völlig bedecken kann (VIEGAS 1939, HUSSEY 1958, MÜLLER-KÖGLER 1965). Das Myzel ist weiß, kann aber später eine blaßgelbliche Farbe annehmen (PETCH 1925). Der Pilz dringt bei manchen Insekten bevorzugt durch die intersegmentalen Bereiche oder bei Schildläusen unter dem Schild hindurch nach außen (PETCH 1925, VIEGAS 1939, GANHAO 1956, CHIYKOWSKI 1985). Das Myzel breitet sich dann vom Körper des abgetöteten Wirtes strahlenförmig noch etwas auf der Unterlage aus (1-10 mm) (ZIMMERMANN 1899, PETCH 1925, VIEGAS 1939, BARSON 1976, JAWORSKA 1979). Häufig wird auch berichtet, daß tote Tiere durch den Pilz an der Unterlage befestigt werden (VIEGAS 1939, KANAGARATNAM et al. 1982).

Da die Symptome von Wirt zu Wirt verschieden sind, werden nachfolgend die Symptome ausgewählter Wirte ausführlicher vorgestellt:

#### *Coccus viridis*

Die Grüne Kaffeeschildlaus wird in Kaffeeanbaugebieten stark von *V. lecanii* befallen. Erstes Anzeichen einer Erkrankung ist die Entwicklung von dunkelbraunen Flecken, die sich dann über den ganzen Körper ausbreiten. Bei Larven wird der gesamte Körper braun. Infizierte Tiere verlieren ihren Glanz und ihre grünliche Farbe, sie bleichen aus und werden gelblich. Bald nach dem Tod wird der Körper steif und mumifiziert. Bei feuchtem Wetter wird er von weißem Pilzmyzel bedeckt. Bei den erwachsenen Weibchen wachsen die Hyphen unter dem Schild hervor und bilden auf der Blattoberfläche einen anfangs ausgefransten Rand von ca. 1 mm Breite, daher der Ausdruck "Weißer Hof" ("Halo branco"). Der zu Beginn dünne Hof verdichtet sich. Nicht selten bedeckt das Myzel schließlich auch das ganze Tier. Die

befallenen Insekten wirken wie weiße Flecken auf dem Blatt. Diese erscheinen zuerst pulvrig durch die unzähligen Konidienköpfchen, die sich aber allmählich vereinigen, so daß eine eher glatte wachsartige Schicht entsteht. Das Myzel kann sich auch mit der Zeit von weiß zu cremefarben oder blaßgelb verfärben. Auch nach völliger Aufzehrung des Insekts haften die Schilde noch an den Blättern (KONINGSBERGER & ZIMMERMANN 1901, PETCH 1925, VIEGAS 1939, FREDRICK 1943 b, GAN-HAO 1956, EASWARAMOORTHY & JAYARAJ 1978).

#### *Macrosiphoniella sanborni*

Die Braune Chrysanthemenblattlaus ist von den zahlreichen Blattlausarten, die *V. lecanii* befällt, am besten untersucht. Hier wurde bereits auf lebenden Tieren ein leichtes Myzelwachstum beobachtet. Nach dem Tod der Tiere bedeckt der Pilz sie vollständig mit sporulierendem Myzel, so daß die toten Läuse als weiße flockige Körper erscheinen. Auch hier findet man die Überreste noch am Blatt. Die flügellosen Tiere sterben gewöhnlich bei der Nahrungsaufnahme (HALL 1976 b).

#### *Trialeurodes vaporariorum*

Durch *V. lecanii* getötete Weiße Fliegen sind deutlich erkennbar an dem bei ausreichender Luftfeuchte auftretenden weißen flockigen Myzel. Dies trifft sowohl für die Larven als auch für die adulten Tiere zu (HUSSEY 1958, KANAGARATNAM et al. 1982, SOLOVEI & SOGOYAN 1982). HUSSEY (1958) nennt außerdem als erstes Anzeichen, daß ein Vollinsekt von *V. lecanii* angegriffen wurde, die Produktion von langen ventralen Wachsbündeln auf dem Abdomen. Bei infizierten Larven konnte er keine sichtbaren Symptome feststellen, bis die Hyphen außen erschienen. Tote Tiere blieben auf dem Blatt befestigt.

EKBOM (1979) betrachtete gelb und eingetrocknet erscheinende Larven als infiziert. SOLOVEI (1980) beschreibt dagegen als erste Anzeichen eines Befalls, daß die Larven in der Mitte hell-zimtfarben wurden. WALTER et al. (1988) berichten, daß bei geringer Feuchte die abgetöteten Larven durch das Hyphengeflecht mumifiziert wurden.

#### *Scolytus scolytus*

Nach der Penetration des Integuments durch *V. lecanii* werden die Larven des Großen Ulmensplintkäfers schlaff und wechseln die Farbe von weiß zu einem blassen Creme oder sehr blassen Gelb. Ein leichtes Myzelwachstum ist bereits auf der Körperoberfläche lebender Larven zu beobachten. Nach dem Tod erstarren die Larven. Ein Wachstum des Pilzes ist in den Larvengängen bis zu einer Distanz von 5 mm vom toten Wirt aus festzustellen (BARSON 1976).

### *Hoplocampa testudinea*

Nach JAWORSKA (1979) werden von *V. lecanii* infizierte Larven der Apfelsäge-  
wespe flach, wirken vertrocknet und sind oft hart und mumifiziert. Die Färbung  
ist gelb bis gelborange. Vom Körper der Tiere breitet sich das Myzel strahlen-  
förmig bis zu 10 mm aus.

### *Henosepilachna vigintioctopunctata*

Die Larven und Puppen des zur Familie Coccinellidae gehörenden Käfers werden  
zum Zeitpunkt des durch *V. lecanii* hervorgerufenen Todes dunkelbraun und schwel-  
len an. Nach einem Tag ist die gesamte Körperoberfläche mit Myzel bedeckt  
(SANTHARAM et al. 1978).

### *Puccinia graminis* var. *tritici*

Auf dem Schwarzrost des Weizens bildet *V. lecanii* einen dichten Myzelrasen  
aus, der die Uredosporenlager völlig überwuchert. Zunächst ist das Wachstum auf  
die Rostsporenlager begrenzt. Nach einiger Zeit bedeckt das Myzel ebenfalls ge-  
sunde Blattpartien. Auch zu Boden gefallene Rostsporen werden mit Myzel überwu-  
chert (HÄNSSLER et al. 1981 b).

## 5. Geographische Verbreitung

*Verticillium lecanii* ist weltweit verbreitet. Es wurde sowohl in tropischen  
und subtropischen Regionen wie auch in gemäßigten Klimazonen gefunden. JACKSON et  
al. (1985) arbeiteten sogar mit einem von Erde in der Antarktis isolierten Stamm.

Die folgend angeführte Darstellung der geographischen Verbreitung ist bei  
weitem nicht vollständig. Einerseits wird von Autoren häufig nicht die genaue  
Herkunft der von ihnen verwendeten Stämme angegeben, andererseits ist die geo-  
graphische Verbreitung des Pilzes noch nicht im gesamten untersucht worden. Le-  
diglich aus solchen Ländern, wo sich Wissenschaftler intensiv mit insektenpatho-  
genen Pilzen beschäftigt haben, so zum Beispiel PETCH (1925 und 1948) und LEA-  
THERDALE (1970) in Großbritannien oder BALAZY (1973) in Polen, wurde eine größere  
Anzahl Beobachtungen beschrieben. Diese Tatsache muß bei Betrachtung der folgen-  
den Liste beachtet werden, da man sonst zu Fehlschlüssen gelangen kann.

Genauere Gebietsangaben sind, so weit sie in der Literatur angegeben waren,  
hinter den Wirten aufgeführt.



Tab. 3: Geographische Verbreitung von *Verticillium lecanii*

EUROPA		Quellen
<u>Bundesrepublik Deutschland</u>		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> *	(Gelsenkirchen)	GAMS 1971
	-	JACKSON et al. 1985
<i>Puccinia graminis</i>	(Braunschweig)	HASSEBRAUK 1936 und 1937
<i>Puccinia triticina</i>	(Braunschweig)	HASSEBRAUK 1936 und 1937
<i>Puccinia coronata</i>	(Braunschweig)	HASSEBRAUK 1936 und 1937
<i>Puccinia simplex</i>	(Braunschweig)	HASSEBRAUK 1936 und 1937
<i>Puccinia striiformis</i>	(Göttingen)	GRABSKI 1984
<i>Puccinia chrysanthemi</i>	(Münster, Westf.)	KOTTHOFF 1937
<i>Cecidophyopsis ribis</i>	-	SCHLIESSKE 1986
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	(Leverkusen)	GAMS 1971, BÜHL & MITTNACHT 1986
	(Insel Reichenau)	ZOHREN 1983, DRUMMOND et al. 1987, GRABSKI 1984
	-	GRÜNBERG et al. 1988
<i>Brevicoryne brassicae</i> ***	(Bodenseegebiet)	PFROMMER & MENDGEN 1986, mündl. Mitteil. PFROMMER 1988
<i>Chaetosiphon fragaefolii</i>	(Heidelberg)	KRCZAL 1960
<i>Phorodon humuli</i> ***	(Tettngang)	PFROMMER et al. 1988 a und b, mündl. Mitteil. PFROMMER 1988
Blattläuse	-	BÜHL & MITTNACHT 1986, GRABSKI 1984
<i>Myzus persicae</i>	-	DRUMMOND et al. 1987, GAMS 1971
<i>Pristiphora abietina</i>	-	GAMS 1971
<i>Macrothylatia rubi</i>	(Göttingen)	GAMS 1971
<i>Diprion pini</i>	-	JACKSON & HEALE 1985
Tetranychidae	-	BALAZY 1973
von Komposterde	(Kiel)	DOMSCH 1960 a, b und c
von Erde	(Braunschweig)	mündl. Mitteil. NIRENBERG 1988
von Meerrettich	-	JACKSON & HEALE 1985
von Maiskaryopsen	(Bernburg)	GAMS 1971
von Rübensamen	(Einbeck)	GAMS 1971
<u>Belgien</u>		
von Erde	-	ANONYMUS 1987

CSFR

<i>Eulecanium tiliae</i>	-	KALANDRA & ROZSYPAL 1933, JACKSON & HEALE 1985
	-	JACKSON et al. 1985
<i>Parthenolecanium corni</i>	-	SAMSINAKOVA & KALALOVA 1975
<i>Aphis fabae*</i>	(Semcice)	RIMSA & KHALIL 1982
<i>Chaetosiphon fragaefolii</i>	(Zentralböhmen)	KRCZAL 1960
<i>Pristiphora abietina</i>	-	JACKSON & HEALE 1985, JACKSON et al. 1985
<i>Cydia pomonella</i>	(Prag)	GAMS 1971, - JACKSON & HEALE 1985, JACKSON et al. 1985

Dänemark

<i>Bombus terrestris</i>	-	SKOU 1967
	(Risø)	BALAZY 1973
<i>Bombus lapidarius</i>	-	SKOU 1967
<i>Bombus hortorum</i>	-	SKOU 1967
<i>Psithyrus bohemicus</i>	-	SKOU 1967

Finnland

<i>Salmo salar**</i>	(Lappland)	AHO et al. 1988
----------------------	------------	-----------------

Großbritannien

<i>Erysiphe graminis</i>	-	SPENCER 1980, DRUMMOND et al. 1987, HALL 1981 b
<i>Uromyces appendiculatus</i>	(Cambridge)	ALLEN 1982
	-	HALL 1981 b, SPENCER 1980
<i>Uromyces dianthi</i>	(W.-Sussex)	SPENCER 1980 und 1981
<i>Puccinia allii</i>	(Manchester)	UMA & TAYLOR 1987
<i>Puccinia graminis</i>	-	SPENCER 1980
von Spinnen	(Pocklington)	PETCH 1948, LEATHERDALE 1970
von Rundknospe an <i>Ribes</i> <i>nigrum</i>	(North Woolhow)	GAMS 1971
<i>Cecidophyopsis ribis</i>	(Berkshire)	LEATHERDALE 1965, KANAGA- RATNAM et al. 1979 b, KANAGARATNAM & HALL 1978 b, KANAGARATNAM et al. 1981 b
<i>Eriophyes padi</i>	(North Gloucestershire)	LEATHERDALE 1965

<i>Tetranychus urticae</i>	-	GILLESPIE et al. 1983 b
<i>Folsomia cavicola</i>	-	LEATHERDALE 1970
<i>Tomocerus longicornis</i>	-	LEATHERDALE 1970
<i>Thrips tabaci</i>	(North Humberside)	BINNS et al. 1982, GILLESPIE et al. 1983 a
von Schaumzikade	(Lottinghland)	GAMS 1971
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	(Sussex)	HUSSEY 1958
	-	DRUMMOND et al. 1987, GAMS 1971, Hall 1976 c, LEATHERDALE 1970, PETCH 1925
<i>Aphis gossypii</i>	(North Devonshire)	HALL 1976 c, HUSSEY 1969,
<i>Myzus persicae</i>	(Edinburgh)	GAMS 1971, HALL 1976 c
<i>Macrosiphoniella sanborni</i>	-	DRUMMOND et al. 1987, HALL 1976 c und 1981 b, HALL & BURGESS 1972, JACKSON & HEALE 1985, JACKSON et al. 1985
<i>Brachycaudus helichrysi</i>	-	HALL 1976 c und 1981 b
<i>Chaetosiphon fragaefolii</i>	-	LEATHERDALE 1970
<i>Capitophorus fragariae</i>	(Schottland)	HUSSEY 1968
<i>Cryptococcus fagisuga</i>	-	LONSDALE 1983
von Schmierläusen	(Stratton Strawless)	PETCH 1948
Coccidae	-	LEATHERDALE 1970
<i>Lepidosaphes ulmi</i>	(Norfolk)	PETCH 1925
<i>Lepidosaphes</i> auf Apfel	(Camberley)	PETCH 1925
<i>Mytilaspis</i> auf Apfel	(Camberley)	GAMS 1971
<i>Mytilaspis</i> an <i>Crataegus</i>	(Hunstanton, Norfolk)	GAMS 1971
<i>Chionaspis salicis</i>	(Yorkshire)	PETCH 1925
von Schildläusen	(Burnsall und Totres)	GAMS 1971
von toter Homoptere		
auf Gras	(Norfolk)	GAMS 1971
Ichneumonidae	-	LEATHERDALE 1970
<i>Torymus cyanimus</i>	-	LEATHERDALE 1970
<i>Apis mellifera</i>	-	LEATHERDALE 1970
<i>Cantharis lateralis</i>	-	LEATHERDALE 1970
<i>Otiorhynchus sulcatus**</i>	-	HALL 1985
<i>Thryogenes nereis</i>	-	LEATHERDALE 1970
<i>Scolytus scolytus</i>	(Surrey; Hampshire)	BARSON 1976, HALL 1981 b
Coleoptera	-	LEATHERDALE 1970
<i>Cydia pomonella</i>	(Bristol)	GLEN & MILSOM 1978, GLEN 1982

<i>Comacla senex</i>	-	LEATHERDALE 1970,
(Norfolk)		PETCH 1948
Caradrinidae	-	LEATHERDALE 1970
Lepidoptera	-	LEATHERDALE 1970
Diptera sp.	(Norfolk, Yorkshire)	LEATHERDALE 1970, PETCH
		1931 b
von Weizen	(Hertsfordshire)	MAGAN & LACEY 1984 a, b und
		1986
	(Cambridge)	McKENZIE & HUDSON 1976
	(Midlothian)	FLANNIGAN & CAMPBELL 1977
von reifendem Gerstenkorn	(Hertsfordshire)	HILL & LACEY 1983
von verrottendem		
Eichenlaub	(Lancashire)	HERING 1965
von <i>Helvella lacunosa</i>	(Yorkshire)	GAMS 1971
von Kontaktlinsen	-	HALL 1981 b
<u>Irland</u>		
Milben auf <i>Betula</i>	(Cork)	GAMS 1971
<u>Italien</u>		
<i>Phytoptus avellanae</i>	-	LEATHERDALE 1965
<i>Corythucha ciliata</i>	-	ARZONE & MARLETTO 1984,
		MARLETTO & MENARDO 1984
<i>Zyginidia pullula</i>	(Piemont)	MARLETTO & MAGGIORA 1983,
		VIDANO & ARZONE 1988
<i>Sitobion avenae</i>	-	OZINO et al. 1987
<i>Pemphigus bursarius</i>	-	SACCARDO 1905
<i>Saissetia oleae</i>	-	MENDEL et al. 1984
<i>Coccus hesperidum</i> ***	-	PETCH 1925
<u>Niederlande</u>		
<i>Tuber maculatum</i>	(Baarn)	GAMS 1971, JACKSON & HEALE
		1985
<i>Puccinia graminis</i>	-	ANONYMUS 1987, HALL 1981 b
<i>Tetranychus urticae</i>	(Amsterdam)	GAMS 1971, BALAZY 1973
<i>Otiorhynchus</i> auf <i>Taxus</i>	(Boskoop)	GAMS 1971
<i>Rhabdophaga rosaria</i>	(Wageningen)	GAMS 1971
von Holzfußboden	-	JACKSON & HEALE 1985,
		JACKSON et al. 1985
	(Rotterdam)	GAMS 1971

von *Citbotium schiedei* - JACKSON & HEALE 1985,  
JACKSON et al. 1985

Österreich

*Cydia pomonella* - RUSS & RUPF 1975

Polen

*Dendrolaelaps cornutus* (Lomnica) BALAZY 1973  
*Acari* (Bialowieza,  
Siemianice,  
Lomnica) BALAZY 1973  
*Anthocoris nemorum* (Skierniewice) BALAZY 1973  
*Trialeurodes vaporariorum* - DRUMMOND et al. 1987  
*Parthenolecanium corni* (Puszczykowo) BALAZY 1973  
*Sphaerolecanium prunastri* (Jeziorna) BALAZY 1973  
*Ceroplastes sinensis* - BALAZY 1973  
*Diprion* sp. (Dobrygosc) BALAZY 1973  
*Pristiphora abietina* - BALAZY 1973  
*Coleocentrus excitator* (Rogow) BALAZY 1973  
*Spathius* sp. (Pulawy) BALAZY 1973  
*Hypophloeus bicolor* - BALAZY 1973  
*Tetropium* sp. (Bialowieza) BALAZY 1973  
*Spondylis buprestoides* (Dobrygosc) BALAZY 1973  
*Pissodes notatus* (Dobrygosc) BALAZY 1973  
*Oulema gallaeciana* - MIZGULSKI 1978  
*Ips typographus* (Bialowieza,  
Siemianice,  
Chruscin) BALAZY 1973  
*Scolytus intricatus* - BALAZY 1973  
*Scolytus kirschii* (Pulawy) BALAZY 1973  
*Polygraphus polygraphus* (Bialowieza) BALAZY 1973  
*Crypturgus pusillus* (Bialowieza) BALAZY 1973  
*Hylesinus crenatus* (Bialowieza,  
Bilgoraj) BALAZY 1973  
*Ostrinia nubilalis* (Breslau) BALAZY 1973  
*Dendrolimus pini* (Myszyniec) BALAZY 1973

<i>Euproctis chrysorrhoea</i>	(Stettin, Grodziec, Miekinia, Bedzin, Witaszyce, Poltorzyce, Rusinow)	MIETKIEWSKI 1985
Noctuiden-Larven	-	NAPIORKOWSKA-KOWALIK & MACHOWICZ-STEFANIAK 1986
Diptera	-	BALAZY 1973
<i>Salvinia rotundifolia</i>	-	DRUMMOND et al. 1987, JACKSON & HEALE 1985
<u>Portugal</u>		
<i>Ceroplastes sinensis</i>	(Estremadura)	GANHAO 1956
<i>Coccus hesperidum</i>	(Estremadura, Baixo Alentejo, Ribatejo)	GANHAO 1956
<i>Saissetia oleae</i>	(Estremadura, Baixo Alentejo, Ribatejo, Douro Litoral, Trassos-Montes)	GANHAO 1956
<i>Eulecanium persicae</i>	(Estremadura)	GANHAO 1956
<i>Saissetia coffeae</i>	(Estremadura)	GANHAO 1956
<u>Rumänien</u>		
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	-	GALANI & ALAMASAN 1984
<u>Schweden</u>		
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	(Sparreholm)	EKBOM 1979
von Raps	-	JACKSON & HEALE 1985
von Zuckerrübe	-	JACKSON & HEALE 1985
<u>Spanien</u>		
<i>Saisettia oleae</i>	-	TUSET 1975
<u>Türkei</u>		
<i>Saissetia oleae</i>	(ägäische Region)	TUNGYURECK 1975
<i>Pulvinaria floccifera</i>	(Gebiet am Schwarzen Meer)	ALAY 1965, HALL 1981 b
<i>Parthenolecanium rufulum</i>	(Trabzon)	ISIK et al. 1983

*Coccus pseudomagnoliarum* (ägäische Region) ONCUER 1974

UdSSR

*Trialeurodes vaporariorum* (Kaukasus,  
Schwarzmeerküste) SLOBODYANYUK et al. 1984  
*Dialeurodes citri* - AVIDZBA 1983  
Coccidae (Kaukasus,  
Schwarzmeerküste) EVLAKHOVA 1938  
*Ceroplastes sinensis\*\*\** (Kaukasus,  
Schwarzmeerküste) EVLAKHOVA 1938  
*Coccus pseudomagnoliarum\*\*\** (Kaukasus,  
Schwarzmeerküste) EVLAKHOVA 1941  
*Eucalymnatus* sp. (Schwarzmeerküste) POSPELOV 1940  
*Eulecanium* sp. - GANHAO 1956  
*Pulvinaria* sp. - GANHAO 1956  
*Saissetia* sp. - GANHAO 1956  
ohne Wirtsangabe - JACKSON & HEALE 1985,  
JACKSON et al. 1985

ASIEN

Indien

*Oidium tingtanium* (Gonicoppal, Coorg) RAO & PAVGI 1977  
*Hemileia vastatrix* - HALL 1981 b  
*Nilaparvata lugens\*\*\** (Coimbatore) BALASUBRAMANIAN 1979,  
- SUNDARARAJAN et al. 1984  
*Nephotettix virescens\*\*\** - SUNDARARAJAN et al. 1984  
*Idioscopus clypealis* - KUMAR et al. 1983  
(Uttar Pradesh) SRIVASTAVA & TANDON 1986  
*Amritodus atkinsoni* - KUMAR et al. 1983  
*Aphis gossypii\*\*\** - SUNDARARAJAN et al. 1984  
*Pentalonia nigronervosa\*\*\**(Pattiveeranpatti) REGUPATHY & PARANJOTHI 1979,  
SUNDARARAJAN et al. 1984  
*Myzus persicae* (Bangladore) DRUMMOND et al. 1987, GAMS 1971  
- HALL 1981 b, JACKSON & Heale  
1985, JACKSON et al. 1985  
*Aphis craccivora\*\** (Simla) NAGAICH 1973  
*Brevicoryne brassicae\*\** (Simla) NAGAICH 1973  
*Macrosiphoniella*  
*sanborni\*\** (Simla) NAGAICH 1973  
*Phenacoccus insolitus* - SUNDARARAJAN et al. 1984

<i>Coccus viridis</i>	(Südindien)	MAYNE et al. 1933, SOUNDARARAJAN et al. 1984
	(Madurai District)	EASWARAMOORTHY & JAYARAJ 1976
	-	PRAKASAN 1987
	(Anstead)	EASWARAMOORTHY & JAYARAJ 1978
	(südwestliche Monsunregion)	KRCZAL 1960
von unkultivierter Erde	-	DOMSCH et al. 1980
von Salzböden	-	GOUR & DABI 1988
<u>Indonesien</u>		
<i>Coccus viridis</i>	(Java)	ZIMMERMANN 1899
<u>Iran</u>		
<i>Saissetia oleae</i>	(Ramsar, Bandhar Pahlevi, Pir Ali Bagh, Babolsar und Soldeh)	AHMAD 1975
"Cocciden an Citrus"	(Nordpersien)	KRCZAL 1960
<u>Israel</u>		
<i>Ceroplastes floridensis</i>	-	KENNETH & OLMERT 1975, HALL 1981 b
<i>Coccus hesperidum</i>	-	KENNETH & OLMERT 1975
<i>Saissetia oleae</i>	-	KENNETH & OLMERT 1975, MENDEL et al. 1984
	-	HALL 1981 b
<i>Boarmia selenaria</i>	-	KENNETH & OLMERT 1975
<u>Japan</u>		
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	(Hokkaido)	KITAZAWA et al. 1984
<i>Myzus persicae</i>	(Hokkaido)	KITAZAWA et al. 1984
<i>Aphis gossypii</i>	(Hokkaido)	KITAZAWA et al. 1984
<i>Brevicoryne brassicae</i>	(Hokkaido)	KITAZAWA et al. 1984
<i>Bombyx mori</i>	-	MURAKOSHI et al. 1978
<u>Sri Lanka</u>		
<i>Aleurodes</i> sp.	-	PETCH 1925, GANHAO 1956
<i>Icerya purchasi</i>	-	GAMS 1971, PETCH 1925
<i>Coccus viridis</i>	-	VIEGAS 1939, GANHAO 1956



<i>Saissetia coffeae</i>	-	PETCH 1925, GANHAO 1956
<i>Saissetia nigra</i>	-	PETCH 1925, GANHAO 1956
<i>Paralecanium expansum</i>	-	PETCH 1925
<i>Ceroplastes</i> sp.	-	PETCH 1925, GANHAO 1956
 <u>AFRIKA</u>		
<u>Algerien</u>		
von Schildläusen	(Algier)	GAMS 1971
 <u>Burkina Faso (Obervolta)</u>		
<i>Puccinia archidis</i>	-	ZAMBETTAKIS et al. 1985
 <u>Kap Verden</u>		
<i>Coccus viridis</i>	-	GANHAO 1956
 <u>Kongo</u>		
von Erde	-	GAMS 1971
 <u>Madagaskar</u>		
<i>Hemileia vastatrix</i>	(Lac Alastra)	GAMS 1971
 <u>Marokko</u>		
<i>Saissetia oleae</i>	-	GAMS 1971, JACKSON & HEALE 1985
 <u>Mauritius</u>		
<i>Aphis sacchari</i>	-	GAMS 1971
<i>Cerataphis lataniae</i>	-	GAMS 1971
von Blattlaus	-	GAMS 1971
 <u>Sao Tome</u>		
<i>Coccus viridis</i>	-	GANHAO 1956
 <u>Togo</u>		
<i>Uromyces leavigatus</i>	-	GAMS 1971
<i>Hemileia scholtzii</i>	-	GAMS 1971
 <u>Uganda</u>		
<i>Hemileia scholtzii</i>	-	GAMS 1971

Zaire

von Erde - JACKSON & HEALE 1985,  
JACKSON et al. 1985

AMERIKA

Antillen

*Icerya purchasi* ("Antilhas Inglesas") GANHAO 1956  
*Coccus viridis* ("Antilhas Inglesas") GANHAO 1956  
*Aspidiotus hederae* (Martinique) PETCH 1925  
*Quadraspidotus perniciosus* (Martinique) PETCH 1925

Argentinien

*Trialeurodes vaporariorum* - DRUMMOND et al. 1987  
*Toxoptera citricidus* (Tucuman) YASEM DE ROMERO 1985a  
*Aphis fabae* (Tucuman) YASEM DE ROMERO 1985a  
*Schizaphis graminum* (Tucuman) YASEM DE ROMERO 1985a  
*Icerya purchasi* (Provinz von Buenos Aires und Inseln im Delta des Parana) GANHAO 1956  
*Mesolecanium deltae* (Provinz von Buenos Aires und Inseln im Delta des Parana) VIEGAS 1939  
*Eulecanium persicae* (Provinz von Buenos Aires und Inseln im Delta des Parana) GANHAO 1956, VIEGAS 1939  
*Pulvinaria flavescens* (Provinz von Buenos Aires und Delta des Parana) GANHAO 1956  
*Saissetia oleae* (Provinz von Buenos Aires und Delta des Parana) GANHAO 1956  
Schildläuse auf *Citrus* - GAMS 1971

Brasilien

*Coccus viridis* (Sao Paulo) GANHAO 1956, VIEGAS 1939  
*Coccus hesperidum* - VIEGAS 1939  
*Saissetia coffeae* - VIEGAS 1939  
von Schildläusen (Minas Gerais) VIEGAS 1939

Ecuador

von Schmierläusen (Galapagosinseln) ANONYMUS 1987  
Coccidae (Santa Cruz) ANONYMUS 1987,  
EVANS & SAMSON 1982

Guayana

*Coccus viridis* - GANHAO 1956

Kanada

*Paraphlepsius irroratus* (Ontario) CHIYKOWSKI 1985  
*Neodiprion banksianae* (Sault Sainte Marie) GAMS 1971  
*Ostrinia nubilalis* (Ontario) BAIRD 1954, GAMS 1971  
von Rapssamen - SCHANS et al. 1982  
von Boden - HARPER & HUANG 1986 und 1987,  
JOHNSON et al. 1988

Kuba

*Coccus viridis* (Provinz Havana) KOHLER 1980

Kolumbien

*Bemisia tabaci* - DRUMMOND et al. 1987

Mexiko

von Nematodeneiern (Mesa Central) LYSEK et al. 1986

Puerto Rico

*Ceroplastes floridensis* - GANHAO 1956  
*Coccus hesperidum* - GANHAO 1956  
*Coccus viridis* - SMITH 1942  
*Saissetia coffeae* - SMITH 1942, GANHAO 1956  
*Saissetia nigra* - GANHAO 1956  
*Saissetia oleae* - GANHAO 1956  
von Schildläusen - HALL 1981 b

Trinidad

*Coccus viridis* - GAMS 1971

USA

*Heterodera glycines* (Alabama) GINTIS et al. 1983  
*Rhopalosiphum maidis* (Hawaii) SHANDS et al. 1958

<i>Rhopalosiphum nymphaeae</i>	(Florida)	KUTER 1984
<i>Macrosiphum solanifolii***</i>	(Maine)	SHANDS et al. 1958
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	(Maine)	KUTER 1984
<i>Icerya purchasi</i>	(Florida)	GANHAO 1956
<i>Cryptococcus fagisuga</i>	-	HOUSTON 1983
<i>Ceroplastes floridensis</i>	(Florida)	GANHAO 1956
<i>Coccus acuminatus</i>	(Florida)	GANHAO 1956
<i>Coccus viridis</i>	(Florida)	DEKLE 1976, FREDRICK 1943 a und b, VIEGAS 1939
	(Hawaii)	GANHAO 1956, MÜLLER-KÖGLER 1965
<i>Coccus mangiferae</i>	(Florida)	GANHAO 1956, VIEGAS 1939
<i>Coccus hesperidum</i>	(Florida)	GANHAO 1956, VIEGAS 1939
<i>Coccus acuminatus</i>	(Florida)	VIEGAS 1939
<i>Saissetia coffeae</i>	(Florida)	GANHAO 1956, VIEGAS 1939
<i>Philephedra tuberculosa</i>	(Southern Florida)	PENA & McMILLAN 1986, PENA et al. 1987
<i>Eulecanium nigrofasciatum</i>	-	GANHAO 1956, VIEGAS 1939
<i>Protopulvinaria pyriformis</i>	(Florida)	GANHAO 1956
<i>Toumeyella liriodendri</i>	(Florida)	GANHAO 1956
<i>Aedes triseriatus</i>	(Kentucky)	BALLARD & KNAPP 1984
von Maiskörnern	(Ohio)	KUTER 1984
von landwirtschaftlichem Boden	(Ohio)	KUTER 1984
von verrottendem Laub		
von Zuckerahorn	(Wisconsin)	KUTER 1984
von Tundraboden	(in Alaska)	DOMSCH et al. 1980, GAMS 1971
von Erde	-	ANONYMUS 1987

Venezuela

*Toxoptera citricidus* (Carabobo und Yarcuy) RONDON et al. 1982

AUSTRALIEN

Australien

*Saissetia oleae* - GANHAO 1956

Neuguinea

von einer Motte - GAMS 1971

ohne Wirtsangabe (Papua Neuguinea) SHAW 1988

Neukaledonien

*Hemileia vastatrix* - GAMS 1971, HALL 1981 b

Neuseeland

Schildlaus auf *Citrus* - GANHAO 1956

*Synanthedon salmachus* (Horowhenua district) BAKER 1981

ANTARKTIS (Antarctica)

von Erde - JACKSON et al. 1985

\*: Zoologische und botanische Namen werden hier nach aktuellem Stand  
angegeben. Bei Unklarheiten gibt die Wirtsliste Aufschluß.

\*\* : unsicher

\*\*\*: Einbürgerung nach Ausbringung im Freiland möglich

6. Biologie

6.1 Morphologie

Einiges zur Morphologie von *Verticillium lecanii* wurde bereits in groben  
Zügen unter dem Kapitel Systematik beschrieben.

*V. lecanii* besitzt einen aus Hyphen bestehenden Thallus. Das septierte ein-  
kernige Myzel des Pilzes besteht aus vorwiegend hyalinen Hyphen mit 1,0 bis  
3,0  $\mu\text{m}$  Dicke (PETCH 1925, SINGH 1972 und BRADY 1979). Die Sporenmutterzellen sind  
pfriemförmige, zartwandige, in der Größe sehr variable (8,5-40 x 0,8-3,0  $\mu\text{m}$ )  
Phialiden, die an der Basis schmaler sind als die Entstehungshyphen (GAMS 1971  
und DOMSCH et al. 1980).

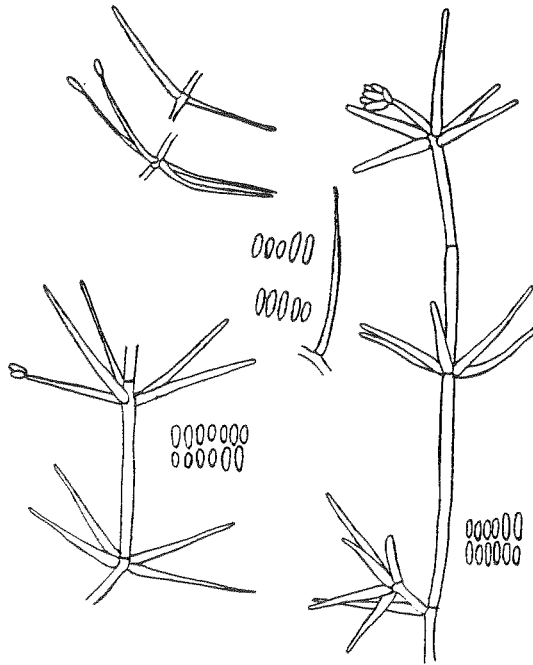


Abb. 1: Verticillate und solitäre Phialiden sowie Konidien von *Verticillium lecanii* (nach GAMS 1971, verändert)

Die Phialiden treten einzeln auf oder in wenigzähligen Wirteln an den niederliegenden (prostraten) Hyphen des Luftmyzels (s. Abb.1). Gelegentlich findet man auch mehrfach verzweigte Konidienträger, die sich in ihrer Struktur aber nicht von vegetativen Hyphen unterscheiden (GAMS 1971 und DOMSCH et al. 1980).

Das Erscheinen aufgerichteter Konidienträger ist vom Nährboden abhängig. Auf ärmeren Nährböden ist die Bildung von aufgerichteten Konidienträgern mit Wirteln bedeutend ausgeprägter. Sehr vereinzelt konnten auch Adelophialiden beobachtet werden (GAMS 1971).

Wie bei allen *Verticillium*-Arten werden die Konidien durch einen klebrigen Schleim zusammengehalten (GAMS 1971, DOMSCH et al. 1980, HALL 1980 d und HALL & ATKEY 1983), so daß sich an der Spitze der Phialiden sog. Köpfchen bilden. Bei der Reife verschieben sich die Sporen im Schleim und liegen häufig quer zur Sporenmutterzelle. Mitunter stehen die Konidienträger so dicht, daß die Köpfchen zu größeren Konidienmassen verschmelzen (PETCH 1925).

Die einzeln produzierten Konidien sind zylindrisch oder ellipsoidisch und besitzen symmetrisch abgerundete Enden (GAMS 1971 und BRADY 1979). Die Größe der Konidien kann stark variieren, sie ist unter anderem abhängig von Kulturalter, Nährboden und Stamm; die Bandbreite beträgt 2,3 bis 10,0  $\mu\text{m}$  in der Länge und 0,9 bis 2,6  $\mu\text{m}$  in der Breite (GAMS 1971). Die Konidien sind ebenfalls einkernig. Chlamydosporen fehlen (GAMS 1971 und DOMSCH et al. 1980). Neben den Konidien bildet *V. lecanii* unter bestimmten Voraussetzungen noch eine weitere asexuelle Sporensart: in flüssigen Medien und in der Hämolymphe von Wirtstieren werden hefeähnliche Blastosporen produziert, die man auch als Hyphenkörper bezeichnet (PETCH 1925, BRADY 1979 und HALL 1979 b).

Die Kolonien von *V. lecanii* sind weiß oder blaßgelb gefärbt. Die Struktur ist wattig-samtig, selten treten undeutlich gebündelte Hyphen auf. Die Unterseite ist farblos oder auf Malzextrakt-Agar blaßgelb bis chromgelb bis ocker (GAMS 1971 und DOMSCH et al. 1980). Durch verlängerte Kultur kann sich das äußere Erscheinungsbild der Pilzkulturen verändern (HALL 1980 a).

Angaben zur Morphologie werden auch bei HUSSEY (1958), RAO & PAVGI (1977), EKBOM (1979), EVANS & SAMSON (1982 und 1986) und KITAZAWA et al. (1984) gemacht.

## 6.2 Lebenszyklus

Als Deuteromycet vermehrt sich *Verticillium lecanii* asexuell. Auf die Auskeimung der Konidien folgt Myzelwachstum, danach Bildung von Konidienträgern mit Phialiden, die wiederum Konidien produzieren, welche nach ihrer Verbreitung erneut auskeimen.

Eine Variation des asexuellen Lebenszyklus besteht insofern, als bei Parasitierung von Arthropoden das Wachstum im Wirt erst in Form von Blastosporen fortgesetzt wird. Die Blastosporen sind jedoch ebenfalls vegetativ (HALL 1976 b und 1979 b).

Von dem asexuellen Zyklus wurde berichtet, daß er sich unter tropischen Bedingungen das ganze Jahr hindurch ununterbrochen fortsetzt (VIEGAS 1939). In gemäßigttem Klima wurde in einem Fall von einer Überwinterung als Myzel in toten Schildläusen berichtet (EVLAKHOVA 1941). Weitere Aussagen sind hierüber nicht vorhanden.

Eine *V. lecanii* zugeordnete Hauptfruchtform (*Torrubiella confragosa*) wurde auf den Galapagos-Inseln von EVANS & SAMSON (1982) gefunden. Außer dieser Quelle gibt es noch keine weiteren gesicherten Beobachtungen über die Verbindung zu Teleomorphen (EVANS & SAMSON 1986), aber es steht noch ein weiteres *Torrubiella*-Isolat zur Diskussion.

### 6.3 Ansprüche an Umweltbedingungen

Die Entwicklung von *Verticillium lecanii* und eine erfolgreiche Infizierung von Wirten sind in hohem Grade von Luftfeuchte und Temperatur abhängig, wobei gewöhnlich die relative Feuchte der leichter ins Minimum geratende Faktor ist (MÜLLER-KÖGLER 1965). An Beispielen am natürlichen Standort läßt sich die Abhängigkeit der Populationsentwicklung von Schädling und Pathogen von der Temperatur und der Luftfeuchte beobachten (EASWARAMOORTHY & JAYARAJ 1976). Zu beachten ist außerdem, daß beide Klimafaktoren in Zusammenhang stehen. Die minimale Wasseraktivität ( $a_w$ ) für Keimung und Wachstum ist am niedrigsten bei optimaler Wachstumstemperatur, und umgekehrt war die Temperaturtoleranz am größten bei optimaler Wasseraktivität (MAGAN & LACEY 1984 a).

#### 6.3.1 Feuchte

Praktisch alle Pilze benötigen für Wachstum, Keimung und Sporulation eine hohe Luftfeuchtigkeit. *V. lecanii* stellt hier besonders hohe Ansprüche. Nach Untersuchungen von MAGAN & LACEY (1984 a) benötigte *V. lecanii* von allen untersuchten auf Weizen saprophytisch lebenden Pilzen die höchste minimale Wasseraktivität ( $a_w$ ). Für die Keimung der Konidien betrug diese 0,90, für Wachstum und Sporulation 0,92 bei 25 °C. Nach einer Untersuchung von GILLESPIE & CRAWFORD (1988) benötigt der Pilz sogar eine  $a_w$  von 0,92 (bei 23 °C).

PFROMMER (mündl. Mitteil. 1988) nennt als Minimum für eine Entwicklung von *V. lecanii* 88,5 % r.F. (relative Feuchte), ein Wert, den man ebenfalls über Bestimmung der Wasseraktivität erhielt.

Im Labor erfolgte die Keimung am schnellsten in Wasser (GANHAO 1956 und MILNER & LUTTON 1986). Bei HUSSEY (1958) keimten bei 97 % r.F. nur 10 % der Sporen, bei 100 % r.F. 31 %, im Wassertropfen dagegen 87 % (bei 27 °C). Unter natürlichen Bedingungen ist möglicherweise ebenfalls ein Wasserfilm nötig (HALL 1981 b und JARVIS 1984). Die meisten Versuche wurden bei gesättigter oder annähernd gesättigter Luft durchgeführt (MILNER & LUTTON 1986).

Nach MILNER & LUTTON (1986) fand bei 80 % r.F. keine Sporulation und somit keine Ausbreitung der Pilzkrankheit mehr statt. MENDGEN (1979 und 1981) konnte bei 80 % r.F. kein Wachstum des Pilzes auf Rostpusteln von Getreidegelbrost entdecken. 95 % bis 100 % waren hier optimal.

Für die in England entwickelten Präparate wird eine Mindestluftfeuchte von 85 % für eine bestimmte Zeitspanne angegeben. Diese Mittel enthalten jedoch zusätzlich Substanzen, die die Entwicklung des Pilzes fördern (ANONYMUS a).



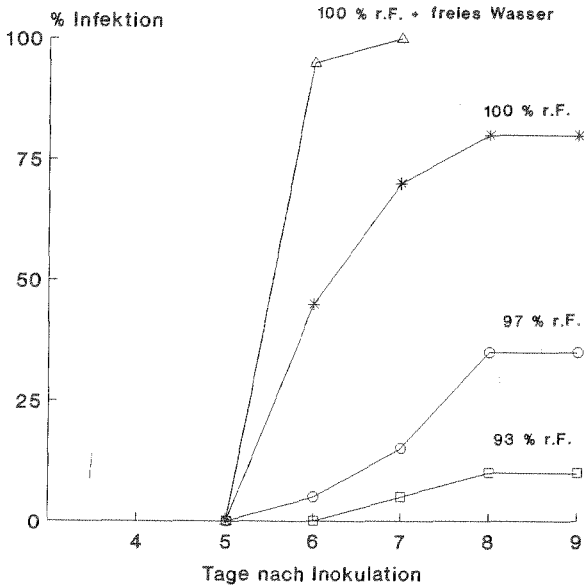


Abb. 2: Einfluß der Zeit auf die durch *Verticillium lecanii* hervorgerufene Sterblichkeit von *Myzus persicae* in Abhängigkeit von der Luftfeuchte (nach MILNER & LUTTON 1986, verändert)

Bei Betrachtung der Luftfeuchtigkeit ist auch die Dauer der für den Pilz günstigen Umweltbedingungen von großer Bedeutung. Von ihr hängt ab, ob die Infektion haftet und wie sie sich ausbreitet (MÜLLER-KÖGLER 1965, MILNER & LUTTON 1986 und DRUMMOND et al. 1987). Nach HUSSEY (1958) sind 20 Stunden bei 100 % r.F. notwendig für einen hohen Anteil gekeimter Sporen. Nach EKBOM (1981) sind mindestens 16 Stunden, besser über 20 Stunden bei einer Luftfeuchtigkeit von ca. 100 % täglich notwendig, um eine ausreichende Infektion von *Trialeurodes vaporaricum* mit dem von ihr untersuchten Isolat zu erreichen. Für die in England hergestellten *V. lecanii*-Produkte gab der frühere Hersteller (Microbial Resources Ltd.) ein notwendiges Anhalten der Mindestluftfeuchtigkeit von 85 % über 10 bis 12 Stunden pro Tag für mindestens die erste Woche nach Ausbringung an (ANONYMUS a). Dies wird von BURGESS & HALL (1983) bestätigt. Nach MILNER & LUTTON (1986) benötigt "Vertalec" wenigstens 36 Stunden bei 100 % r.F., um zu infizieren. DRUMMOND et al. (1987) stellten fest, daß eine Periode von 96 Stunden mit über 95 % r.F. die Wirksamkeit des Pilzes weniger reduzierte, als nur 16 Stunden bei dieser hohen Luftfeuchte, wenn anschließend wieder 70 % r.F. herrschten. Nach den Angaben des Herstellers von "MicroGermin" kann das Mittel in den Kulturen eingesetzt werden, wo die Temperaturen im Bereich von 15 - 28 °C liegen und eine relative Luftfeuch-

tigkeit von über 90 % für mindestens 10 bis 12 Stunden pro Tag erreicht wird (ANONYMUS b). Nach den Angaben der Fa. Koppert (UK) Ltd sollte für den Einsatz des Präparates "Mycotal" die relative Luftfeuchtigkeit mindestens 80 % und die Temperatur mindestens 18 °C betragen (ANONYMUS 1990).

Insgesamt gesehen wird sich der Pilz um so besser etablieren und um so wirksamer sein, je länger die Periode günstiger Luftfeuchtigkeit anhält und je höher die Luftfeuchte ist (GILLESPIE 1988 b).

Die verschiedenen Isolate von *V. lecanii* können sich erheblich in ihren Ansprüchen an die Luftfeuchtigkeit unterscheiden. Nach DRUMMOND et al. (1987) ist ein Isolat um so weniger anfällig gegenüber Luftfeuchtigkeitsschwankungen, je schneller Sporen-Adhäsion, Sporenkeimung und Penetration des Wirtes vor sich gehen.

Von Bedeutung ist auch das Mikroklima. So kann die Wuchsform der Wirtspflanze den Grad der Infektion durch den Pilz beeinflussen. Dichte Belaubung und geschlossene Pflanzenbestände führen zu einer höheren Luftfeuchte im Bestand und somit zu für den Pilz günstigeren Infektionsbedingungen. Auch können verschiedene Verdunstungsraten von Insektenwirten eine Art anfälliger machen als eine andere (MÜLLER-KÖGLER 1965 und HALL & BURGESS 1979). Ebenso hängt die Lebensdauer der Sporen auf den Pflanzen nach Ausbringung neben der Temperatur sehr stark von der Luftfeuchtigkeit ab. Nach JARRETT (1981) reduzieren sich die lebensfähigen Sporen bei einer relativen Feuchte von über 65 % innerhalb von zwei Wochen auf weniger als 10 %, während bei mehr als 80 % r.F. die Anzahl der lebensfähigen Sporen weitaus größer war.

Die Luftfeuchte stellt also i.d.R. den für den praktischen Einsatz von *V. lecanii* kritischen Faktor dar. In gemäßigten Breiten reicht im Freiland selten die Luftfeuchtigkeit für eine ausreichend starke Vermehrung des Pilzes aus. Aber auch im Gewächshaus bereitet es häufig Schwierigkeiten, die erforderliche Luftfeuchte über eine ausreichende Zeitspanne zu halten (HUSSEY 1958, EKBOM 1980 und 1981, DIERCKS 1985, JACKSON et al. 1985 und MILNER & LUTTON 1986). Das erste englische Präparat "Vertalec" wurde daher auch für die gesteuerte Chrysanthemenkultur entwickelt, bei der der Pilz günstige Feuchtigkeitsbedingungen unter der Verdunklungsfolie vorfindet (HALL 1981 b und BURGESS & HALL 1983). Durch Beregnung und andere Kulturmaßnahmen, die zur Erhöhung der relativen Luftfeuchte führen, können die Umweltbedingungen für den Pilz unter Glas verbessert werden (MÜLLER-KÖGLER 1965, HALL & BURGESS 1979 und EKBOM 1981). Dabei ist zu bedenken, daß damit auch phytopathogene Pilze gefördert werden (MÜLLER-KÖGLER 1965, EKBOM 1981, JARVIS 1984 und BLÜMEL & HAUSDORF 1987).

Weitere Angaben hierzu machen auch CASPER & MENDGEN (1979) und HALL (1980 b).

### 6.3.2 Temperatur

Die Temperatur ist nach der Luftfeuchtigkeit der bedeutendste Umweltfaktor für die Entwicklung von *V. lecanii*. Da die Temperaturgrenzbereiche und -optima von Isolat zu Isolat variieren, lassen sich für die Art nur Bereiche angeben.

Über die Minimaltemperatur gibt es nur wenige Untersuchungen. Laut BARSON (1976) und MAGAN & LACEY (1984 a) beträgt die Mindesttemperatur für ein Wachstum 5 °C. AHO et al. (1988) beschreiben eine Pilzinfektion von Lachsen durch *V. lecanii* sogar bei einer Wassertemperatur von unter 1 °C.

Die optimale Temperatur für die allgemeine Entwicklung des Pilzes bewegt sich nach Angaben verschiedener Wissenschaftler zwischen 15 °C und 27 °C, in der Mehrzahl der Fälle liegt sie jedoch zwischen 20 °C und 25 °C (GANHAO 1956, GRADWELL et al. 1974, BARSON 1976, EASWARAMOORTHY & JAYARAJ 1977 a, EKBOM 1979, MENDGEN 1979, HALL 1981 b und 1984, KHALIL et al. 1983 und GRABSKI 1984).

Auch die oberen Temperaturgrenzen für das Wachstum von *V. lecanii* sind stark vom Isolat abhängig, wie aus Tabelle 4 ersichtlich wird.

**Tab. 4:** Obere Temperaturgrenzen für ein Wachstum\* von *Verticillium lecanii*-Stämmen

Wirt und Herkunft	Temperatur in °C		
	31	34	36
<i>Uromyces appendiculatus</i> , GB	+++	++(+)	(+)
<i>Erysiphe graminis</i> , GB	+++	++	-
<i>Brachycaudus helichrysi</i> , GB	++	-	-
<i>Puccinia graminis</i> , NL	+	(+)	-
Rost auf Chrysanthemen, ?	+++	-	-
<i>Brachycaudus helichrysi</i> , GB	+++	-	-
<i>Pulvinaria floccifera</i> , Türkei	++	-	-
<i>Saissetia oleae</i> , Israel	++	-	-
<i>Puccinia graminis</i> , ?	+	-	-
Kontaktlinsen, GB	(+)	-	-
<i>Hemileia vastatrix</i> , Neu Kaledonien (+)	(+)	-	-
<i>Hemileia vastatrix</i> , Indien	-	-	-
<i>Ceroplastes floridensis</i> , Israel	-	-	-
<i>Myzus persicae</i> , Indien	-	-	-
<i>Macrosiphoniella sanborni</i> , GB	-	-	-
<i>Scolytus scolytus</i> , GB	-	-	-

\*Wachstum: +++ üppig, ++ mittelmäßig, + gering, (+) schwach, - kein Wachstum (nach HALL 1981 b, verändert)

Am genauesten untersucht wurde ein von der Blattlaus *Macrosiphoniella sanborni* stammender, in England isolierter Stamm mit der Bezeichnung C-3-Stamm. Nach diesen in erster Linie von HALL (1981 b und 1984) durchgeführten Untersuchungen erfolgte die schnellste Konidienkeimung zwischen 20 °C und 25 °C. Bei 15 °C und 27 °C war die Keimschlauchentwicklung etwas, bei 11,5 °C stark verzögert. Die Abbildung 3 zeigt den Einfluß der Temperatur auf die Keimung der Konidien. Das Wachstum der Kolonien war optimal bei 23 °C bis 24 °C. Keimung und Wachstum nahmen über 25 °C ab und wurden bei Temperaturen über 30 °C eingestellt. Bei 30 °C war keine Sporulation des Pilzes mehr festzustellen. Der Optimalbereich für die ganze Entwicklung des C-3-Stammes beträgt somit 20-25 °C.

Bei Versuchen unter praktischen Bedingungen im Gewächshaus zeigte sich, daß eine Bekämpfung von Blattläusen auch bei 15 °C möglich war. HALL nennt daher als Temperaturminimum für eine Blattlausbekämpfung 15 °C bis 20 °C. Dabei muß jedoch der Effekt der Temperatur auf die Entwicklung des Wirtsinsekts mit beobachtet werden.

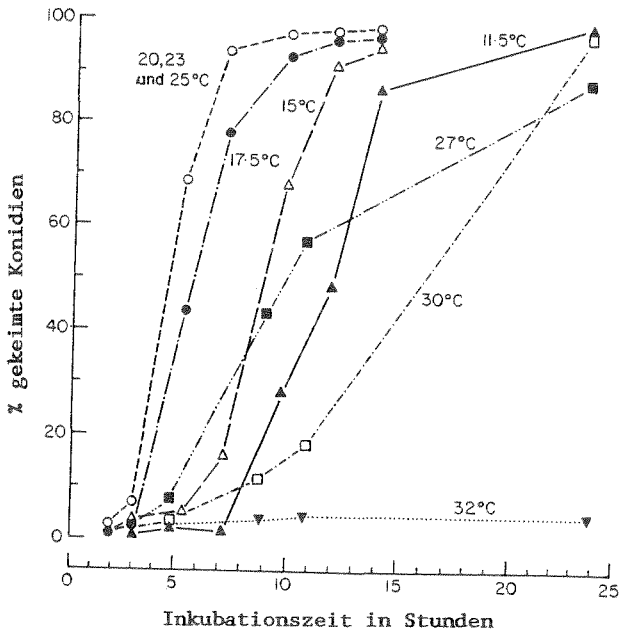


Abb. 3: Auswirkung der Temperatur auf die Keimung der Konidien von *Verticillium lecanii* (C-3) (nach HALL 1981 b, verändert)

Bezüglich des oberen Temperaturlimits für die Entwicklung des Pilzes stellte HALL (1981 b und 1984) fest, daß *V. lecanii* im Gewächshaus bei zeitweise auftretenden Temperaturen um 35 °C nicht beeinträchtigt wurde. Auch bei Versuchen von ZIMMERMANN (1983) wurde die Wirksamkeit des Pathogens durch kurzfristige Temperaturen von 40 °C - 45 °C nicht gemindert. Dies widerspricht den aus Laborversuchen gewonnenen Erkenntnissen, daß der C-3-Stamm bei solchen Temperaturen nicht mehr wächst. Das läßt sich aber eventuell durch die Verdunstung der Blätter erklären, so daß die Temperatur in Blattnähe niedriger ist als die Raumtemperatur (KANAGARATNAM et al. 1982). Auch GRABSKI (1984) hält eine Messung aller Faktoren direkt am Blatt für notwendig.

Der C-3-Stamm war in England als "Vertalec" registriert (GARDNER et al. 1984). Der Hersteller empfahl für die Anwendung der registrierten *V. lecanii*-Präparate eine Temperatur von 15 °C bis 25 °C (ANONYMUS a).

Weitere Angaben sind noch zu finden bei EVLAKHOVA (1941), BARSON (1976), EKBOM (1979), MENDGEN (1981), MAGAN & LACEY (1984 a und b) und ARZONE et al. (1986).

### 6.3.3 Licht

Dem Einfluß des Lichtes auf die Entwicklung von *V. lecanii* wurde bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Bei anderen entomopathogenen Pilzen, wie z.B. *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* und *Nomurea rileyi*, stellte man z.T. ein Ansprechen auf photoperiodische Zyklen oder auch negative Auswirkungen des Lichtes auf die Lebensdauer der Sporen nach der Ausbringung fest, wobei letzteres v.a. durch UV-Licht bedingt war (ZIMMERMANN 1986). Eventuell auf den Einfluß des Sonnenlichtes ist zurückzuführen, daß mehr auf der Blattoberseite befindliche Sporen von *V. lecanii* absterben als auf der Unterseite (HALL 1980 b). Weiter ist von *V. lecanii* lediglich bekannt, daß Licht bei Temperaturen von 12 °C bis 18 °C einen positiven Effekt auf seine Entwicklung in Rostpusteln ausübt (MENDGEN 1981), während sich der Einfluß von Licht bei Temperaturen über 25 °C negativ auf das Wachstum auswirkt (GRABSKI 1984 und GRABSKI & MENDGEN 1984).

#### 6.4 Ernährung

Pilze sind heterotrophe Organismen, die zum Aufbau von Körpersubstanz und zur Gewinnung von Energie bereits synthetisiertes Material oder wenigstens organisch gebundenen Stickstoff benötigen.

*V. lecanii* ist in der Lage, sich diese Stoffe sowohl von totem organischen Material als auch von lebenden Organismen anzueignen. Es kann sich also saprophytisch oder parasitisch ernähren. Damit gehört es in die Gruppe der fakultativen Parasiten.

Nach Beobachtungen der Mehrzahl der Wissenschaftler, die sich mit *V. lecanii* beschäftigten, führt die Besiedlung eines Wirtes, ob tierisch oder pilzlich, zu dessen baldigem Tod. Nachdem das Wirtsgewebe durch Toxine und Enzyme (s. Kapitel 6.7 und 6.8) des Hyperparasiten abgetötet und aufgespalten worden ist, kann es von ihm als Nahrung verwendet werden. Im Bereich des Mykoparasitismus spricht man hier von nekrotrophem Parasitismus. *V. lecanii* wurde aber auch als biotropher Mykoparasit beschrieben, dies mag jedoch isolatbedingt sein (BARNETT & BINDER 1973, SPENCER 1980 und HÄNSSLER et al. 1982).

Als Saprophyt wurde *V. lecanii* auch bereits vielfach von Böden und anderen Materialien isoliert (s. Kapitel 6.9.2). Der Pilz ist auch leicht auf den üblichen mykologischen Nährböden kultivierbar (s. Kapitel 7.1) (BRADY 1979 und DOMSCH et al. 1980).

Phytopathogene Eigenschaften konnten in der Regel nicht festgestellt werden, im speziellen wird darauf in Kapitel 6.10 (Verträglichkeit mit Kulturpflanzen) eingegangen.

*V. lecanii* kann auf Nährböden wachsen, die als einzige Kohlenstoff- und Stickstoffquelle Chitin enthalten (HALL 1981 b und ST. LEGER et al. 1986 d). Gutes Wachstum wurde auch bei Phenylalanin, Glutaminsäure oder Kaliumnitrat als einziger N-Quelle beobachtet (HALL 1981 a). Gern nutzt der Pilz nach BEGLYAROV et al. (1986) Mono- und Disaccharide (Glucose, Saccharose, Lactose etc.) sowie Mehrfachalkohole (Glyzerin, Sorbit).

DOMSCH (1960 c) stellte fest, daß *V. lecanii* eine gute Zelluloseverwertung aufweist. Im Gegensatz dazu stellten ISIK et al. (1983) und BEGLYAROV et al. (1986) fest, daß der Pilz Zellulose nur wenig bis gar nicht abbaute. Dies dürfte isolatabhängig sein. Der Pilz ist ebenfalls zur Stärkeverwertung befähigt (DOMSCH et al. 1980 und JACKSON et al. 1985).

Es wurde auch festgestellt, daß Vitamine nicht essentiell sind, der Pilz aber Magnesium, Zink und Phosphat benötigt (HALL 1981 a). Zusätzlich wurde eine positive Beeinflussung der Effektivität durch Zugabe von Fe- und K-Ionen beobachtet (GALANI 1979 zitiert bei ISIK et al. 1983).

Das vielseitige Spektrum an Wirten und Substraten deutet auf eine breite Palette von abbauenden Enzymen hin. So fanden ST. LEGER et al. (1986 a, c und d) bei ihren Arbeiten zum Kutikula-Abbau durch entomopathogene Pilze (s. Kapitel 6.7) verschiedene Exoenzyme für den Abbau von hochmolekularen Verbindungen wie Protease, Aminopeptidase, Carboxypeptidase, Lipase, Chitinase, N-Acetyl-glucosaminidase.

JACKSON et al. (1985) fanden bei der Testung zahlreicher Isolate von *V. lecanii* verschiedenster Herkunft eine negative Korrelation zwischen extrazellulärer Amylase-Produktion und Virulenz gegenüber der Blattlaus *Macrosiphoniella sanborni*. Diese läßt sich eventuell dadurch erklären, daß die nicht virulenten Isolate, die in erster Linie saprophytisch leben, eine hohe Amylase-Produktion für den Stärke- oder Glykogen-Abbau von im Boden befindlichen organischen Resten benötigen. Auch bei anderen Enzymen stellten JACKSON et al. erhebliche Unterschiede von Isolat zu Isolat fest. Zum Beispiel konnte bei einigen Isolaten keine extrazelluläre Chitinase-Produktion festgestellt werden.

Informationen hierzu finden sich außerdem bei JACKSON & HEALE (1985) und DRUMMOND & HEALE (1988).

### 6.5 Pathogenese bei tierischen Wirten

Die Pathogenese umfaßt die Entwicklung der Krankheit von ihrem Beginn, der Infektion, an bis zum Tod des Wirtes (MÜLLER-KÖGLER 1965, HOFFMANN et al. 1985).

*Verticillium lecanii* befällt in erster Linie Insekten. Bei diesen ist die Krankheitsentwicklung auch am besten untersucht. Vereinfacht ist sie am Beispiel Blattläuse in Abbildung 4 dargestellt.

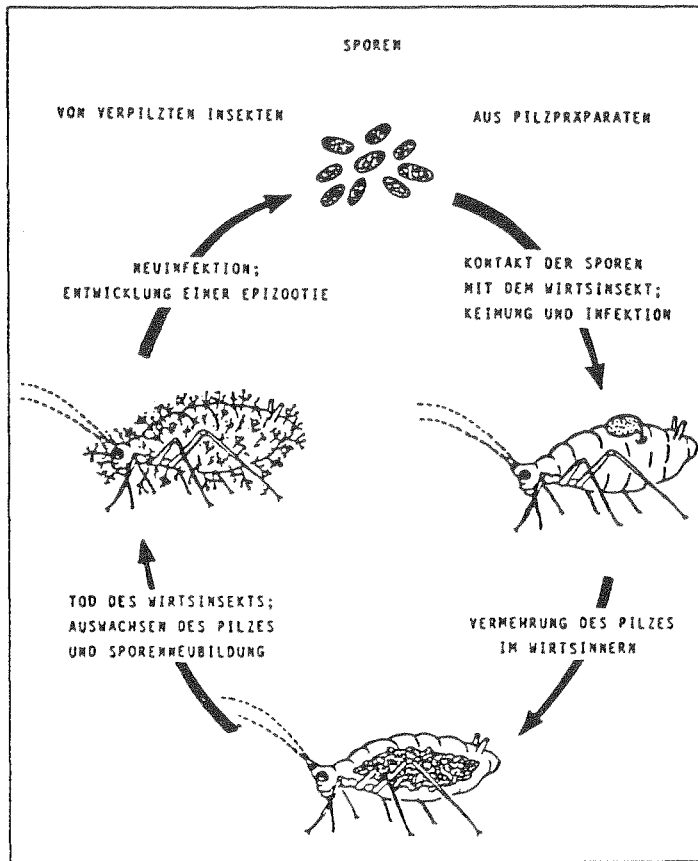


Abb. 4: Entwicklungszyklus von *Verticillium lecanii* bei Blattläusen (nach ZIMMERMANN 1984)

An Milben und Nematoden wurden bisher sehr wenige Untersuchungen zur Pathogenese durchgeführt. Über die bei Lachsen beobachtete Pilzinfektion durch *V. lecanii* ist noch kaum etwas bekannt. Auch wurde hier bis jetzt noch nicht die Pathogenität von *V. lecanii* durch die Koch'schen Postulate nachgewiesen (AHO et al. 1988).



### 6.5.1 Infektion

Eine Infektion setzt mit dem Haften der infektiösen Einheit des Krankheitserregers ein. Der Pilz beginnt dann, in den Wirt einzudringen. Nach Überwindung des Integuments bzw. der Zystenwand des Wirtes ist der Vorgang der eigentlichen Infektion beendet (MÜLLER-KÖGLER 1965).

#### a) Infektionseinheiten und Sporenkeimung

Bei *V. lecanii* ist die infektiöse Einheit in erster Linie die asexuelle Nebenfruchtform, die Konidie. Auf natürlichem Wege kann die Krankheit außerdem durch die Hyphen des Pilzes weitergetragen werden, von einem bereits befallenen Wirt ausgehend. Experimentell kann eine Infektion auch durch die in flüssigem Medium gebildeten Blastosporen erzielt werden (MÜLLER-KÖGLER 1965, HALL 1976 b, HÄNSSLER & HERMANN 1981, HALL 1981 b, ROBERTS 1981, HOUSTON 1983).

Der Kontakt zwischen der Oberfläche des Wirtes und der infektiösen Einheit, in der Regel der Konidie, muß lang genug andauern, um Keimung und Angriff zu ermöglichen. Je schneller eine Spore keimt, desto größer ist ihre Chance, den Wirt zu infizieren, da sie leicht abgestreift, abgewaschen oder auch ungünstigen Umweltbedingungen ausgesetzt werden kann. Der die Konidien von *Verticillium*-Arten umgebende Schleim besitzt adhäsive Eigenschaften und begünstigt so das Haften der Sporen am Wirt (CHARNLEY 1984).

Welche Stimulanzen nötig sind, damit die Sporen von *V. lecanii* auf einem Wirt keimen und welchen Einfluß sie auf die Keimung haben, ist noch weitgehend unklar. Festgestellt wurde bisher, daß Homogenisate von Blattläusen die Keimung von *V. lecanii* (= *Acrostalagmus aphidum*) stimulierten und daß der Grad dieser Stimulation von der Blattlausart abhing (CHARNLEY 1984).

Die Oberflächenmikroflora des Wirtes kann eventuell auch einen Einfluß auf die Entwicklung der Sporen nehmen, so z.B. die Keimung oder auch das Myzelwachstum verhindern. Über diesen Punkt ist jedoch erst sehr wenig bekannt (CHARNLEY 1984).

#### b) Infektionsverlauf bei Arthropoden

Gelangt eine Konidie eines ausreichend virulenten Isolates auf einen geeigneten Wirt, so wird sie bei günstigen Umweltbedingungen auskeimen (s. Kapitel 6.3). Je nach Isolat kann dies unterschiedlich lange dauern. Die Zeit, in der 50 % der Konidien keimten (T<sub>50</sub>), lag bei JACKSON et al. (1985) zwischen 5,5 und mehr als 10 Stunden, bei DRUMMOND et al. (1987) zwischen 7,7 und mehr als 12 Stunden, je nach Isolat.

Der Keimschlauch des Hyperparasiten wächst entweder erst einige Zeit auf der Wirtsoberfläche oder beginnt sofort mit dem Eindringen in die Kutikula (DRUMMOND & HEALE 1985, WALTER et al. 1988). Beim Befall von Insekten durch *V. lecanii* kommt

die perkutane Infektion am häufigsten vor, d.h. der Pilz durchdringt das Insektenintegument (VIEGAS 1939, GANHAO 1956, HALL 1976 b, EKBOM 1979, BURGESS & HALL 1983). Dies ist die von insektenpathogenen Pilzen allgemein bevorzugte Art des Eindringens (MÜLLER-KÖGLER 1965, ROBERTS 1981). HALL (1976 b) zog in Erwägung, daß *V. lecanii* auch z.T. durch die Atemöffnungen der Blattläuse (Stigmen) eindringt. Diese Vermutung wurde jedoch bisher noch nicht bestätigt. So konnten WALTER et al. (1988) bei der Infektion von Larven der Weißen Fliege nichts derartiges feststellen. Auch eine Penetration anderer natürlicher Körperöffnungen wurde von diesen Autoren nicht beobachtet.

Bei Insekten stellt die Kutikula die grundsätzliche Barriere für pilzliche Infektionen dar (JACKSON et al. 1985). Sie besteht von außen nach innen betrachtet aus der dünnen, chitinfreien Epikutikula, der sehr harten, chitinhaltigen Exokutikula und der ebenfalls chitinhaltigen Endokutikula. Bei Häutungen werden Epikutikula und Exokutikula abgestreift (MÜLLER-KÖGLER 1965, HADORN & WEHNER 1978).

Zusammen mit der Epidermis (Hypodermis) und Basallamina bildet die Kutikula das Integument. Dieser Grundtyp kommt jedoch in vielfach abgewandelter Form vor (MÜLLER-KÖGLER 1965). In der Insektenkutikula ist das Chitin (25-40 % der Kutikula) in eine Grundsubstanz eingebettet, die aus gehärtetem Protein besteht. Die so gehärteten Teile des Integuments bezeichnet man als sklerotisiert. *V. lecanii* ist auch in der Lage, diese zu durchdringen (MÜLLER-KÖGLER 1965, CHARNLEY 1984). Zwischen den festeren Skleriten gibt es flexiblere, nicht oder wenig sklerotisierte Membranen und Gelenkhäute (HADORN & WEHNER 1978, ST. LEGER et al. 1986 c). Häufig werden von entomopathogenen Pilzen die weicheren Stellen bevorzugt. Während VIEGAS (1939) und GRÜNBERG et al. (1988) diese Bevorzugung beobachteten, konnte bei den Arbeiten des Institute of Horticultural Research in Littlehampton (schriftl. Mitteil. GILLESPIE 1988) und von WALTER et al. (1988) nichts derartiges bei *V. lecanii* festgestellt werden.

Die Keimhülle von *V. lecanii* überwindet die Kutikula durch ein Zusammenwirken von enzymatischem Angriff und mechanischen Kräften. Die jeweilige Bedeutung der beiden Mechanismen ist jedoch noch nicht völlig geklärt (BURGESS & HALL 1983, ST. LEGER et al. 1986 c). ROBINSON (1966), der sich u.a. mit *Beauveria bassiana* und *Metarhizium anisopliae*, zwei sehr bedeutenden insektenpathogenen Deuteromyceten, beschäftigte, nahm an, daß die Exokutikula wahrscheinlich durch mechanischen Druck und die Endokutikula vor allem durch Enzymwirkung überwunden wird. Appressorien, d.h. Hyphenanschwellungen über der Penetrationsstelle, die als Anzeichen für den Einsatz physikalischer Kräfte angesehen werden, wurden bei *V. lecanii* beim Eindringen in die Arthropodenkutikula bisher noch nicht beobachtet (GANHAO 1956, BURGESS & HALL 1983, DRUMMOND et al. 1987, schriftl. Mitteil. GILLESPIE 1988). Dagegen bildet *V. lecanii* beim Eindringen in Pilzsporen Appressorien aus (HÄNSSLER et al. 1981 b, GRABSKI 1984).

Über den Infektionsverlauf bei Milben gibt es bisher wenige Untersuchungen. In vielen Punkten dürfte er dem bei Erkrankung von Insekten entsprechen. Während HALL et al. (1980) und KANAGARATNAM et al. (1981 b) nicht feststellen konnten, auf welche Weise *V. lecanii* die untersuchten Gallmilben (Eriophyidae) abtötete, beobachtete GILLESPIE (schriftl. Mitteil. 1988), daß Milben ebenfalls durch Penetration von auf der Kutikula gekeimten Sporen infiziert wurden.

#### c) Infektionsverlauf bei Nematoden

HÄNSSLER und HERMANN (HÄNSSLER & HERMANN 1981, HÄNSSLER 1990) konnten im Labor Zysten von *Heterodera schachtii* (Rübenzystenälchen) sowohl mit Sporen als auch mit Myzel von *V. lecanii* infizieren. Der Pilz drang hier ebenfalls durch Penetration der Wand in den Wirt ein.

Beim Auftreffen der Hyphen auf die Zystenwand (ebenso auf Eierschale und Larvenkutikula) wurde z.T. ein Anschwellen der Infektionshyphae beobachtet, jedoch keine Ausbildung besonderer Infektionsstrukturen. Auch hier wird bei der Penetration der Wand eine Kombination von mechanischem Druck und enzymatischen Vorgängen angenommen. Bei elektronenmikroskopischen Aufnahmen wurde im Pilz eine Ansammlung von Vesikeln oberhalb der Penetrationsstelle festgestellt. Die Autoren sind der Ansicht, daß in diesen Vesikeln eventuell Enzyme zum Abbau der Zystenwand transportiert werden. Für einen enzymatischen Abbau spricht auch die auf Abbildungen sichtbare Aufhellung des Wandmaterials der Zyste (HÄNSSLER & HERMANN 1981, HÄNSSLER 1990). Auch wiesen GINTIS et al. (1983) extrazelluläre Chitinase bei einem von *Heterodera glycines* stammenden Isolat nach. Zudem wurden verschiedene lytische Enzyme in von Insekten herrührenden Isolaten nachgewiesen (s. Kapitel 6.7).

#### 6.5.2 Wachstum im Wirtsinne und Krankheitsfolgen

Nach dem Durchdringen von Integument bzw. Zystenwand beginnt *V. lecanii* sich nun im Wirt auf dessen Kosten zu vermehren. Die parasitische Phase endet schließlich mit dem Tod des Wirtes, und *V. lecanii* entwickelt sich dann saprophytisch in und auf dem toten Körper (s. Kapitel 6.9.1) (GANHAO 1956, MÜLLER-KÖGLER 1965, BURGESS & HALL 1983).

Bei Milben ist vom Krankheitsverlauf bisher nur sehr wenig bekannt (HALL et al. 1980, KANAGARATNAM et al. 1981 b).

Bei den Nematodenzysten unterscheidet sich der Krankheitsverlauf besonders dadurch von dem der Arthropoden, daß der Pilz nach Überwinden der Zystenwand noch nicht direkt das lebende Tier, die Larve, erreicht hat, sondern noch Eierschale und Larvenkutikula überwinden muß (HÄNSSLER 1990).

#### a) bei Arthropoden

Von den Arthropoden sind auch bei der Pathogenese die Insekten am besten untersucht. Das Grundschema der Entwicklung ist folgendes: die ins Hämocoel eingebrungenen Hyphen von *V. lecanii* bilden terminal und seitlich sprossende Zellen, sog. Blastosporen oder Hyphenkörper (MÜLLER-KÖGLER 1965, ROBERTS & YENDOL 1971, HALL 1976 b). Blastosporen werden vom Pilz auch in flüssigen Kulturmedien gebildet. Beim Insekt vermehren sie sich in der Hämolymphe und werden durch sie im ganzen Körper verbreitet.

Sie können schließlich die Hämolymphe vollständig ausfüllen. So stellte HALL fest, daß nach künstlicher Infektion der Blattlaus *Macrosiphoniella sanborni* ab dem dritten Tag Blastosporen auftraten, die dann rapide zunahmten bis weniger als 24 Stunden vor dem Tod, als die Hämolymphe überfüllt war mit Blastosporen (HALL 1976 b).

Die inneren Organe des Tieres werden aber letzten Endes von normalen fadenförmigen Hyphen durchwachsen (GANHAO 1956, ROBERTS & YENDOL 1971). Es ist dabei nicht immer eindeutig, ob dieses Hyphenwachstum prae- oder postmortal beginnt (MÜLLER-KÖGLER 1965, ROBERTS & YENDOL 1971).

Der Tod des Wirtes kann durch verschiedene Faktoren herbeigeführt werden. Die größte Bedeutung haben hier wohl die Behinderung des Hämolymphekreislaufes, die Aufzehrung der Reserven, Zerstörung innerer Organe sowie die Wirkung von Toxinen (s. Kapitel 6.8) (HALL & ATKEY 1981). Inwieweit die Wirkung von Enzymen, Verstopfung des Atmungsapparates, Schockwirkung, Zerstörung von Hämocyten und andere Ursachen eine Rolle spielen, ist noch ungeklärt (MÜLLER-KÖGLER 1965).

Die Entwicklung des Erregers verläuft auch nicht immer einheitlich. Der Krankheitsverlauf hängt stark von der Art des Wirtes und seiner Anfälligkeit sowie von der Virulenz des Erregers und dem Infektionspotential ab.

So beschreibt PETCH (1925) ein Durchdringen des Schildes bei *Coccus viridis*, während VIEGAS (1939) berichtet, daß der Schild der Schildläuse nicht vom Pilz durchdrungen oder aufgelöst wurde. Neben der Veröffentlichung von VIEGAS (1939) existiert noch eine weitere ausführliche Arbeit über die Infektion von Schildläusen durch *V. lecanii* von GANHAO (1956). Beide berichten, daß die Keimhyphen nach Durchdringen des Integuments ein Myzel bildet, das sich im Körper ausbreitet. VIEGAS konnte keine pilzlichen Blastosporen entdecken, und GANHAO berichtet nichts von Blastosporen, obwohl bei ersterem nicht sicher ist, ob er sich in dieser Hinsicht nicht irrte, da hefeähnliche Zellen vorhanden waren. Auch wird nicht beschrieben, ob das Myzelwachstum vor oder nach dem Tod der Tiere auftrat.

Während zum Teil, wie oben beschrieben, die Hämolymphe des Wirtes zum Zeitpunkt des Todes völlig mit Blastosporen angefüllt ist, starben bei Versuchen von HALL (1976 b) Blattläuse nach Behandlung mit hohen Sporenkonzentrationen innerhalb von 48 Stunden, ohne Blastosporen in der Hämolymphe oder Myzel im Fettgewebe aufzuweisen. Hier vermutet HALL mechanische Zerstörung und Schockwirkung oder Er-

sticken durch Verstopfung der Atemorgane, bevor der Pilz ins Innere des Wirtes eingedrungen war.

In Versuchen von CHARNLEY (1984) trat der Tod der Wirtstiere nach geringem Wachstum in der Hämolymphe ein. Hier vermutet man als ausschlaggebenden Faktor die Wirkung von Toxinen (s. Kapitel 6.8).

Über die Auswirkung der Krankheit auf die Fruchtbarkeit gibt es nur vereinzelte widersprüchliche Aussagen. VIEGAS (1939) fand, daß *V. lecanii* die Eier in Weibchen von *Coccus viridis* zerstörte. HALL (1976 b) stellte bei *Macrosiphoniella sanborni* fest, daß während der Krankheitsentwicklung Nachkommen in annähernd normalen Raten produziert wurden. Eine allmähliche Verminderung der Fruchtbarkeit zeigte sich erst ab 24 Stunden vor dem Tod. Dieser Effekt verstärkte sich nach HALLs Vermutungen noch kurz vor dem Tod. Aber selbst stark infizierte Tiere produzierten gesunde Nachkommen.

Bei Beobachtung des Verhaltens erkrankter Tiere stellte HALL (1976 b) erstaunlicherweise fest, daß selbst sehr stark infizierte Blattläuse noch aktiv waren und trotz Befalls noch Nahrung aufnahmen.

Bei Infektionsversuchen mit *V. lecanii* wurden auch Bakterien in der Hämolymphe der Wirte gefunden. Dies war besonders häufig bei schwach virulenten Stämmen der Fall, selten bei virulenten. HALL (1980 b) vermutete, daß die schwächeren Isolate die Kutikula und eventuell die Hypodermis "zerreißen" und Eintrittspforten für die Bakterien schaffen.

Über die Entwicklung von *V. lecanii* in Spinnentieren (Arachnida) ist nur sehr wenig bekannt. Nach schriftlicher Mitteilung von GILLESPIE 1988 werden Milben ebenfalls durch Penetration und nachfolgendes Wachstum im Wirt getötet.

#### b) bei Nematoden

Innerhalb der Zysten und Larven von *Heterodera* sp. konnte bisher nur ein Wachstum von *V. lecanii* durch Hyphen festgestellt werden (HÄNSSLER & HERMANN 1981, HÄNSSLER 1990, mündl. Mitteil. HÄNSSLER 1988).

Nach Penetration der Zystenwand stößt der Pilz auf die nächste Barriere, die mehrschichtige Eimembran. Bei deren Durchdringung verringert sich zunächst der Durchmesser der Hyphe, um aber vor der weiteren Ausbreitung wieder blasenartig anzuschwellen. Nach der Penetration der Eimembran befällt der Pilz die Larve, die innerhalb von 72 Stunden völlig mit Myzel angefüllt ist.

Ebenso wie bei der Zystenwand scheinen bei der Überwindung der chitinhaltigen Eimembran und der Kutikula Enzyme eine Rolle zu spielen (HÄNSSLER 1990).

#### c) bei Fischen

AHO et al. (1988), die *V. lecanii* aus der Schwimmblase von erkrankten und toten Zuchtlachsen isolierten, stellten eine hämorrhagische Schwimmblasenentzündung mit Epithelablösung fest. Infizierte Schwimmblasen waren verdickt, trübe und gelb-

lich-weiß und wiesen Blutungen auf. Das Innere der Schwimmblase enthielt eine weißliche mit Blut vermischte Flüssigkeit und in einigen Fällen auch eine gelblich-weiße feste Masse. Neben Hyphen wurden im Gewebe auch Bakterien (*Pseudomonas fluorescens*) gefunden, die die Autoren als Sekundärinfektion einschätzten. Infizierte Fische zeigten ein verändertes Verhalten.

### 6.5.3 Abwehrreaktionen des Wirtes

Bei Arthropoden sind drei Formen von Abwehrreaktionen auf pilzliche Infektionen bekannt: Phagozytose, Phagozytenansammlungen und humorale Abwehrstoffe.

Bei der Phagozytose werden Fremdkörper von Hämolymphezellen aufgenommen und verdaut. Diese Zellen werden Phagozyten genannt (hier herrscht noch Unklarheit bei der genauen Begriffsfindung, s. MÜLLER-KÖGLER 1965, CHARNLEY 1984). Nach Durchdringen des Integuments durch Deuteromyceten wurden Ansammlungen von Phagozyten an der Penetrationsstelle beobachtet, die die entstehenden Blastosporen aufnahmen, sofern diese nicht zu groß waren. Es wurde auch zum Teil festgestellt, daß die Phagozyten nicht in der Lage waren, die Blastosporen aufzulösen. Meistens überwand der eingedrungene Pilz die Abwehr durch schnelle Vermehrung (MÜLLER-KÖGLER 1965, FRANZ & KRIEG 1982, CHARNLEY 1984). Nach FERRON (1981) produzieren Insektenpathogene wie *Beauveria* sp. und *Metarhizium anisopliae* Toxine, die die Phagozyten zerstören. CHARNLEY (1984) berichtet dagegen von stammspezifischen Unterschieden bei der Produktion eines in dieser Richtung wirksamen Toxins.

Wenn ein in den Wirt eingedrungener Fremdkörper zu groß für einzelne Phagozyten ist, z.B. Blastosporen von *Metarhizium anisopliae*, wird er von ihnen umgeben und eingekapselt (MÜLLER-KÖGLER 1965, FERRON 1981). Auf diese Weise entstehen sog. Phagozytenansammlungen, Riesenzellen oder Knötchen. Aber auch hier behält der Pilz in der Regel die Oberhand (MÜLLER-KÖGLER 1965, FRANZ & KRIEG 1982, CHARNLEY 1984).

Außerdem sind von Arthropoden gewisse humorale, d.h. die Körperflüssigkeit betreffende, Abwehrstoffe bekannt wie Lysozym und Inhibitine (FRANZ & KRIEG 1982).

Bei den meisten untersuchten Pilz-Wirt-Beziehungen setzte sich der Pilz durch, aber in einigen Fällen mit nur schwacher Infektion überlebte der Wirt den Angriff (MÜLLER-KÖGLER 1965).

Über *V. lecanii* selbst gibt es bisher keine speziellen Untersuchungen über die Abwehrreaktionen von Arthropoden.

Bei Zystennematoden ist bisher in dieser Richtung wenig bekannt. Lediglich bei jüngeren, noch wachsenden Weibchen von *Heterodera schachtii* konnte HÄNSSLER (mündl. Mitteil. 1988) die Bildung einer sehr kontrastreichen Trennschicht innerhalb des Nematoden beobachten, die *V. lecanii* nicht überwinden konnte.

#### 6.5.4 Pilzentwicklung auf dem lebenden Wirt

Eine Entwicklung von *V. lecanii* auf dem lebenden Tier ist bisher nur bei Insekten beschrieben worden.

Nach einer gewissen Inkubationszeit dringt der Pilz durch das Integument nach außen, um dort bei ausreichender Luftfeuchte Myzel und Sporenträger mit Konidien zu bilden. In der Regel erfolgt dieser Vorgang bei entomopathogenen Deuteromyceten erst nach dem Tod des Wirtes (s. Kapitel 6.9.1). *V. lecanii* verhält sich hier ungewöhnlich, da eindeutig auch auf der Oberfläche lebender Tiere sporulierendes Myzel auftrat (BARSON 1976, HALL 1976 b). Während jedoch eine Sporulation auf Blattläusen der Art *Macrosiphoniella sanborni* bereits ab dem ersten Tag nach Behandlung mit Sporen von *V. lecanii* auftrat, also zum Teil früher als die Beobachtung von ersten Blastosporen in der Hämolymphe (HALL 1976 b), beschreibt BARSON (1976) ein Myzelwachstum auf der Körperoberfläche von *Scolytus scolytus*-Larven kurz vor ihrem Tod.

GILLESPIE (schriftl. Mitteil. 1988) erklärt die Sporulation auf lebenden Blattläusen durch auf der Kutikula vorhandene Nährstoffe, z.B. Honigtau, die vom Pilz zur Keimung und Sporulation genutzt werden.

#### 6.5.5 Anfälligkeit verschiedener Wirtsstadien

Eine allgemeine Aussage über die Wirtsstadien, die *V. lecanii* befällt, kann hier nicht gemacht werden, da bisher nur wenige Wirte in dieser Richtung detaillierter untersucht wurden. Relativ häufig sind die Angaben, daß bei Insekten Larven und Imagines angegriffen werden, Berichte von Eiern und Puppen sind dagegen seltener.

Bei der Chinesischen Wachsschildlaus (*Ceroplastes sinensis*) wurde bisher nur bei Larven und noch nicht eierlegenden Weibchen ein Befall durch *V. lecanii* beobachtet (EVLAKHOVA 1941). Alle Stadien infiziert der Pilz z.B. bei der Schwarzen Ölbaumschildlaus (*Saissetia oleae*), wogegen bei der Weichen Schildlaus (*Coccus hesperidum*) die Eier nicht befallen wurden (GANHAO 1956).

Bei *Henosepilachna vigintioctopunctata* ("brinjal leaf beetle") wurden alle Stadien außer den Eiern und dem adulten Tier bei einem Versuch von SANTHARAM et al. (1978) von *V. lecanii* angegriffen. Die ersten drei Larvenstadien erwiesen sich als empfindlicher als das vierte Larvenstadium. Relativ widerstandsfähig war auch das Puppenstadium. Bei *Heterodera glycines* wurde *V. lecanii* von im Boden befindlichen Zysten und von jungen Zysten auf der Wurzeloberfläche isoliert, jedoch nicht von Weibchen auf oder innerhalb der Wurzeln (GINTIS et al. 1983). Bei Blattläusen, wie z.B. der Grünen Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*), die sich im Gewächshaus ausschließlich anholozyklisch vermehren, werden sowohl junge als auch ausgereifte

Tiere befallen (HALL 1984). Bei der Zucht von *Paraphlepsius irroratus* auftretende *V. lecanii* - Infektionen wurden nur an adulten Zikaden beobachtet (CHIYKOWSKI 1985). LYSEK et al. (1986) isolierten den Pilz von Eiern von *Ascaris* sp.. Beim Befall von Nematoden zeigt *V. lecanii* im Gegensatz zu den meisten Pilzen, die von Zystennematoden isoliert wurden, keine besondere Bevorzugung bestimmter Entwicklungsstadien, da es bei dem Rübenzystenälchen (*Heterodera schachtii*) sowohl Zysten, Eier als auch Larven befallen konnte (WYSS & VOSS 1986, HÄNSSLER 1990). *V. lecanii* befällt außerdem alle Stadien der Weißen Fliege (*Trialeurodes vaporariorum*) mit Ausnahme der Eier (HUSSEY 1958, KANAGARATNAM & HALL 1978 a, EKBOM 1979, HALL 1982, WALTER et al. 1988). WALTER et al. (1988) beobachteten eine Bevorzugung der ersten drei Larvenstadien. Von Milben wurde bisher hierzu nichts veröffentlicht.

Je mehr Stadien eines Wirtes durch den Pilz befallen werden, desto effektiver kann der Erreger sein und um so besser kann er sich epidemisch ausbreiten (MÜLLER-KÖGLER 1965).

#### 6.5.6 Inkubationszeiten

Die Inkubationszeit, also die Zeitspanne von der Infektion bis zum Auftreten von ersten Symptomen der Krankheit (HOFFMANN et al. 1985), ist stark von verschiedenen Faktoren abhängig. Eine besonders große Rolle spielen hier die Umweltbedingungen, besonders die Feuchte, von seiten des Erregers dessen Konzentration sowie die Virulenz des jeweiligen Stammes und von seiten des Wirtes dessen artspezifische Empfindlichkeit, Stadium und Disposition. Hier können daher nur Beispiele genannt werden:

Bei Blattläusen der Art *Macrosiphoniella sanborni* traten nach etwas über einem Tag nach Behandlung mit *V. lecanii* sporulierende Konidienträger auf einigen aktiven Tieren auf. Nach drei Tagen zeigten bereits viele Blattläuse einen gewissen Grad an Sporulation. Eine intensive Sporulation trat aber erst 24 Stunden nach dem Tod auf (HALL 1976 b).

HUSSEY (1958) beobachtete bei adulten Weißen Fliegen ein Trägewerden innerhalb von 12 Stunden und Myzelwachstum innerhalb von 3 Tagen. EASWARAMOORTHY & JAYARAJ (1978) beobachteten bei *Coccus viridis* folgendes: erste Symptome traten beim adulten Tier 3 bis 5 Tage nach Inokulation auf, und der Tod trat nach 3 bis 10 Tagen ein. Bei Larven wurde der gesamte Körper am 3. Tag bereits braun.

EKBOM (1979) stellte Myzelwachstum bei allen Larvenstadien mit Ausnahme des ersten nach 5 Tagen fest, bei toten Adulten trat Myzel 4 Tage nach Infektion auf. SOLOVEI und SOGOYAN (SOLOVEI 1980, SOLOVEI & SOGOYAN 1982) fanden erste Anzeichen von Befall bei Larven der Weißen Fliege (*Trialeurodes vaporariorum*) nach 5 bis 6 Tagen und eine vollständige Bedeckung mit Myzel nach 10 Tagen. Nach QUINLAN (1983)



wurden erste Infektionen bei Larven der Weißen Fliege nach 4 Tagen sichtbar. WALTER et al. (1988) beobachteten 32 bis 36 Stunden nach Infektion von Larven der Weißen Fliege ein Auswachsen von Hyphen des Pilzes aus dem Larveninnern.

GRÜNBERG et al. (1988) berichten, daß unter günstigen abiotischen Bedingungen die Hyphen von *V. lecanii* 24 Stunden nach dem Tod von Blattläusen das Integument durchdrungen haben.

Bei durch *V. lecanii* abgetöteten Larven und Puppen des Käfers *Henosepilachna vigintioctopunctata* erschien nach 48 Stunden Pilzmyzel auf dem Integument. Sieben Tage nach dem Tod sporulierte der Pilz (SANTHARAM et al. 1978).

Zysten von *Heterodera schachtii* wurden bereits innerhalb von 48 Stunden vom Myzel einer *V. lecanii*-Kultur überwachsen. Zu diesem Zeitpunkt hatte die Penetration bereits begonnen, und nach 60 Stunden hatte der Pilz die Zystenwand überwunden (HÄNSSLER 1990).

Auch SOLOVEI & SOGOYAN (1982) äußern sich kurz hierzu.

## 6.6 Pathogenese bei pilzlichen Wirten

Über die Parasitierung von Pilzen durch *Verticillium lecanii* gibt es weitaus weniger Untersuchungen als über die Wechselwirkungen zwischen dem Hyperparasiten und Insekten. Auch sind sie überwiegend jüngeren Datums. Außer einigen Berichten nach der ersten Beobachtung auf Rostpilzen 1936 (HASSEBRAUK 1936 und 1937) wurden vermehrt Untersuchungen seit Ende der 70er Jahre durchgeführt. Die Weiterentwicklung der Technik ermöglichte einen genaueren Einblick in den Ablauf der durch *V. lecanii* hervorgerufenen Infektion (HÄNSSLER et al. 1981 b, MENDGEN 1981, GRABSKI 1984). Pilzliche Wirte von *V. lecanii* sind in erster Linie Rostpilze (Ordnung Uredinales). An ihnen wurde auch der Großteil der Studien durchgeführt. Berichte von Wechselwirkungen mit Pilzen anderer Ordnungen sind selten (RAO & PAVGI 1977, SPENCER & EBBEN 1983, GRABSKI 1984, KUTER 1984, HIJWEGEN 1988).

### 6.6.1 Infektionseinheiten und Konidienkeimung

Wie bereits in Kapitel 6.5.1 bei tierischen Wirten beschrieben, führen unter natürlichen Verhältnissen vor allem die Konidien zur Infektion. Bei den pilzlichen Wirten spielt aber auch das Myzel des Hyperparasiten eine größere Rolle, da die Infizierung der zahlreichen Rostsporen eines Sporenlagers auch über diesen Weg erfolgt (GRABSKI 1984, SRIVASTAVA et al. 1985, UMA & TAYLOR 1987).

Inwieweit der Wirt eine Keimung von Konidien stimuliert, ist nicht genau erforscht. SPENCER (1980) stellte aber fest, daß die prozentuale Keimungsrate von *V.*

*lecanii*-Konidien durch die An- und Abwesenheit der Uredosporen von *Uromyces dianthi* (Nelkenrost) nicht beeinflusst zu werden scheint.

#### 6.6.2 Keimschlauchwachstum und Wirtserkennung

Bei Untersuchungen an Kulturen im Wassertropfen produzierten *V. lecanii*-Konidien Keimschläuche von ca. 20  $\mu\text{m}$  Länge. Enthielt das Wasser jedoch neben diesen Konidien auch Uredosporen von *Uromyces dianthi*, so wurden die Keimschläuche von *V. lecanii* fünfmal so lang und bildeten zahlreiche Verzweigungen (SPENCER 1980).

MENDGEN (1979 und 1981) stellte außerdem fest, daß die Keimschläuche des Hyperparasiten durch Uredosporen von *Puccinia striiformis* (Gelbrost der Gräser) angezogen wurden. Während *V. lecanii* an den Keimschläuchen des Rostpilzes vorbeiwuchs, bildete es beim Auftreffen auf eine Uredospore Verzweigungen aus und schmiegte sich an die Spore an.

HÄNSSLER et al. (1981 b) beobachteten, daß Uredosporen mit geöffneten Keimporren (*Puccinia graminis* var. *tritici*) einen Reiz auf die Hyphen von *V. lecanii* auszuüben schienen. Dies konnte jedoch von GRABSKI (1984) nicht bestätigt werden.

#### 6.6.3 Anfälligkeit verschiedener pilzlicher Entwicklungsstadien

*V. lecanii* ist weitgehend auf den Befall von Rostsporen spezialisiert. Es befällt sowohl die für die epidemiologische Ausbreitung der Rostpilze wichtigen Uredosporen als auch die widerstandsfähigen, zur Überwinterung befähigten Teleutosporen. Während bei allen untersuchten Rostarten die Uredosporen, falls zum Entwicklungszyklus der Art gehörend, parasitiert wurden, war der Befall der Teleutosporen nicht immer gegeben (LEATHERDALE 1965, MENDGEN & CASPER 1980, SPENCER 1980, MENDGEN 1981, GRABSKI 1984, HOFFMANN et al. 1985, SRIVASTAVA et al. 1985, UMA & TAYLOR 1987). Nach SPENCER & ATKEY (1981 b) befällt der Hyperparasit auch nur ausgereifte Uredosporen.

Bei *Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* wurde nach GRABSKI (1984) auch das sporogene Gewebe des Sporenlagers parasitiert, während MENDGEN (1979 und 1981) kein Eindringen des Hyperparasiten in das sporogene Gewebe bei *Puccinia striiformis* feststellen konnte. Auch SPENCER & ATKEY (1981 b) beobachteten den Pilz nur im Bereich der Rostsporen.

Ein Eindringen in das Myzel von Rostpilzen konnte in keiner Untersuchung beobachtet werden (MENDGEN & CASPER 1980, SPENCER & ATKEY 1981 b). HÄNSSLER et al. (1981 b) stellten jedoch bei Objektträgerkulturen mit *Puccinia graminis* var. *tritici* in Ausnahmefällen auch parasitierte Keimschläuche fest, was jedoch in anderen Untersuchungen nicht bestätigt werden konnte (UMA & TAYLOR 1987). *V. lecanii*

scheint jedoch auch ohne Eindringen in Keimschläuche in der Lage zu sein, diese zu schädigen (s. Kapitel 6.6.4) (GARCIA ACHA et al. 1965, SILVEIRA & RODRIGUES 1972).

Völlig anderer Natur ist die von KUTER (1984) beobachtete Parasitierung von *Rhizoctonia solani* (Hauptfruchtform: *Thanatephorus cucumeris*) durch *V. lecanii*. Hier penetrierte der Hyperparasit die Hyphen des Wirtes. Eine Parasitierung der Hyphen von *Sphaerotheca fuliginea* (Echter Mehltau an Cucurbitaceen) wurde auch von Wissenschaftlern des IHRL beobachtet (schriftl. Mitteil. PRICE 1988). Bei der Parasitierung von *Oidium tinctarium* wurden parasitierte Hyphen, Konidienträger und Konidien beobachtet (RAO & PAVGI 1977).

#### 6.6.4 Wirkungsweise des Hyperparasiten

##### a) Penetration von Rostsporen

Nachdem eine Konidie auf dem Sporenlager eines Rostpilzes ausgekeimt ist, beginnen die Hyphen des Hyperparasiten sich zu verzweigen und zwischen den Sporen im Innern der Rostpustel auszubreiten. Ein Teil der Hyphen beginnt nach dem Kontakt mit einer Rostspore in diese einzudringen (KOTTHOFF 1937, MENDGEN 1981, SPENCER & ATKEY 1981 a, SRIVASTAVA et al. 1985).

Uredosporen von Rostpilzen werden von *V. lecanii* entweder direkt durch eine beliebige Stelle der intakten Sporenwand penetriert, oder die Hyphen dringen über den Keimporus ein (MENDGEN 1979, HÄNSSLER et al. 1981 b, MENDGEN 1981, SPENCER & ATKEY 1981 a und b, ALLEN 1982, GRABSKI 1984).

Nicht immer nehmen die Hyphen des Hyperparasiten den kürzesten Weg durch die Sporenwand. *V. lecanii* wurde auch seitlich in der Wand wachsend beobachtet (HÄNSSLER et al. 1982, GRABSKI 1984).

Die Teleutosporen der Rostpilze werden ebenfalls entweder über die Sporenwand oder über den Keimporus penetriert, wobei das Durchdringen der verstärkten und mit Melanin durchsetzten Sporenwand sich weitaus zeitaufwendiger gestaltet als bei den Uredosporen. Auch ist *V. lecanii* hier nicht zum Öffnen geschlossener Keimporen wie bei den Uredosporen in der Lage. Als weiterer Penetrationsweg wurde bei Teleutosporen von *Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* das Eindringen über den Stiel festgestellt (GRABSKI 1984, SRIVASTAVA et al. 1985).

Die Hyphen des Hyperparasiten bilden auf der Sporenoberfläche oder auch auf den noch geschlossenen Keimporen Anschwellungen, sog. Appressorien, aus. Diese werden durch Septen abgegrenzt (HÄNSSLER et al. 1981 b, GRABSKI 1984).

Während die auf Uredosporenwänden beobachteten Appressorien verschieden geformt sind, weisen auf Teleutosporen gebildete eine gleichmäßige Struktur auf (GRABSKI 1984).

Unterhalb der Anschwellungen beginnt der Hyperparasit in die Sporenwand einzudringen. Ebenso wie bei Befall von tierischen Wirten ist hier noch nicht völlig geklärt, welche definitive Rolle mechanischen Kräften und enzymatischem Abbau zukommt. Nach HÄNSSLER et al. (1981 b) hat jedoch die enzymatische Einwirkung die größere Bedeutung.

Um die Sporenwand zu durchdringen, verringert die Penetrationshyphye ihren Durchmesser. Während eine normale Hyphye des von GRABSKI (1984) verwendeten *V. lecanii*-Isolates einen Durchmesser von 0,78  $\mu\text{m}$  hatte, wies die dünne Infektionshyphye lediglich 0,4  $\mu\text{m}$  auf.

Beim Eindringen durch geöffnete Keimporen werden keine Hyphenanschwellungen ausgebildet, und die Hyphen behalten ihren normalen Durchmesser bei. Auch bei der Penetration am Stiel treten keine besonderen Infektionsstrukturen auf (SPENCER & ATKEY 1981 b, HÄNSSLER et al. 1981 b, GRABSKI 1984).

#### b) Auswirkungen des Wachstums im Innern von Rostsporen

Nach dem Durchdringen der Sporenwand erweitert sich die Penetrationshyphye häufig zu einem kugeligen Körper, einem sog. Vesikel, bevor sie ihren ursprünglichen Durchmesser wieder annimmt. Die Appressorien auf der Sporenoberfläche sind zu diesem Zeitpunkt leer (HÄNSSLER et al. 1981 b, SPENCER & ATKEY 1981 b, GRABSKI 1984).

*V. lecanii* setzt dann sein Wachstum innerhalb der Rostspore, im Gegensatz zur Parasitierung von Insekten, in Form von Myzel fort. Es werden häufig Septen und Verzweigungen ausgebildet (KOTTHOFF 1937, HÄNSSLER et al. 1981 b, GRABSKI 1984).

Als Folge des Wachstums des Hyperparasiten im Innern der Spore beobachtete die Mehrzahl der Autoren bei verschiedenen Rostarten eine Zusammenballung des Sporeinhaltes und mit verlängerter Inkubationszeit dessen völligen Abbau sowie häufig eine Deformation der Sporen. Als Ursache hierfür kann mit größter Wahrscheinlichkeit die Einwirkung von Enzymen des Hyperparasiten angesehen werden (KOTTHOFF 1937, HÄNSSLER et al. 1981 b, HÄNSSLER et al. 1982, GRABSKI 1984, SRIVASTAVA et al. 1985).

Bei Infizierung von *U. appendiculatus* var. *appendiculatus* durch GRABSKI (1984) blieb von befallenen Uredosporen nur die Sporenwand zurück, teilweise war sie verformt oder auch durchbrochen. In letzterem Fall war mitunter der Sporeinhalt vor der Auflösung ausgeflossen. Die Sporen brachen schließlich zusammen. Bei den Teleutosporen desselben Rostpilzes nahm das Sporenplasma ebenfalls eine granuläre Struktur an und wurde dann abgebaut. Auch die Sporenwände wurden von innen her abgebaut, es wurde jedoch kein Kollaps der Teleutosporen beobachtet. GRABSKI führte das Zusammenbrechen der Uredosporen auf die enzymatische Herauslösung von für die Stabilität der Sporenwände wichtigen Strukturmolekülen (z.B. Chitin) zurück. Auch die beobachtete Penetration der Sporenwand von innen nach außen ver-

ringerte seiner Meinung nach die Stabilität der Wand. Ein vollständiger Abbau der Sporenwand konnte nicht beobachtet werden.

ALLEN (1982) konnte bei Versuchen mit derselben Rostpilzart zwar Wachstum auf den Sporen und Eindringen in diese erkennen, jedoch konnte er keine Lyse feststellen.

Gegensätzliches beobachtete MENDGEN (1981) bei Versuchen mit *Puccinia striiformis*. Hier wurde bei Uredosporen, die von einer großen Anzahl Hyphen penetriert worden waren, die Sporenwand vollständig abgebaut, mit Ausnahme von Sporenwarzen und Sporenhäutchen. Der Inhalt der Sporen wurde dagegen nur allmählich aufgelöst.

Alle bisher aufgeführten Untersuchungen weisen *V. lecanii* als einen nekrotrophen Mykoparasiten aus, der nach wenigen Tagen die Uredosporen des Wirtes penetriert, den Inhalt abbaut und auf diese Weise den Tod des Wirtsorganismus herbeiführt (HÄNSSLER et al. 1982). Dagegen kam SPENCER (1980) zu dem Ergebnis, daß *V. lecanii* ein biotropher Parasit von *Uromyces dianthi* ist, da er keine sichtbare Zerstörung von Sporen oder sonstigen Organen feststellen konnte, obwohl der Hyperparasit bei Versuchen die Nelkenrost-Infektion erheblich reduzierte.

#### c) Bersten von Rostsporen

*V. lecanii* ist auch in der Lage, die Rostsporen ohne Eindringen in das Innere zu schädigen. So beobachteten SILVEIRA & RODRIGUES (1972), daß Kulturfiltrate von *V. lecanii* (unter der damaligen Bezeichnung *V. hemileiae*) ein Bersten der Uredosporen von *Puccinia hordei*, *Uromyces fabae* und *U. trifolii* induzierten. Ein Bersten von *Hemileia vastatrix*-Uredosporen wurde nur nach Verwendung von lyophilisierten und konzentrierten Filtraten beobachtet. Im allgemeinen beobachteten die Autoren das Bersten von ungekeimten Sporen. Eine enzymatische Wirkung wurde in diesem Fall ausgeschlossen, da hitzeinaktivierte Filtrate die Fähigkeit beibehielten, während dialysierte Filtrate keinen berstenden Effekt mehr auf die Sporen ausübten.

HÄNSSLER et al. (1981 b) beobachteten, daß Uredosporenwände von *Puccinia graminis* var. *tritici* durch Kontakt mit Myzel des Hyperparasiten geschädigt wurden. Es wurde ein Abbau der Sporenwand beobachtet, der zuerst in der Äquatorialebene der Sporen erkennbar war. Deckhäutchen und Sporenwarzen der Rostsporen wurden erst sehr spät angegriffen. Schließlich kam es zum Bersten der Sporen.

Auch MENDGEN (1981) beobachtete wie HÄNSSLER et al. (1981 b) neben der Penetration von Sporen eine Auflösung der Sporenwand durch bloßen Kontakt mit einer *Verticillium*-Hyphse, ohne daß der Hyperparasit direkt ins Innere der Spore eindrang. Er beschreibt jedoch kein Bersten der Sporen.

d) Wechselwirkungen mit Keimschläuchen von Rostpilzen

Auch im Hinblick auf das Einwirken des Hyperparasiten auf Keimschläuche von Rostpilzen wurden von verschiedenen Autoren zum Teil sehr unterschiedliche Beobachtungen gemacht. HÄNSSLER et al. (1982) führen dies auf die spezifische Enzymproduktion einzelner Isolate zurück.

GARCIA ACHA et al. (1965) beobachteten die Lyse von Keimschläuchen verschiedener Rostarten durch drei *V. lecanii*-Stämme sowohl bei Versuchen mit Kulturen des Hyperparasiten als auch mit Kulturfiltraten. Bei beginnender Auflösung schien der Keimschlauch das Wachstum einzustellen. Der größte Teil des Protoplasmas wurde abgebaut, und nach einiger Zeit verschwand auch die die leere Zelle umgebende Zellwand. Seltener wurde ein Austreten des Protoplasmas vor der Auflösung durch den Hyperparasiten beobachtet. Bei der Verwendung von Kulturfiltraten wurden die Keimschläuche von *Puccinia graminis* doppelt so breit wie jene der Kontrolle. Es wurden auch Mißbildungen beobachtet. Die Lyse der Keimschläuche schien für den Rostpilz tödlich zu sein, da auf Nährmedien umgesetzte Rostsporen keine anderen Keimschläuche mehr bildeten. GARCIA ACHA et al. vermuteten als Ursache für die Lyse das Einwirken von Enzymen des Hyperparasiten.

Während HÄNSSLER et al. (1981 b) ebenfalls Wuchsanomalien der Keimschläuche von *P. graminis* var. *tritici* durch Einwirkung von *V. lecanii* feststellten, konnten nur in Ausnahmefällen parasitierte Keimschläuche gefunden werden.

Auch SPENCER (1980) beobachtete ungewöhnliche Keimschlauchformen bei *U. dianthi* und außerdem eine Hemmung des Keimschlauchwachstums. Er konnte jedoch keinerlei Penetration durch den Hyperparasiten feststellen.

MENDGEN (1981) (an *P. striiformis*) und GRABSKI (1984) (an *U. appendiculatus* var. *appendiculatus*) konnten ebenfalls keine Penetration oder Lyse von Keimschläuchen feststellen.

e) Parasitierung von Pilzen anderer Ordnungen

Bei der Parasitierung von *Oidium tingitanium* (Echter Mehltau an Citrus) entwickelte *V. lecanii* intraluminare Hyphen, die auch in junge Konidienträger des Mehлтаupilzes eindringen und eine verfrühte Loslösung von Konidien anregten. Diese Konidien wiesen unförmige Wände auf, enthielten ebenfalls Hyphen des Mykoparasiten und waren nicht keimfähig. Auf diese Weise hemmte *V. lecanii* stark das Wachstum des Mehltaus. RAO & PAVGI (1977) vermuten, daß *V. lecanii* durch abgebrochene Hyphenenden oder durch Öffnungen an den Konidienträgern eindringt.

In Infektionsversuchen zeigte sich, daß *V. lecanii* auch *Rhizoctonia solani* zu parasitieren vermochte. KUTER (1984) stellte fest, daß *Rhizoctonia*-Hyphen von *V. lecanii*-Hyphen penetriert wurden; dies kam jedoch nicht häufig vor. Meistens schmiegt sich die Hyphen des Hyperparasiten längs an die Wirtshyphe an oder wanden sich um diese. Eindringene Hyphen von *V. lecanii* wuchsen innerhalb der

Wirtshyphe weiter. Oft erschienen die penetrierten Hyphen leer. KUTER beobachtete außerdem an der Stelle der Penetration mitunter Zellwandverdickungen der Wirtshyphen.

Bei *Sphaerotheca fuliginea* wurde ebenfalls eine Parasitierung der Hyphen durch *V. lecanii* festgestellt (schriftl. Mitteil. PRICE 1988).

#### 6.6.5 Inkubationszeiten

MENDGEN (1979 und 1981) beobachtete ein Herauswachsen der Konidienträger von *V. lecanii* aus parasitierten *Puccinia striiformis*-Uredosporen nach 3 bis 6 Tagen (bei 15 °C und 100 % r.F.). Befallssymptome hatten sich bereits 2 bis 3 Tage nach dem Kontakt mit *V. lecanii*-Hyphen gezeigt (MENDGEN 1981). Vollständig bedeckt mit dem weißen Myzel von *V. lecanii* waren die Uredosporenlager von *P. striiformis* und ebenso auch die von *Uromyces appendiculatus* (= *U. phaseoli*) nach 4 bis 7 Tagen (MENDGEN & CASPER 1980, MENDGEN 1981).

HÄNSSLER et al. (1981 b) stellten fest, daß schon 24 Stunden nach dem Besprühen mit *V. lecanii*-Konidien eine Besiedlung von *Puccinia graminis* var. *tritici*-Uredosporen makroskopisch zu erkennen war. Lichtmikroskopisch konnten zu diesem Zeitpunkt der Befall und die Schädigung der Rostsporen festgestellt werden. Ein Auswachsen des Hyperparasiten wurde erstmals nach 72 Stunden beobachtet (bei 100 % r.F. und 21 °C).

Infizierte Uredosporen von *Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* waren bei Untersuchungen durch GRABSKI (1984) nach 50 Stunden nachweisbar. Nach 5 Tagen waren dann 14 % und nach 15 Tagen 99 % der Uredosporen infiziert. GRABSKI traf die generelle Feststellung, daß die Infektion von Uredosporen erst nach 5 Tagen einsetzt und nicht vor 15 Tagen abgeschlossen ist. Teleutosporen waren nach 5 Tagen noch nicht, nach 15 Tagen erst zu 5,7 % und nach 20 Tagen zu 65 % infiziert.

Im Gegensatz dazu stellten SRIVASTAVA et al. (1985) bei Teleutosporen von *Puccinia horiana* eine Infektionsrate von 90 bis 95 % innerhalb von 5 Tagen fest. Die Ursache für diese Differenz liegt vermutlich in der Tatsache, daß die Teleutosporen des Weißen Chrysanthemenrostes (*P. horiana*), der zu den Mikro-Rosttypen gehört, sofort keimfähig sind, während die Teleutosporen von *U. appendiculatus*, einem Eu-Typ, das Überwinterungsstadium des Pilzes darstellen und somit wahrscheinlich auch widerstandsfähiger gegenüber Angriffen von anderen Pilzen sind (GRABSKI 1984, HOFFMANN et al. 1985, SRIVASTAVA et al. 1985).

Weitere Angaben sind auch zu finden bei KOTTHOFF (1937), HÄNSSLER & HERMANN (1981), HÄNSSLER et al. (1981 a und 1982) und HÄNSSLER (1990).

## 6.7 Enzyme und ihre Wirkungsweise

Die Einwirkung chemischer Faktoren beim Befall des Insekteninteguments durch Pilze wurde bereits Ende des 19. Jahrhunderts angenommen. Seitdem hat sich bestätigt, daß Enzyme einen wichtigen Einfluß auf das Eindringen der Pilzhyphe ausüben. Äußerlich kann dieser Einfluß durch Verfärbungen und Zersetzungen des Integuments sichtbar werden (MÜLLER-KÖGLER 1965).

*V. lecanii* ist wie zahlreiche andere insektenpathogene Pilze in der Lage, die Hauptbestandteile der Insektenkutikula - Lipide, Proteine, Chitin - enzymatisch abzubauen. Die bisher in *V. lecanii*-Isolaten nachgewiesenen extrazellulären Enzyme sind bei ST. LEGER et al. (1986 a und b) aufgelistet.

Die Erkenntnisse über die Wirkungsmechanismen der Enzyme stammen aus in vitro-Versuchen. Nachdem DOMSCH (1960 b) bereits einige grundlegende Versuche zur Enzymproduktion durchgeführt hatte, wurde *V. lecanii* erst in den letzten Jahren von JACKSON et al. (1985) sowie von ST. LEGER et al. (1986 a, b, c und d, 1987) detaillierter bearbeitet.

In Kultur werden die Kutikula-abbauenden Enzyme schnell und aufeinanderfolgend produziert. Zuerst treten proteinspaltende Enzyme und Esterasen auf. Chitinase wird erst später produziert. Dies erklären ST. LEGER et al. durch die Umhüllung des Chitins durch Proteine innerhalb der Kutikula. Chitinase wird erst in größerem Umfang produziert, wenn Chitin oder Chitin-Bausteine zur Verfügung stehen. ST. LEGER et al. vermuten daher, daß die Synthese von Chitinase durch einen Induktor-Repressor-Mechanismus über Produkte aus dem Chitin-Abbau reguliert wird. Sie wiesen dies auch für den Pilz *Metarhizium anisopliae* nach. Hier wurde durch Zufügen von Kohlehydraten, Lipiden oder Proteinen zu auf Chitin wachsenden Pilzkulturen die Chitinase-Produktion unterdrückt. Geringe Mengen an Chitinase, sog. "basal levels", wurden auch in nicht induzierendem Medium gebildet. Eine stärkere Chitinase-Synthese erfolgte jedoch erst in Gegenwart von Induktoren; der effektivste war N-Acetylglucosamin (GlcNAc), der monomere Grundbaustein von Chitin. Die Synthese von Chitosanase folgte demselben Prinzip, wohingegen jedoch Chitobiase (N-Acetylglucosaminidase) weniger empfänglich war für die Katabolik-Repression als Chitinase.

Auch bei von Nematoden isolierten Stämmen von *V. lecanii* wurde nachgewiesen, daß Chitin und Protein enzymatisch abgebaut werden können. So ließ sich nach einer Behandlung der Zystenwand von *Heterodera schachtii* (Rübenzystenälchen) mit Kulturfiltraten von *V. lecanii* nach 4 Tagen eine beginnende Veränderung der Oberflächenstruktur, nach 6 Tagen ein völliger Verlust der Struktur erkennen (GINTIS et al. 1983, HÄNSSLER 1990).

Auf der Suche nach Charakteristika, mit denen die Virulenz und epizootische Effizienz gegenüber einem spezifischen Schädling verbunden ist, untersuchten JACKSON et al. (1985) 18 Isolate von *V. lecanii* verschiedener Herkünfte u.a. auf ex-



trazelluläre Enzymproduktion und testeten die Virulenz gegenüber der Blattlaus *Macrosiphoniella sanborni*. Sie stellten fest, daß die Isolate sowohl in ihrer Virulenz als auch in ihrer extrazellulären Enzymproduktion variierten. Alle Isolate wiesen Lipase- und Protease-Produktion auf, unabhängig von ihrer Virulenz. In der Regel wiesen die virulenten Isolate auch eine hohe extrazelluläre Chitinase-Aktivität auf. Es gab jedoch Ausnahmen, so z.B. ein virulentes Isolat ohne (s.u.) und ein avirulentes Isolat mit hoher Chitinaseproduktion. Bei dem Enzym Amylase dagegen korrelierte eine geringe extrazelluläre Produktion mit hoher Virulenz. Das Beispiel dieser Untersuchung zeigt die Variabilität in der Enzymproduktion innerhalb der Art.

Mit den Arbeiten von ST. LEGER et al. (1986 a, c und d, 1987) wurde ein wichtiger Schritt getan zur Aufklärung der Regulierung der Enzymproduktion bei insektenpathogenen Pilzen. Weitgehend unklar ist jedoch noch, inwieweit sich die in vitro gewonnenen Erkenntnisse auf die natürlichen Gegebenheiten übertragen lassen. So wurden zwar extrazelluläre Enzymaktivitäten von *V. lecanii* gemessen (JACKSON et al. 1985, ST. LEGER et al. 1986 a), jedoch zweifelt man daran, ob diese Werte tatsächlich etwas über die Virulenz eines Isolates aussagen. So könnte der Abbau der Wirtskutikula nicht durch diese extrazellulären Enzyme erfolgen, sondern durch gleiche Enzyme, die aber an die Zellwände des Krankheitserregers gebunden bleiben. Bei phytopathogenen Pilzen ist dies der Fall. Die Hauptfunktion der extrazellulären Enzyme ist vermutlich die Reduzierung der gelösten Polymere zu Mono- und Oligomeren für die Ernährung des Pathogens (ST. LEGER et al. 1986 a). Gegen eine ausschlaggebende Bedeutung der extrazellulären Enzyme spricht auch, daß ein bereits erwähnter, von JACKSON et al. (1985) getesteter *V. lecanii*-Stamm zwar sehr virulent war, aber keine feststellbare extrazelluläre Chitinase produzierte. Zur Produktion von wandgebundenen Kutikula-abbauenden Enzymen bei *V. lecanii* gibt es bisher noch keine Untersuchungen.

Bei Untersuchungen der Wechselbeziehungen zwischen *V. lecanii* und pilzlichen Wirten wies man nach, daß der Hyperparasit wie bei den Insekten mit Hilfe von Enzymen seinen Wirt angreift (LEAL & VILLANUEVA 1962, GARCIA ACHA et al. 1965, HÄNSSLER et al. 1982).

So stellten z.B. HÄNSSLER et al. (1982) fest, daß zellfreie Kulturfiltrate von *V. lecanii* zum Abbau der Sporenwände von Rostsporen führten, während hitzeinaktivierte Filtrate wirkungslos waren.

GRABSKI (1984), der mit Rostpilzen und *V. lecanii* arbeitete, führte bereits vor JACKSON et al. und ST. LEGER et al. (s.o.) ausführlichere Untersuchungen zur Exoenzymaktivität von *V. lecanii* durch. Er kam ebenfalls zu dem Ergebnis, daß *V. lecanii* Chitin, Protein, Stärke, Zellulose und zusätzlich auch Tributyrin und Laminarin mittels Enzyausscheidungen abbauen kann. Außerdem wies er nach, daß die Bildung der Chitin, Stärke, Zellulose und Laminarin abbauenden Enzyme konstitutiv, also auch ohne Induktor erfolgte, daß weiterhin jedoch bei Anwesenheit von Chitin

oder von Stärke die Enzymproduktion um 225 % bzw. 155,6 % gesteigert wurde, womit die Induzierbarkeit der entsprechenden Enzyme nochmals bestätigt ist. Auch bei pilzlichen Wirten spielt die Chitinase-Aktivität eine besondere Rolle, da alle von *V. lecanii* parasitierten Arten Chitin in Zell- und Sporenwand enthalten. Die bei pilzlichen Wirten zum Teil sehr unterschiedliche Pathogenese wird u.a. auf die unterschiedliche Enzymproduktion verschiedener Isolate zurückgeführt (HÄNSSLER et al. 1982).

Durch das Einwirken von lytischen Enzymen wird dem Hyperparasiten nicht nur das Eindringen ins Wirtsinhere ermöglicht, sondern er erhält zusätzlich die entstehenden Spaltprodukte, die er als Substrat nutzen kann, wie HÄNSSLER et al. (1982) vermuten.

### 6.8 Toxine und andere sekundäre Stoffwechselprodukte

Es wurde schon früh vermutet, daß insektenpathogene Pilze Toxine produzieren, da man feststellte, daß der Tod des Wirtes eintrat, obwohl der Erreger sich erst begrenzt ausgebreitet hatte (ROBERTS & YENDOL 1971, ROBERTS 1981). Diese Tatsache wurde inzwischen bestätigt. Auch bei *V. lecanii* konnte man für die Insektenwirte giftige Stoffwechselprodukte isolieren.

Die Fähigkeit zur Produktion von Toxinen ist bei verschiedenen Stämmen unterschiedlich stark ausgeprägt (CLAYDON & GROVE 1982) und dürfte für die Virulenz von größerer Bedeutung sein, da bei gleicher Fähigkeit zur Kutikula-Penetration der hochtoxische Pilz seinen Wirt mit Sicherheit schneller tötet (ROBERTS 1981). Die genaue Wirkungsweise der Toxine im Wirt ist jedoch noch nicht bekannt.

Neben für den Wirt toxisch wirkenden Substanzen wurden auch noch weitere sekundäre Metaboliten von *V. lecanii* isoliert.

#### a) Bassianolid

Das Toxin Bassianolid ("bassianolide") wurde in Japan aus dem Myzel von *V. lecanii* isoliert. Die Injektion von 5 µg pro Larve war für Raupen des Echten Seidenspinners (*Bombyx mori*) tödlich. Die Infizierung von 2 µg pro Larve führte nur zur Agonie der Raupen. Es handelt sich um ein Cyclodepsipeptid. Dieses Toxin wurde auch aus dem Myzel von *Beauveria bassiana*, einem ebenfalls bedeutenden entomopathogenen Pilz, isoliert (SUZUKI et al. 1977, KANAOKA et al. 1978, MURAKOSHI et al. 1978).

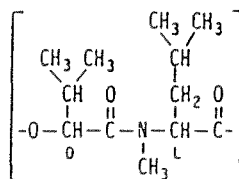


Abb. 5: Bassianolid  
(nach KANAOKA et al. 1978)

b) Zwei C<sub>25</sub>-Verbindungen (C<sub>25</sub>H<sub>38</sub>O<sub>8</sub>, C<sub>25</sub>H<sub>38</sub>O<sub>4</sub>)

Diese insektiziden C<sub>25</sub>-Verbindungen, deren Struktur noch nicht geklärt ist, wurden von CLAYDON & GROVE 1982 in zwei von sieben untersuchten *V. lecanii*-Stämmen gefunden. Sie beschrieben diese Verbindungen als die in ihrem Versuch wirksamsten sekundären Metaboliten (Wirt: Schmeißfliege, *Calliphora erythrocephala*). Sie traten jedoch nach Meinung der Autoren in Gehalten auf, die einen bedeutenden Beitrag zur Wirkung des Gesamtextraktes ausschließen.

c) Dipicolinsäure (Pyridin-2,6-dicarboxyl-Säure)

Diese Säure, im Englischen als "dipicolinic acid" bezeichnet, wurde von allen pathogenen Stämmen, die CLAYDON & GROVE (1982) untersuchten, produziert. Sie besitzt eine insektizide Wirkung. Diese ist geringer als bei den C<sub>25</sub>-Verbindungen, sie wurde aber in größeren Mengen produziert. Der am wenigsten wirksame der getesteten Stämme produzierte Dipicolinsäure weniger schnell als die anderen Isolate.

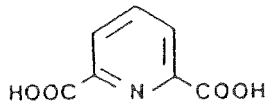


Abb. 6: Dipicolinsäure  
(nach CLAYDON & GROVE 1982)

Diese Säure ist ebenfalls von anderen insektenpathogenen Pilzen bekannt. Sie wurde jedoch auch von Pilzen isoliert, die nicht als Erreger von Insektenkrankheiten bekannt sind.

d) Aphidicolin

Aphidicolin wurde 1972 von BRUNDRET et al. (1972) von *V. lecanii* (unter dem Synonym *Cephalosporium aphidicola*) isoliert und strukturell bestimmt.

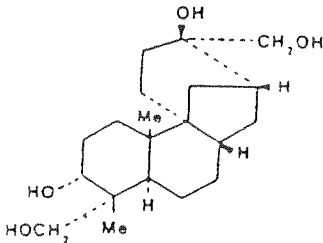


Abb. 7: Aphidicolin  
(nach CLAYDON & GROVE 1982)

Aphidicolin ist ein Antibiotikum, das einen inhibitorischen Effekt auf eine Reihe von DNA-Viren, z.B. *Herpes simplex*, hat. Diese Wirkung basiert mit großer Wahrscheinlichkeit auf der Hemmung der DNA-Synthese. Diese ist jedoch nicht nur virusspezifisch, was sich negativ auf eine eventuelle Verwendung in der Humanmedizin auswirkt (BRUNDRET et al. 1972, BUCKNALL et al. 1973). CLAYDON & GROVE (1982) konnten bei ihrem Versuch (s.o.) auch bei der höchsten verwendeten Kon-

zentration keine insektizide Wirkung von Aphidicolin feststellen. Außerdem trat das Antibiotikum nur bei zwei der untersuchten Stämme auf, die beide ursprünglich von Blattläusen isoliert worden waren.

#### e) Phenylalaninanhydrid

Bei dieser häufig als pilzliches Stoffwechselprodukt vorkommenden Verbindung, die bei einem der untersuchten *V. lecanii*-Stämme gefunden wurde, konnte keine insektizide Wirkung festgestellt werden (CLAYDON & GROVE 1982).

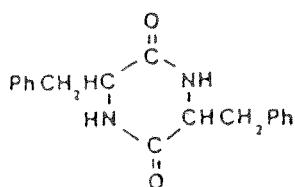


Abb. 8: Phenylalaninanhydrid  
(nach CLAYDON & GROVE 1982)

#### f) 2,6-Dimethoxy-p-benzochinon

Dieser ebenfalls von CLAYDON & GROVE (1982) von *V. lecanii* isolierte sekundäre Metabolit wurde hier zum ersten Mal bei einem Pilz beschrieben. Auch in diesem Fall wurde keine insektizide Wirkung festgestellt.

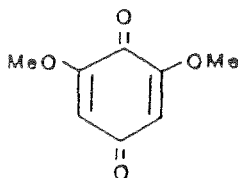


Abb. 9: 2,6-Dimethoxy-p-benzochinon  
(nach CLAYDON & GROVE 1982)

Die Verbindung ist jedoch bekannt als zum Teil verantwortlich für menschliche Allergien gegen einige gewöhnliche Hölzer. Die Verbindung trat nur bei einem der untersuchten Isolate auf.

Genauere Untersuchungen zu den sekundären Stoffwechselprodukten von *V. lecanii* wurden bisher ausschließlich bei Insektenwirten durchgeführt. Aber auch in einer Arbeit, die sich mit pilzlichen Wirten beschäftigte, wurde festgestellt, daß der Hyperparasit eine oder mehrere Substanzen produziert, die sich negativ auf die Uredosporenzellwand von verschiedenen Rostpilzen auswirken und die nicht enzymatischen Charakters sind, da bei Hitzeeinwirkung die Wirkung erhalten blieb, während sie nach Dialyse verlorengegangen war (SILVEIRA & RODRIGUES 1972).

## 6.9 Saprophytische Phase

Wie bereits in Kapitel 6.4 (Ernährung) ausgeführt, kann sich *Verticillium lecanii* sowohl parasitisch als auch saprophytisch, also von toter organischer Substanz, ernähren. Man kann die saprophytische Phase des Pilzes in zwei Bereiche unterteilen. Zum einen führt erst die Infektion durch *V. lecanii* zum Absterben des Wirtes, und der Hyperparasit entwickelt sich anschließend auf dem abgetöteten Wirtsgewebe, zum anderen ist *V. lecanii* auch in der Lage, völlig unabhängig von lebenden Organismen zu existieren (DOMSCH 1960 c, GAMS 1971, HALL 1981 b). Die unterschiedlichen Eigenschaften verschiedener Isolate, z.B. bezüglich der Enzymproduktion und der Virulenz, lassen vermuten, daß manche Isolate für eine bestimmte Lebensweise spezialisiert sind, z.B. für die parasitische Lebensweise auf Pilzen oder die saprophytische im Boden (JACKSON et al. 1985). Häufiger haben sich aber auch von totem organischen Material isolierte Stämme als durchaus effektiv gegenüber verschiedenen Wirten gezeigt (HALL 1980 b).

### 6.9.1 Pilzentwicklung im und am toten Wirt

Nachdem *V. lecanii* seinen Wirt abgetötet hat, entwickelt es sich saprophytisch auf dessen Überresten. Es füllt schließlich das gesamte Innere des Wirtes aus, wächst dann bei ausreichender Feuchtigkeit nach außen und bildet auf der Oberfläche seine Fortpflanzungsorgane aus. Die Überreste des Wirtes werden dann mehr oder weniger dicht mit dem weißen Myzel von *V. lecanii* überwachsen (GANHAO 1956, ROBERTS & YENDOL 1971, HÄNSSLER et al. 1981 b, BURGESS & HALL 1983), und z. T. erfolgt eine weitgehende Lyse (WALTER et al. 1988).

Bei tierischen Wirten erfolgt das Wachstum des Pilzes vor dem Tod in der Regel durch Blastosporenvermehrung (s. Kapitel 6.5.2). Letzten Endes werden jedoch die inneren Organe der Wirtstiere bei den sich in dieser Weise im Wirt vermehrenden Pilzen von normalen fadenförmigen Hyphen durchwachsen. Ob der Übergang von der Vermehrung durch Blastosporen zum Hyphenwachstum genau zum Zeitpunkt des Todes oder bereits früher erfolgt, ist von *V. lecanii* nicht bekannt. Fest steht jedoch, daß der Pilz sich postmortal durch Hyphen im Wirt ausbreitet, dessen Substanz für sich verwertet und wieder in umgekehrter Weise die Kutikula durchdringt, um auf der Oberfläche des Wirtes Myzel und Sporenträger zu bilden (VIEGAS 1939, GANHAO 1956, ROBERTS & YENDOL 1971, BURGESS & HALL 1983, CHIYKOWSKI 1985).

VIEGAS (1939) beobachtete, daß bei Schildläusen der Pilz unterhalb des Schildes hervorstach und so einen "Weißen Hof" ("Halo branco") um den intakten Schild bildete. Er berichtet ebenfalls, daß der Pilz beim Durchdringen der Kutikula von innen nach außen die weicheren Integumentbereiche bevorzugt. BARSON (1976) stellte nach dem Tod der durch *V. lecanii* infizierten *Scolytus scolytus*-Larven eine

Erstarrung, hervorgerufen durch die Blockierung des Hämocoels, und ein Auftreten der Sporulation nach 4 bis 7 Tagen bei 23 °C und 100 % r.F. fest.

Bei Untersuchungen von HALL (1976 b) trat bei Blattläusen 24 Stunden nach dem Tod eine intensive Sporulation auf. Auch auf toten Johannisbeergallmilben wurde sporulierendes Myzel des Pilzes beobachtet (KANAGARATNAM et al. 1981 b). CHIY-KOWSKI (1985) bestätigt VIEGAS' Beobachtung bezüglich der Bevorzugung weniger harter Integumentbereiche.

*V. lecanii* überzieht nicht nur den Wirt mit Myzel, sondern breitet sich häufig noch auf eine Entfernung von 1 mm bis 10 mm vom Wirt auf dem Pflanzengewebe aus (ZIMMERMANN 1899, BARSON 1976, KANAGARATNAM et al. 1981 b).

Bei pilzlichen Wirten von *V. lecanii* ist es noch schwieriger, einen Zeitpunkt zu bestimmen, wann der Hyperparasit das Wirtsgewebe abgetötet hat und das saprophytische Wachstum beginnt. Auch hier bildet der Hyperparasit schließlich auf den Überresten des Wirtes einen dichten Myzelrasen mit reicher Sporulation aus (HÄNSSLER et al. 1981 b, MENDGEN 1981, SPENCER & ATKEY 1981 b, UMA & TAYLOR 1987).

#### 6.9.2 Saprophytische Entwicklung unabhängig vom Wirt

*V. lecanii* ist von zahlreichen Substraten als Saprophyt isoliert worden. Beispiele dafür sind Komposterde (DOMSCH 1960 a), verrottende Laubblätter von Esche, Birke, Hasel und Eiche (HERING 1965) sowie Tundraboden (GAMS 1971). Der Pilz gehört zur Mikroflora auf Rübensamen (GAMS 1971), Gerstenkörnern (HILL & LACEY 1983) und Weizenpflanzen (McKENZIE & HUDSON 1976, FLANNIGAN & CAMPBELL 1977, MAGAN & LACEY 1984 a, b und 1986).

Er wurde sogar auf Kunststoff-Kontaktlinsen wachsend gefunden, wobei er die Linsen anätzte (HALL 1981 b).

Seine Kultur auf den üblichen Nährböden im Labor bereitet keine Schwierigkeiten (HALL 1981 b).

Über die Häufigkeit seines Auftretens in der Natur gibt es verschiedene Beobachtungen:

Bei Untersuchungen zum Pilzspektrum einer Bodenprobe konnte DOMSCH (1960 a und c) *V. lecanii* nur sehr selten von der untersuchten Komposterde isolieren. Er schloß daraus, daß *V. lecanii* nicht als weitverbreitet und häufig in normalen Erden in der Bundesrepublik Deutschland angesehen werden könne.

Auch von verrottendem Laub verschiedener Gehölze (s.o.) wurde *V. lecanii* in England isoliert. In der Regel wuchs es von 5 % bis 25 % der Blattproben, bei denen die Verrottung eingesetzt hatte, aus (HERING 1965).

McKENZIE & HUDSON (1976) fanden *V. lecanii* im gleichen Land auf 4 % von gesunden Weizenpflanzen, im Vergleich zu einem Vorkommen auf 57 % der rosterkrankten Pflanzen.

Auf reifender Gerste trat *V. lecanii* in England jedoch weitaus häufiger auf. Auf reifendem Getreide wurde es von 30 % bis 50 %, bei der Ernte mitunter von bis zu 100 % der Proben isoliert. Zum Teil nahm aber auch der Prozentsatz bei zunehmender Reife ab (HILL & LACEY 1983).

In Schottland fanden FLANNIGAN & CAMPBELL (1977) *V. lecanii* auf Weizenpflanzen, sowohl auf Fahnenblättern als auch auf Einzelblüten, wobei der Pilz auf letzteren verstärkt auftrat. MAGAN & LACEY (1984 a, b und 1986) rechneten *V. lecanii* zu den "Feldpilzen" ("field fungi") in England, womit sie solche Pilze bezeichneten, die das Getreide vor der Ernte besiedeln und selten während der Lagerung wachsen (im Gegensatz zu "storage fungi"). Auf den Fahnenblättern von Weizen konnte der Pilz von diesen Forschern nur unregelmäßig beobachtet werden, während er auf reifenden Ähren kontinuierlicher auftrat. Bei diesen Versuchen stellte man auch fest, daß *V. lecanii* wenig konkurrenzfähig gegenüber den anderen Pilzen war.

Bei einer anderen Untersuchung in der Bundesrepublik konnte der Pilz im Gegensatz zu DOMSCHs Ergebnis etwas häufiger isoliert werden (mündl. Mitteil. NIRENBERG 1988).

#### 6.10 Verträglichkeit mit Kulturpflanzen

Zahlreiche Untersuchungen ergaben, daß *Verticillium lecanii* im Gegensatz zu einigen anderen *Verticillium*-Arten Kulturpflanzen nicht schädigt (GARCIA ACHA et al. 1965, GAMS 1971, EKBOM 1979, DOMSCH et al. 1980, HÄNSSLER et al. 1981 b, SRIVASTAVA et al. 1985, ZAMBETTAKIS et al. 1985, UMA & TAYLOR 1987). Bereits 1936 testete Hassebrauk (HASSEBRAUK 1936 und 1937) die Einwirkung von *V. lecanii* auf gesunde Blätter von Getreidepflanzen, wobei sämtliche Infektionsversuche negativ verliefen. Diese Ergebnisse wurden 1957 durch SCHRÖDER & HASSEBRAUK bestätigt, deren Infektionsversuche an gesunden höheren Pflanzen stets fehlschlagen, während *V. lecanii* auf dieselben Pflanzen übertragen werden konnte, nachdem man sie lokal abgetötet hatte.

Bei Versuchen mit *Puccinia striiformis* wurde zwar eine Überwucherung der Blattoberfläche von Getreideblättern bei sehr hoher Luftfeuchte durch den Hyperparasiten beobachtet, jedoch wurden lediglich in Ausnahmefällen, wenn das infizierte Gewebe schon vollständig degeneriert war, innerhalb des Blattgewebes Hyphen von *V. lecanii* gefunden (MENDGEN 1979).

Auch Versuche zur Pflanzenpathogenität bei Gurken und Tomaten erbrachten keine Schädigung durch *V. lecanii* (EKBOM 1979).

MENDGEN & CASPER (1980) stellten mit Hilfe von Immunfluoreszenzmikroskopie fest, daß die Hyphen von *V. lecanii* nicht in das Blattgewebe von Bohnenpflanzen eindringen, sondern sich auf den Sporenbereich der Bohnenrostpusteln beschränkten.

Die ehemalige englische Herstellerfirma von *V. lecanii*- Präparaten betonte ebenfalls, daß *V. lecanii* Pflanzen nicht parasitiert und auch nicht phytotoxisch ist (ANONYMUS a).

Es existieren jedoch einige wenige Untersuchungen, in denen der Pilz als in die Pflanze eindringend oder auch eventuell schädlichen Einfluß auf sie ausübend beschrieben wird.

So berichtete KOTTHOFF (1937) in einer älteren Arbeit, daß sich um befallene Rostpusteln von *Puccinia chrysanthemi* kleine braunschwarze Faulstellen entwickelten. Der Autor führte dies auf ein Eindringen von *V. lecanii* (= *V. coccorum*) zurück. Diese Beobachtung konnte jedoch von keinem in dieser Richtung arbeitenden Wissenschaftler bestätigt werden (s.o.); mit Ausnahme von HASSEBRAUK (1936 und 1937), aus dessen Angaben jedoch nicht genau hervorgeht, ob es sich in diesem Fall speziell um *V. lecanii* handelte (= *V. album-minimum*, *V. lefroyi*). KOTTHOFF (1937) glückte aber ebenfalls keine Infektionen auf gesundem Blattgewebe.

SGHANS et al. (1982) führten Untersuchungen an Rapssamen durch und stellten fest, daß *V. lecanii* hier nicht nur auf der Oberfläche wuchs, sondern in die Samen eindrang und sich dort ausbreitete, wobei auch die Kotyledonen betroffen waren.

UMA & TAYLOR (1987) beobachteten bei Untersuchungen zur Parasitierung von *Puccinia allii*, daß der Hyperparasit gelegentlich mit Hyphen in die Stomata der Lauchblätter eindrang. Dies schien jedoch nicht zur Zerstörung des Blattgewebes zu führen.

HIJWEGEN (1988, schriftl. Mitteil. 1989) berichtet von chlorotischen Aufhellungen bei Gurkenblättern nach Applikation von *V. lecanii* gegen Gurkenmehltau.

### 6.11 Ausbreitung und Epidemiologie

Im Gegensatz zu vielen anderen entomopathogenen oder mykoparasitären Deuteromyceten, deren Sporen durch Wind verbreitet werden können, besitzt *Verticillium lecanii* in Schleim eingebettete Konidien (s. Kapitel 6.1). Daher ist eine Windverbreitung nahezu ausgeschlossen. Auch vom Schleim befreite Sporen sterben schnell aufgrund von Austrocknung ab. Die Sporen von *V. lecanii* werden daher entweder durch Wasser oder durch Kontakt verbreitet (HALL 1980 d und 1981 b, ROMBACH & GILLESPIE 1988).

Das Inokulum für natürliche Infektionen stammt eventuell von organischem Material im Boden. Zysten oder Eier von Nematoden könnten so direkt infiziert werden. *V. lecanii* wurde aber auch als Teil der Mikroflora auf Pflanzenoberflächen beobachtet (s. Kapitel 6.9.2). Die Art und Weise, wie Sporen vom Boden auf die Pflanze und auf Wirte gelangen, ist nicht bekannt (ROMBACH & GILLESPIE 1988).

Die Verbreitung innerhalb eines Pflanzenbestandes von einem Wirtsorganismus zum nächsten kann durch bereits infizierte, aber noch bewegliche Wirtstiere, auf



deren Oberfläche der Pilz bereits sporuliert, durch Wasser oder auch durch andere Arthropoden erfolgen (HALL 1976 b, ROMBACH & GILLESPIE 1988). So berichtete z.B. VIEGAS bereits 1939 von einer Verbreitung des Pilzes innerhalb von Kolonien der Grünen Kaffeeschildlaus (*Coccus viridis*) durch Ameisen.

Das epidemiologische Verhalten von *V. lecanii* ist abhängig von dem jeweiligen Isolat, dem Wirt und den Umweltbedingungen (ROBERTS & YENDOL 1971), wobei auf letztere bereits in Kapitel 6.3 näher eingegangen worden ist.

Betrachtet man den Krankheitserreger, so zeigt sich, daß Isolate hinsichtlich ihres epidemiologischen Potentials stark variieren. Untersuchungen hierüber wurden fast ausschließlich an Blattläusen und der Weißen Fliege (*Trialeurodes vaporariorum*) durchgeführt. Es zeigte sich, daß u.a. die Pathogenität des Stammes, die Art und Weise der Sporulation sowie deren Intensität auf den Überresten des Wirtes und die Geschwindigkeit der Infektion von Bedeutung sind (HALL 1982). So wurde z.B. beobachtet, daß bei Isolaten mit niedrigem epizootischen Potential die auf dem infizierten Insekt gebildeten Konidienträger oft vom Myzel überdeckt wurden, was die Sporenverbreitung behinderte. Auch wurde nachgewiesen, daß virulente Isolate von *V. lecanii* signifikant mehr Konidien bilden als weniger virulente (JACKSON et al. 1985).

HALL (1984) stellte bei seinen Untersuchungen fest, daß verschiedene Isolate von *V. lecanii*, die sich gegenüber adulten Blattläusen als gleich virulent erwiesen hatten, unterschiedlich auf Jungtiere einwirkten. Da infizierte Blattläuse auch in weit fortgeschrittenem Stadium der Krankheit noch gesunde Junge zur Welt bringen, ist die Fähigkeit eines Isolates, sich unter dieser Nachkommenschaft auszubreiten, von sehr großer Bedeutung für eine Bekämpfung. HALL beobachtete hierbei, daß nur großsporige *V. lecanii*-Stämme ( $> 6,7 \mu\text{m}$  Sporenlänge) hohe Mortalität bei Jungtieren bewirkten. Seiner Meinung nach sind nur solche Isolate zum Hervorrufen von Epizootien bei Blattläusen in der Lage.

JACKSON et al. (1985) und YOKOMI & GOTTWALD (1988) konnten jedoch HALLs Beobachtungen bezüglich des starken Zusammenhanges zwischen Sporengröße und epizootischem Verhalten nicht bestätigen.

PFROMMER et al. (1988 b) dagegen hatten den Eindruck, daß ein Zusammenhang zwischen größeren Sporen und besserer biologischer Bekämpfung besteht.

Das Ausmaß einer Verbreitung von *V. lecanii* ist auch in starkem Maße vom Wirt abhängig. Es gibt von den genetischen Anlagen her gesehen stark anfällige und weniger anfällige Wirte. Daneben spielt aber bei tierischen Wirten auch das Verhalten eine große Rolle. So stellten z.B. HALL & BURGESS (1979) bei in vitro-Versuchen fest, daß die Blattlausarten *Myzus persicae* und *Macrosiphoniella sanborni* gleich anfällig sind für eine Infektion durch *V. lecanii*. In Gewächshausversuchen auf Chrysanthenen war dann zwar die Bekämpfung von *Myzus persicae* zufriedenstellend, bei *Macrosiphoniella sanborni* war sie dagegen gewöhnlich nicht ausreichend. Die Autoren nehmen an, daß die Ursache hierfür das Verhalten der Tiere ist. Macro-

*siphoniella sanborni* ist eine relativ seßhafte Blattlaus. *Myzus persicae* ist dagegen weitaus ruheloser, und bei ihr ist somit die Wahrscheinlichkeit eines Kontaktes mit infizierten Tieren höher. Zudem findet man *Macrosiphoniella sanborni* gewöhnlich an den Chrysanthemenstielen unterhalb der Knospen, wo die Luftfeuchte wahrscheinlich niedriger ist als auf der Unterseite der Blätter, wo *Myzus persicae* in der Regel saugt. Erwähnt wurde von HALL & BURGES auch die Möglichkeit, daß das Mikroklima um *Myzus persicae* selbst eventuell eine höhere Luftfeuchtigkeit aufweisen könnte, was günstigere Keimbedingungen für den Pilz schaffen würde.

Auch die Wirtsdichte kann die Ausbreitung des Pilzes beeinflussen. Die Wahrscheinlichkeit einer Infektion nimmt mit Ansteigen der Wirtspopulation zu (HALL 1981 b). So berichtet HALL (1976 c) von natürlichen Infektionen in dichten Populationen von *Trialeurodes vaporariorum*, *Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, *Macrosiphoniella sanborni* und *Brachycaudus helichrysi* unter Glas. Auch LONSDALE (1983) beobachtete, daß Befall von *Cryptococcus fagisuga* durch *V. lecanii* auftrat, wo der Befall durch die Schmierlaus stark war bzw. gewesen war.

Bei künstlicher Ausbringung von Sporensuspensionen im Gewächshaus wurde jedoch auch eine Bekämpfung von geringen Blattlauspopulationen auf Dauer erreicht, was bedeutet, daß sich der Pilz auch dann unter den Schädlingen ausbreiten kann (HALL 1976 c, HALL & BURGES 1979, GARDNER et al. 1984).

Die Ausbreitung des Pilzes ist von großer Bedeutung für eine praktische Anwendung, da die Bekämpfung eines Schädlings oder Krankheitserregers letztlich darauf beruht (HALL 1980 d).

In tropischen und subtropischen Regionen gehört *V. lecanii* zu den wichtigen natürlichen Begrenzungsfaktoren seiner Hauptwirte - Schildläuse und Blattläuse -, wo es auch zu spektakulären Epizootien führt (KRCZAL 1960, HALL 1981 b, ZIMMERMANN 1984). So zum Beispiel auf *Coccus viridis* auf Java (ZIMMERMANN 1899), in Brasilien (VIEGAS 1939), Florida (FREDRICK 1943 a und b, DEKLE 1976), Hawaii (MÜLLER-KÖGLER 1965), auf *Saissetia oleae* und *Coccus floridensis* in Israel (KENNETH & OLMERT 1975) und auf *Philephedra tuberculosa* in Florida (PENA & McMILLAN 1986).

In gemäßigten Klimaten, u.a. in Europa, wurde es in freier Natur zwar ebenfalls häufig gefunden, aber es trat dort in der Regel nur an einzelnen Wirtsorganismen auf. In Gewächshäusern, die dem Pilz günstige Umweltbedingungen bieten, wurden jedoch auch hier Epidemien beobachtet (KRCZAL 1960, EKBOM 1979, HALL 1981 b, RIMSA & KHALIL 1982, ZOHREN 1983, GALANI & ALAMASAN 1984, SLOBODYANYUK et al. 1984, CHAMBERS & HELYER 1988). Das Auftreten starker natürlicher Infektionen bei Gewächshausschädlingen führte in verschiedenen Ländern zu Untersuchungen mit der Fragestellung, inwieweit *V. lecanii* als Bekämpfungsmittel einsetzbar ist, wobei das Institute for Horticultural Research in Littlehampton, England (IHL), führend war (HALL 1976 c, EKBOM 1979, HALL & BURGES 1979, RIMSA & KHALIL 1982, GALANI & ALAMASAN 1984, SLOBODYANYUK et al. 1984).

Weiteres zu diesem Thema berichten KONINGSBERGER & ZIMMERMANN (1901), KALANDRA & ROZSYPAL (1933), AHMAD (1975), BARSON (1976), HALL (1980 b), ANONYMUS a, MILNER & LUTTON (1986), NAPIORKOWSKA-KOWALIK & MACHOWICZ-STEFANIAK (1986) und VIDANO & ARZONE (1988).

## 6.12 Virulenz und Stammspezifität

Da die Begriffe "Virulenz" und "Pathogenität" auf verschiedenen Gebieten und von verschiedenen Autoren unterschiedlich gebraucht werden, soll an dieser Stelle die in der vorliegenden Arbeit verwendete Definition angeführt werden:

"Pathogenität bezeichnet die Fähigkeit eines Erregers, auf Kosten des Wirtes zu leben und an ihm Krankheitserscheinungen auszulösen. Ein Pathogen ist ein Agens, das Krankheit verursachen kann ... . In enger Beziehung zur Pathogenität steht die Virulenz. Sie bezeichnet die relative Fähigkeit eines bestimmten parasitischen Genotyps (Rasse), ein bestimmtes Ausmaß an Krankheit an einem bestimmten Wirtsgenotyp (Sorte) hervorzurufen" (HOFFMANN et al. 1985).

Auch MÜLLER-KÖGLER (1965) verwendete die Begriffe im gleichen Sinn: "Die Virulenz kann von verschiedenen Faktoren abhängig sein. Sie ist im Gegensatz zur Pathogenität (...) - eine quantitative Eigenschaft (...) und deshalb genau nur unter exakten Versuchsbedingungen zu bestimmen, ... ."

Die Virulenz von *V. lecanii*-Isolaten kann durch Biotests gemessen werden (s. Kapitel 7.2) (HALL 1976 a, 1981 b und 1984).

Wie bereits häufiger erwähnt, unterscheiden sich die verschiedenen Stämme von *Verticillium lecanii* zum Teil sehr stark. Zum einen sind diese genetisch bedingten Unterschiede bei Pilzen nicht ungewöhnlich (STRASBURGER 1983), zum anderen sagt selbst GAMS (1971), der 1971 die Neuordnung der *Cephalosporium*-artigen Schimmelpilze durchführte, daß sich für *V. lecanii* eine weite Artauffassung ergibt (s. Kapitel 3).

Intensivere Studien zur Heterogenität verschiedener *V. lecanii*-Stämme wurden u.a. von SOLOVEI (1980), HALL (1980 b, 1981 b und 1984), CLAYDON & GROVE (1982), JACKSON et al. (1985), DRUMMOND et al. (1987) und PFROMMER et al. (1988 b) durchgeführt. Das Hauptziel dieser Forschungen waren Erkenntnisse über virulenz-bestimmende Faktoren. Dieses Wissen ist notwendig, um wirksame Isolate für eine biologische Bekämpfung von Schadorganismen auswählen zu können.

HALL (1980 b) testete z.B. acht *V. lecanii*-Isolate von verschiedenen pilzlichen Wirten auf ihre Wirkung gegenüber *Macrosiphoniella sanborni*. Davon waren drei Stämme sehr wirksam, weitere drei wuchsen lediglich oberflächlich und begünstigten

wahrscheinlich Bakterieninfektionen, die dann einen Teil der Wirte abtöteten. Zwei Stämme waren nicht pathogen.

CLAYDON & GROVE (1982) testeten sieben Isolate hinsichtlich der Produktion von insektiziden sekundären Stoffwechselprodukten. Alle pathogenen Isolate produzierten die insektizide Dipicolinsäure, jedoch nur zwei die neu isolierten C<sub>25</sub>-Verbindungen (s. Kapitel 6.8).

HALL (1984), der in einem weiteren Versuch dreiundvierzig Isolate untersuchte, stellte fest, daß großsporige *V. lecanii*-Isolate ein höheres epizootisches Potential gegenüber Blattläusen aufweisen.

JACKSON et al. (1985) untersuchten achtzehn Isolate von *V. lecanii* verschiedenster Herkunft auf Exoenzymproduktion, Keimungsrate, Sporulation, Wachstum und Konidiengröße. Die Ergebnisse wurden mit den Resultaten aus Versuchen mit adulten und jungen Blattläusen der Art *Macrosiphoniella sanborni* verglichen. Dabei wurde festgestellt, daß die ursprüngliche geographische Herkunft anscheinend nicht mit der Virulenz verbunden ist. Der ursprüngliche Wirt spielte jedoch eine Rolle. Alle Isolate, die von Blattläusen stammten, waren sehr wirkungsvoll, Isolate von anderen Insekten dagegen nur von mittlerer Virulenz, und solche, die nicht von Insekten stammten, tendierten zur Avirulenz gegenüber *Macrosiphoniella sanborni*. Es gab jedoch zwei Ausnahmen: ein sehr virulenter, von Erde und ein avirulenter, von Schildläusen isolierter Stamm. Die Sporulation neun Tage nach der Inokulation schwankte zwischen 0,1 und 20,6 x 10<sup>6</sup> Sporen/ml, und es wurde festgestellt, daß die Mehrzahl der virulenten Isolate mehr als 1x10<sup>6</sup> Konidien/ml produzierte. Die Zeit, in der 50 % der Konidien keimten, lag bei den verschiedenen Isolaten zwischen 5,5 Stunden und mehr als 10 Stunden. Hier war ein gewisser Zusammenhang zwischen Virulenz und schneller Keimung festzustellen. Die Wachstumsrate (Koloniedurchmesser) lag zwischen 0,8 mm und 3,7 mm pro Tag, und es konnte kein Zusammenhang mit der Wirksamkeit der Isolate festgestellt werden. Bei Sporenlänge und -volumen wurde lediglich ein schwacher Zusammenhang zwischen großen Konidien und Virulenz oder epizootischem Wachstum gefunden. Auf die stark unterschiedliche Enzymproduktion wurde bereits in Kapitel 6.7 ausführlich eingegangen. Zusammenfassend stellten JACKSON et al. (1985) fest, daß schnelle Keimung, hohe Sporulation, relativ hohe extrazelluläre Chitinase-Produktion und das Fehlen von extrazellulärer Amylase häufig mit hoher Virulenz von *V. lecanii* verbunden sind. Sie nehmen an, daß verschiedene Eigenschaften zusammenwirken und daß ein einzelner fehlender Faktor das jeweilige Isolat nicht unbedingt benachteiligt.

Bei Untersuchungen von DRUMMOND et al. (1987) mit fünfzehn verschiedenen *V. lecanii*-Isolaten und dem Wirt *T. vaporariorum* wurde festgestellt, daß alle stark virulenten Isolate auch ursprünglich von diesem Wirt stammten. Jedoch auch hier gab es Ausnahmen: ein schwach virulentes Weiße Fliege-Isolat und ein sehr virulentes Blattlaus-Isolat. In dieser Arbeit wurde das Ergebnis von JACKSON et al.

bezüglich des Zusammenhanges zwischen Sporengröße und epizootischem Potential bestätigt.

Nach WALTER et al. (1988) erfolgt das Auswachsen des Pilzes aus den Körpern von abgetöteten *T. vaporariorum*-Larven je nach Isolat unterschiedlich schnell.

PFROMMER et al. (1988 b) konnten keine Korrelation zwischen der unterschiedlichen Effektivität verschiedener Isolate und ihrer Herkunft feststellen.

GRÜNBERG et al. (1988) sahen dagegen HALLs Aussage über die Abhängigkeit der Virulenz verschiedener Isolate von ihrer Herkunft in ihren Arbeiten bestätigt. Diese Autoren stellten außerdem fest, daß bei von *T. vaporariorum* isolierten Pilzstämmen die Virulenz gegenüber Blattläusen durch die Passage durch einen Blattlauswirt erhöht werden kann.

Stammspezifische Unterschiede hinsichtlich der Morphologie wurden bereits in Kapitel 6.1 (Morphologie) beschrieben. Auch auf verschiedene Ansprüche an Luftfeuchte und Temperatur wurde bereits eingegangen (s. Kapitel 6.3). Die Toleranz gegenüber Insektiziden und Fungiziden kann ebenfalls von Isolat zu Isolat verschieden sein (s. Kapitel 9.2).

Kurz erwähnt wird dieses Thema auch bei ALLEN (1982) und HALL (1982).

### 6.13 Natürliche Gegenspieler von *Verticillium lecanii*

*Verticillium lecanii* parasitiert andere Organismen, wird aber auch selbst von anderen Pilzen befallen.

So beschreibt PETCH (1925) das Auftreten von *Melanospora parasitica* (Ascomycotina) auf *V. lecanii* (unter dem Synonym *Cephalosporium longisporum*). Er isolierte *M. parasitica* in der Regel von 50 % oder mehr der mit *V. lecanii* befallenen *Icerya purchasi* auf Ceylon (Sri Lanka). Bei Laborversuchen beobachtete er, daß Keimschläuche von *M. parasitica*-Sporen sich in der Nähe einer *V. lecanii*-Hyphe vergrößerten, unregelmäßig oval wurden und seitlich ein dünnes kegelförmiges Haustorium bildeten, welches sich an die Hyphen von *V. lecanii* anheftete. Das Myzel von *M. parasitica* entwickelte sich dann auf der *V. lecanii*-Kultur und bildete fast kegelförmige Auswüchse, die sich ebenfalls an die *Verticillium*-Hyphen anhefteten.

In einem Fall wurde eine Penetration der Hyphenwand des Wirtes durch ein Haustorium beobachtet, das ein unregelmäßiges Vesikel im Innern bildete. Es war jedoch nicht möglich, diesen Vorfall durch weitere Beobachtungen zu bestätigen. PETCH äußerte jedoch nichts über die Auswirkungen der Parasitierung auf *V. lecanii*.

KALANDRA & ROZSYPAL beschreiben 1933 einen Befall von *V. lecanii* durch *Histiogaster* sp. in der Tschechoslowakei. Sie schreiben das Verschwinden von *V. lecanii* während des Jahres 1933 dem Befall von *Histiogaster* zu. Außerdem beobachteten diese Autoren, daß sehr häufig vorkommende Milben das Myzel von *V. lecanii* zerstörten.

NAGEL (1985) nimmt an, daß der mycophage Nematode *Aphelenchoides hamatus* eine größere Rolle bei der Etablierung von *V. lecanii* im Boden spielt, da sich der Nematode bei Laboruntersuchungen sehr gut in einer *V. lecanii*-Kultur vermehrte.

## 7. Grundlagen für die Anwendung im Pflanzenschutz

Neben der Grundlagenforschung, die sich v.a. mit Isolierung, Morphologie, systematischer Einordnung und Lebensweise von *Verticillium lecanii* beschäftigte, spielte bereits früh der Gedanke einer Nutzung des Pilzes zur Bekämpfung von Schadorganismen eine wichtige Rolle. Ein Großteil der Untersuchungen wurde im Hinblick auf dieses Ziel durchgeführt.

Während sich anfangs die Untersuchungen auf Schildläuse konzentrierten, da der Pilz hier am frühesten und häufigsten beobachtet wurde (ZIMMERMANN 1899, VIEGAS 1939), liegt der Schwerpunkt heute bei Blattläusen und der Weißen Fliege (EKBOM 1979, HALL 1981 b, KHALIL et al. 1983, BEGLYAROV et al. 1986, DRUMMOND et al. 1987, ROMBACH & GILLESPIE 1988, YOKOMI & GOTTWALD 1988). Daneben wurden in den letzten Jahren intensivere Studien mit Thripsen (BINNS et al. 1982, GILLESPIE 1986), Milben (GILLESPIE et al. 1983 b) und verschiedenen Rostpilzen (MENDGEN 1979, HÄNSSLER et al. 1981 b, SPENCER & ATKEY 1981 b, ALLEN 1982, GRABSKI 1984, UMA & TAYLOR 1987) betrieben sowie u.a. Versuche mit verschiedenen wirtschaftlich wichtigen Käfer- (BARSON 1976, GOUR & DABI 1988), Zikaden- (BALASUBRAMANIAN 1979, GILLESPIE et al. 1981, SOUNDARARAJAN et al. 1984) und Schmetterlingsarten (MACHOWICZ-STEFANIAK 1982, MIETKIEWSKI 1985) durchgeführt. Vereinzelt gab es u.a. zu Nematoden (HÄNSSLER & HERMANN 1981, GINTIS et al. 1983, HÄNSSLER 1990) sowie zu weiteren Pilz- (SPENCER & EBBEN 1983, KUTER 1984, HIJWEGEN 1988) und Insektenarten (SOUNDARARAJAN et al. 1984, JOHNSON et al. 1988).

Insgesamt betrachtet wurde weltweit mit *V. lecanii* geforscht. Der Großteil der Forschungen wurde jedoch in Großbritannien durchgeführt und hier in erster Linie durch das Institute for Horticultural Research in Littlehampton, West Sussex (IHRL), das sich bis vor kurzem noch Glasshouse Crops Research Institute (GCRI) nannte. Daneben haben sich Forscher in der UdSSR, der Bundesrepublik Deutschland, Indien, Schweden, den USA, der CSFR und in Polen intensiver mit dem Pilz beschäftigt. Untersuchungen wurden unter anderem auch in Dänemark, Spanien, Portugal, Italien, der Schweiz, Österreich, Rumänien, der Türkei, Israel und Brasilien

durchgeführt. Eine ausführliche Aufführung der Arbeiten ist in Kapitel 2 (Geschichtlicher Überblick) zu finden.

In der Bundesrepublik Deutschland haben in den letzten Jahren v.a. an den Universitäten Konstanz und Aachen Wissenschaftler mit *V. lecanii* gearbeitet, wobei seine Wirkung auf Rostpilze im Vordergrund stand (CASPER & MENDGEN 1979, GRABSKI 1984, GRABSKI & MENDGEN 1984, HÄNSSLER et al. 1981 b, PFROMMER & MENDGEN 1986), aber auch seine Einsatzmöglichkeit bei Blattläusen untersucht wurde (PFROMMER & MENDGEN 1986, PFROMMER et al. 1988 a, b und c).

Allgemeine Forschungsschwerpunkte waren Infektionsversuche, Erforschung der Wirkungsweise des Pathogens, Versuche zur Effizienz bei unterschiedlichen Wirten und deren Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren, Verbesserung der Wirksamkeit sowie Verträglichkeit mit anderen Bekämpfungsmaßnahmen.

Ein Großteil der Untersuchungen fand im Labor statt, und auf diesen basierend wurden Versuche in Freiland und Gewächshaus durchgeführt.

### 7.1 Kultur und Massenproduktion

Die Ernährungsweise des Pilzes wurde bereits in Kapitel 6.4 (Ernährung) behandelt. Aufgrund seiner Fähigkeit, saprophytisch zu leben, ist er auf künstlichen Nährböden gut kultivierbar. Hierzu können die üblichen in der Mykologie verwendeten Nährböden benutzt werden, so z.B. Kartoffel-Dextrose-Agar (PDA), Sabouraud-Dextrose-Agar (SDA), Czapek-Dox-Agar und Malzextrakt-Agar (HALL 1976 b, 1981 b und 1984, EKBOM 1979, HÄNSSLER & HERMANNNS 1981, GRABSKI 1984, BEGLYAROV et al. 1986, GILLESPIE 1986, DRUMMOND et al. 1987).

Auf festen Agarnährböden bildet der Pilz Luftmyzel und Konidien aus. Man kann ihn jedoch auch in flüssigen Nährmedien kultivieren. Hier vermehrt er sich durch Blastosporen. Es wird vermutet, daß diese Veränderung eine Reaktion auf eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration ist (HALL 1981 b).

Über die günstigste Temperatur für die Entwicklung des Pilzes gibt es unterschiedliche Angaben (s. Kapitel 6.3). In der Regel wurde er bei 20 °C bis 25 °C kultiviert (HALL 1976 a, 1982 und 1984, EASWARAMOORTHY & JAYARAJ 1977 a, SPENCER 1980, KANAGARATNAM et al. 1982).

Nach EASWARAMOORTHY & JAYARAJ (1977 a) ist das Wachstum des Pilzes bei pH 6 am besten.

DOMSCH (1960 c) bezeichnet das Wachstum von *V. lecanii* als sehr langsam im Vergleich zu anderen in Böden vorkommenden Pilzen. Nach GAMS (1971) erreichen die Kolonien von *V. lecanii* auf Malzextrakt- oder Hafermehlagar nach zehn Tagen bei 20 °C einen Durchmesser von 18 bis 22 mm.

Häufig hat eine verlängerte Kultur auf künstlichen Nährmedien negative Auswirkungen auf die Fähigkeit eines Pilzes, seinen Wirt zu infizieren. Wie sich eine verlängerte Kultur auf die Virulenz von *V. lecanii* auswirkt, ist noch nicht völlig geklärt. Während ein Teil der Veröffentlichungen von einer eindeutigen Verminderung der Virulenz bei Verwendung älterer oder mehrfach abgeimpfter Kulturen spricht, was die erneute Passage durch einen Wirt erforderlich macht (HUSSEY 1958, BARSON 1976), konnte HALL (1980 a) dies in einer ausführlichen Untersuchung nicht bestätigen. Er stellte nach wiederholtem Abimpfen zwar physiologische Veränderungen, aber keine signifikante Verminderung der Virulenz bei Versuchen mit verschiedenen Nährböden fest. Auch steigerte die Passage durch einen Insektenwirt nicht die Virulenz.

Für die Massenproduktion von *V. lecanii* wird häufig die Kultur von Blastosporen in Flüssigmedien (Submerskultur) bevorzugt, da sie eine einfache, preisgünstige und schnelle Methode zur Gewinnung pilzlichen Infektionsmaterials darstellt. Auch sind hier die Sporenerträge hoch, und die Sporen können sehr einfach durch Zentrifugieren geerntet werden (HALL & BURGESS 1979, HALL 1980 e und 1981 b).

EASWARAMOORTHY & JAYARAJ (1977 a) testeten u.a. verschiedene Flüssigmedien, wobei Sabourauds Flüssigmedium das höchste Myzelrockengewicht erbrachte. HALL (1980 e und 1982) kultivierte *V. lecanii* für 72 bis 96 Stunden in belüftetem, geschütteltem Sabourauds Flüssigmedium bei  $20 \pm 1$  °C. Als durchschnittlichen Ertrag erzielte er  $5 \times 10^7$  Blastosporen pro ml.

Die englischen *V. lecanii*-Präparate enthielten Blastosporen, die man direkt zu einer trockenen Formulierung verarbeitete. Details sind hiervon nicht bekannt (WILDING 1983, ROMBACH & GILLESPIE 1988).

Blastosporen sind jedoch im Vergleich zu den Konidien weniger robust. Sie besitzen eine geringere Lebensfähigkeit und sind empfindlicher gegenüber Trockenheit (HALL 1981 b, WILDING 1983, GOETTEL 1984, BEGLYAROV et al. 1986).

Eine Kultivierung von *Verticillium lecanii* auf Agarnährböden in Petrischalen zur Gewinnung von Konidien ist aber für die Produktion von großen Sporenmengen zu arbeitsaufwendig und zu teuer (HALL 1981 b). Es ist auch möglich, den Pilz auf anderen festen Materialien, z.B. Brotwürfeln und Getreidekörnern, zu kultivieren. Diese Substrate sind preisgünstig, besitzen eine weitaus größere Oberfläche, und eine Kultivierung ist gut in größeren Mengen möglich (EVLAKHOVA 1938, MÜLLER-KÖGLER 1965, EASWARAMOORTHY & JAYARAJ 1977 a und 1978, HALL 1981 b, SOUNDARARAJAN et al. 1984).

Eine Methode zur Massenproduktion von Konidien entwickelten SAMSINAKOVA & KALALOVA 1976 in der CSFR. Sie verbanden die Submerskultur mit einer Oberflächkultur auf festem organischen Medium. Der Pilz wurde zuerst in einem flüssigen Medium für 5 Tage kultiviert. In dieser Zeit wurden  $4,5 \times 10^7$  Blastosporen pro ml gebildet. Dann übergieß man geschälte Hirse mit kochendem Wasser, ließ sie quellen und füllte die Hirse dann 1 cm hoch in Erlmeyerkolben, die anschließend ste-



rilisiert wurden. Nach Abkühlen wurde dieses Material mit den Blastosporen inokuliert. Die Erlmeyerkolben wurden dann für 7 Tage bei 25 °C gehalten. Nach dieser Zeit wurde die Temperatur auf 28 °C bis 30 °C erhöht und die relative Luftfeuchte von 90 % auf 50 % abgesenkt, um das Substrat langsam zu trocknen. Der Pilz sporulierte in dieser Zeit noch reichlich. Das vollständig getrocknete Material wurde dann gemahlen. Auf diese Weise erzielte man  $41 \times 10^7$  Konidien pro g Material. Vorteile ihrer Vorgehensweise gegenüber den sonstigen Methoden zur Konidienproduktion sahen die Autoren im hohen Sporenertrag und dem Wegfallen von Filtrieren oder Zentrifugieren, da der Pilz das Substrat bis auf ca. 10 % abbaut und das Material nach Verdünnung direkt verwendet werden kann. Sie räumen jedoch ein, daß die lange Kulturdauer von ca. 4 Wochen einen Nachteil darstellt. Auch ist es aufwendig, so lange Sterilität aufrechtzuerhalten.

SOUNDARARAJAN et al. (1984), die in Indien *V. lecanii*-Konidien auf *Sorghum*-Hirse kultivierten, ersetzten die Glasgefäße durch Polyethylenbeutel. In diese füllte man das sterilisierte Getreide und versiegelte sie nach Inokulation mit dem Pilz. Nach 3 Wochen bei Zimmertemperatur wurden die Kulturen dann verwendet.

Eine Methode, bei der größere Quantitäten von Konidien frei von Kontamination mit Substrat erzielt werden können, entwickelte GOETTEL (1984) in Kanada. Hierzu wurde Weizenkleie in flachen Pfannen (36 x 26 x 4 cm) mit Wasser vermischt und mit Cellophan bedeckt. Das Ganze wurde dann in einen Autoklavbeutel verpackt und autoklaviert. *V. lecanii*-Konidien, die vorher auf Agar produziert worden waren, wurden als Suspension mit Hilfe einer Spritze durch den Plastikbeutel auf das Cellophan gegeben. Das Loch in dem Beutel wurde verschlossen und die Gefäße für 2 Wochen bei 20 °C aufgestellt. Danach wurde der Plastikbeutel entfernt und das Pilzmyzel von der Cellophanoberfläche abgeschabt. Nach einer Trocknung von 4 bis 5 Tagen pulverisierte man das Material und erhielt so  $2,8 \pm 0,3 \times 10^8$  Konidien pro g.

Eine Produktion von *V. lecanii*-Konidien in etwas größerem Umfang erlaubt die von BEGLYAROV et al. (1986) entwickelte Produktionsanlage. Diese besteht aus einem zylindrischen Kultivator aus rostfreiem Stahl mit einer Kapazität von 50 l sowie Apparaturen zum Durchmischen und Trocknen. Als Grundsubstanz für das Nährsubstrat wurde zerkleinertes Weizenstroh verwendet, das den Vorteil hat, Wasser aufzusaugen, sich aber nicht zu einer dichten Schicht zusammenzuballen. Da es vom Pilz nicht angegriffen wird, konnte es für mehrere Fermentationen verwendet werden. Das Stroh wurde mit der Nährlösung getränkt und in den Kultivator gefüllt. Nach der Sterilisierung wurde dem Stroh-Nährlösungs-Gemisch das Pilzinokulum hinzugefügt. Dieses war vorher in Sabourauds-Flüssigmedium oder auf Gerstenkörnern in 3 Tagen angezogen worden. Die Mischung im Kultivator wurde nun durchmischt und an eine Zwangsbelüftung angeschlossen, die feuchte Luft von unten her durch die Substratschicht im senkrecht stehenden Zylinder drückte und für Sauerstoffzufuhr und Wärmeableitung sorgte. Der Pilz wurde so bei  $24 \pm 1$  °C für 7 Tage kultiviert. Nach

Beendigung der Fermentation wurde der Kultivator vom Belüftungssystem getrennt und mit der Trocknung begonnen. Anschließend siebte man das Substrat und erhielt bei dieser Methode ca. 40 g Pulver mit einer Konzentration von  $5-8 \times 10^{10}$  Konidien/g pro kg Trockensubstrat mit nur unbedeutenden Beimengungen von Myzel und Substrat.

Eine ähnliche kombinierte Fermentierung beschrieben DULMAGE & RHODES (1971) für *V. lecanii* (unter dem Namen *Acrostalagmus aphidium*). Sie verwendeten jedoch anstelle des Weizenstrohs andere Materialien (u.a. Weizenkleie und grobes Mehl), wobei es nicht nötig war, die Konidien von der Kleie-Grundlage wieder zu trennen.

Weiteres zur Kultivierung findet man auch besonders bei EASWARAMOORTHY & JAYARAJ (1977 a) und YASEM DE ROMERO & ROMERO (1985). Außerdem ist auf die in den Kapiteln 7.2 bis 7.4 angeführten Veröffentlichungen zu verweisen. Kurz behandelt wird das Thema Massenproduktion außerdem bei HALL (1976 c), EKBOM (1979 und 1981), SOLOVEI (1984), GILLESPIE (1986), ELLIOTT et al. (1987) und KRIEG & FRANZ (1989).

## 7.2 Laborversuche (Methoden, Biotests, Ergebnisse)

### a) Methoden

Beobachtungen zur Pathogenese wurden mit Hilfe von Licht- und Elektronenmikroskopie durchgeführt. Auch spezielle Methoden wie der ELISA-Test (KHALIL et al. 1985 a) und besondere Färbemethoden (DRUMMOND & HEALE 1985) kamen dabei zum Einsatz. Ergänzt wurden diese Beobachtungen am Objekt durch Versuche mit Kulturfiltraten (SILVEIRA & RODRIGUES 1972) und Untersuchungen der Enzymproduktion (i.d.R. durch Bestimmung von Abbauzonen auf speziellen Agarplatten) (HALL 1981 b, GRABSKI 1984) sowie der Toxinbildung (SUZUKI et al. 1977, KANAOKA et al. 1978, MURAKOSHI et al. 1978, CLAYDON & GROVE 1982).

Die Effektivität des Krankheitserregers wurde zum einen durch Biotests mit den zu testenden Wirten, zum anderen durch Prüfung verschiedener Eigenschaften und Reaktionen auf Nährböden untersucht. Zum Teil wurden dabei mehrere Isolate verglichen. Auf Nährböden wurden u.a. Wachstumsrate, Keimgeschwindigkeit, Sporulationsrate, Exoenzymproduktion und Fungizidtoleranz getestet (OLMERT & KENNETH 1974, MACHOWICZ-STEFANIAK 1980, HALL 1981 b, GRABSKI 1984, ST. LEGER et al. 1986 a, DRUMMOND et al. 1987).

Zur Feststellung der Wirkung auf Arthropoden wurden die Versuchstiere mit Sporen des Pilzes infiziert. Dies geschah u.a. durch Eintauchen der Tiere in Sporensuspensionen (HALL 1976 a, BALASUBRAMANIAN 1979, GILLESPIE 1986), durch Kontakt mit Kadavern, auf denen *V. lecanii* sporulierte (HALL 1984), durch Besprühen der Tiere oder der Unterlage mit Sporensuspensionen (EKBOM 1979, ARZONE et al. 1986, GILLESPIE 1986), aber auch durch Aussetzen der Versuchstiere auf Pilzkolonien für eine bestimmte Zeitspanne (EKBOM 1979). Vor der Infizierung der Testtiere

wurden in der Regel die genaue Konzentration des Inokulums und der Prozentsatz der lebensfähigen Sporen bestimmt (HALL 1976 a, DRUMMOND et al. 1987).

Nach der Inokulation mit dem Pathogen wurden die Versuchstiere gewöhnlich einzeln unter feuchten Bedingungen gehalten und in bestimmten Abständen auf tote Tiere kontrolliert. Ausgedrückt wurden die Mortalitätsraten in Prozent toter Tiere, LT50 und LT95 (Zeit, in der 50 % bzw. 95 % der Tiere starben). Eine wichtige Rolle beim Vergleich der Wirksamkeit verschiedener Isolate spielte die Sporenkonzentration, die zum Tod der Hälfte der Versuchstiere führte (LC50) (HALL 1976 a und 1980 d, DRUMMOND et al. 1987).

Bereits 1976 entwickelte HALL (1976 a) eine sehr präzise, standardisierte Versuchstechnik zur quantitativen Bestimmung der Virulenz von *V. lecanii*-Isolaten, da er frühere Versuchsmethoden für zu ungenau hielt. Auf diese Versuchstechnik wird unter b) noch genauer eingegangen. Modifiziert wurden in den Versuchen u.a. die Konzentration des Inokulums (HALL 1978 b und 1980 e, KANAGARATNAM et al. 1982), die Temperatur (BARSON 1976, HALL 1981 b), die Luftfeuchte (MENDGEN 1979, EKBOM 1981, MENDGEN 1981, MILNER & LUTTON 1986, DRUMMOND et al. 1987), das Isolat (HALL 1980 a, JACKSON et al. 1985, DRUMMOND et al. 1987) und die Wirtsspezies (HALL 1976 c und 1981 b). Hinzu kamen Laboruntersuchungen zur Lagerfähigkeit (EASWARAMOORTHY et al. 1979, HALL 1981 b, ELLIOTT et al. 1987) und zu möglichen Zusätzen zu den Sporensuspensionen, um die Lebensfähigkeit der Sporen und die Wirkung insgesamt zu erhöhen (PFROMMER & MENDGEN 1987, ROMBACH & GILLESPIE 1988).

Bei Laborversuchen mit Pilzen erfolgte die künstliche Infektion entweder durch gemeinsame Applikation von Schadpilz- und *Verticillium*-Sporen oder die Spritzung einer *V. lecanii*-Suspension auf bereits infizierte Versuchspflanzen. Hier wurden ebenfalls Temperatur (MENDGEN 1979, GRABSKI 1984) und Luftfeuchte (MENDGEN 1979) variiert, außerdem u.a. Zeitpunkt der *Verticillium*-Applikation (SPENCER 1980, SPENCER & ATKEY 1981 b), Sporenart des Wirtspilzes (GRABSKI 1984) und Beleuchtungsintensität (GRABSKI 1984, GRABSKI & MENDGEN 1984).

Sehr speziell, aber auch mit dem Ziel der Leistungssteigerung, wurden Versuche zur genetischen Veränderung bestimmter vielversprechender Stämme von *V. lecanii* durchgeführt (s. Kapitel 7.5).

Weiteres ist den unter c) angeführten Arbeiten zu entnehmen.

#### b) Biotests

Um die Virulenz eines Pathogens quantitativ erfassen und mit anderen vergleichen zu können, ist eine standardisierte Versuchstechnik notwendig. Exemplarisch werden hier drei besonders ausgearbeitete Methoden ausführlicher dargestellt.

HALL (1976 a) entwickelte 1976 einen Biotest für *V. lecanii*-Konidien auf Blattläusen. 1984 veröffentlichte er eine Ergänzung, die das epizootische Potential eines Stammes berücksichtigt (HALL 1984).

Als Versuchstier wurde die Blattlaus *Macrosiphoniella sanborni* (Braune Chrysanthemenblattlaus) ausgewählt, da andere Blattlausarten, wie z.B. *Myzus persicae*, eine relativ hohe Sterblichkeit in den Kontrollparzellen aufwiesen.

Zur Vorbereitung und Standardisierung der Konidiensuspension wurde von einem Stamm des Pilzes eine Einsporkultur auf SDA hergestellt. Davon ausgehend beimpfte HALL (1976 a) weitere Petrischalen, die bei  $23 \pm 0,5$  °C für 7 Tage bebrütet wurden. Danach wurden die Kulturen bei  $-17$  °C gelagert und dienten dann als Ausgangsmaterial für den Versuch. Zur Gewinnung von Konidien erntete man die Sporen von einer dieser Kulturen und brachte sie auf größere Agarplatten aus. Diese wurden nach weiteren 7 Tagen bei  $23 \pm 0,5$  °C mit einer  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ -Pufferlösung, die zusätzlich Netzmittel enthielt, überschwemmt. Die so erhaltene Konidiensuspension wurde gefiltert, zentrifugiert und gewaschen. Danach bestimmte HALL die genaue Konzentration und 24 Stunden vor dem Einsatz auch den Prozentsatz der keimfähigen Sporen. Dieser lag immer zwischen 97 % und 100 %. Durch Verdünnung erhielt man dann die benötigte Sporenkonzentration.

Die Blattscheiben für die Versuche wurden von Chrysanthemenpflanzen der Sorte 'Deep Tuneful' abgenommen, die unter möglichst konstanten Bedingungen angezogen worden waren.

Die Zucht der Blattläuse erfolgte unter genau definierten Bedingungen. Verwendet wurden ausgereifte ungeflügelte Tiere.

Die Blattläuse wurden unter Verwendung einer speziellen Vorrichtung vorsichtig in die jeweilige Sporensuspension getaucht und dann einzeln in Versuchszellen gesetzt. Die Tiere wurden dann bei 100 % r.F.,  $20 \pm 0,5$  °C und 16 Stunden Tag (5000 Lux) gehalten. Die Versuchsdauer betrug 6 Tage, wobei die Insekten täglich untersucht und tote Tiere einer mikroskopischen Betrachtung unterzogen wurden. Es wurden jeweils 20 Tiere pro Dosis und Konzentrationen von  $1,25 \times 10^5$ ,  $2,5 \times 10^5$ ,  $5,0 \times 10^5$  und  $10 \times 10^5$  Sporen pro ml verwendet. Die Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet mittels Probitanalyse. Es wurden mehrere Wiederholungen durchgeführt und eine Richtlinie angegeben mit der für das Erreichen eines bestimmten Präzisionsgrades nötigen Anzahl. Die gewichtete mittlere LC50 von 11 durchgeführten Versuchen betrug  $2,33 \times 10^5$  Sporen/ml.

HALL (1976 a) hielt dasselbe Versuchssystem auch für Blastosporen geeignet.

Wie bereits in Kapitel 6.11 (Ausbreitung und Epidemiologie) ausgeführt, ist das isolatspezifische epizootische Potential von großer Bedeutung für die Wirksamkeit. Um auch dieses quantitativ erfassen und verschiedene Isolate vergleichen zu können, entwickelte HALL (1984) auch dafür eine spezielle Versuchstechnik. Bei dieser werden zusätzlich die Sterblichkeit der Nachkommen und der Sporulationsgrad festgehalten. Um zu berücksichtigen, daß die Züchtung von Blattläusen unter Laborbedingungen auf längere Zeit zu Degenerationserscheinungen, u.a. zu höherer Anfälligkeit, führen kann, wurde ein Einsporisolat des C-3-Stammes (auch als 1-72

bezeichnet), der ursprünglich von wildlebenden *Macrosiphoniella sanborni* isoliert worden war, als Standard verwendet. Die Wirkung der im Vergleich zum Standardstamm getesteten Isolate wurde ausgedrückt als Mortalitätsverhältnis ("mortality ratio"), also die durch den Teststamm hervorgerufene prozentuale Mortalität, dividiert durch die von dem Standardstamm hervorgerufene.

Zusätzlich wurde in diesem Zusammenhang ein weiterer Versuch durchgeführt, um die Ansteckung adulter Blattläuse untereinander zu testen. Tote Blattläuse wurden auf Blattscheiben in Versuchskästen zusammen mit je einem gesunden adulten Tier gesetzt und unter den gleichen Bedingungen gehalten wie oben. Es wurden die gleichen Daten festgehalten wie im vorhergehenden Versuch.

Ausgedrückt wurden die Testergebnisse als mittleres Mortalitätsverhältnis bei adulten sowie bei jungen Tieren, als mittlere prozentuale Sterblichkeit der Jungtiere sowie als mittlere LT50 für adulte Blattläuse in Tagen (HALL 1984). Es zeigte sich, daß unter den zahlreichen Isolaten mit hoher Virulenz (Mortalitätsverhältnis nahe 1,0 oder höher) nur wenige auch ein starkes epizootisches Potential aufwiesen (ausgedrückt als Mortalitätsverhältnis bei jungen Tieren). Die kürzeste LT50 für adulte Tiere betrug 3,1 Tage bei einer Sporenkonzentration von  $10^7$  Sporen pro ml.

Diese für Blattläuse entwickelte Versuchstechnik wurde bisher auch in leicht abgewandelter Form für *Thrips tabaci* (GILLESPIE 1986) und *Trialeurodes vaporariorum* (DRUMMOND et al. 1987) verwendet.

Im Jahre 1988 wurde von YOKOMI & GOTTWALD ein weiterer Biotest zur Bestimmung der Virulenz von *V. lecanii* gegenüber Blattläusen veröffentlicht. Die Autoren arbeiteten im Gegensatz zu HALL mit an Citrus unter Glas schädlichen Arten (*Myzus persicae*, *Aphis citricola*, *Aphis gossypii*). Die Zielsetzung war die Entwicklung einer effizienten Methode zur Testung der Virulenz verschiedener Pilzisolates, der Vergleich verschiedener Applikationsmethoden (Besprühen und Tauchen) und die Bestimmung der Fähigkeit eines Isolates, sich in einer Blattlauspopulation auszubreiten. Die entwickelte Methode, die sich nach Meinung der Autoren als exzellent erwiesen hat, unterscheidet sich beträchtlich von HALLs Test. Die Pilzisolates wurden auf Sabouraud-Maltose-Agar (SMA) kultiviert; junge sukkulente Blätter von *Citrus aurantifolia* wurden nach Sterilisieren und Waschen auf Wasseragar in Petrischalen gelegt. Auf diese Weise blieben sie länger in einem guten Zustand als die Blattscheiben von HALL. Je nach Versuch wurden dann jeweils 5 bis 25 ausgewachsene flügellose Blattläuse auf ein Blatt gesetzt. Zur Infektion wurden wie bei HALL Konidien verwendet, zum Ernten und Waschen aber lediglich sterilisiertes Wasser. Bei der Tauch-Variante wurde ein Büchner-Trichter verwendet, jedoch bei kürzerer Verweilzeit der Tiere in der Suspension. In der anderen Variante wurden die Blattläuse mit einer Sporensuspension ohne Netzmittel tropfnaß gesprüht. Danach wurden die Tiere luftgetrocknet, auf die Blätter in die Petrischalen gesetzt und bei

25 °C und einer Photoperiode von 12/12 Stunden gehalten. Der Wasseragar garantierte ca. 100 % r.F. Bei niedriger Sporenkonzentration erwies sich das Tauchen als etwas effektiver als das Besprühen, bei höheren Konzentrationen waren die Unterschiede nicht mehr signifikant. Die Autoren entschieden sich nach diesem Test aufgrund der stärkeren Praxisnähe für die Sprühapplikation. Bei Feststellung der prozentualen Mortalität wurden neben den adulten Blattläusen auch die Nymphen miterfaßt. Die Ergebnisse wurden ausgedrückt in prozentualer Mortalität, LC50- und LT50-Werten. So lagen u.a. die LT50-Werte bei einer Konzentration von  $10^4$  Konidien pro ml bei 9,9 Tagen für die Tauchmethode und bei 12,4 Tagen für die Sprühmethode, während bei  $10^7$  Konidien pro ml die LC50 mit 5,3 und 5,2 Tagen sich nicht mehr signifikant unterschieden. Bis zum Erreichen einer Mortalität von 100 % benötigten die am stärksten virulenten Isolate bei einer Konzentration von  $10^6$  -  $10^7$  Konidien pro ml (bei Sprühapplikation) 4 bis 5 Tage. *Myzus persicae* erwies sich empfindlicher als *Aphis gossypii*, während *Aphis citricola* sich als am widerstandsfähigsten zeigte. Diese Reihenfolge wurde auch bei der Effektivität der Ausbreitung des Pilzes beobachtet. Insgesamt zeigte sich, daß niedrige Konzentrationen bei hohem epizootischen Potential eines Isolates genauso effektiv waren wie höhere Konzentrationen.

Die Methode von YOKOMI & GOTTWALD schließt auch einen Test zur Ausbreitung auf junge Blattläuse mit ein. Hierbei wurden jeweils 6 Tiere auf ein Blatt gesetzt und je 0, 2, 4 oder 6 Tiere mit dem Pilz infiziert. Die Fläche unter der 8-Tage-Mortalitätskurve wurde als Maßstab (AUC, "area under curve") für die horizontale Übertragung auf die Nachkommen verwendet.

### c) Ergebnisse

In diesem Kapitel soll ein Eindruck der im Labor gewonnenen Versuchsergebnisse vermittelt werden, da eine Gesamtdarstellung auf Grund der Vielzahl der Veröffentlichungen, der verschiedenen Fragestellungen und der unterschiedlichen Ergebnisdarstellung nicht möglich ist.

Unter Laborbedingungen sind in der Regel optimale Temperatur und Luftfeuchte gegeben. In den meisten Fällen wurden die Versuchstiere direkt in Kontakt mit Sporen von *V. lecanii* gebracht, die Ergebnisse können daher nicht ohne weiteres auf die Praxis übertragen werden.

So betrug die Mortalität Weißer Fliegen 7 Tage nach Infektion mit *V. lecanii* bei adulten Tieren 100 %, bei Puppen ebenfalls 100 %, während beim 2. und 3. Larvenstadium nur 93,4 % erreicht wurden (HUSSEY 1958).

Bei Versuchen mit dem Großen Ulmensplintkäfer (*Scolytus scolytus*) starben nach Kontakt mit *V. lecanii* ( $4,5 \times 10^6$  Sporen/ml) alle Larven in 5 bis 8 Tagen (GRADWELL et al. 1973, BARSON 1976).

Bei Versuchen von HALL (1976 b) tötete *V. lecanii* bei einer Konzentration von  $10^6$  Sporen/ml alle getesteten Blattläuse der Art *Macrosiphoniella sanborni* in-

nerhalb von 4 bis 6 Tagen. Bei höheren Konzentrationen (z.B.  $10^8$  Sporen/ml) starb ein Teil der Versuchstiere bereits innerhalb von 48 Stunden. Auf numerischer Basis betrachtet, erwiesen sich Blastosporen unter idealen Laborbedingungen auch als doppelt so virulent gegenüber *Macrosiphoniella sanborni* wie Konidien (HALL 1979 b). Bei Versuchen zur Anfälligkeit verschiedener Blattlausarten zeigte sich, daß *Macrosiphoniella sanborni* und *Brachycaudus helichrysi* gleich anfällig waren, während *Myzus persicae* sich als etwas widerstandsfähiger beim Virulenztest erwies (HALL & BURGESS 1979). Die Auswirkung der Sporenkonzentration zeigt sich auch in einem weiteren Versuch von HALL (1981 b), in dem Blattläuse, die mit  $10^7$  bis  $10^8$  Blastosporen/ml behandelt worden waren, 2 bis 3 mal schneller starben (LT50 von 1,9 - 2,3 Tagen) als solche, die in  $10^5$  Sporen/ml getaucht worden waren (LT50 4,8 - 6,2 Tage).

Alle Larven von *Malacosoma neustria* starben bei einer Sporenkonzentration von  $6 \times 10^7$  Sporen/ml in Laborversuchen von MACHOWICZ-STEFAKIAK (1982), wobei ältere Larvenstadien widerstandsfähiger waren.

Bei Versuchen zur Virulenz von *V. lecanii* gegenüber dem schädlichen Coccinelliden *Henosepilachna vigintioctopunctata* zeigte sich, daß das vierte Larvenstadium am empfindlichsten für den Pilz war. Hier wurden bis zu 76,7 % Mortalität erreicht (SANTHARAM et al. 1978).

Versuche mit *Thrips tabaci* erbrachten eine Mortalität von 84 % nach Tauchen in eine Suspension von  $5 \times 10^7$  Blastosporen/ml innerhalb von 6 Tagen, sowie 88 % bis 100 % nach Applikation einer Sporensuspension, die das Pilzwachstum fördernde Zusätze enthielt. In diesen Versuchen war jedoch die Sterblichkeit in den Kontrollen hoch (GILLESPIE et al. 1983 a).

Wie sehr die Wirkung vom Isolat abhängt, zeigten Versuche von JACKSON et al. (1985), die innerhalb von 5 Tagen eine prozentuale Sterblichkeit adulter Blattläuse in einer Bandbreite von 0 % bis 90 % je nach Isolat verzeichneten. Das am stärksten virulente Isolat in diesem Versuch wies eine LT50 bei adulten Blattläusen von 3 Tagen auf ( $1 \times 10^6$  Sporen/ml).

PFROMMER, MENDGEN und SEWIFY (PFROMMER & MENDGEN 1986, PFROMMER et al. 1988a) beobachteten bei *Aphis craccivora* 9 Tage nach Infektion mit *V. lecanii* eine Mortalität von 50 % bis 90 % je nach Isolat.

PENA & McMILLAN (1986) erreichten bei Laborversuchen mit der Schildlaus *Pilephedra tuberculosa* bereits mit niedrigen Sporenkonzentrationen eine erhebliche Steigerung der Mortalitätsrate und Verringerung der Vermehrungsrate.

ARZONE et al. (1986) stellten bei Infektionsversuchen mit *Corythucha ciliata* 100 % Mortalität nach 56 Tagen bei 5 °C fest.

HARPER & HUANG (1986 und 1987) infizierten verschiedene Insekten im Labor mit *V. lecanii*. Sie konnten durch Spritzung einer Sporensuspension die Blattläuse *Acyrtosiphon pisum* bis zu 97 %, *Metopolophium dirhodum* bis zu 85 %, *Myzus persicae* bis zu 100 %, *Rhopalosiphum padi* bis zu 32 % und *Therioaphis maculata* bis

zu 75 % gegenüber der Kontrolle reduzieren. Bei der Heuschrecke *Melanoplus sanguinipes* betrug die Mortalität 100 % nach Tauchen in eine Sporensuspension.

DRUMMOND et al. (1987), die die Wirkung von *V. lecanii* auf die Weiße Fliege untersuchten, fanden für den am stärksten virulenten Stamm eine LT50 von 5,7 Tagen. 88 % der untersuchten Larven (4. Stadium) wurden nach 7 Tagen bei ebenfalls  $1 \times 10^6$  Sporen/ml abgetötet.

Bei Versuchen mit *Scolytus multistriatus*, einem Vektor des Ulmensterbens, lagen die Ergebnisse je nach Temperatur zwischen 46 % und 100 % bei  $10^5$  Sporen/ml (HOULE et al. 1987).

Die Infektion mit *V. lecanii* führte bei *Sitobium avenae* zu einer Sterblichkeit von 53 % (OZINO et al. 1987).

JOHNSON et al. (1988) untersuchten verschiedene Möglichkeiten, Heuschrecken der Gattung *Melanoplus* mit *V. lecanii* zu inokulieren und erzielten nach 12 Tagen durch Sprühen einer Sporensuspension auf die Tiere 99 % Mortalität, durch Besprühen von Weizenblättern, an denen die Tiere fraßen, 87 % und durch Fütterung mit infizierter Weizenkleie 85 %. Jedoch lag in diesem Versuch mit 61 % die Sterblichkeit in der Kontrolle sehr hoch.

Weitere Laborversuche zur Anfälligkeit von Blattläusen, Weißer Fliege und Thripsen führten im Glasshouse Crops Research Institute HALL & BURGESS (1979), HALL (1979 a und b, 1980 a, b, d und e und 1982), DRUMMOND & HEALE (1985) und GILLESPIE (1986) durch.

Nach einer Behandlung mit einer Sporensuspension von *V. lecanii* starben innerhalb von 2 bis 4 Tagen alle getesteten Johannisbeergallmilben (*Cecidophyopsis ribis*) (KANAGARATNAM et al. 1981 b).

Bei Versuchen mit der Gemeinen Spinnmilbe (*Tetranychus urticae*) stellten GILLESPIE et al. (1983 b) bei einem Tauchen der Tiere ( $5 \times 10^7$  Konidien/ml) eine Mortalität von 80 % in 5 Tagen fest. Als die Spinnmilben auf ein Blatt mit sporulierendem Myzel gesetzt wurden, starben 98 % innerhalb der gleichen Zeit.

Bei Versuchen von SPENCER (1980) brachte *V. lecanii* die Entwicklung von Nelkenrost zum Stillstand, sowohl bei Spritzung einer gemischten *Verticillium-Uromyces*-Sporensuspension als auch bei Spritzung von *V. lecanii*-Konidien 24 Stunden vor oder direkt nach dem Aufbrechen der Uredosporenlager.

Bei Versuchen mit Rostpilzen reduzierte die Anwendung von *V. lecanii* den Befall der Pflanzen. SPENCER & ATKEY (1981 a und b) beobachteten, daß eine Applikation von *V. lecanii*-Sporen ( $5 \times 10^5$  Sporen/ml) zu dem Zeitpunkt, als die ersten Uredosporenlager von *Puccinia recondita* auf Weizenblattstücken auftraten, zu einer Reduzierung der absoluten Anzahl der Sporenlager um 64,6 % bis 80 % führte. Während in einem weiteren Versuch 65 % der Kontroll-Lauchblattstücke sporulierende



Rostpusteln von *P. allii* aufwiesen, entwickelten sich keine auf mit *V. lecanii* in einer Konzentration von  $8,9 \times 10^5$  besprühten Lauchblättern (UMA & TAYLOR 1987).

HIJWEGEN (1988) erzielte bei Versuchen in Klimakammern eine erhebliche Reduzierung von Gurkenmehltau durch *V. lecanii*. Eine Verminderung der intakten Mehltau-Konidien um 89,5 % bis 99,5 % wurde festgestellt. HIJWEGEN bezeichnete die Wirkung von *V. lecanii* jedoch als nur mittelmäßig, verglichen mit anderen untersuchten Hyperparasiten.

Weiteres zu diesem Thema ist auch bei MACHOWICZ-STEFANIAK (1982) und HARPER & HUANG (1987) zu finden.

### 7.3 Gewächshausversuche (Methoden, Ergebnisse)

In zahlreichen Versuchen wurde geprüft, inwieweit in Gewächshäusern, in denen durch Regelung der Klimafaktoren günstige Bedingungen für *Verticillium lecanii* geschaffen werden können, eine Bekämpfung von Schadorganismen durch den Pilz möglich ist. Die Versuche wurden zu einem großen Teil in kleineren Gewächshäusern durchgeführt, später jedoch auch in großen Gewächshäusern unter praxisüblichen Bedingungen. Man konzentrierte sich auf wenige Gewächshauskulturen. Als erstes ist hier die gesteuerte Chrysanthemenkultur zu nennen. Sie bietet durch das allabendliche Zuziehen von Verdunklungsfolien fast ideale Bedingungen für *V. lecanii*. In dieser Kultur wurden die Blattlausarten *Macrosiphoniella sanborni* (Braune Chrysanthemenblattlaus), *Myzus persicae* (Grüne Pfirsichblattlaus), *Aphis fabae* (Schwarze Bohnen- oder Rübenblattlaus), *Aphis gossypii* (Grüne Gurkenblattlaus) und *Brachycaudus helichrysi* (Kleine Pflaumenblattlaus) mit *V. lecanii* bekämpft (HALL 1976 c, 1978 b, 1979 a und b, HALL & BURGESS 1977 a, HALL et al. 1981 a, GARDNER et al. 1984, HELYER & WARDLOW 1987, HELYER 1988, GRÜNBERG et al. 1988).

Ebenfalls sehr gut untersucht wurde die Wirkung auf Schädlinge an Gewächshausgurken. Hier wurden Versuche mit *V. lecanii* gegen die Weiße Fliege (*T. vaporariorum*), den Zwiebelblasenfuß (*Thrips tabaci*), *Aphis gossypii*, und in geringem Maß gegen Mehltau (*Sphaerotheca fuliginea*) und *Tetranychus urticae* (Gemeine Spinnmilbe) durchgeführt (HALL 1978 c, EKBOM 1979, KANAGARATNAM et al. 1979 a, HALL et al. 1981 c und 1983 b, BINNS et al. 1982, GILLESPIE et al. 1983 a, SPENCER & EBBEN 1983, GILLESPIE 1986 und 1988 a). Weitere Gewächshausversuche gegen Blattläuse fanden an Zuckerrüben, Kohl und Auberginen und gegen Weiße Fliege an Tomaten und Tabak statt (KANAGARATNAM & HALL 1978 a, HALL et al. 1983 b, KHALIL et al. 1983, PFROMMER & MENDGEN 1986, ALBERT 1987). Zur Schildlausbekämpfung an Citrus unter Glas äußerten sich SAM SINAKOVA & KALALOVA (1975) sowie PENA & McMILLAN (1986). Die Wirkung von *V. lecanii* auf Rostpilze wurde unter Glas gegen *Uromyces*

*appendiculatus* var. *appendiculatus* an Buschbohnen, *P. recondita* an Weizen und *Uromyces dianthi* an Nelken getestet (SPENCER & ATKEY 1981 b, GRABSKI 1984).

#### a) Methoden

In Gewächshausversuchen wurden die jeweiligen Versuchspflanzen in der Regel künstlich mit den Schädlingen bzw. Schadpilzen infiziert, zum Teil nutzte man auch natürliche Infektionen. *V. lecanii* wurde vorwiegend als Sporensuspension mit Zusatz von Netzmitteln gespritzt, selten wurden auch infizierte Insekten freigelassen. Nach der Applikation, die nach Möglichkeit am späten Nachmittag oder Abend stattfand, bemühte man sich um hohe Luftfeuchtigkeit durch zusätzliches Wässern, Nebeln oder Bedecken mit Kunststofffolien. Die Bewertung erfolgte in erster Linie durch Zählung der befallenen oder der nicht infizierten Tiere bzw. Sporenlager pro Pflanze vor und in bestimmten Zeitabständen nach der Behandlung. Neben einmaligen *V. lecanii*-Spritzungen wurden auch Versuche mit mehrmaliger Anwendung durchgeführt, wenn es notwendig für die Bekämpfung eines bestimmten Wirtes erschien. Die Sporenkonzentrationen bewegten sich in der Regel zwischen  $1,0 \times 10^6$  und  $2,0 \times 10^8$  Sporen/ml. Es wurden sowohl Konidien als auch Blastosporen eingesetzt (HALL 1976 c, 1979 a, b und 1981 b, EKBOM 1979, HALL & BURGESS 1979, BINNS et al. 1982, GARDNER et al. 1984, GRABSKI 1984, KITAZAWA et al. 1984, GILLESPIE 1986, HARPER & HUANG 1986).

In den letzten Jahren wurden den Sporensuspensionen auch häufig Nährstoffzusätze hinzugefügt, die dem Pilz eine Art Starthilfe geben (s. Kapitel 8.5).

BORISOV & VINOKUROVA (1983) unternahmen Versuche mit einer gemischten Sporensuspension von verschiedenen entomopathogenen Pilzen, darunter auch *V. lecanii* (= *Cephalosporium lecanii*), um die Weiße Fliege zu bekämpfen.

Die Ausbringung der Suspensionen erfolgte in der Regel durch gewöhnliche Spritzgeräte, es wurden jedoch auch Nebelgeräte mit sehr geringen Aufwandmengen mit Erfolg getestet. Heißluftnebelgeräte sind jedoch nicht verwendbar, da die hohen Temperaturen für die Sporen schädlich sind (HALL 1983 a, HELYER & WARDLOW 1987).

Auch möglich ist die Einbringung von Sporensuspension in den Boden, z.B. bei Topfpflanzen oder die Infizierung von Futter (GOUR & DABI 1988).

Eine zusätzliche Maßnahme, um den Kontakt von Schädlingen mit *Verticillium*-Sporen zu erhöhen, beschreibt PICKETT (1988): durch Ausbringung eines "Blattlaus-Alarm-Pheromons" ((E)- $\beta$ -farnesene), das eine Zerstreung der Blattläuse bewirkt, kann die Zahl infizierter Tiere erhöht werden.

#### b) Ergebnisse

Wie auch bei den Laborversuchen ist hier eine Gesamtdarstellung der Versuche aus den oben genannten Gründen nicht möglich. Ein Teil der Arbeiten wird in diesem

Kapitel exemplarisch beschrieben, ähnlich durchgeführte Versuche werden nur angeführt.

### Blattläuse

*V. lecanii* dezimierte bei Versuchen von HALL (1976 c und 1981 b) und HALL & BURGESS (1979) zufriedenstellend den wichtigen Chrysanthemenschädling *Myzus persicae* (Abb. 10). Sowohl in kleineren als auch in größeren Gewächshäusern reichte die Ausbringung einer *V. lecanii*-Sporensuspension mit Blastosporen oder mit Konidien für die Bekämpfung dieser Blattlausart für die Dauer einer Kultur aus.

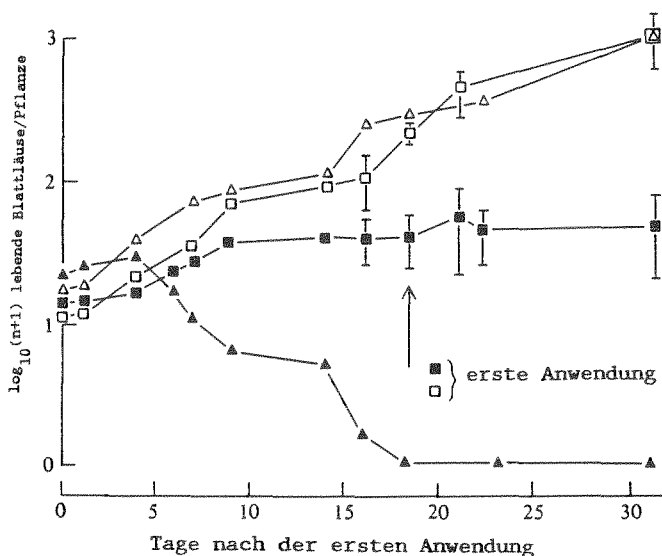


Abb. 10: Die Wirkung einer Spritzung von *Verticillium lecanii*-Blastosporen auf *Macrosiphoniella sanborni* und *Myzus persicae* auf Chrysanthemen (Minimumtemperatur: 20 °C)

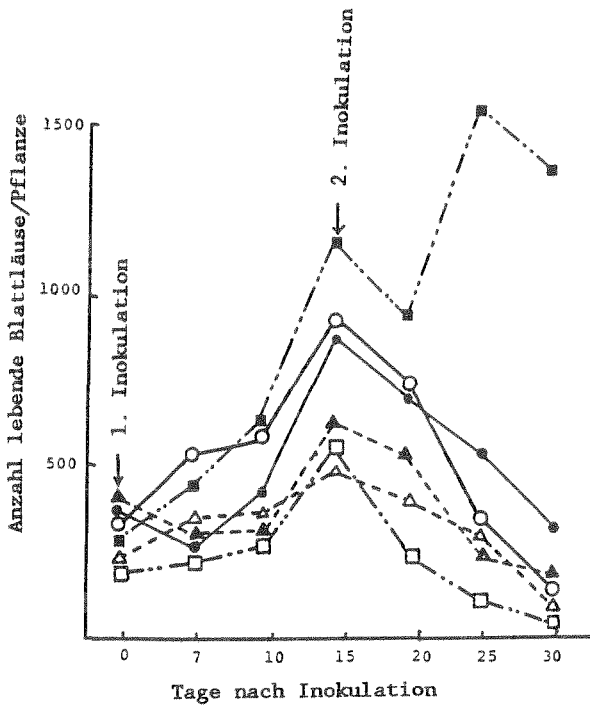
*M. sanborni*:      ■ = behandelt,      □ = unbehandelt  
*M. persicae*:      ▲ = behandelt,      △ = unbehandelt  
(nach HALL & BURGESS 1979)

Auch bei einer niedrigen Blattlausanzahl auf den Pflanzen wirkte der Pilz gut, was die starke epizootische Ausbreitung des Pilzes zeigt. Diese wird noch einmal bewiesen durch die Tatsache, daß kein Unterschied in der Bekämpfung zwischen Suspensionen mit  $10^5$  und  $10^7$  Sporen/ml festzustellen war.



wo die relative Luftfeuchte aufgrund größerer Pflanzendichte höher sei, eine Bekämpfung dieser beiden Arten erfolgreicher sein könnte. Er wurde in dieser Auffassung bestärkt durch die Abtötung natürlich zugewanderter *Aphis fabae*-Besiedlungen in großen Gewächshäusern, da *A. fabae* üblicherweise ebenfalls am Chrysanthemenstengel zu finden ist.

In Gewächshausversuchen gegen *M. sanborni* erwiesen sich im Gegensatz zu den Laborergebnissen (s. Kapitel 7.2) Konidien und Blastosporen von *V. lecanii* als gleich wirksam (HALL 1979 b).



**Abb. 12:** Die Wirkung von *Verticillium lecanii* auf *Aphis gossypii* an Kürbis  
▲, △, ●, ○, ◻ = verschiedene Isolate, ■ = unbehandelte Kontrolle  
(nach KITAZAWA et al. 1984)

Bei Versuchen von HALL (1981 b) mit *Aphis gossypii* bekämpfte der Pilz zwar eine schwache Population innerhalb von 14 Tagen, aber nach 4 bis 6 Wochen nahmen die Blattläuse wieder zu, und der Pilz breitete sich nicht weiter aus.

Im Glasshouse Crops Research Institute wurden zahlreiche weitere Gewächshausversuche zur Bekämpfung von Blattläusen an Chrysanthemen und Gurken durchgeführt: HALL & BURGESS (1976 und 1977 b), HALL (1979 a, 1980 e, 1981 c und 1982), WARDLOW (1980). HALL et al. (1981 a und c) und GILLESPIE (1988 a).

RIMSA & KHALIL (1982) und KHALIL et al. (1983) berichten von Versuchen mit Blattläusen auf getopften Zuckerrüben (*Aphis fabae*) und Gurkenpflanzen (*Myzus persicae*, *Brachycaudus helichrysi*, *Macrosiphoniella sanborni*). Eine Spritzung von *V. lecanii* in der Konzentration von  $10^8$  Sporen/ml führte zu einer vollständigen Bekämpfung von *A. fabae* nach 14 Tagen, *M. persicae* nach 25 Tagen, *M. sanborni* nach 30 Tagen und *B. helichrysi* nach 35 Tagen. Auch diese Autoren vermuten die Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse in ökologischen Faktoren und dem Verhalten der Blattläuse.

Gute Ergebnisse bei der Bekämpfung von *A. gossypii* mit verschiedenen *V. lecanii*-Isolaten erzielten KITAZAWA et al. (1984), jedoch mit einer zweiten Anwendung des Pilzes (Abb. 12).

In der Bundesrepublik Deutschland wurden zum Teil gute Ergebnisse bei der Bekämpfung der Mehligen Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) auf Kohl und *Aphis craccivora* an *Vicia faba* unter Glas erzielt, bei letzterer besonders durch Zugabe von subletalen Dosen (0,001 %) des Insektizids Lannate. Nach 14 Tagen lag der Wirkungsgrad bei 100 %. Im Sommer waren die Ergebnisse jedoch unbefriedigend, vermutlich aufgrund zu hoher Temperaturen (PFROMMER & MENDGEN 1986, ALBERT 1987, PFROMMER et al. 1988 a, MENDGEN et al. 1988, mündl. Mitteil. Pfrommer 1988).

In der DDR wurden die Einsatzmöglichkeiten von *V. lecanii* gegenüber Blattläusen unter Glas und unter Folie untersucht (GRÜNBERG et al. 1988). In Modellversuchen wurden *A. gossypii* auf Chrysanthemen in einem Kleingewächshaus mit *V. lecanii* besprüht (5 Applikationen mit je  $2,1 \times 10^8$  Blastosporen/ml). Nachdem anfangs ein signifikanter Unterschied zwischen Versuchspartzen und Kontrolle festgestellt werden konnte, stieg die Blattlauspopulation einige Tage nach Applikation wieder an, die Ausbreitung des Pilzes blieb somit hinter der Vermehrungsrate von *A. gossypii* zurück. Die Autoren begründen das unbefriedigende Ergebnis damit, daß die Luftfeuchte für eine Erstinfektion, aber nicht für eine Manifestierung von *V. lecanii* ausreichte. In einem weiteren Versuch auf größerer Fläche mit praxisüblicher Ausbringungstechnik war zwar eine signifikante Abnahme der Blattlauspopulation feststellbar, aber auch hier war der Bekämpfungseffekt unzureichend. In diesem Fall war die Ursache eine ungenügende Benetzung der Chrysanthemen aufgrund der Applikationstechnik.

Über die Bekämpfung von Blattläusen unter Glas berichten weiterhin LARA (1981), BORISOV & VINOKUROVA (1983), BEGLYAROV et al. (1986), FREULER (1987) und ROMBACH & GILLESPIE (1988).

#### Weißer Fliege

KANAGARATNAM, BURGESS und HALL (KANAGARATNAM et al. 1979 a und 1982, HALL 1981 b) stellten fest, daß bei Bekämpfung der Weißen Fliege auf Gurken ebenso wie bei *A. gossypii* zwar ein Abtöten der von Sporensuspension getroffenen Individuen zu

erreichen war, jedoch keine Ausbreitung der Pilzkrankheit. Dadurch war eine häufigere Anwendung von *V. lecanii* notwendig. Nach der ersten Applikation bei einer Konzentration von  $1,7 \times 10^7$  Sporen/ml starben 50 % bis 98,6 % der unbeweglichen Larven. Die restlichen Tiere vermehrten sich dann wieder stark. Daher wurden 5 Spritzungen im Abstand von 2 Wochen oder 3 Spritzungen alle 4 Wochen vorgenommen, um 90 % bis 99 % der adulten Weißen Fliegen abzutöten. Nach diesen Versuchen wurde im IHRL ein ursprünglich von Weißer Fliege stammendes Isolat getestet, das sich im Gegensatz zum oben behandelten auch auf nicht direkt von der Suspension getroffene Weiße Fliegen ausbreitete. Mit Unterstützung durch eine spezielle, Nährstoffe enthaltende Formulierung bekämpfte dieser *V. lecanii*-Stamm etablierte Populationen von *T. vaporariorum* zufriedenstellend. Dieses Isolat wurde später als "Mycotal" registriert (s. Kapitel 8) (HALL 1981 c, 1982 und 1984).

Weitere Versuche zur Bekämpfung von Weißer Fliege an Gewächshausgurken wurden im Glasshouse Crops Research Institute von KANAGARATNAM et al. (1981 a und 1982), HALL (1981 c und 1982), HALL et al. (1983 b) und GILLESPIE (1988 a) durchgeführt.

Auch aus der UdSSR wurde von einer erfolgreichen Bekämpfung der Weißen Fliege berichtet. So konnten je nach Isolat auf Tomaten 89,2 % bis 97,7 % der Larven abgetötet werden. Auf die Ausbreitung des Pilzes wurde hier nicht eingegangen (SOLOVEI 1980).

Aus der Bundesrepublik Deutschland wird hinsichtlich der Bekämpfung von *T. vaporariorum* sowohl von erfolgversprechenden Versuchen (BÜHL & MITTNACHT 1986) als auch von schlechten Ergebnissen selbst bei hoher Luftfeuchte (ALBERT 1987) berichtet.

Voraussetzungen für eine erfolgreiche Bekämpfung sind immer hohe Luftfeuchte und günstige Temperaturen, da sonst die Versuche wenig erfolgreich sind (EKBOM 1979 und 1980, SOLOVEI 1980, GILLESPIE 1988 c).

Von weiteren Versuchen berichten ANONYMUS (1982), BORISOV & VINOKUROVA (1983), LANDA (1984 und 1985) und ELLIOTT et al. (1987).

#### Verschiedene Schädlinge

GANHAO (1956) führte ein Gewächshausexperiment zur Bekämpfung verschiedener Schildlausarten durch, das zu 41 % bis 96,5 % Mortalität führte, je nach Wirtsspezies und deren Herkunft.

SAMSINAKOVA & KALALOVA (1975) erreichten durch Anwendung von *V. lecanii* zur Bekämpfung von *Coccus hesperidum* eine Mortalität von 85 % bis 100 % in 3 Wochen, jedoch lag die Sterblichkeit in der Kontrollparzelle bereits bei 49 %.

Ein Gewächshausexperiment, bei dem *V. lecanii* gegen die Schildlaus *Philephedra tuberculosa* eingesetzt wurde, zeigte gute Ergebnisse, und PENA & McMILLAN (1986) halten den Pilz für vielversprechend.

Versuche mit *Thrips tabaci* zeigten, daß *V. lecanii* in der Lage ist, Thrips-Populationen auf Gewächshausgurken zu verringern (GILLESPIE et al. 1983 a, GILLESPIE 1986 und 1988 a, ROMBACH & GILLESPIE 1988).

Ebenfalls an Gurken wurde ein Versuch zur Dezimierung von *Tetranychus urticae* durchgeführt. Hier konnte durch Spritzung von *V. lecanii*-Sporen der Milbenbefall auf Null reduziert werden, während nach 20 Tagen in der Kontrolle 111,9 Milben pro Blatt gezählt wurden (GILLESPIE 1988 a).

### Pilze

Die Forschung zum möglichen praktischen Einsatz von *V. lecanii* gegen phytopathogene Pilze befindet sich, verglichen mit den Untersuchungen zur Bekämpfung von Insekten, noch im Anfangsstadium.

SPENCER & ATKEY beobachteten, daß bei Applikation einer gemischten Sporensuspension von *V. lecanii* und *Uromyces dianthi* mehr als 50 % (SPENCER 1980) bzw. 84 % bis 90 % (SPENCER & ATKEY 1981 b) weniger Uredosporenlager auftraten als bei alleiniger Applikation von *U. dianthi*.

Bei Versuchen zur Bekämpfung von *Sphaerotheca fuliginea* wurde zwar eine merkliche Reduktion des Auftretens auf Gurken, jedoch keine Ertragszunahme festgestellt (SPENCER & EBBEN 1983).

GRABSKI (1984) und GRABSKI & MENDGEN (1984 und 1985) berichteten, daß eine Ausbreitung des Bohnenrostpilzes (*U. appendiculatus* var. *appendiculatus*) auf benachbarte Pflanzen durch *V. lecanii* zu 68,12 % verhindert werden konnte. Auch ein Mehrertrag durch den Einsatz des Hyperparasiten konnte festgestellt werden.

Bereits eine Spritzung von  $10^3$  bzw.  $10^4$  Sporen pro ml reduzierte die Anzahl Rostpusteln an Frangipani-Pflanzen auf ein sehr niedriges Niveau (McMILLAN 1985).

PFROMMER et al. (1988 c) berichten, daß die kurative Behandlung von Rostpilzen nur unter künstlich gesteuerten Bedingungen ausreichend war. Die Bekämpfung von Schädlingen im Gewächshaus sei dann sinnvoll, wenn die Klimaführung eine relativ hohe nächtliche Luftfeuchtigkeit und nicht zu hohe Tagestemperaturen erlaubt.

Versuche mit den Präparaten "Vertalec" und "Mycotal" werden außerdem in Kapitel 8.2 beschrieben.

## 7.4 Freilandversuche in verschiedenen Klimaten

### a) In tropischen und subtropischen Klimaten

*Verticillium lecanii* stellt in tropischen und subtropischen Regionen einen wichtigen natürlichen Begrenzungsfaktor verschiedener Schädlinge dar. Bereits Ende des letzten Jahrhunderts führte die Beobachtung des starken Auftretens des Pilzes an Schildläusen auf Java zu Infektionsversuchen. Besondere Chancen sah man in der Bekämpfung von *Coccus viridis* (Grüne Kaffeeschildlaus), einem bedeutenden Kaffee-



schädling. Obwohl man noch sehr wenig über den Pilz wußte, wurde für eine Anwendung bereits ein kühlerer Abend bei feuchtem Wetter empfohlen. Die Pilzsporen brachte man jedoch noch mit einem feuchten Pinsel aus. Auch eine Infektion mittels Pilzhyphen wurde in Erwägung gezogen (ZIMMERMANN 1899, KONINGSBERGER & ZIMMERMANN 1901, HALL 1981 b).

Fast 40 Jahre nach den Berichten von ZIMMERMANN und KONINGSBERGER (ZIMMERMANN 1899, KONINGSBERGER & ZIMMERMANN 1901) veröffentlichte VIEGAS 1939 seine Arbeit über *V. lecanii*, in der er neben morphologischen Untersuchungen die Bedeutung des Pilzes für eine biologische Bekämpfung von *C. viridis* in Brasilien diskutierte. Von ihm durchgeführte Inokulationsversuche ließen sich nicht auswerten, da nach wenigen Tagen auch die Insekten auf den Kontrollpflanzen von *V. lecanii* befallen waren. ZIMMERMANN (1899) hatte ebenfalls Schwierigkeiten, gesunde Schildläuse für seine Versuche zu finden. Dies verdeutlicht nochmals die Bedeutung des Pilzes unter tropischen Bedingungen.

VIEGAS (1939) empfahl die Anwendung des Pilzes in Kaffeeplantagen, da er durch ihn eine langsame, aber sichere Beherrschung des Schädlings erwartete. Die von ihm vorgeschlagenen Applikationsmethoden waren bereits etwas fortgeschrittener. Als eine Möglichkeit sah er die Verwendung von Blättern an, die mit infizierten Schildläusen besetzt waren. Diese sollten möglichst im schattigen Innern der Kaffeepflanzen befestigt werden. Als zweite Methode schlug er das Spritzen von aus Reinkulturen gewonnenen Sporensuspensionen vor. Die dafür benötigten Pilzkulturen stellte er den Farmern zur Verfügung.

FREDRICK (1943 b) berichtet von erfolglosen Versuchen, in Florida *Coccus viridis* mit *V. lecanii* (= *Cephalosporium lecanii*) zu bekämpfen. Die Versuchsmethoden werden jedoch nicht näher beschrieben.

Nach diesen z.T. vielversprechenden Anfängen scheint jedoch weder auf Java noch in Brasilien die Anwendung von *V. lecanii* ausgeweitet worden zu sein. Obwohl in Brasilien heute intensive Untersuchungen mit anderen entomopathogenen Pilzen, u.a. *Metarhizium anisopliae* und *Beauveria bassiana*, durchgeführt und von *M. anisopliae* ein Präparat in der Praxis eingesetzt wird (FERRON 1981, schriftl. Mitteil. BATISTA FILHO 1988), kommen von dort keine Veröffentlichungen zum Einsatz von *V. lecanii*. Eine Ursache könnte u.a. sein, daß *C. viridis* im Kaffeeanbau in Brasilien heute nur eine sekundäre Bedeutung hat (mündliche Mitteilung NABOR 1989).

Insgesamt gesehen gab es in den letzten Jahren nur relativ wenige Berichte von Versuchen mit *V. lecanii* zur Bekämpfung von Schadinsekten in den Tropen, und diese stammen fast ausschließlich aus Indien. *V. lecanii* wurde hier u.a. gegen *C. viridis*, *Pentalonia nigronervosa* (Bananenblattlaus) und verschiedene Reisschädlinge eingesetzt. Die Versuche zur Bekämpfung von *C. viridis* auf Kaffeepflanzen waren z.T. sehr erfolgreich. Während zwei Spritzungen von *V. lecanii*-Konidien in zweiwöchigem Abstand bis zu 73,1 % Mortalität nach zwei Wochen erbrachten, erreichten EASWARAMOORTHY & JAYARAJ (1978) durch Zusatz von Netzmitteln

eine signifikante Verbesserung. Am effektivsten war der Zusatz von Tween 20, wodurch 97,6 % Mortalität unter den Schildläusen erreicht wurde. Die Autoren halten die Umweltbedingungen für ein längeres Überleben des Pilzes in diesem Ökosystem für sehr günstig. Jedoch zeigte sich auch, daß außerhalb der Monsun- und Kaltwetter-Periode der Bekämpfungserfolg geringer war. Aber auch in dieser Jahreszeit konnte durch Zusatz von Netzmitteln die Wirkung erhöht werden. So konnte durch Zusatz von Triton X100 die Mortalität der Schildläuse von 16,6 % auf 79,9 % gesteigert werden (SANTHARAM et al. 1977). Versuche zur Bekämpfung von *Pulvinaria psidii* an *Capsicum* erbrachten nur mäßige Ergebnisse (EASWARAMOORTHY & JAYARAJ 1977 b). Bei der Bekämpfung der Bananenblattlaus wurde zeitweise die Population um 87,7 % reduziert. Die Ergebnisse waren jedoch nicht reproduzierbar und erfordern nach Ansicht von REGUPATHY & PARANJOTHI (1979) weitere Bestätigung. Versuche mit *V. lecanii* zur Bekämpfung verschiedener Reisschädlinge, die lediglich als "whorl maggot", "stem borer" und "leaf roller" angegeben wurden, verliefen negativ (NARAYANASAMY & BASKARAN 1979). Bei Feldversuchen zur Bekämpfung von Frangipani-Rost (*Coleosporium domingense*) in Florida wurde der Blattfall von 71 % in den unbehandelten Parzellen auf 0 % durch *V. lecanii* reduziert (McMILLAN 1985).

Diese geringe Beachtung des Pilzes ist erstaunlich, betrachtet man seine Bedeutung als natürlicher Gegenspieler.

Von weiteren Versuchen berichten EASWARAMOORTHY & JAYARAJ (1977 a), EASWARAMOORTHY et al. (1979) und ANONYMUS (1987).

#### b) In gemäßigten Klimaten

Am Schwarzen Meer wurden u.a. Versuche zur Bekämpfung der Chinesischen Wachschildlaus (*Ceroplastes sinensis*) und *Coccus pseudomagnoliarum* an Citrus in der UdSSR (unter dem Synonym *Cephalosporium lecanii*) (EVLAKHOVA 1938 und 1941, POSPELOV 1940) durchgeführt.

Bei der Bekämpfung von *C. sinensis* verwendete EVLAKHOVA (1938) auf Kartoffelstücken gewachsene, danach getrocknete und pulverisierte Pilzkulturen, die als Staub oder als wässrige Suspensionen ausgebracht wurden. Die Ergebnisse waren sehr stark vom Wetter abhängig und lagen zwischen 27,7 % und 100 % bei Spritzung und 13,0 % bis 19,4 % beim Stäuben.

Bei *Coccus pseudomagnoliarum* wurde eine Mortalität von 56,8 % und 74,8 % erreicht. Interessanterweise wurde auch festgestellt, daß der Pilz nach Überwinterung in toten Schildläusen in der nächsten Vegetationsperiode bis zu 44 % der Tiere, sowohl auf im vorherigen Jahr behandelten als auch auf unbehandelten Bäumen, tötete (EVLAKHOVA 1941).

Versuche zur Blattlausbekämpfung im Freiland wurden u.a. in den USA, der CSFR und der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt.

In Maine (USA) bewirkten Versuche zur Blattlausbekämpfung (*Macrosiphum solanifolii*) in Kartoffeln durch *V. lecanii* (unter dem Synonym *Acrostalagmus aphidium*) nur geringe Befallsquoten (SHANDS et al. 1958).

Relativ schlechte Ergebnisse erbrachten Versuche zur Bekämpfung von *Pulvinaria floccifera* an Tee in der Türkei. Die Inokulationen mit *V. lecanii* erhöhten lediglich etwas die natürliche Infektionsrate (ALAY 1965).

Einbürgerungsversuche von *V. lecanii* durch Spritzen von Sporensuspensionen zur Bekämpfung von *Eulecanium tiliae* in Kanada hatten keinen Erfolg. Obwohl der Pilz bis zu sechs Monate lang gefunden wurde, hatte er keine Auswirkungen auf die Population des Schädling (RUBIN & BEIRNE 1975).

Versuche in der Tschechoslowakei zur Bekämpfung des Kartoffelkäfers (*Leptinotarsa decemlineata*) zeigten relativ positive Ergebnisse. Erste Effekte zeigten sich am dritten Tag nach Behandlung, die maximale Wirkung ( bei Spritzung 94 % Mortalität, bei Stäuben 90 % Mortalität) wurde am 13. Tag erreicht und dies trotz heißen trockenen Wetters (SAMSINAKOVA 1977).

Bei Freilandversuchen zur Bekämpfung von *Malacosoma neustria* konnten die positiven Laborergebnisse (s. 7.2) nicht bestätigt werden. In den mit *V. lecanii* behandelten Parzellen konnte nur kurzfristig eine statistisch sicherbare Reduzierung der Schädlingspopulation erzielt werden (MACHOWICZ-STEFAKIAK 1976).

Einen anders gearteten Versuch führte JAWORSKA (1979) in Polen durch. Sie untersuchte die Wirkung verschiedener insektenpathogener Pilze auf Larven der Apfelsägewespe (*Hoplocampa testudinea*) während der Diapause. Die Erde, in der sich die Larven befanden, wurde mit sporulierendem Myzel vermischt und in Behältern vergraben. Beim Einsatz von *V. lecanii* (unter dem Synonym *Cephalosporium lecanii* beschrieben) wurde eine Sterblichkeit der Larven von 83 %, 89,3 % und 94 % in 3 Jahren festgestellt. Allerdings lag die Mortalität in den Kontrollparzellen bereits bei 31 %, 42,7 % bzw. 58 %.

Versuche zur Bekämpfung von *Aphis fabae* auf Zuckerrüben in der CSFR ergaben stark variierende Resultate. Während sich bei einem Versuch mit unterschiedlichen Aussaatterminen die Anwendung des Pilzes positiv auf den Blattlausbefall und den Zuckerertrag auswirkte, war bei einem anderen, im gleichen Jahr durchgeführten Versuch, kein Unterschied zur unbehandelten Kontrolle feststellbar. Nach Meinung der Autoren war die niedrige Effizienz in ungünstigen Umweltbedingungen - zu trockenem, warmem Wetter - begründet. Sie beurteilten den Pilz als nicht empfehlenswert für einen Freilandeinsatz (RIMSA & KHALIL 1982, KHALIL et al. 1983).

Bei Versuchen zur Bekämpfung von *Parthenolecanium rufulum* an Haselnuß wurden in der Türkei durchschnittlich etwa 70 % Mortalität erzielt, wobei die Einzelergebnisse jedoch stark schwankten (ISIK et al. 1983).

Eine Mortalität von 81,2 % der Larven von *Euproctis chrysorrhoea* (Gemeiner Goldafter) wurde bei einem Versuch von MIETKIEWSKI (1984), Polen, nach Spritzung

wässriger Sporensuspensionen im Herbst vor dem Abwandern der Larven in die "Winterenster" erreicht.

Ausführliche Untersuchungen zur Reduzierung des Bohnenrostes *Uromyces appendiculatus* führte GRABSKI (1984) in Konstanz am Bodensee durch. Es zeigte sich, daß eine Verhinderung des Sporenfluges nicht möglich war. Aufgrund der Seenähe war zwar die relative Luftfeuchtigkeit ausreichend, jedoch trat die hohe Luftfeuchtigkeit zu einer Tageszeit auf, zu der die durchschnittliche Temperatur nur 13,6 °C betrug. Nach Meinung des Autors schließt dieses Ergebnis einen späteren Erfolg jedoch nicht aus, sondern es seien vielmehr weitere eingehendere Untersuchungen, z.B. über geeignete Formulierungen des Sporenmaterials, notwendig.

PFROMMER und MENDGEN (PFROMMER & MENDGEN 1986, PFROMMER et al. 1988 c, mündl. Mitteil. PFROMMER 1988) erzielten erfolgversprechende Ergebnisse bei Bekämpfungsversuchen gegen die Mehligke Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) auf Weißkohl-pflanzen am Bodensee. Im ersten Jahr wurden 85 % Mortalität erreicht, und im zweiten Jahr konnte bei einem Versuch mit Intervallspritzung der Blattlausbefall um ca. 80 % vermindert werden. Auch in den folgenden zwei Jahren war die Bekämpfung erfolgreich. Das relativ späte Auftreten dieser Blattläuse (Juli, August) macht in feuchten Nächten eine Infektion möglich.

Die Bekämpfung der Hopfenblattlaus (*Phorodon humuli*) durch *V. lecanii* war nicht erfolgreich, vermutlich aufgrund der extremen Populationsentwicklung der Blattläuse, ihrer Beweglichkeit und der Tatsache, daß die Insekten in die Spitzen der Hopfenpflanzen wandern, wo niedrige Luftfeuchte herrscht. Nach Meinung der Autoren eröffnen sich hier zum Beispiel durch die Kombination von *V. lecanii* mit subletalen Insektizid-Dosen neue Bekämpfungsmöglichkeiten (PFROMMER et al. 1988 a und c, mündl. Mitteil. PFROMMER 1988).

Nach PFROMMER et al. (1988 a und c) ist der Einsatz von *V. lecanii* zur Bekämpfung von Rostpilzen unter unseren klimatischen Bedingungen in der Praxis nicht sinnvoll.

Bei Feldversuchen in Kanada (JOHNSON et al. 1988) wurde durch Ausbringung von Sporensuspensionen eine Sterblichkeit der Heuschrecken (*Melanoplus* sp.) von ca. 40 % und durch Ausbringung von Myzel-infizierter Weizenkleie (2,5 g/m<sup>2</sup>) ca. 48 % Mortalität erzielt.

Weitere Angaben machen auch KOTTHOFF (1937) und MACHOWIGZ-STEFANIAK (1982).

Insgesamt gesehen zeigt sich, daß die Ergebnisse eines Freilandeinsatzes von *V. lecanii* stark von Umweltbedingungen abhängig sind und häufig sehr variieren. In den Tropen und Subtropen sind günstige Klimabedingungen gegeben, aber auch einige in mäßigen Breiten durchgeführte Versuche zeigen, daß unter bestimmten Umständen - spezieller Wirt, Wirtspflanze und Standort - ein Einsatz von *V. lecanii* eventuell effektiv sein könnte. ZIMMERMANN (1983) hält jedoch weitere Forschung zu Formulie-

rungen und die Selektion von trockenresistenteren Stämmen für notwendig, um dem Pilz unter gemäßigten Bedingungen eine Chance zu geben.

## 7.5 Genetik

Bei den Deuteromyceten kann es durch Anastomosenbildung und Protoplastenfusion zum Austausch von Zellkernen kommen, so daß sich im Myzel eines Pilzes verschiedene Kerntypen befinden und somit Heterokaryose vorliegt (SCHLEGEL 1976).

Um vorteilhafte Eigenschaften verschiedener Stämme von *V. lecanii*, z.B. hohe Virulenz, Toleranz gegenüber ungünstigen Umweltbedingungen, bessere Lagerfähigkeit etc. vereinen zu können, wurde untersucht, inwieweit eine Gewinnung neuer Stämme durch Ausnutzung der Parasexualität möglich ist. Hierbei laufen auch bei den "unvollkommenen" Pilzen Vorgänge der Plasmogamie, Karyogamie und Meiose ab, die jedoch nicht an bestimmte Stellen im Organismus gebunden sind (SINGH 1972, SCHLEGEL 1976, JACKSON & HEALE 1983, HARPER 1987).

1972 stellte SINGH Anastomosenbildungen sowohl innerhalb eines Myzels von *V. lecanii* (unter dem Synonym *Cephalosporium lecanii*) als auch zwischen den Hyphen zweier Myzelien fest. Bei Konidien beobachtete er ebenfalls eine Kernwanderung. Daher konnte in den normalerweise einkernigen Zellen und Konidien von *V. lecanii* auch Heterokaryose festgestellt werden.

JACKSON & HEALE stellten jedoch 1983 bei Versuchen zur Kreuzung von Isolatn mittels traditioneller Methoden fest, daß bei *V. lecanii* ein hoher Grad an Unverträglichkeit besteht. Mittels Techniken zur Protoplastenfusion konnte diese Inkompatibilität überwunden werden, und es wurden von dem normalerweise haploiden Pilz Diplonten gebildet. Diese sind wichtig für eine Vermischung zweier Eltern durch Rekombination.

Auch KOTLYAREVSKII & PAVLYUSHIN, die 1986 eine Arbeit zur Heterokaryose von *V. lecanii* veröffentlichten, erzielten Protoplastenverschmelzungen. Aus der Analyse der erhaltenen Klone wurde geschlossen, daß ein Teil hybrider Abstammung war.

In einer Studie von DRUMMOND & HEALE (1988) wurden parasexuelle Kreuzungen zwischen *V. lecanii*-Isolatn ausgeführt, die in ihrer Virulenz gegenüber der Weißen Fliege variierten und eine schnelle Keimung und/oder eine hohe Sporulationsfähigkeit aufwiesen; beides wichtige Virulenz-beeinflussende Eigenschaften. Daraus resultierende heterozygote diploide Stämme zeigten nur eine mittelmäßige oder reduzierte Virulenz gegenüber *T. vaporariorum*, verglichen mit ihren Eltern. Nach der Infektion mit diesen Stämmen von den Insektenkadavern reisolierte haploide Stämme zeigten eine Rekombinierung der Virulenz, Sporulationsfähigkeit und Keimungsrate.

## 8. Derzeitiger Stand und Problematik der Anwendung

In der Bundesrepublik Deutschland sind bisher keine biologischen Pflanzenschutzmittel aus Pilzen zugelassen, auch keine *Verticillium lecanii*-Präparate. In Großbritannien, Dänemark, der UdSSR und der CSFR wurden jedoch Präparate mit den Sporen von *V. lecanii* zur Bekämpfung von Schadinsekten entwickelt und angewendet.

Die folgenden Kapitel beschäftigen sich mit den Erfahrungen aus der Anwendung dieser Mittel. Während aus Großbritannien zahlreiche Quellen zu diesem Thema zur Verfügung stehen und auch eine Anzahl Versuche mit den Präparaten in anderen Ländern durchgeführt wurde, sind im Verhältnis dazu detaillierte Berichte aus der UdSSR, aus Dänemark und besonders aus der CSFR rar.

Leider liegen aber auch aus Großbritannien keine Angaben vor, wie sich die Präparate in kommerziellen Gartenbaubetrieben bewährt haben und wie sie von den Praktikern angenommen wurden.

### 8.1 Präparate

*Verticillium lecanii* ist der erste als biologisches Bekämpfungsmittel gegen Insekten registrierte Pilz in Westeuropa (ANONYMUS a, ZIMMERMANN 1986). Zur Bekämpfung verschiedener Insekten wurden die Präparate "Vertalec", "Mycotal", "Thriptal", "MicroGermin", "Verticillin" und "Verticon" entwickelt. Sie enthalten die Sporen ausgewählter *V. lecanii*-Isolate.

"Verticillin" ist das in der Sowjetunion eingesetzte Biopräparat. Über erste Großversuche mit diesem Mittel berichtet FILATOV 1981. Ein bis zwei Jahre später wurde in der Tschechoslowakei das Präparat "Verticon" eingesetzt (ZIMMERMANN 1986, GRÜNBERG et al. 1988, schriftl. Mittel. ZIMMERMANN 1988).

Als erstes der englischen *V. lecanii*-Präparate wurde 1981 "Vertalec" gegen Blattläuse auf den Markt gebracht. Einige Zeit später folgte "Mycotal" und schließlich "Thriptal". Alle englischen Präparate wurden nur für eine Anwendung unter Glas empfohlen (ANONYMUS a, BURGESS & HALL 1983, WILDING 1983, DIERCKS 1985, MIETKIEWSKI & IGNATOWICZ 1985, GILLESPIE 1986, ZIMMERMANN 1986). Diese Mittel sind nicht mehr auf dem Markt, da im Dezember 1986 die englische Herstellerfirma Microbial Resources Limited aufgekauft wurde und die neue Inhaberin (Novo Industri A/S, Dänemark) die Produktion der *V. lecanii*-Präparate einstellte. Laut Aussage von Novo Industri A/S (schriftl. Mitteil. SKØT 1988) waren die Gründe hierfür ein zu begrenzter Markt, keine zuverlässige Wirksamkeit und andere, im Vordergrund stehende Projekte. Inzwischen hat die Firma Koppert B.V. (Niederlande) die Rechte der ehemals englischen Mittel erworben (schriftl. Mitteil. SKØT 1989). Während "Mycotal" wieder produziert wird und sich in den Niederlanden und Großbritannien in der Registrierung befindet, wird es bei "Vertalec" aufgrund weiterer Forschungstätig-

keit evtl. noch weitere 2 Jahre bis zur Verkaufsfähigkeit dauern (schriftl. Mitteil. RAVENSBURG 1989). "MicroGermin" wurde von der dänischen Firma Chr. Hansen's Bio Systems A/S entwickelt (ANONYMUS 1989).

Über die Herstellung der Präparate ist wenig bekannt. Inwieweit das in Kapitel 7.1 beschriebene russische Verfahren zur Produktion von "Verticillin" verwendet wird, ist nicht angegeben. Aus der CSFR wird zwar von Untersuchungen über günstige Bedingungen für die Massenproduktion berichtet, aber es werden keine Aussagen über die Herstellung von "Verticon" gemacht. Die Präparate aus Großbritannien bestanden aus Blastosporen (s. Kapitel 7.1) und Zusätzen, die ein saprophytisches Wachstum des Pilzes fördern und so die Wirkung erhöhen (ROMBACH & GILLESPIE 1988).

## 8.2 Anwendungsbereiche und Wirksamkeit

In der Sowjetunion wurde das Präparat "Verticillin" zur Bekämpfung der Weißen Fliege (*Trialeurodes vaporariorum*) unter Glas entwickelt (BEGLYAROV et al. 1986). Vor allem von der Bekämpfung des Schädling auf Gurken durch *V. lecanii* wird berichtet (SOLOVEI & SOGOYAN 1982, SLOBODYANYUK et al. 1984). Das Mittel wird aber auch gegen Blattläuse eingesetzt (BEGLYAROV et al. 1986). "Verticillin" gehört zu den biologischen Hauptagenzien in der UdSSR. 1984 wurde das Präparat auf 580 ha Gewächshausfläche angewendet, 1986 war diese Zahl auf 670 ha angestiegen (SOLOVEI 1984, POSPELOWA & FLIESS 1987).

In der Tschechoslowakei wurde *V. lecanii* gegen zahlreiche Blattlausarten und auch *T. vaporariorum* getestet, gegen letztere u.a. auf Gurken. Während Gewächshausversuche positiv verliefen, brachten Freilandversuche unbefriedigende Ergebnisse (s. Kapitel 9). Bei welchen Kulturen und in welchen Größenordnungen das Präparat "Verticon" angewendet wird, wurde nicht veröffentlicht (RIMSA & KHALIL 1982, KHALIL et al. 1983, LANDA 1985).

Das erste in Großbritannien eingesetzte *V. lecanii*-Präparat "Vertalec" entwickelte man gegen Blattläuse unter Glas. Es enthielt den bereits erwähnten C-3-Stamm (s. Kapitel 6.3) (GARDNER et al. 1984). Besonders empfohlen wurde es für den Einsatz in der gesteuerten Chrysanthemenkultur aufgrund der durch die Verdunklung gewährleisteten hohen Luftfeuchtigkeit (ROMBACH & GILLESPIE 1988). Unter praxisüblichen Bedingungen erwies sich die Bekämpfung der wichtigsten Blattlaus in der Chrysanthemenkultur, *Myzus persicae*, bei einmaliger Ausbringung des Mittels als sehr erfolgreich. Bei anderen Blattlausarten, so bei *Aphis gossypii* und *Macrosiphoniella sanborni*, war das Ergebnis unzureichend. Mehrere Anwendungen in geringerer Dosierung ergaben jedoch auch bei diesen Schädlingen befriedigende Ergebnisse (HALL 1976 c, HALL & BURGESS 1979, ZIMMERMANN 1983, GARDNER et al. 1984, HELYER & WARDLOW 1987, ROMBACH & GILLESPIE 1988).

Eine 1982 erfolgte Verbesserung der Formulierung von "Vertalec" durch Zusatz von Kohlehydraten sicherte auch eine erfolgreiche Reduzierung von vorher schlecht bekämpfbaren Blattlausarten, wie z.B. *Aphis gossypii* an Gurken. Diese Zusätze ermöglichten den Pilzsporen eine anfängliche Entwicklung und Sporenbildung, so daß zum einen das infektiöse Sporenpotential beträchtlich erhöht wurde, zum anderen die Sporen länger überlebten, wenn sie nicht direkt auf einen Wirt trafen. So konnte das Mittel auch prophylaktisch angewendet werden. Die anderen *V. lecanii*-Präparate enthielten ebenfalls diese Nährzusätze (HALL 1982, BURGESS & HALL 1983, HALL & TURNER 1983, WILDING 1983, GILLESPIE 1988 a, ROMBACH & GILLESPIE 1988). Nach einiger Zeit weiterer Forschung soll "Vertalec" wieder auf den Markt kommen. Es wird beabsichtigt, es dann sowohl in Gemüse- als auch Zierpflanzenkulturen einzusetzen (schriftl. Mitteil. RAVENSBERG 1989). "Vertalec" besitzt zusätzlich eine geringe Wirkung auf Weiße Fliege und *Thrips tabaci* (ZIMMERMANN 1984).

"Mycotal" enthielt die Sporen eines gegenüber *Trialeurodes vaporariorum* sehr virulenten Stammes. Es wird besonders empfohlen für die Bekämpfung der Weißen Fliege auf Gurken unter Glas, da hier günstige Luftfeuchte- und Temperaturbedingungen für den Pilz herrschen. Bedingt durch das epizootische Potential dieses Stammes und die Formulierungszusätze wurde auch hier eine gute, über mehrere Monate anhaltende Wirkung erreicht (HALL 1982, ROMBACH & GILLESPIE 1988). In Tomatenkulturen wirkte "Mycotal" z.T. weniger gut, vermutlich durch die niedrigere Luftfeuchtigkeit in dieser Kultur (HALL et al. 1983 b, ROMBACH & GILLESPIE 1988), obwohl es auch hier positive Berichte gibt (QUINLAN 1983).

"Mycotal" besaß auch eine gewisse Wirkung gegenüber *Thrips tabaci* (Zwiebelblasenfuß) und *Tetranychus urticae* (Gemeine Spinnmilbe). Eventuell wäre mit diesem Mittel eine Unterdrückung aller wichtigen Gurkenschädlinge möglich. Die Bekämpfung von *Tetranychus urticae* war bisher jedoch nicht ausreichend (GILLESPIE 1986, ROMBACH & GILLESPIE 1988). Nach Aussage der Firma Koppert B.V. soll nach Registrierung "Mycotal" für die Bekämpfung der Weißen Fliege und von Thripsen in Gewächshauskulturen, v.a. Gemüse, wie z.B. Tomaten, Gurken und Paprika verkauft werden (schriftl. Mitteil. RAVENSBERG 1989).

"Vertalec" und "Mycotal" sind, obwohl beide Sporen von *V. lecanii* enthalten, nicht gegeneinander austauschbar. Sie enthalten verschiedene Isolate, die sich jeweils nur auf dem entsprechenden Wirt epidemisch ausbreiten (ANONYMUS a, BURGESS & HALL 1983).

"Thriptal" wurde als Bekämpfungsmittel gegen *Thrips tabaci* entwickelt. Über den Einsatz unter praktischen Bedingungen wird nichts berichtet, eventuell deshalb, weil die Produktion bald nach Registrierung eingestellt wurde. Für die Bekämpfung von Thripsen sind jedoch nach ROMBACH & GILLESPIE (1988) noch weitere Untersuchungen notwendig.

"MicroGermin" dient der Bekämpfung von Weißer Fliege, Blattläusen und anderen Schädlingen an Gemüse und Zierpflanzen, besonders unter Glas. Neben Spritzapplika-



tion wird ein Tauchen von Stecklingen kurz vor dem Topfen empfohlen. "MicroGermin" ist je nach zu bekämpfendem Schädling (z.B. Typ A gegen Blattläuse) in zwei verschiedenen Formulierungen erhältlich. "MicroGermin" wurde vom "Danish governmental institute for plant protection" geprüft, und es wurde eine sehr hohe Bekämpfungsrate erreicht (ANONYMUS 1989).

Die in England registrierten Präparate wurden auch in anderen Ländern getestet: Bei Untersuchungen des Instituts für biologische Schädlingsbekämpfung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft mit "Vertalec" gegen Blattläuse auf Auberginen wurden die ersten verpilzten Tiere nach etwa einer Woche gefunden, und nach drei Wochen war nahezu die gesamte Population abgetötet. Die behandelten Auberginen blieben dann für mehrere Wochen befallsfrei, wobei zufliegende Tiere sich an den verpilzten infizierten und auch auf nicht behandelten Pflanzen verpilzte Blattläuse gefunden wurden. Dieses Ergebnis wurde erzielt, obwohl die Temperatur teilweise 40 °C - 45 °C erreichte (ZIMMERMANN 1983 und 1984). Da es nicht zur schnellen Bekämpfung eines starken Blattlausbefalls geeignet ist, sieht ZIMMERMANN (1984) die Vorteile des Mittels eher in der Langzeitwirkung, der relativ hohen Selektivität und der ökotoxikologischen Unbedenklichkeit. Weitere Versuche mit "Vertalec" und "Mycotal" in der Bundesrepublik Deutschland sind erfolgreich verlaufen; man hatte jedoch Schwierigkeiten, die erforderliche hohe Luftfeuchtigkeit im Gewächshaus zu halten (DIERCKS 1985).

Bei Versuchen in Österreich gegen Blattläuse auf Paprika versagte "Vertalec". Dies wird jedoch auf verschiedene Fehler in der Versuchsdurchführung zurückgeführt (BLÜMEL & HAUSDORF 1987).

Tab. 5: Versuche zur Bekämpfung von *Trialeurodes vaporariorum* durch "Mycotal" 1981-1982

Land	Kultur	Anzahl Versuche	Behandelte Fläche (ha)
Großbritannien	Gurken	11	6,9
	Tomaten	7	5,1
Griechenland	Gurken	11	1,7
	Tomaten	1	0,1
Niederlande	Gurken	3	1,2
	Tomaten	8	4,2
Jugoslawien	Tomaten	1	1,5
Italien	Tomaten	1	0,5
Frankreich	Tomaten	1	0,1

(nach HALL et al. 1984, verändert)

In den Niederlanden und in Griechenland wurde "Mycotal" auf größeren Flächen gegen Weiße Fliege auf Gurken vorwiegend mit Erfolg (über 90 % Infektionsrate) getestet. In diesen Ländern, ebenso wie in Frankreich, Italien und Jugoslawien, wurde das Präparat gegen den gleichen Schädling in Tomatenkulturen in größerem Um-

fang versuchsweise eingesetzt, ebenfalls mit sehr gutem Erfolg. Die Größenordnung dieser Versuche ist aus Tabelle 5 ersichtlich. In den aufgeführten Versuchen wurden Infektionsraten von über 90 % erzielt.

Außer den in Tabelle 5 aufgelisteten Versuchen wurden in diesem Zeitraum in zwei Fällen bei Tomaten (GB 3,0 ha) und in einem Versuch auf Gurken (Griechenland 0,2 ha) nur 70 % bis 90 % der Tiere infiziert. Bei zwei weiteren Versuchen, 0,1 ha Gurken in Griechenland und 0,7 ha Tomaten in Großbritannien, lag die Infektionsrate unter 50 % (HALL et al. 1984).

Versuche in den USA zur Bekämpfung von *Myzus persicae* und *Macrosiphoniella sanborni* durch "Vertalec" zeigten ähnliche Ergebnisse wie in Großbritannien. Die Bekämpfung von *Myzus persicae* war gut, bei *Macrosiphoniella sanborni* dagegen ungenügend (GARDNER et al. 1984).

### **8.3 Bei der Ausbringung zu beachtende Faktoren**

In diesem Kapitel wird fast ausschließlich von Quellen ausgegangen, die die englischen Produkte betreffen, da über die übrigen Mittel keine Veröffentlichungen in dieser Richtung vorliegen.

Bei der Ausbringung der Pilzpräparate war v.a. auf die Luftfeuchtigkeit und die Temperatur zu achten. Wie bereits in Kapitel 6.3 (Ansprüche an Umweltbedingungen) angeführt, wurde von der englischen Herstellerfirma ein Temperaturbereich von 15 °C bis 25 °C und eine relative Luftfeuchte von über 85 % für wenigstens 10 bis 12 Stunden pro Tag in der ersten Woche angegeben. Für den Anwender empfahl sich wegen der Luftfeuchte eine Anwendung am späten Nachmittag, bei gesteuerten Chrysanthemen kurz vor Schließen der Verdunklung. Auch ein Anfeuchten der Kultur vor der Behandlung wurde empfohlen (ANONYMUS a).

"Vertalec" und "Mycotal" wurden in Form einer Suspension angewendet mit einer Konzentration von 25 g in 5 bis 10 l Wasser auf 100 m<sup>2</sup> (ANONYMUS a). Die Ausbringung konnte sowohl mit den üblichen Spritzgeräten als auch mit Kaltnebelgeräten und Nebelgeräten mit sehr geringen Aufwandmengen (Ultra-Low-Volume-Verfahren) erfolgen, nicht aber mit Heißluftnebelgeräten (BURGES & HALL 1983, HALL et al. 1983 a). Empfohlen wurde, die Mittel 3 - 5 Stunden vor Applikation mit etwas Wasser zu verrühren (ANONYMUS a). Auch für "MicroGermin" wird dies mindestens 2 Stunden vor der Anwendung empfohlen (ANONYMUS b).

Die Anwendung von Pilzprodukten stellt größere Ansprüche an den Praktiker als die Ausbringung der üblichen chemischen Mittel. Zum einen ist der Behandlungszeitraum wichtig, besonders beim Einsatz in Zierpflanzen, da bei zu später Anwendung tote verpilzte Tiere die Ware unverkäuflich machen können (HALL et al. 1981 a). Zum Beispiel sollte "Vertalec" in der Chrysanthemenkultur zwei bis drei Wochen nach dem Auspflanzen ausgebracht werden (ANONYMUS a, BURGESS & HALL 1983). Zum

anderen ist auch die Beeinflussung des Gewächshausklimas besonders wichtig. Die erforderliche hohe Luftfeuchte ist häufig das Problem bei Anwendung von *V. lecanii* und sollte durch Maßnahmen künstlich erhöht werden. Der Anwendungszeitraum "später Nachmittag" wurde gewählt aufgrund der in der Regel durch Absinken der Temperatur am Abend höheren relativen Luftfeuchte. Problematisch ist hier die Förderung pflanzenpathogener Pilze, z.B. *Botrytis cinerea*. Ebenso muß der Praktiker darauf achten, daß die Temperaturen sich möglichst nicht außerhalb des angegebenen Bereiches bewegen. Außerdem ist eine gute Beobachtung der Befallsentwicklung erforderlich, um zum Beispiel auf späte Schädlingseinwanderung von außen reagieren zu können (BURGES & HALL 1983).

Neben dem Verfahren der einmaligen Anwendung während einer Kultur ist es auch möglich, die angegebene Konzentration aufzuteilen und mehrmals zu spritzen. Bei einigen Schädlingen wurde nur so eine ausreichende Bekämpfung erreicht (BLÜMEL & HAUSDORF 1987, HELYER 1988).

Weiteres zu diesem Thema erwähnen auch FOSCHI & DESEO (1987).

#### 8.4 Lebensdauer der Sporen und Lagerfähigkeit

Bei der Ausbringung der Pilzsporen ist es wichtig zu wissen, wie lange Sporen in vivo, z.B. auf einem Insekt, überleben und von welchen Faktoren diese Überlebensfähigkeit abhängig ist. Außerdem muß ein Präparat, das vermarktet werden soll, über eine ausreichende Lagerfähigkeit verfügen (HALL 1980 c).

Versuche von HALL (1981 b) mit dem C-3-Stamm von *V. lecanii* zeigten, daß 80 % bis 90 % der auf toten Blattläusen gebildeten Konidien 30 Tage überlebten, obwohl die Temperaturen im Gewächshaus über dem Temperaturmaximum für das Wachstum lagen. Für diese lange Lebensfähigkeit war vermutlich ein günstiges Mikroklima verantwortlich, da es sich in Laborversuchen gezeigt hatte, daß Konidien bereits bei 20 °C nur bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit länger überlebten. Bei 58 % r.F. starben getrocknete Konidien, gleichgültig, ob noch in Schleim eingebettet oder gewaschen, innerhalb von weniger als 24 Stunden.

In destilliertem Wasser variierten die Ergebnisse stark. Die Hälfte der getesteten Konidien überlebte bei 2 °C 110 bis 160 Tage und bei -17 °C 60 bis 120 Tage. Blastosporen waren insgesamt kurzlebiger. Bei dieser Sporenart schwankten bei 2 °C die Ergebnisse zwischen 10 und 150 Tagen (HALL 1981 b).

EASWARAMOORTHY et al. (1979) stellten bei Untersuchungen zur Lagerfähigkeit ihrer auf feuchter *Sorghum*-Hirse angezogenen Sporen fest, daß eine Lagerung bei Raumtemperatur (Indien, ca. 32,1 °C) für 4 Monate möglich war, ohne daß die Effektivität gegenüber *Coccus viridis* abnahm. Bei 5 °C konnten die Sporen 6 Monate gelagert werden.

Bei der Entwicklung der englischen *V. lecanii*-Präparate war die Konservierung der Sporen das größte Problem. Methoden wie gewöhnliches Einfrieren, Lyophilisieren oder Lagerung in flüssigem Stickstoff sind für die Vermarktung entweder ungeeignet oder zu teuer. Die englische Herstellerfirma hatte diese Schwierigkeit anscheinend weitgehend überwunden, ihre Präparate mußten lediglich bei niedrigen Temperaturen (4 °C) gelagert und vor Temperaturen über 35 °C bewahrt werden (ANONYMUS a, HALL 1980 a, HALL et al. 1981 b, WILDING 1983, HALL & SCOPES 1985).

Das nach der Methode von BEGLYAROV et al. (1986) (s. Kapitel 7.1) gewonnene Produkt konnte ohne einen Verlust der Vitalität bei 4 °C bis 5 °C für 8 bis 10 Monate aufbewahrt werden. Das Präparat "MicroGermin" kann ungeöffnet bei 4 °C mindestens 3 Monate gelagert werden (ANONYMUS b).

Weitere Angaben zu diesem Kapitel sind auch bei KANAGARATNAM et al. (1979 b und 1981 c), EKBOM (1979 und 1981), HALL (1980 b), JARRETT (1981), JARRETT & HALL (1981 a und b), JARVIS (1984), SOLOVEI (1984), GARDNER et al. (1984) und ELLIOTT et al. (1987) zu finden.

#### 8.5 Formulierung, Standardisierung der Präparate

Formulierungszusätze sind für den Einsatz von Mikroorganismen von großer Bedeutung. So können Nährstoffzusätze einen starken Einfluß auf die Effektivität des Pathogens haben, da sie die Lebensdauer verbessern und das Infektionspotential erhöhen können. Sie ermöglichen begrenztes saprophytisches Wachstum, und dadurch werden eventuell auch vorbeugende Anwendungen möglich.

Unter anderem wurden den Sporensuspensionen in Versuchen Glycerin, Gelatine, Polysaccharide und Phospholipide zugesetzt (HALL 1976 c und 1982, SPENCER & EBBEN 1983, WILDING 1983, HALL & TURNER 1983, PFROMMER & MENDGEN 1986 und 1987, HELYER & WARDLOW 1987, MENDGEN et al. 1988, GILLESPIE 1988 a, ROMBACH & GILLESPIE 1988, PFROMMER et al. 1988 a). WEBER (1983), der verschiedene Formulierungsmittel verglich, berichtet, daß bei den einzeln getesteten Mitteln ein Zusatz von Sojamehl oder Roggenmehl Typ 1130 die besten Parasitierungsraten der Sporenlager von Rostpilzen ergab. Besonders die Kombinationen verschiedener Zusätze zeigten sich der reinen Sporensuspension weit überlegen, so z.B. Kombinationen von Agar-Agar mit Biomalz oder Melasse, Sojamehl mit Agar-Agar, Na-Alginat, Melasse, Biomalz oder Siliziumoxid. Negative Nebenwirkungen mancher Formulierungszusätze waren jedoch verstärktes Auftreten saprophytischer Pilze (vermutlich Botrytis und Penicillium-Arten) durch Biomalz, Melasse oder Magermilchpulver, erschwerte Applikation aufgrund viskoser Konsistenz durch Gelgard, Agar-Agar und Na-CMC oder durch die Verursachung weißer Flecken auf den Blättern durch Kombinationen mit Siliziumoxid und Kaolin. Häufig wurden den Sporensuspensionen auch Stoffe zur Verminderung der

Oberflächenspannung, sog. Netzmittel beigelegt, so zum Beispiel Triton X100 oder Teepol. Zum Teil konnte dadurch die Wirksamkeit des Pilzes erhöht werden (s. Kapitel 7.2 bis 7.4).

Bei Präparaten aus lebenden Organismen besteht die Gefahr, daß sich das Produkt im Laufe der Zeit verändert, daß es zum Beispiel zu einer Verringerung der Virulenz kommt. Um die Zuverlässigkeit des Mittels zu garantieren und den Standard, der bei der Zulassung oder Registrierung getestet wurde, zu erhalten, ist es wichtig, dieses Risiko möglichst gering zu halten (BURGES 1981, HALL 1981 b). Nach HALL (HALL 1981 b) neigt *V. lecanii* zwar bezüglich der Virulenz nicht zu starken Schwankungen, aber um die Identität des Krankheitserregers sicherzustellen und das Risiko einer Veränderung auf ein Minimum zu reduzieren, ist eine Lagerung des Ausgangsmaterials notwendig. Dazu werden aus einem Einsporisolat gewonnene Kulturen des Standardstammes verwendet. Diese können tiefgefroren, lyophilisiert oder auch in flüssigem Stickstoff gelagert werden. Zusätzlich müssen Kontrollen während der Produktion und nach der Ernte durchgeführt werden. Diese Maßnahmen dienen daneben auch der Reinerhaltung des Produktes (BURGES 1981, HALL 1981 b). Zur Standardisierung und Qualitätskontrolle äußern sich außerdem HALL et al. (1982), die Richtlinien für die Registrierung entomopathogener Pilze als Insektizide entwickelten.

Eine kurze Erwähnung hierzu findet sich auch bei ANONYMUS a.

## 9. Einsatz im integrierten Pflanzenschutz

Das *V. lecanii*-Schaderreger-System kann nicht isoliert betrachtet werden, da in der jeweiligen Kultur auch andere Krankheiten und Schadorganismen eine Rolle spielen, gegen die Maßnahmen durchgeführt werden müssen. Diese Maßnahmen können chemischer und/oder biologischer Art sein. Daher soll hier auf die Verträglichkeit von *V. lecanii* mit im Gartenbau eingesetzten Nutzarthropoden und die bisherigen Kenntnisse zur Kompatibilität mit chemischen Pflanzenschutzmitteln dargestellt werden. Schließlich soll auf Integrierte Pflanzenschutzprogramme eingegangen werden, in denen *V. lecanii* eingesetzt wurde.

### 9.1 Verträglichkeit mit Nützlingen

Beim Einsatz von *V. lecanii* ist besonders die Verträglichkeit mit dem Parasiten der Weißen Fliege, der Schlupfwespe *Encarsia formosa*, von Interesse. *V. lecanii* infiziert unter idealen Laborbedingungen sowohl adulte *E. formosa* als auch von ihr parasitierte Larven der Weißen Fliege. So stellten KANAGARATNAM et al. (1981 a) in Laborversuchen fest, daß bei gesättigter Luftfeuchtigkeit nur 10 % bis 20 %

*E. formosa* aus jung behandelten Larven schlüpften, im Vergleich zu über 50 % bei in einem späteren Stadium behandelten und bei unbehandelten Larven der Weißen Fliege. Im Gewächshaus kamen dagegen aus über 90 % der parasitierten Larven der Weißen Fliege Schlupfwespen. Auch das natürliche Auftreten von *E. formosa* in Gewächshäusern, in denen *V. lecanii* ausgebracht worden war, zeigt, daß der Pilz dem Nützling unter Gewächshausbedingungen nicht schadet (HALL 1981 b, HALL et al. 1983 b). In Großbritannien geht man daher heute davon aus, daß *V. lecanii* und *E. formosa* gemeinsam angewendet werden können (ANONYMUS a, HALL 1981 b, HALL et al. 1983 b, ROMBACH & GILLESPIE 1988). PFROMMER (mündl. Mitteil. 1988) stellte in Konstanz allerdings fest, daß die Verträglichkeit von *V. lecanii* mit *E. formosa* stark isolatspezifisch ist. Die Spannbreite der von ihm untersuchten Pilzisolats reichte von voll verträglich bis zu einer Bevorzugung der Schlupfwespe vor der Weißen Fliege.

Die Raubmilbe *Phytoseiulus persimilis*, der nach *E. formosa* bedeutendste Nützling im Gartenbau, wird von *V. lecanii* nach den bisherigen Erkenntnissen nicht angegriffen. *P. persimilis* wird gegen Spinnmilben eingesetzt (ANONYMUS a, BURGESS & HALL 1983, BEGLYAROV et al. 1986, PFROMMER et al. 1988 a).

Auch weitere kommerziell erhältliche Nützlinge werden nach Aussage der früheren englischen Herstellerfirma nicht von "Vertalec" oder "Mycotal" beeinträchtigt (ANONYMUS a). Aus der Sowjetunion wird berichtet, daß der Pilz für Larven der Gallmücke *Aphidoletes aphidimyza* nicht oder nur schwach pathogen war. Bei hoher Luftfeuchte konnten auch Larven von Goldaugen (Chrysopidae) infiziert werden, jedoch war das Myzel in diesem Fall nur schwach und untypisch ausgebildet (BEGLYAROV et al. 1986). Von PFROMMER et al. (1988 a) wurde kein negativer Einfluß auf *Aphidoletes aphidimyza* und *Diaeretiella rapae* festgestellt.

HARPER & HUANG (1986) verweisen darauf, daß *V. lecanii* in Kanada mit Vorsicht zu verwenden sei, da es stark die Wanze *Nabis alternatus*, einen wichtigen Blattlausprädator, infiziert.

Weiteres zu diesem Thema berichten auch KANAGARATNAM et al. (1979 a und 1981 a) und PAVLYUSHIN & KRASAVINA (1986).

## 9.2 Verträglichkeit mit chemischen Pflanzenschutzmitteln

Dem Aspekt der Kombinierbarkeit von *V. lecanii* und chemischen Pflanzenschutzmitteln wurden zahlreiche Untersuchungen gewidmet. In den seit den 70er Jahren zu diesem Thema erschienenen Veröffentlichungen ist jedoch eine Vielzahl verschiedener Prüf- und Beurteilungsmethoden anzutreffen. Bemühungen, diese zu vereinheitlichen, gingen in den letzten Jahren vor allem von der International Organization for Biological Control (IOBC)-Arbeitsgruppe "Pesticides and Beneficial Organisms"

(ehemals "Pesticides and Beneficial Arthropods") aus (HASSAN et al. 1987 und 1988).

Im Jahre 1972 testete WILDING in England drei Mehлтаufungizide auf ihre Wirkung gegenüber *V. lecanii* (unter dem Synonym *Cephalosporium aphidicola*). Er stellte fest, daß in vitro Benomyl und Triarimol die Entwicklung des Pilzes hemmten, im Gegensatz zu Dimethirimol. Triarimol erwies sich jedoch ebenso unschädlich wie Dimethirimol, wenn die Mittel gegossen wurden und man danach die Effektivität des Pilzes gegenüber den an den Pflanzen saugenden Blattläusen bestimmte. Die Ursache für diese unterschiedliche Wirkung von Triarimol vermutete WILDING darin, daß das systemische Fungizid im Xylem der Pflanze transportiert wird, während die Blattläuse Phloemsauger sind und dadurch zu wenig vom Wirkstoff aufnehmen, als daß es zu Auswirkungen auf den entomopathogenen Pilz käme. Die Benomyl-Wirkung konnte nicht an Blattläusen getestet werden, da Benomyl eine aphizide Wirkung besitzt.

OLMERT & KENNETH, die 1974 in Israel die Wirkung von neun Fungiziden und vierzehn Insektiziden auf drei Isolate von *V. lecanii* testeten, untersuchten ausschließlich die Wirkung auf das Myzelwachstum auf Agarnährböden. Sie stellten fest, daß alle Chemikalien mit Ausnahme von Weißöl eine gewisse Hemmung bereits bei  $10^{-5}$  der empfohlenen Konzentration bewirkten. Am stärksten wirkten unter den Fungiziden Benomyl und Maneb und unter den Insektiziden Natriumfluorosilicat, Chloropyrifos und Dichlorvos. OLMERT & KENNETH stellten außerdem fest, daß die untersuchten Isolate zum Teil sehr unterschiedlich empfindlich waren.

TUSET (1975) untersuchte die Auswirkungen zahlreicher im Citrus-Anbau in Spanien eingesetzter Präparate auf *V. lecanii* (unter dem Synonym *Cephalosporium lecanii*), das zur Limitierung von *Saissetia oleae* beiträgt. TUSET betrachtete ausschließlich die Hemmung des Myzelwachstums. Unter den insektiziden und fungiziden Wirkstoffen hatte eine größere Anzahl keine negativen Auswirkungen auf *V. lecanii*, einige jedoch (Methyl-Parathion, Fenitrothion, Methidathion, Azinphosmethyl und Dichlorvos) hemmten das Myzelwachstum sehr stark. Alle Fungizide hatten einen gewissen negativen Einfluß auf die Entwicklung. TUSETS Versuchsmethoden sind die Standardmethoden der Arbeitsgruppe "Pesticides and Beneficial Organisms" (s.o.).

EASWARAMOORTHY & JAYARAJ (1978) stellten bei Freilandversuchen in Indien fest, daß Dichlorodiphenyltrichloroethan (DDT) und Orthoacephat 12320 (Orthere) mit *V. lecanii* (unter dem Synonym *Cephalosporium*) kompatibel sind, während Hexachlorcyclohexan die Effizienz des Pilzes verminderte.

HALL (1978 a und 1981 d) bestätigte die isolatspezifischen Toleranzunterschiede, die OLMERT & KENNETH (1974) beobachtet hatten. Er hielt jedoch die isolierte Betrachtung des Myzelwachstums für unzureichend, da die hieraus gewonnenen Ergebnisse nicht mit Versuchen am Wirt übereinstimmten. Er begründete die geringere Toxizität zahlreicher Präparate in vivo gegenüber Messungen der Myzelentwicklung auf Agar damit, daß "das Myzel des Pilzes sich vorwiegend im Innern des Wirtes entwickle und dort nur wenig vom Wirkstoff erreicht werde". Mehr Bedeutung

maß er der Auswirkung auf Sporenkeimung und Sporulation bei. Bei der Mehrzahl der von HALL als kompatibel mit *V. lecanii* eingestuften Fungizide handelte es sich um Präparate gegen Rost und Echten Mehltau, während breitwirkende Fungizide meistens unverträglich waren. Keines der getesteten Insektizide und Akarizide wurde als inkompatibel eingestuft.

In Polen untersuchte MACHOWICZ-STEFANIAK (1980 und 1981) die Wirkung zahlreicher Fungizide auf *V. lecanii* und andere entomopathogene Pilze. Bei ausschließlicher Betrachtung des Myzelwachstums auf Agarplatten hatte nur Mancozeb eine fungizide Wirkung, während die übrigen Mittel mit Ausnahme von "Siarki" fungistatischen Charakter besaßen.

Die Herstellerfirma der *V. lecanii*-Präparate "Vertalec" und "Mycotal" listete die verträglichen und unverträglichen Wirkstoffe für den Anwender auf. Diese sind in Tabelle 6 aufgeführt.



Tab. 6: Verträglichkeit von *Verticillium lecanii* mit chemischen Pflanzenschutzmitteln nach Angabe der Firma Microbial Resources Limited

verträglich			unverträglich
	gleichzeitige Anwendung	separate Anwendung	
Insektizide	Bioresmethrin Deltamethrin Dichlorvos Diflubenzuron Endosulfan HCH Permethrin Pirimicarb Weißöl	Carbaryl Heptenophos Methidathion Oxydemeton-methyl	
Akarizide	Dienochlor	Cyhexatin Dicofol Dioxathion	Propargite
Fungizide	Benodanil Carbendazim Etridiazol Oxycarboxin Pyracarbolid Quintozen Vinclozolin	Bupirimate Dimethirimol Dinocap + Pyrazophos Triadimefon Triforin	Benomyl Captan Chlorothalonil Dichlofluanid Fenarimol Fentinacetat Folpet Imazalil Iprodion Mancozeb Maneb Nitrothal- isopropyl/ Schwefel oder Zink Schwefel Thiram

(nach ANONYMUS a) + = zusätzliche akarizide Wirkung

Die Empfehlungen für die Anwendung von "Vertalec" und "Mycotal" basieren zu einem Teil auf Untersuchungen des Institute for Horticultural Research Littlehampton (IHRL) und somit auch auf den Arbeiten von HALL. Es gibt jedoch keine vollständige Übereinstimmung hinsichtlich der Wirkstoffe und ihrer Einordnung zwischen HALLs Veröffentlichung von 1981 (HALL 1981 d) und der später erschienenen technischen Information von Microbial Resources LTD (ANONYMUS a). So wurden von HALL, der insgesamt weniger Präparate auflistete, zusätzlich die Fungizide Zineb, Chinomethionat, Fluotrimazol und BTS 40542 als inkompatibel eingestuft. Dagegen sah er Dinocap, Iprodion, Carbaryl und Dicofol in dieser Arbeit als verträglich bei gleichzeitiger Ausbringung sowie Diflubenzuron, Fenarimol und eine Gießbehand-

lung mit Benomyl als verträglich an. Diese Unterschiede beruhen vermutlich auf neuen zwischenzeitlich gewonnenen Erkenntnissen. Eindeutig ist, daß das Insektizid Carbaryl trotz geringer Wirkung bei Versuchen *in vitro* die Ausbreitung von *V. lecanii* auf Blattläusen verminderte (HALL 1983 a) und daher nur für separate Ausbringung empfohlen wurde (ANONYMUS a). Außerdem wurde von HALL (1983 b) später veröffentlicht, daß eine Mischung von Carbaryl mit Iprodion eine starke synergistische Wirkung auf die Konidienkeimung von *V. lecanii* ausübt. Daraus mag eventuell die Einstufung von Iprodion als unverträglich resultieren.

1984 untersuchten GARDNER et al., inwieweit das üblicherweise gegen Echten Mehltau im Zierpflanzenbau in den USA eingesetzte Benomyl mit einer "Vertalec"-Anwendung vereinbar ist. Sie stellten fest, daß das Fungizid bei einer Spritzung 3 Tage vor oder direkt vor der "Vertalec"-Applikation die Wirkung des *V. lecanii*-Präparates beeinträchtigte. Spritzintervalle von 7 Tagen oder mehr zwischen "Vertalec" und einer vorhergehenden Benomyl-Ausbringung schienen keine nachteilige Wirkung auszuüben.

In Pakistan untersuchten KHALIL et al. (1985 b) die Wirkung neuerer Fungizide und Insektizide auf *V. lecanii*. Sie führten ausschließlich Laborversuche durch, berücksichtigten jedoch in Anlehnung an HALLS Versuche neben den Auswirkungen auf das Myzelwachstum auch den Einfluß auf die Sporenkeimung. Sie stimmten mit Hall darin überein, daß letztere von größerer Bedeutung ist. Sie erweiterten die Liste der unverträglichen Wirkstoffe um die Fungizide Metiram und Bitertanol. Als anwendbar zusammen mit *V. lecanii* bei separater Applikation stuften sie die insektiziden Wirkstoffe Methomyl und Fenithrothion ein, im Unterschied zu HALL und Tabelle 6 jedoch auch das Fungizid Mancozeb. Als kompatibel auch bei gleichzeitiger Anwendung fügten sie der Liste die Insektizide Pirimiphosmethyl, Formothion, Oxamyl, Mevinphos, Cypermethrin und Fenbutinoxid sowie die Fungizide Triadimefon, Kupferoxychlorid und Thiophanat-methyl hinzu. Erstaunlicherweise ordneten sie auch Benomyl in diese Gruppe. Die Autoren verwiesen jedoch auf die Unterschiede hinsichtlich Versuchsdurchführung, Konzentration und Versuchsauswertung gegenüber den Versuchen von WILDING (1972), OLMERT & KENNETH (1974) und HALL (1981 d) sowie auf eventuelle isolatspezifische Toleranzunterschiede.

Auch in einem in der UdSSR 1986 veröffentlichten Artikel wird kurz auf die Verträglichkeit von *V. lecanii* mit chemischen Pflanzenschutzmitteln eingegangen. Als ungefährlich wurden Dicofol, Carbaryl, Carbophos und Dinobutin angesehen. *V. lecanii* sollte aber nicht früher als drei Tage nach Anwendung von Benomyl, Triadimefon, Carbendazim, Bi-58 und Dinocap ausgebracht werden. Die Toxizität von Permethrin und Pirimiphosmethyl war noch nicht eindeutig geklärt (BEGLYAROV et al. 1986).

Aus den Ergebnissen eines 1987 in England durchgeführten Gewächshausversuches folgerten HELYER & WARDLOW (1987), daß bei einer mehrfachen niedrig dosierten *V.*

*Iecanii*-Applikation die Integration auch von potentiell schädlichen Fungiziden möglich ist.

Bei Versuchen zur Verträglichkeit von *V. Iecanii* mit verschiedenen im Hopfenanbau eingesetzten chemischen Pflanzenschutzmitteln kam man ebenfalls zum Teil zu gegensätzlichen Ergebnissen. Bei Betrachtung der Auswirkungen auf Wachstumsgeschwindigkeit, Keimungsrate und Keimschlauchlänge kamen PFROMMER et al. (PFROMMER et al. 1988 a, mündl. Mitteil. PFROMMER 1988) zu folgenden Ergebnissen: Der insektizide Wirkstoff Methomyl erwies sich als voll verträglich auch bei Tankmischung, das Mehltau-Mittel Triforin war unverträglich, der gegen *Peronospora* eingesetzte Wirkstoff Fosetyl ebenfalls, wohingegen die gleichfalls gegen *Peronospora* eingesetzte Wirkstoffkombination Metalaxyl und Kupferoxychlorid als verträglich bei separater Anwendung eingeschätzt wurde.

Nach Laboruntersuchungen der Gemeinsamen Pestizid Testprogramme (HASSAN et al. 1987 und 1988) im Rahmen der Arbeitsgruppe "Pesticides and Beneficial Organisms" der IOBC, West Palaearctic Regional Section (WPRS), wird *V. Iecanii* mehr von Fungiziden beeinträchtigt als durch Insektizide oder Herbizide. Unter den Fungiziden waren Ethirimol unschädlich, Folpet, Metiram und Chlorothalonil leicht schädlich, Nuarimol und Chinomethionat mittelmäßig schädigend, wogegen Fenpropimorph, Penconazol, Prochloraz, Thiram, Mancozeb und Propiconazol sich als sehr schädlich erwiesen. Das einzige getestete Akarizid Tetradifon war unschädlich. Elf Insektizide (Chlorpyrifos, Cypermethrin, Diazinon, Dimethoat, Mevinphos, Phosphamidon, Deltamethrin, Ethiofencarb, Vamidotion, Heptenophos, Etrifos) waren harmlos und fünf (Acephat, Amitraz, Bromophos, Chlorfenvinphos, Triazophos) leicht schädlich. Mäßig schädlich war Fenitrothion, Azinophos-methyl dagegen sehr schädlich. Von den getesteten Herbiziden waren Atrazin, Bromofenoxim, Fluazifopbutyl, Glyphosat und Simazin harmlos, Bromacil leicht, Bromoxynil und Chlormequat mittelmäßig schädigend. Ein Präparat aus Amitrol und Diuron wirkte sich sehr schädlich aus. Nach HASSAN et al. (1988) sind alle Präparate noch in in vivo-Tests zu prüfen, die sich nicht als unschädlich (< 50 % Anfangsmortalität) im Labortest erwiesen haben.

Bemerkungen zu diesem Thema finden sich auch bei MAYNE et al. (1933), WARDLOW (1980), ANONYMUS (1982), KANAGARATNAM et al. (1982), HALL (1983 a), LEDIEU & HELYER (1983), HELYER (1988) sowie bei ROMBACH & GILLESPIE (1988).

### 9.3 Einbindung in integrierte Programme

An dieser Stelle soll auf integrierte Programme eingegangen werden, in denen *V. Iecanii* als ein Bestandteil eingesetzt wurde. Schwerpunktmäßig untersucht wurde vor allem die Anwendung in Chrysanthemem und Gurken.

Resistenzerscheinungen bei Schädlingen und Blütenunverträglichkeit von chemischen Präparaten führten u.a. zum Einsatz von Raubmilben und Schlupfwespen in der Chrysanthemenkultur unter Glas (LARA 1981, GARDNER et al. 1984, HARPER 1987, LINDQUIST et al. 1987). Der Einsatz von Nutzarthropoden erzwang eine Änderung der herkömmlichen Methoden, da viele chemische Mittel den Nützlingen schaden. Dies führte zur Suche nach weiteren Gegenspielern zur Bekämpfung anderer Schädlinge, die zum Teil durch den Verzicht auf breitwirkende chemische Mittel gefördert wurden (BURGES 1981, GARDNER et al. 1984, GILLESPIE 1986). Die Bekämpfung von Blattläusen, besonders von *Myzus persicae*, erwies sich als schwierig, da vorhandene natürliche Feinde wie z.B. *Aphidius matricariae* nur eine Art bekämpfen. Hier erwies sich *V. lecanii* als sehr günstig, da es ein relativ breites Wirtsspektrum besitzt und der als "Vertalec" vermarktete Stamm z.B. alle in der Chrysanthemenkultur relevanten Blattlausarten angreift (s. Kapitel 8.2).

Systeme zur integrierten Bekämpfung von Schädlingen und Krankheiten in Chrysanthemenkulturen stammen z.B. von WARDLOW (1980), BURGES (1981) und LARA (1981). Hierbei wurden *Phytoseiulus persimilis* gegen die Spinnmilbe *Tetranychus urticae*, *V. lecanii* gegen verschiedene Blattlausarten, *Bacillus thuringiensis* gegen verschiedene Lepidoptera-Arten, *Encarsia formosa* gegen die hier weniger häufige Weiße Fliege, *Opius pallipes* und *Dacnusa sibirica* sowie *Diglyphus isaea* gegen die Minierfliege *Phytomyza syngenesiae* eingesetzt. Gegen Thripse wurde entweder eine Bodenbehandlung mit nichtsystemischen Chemikalien angewendet, Carbaryl gespritzt oder die Raubmilbe *Amblyseius mackenziei* freigelassen. Ohrwürmer (*Forficula auricularia*) wurden mit selektiv wirkenden Methiocarb-Pellets bekämpft. Gegen Weißen Chrysanthemenrost (*Puccinia horiana*) und andere Pilzkrankheiten wurden mit *V. lecanii* verträgliche Fungizide empfohlen. Größere Probleme verursachte die Bekämpfung der Minierfliege *Liriomyza trifolii*, da auf Grund einer speziellen Verordnung in Großbritannien hier breitwirksame Insektizide angewendet werden müssen.

Da der Einsatz des Parasiten *Encarsia formosa* zur Bekämpfung der Weißen Fliege bei Gurken unter Glas häufig unbefriedigend ist, u.a. bedingt durch zu niedrige Temperaturen oder zu hohe anfängliche Schädlingspopulationen, wurde der Einsatz von *V. lecanii* zur Ergänzung von *E. formosa* getestet (KANAGARATNAM et al. 1981 a und 1982, LARA 1981, LANDA 1985). So beschrieben z.B. LARA (1981), LANDA (1985) und LINDQUIST et al. (1987) integrierte Programme bei Gewächshausgurken, in denen *P. persimilis* gegen *T. urticae*, *Amblyseius*-Arten gegen Thripse, die Gallmücke *Aphidoletes aphidimyza* gegen *Aphis gossypii*, *B. thuringiensis* gegen Schmetterlingsraupen und *E. formosa* und *V. lecanii* gemeinsam gegen *T. vaporariorum* eingesetzt wurden.

Bisher wurde *V. lecanii* bei der Einbindung in integrierte Programme lediglich entweder gegen Blattläuse oder Weiße Fliege eingesetzt. Hier bestehen jedoch noch Möglichkeiten, eventuell einmal mehrere Schädlinge gleichzeitig zu erfassen (LARA 1981, LANDA 1985, SRIVASTAVA et al. 1985, GILLESPIE 1986). So hielten es zum Bei-

spiel SRIVASTAVA et al. (1985), die feststellten, daß *V. lecanii* wirksam gegenüber dem Weißen Chrysanthemenrost ist, für möglich, daß eventuell einmal eine gleichzeitige Bekämpfung der Hauptschädiger der Chrysanthemenkultur, dem Weißen Chrysanthemenrost und Blattläusen, erfolgen könnte.

## 10. Mögliche Nebenwirkungen

### 10.1 Nebenwirkungen auf Mensch und andere Warmblüter

Vor Beginn der Gewächshausversuche in England wurden Versuche mit Mäusen und vor der Registrierung als Pflanzenschutzmittel weitergehende "Safety"-Tests durchgeführt, wobei keine schädlichen Einwirkungen des Pilzes nachgewiesen werden konnten. Auch wurden bei Personen, die mit dem Pilz über Jahre arbeiteten, keinerlei allergische Reaktionen festgestellt (HALL 1981 b, ANONYMUS a).

Hinzu kommt, daß sich *V. lecanii*-Isolate in der Regel nicht bei einer Temperatur von 37 °C entwickeln. So wies keiner der von HALL (1981 b) untersuchten Stämme ein Temperaturmaximum über 36 °C auf. Somit ist hier keine systemische Infektion beim Menschen zu erwarten (BURGES 1981). Eine Ausnahme bildete ein von JAYARAJ (zitiert bei HALL 1981 b) untersuchter Stamm, dessen oberes Temperaturlimit eventuell über 36 °C lag. Hier ist eine Auswahl der Stämme wichtig (BURGES 1981, HALL 1981 b).

In der medizinischen Mykologie sind *Verticillium*-Arten bisher nicht als Erreger von Mykosen oder als spezifische Allergene bekannt (HANS 1983). Um Risiken jedoch weitgehend auszuschließen, sind weitere Prüfungen und Qualitätsforderungen nötig. Zudem hält in der Bundesrepublik Deutschland das Bundesgesundheitsamt eine eindeutige Abgrenzung von *Verticillium lecanii* gegenüber nahestehenden *Cephalosporium*-Arten für notwendig, da hier einige als Erreger von Mykosen bekannt sind (HANS 1983, schriftl. Mitteil. HANS 1988).

### 10.2 Nebenwirkungen auf bestäubende Insekten und auf Fische

*Verticillium lecanii* infiziert *Apis mellifera*, die Honigbiene. Dieses Wissen stammt jedoch ausschließlich aus Infektionsversuchen. Bisher wurde noch nicht von natürlichen Infektionen berichtet.

So konnte 1967 SKOU in Dänemark den häufig von Hummeln (*Bombus terrestris*, *B. lapidarius*, *B. hortorum*) und auch von der Kuckucksbiene *Psithyrus bohemicus* isolierten Pilz auf die Honigbiene übertragen.

Im Jahre 1983 wurden in England die Präparate "Vertalec" und "Mycotal" auf ihre Bienenverträglichkeit getestet. Nach Füttern oder Besprühen mit Pilzsporen

mit dem Zehnfachen der empfohlenen Dosis starben bei "Mycotal" 15 % der Honigbienen, während bei "Vertalec" kein statistisch sicherbarer Unterschied zur Kontrolle bestand. Aus diesen Ergebnissen wurde geschlossen, daß eine Gefahr für Bienen bei Anwendung der Pilzpräparate in der empfohlenen Konzentration unwahrscheinlich ist (ANONYMUS 1984).

1986 trat in einer finnischen Fischfarm eine Pilzinfektion der Schwimmblase von Zucht-Lachsen auf. Der isolierte Pilz wurde als *V. lecanii* diagnostiziert (AHO et al. 1988). Die Sterblichkeitsrate lag bei 0,1 % pro Fischtank. Bisher wurde die Pathogenität des Pilzes jedoch noch nicht durch die Koch'schen Postulate bestätigt.

#### 11. Bedingungen für eine Zulassung in der Bundesrepublik Deutschland

In der Bundesrepublik Deutschland sind zur Zeit keine pilzlichen Insektizide oder Fungizide zugelassen. Die Zulassungsbehörde, die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, kann jedoch erst nach der Stellung eines solchen Antrages tätig werden. Sie steht der Entwicklung biologischer Pflanzenschutzmittel aus Mikroorganismen grundsätzlich positiv gegenüber, wobei jedoch immer der Einzelfall genauestens auf Erfüllung der in § 15 Abs.1 Pflanzenschutzgesetz festgehaltenen Forderungen überprüft werden muß (ANONYMUS 1986, schriftl. Mitteil. BODE 1988). Diese beziehen sich auf hinreichende Wirksamkeit, Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier sowie Vermeidung schädlicher Auswirkungen auf Naturhaushalt und Grundwasser. Bei Antrag auf Zulassung eines mikrobiologischen Pflanzenschutzmittels sind ebenso wie bei chemischen Präparaten die Fragen zur Identität des Mittels und zu den Prüfbereichen physikalisch-chemische Eigenschaften, Rückstandsverhalten, Abbau, Analytik, Wirksamkeit, Toxikologie und Ökotoxikologie zu beantworten. Obwohl ein Teil dieser an den Antragsteller gerichteten Fragen auf chemische Pflanzenschutzmittel zugeschnitten ist, hält die Biologische Bundesanstalt die sinngemäße Beantwortung für erforderlich und auch durchaus für möglich, wobei Unklarheiten durch Gespräche zwischen Antragsteller und Zulassungsbehörde beigelegt werden können. Gewisse Abweichungen von den im Zulassungsverfahren für chemische Pflanzenschutzmittel erforderlichen Daten sind jedoch nicht zu umgehen, um den besonderen Eigenschaften der Mikroorganismen Rechnung zu tragen. Spezielle Daten sind über das Produktionsverfahren und die Qualitätskontrolle gefordert, außerdem Angaben über die Einordnung im System der Pilze und eine genaue Charakterisierung des Mikroorganismus sowie über die biologischen Eigenschaften wie Wirkkreis, Spezifitätsgrad, Herkunft, evtl. geographische Verbreitung, genetische Stabilität und Einfluß auf den Naturhaushalt. Zudem muß nachgewiesen werden, daß der Pilz kein Krankheitserreger für Mensch oder Säugetiere ist und die Produktionscharge keine für diese pathogenen Keime enthält. Des weiteren sind die Auswir-

kungen auf bestimmte Labortiere festzustellen (hinsichtlich Allergien, Infektiosität, Vermehrung im Tier) sowie die akute und subakute Toxizität. Langzeitstudien zur Kanzerogenität und Teratogenität können erforderlich werden. Angaben zum Versickerungsverhalten, zur Beständigkeit in Boden und Wasser sind notwendig zur Abschätzung der Umweltbelastungen. Auch die Risiken für Invertebraten, insbesondere für nützliche, sind zu untersuchen, ebenso wie eventuelle Rückstände am Erntegut (BODE 1987).

Das Bundesgesundheitsamt, nach § 15 Abs.2 Nr.1 Pflanzenschutzgesetz (ANONYMUS 1986) Einvernehmensbehörde bei der Zulassung, hat sich vor einigen Jahren mit eventuellen Prüfanforderungen an *V. lecanii* beschäftigt. Danach wären auch aus der Sicht des Bundesgesundheitsamtes u.a. Untersuchungen zur Abschätzung möglicher mutagener und karzinogener Risiken sowie Kurzzeit-Mehrfachapplikation per Inhalation, z.B. am Meerschweinchen, mit Dosierungen, die praxisüblichen Expositionsgößen entsprechen, und außerdem Expositionsmessungen bei praxisgerechter Anwendung notwendig. Des weiteren wäre eine sichere Abgrenzung gegenüber humanpathogenen *Cephalosporium*-Arten (s. Kapitel 10.1) vorzunehmen, daneben das Verhalten der Sporen auf gelagerten Lebensmitteln, die Stabilität der Pilzsporen und das Versickerungsverhalten, die Beständigkeit im Wasser sowie die Auswirkungen auf Fische zu untersuchen (schriftl. Mitteil. HANS 1988).

Bezüglich des Anforderungsrahmens bei Zulassung biologischer Pflanzenschutzmittel aus Pilzen gibt es eine weitgehende internationale Übereinstimmung, wenn es auch keine einheitlichen Leitlinien für die Prüfung solcher Präparate, z.B. auf der Ebene der Europäischen Gemeinschaft, oder eine staatenübergreifende Zulassung gibt. Einzelne Länder beurteilen bestimmte Risiken jedoch zum Teil sehr unterschiedlich (BODE 1987). Im Rahmen der IOBC/WPRS wurden von der Arbeitsgruppe für die Sicherheit von entomopathogenen Pilzen Richtlinien für die Registrierung solcher Pilze als Insektizide entwickelt (HALL et al. 1982).

Weniger ausführlich erwähnt wird dieses Thema auch bei DIERCKS (1985).

## 12. Zukunftsaussichten als mikrobielles Pflanzenschutzmittel

Die zukünftige Entwicklung einer praktischen Verwendung von *V. lecanii* als Pflanzenschutzmittel ist schwierig abzuschätzen. Die zur Zeit vorliegenden Informationen sind sehr widersprüchlich, auch wechselten die Besitzverhältnisse der in England entwickelten Präparate bereits mehrfach. Die Firma Novo Industri A/S, die vorletzte Besitzerin, hatte die Produktion von "Vertalec", "Mycotal" und "Thriptal" eingestellt mit der Begründung: "nur begrenzter potentieller Markt, keine sicheren Erfolge und daher die Notwendigkeit weiterer Entwicklungstätigkeit sowie andere vorrangige Produkte" (schriftl. Mitteil. SKÖT 1988). Es überrascht

nicht, daß Novo Industri A/S sich aufgrund eines begrenzten Marktes gegen diese Produkte entschieden hat, da sich die Pflanzenschutzmittelhersteller aufgrund hoher Entwicklungskosten verstärkt auf Pflanzenschutzprobleme der Hauptkulturen wie zum Beispiel Getreide, Zuckerrohr, Reis und Baumwolle konzentrieren (HOFFMANN et al. 1985). Die *Verticillium lecanii*-Mittel wurden bisher vor allem für den Einsatz unter Glas gegen Weiße Fliege und Blattläuse in Kulturen wie Chrysanthemen und Gurken empfohlen. Dieser Bereich erscheint im Verhältnis zu den weltweiten Hauptkulturen recht unbedeutend. Andererseits handelt es sich hier häufig um solche Schädlinge, gegen die für diese speziellen Anwendungsgebiete keine geeigneten zugelassenen Präparate existieren (Lückenindikation), dies gilt vor allem für die Weiße Fliege, aber auch für *Myzus persicae* (HALL & BURGESS 1979, HALL 1982). Außerdem werden Mittel benötigt, die verträglich sind mit anderen biologischen Bekämpfungsmaßnahmen, z.B. *Phytoseiulus persimilis* und *Encarsia formosa* (KANAGARATNAM et al. 1981 a, LARA 1981). Die neue Besitzerin von "Mycotal" und "Vertalec", die Firma Koppert B.V. will nun "Mycotal" in Westeuropa auf den Markt bringen. In den Niederlanden und in Großbritannien befindet sich dieses Mittel zur Zeit in der Registrierung und soll in Gemüsekulturen zur Bekämpfung von Weißer Fliege und Thripsen eingesetzt werden. "Vertalec" ist noch im Versuchsstadium und wird erst in etwa zwei Jahren praxisreif sein (schriftl. Mitteil. RAVENSBERG 1989).

Auch von Wissenschaftlern werden die ehemals englischen Präparate weiterhin noch eingeschätzt (HELYER & WARDLOW 1987, ROMBACH & GILLESPIE 1988). Aus der UdSSR wird vom zunehmenden Einsatz des Pilzes auf sehr großen Flächen berichtet (SOLOVEI 1984, POSPELOVA & FLIESS 1987). Die Entwicklung und Produktion in Ländern wie der UdSSR und der CSFR unterliegen jedoch anderen Gesetzmäßigkeiten als in Westeuropa, und hierin liegt eventuell die kräftige Entwicklung des *V. lecanii*-Einsatzes in der Sowjetunion begründet.

Weiterhin dürften sich als problematisch für eine breite Einführung von *V. lecanii* in die Praxis die höheren Anforderungen, die die Anwendung des Pilzes im Vergleich zu chemischen Pflanzenschutzmitteln stellt, erweisen. Das Pilzpräparat erfordert eine genaue Beobachtung der Kultur und der Schädlingsentwicklung sowie eine gute Beherrschung der Kulturführung, da von der Steuerung der Klimafaktoren der Erfolg in sehr starkem Maße abhängt (HALL 1981 b, ROMBACH & GILLESPIE 1988). Hier wäre eine intensive Beratung der Praktiker zumindest bei Einführung des Präparates sinnvoll.

Unter marktwirtschaftlichen Bedingungen konnten sich bisher allgemein biologische Pflanzenschutzmittel nicht in großem Umfang einführen (BODE 1987).



### 13. Zusammenfassung

Der zu den Deuteromyceten gehörende Pilz *Verticillium lecanii* ist seit Ende des vorigen Jahrhunderts als Insektenpathogen bekannt. Lange Zeit war seine systematische Einordnung unklar, daher existieren zahlreiche Synonyme. *V. lecanii* ist weltweit verbreitet und befällt neben Insekten unter anderem Milben, Nematoden und andere Pilze. Versuche zur Pflanzenpathogenität verliefen in der Regel negativ. Zur Infektion benötigt der Pilz eine hohe Luftfeuchtigkeit. Er dringt mit Hilfe von Enzymen und mechanischem Druck in den Wirt ein und vermehrt sich dort im Innern. Nach dem Tod des Wirtes sporuliert er auf dessen Oberfläche, so daß es unter günstigen Umständen zu einer epidemischen Ausbreitung der Pilzkrankheit kommt, was für seinen Einsatz zur Schädlingsbekämpfung von besonderer Bedeutung ist.

Die Beobachtung des starken Auftretens von *V. lecanii* in den Tropen, Subtropen und in Gewächshäusern der gemäßigten Regionen führte zu Untersuchungen über seine Einsetzbarkeit gegenüber Schadorganismen. Insgesamt gesehen wurden weltweit Versuche mit *V. lecanii* durchgeführt, wobei Großbritannien eine führende Rolle einnahm. Besonders wurde seine Wirkung auf an Chrysanthemen und Gurken schädliche Blattläuse und Mottenschildläuse untersucht. Unter idealen Laborbedingungen tötet der Pilz verschiedene Schädlinge innerhalb weniger Tage. Auch bei Rostpilzen kann *V. lecanii* die Entwicklung und Verbreitung stark reduzieren. Im Gewächshaus konnten verschiedene wichtige Schädlinge (Blattläuse, Weiße Fliegen, Thripse, Schildläuse und Spinnmilben) durch den Pilz wirkungsvoll bekämpft werden. Im Freiland waren die Ergebnisse sehr wechselhaft. In gemäßigten Regionen, wo die Umweltbedingungen für *V. lecanii* in der Regel ungünstig sind, erhielt man neben völligen Mißerfolgen unter bestimmten Bedingungen auch durchaus ermutigende Resultate.

In Dänemark, der UdSSR und der CSFR gibt es Pflanzenschutzmittel, die als wirksame Substanz die Sporen von *V. lecanii* enthalten. In den Niederlanden und in Großbritannien befindet sich zur Zeit ein Präparat gegen Weiße Fliege und Thripse unter Glas wieder in der Registrierung, während ein zweites gegen Blattläuse unter Glas in den nächsten Jahren erneut zur Registrierung angemeldet werden soll. In der Bundesrepublik Deutschland sind noch keine *V. lecanii*-Mittel zugelassen.

14. Summary

**Verticillium lecanii (Zimmermann) Viégas (Hyphomycetales: Moniliaceae): History, systematic, distribution, biology and use in plant protection.**

The fungus *Verticillium lecanii* belonging to the group of deuteromycetes is known to be pathogenic to insects since the last century. For a long time, the systematic classification was unclear, thus leading to several synonyms. Occurring worldwide, *V. lecanii* attacks insects, mites, nematodes and other fungi. The fungus has been shown to be non pathogenic to plants. Under conditions of high humidity, the fungus infects and penetrates the host using enzymes and by mechanical pressure. The fungus grows internally and sporulates on the surface of the diseased host. The epidemic spreading under suitable conditions makes the fungus very useful for pest control.

The high incidence of *V. lecanii* in the tropics, the subtropics and in the greenhouses of the temperate zones, led to investigations of the usefulness of the fungus in pest control. Though investigations have been conducted worldwide, much work was done in Great Britain. Especially, the potential to control aphids and white flies on chrysanthemum and cucumber has been investigated. Under optimum conditions in the laboratory, *V. lecanii* kills various pests within a few days. The fungus also reduces the development and the spread of rust fungi. In the greenhouse, several important pests (aphids, white flies, thrips, scale-insects and spider mites) have been controlled by the fungus, whereas the results varied in field experiments. Under mostly non-optimum conditions in temperate climates, many experiments failed completely. In some cases, however, some encouraging results were obtained under certain conditions.

In Denmark, Czechoslovakia and the Soviet Union products are available containing spores of *V. lecanii* as an active ingredient. In the Netherland and Great Britain, one product controlling white flies and thrips in greenhouse is resubmitted for registration. Another product controlling aphids in greenhouse is to be resubmitted for registration in a few years. In the Federal Republic of Germany, no agents containing *V. lecanii* have been registered yet.

15. Literaturverzeichnis

- ANONYMUS a: Mycotal and Vertalec - Product notes of Microbial Resources Limited.
- ANONYMUS b: MicroGermin - Product notes of Chr. Hansen's Bio Systems.
- ANONYMUS (1982): Un fungo per controllare i fitofagi. *Informatore Fitopatologico* 32 (9-10), 22-23.
- ANONYMUS (1984): Report for 1983, Rothamsted Experimental Station, 93-94.
- ANONYMUS (1985): Lutte integree. Synthèse de quatre années d'experimentation dans le sud-est (Integrated control. Synthesis of four years' investigations in the south-east). *Cahiers du Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes*, 83 (referiert in *Review of Applied Entomology* (1987), Band 75, Referate-Nr. 3431).
- ANONYMUS (1986): Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz) vom 15. September 1986. *Bundesgesetzblatt Teil I, Nr.49, 1505-1519*.
- ANONYMUS (1987): List of cultures, Centraalbureau voor Schimmelcultures.
- ANONYMUS (1989): Agrow - Biological crop protection. PJB Publications, Richmond (UK), 25.
- ANONYMUS (1990): Product notes "Mycotal" Koppert (UK) Ltd.
- AHMAD, R. (1975): A note on *Saissetia oleae* and its natural enemies in Iran. *Entomophaga* 20, 221- 223.
- AHO, R., P. KOSKI, A. SALONEN & P. RINTAMÄKI (1988): Pilzinfektion der Schwimmblase von Zucht-Lachsen (*Salmo salar* L.) durch *Verticillium lecanii*. *Mycoses* 31 (4), 208-212.
- AINSWORTH, G. C., F. K. SPARROW & A. S. SUSSMAN (1973 a): *The Fungi*, Vol. 4 A, Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.
- AINSWORTH, G. C., F. K. SPARROW & A. S. SUSSMAN (1973 b): *The Fungi*. Vol. 4 B, Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.
- ALAY, K. (1965): *Pulvinaria floccifera*'ya karsi *Verticillium lecanii* ile biyolojik savas imkanlari uezerinde arastirmalar. *Bitki Koruma Buelteni* 5 (3), 113-120.
- ALBERT, R. (1987): Experiences with the introduction of biological control methods into glasshouses in Southwest-Germany. *Bulletin SROP* 10 (2), 13-17.
- ALLEN, D. J. (1982): *Verticillium lecanii* on the bean rust fungus, *Uromyces appendiculatus*. *Transactions of the British Mycological Society* 79 (2), 362-364.
- ARZONE, A. & O. I. O. MARLETTO (1984): Pathogenicita die tre Deuteromiceti nei confronti di *Corythucha ciliata* Say (Heteroptera: Tingidae). *Redia* 47, 195-203.
- ARZONE, A., O. I. O. MARLETTO & L. TAVELLA (1986): Action of pathogenic deuteromycetes against overwintering adults of *Corythucha ciliata* (Say) (Rhynchota: Tingidae). *Bulletin SROP* 9 (1), 75-86.
- AVIDZBA, N. S. (1983): Bioecology of citrus whitefly and its integrated management. 10th International Congress of Plant Protection 1983, Vol. 3, Proceedings of a conference held at Brighton, England, 1983, Plant Protection for human welfare, 1031.

- BAIRD, R. B. (1954): Species of *Cephalosporium* (Moniliaceae) causing a fungous disease in larvae of the European Corn Borer, *Pyrausta nubilalis* (Hbn.) (Lepidoptera: Pyraustidae). The Canadian Entomologist 86, 237-240.
- BAKER, R. T. (1981): Natural mortality of currant clearwing, *Synanthedon salmachus* (Lepidoptera: Sesiidae), in New Zealand. New Zealand Journal of Zoology 8 (4), 529-530.
- BALASUBRAMANIAN, M. (1979): Pest management studies for rice brown planthopper in Tamil Nadu Agricultural University. Colloquium on rice brown plant hopper, 24. Juni 1979, Coimbatore, Indien, 9-10 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 68 (1980), Nr. 339).
- \* BALAZY, S. (1963): The fungus *Cephalosporium* (*Acrostalagmus*) *lecanii* Zimm. *Verticillium lecanii* - pathogen of bark beetle larvae. Übersetzung von Acta Societatis Botanicorum Poloniae 32 (1), Environment Canada, No. 2446, 21 S.
- BALAZY, S. (1973): A review of entomopathogenic species of the genus *Cephalosporium* Corda (Mycota, Hyphomycetales). Bulletin de la société des Amis des Sciences et des Lettres de Poznan, Serie D 14, 101-137.
- BALLARD, E. M. & F. W. KNAPP (1984): Occurrence of the fungus *Verticillium lecanii* on a new host species: *Aedes triseriatus* (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology 21 (6), 751.
- BARNETT, H. L. & F. L. BINDER (1973): The fungal host-parasite relationship. Annual Review of Phytopathology 11, 273-292.
- BARSON, G. (1976): Laboratory studies on the fungus *Verticillium lecanii*, a larval pathogen of the large Elm bark beetle (*Scolytus scolytus*). Annals of Applied Biology 83 (2), 207-214.
- BEGLYAROV, G. A., V. A. SHUMILOV, G. A. DEVYATKINA, I. A. PONOMAREVA & S. S. MELEKHIN (1986): (Mechanized production of *Verticillium*). Zascita rastenij 5, 37-39.
- BINNS E. S., R. A. HALL & R. J. J. PICKFORD (1982): *Thrips tabaci* Lind. (Thysanoptera-Thripidae) - distribution and behaviour on glasshouse cucumbers in relation to chemical and integrated control. Entomologist's Monthly Magazine 118 (1412-1415), 55-68.
- BLÜMEL, S. & H. HAUSDORF (1987): Versuche zur Bekämpfung von Blattläusen unter Glas mit dem Pilzpräparat *Verticillium* (*Cephalosporium*) *lecanii*. Pflanzenschutz 2, 13-14.
- BLUNCK, H. (1953): Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Band 5, 2. Teil, 1. Lieferung, 5. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- BLUNCK, H. (1954): Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Band 5, 2. Teil, 2. Lieferung, 5. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- BLUNCK, H. (1956): Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Band 5, 2. Teil, 3. Lieferung, 5. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- BLUNCK, H. (1957): Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Band 5, 2. Teil, 4. Lieferung, 5. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- BODE, E. (1987): Zulassung von biologischen Pflanzenschutzmitteln. Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A, Heft 344, 81-99.

- BORISOV, B. A. & T. P. VINOKUROVA (1983): (Increasing the effectiveness of entomopathogenic fungi). *Zashchita Rastenii* 9, 20-22.
- BRADY, B. L. K. (1979): *Verticillium lecanii*. C.M.I. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria 61 (610), 1-2.
- BRUNDRET, K. W., W. DALZIEL & B. HESP (1972): X-Ray crystallographic determination of the structure of the antibiotic Aphidicolin: a tetracyclic diterpenoid containing a new ring system. *Journal of the Chemical Society D, Chemical Communications*, 1027-1028.
- BUCKNALL, R. A., H. MOORES, R. SIMMS & B. HESP (1973): Antiviral effects of Aphidicolin, a new antibiotic produced by *Cephalosporium aphidicola*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 4, 294-298.
- BÜHL, R. & A. MITTNACHT (1986): Biologische Schädlingsbekämpfung im Gewächshaus. *Deutscher Gartenbau* 40 (6), 234-237.
- BURGES, H. D. (1981): *Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980*. Academic Press London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.
- BURGES, H. D. & C. C. PAYNE (1983): *Insect Pathology. Annual Report 1981*, Glasshouse Crops Research Institute, 113-114.
- BURGES, H. D. & R. A. HALL (1983): Recent progress with a novel method of pest control. *Grower* 99 (7, Suppl.), 83-84.
- CASPER, R. & MENDGEN, K. (1979): Quantitative serological estimation of a hyperparasite: detection of *Verticillium lecanii* in yellow rust infected wheat leaves by ELISA. *Phytopathologische Zeitschrift* 94 (1), 89-91.
- CHAMBERS, R. J. & N. L. HELYER (1988): Recent research on aphid control under glass. Institute Report for 1986-87, Glasshouse Crops Research Institute, 81-84 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 76 (1988), Nr. 6409).
- CHARNLEY, A. K. (1984): Physiological aspects of destructive pathogenesis in insects by fungi: a speculative review. In: Anderson, J.M., A.D. Rayner & D.W. Walton: *British Mycological Society Symposium 1982*. Cambridge University Press, London.
- CHIYKOWSKI, L. N. (1985): Biology and rearing of *Paraphlepsius irroratus* (Homoptera: Cicadellidae), a vector of peach X-disease. *Canadian Entomologist* 117 (6), 717-726.
- CLAYDON, N. & J. F. GROVE (1982): Insecticidal secondary metabolic products from the entomogenous fungus *Verticillium lecanii*. *Journal of Invertebrate Pathology* 40 (3), 413-418.
- CUMMINS, G. B. (1971): *The rust fungi of cereals, grasses and bamboos*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- DEKLE, G. W. (1976): Green scale, *Coccus viridis* (Green) (Homoptera: Coccidae). *Entomology Circular, Division of Plant Industry, Florida Department of Agriculture and Consumer Services*, Nr. 165, 2 S.
- DIERCKS, R. (1985): *Mikroorganismen und Viren zur biologischen Bekämpfung*. *Deutscher Gartenbau* 39 (49), 2246-2248.

- DOMSCH, K. H. (1960 a): Das Pilzspektrum einer Bodenprobe, 1. Nachweis der Homogenität. *Archiv für Mikrobiologie* 35, 181-195.
- DOMSCH, K. H. (1960 b): Das Pilzspektrum einer Bodenprobe, 2. Nachweis physiologischer Merkmale. *Archiv für Mikrobiologie* 35, 229-247.
- DOMSCH, K. H. (1960 c): Das Pilzspektrum einer Bodenprobe, 3. Nachweis der Einzelpilze. *Archiv für Mikrobiologie* 35, 310-339.
- DOMSCH, K. H., W. GAMS & T.-H. ANDERSON (1980): *Compendium of soil fungi*. Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.
- DRUMMOND, J. & J. B. HEALE (1985): Vital staining of the entomopathogen *Verticillium lecanii* on a live insect host. *Transactions of the British Mycological Society* 85 (1), 171-173.
- DRUMMOND, J. & J. B. HEALE (1988): Genetic studies on the inheritance of pathogenicity in *Verticillium lecanii* against *Trialeurodes vaporariorum*. *Journal of Invertebrate Pathology* 52, 57-65.
- DRUMMOND, J., J. B. HEALE & A. T. GILLESPIE (1987): Germination and effect of reduced humidity on expression of pathogenicity in *Verticillium lecanii* against the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. *Annals of Applied Biology* 111 (1), 193-201.
- DULMAGE, H. T. & R. A. RHODES (1971): Production of pathogens in artificial media. In: Burges, H.D. & N.W. Hussey: *Microbial control of Insects and Mites*, Academic Press, London, New York.
- \* EASWARAMOORTHY, S. (1975): Ph.D. thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore.
- EASWARAMOORTHY, S. & S. JAYARAJ (1976): Ecology of coffee green bug, *Coccus viridis* (Green) and its entomopathogenic fungus, *Cephalosporium lecanii* Zimm. *Madras Agricultural Journal*, Symposium on plant protection research and development. Teil B: herbicides, pesticide degradation and microbiology, and integrated pest control 63, 545-549.
- EASWARAMOORTHY, S. & S. JAYARAJ (1977 a): The effect of temperature, pH, and media on the growth of the fungus *Cephalosporium lecanii*. *Journal of Invertebrate Pathology* 29 (3), 399-400.
- EASWARAMOORTHY, S. & S. JAYARAJ (1977 b): Control of guava scale, *Pulvinaria psidii* Mask., and chilli aphid, *Myzus persicae* (Sulz.), with *Cephalosporium lecanii* Zimm. and insecticides. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 47 (3), 136-139 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 66 (1978), Nr. 1559).
- EASWARAMOORTHY, S. & S. JAYARAJ (1978): Effectiveness of the white halo fungus, *Cephalosporium lecanii*, against field populations of coffee green bug, *Coccus viridis*. *Journal of Invertebrate Pathology* 32 (1), 88-96.
- EASWARAMOORTHY, S., G. SANTHARAM, A. REGUPATHY & S. JAYARAJ (1979): Effect of storage time and temperature on the viability of coffee green bug fungus *Cephalosporium lecanii* Zimm.. *Journal of Coffee Research* 9 (1), 20-23.
- EKBOM, B. S. (1979): Investigations on the potential of a parasitic fungus (*Verticillium lecanii*) for biological control of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). *Swedish Journal of Agricultural Research* 9 (4), 129-138.

EKBOM, B. S. (1980): Some aspects of the population dynamics of *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa* and their importance for biological control. Bulletin SROP 3 (3), 25-34.

EKBOM, B. S. (1981): Humidity requirements and storage of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* for use in greenhouses. Annales Entomologici Fennici 47 (2), 61-62.

ELLIOTT, D., L. A. GILKESON & D. GILLESPIE (1987): The development of greenhouse biological control in western Canadian vegetable greenhouses and plantscapes. Bulletin SROP 10 (2), 52-56.

EVANS, H. C. & R.A. SAMSON (1982): Entomogenous fungi from the Galápagos Islands. Canadian Journal of Botany 60, 2325-2333.

EVANS, H. C. & R. A. SAMSON (1986): The genus *Verticillium*: taxonomic problems in species with invertebrate hosts. In: Samson, Vlak & Peters. Fundamental and applied aspects of invertebrate pathology. Veldhoven.

EVLAKHOVA, A. A. (1938): (Experiments on the control of *Ceroplastes sinensis* Del Guer. with the fungus *Cephalosporium lecanii* Zimm.). Summary of the scientific research work of the institute of plant protection for the year 1936 (3), 75-77. Lenin Academy agricultural Science (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 27 (1939), Nr. 308).

EVLAKHOVA, A. A. (1941): (Results of the tests of *Cephalosporium* fungus in the control of scale insects in the *Citrus* groves of the Adjar Aut. Republic in 1939). Bulletin Plant Protection 1, Leningrad, 64-68 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 30 (1942), Nr. 377).

FERRON, P. (1981): Pest control by the fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. In: Burges; H.D.: Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980. Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.

FILATOV, V. P. (1981): (Verticillin against whiteflies). Zashchita rastenii 19, 47.

FLANNIGAN, B. & I. CAMPBELL (1977): Pre-harvest mould and yeast floras on the flag leaf, bracts and caryopsis of wheat. Transactions of the British Mycological Society 69 (3), 485-494.

FOSCHI, S. & K. V. DESEO (1987): Prospettive di lotta microbiologica contro i fitofagi nelle colture floricole e ornamentali in ambiente protetto. Difesa delle Piante 10 (1), 121-125 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 76 (1988), Nr. 7105).

FRANZ, J. A. & A. KRIEG (1982): Biologische Schädlingsbekämpfung. 3. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.

FREDRICK, J. M. (1943 a): Some preliminary investigations of the green scale, *Coccus viridis* (Green), in South Florida. The Florida Entomologist 26 (1), 12-15.

FREDRICK, J. M. (1943 b): The green scale in South Florida. The Florida Entomologist 26 (2), 25-29.

FREUDE, H., K. W. HARDE & G. A. LOHSE (1969): Die Käfer Mitteleuropas. Band 8, Verlag Goecke & Evers, Krefeld.

FREUDE, H., K. W. HARDE & G. A. LOHSE (1983): Die Käfer Mitteleuropas. Band 11, Verlag Goecke & Evers, Krefeld.

- FREULER, J. (1987): Evolution de la lutte biologique contre les ravageurs des légumes sous abris et serres en Suisse romande. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture* 19 (4), 219-223.
- GALANI, G. & L. ALAMASAN (1984): Depistarea unei epizootii naturale micotice la musculita alba, *Trialeurodes vaporariorum*. (Detection of an natural fungal epizootic in the whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westw.). *Buletinul de Protectia Plantelor* 1, 33-36 (ref. *Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 75* (1987), Nr. 3447).
- GAMS, W. (1971): *Cephalosporium*-artige Schimmelpilze (Hyphomycetes). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- GANHAO, J. F. P. (1956): *Cephalosporium lecanii* Zimm. um fungo entomógeno de cochonilhas. *Broteria* 25, 71-135.
- GARCIA ACHA, I., J. A. LEAL & J.R. VILLANUEVA (1965): Lysis of uredospore germ tubes of rusts by species of *Verticillium*. *Phytopathology* 55, 40-42.
- GARDNER, W. A., R. D. OETTING & G. K. STOREY (1984): Scheduling of *Verticillium lecanii* and benomyl applications to maintain aphid (Homoptera: Aphidae) control on chrysanthemums in greenhouses. *Journal of Economic Entomology* 77 (2), 514-518.
- GEEST, L. P. S. VAN DER (1985): Pathogens of spider mites. *World Crop Pests* 1, B, 247-258.
- GILLESPIE, A. T. (1986): The potential of entomogenous fungi as control agents for onion thrips, *Thrips tabaci*. Monograph, British Crop Protection Council No. 34, 237-243.
- GILLESPIE, A. T. (1988 a): The use of *Verticillium lecanii* to control cucumber pests. Institute Report for 1986-87, Glasshouse Crops Research Institute, 87-88.
- GILLESPIE, A. T. (1988 b): Duration of high humidity required for disease establishment. Institute Report for 1986-87, Glasshouse Crops Research Institute, 89.
- GILLESPIE, A. T. (1988 c): Control of whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) on tomato. Institute Report for 1986-87, Glasshouse Crops Research Institute, 89.
- GILLESPIE, A. T. & E. K. CRAWFORD (1988): Effect of water activity on conidial germination and mycelial growth. Institute Report for 1986-87, Glasshouse Crops Research Institute, 84-85.
- GILLESPIE, A. T., R. A. HALL & H. D. BURGESS (1981): Control of leafhoppers and thrips. Annual Report 1979, Glasshouse Crops Research Institute, 135.
- GILLESPIE, A. T., R. A. HALL & H. D. BURGESS (1983 a): Control of the onion thrips, *Thrips tabaci*, with entomogenous fungi. Annual Report 1981, Glasshouse Crops Research Institute, 119-120.
- GILLESPIE, A. T., R. A. HALL & H. D. BURGESS (1983 b): Infection of the glasshouse red spider mite, *Tetranychus urticae*, by *Verticillium lecanii*. Annual Report 1981, Glasshouse Crops Research Institute, 120.
- GINTIS, B. O., G. MORGAN-JONES & R. RODRIGUEZ-KABANA (1983): Fungi associated with several development stages of *Heterodera glycines* from an Alabama soybean field soil. *Nematropica* 13 (2), 181-200.
- GLEN, D. M. (1982): Effects of natural enemies on a population of codling moth *Cydia pomonella*. *Annals of Applied Biology* 101 (1), 199-201.



- GLEN, D. M. & N. F. MILSOM (1978): Survival of mature larvae of codling moth (*Cydia pomonella*) on apple trees and ground. *Annals of Applied Biology* 90 (2), 133-146.
- GOETTEL, M. S. (1984): A simple method for mass culturing entomopathogenic Hyphomycete fungi. *Journal of Microbiological Methods* 3 (1), 15-20.
- GOUR, H. N. & R. K. DABI (1988): Biological control of white grub using *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas. *Current Science* 57 (11), 620-621.
- GRABSKI, C. (1984): Untersuchungen zu der Wechselwirkung zwischen dem Bohnenrostpilz *Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* und dem Hyperparasiten *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas. Dissertation Universität Konstanz.
- GRABSKI, C. & K. MENDGEN (1984): Wechselwirkungen zwischen dem Bohnenrostpilz "*Uromyces appendiculatus*" und dem Hyperparasiten "*Verticillium lecanii*". *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem* H. 223, 263.
- GRABSKI, G. C. & K. MENDGEN (1985): Einsatz von *V. lecanii* als biologisches Schädlingsbekämpfungsmittel gegen den Bohnenrostpilz *U. appendiculatus* var. *appendiculatus* im Feld und im Gewächshaus. *Phytopathologische Zeitschrift* 113 (3), 243-251.
- GRABSKI, G. C. & K. MENDGEN (1986): Die Parasitierung des Bohnenrostes *Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* durch den Hyperparasiten *Verticillium lecanii*: Untersuchungen zur Wirt-Erkennung, Penetration und Abbau von Rostpilzsporen. *Journal of Phytopathology* 115, 116-123.
- \* GRADWELL, G.R., J. F. BENSON, R. G. PAWSEY, D. K. BARRETT & G. BARSON (1973): 49th Annual Report of the Commonwealth Forestry Institute 1972-73, University of Oxford, 32 S.
- GRADWELL, G. R., J. F. BENSON, R. G. PAWSEY, D. K. BARRETT & G. BARSON (1974): Dutch elm disease. 50th Annual Report of the Commonwealth Forestry Institute 1973-74, University of Oxford, 10-11.
- GRÜNBERG, M., H. ADAM, C. WALTER & W.F. HIRTE (1988): Einsatzmöglichkeiten des entomopathogenen Pilzes *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas zur biologischen Bekämpfung von Aphiden in Kulturen unter Glas und Platten. *Nachrichtenblatt der DDR* 42 (9), 186-190.
- \*GRÜNBERG, M. (1988): Untersuchungen zur Wirksamkeit des entomopathogenen Pilzes *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas bei der biologischen Bekämpfung von Aphiden in Pflanzenbeständen unter Glas (Hyphomycetales; Moniliaceae; Homoptera; Aphididae), Berlin, Humboldt-Universität, Diss. A 1988, 120 S.
- GRZIMEK, B. (1980): Grzimeks Tierleben. Band 4, Fische I, Deutscher Taschenbuchverlag, München.
- HADORN, E. & R. WEHNER (1978): Allgemeine Zoologie. 20. Aufl., Georg Thieme Verlag Stuttgart.
- HÄNSSLER, G. (1990): *Verticillium lecanii* als Parasit an Cysten von *Heterodera schachtii*. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 97 (2), 194-201.
- HÄNSSLER, G. & M. HERMANN (1981): *Verticillium lecanii* as a parasite on cysts of *Heterodera schachtii*. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 88 (11), 678-681.

HÄNSSLER, G., M. HERMANNNS & H.-J. REISENER (1981 a): Parasitierung der Uredosporen von *Puccinia graminis* var. *tritici* durch *Verticillium lecanii*. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem H. 203, 209.

HÄNSSLER, G., M. KNORZER & H.-J. REISENER (1981 b): Lichtmikroskopische Untersuchungen der Interaktion zwischen *Puccinia graminis* var. *tritici* und *Verticillium lecanii*. Phytopathologische Zeitschrift 102, 310-319.

HÄNSSLER, G., M. HERMANNNS & H.-J. REISENER (1982): Elektronenmikroskopische Beobachtungen der Interaktion zwischen Uredosporen von *Puccinia graminis* var. *tritici* und *Verticillium lecanii*. Phytopathologische Zeitschrift 103, 139-148.

HALL, R. A. (1976 a): A bioassay of the pathogenicity of *Verticillium lecanii* conidiospores on the aphid, *Macrosiphoniella sanborni*. Journal of Invertebrate Pathology 27 (1), 41-48.

HALL, R. A. (1976 b): *Verticillium lecanii* on the aphid, *Macrosiphoniella sanborni*. Journal of Invertebrate Pathology 28 (3), 389-391.

HALL, R. A. (1976 c): Aphid control by a fungus, *Verticillium lecanii*, within an integrated programme for chrysanthemum pests and diseases. Proceedings of the 8th British Insecticide and Fungicide Conference 1975, 93-99.

\* HALL, R. A. (1977): The potential of the fungus *Verticillium lecanii* as a microbial control agent of glasshouse aphid pests. Ph.D. Thesis, University of Southampton.

HALL, R. A. (1978 a): Biology of *Verticillium lecanii*. Annual Report 1977, Glasshouse Crops Research Institute, 109-110.

HALL, R. A. (1978 b): Control of aphids on chrysanthemum with *Verticillium lecanii*. Annual Report 1977, Glasshouse Crops Research Institute, 110.

HALL, R. A. (1978 c): Control of aphids on cucumbers with *Verticillium lecanii*. Annual Report 1977, Glasshouse Crops Research Institute, 110-111.

HALL, R.A. (1979 a): Glasshouse studies on *Verticillium lecanii*. Annual Report 1978, Glasshouse Crops Research Institute, 123.

HALL, R. A. (1979 b): Pathogenicity of *Verticillium lecanii* conidia and blastospores against the aphid *Macrosiphoniella sanborni*. Entomophaga 24 (2), 191-198.

HALL, R. A. (1980 a): Effect of repeated subculturing on agar and passaging through an insect host on pathogenicity, morphology, and growth rate of *Verticillium lecanii*. Journal of Invertebrate Pathology 36 (2), 216-222.

HALL, R. A. (1980 b): Laboratory infection of insects by *Verticillium lecanii* strains isolated from phytopathogenic fungi. Transactions of the British Mycological Society 74 (2), 445-446.

HALL, R. A. (1980 c): Effect of relative humidity on survival of washed and unwashed conidiospores of *Verticillium lecanii*. Acta Oecologica 1 (3), 265-273.

HALL, R. A. (1980 d): Comparison of laboratory infection of aphids by *Metarhizium anisopliae* and *Verticillium lecanii*. Annals of Applied Biology 95 (2), 159-162.

HALL, R. A. (1980 e): Control of aphids by the fungus, *Verticillium lecanii*: effect of spore concentration. Entomologia Experimentalis et Applicata 27(1), 1-5.

HALL, R. A. (1981 a): Laboratory studies on *Verticillium* and *Entomophthora*. Annual Report 1979, Glasshouse Crops Research Institute, 134-135.

HALL, R. A. (1981 b): The fungus *Verticillium lecanii* as a microbial insecticide against aphids and scales. In: Burges, H.D.: Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980. Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.

HALL, R. A. (1981 c): Control of whitefly and aphids on cucumbers by *Verticillium lecanii*. Annual Report 1980, Glasshouse Crops Research Institute, 122.

HALL, R. A. (1981 d): Laboratory studies on the effects of fungicides, acaricides and insecticides on the entomopathogenic fungus, *Verticillium lecanii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 29 (1), 39-48.

HALL, R. A. (1982): Control of whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* and cotton aphid, *Aphis gossypii* in glasshouses by two isolates of the fungus, *Verticillium lecanii*. *Annals of Applied Biology* 101 (1), 1-11.

HALL, R. A. (1983 a): Compatibility of fungicides and insecticides with *Verticillium lecanii*. Annual Report 1981, Glasshouse Crops Research Institute, 118.

HALL, R. A. (1983 b): Synergistic inhibitory action of preparations of iprodione and carbaryl on germination of conidia of *Verticillium lecanii*. *Journal of Invertebrate Pathology* 42 (3), 384-386.

HALL, R. A. (1984): Epizootic potential for aphids of different isolates of the fungus, *Verticillium lecanii*. *Entomophaga* 29 (3), 311-321.

HALL, R. A. (1985): Control of vine weevil, *Otiorrhynchus sulcatus*. Annual Report 1984, Glasshouse Crops Research Institute, 91.

HALL, R. A. & P. T. ATKEY (1981): Infection of aphids by *Verticillium lecanii*. Annual Report 1980, Glasshouse Crops Research Institute, 119.

HALL, R. A. & P. T. ATKEY (1983): An ultrastructural study of blastospores and conidiospores of *Verticillium lecanii*. Annual Report 1981, Glasshouse Crops Research Institute, 119.

HALL, R. A. & H. D. BURGESS (1972): Fungal pathogens of aphids. Annual Report 1971, Glasshouse Crops Research Institute, 103.

HALL, R. A. & H. D. BURGESS (1976): Fungi. Annual Report 1975, Glasshouse Crops Research Institute, 104-105.

HALL, R. A. & H. D. BURGESS (1977 a): Biology of *Verticillium lecanii*. Annual Report 1976, Glasshouse Crops Research Institute, 105.

HALL, R. A. & H. D. BURGESS (1977 b): Control of aphids on *Chrysanthemum* with *Verticillium lecanii*. Annual Report 1976, Glasshouse Crops Research Institute, 105-106.

HALL, R. A. & H. D. BURGESS (1979): Control of aphids in glasshouses with the fungus, *Verticillium lecanii*. *Annals of Applied Biology* 93 (3), 235-246.

HALL, R. A. & N. E. A. SCOPES (1985): Use of evaporimeters to predict the success of a commercial mycoinsecticide. Annual Report 1984, Glasshouse Crops Research Institute, 91-92.

- HALL, R. A. & S. J. TURNER (1983): Improvement of the commercial formulation of *Verticillium lecanii*. Annual Report 1981, Glasshouse Crops Research Institute, 117-118.
- HALL, R. A., A. T. GILLESPIE & H. D. BURGESS (1984): Use of fungi as microbial insecticides. Annual Report 1982, Glasshouse Crops Research Institute, 98-103.
- HALL, R. A., N. W. HUSSEY & D. MARIAN (1980): Results of a survey of biological control agents of the coconut mite *Eriophyes guerreronis*. *Oléagineux* 35, 395-398.
- HALL, R. A., P. JARRETT & H.D. BURGESS (1981 a): Control of aphids by *Verticillium lecanii* on commercial glasshouse chrysanthemums. Annual Report 1979, Glasshouse Crops Research Institute, 132-133.
- HALL, R. A. with TATE & LYLE LTD (1981 b): Commercialization of *Verticillium lecanii*. Annual Report 1980, Glasshouse Crops Research Institute, 119.
- HALL, R. A., L. WARDLOW, M. SAYNOR, J. CROSS & P. BASSETT (1981 c): Extension of use of *Verticillium lecanii* in the glasshouse industry. Annual Report 1980, Glasshouse Crops Research Institute, 121-122.
- HALL, R. A., G. ZIMMERMANN & A. VEY (1982): Guidelines for the registration of entomogenous fungi as insecticides. *Entomophaga* 27, 121-127.
- HALL, R. A., P. JARRETT, K. DICK & G. A. MATTHEWS (1983 a): Ultra-low volume application of *Verticillium lecanii*. Annual Report 1981, Glasshouse Crops Research Institute, 118-119.
- HALL, R. A. with TATE & LYLE LTD and KOPPERT BV (1983 b): Control of whitefly by *Verticillium lecanii*. Annual Report 1981, Glasshouse Crops Research Institute, 117.
- HANS, R. (1983): Gesundheitliche Aspekte biologischer Pflanzenschutzmittel. *Deutscher Gartenbau* 21, 982-983.
- HARPER, J. D. (1987): Present and future status of microbial control of arthropods. *Crop Protection* 6 (2), 117-122.
- HARPER, A. M. & H. C. HUANG (1986): Evaluation of the entomophagous fungus *Verticillium lecanii* (Moniliales: Moniliaceae) as a control agent for insects. *Environmental Entomology* 15 (2), 281-284.
- HARPER, A. M. & H. C. HUANG (1987): Mortality of alfalfa insects affected by an entomophagous fungus. *Research Highlights, Lethbridge Research Station, Agriculture Canada, Alberta*, 76-77 (ref. *Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 76 (1988), Nr. 1076*).
- HASSAN, S. A., F. BIGLER, H. BOGENSCHÜTZ, E. BOLLER, J. BRUN, P. CHIVERTON, P. EDWARDS, F. MANSOUR, E. NATON, P. A. OOMEN, W. P. J. OVERMEER, L. POLGAR, W. RIECKMANN, L. SAMSOE PETERSON, A. STAUBLI, G. STERK, K. TAVARES, J. J. TUSET, G. VIGGIANI & A. G. VIVAS (1987): Results of the third pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Journal of Applied Entomology* 103, 92-107.
- HASSAN, S. A., F. BIGLER, H. BOGENSCHÜTZ, E. BOLLER, J. BRUN, P. CHIVERTON, P. EDWARDS, F. MANSOUR, E. NATON, P. A. OOMEN, W. P. J. OVERMEER, L. POLGAR, W. RIECKMANN, L. SAMSOE PETERSON, A. STAUBLI, G. STERK, K. TAVARES, J. J. TUSET, G. VIGGIANI & A. G. VIVAS (1988): Results of the fourth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Journal of Applied Entomology* 105, 321-329.

- HASSEBRAUK, K. (1936): Pilzliche Parasiten der Getreideroste. *Phytopathologische Zeitschrift* 9, 513-516.
- HASSEBRAUK, K. (1937): Pilzliche Parasiten der Getreideroste, 2. Mitteilung. *Phytopathologische Zeitschrift* 10, 465.
- HIJWEGEN, T. (1988): Effect of seventeen fungicolous fungi on sporulation of cucumber powdery mildew. *Neth. J. Pl. Path.* 94, 185-190.
- HELYER, N. L. (1988): Aphid control on chrysanthemums using frequent, low dose application of *Verticillium lecanii*. Institute Report 1986-87, Glasshouse Crops Research Institute, 86-87.
- HELYER, N. L. & L. R. WARDLOW (1987): Aphid control on chrysanthemum using frequent, low dose applications of *Verticillium lecanii*. *Bulletin SROP* 10 (2), 62-65.
- HERING, T. F. (1965): Succession of fungi in the litter of a lake district oak-wood. *Transactions of the British Mycological Society* 48, 391-408.
- HILL, R. A. & J. LACEY (1983): The microflora of ripening barley grain and the effects of preharvest fungicide applications. *Annals of Applied Biology* 102 (3), 455-465.
- HOFFMANN, G. M., F. NIENHAUS, F. SCHÖNBECK, H.C. WELTZIEN & H. WILBERT (1985): *Lehrbuch der Phytomedizin*. 2. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- HOULE, C., G. C. HARTMANN & S. S. WASTI (1987): Infectivity of eight species of entomogenous fungi to the larvae of the elm bark beetle, *Scolytus multistriatus* (Marsham). *Journal of the New York Entomological Society* 95 (1), 14-18.
- HOUSTON, D. R. (1983): Developments in biological control of beech bark disease. *International Congress of Plant Protection* 10 (3), 1035-1041.
- HUSSEY, N. W. (1958): Notes on a fungus parasitic on greenhouse whitefly. *Plant Pathology* 7, 71-72.
- HUSSEY, N. W. (1968): Entomogenous fungi. Annual Report 1967, Glasshouse Crops Research Institute, 82.
- HUSSEY, N. W. (1969): Entomogenous fungi. Annual Report 1968, Glasshouse Crops Research Institute, 90.
- ISIK, M., M. TUNCDEMIR & A. F. YANILMAZ (1983): Study on the control possibilities of *Parthenolecanium rufulum* Ckll. by *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi* 7 (3), 167-175.
- \* JACKSON, C. W. (1984): Genetical studies on the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas. Ph.D. Thesis. University of London.
- JACKSON, C. W. & J. B. HEALE (1983): Protoplast fusion to overcome vegetative incompatibility in *Verticillium lecanii* parasexual genetics. *Protoplasts 1983*, poster proceedings, 6th International Protoplast Symposium 1983, 318-319.
- JACKSON, C. W. & J. B. HEALE (1985): Relationship between DNA content and spore volume in sixteen isolates of *Verticillium lecanii* and two diploids of *V. dahliae* (= *V. dahliae* var. *longisporum* Stark). *Journal of General Microbiology* 131 (12), 3229-3236.

- JACKSON, C. W., J. B. HEALE & R. A. HALL (1985): Traits associated with virulence to the aphid *Macrosiphoniella sanborni* in eighteen isolates of *Verticillium lecanii*. *Annals of Applied Biology* 106 (1), 39-48.
- JARRETT, P. (1981): Persistence of *Verticillium lecanii* conidiospores on chrysanthemum. Annual Report 1979, Glasshouse Crops Research Institute, 133.
- JARRETT, P. & R. A. HALL (1981 a): Shelf life of conidiospores of *Verticillium lecanii*. Annual Report 1979, Glasshouse Crops Research Institute, 134.
- JARRETT, P. & R. A. HALL (1981 b): Shelf life of conidiospores of *Verticillium lecanii*. Annual Report 1980, Glasshouse Crops Research Institute, 119-121.
- JARVIS, W. R. (1984): Lutte integree contre les maladies en sericulture maraichere. *Canada Agriculture* 30 (2), 10-13.
- JAWORSKA, M. (1979): Studies on the possibility of limiting populations of the apple sawfly - *Hoplocampa testudinea* Klug. (Hymenoptera, Tenthredinidae) by the use of parasitic fungi. *Roczniki Nauk Rolniczych, E*, 9 (2), 169-181.
- JOHNSON, D. L., H. G. HUANG & A. M. HARPER (1988): Mortality of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) inoculated with a Canadian isolate of the fungus *Verticillium lecanii*. *Journal of Invertebrate Pathology* 52, 335-342.
- KALANDRA, A. & J. ROZSYPAL (1933): Einige Bemerkungen über *Lecanium coryli* L. auf Eschen und über die auf demselben parasitierenden Pilze. *Ochraha Rostlin* 13, 153-176.
- KANAGARATNAM, P., H. D. BURGESS & R. A. HALL (1979 a): Control of whitefly on cucumbers by *Verticillium lecanii*. Annual Report 1978, Glasshouse Crops Research Institute, 124.
- KANAGARATNAM, P., H. D. BURGESS & R. A. HALL (1979 b): Control of "Big bud" on blackcurrants. Annual Report 1978, Glasshouse Crops Research Institute, 125.
- KANAGARATNAM, P. & R. A. HALL (1978 a): Control of whitefly on cucumbers by *Verticillium lecanii*. Annual Report 1977, Glasshouse Crops Research Institute, 111.
- KANAGARATNAM, P. & R. A. HALL (1978 b): Control of "Big bud" on blackcurrants. Annual Report 1977, Glasshouse Crops Research Institute, 111-112.
- KANAGARATNAM, P., H. D. BURGESS & R. A. HALL (1981 a): Integration of *Verticillium lecanii* and *Encarsia formosa* for whitefly control. Annual Report 1979, Glasshouse Crops Research Institute, 133.
- KANAGARATNAM, P., R. A. HALL & H. D. BURGESS (1981 b): Effect of fungi on the black currant gall mite, *Cecidophyopsis ribis*. *Plant Pathology* 30 (2), 117-118.
- KANAGARATNAM, P., H. D. BURGESS & R. A. HALL (1981 c): Survival of blastospores of *Verticillium lecanii* during storage. Annual Report 1979, Glasshouse Crops Research Institute, 134.
- KANAGARATNAM, P., R. A. HALL & H. D. BURGESS (1982): Control of glasshouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*, by an 'aphid' strain of the fungus *Verticillium lecanii*. *Annals of Applied Biology* 100 (2), 213-219.
- KANAOKA, M., A. ISOGAI, S. MURAKOSHI, M. ICHINOE, A. SUZUKI & S. TAMURA (1978): Bassianolide, a new insecticidal cyclodepsipeptide from *Beauveria bassiana* and *Verticillium lecanii*. *Agricultural and Biological Chemistry* 42 (3), 629-635.

KENNETH, R. & I. OLMERT (1975): Entomopathogenic fungi and their insect hosts in Israel: additions. *Israel Journal of Entomology* 10, 105-112.

\* KHALIL, S. K. (1982): Studies on the utilization of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* for the biological and integrated control of aphids. Ph.D. thesis, University of Agriculture, Prag, CSFR, 123 S.

KHALIL, S. K., J. BARTOS & Z. LANDA (1985 a): Effectiveness of *Verticillium lecanii* to reduce populations of aphids under glasshouse and field conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 12 (2), 151-156 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 73 (1985), Nr. 4354).

KHALIL, S. K., M. A. SHAH & M. NAEEM (1985 b): Laboratory studies on the compatibility of the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii* with certain pesticides. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 13, 329-334.

KHALIL, S. K., V. TABORSKY & J. BARTOS (1983): Studies on *Verticillium lecanii* for the biological control of aphids. 10th International Congress of Plant Protection 1983, 2, 788.

KITAZAWA, K., I. FUJISAWA & S.-I. IMABAYASHI (1984): Isolation of *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas affecting aphids and greenhouse whitefly in Japan. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 50 (5), 574-581.

KOHLER, G. (1980): Los parasitos y episitos de la guagua verde del cafeto (*Coccus viridis* Green) (Hemiptera, Coccidae) en coffee plantations in Cuba. *Centro Agrícola* 7 (1), 75-105.

KONINGSBERGER, J. C. & A. ZIMMERMANN (1901): De dierlijke vijanden der koffiecultur op Java. *Mededeelingen uit 'Slands Plantentuin* 44, 16-23.

\* KOSKI, P., R. AHO, P. RINTAMÄKI & A. SALONEN (1986): A fungal swimbladder infection caused by *Verticillium lecanii* in farmed Baltic salmon. In: Parasites and diseases in natural waters and aquaculture in Nordic countries. *Naturhistoriska riksmuseets reprocentral*. Stockholm, 82-93.

KOTLYAREVSKII, D. I. & V. A. PAVLYUSHIN (1986): (Heterokaryose in an entomopathogenic fungus, *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas). *Mikologija i fitopatologija* 20 (5), 362-365.

KOTTHOFF, P. (1937): *Verticillium coccorum* (Petsch) Westerdijk als Parasit auf *Puccinia chrysanthemi* Roze. *Angewandte Botanik* 19, 127-130.

KRANZ, J., H. SCHMUTTERER & W. KOCH (1979): Krankheiten, Schädlinge und Unkräuter im tropischen Pflanzenbau. Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg.

KRIEG, A. & J. M. FRANZ (1989): Lehrbuch der biologischen Schädlingsbekämpfung. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.

KRCZAL, H. (1960): Hinweise zur Abwehr von *Verticillium lecanii* als Parasit an *Passerina fragaefolii* in Gewächshauskulturen. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* (Braunschweig) 12 (6), 92-93.

KUMAR, D., C. S. ROY, Z. R. KHAN, S. S. YAZDANI, S. F. HAMEED & M. MAHMOOD (1983): An entomogenous fungi *Isaria tax* parasitizing mango hopper *Idioscopus clypealis*. *Science and Culture* 49 (8), 253-254.

KUTER, G. A. (1984): Hyphal interactions between *Rhizoctonia solani* and some *Verticillium* species. *Mycologia* 76 (5), 936-940.

- LANDA, Z. (1984): Ochrana proti molici sklenikove (*Trialeurodes vaporariorum* Westw.) v programech integrovane ochrany sklenikovych okurek. Sbornik uvtiz, Zahradnictvi 11 (3), 215-229 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 73 (1985), Nr. 6361).
- LANDA, Z. (1985): Control of glasshouse whitefly in the programs of integrated protection of glasshouse cucumbers in Tsechoslowakia. STING Newsletter on Biological Control in Greenhouses 8, 13.
- LARA, M. DE (1981): Development of biological methods of pest control in the United Kingdom glasshouse industry. Proceedings 1981 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases 2, 599-607.
- LEAL, J. A. & J. R. VILLANUEVA (1962): Digestion de uredosporas por *Verticillium hemileiae*. Microbiologia espanola 15, 269-275.
- LEATHERDALE, D. (1965): Fungi infecting rust and gall mites (Acarina: Eriophyi-dae). Journal of Invertebrate Pathology 7, 325-328.
- LEATHERDALE, D. (1970): The arthropod hosts of entomogenous fungi in Britain. Entomophaga 15, 419-435.
- LEDIEU, M. S. & N. L. HELYER (1983): Integration of pesticides with biological control agents. 10th International Congress of Plant Protection 1983, 3, 1111.
- \* LEEMING, A. R. (1976): Studies on mildew infecting the Graminae. D.Phil. Thesis, University of Oxford.
- LENTEREN, J. C. VAN & N. W. SCOPES (1985): Future for integrated control in glasshouses. STING Newsletter on Biological Control in Greenhouses 8, 4-7.
- LESLIE, R. & D. G. PARBERY (1972): Growth of *Verticillium lecanii* on medium containing sodium fluoride. Transactions of the British Mycological Society 58 (2), 351-352.
- LINDQUIST, R. K., M. L. CASEY, W. L. BAUERLE & T. L. SHORT (1987): Effects of an overhead misting system on thrips populations and spider mite-predator interactions on greenhouse cucumber. Bulletin SROP 10 (2), 97-100.
- LOGINOVA, W., N. ATANASSOV & G. GEORGIEV (1987): Biological control of pests and diseases in glasshouses in Bulgaria - today and in the future. Bulletin SROP 10 (2), 101-105.
- LONSDALE, D. (1983): Fungal associations in the build-up and decline of *Cryptococcus fagisuga* populations. General Technical Report, USDA Forest Service, Washington, DC, WO-37, 99-104 ((ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 74 (1986), Nr. 1040).
- LYSEK, H., O. FASSATIOVA & G. N. LOPEZ (1986): Autodehelminthizing capacity of soils in two Mexican localities. Helminthologia 23, 237-241.
- MACHOWICZ-STEFANIAK, Z. (1976): Wystepowanie owadobojczych strzrzepczakow (Hyphomycetales, Mycophyta) na szkodnikach sadow w okolicach Lublina ze szczegolnym uwz-glednieniem przadki pierscienicy (*Malacosoma neustria* L.). Annales Universitatis Mariae Curie-Sklodowska, C, 31 (35), 171-181 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 66 (1978), Nr. 2874).
- MACHOWICZ-STEFANIAK, Z. (1978): (Pathogenity of entomogenous hyphomycetes (Hyphomycetales, Mycophyta) in relation to tent caterpillar moth *Malacosoma neustria* L. (Lepidoptera)). Roczniki Nauk Rolniczych, E, 8 (2), 107-122.



MACHOWICZ-STEFANIAK, Z. (1980): (The effect of some fungicides used in the protection of orchards on the growth of entomopathogenic fungi). *Roczniki Nauk Rolniczych*, E, 10 (1-2), 187-199.

MACHOWICZ-STEFANIAK, Z. (1981): (The effect of systemic fungicides used in the protection of orchards on the growth of entomogenous fungi (Hyphomycetales, Mycophyta)). *Roczniki Nauk Rolniczych*, E, 11 (1-2), 63-75.

MACHOWICZ-STEFANIAK, Z. (1982): (The effects of mixed infections by some entomogenous fungi on the mortality of the tent caterpillar *Malacosoma neustria* L. (Lepidoptera)). *Roczniki Nauk Rolniczych*, E, 12 (1-2), 127-139 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 77 (1989), Nr. 2733).

MACHOWICZ-STEFANIAK, Z. (1986): (Fungi associated with dead diapausing larvae of the codling moth *Laspeyresia pomonella* L. (Lepidoptera, Tortricidae)). *Roczniki Nauk Rolniczych*, E, 16 (1), 111-126 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 77 (1989), Nr. 1832).

MAGAN, N. & J. LACEY (1984 a): Effect of temperature and pH on water relations of field and storage fungi. *Transactions of the British Mycological Society* 82 (1), 71-81.

MAGAN, N. & J. LACEY (1984 b): Effect of water activity, temperature and substrate on interactions between field and storage fungi. *Transactions of the British Mycological Society* 82 (1), 83-93.

MAGAN, N. & J. LACEY (1986): The phylloplane microflora of ripening wheat and effect of late fungicide applications. *Annals of Applied Biology* 109 (1), 117-128.

MAGAN, N. & A.R. McLEOD (1988): In vitro growth and germination of phylloplane fungi in atmospheric sulphur dioxide. *Transactions of the British Mycological Society* 90 (4), 571-575.

MANCHARAN, N. & S. JAYARAJ (1979): Observations on the ecology and bio-control agents of the rice brown planthopper. *Colloquium on rice brown planthopper 1979*, 28-31. (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 68 (1980), Nr. 342).

MARLETTO, O. I. O. & A. ARZONE (1985): Ruolo die temperatura e umidita nell'azione di deuteromiceti patogeni su *Corythucha ciliata* (Say) (Rhynchota: Tingidae) (Role of temperature and humidity in the action of pathogenic deuteromycetes on *Corythucha ciliata* (Say) (Rhynchota: Tingidae)): Difesa delle Piante 8 (2), 321-327 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 74 (1986), Nr. 4708).

MARLETTO, O. I. O. & S. MAGGIORA (1983): Deuteromiceti entomoparassiti di *Zyginidia pullula* Boh. (Deuteromycete parasites of *Zyginidia pullula* Boh.). *Atti 13. Congresso Nazionale Italiano di Entomologia*, 539-544 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 72 (1984), Nr. 441).

MARLETTO, O. I. O. & R. MENARDO (1984): (Micromycetes isolated from *Corythucha ciliata* Say.). *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria 'Filippo Silvestro'* 41, 183-187. (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 73 (1985), Nr. 5885).

MAYNE, W. W., M. J. NARASIMHAN & K. H. SPREENIVASAN (1933): Spraying of coffee in South India. *Bull. Mysore Coffee Exp. Sta.* Nr. 9, 69 S. (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 22 (1934), 43-44).

- McKENZIE, G. H. C. & H. J. HUDSON (1976): Mycoflora of rust-infected and non-infected plant material during decay. Transactions of the British Mycological Society 66, 223-238.
- McMILLAN, R. T. Jr. (1985): Biological control of frangipani rust with *Verticillium lecanii*. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 98, 328-329.
- MENDEL, Z., H. PODOLER & D. ROSEN (1984): Population dynamics of the Mediterranean black scale, *Saissetia oleae* (Olivier), on citrus in Israel, 4. The natural enemies. Journal of the Entomological Society of Southern Africa 47 (1), 1-21.
- MENDGEN, K. (1979): *Verticillium lecanii*, ein Hyperparasit auf dem Getreidegelbrost (*Puccinia striiformis*). Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem H. 191, 301-302.
- MENDGEN, K. (1981): Growth of *Verticillium lecanii* in pustules of stripe rust (*Puccinia striiformis*). Phytopathologische Zeitschrift 102 (3-4), 301-309.
- MENDGEN, K. & R. CASPER (1980): Nachweis von *Verticillium lecanii* in Bohnenrostpusteln (*Uromyces phaseoli*) durch Immunfluoreszenz. Phytopathologische Zeitschrift 99 (4), 362-364.
- MENDGEN, K., W. PFROMMER & G. SEWIFY (1988): Use of *Verticillium lecanii* for biological control. 5th International Congress of Plant Pathology (in Kyoto, Japan, 20.-28.8.1988), Abstracts, 114.
- MICZULSKI, B. (1978 a): Further studies on the bionomics of *Oulema* spp. (Coleoptera, Chrysomelidae) in Poland. Roczniki Nauk Rolniczych, E 7 (1), 115-127 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 67 (1979), Nr. 589).
- MICZULSKI, B. (1978 b): Further studies regarding natural control factors affecting *Oulema* spp. (Coleoptera, Chrysomelidae) in Poland. Roczniki Nauk Rolniczych, E 7 (1), 133-141 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 67 (1979), Nr. 591).
- MIETKIEWSKI, R. (1984): (The possibility of using selected species of fungi for the control of larvae of the brown-tail (*Euproctis chrysorrhoea* L.)). Roczniki Nauk Rolniczych, E, 14 (1-2), 102-111 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 77 (1989), Nr. 2742).
- MIETKIEWSKI, R. (1985): The mycoflora of dead larvae of brown-tail moth (*Euproctis chrysorrhoea* L.) during winter diapause. Roczniki Nauk Rolniczych, E, 15 (1-2), 139-150.
- MIETKIEWSKI, R. & S. IGNATOWICS (1985): Wykorzystanie grzybow do produkcji insektycydow. Ochrona Roslin 29 (5), 6-9.
- MILNER, R. J. & G. G. LUTTON (1986): Dependence of *Verticillium lecanii* (Fungi: Hyphomycetes) on high humidities for infection and sporulation using *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) as host. Environmental Entomology 15 (2), 380-382.
- MÜLLER-KÖGLER, E. (1965): Pilzkrankheiten bei Insekten. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- MÜLLER, E. & W. LOEFFLER (1982): Mykologie, 4. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart, New York.

- MURAKOSHI, S., M. ICHINOE, A. SUZUKI, M. KANAOKA, A. ISOGAI & S. TAMURA (1978): Presence of toxic substance in fungus bodies of the entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Verticillium lecanii*. Applied Entomology and Zoology 13 (2), 97-102.
- NAGAICH, B. B. (1973): *Verticillium* sp. pathogenic on aphids. Indian Phytopathology 26, 163-165.
- NAGEL, S. (1985): Vermehrung des mycophagen Nematoden *Aphelenchoides hamatus* an nematophagen Pilzen. Nematologica 31 (3), 352.
- NAPIORKOWSKA-KOWALIK, J. & Z. MACHOWICZ-STEFANIAK (1986): (Evaluation of parasitic insects and fungi in the regulations of noctuid larvae (Lepidoptera, Noctuidae) occurring in cabbage and sugarbeet crops). Polskie Pismo Entomologiczne 56 (3), 687-700 (ref. Biocontrol News and Information Vol. 10 (1989), Nr. 125).
- NARAYANASAMY, P. & P. BASKARAN (1979): Field efficiency of a fungus, a bacterium and organic insecticides against rice pests. International Rice Research Newsletter 4 (3), 19.
- OETTING, R. D. & W. A. GARDNER (1984): Effect of environmental and tank mix-conditions on the activity of *Verticillium lecanii*. International Congress of Entomology 1984, Abstracts, 17, 573.
- OLMERT, I. & R. G. KENNETH (1974): Sensitivity of the entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, and *Verticillium* sp. to fungicides and insecticides. Environmental Entomology 3 (1), 33-38.
- ONGUER, C. (1974): Ege bolgesinde turuncgil bahcelerinde zararlı *Coccus* (Homoptera: Coccidae) turlerinin ranınması, yayılması ve doğal dusmanları uzerinde arastirmalar. Bitki Koruma Bulteni, Suppl. 1, 59 S.
- OUDEMANS, C. A. J. A. (1902): Contributions a la flore mycologique des Pays-Bas 18, Nederlandsch kruidkundig Archief 3, Serie 2, 759.
- OZINO, O. I., A. ARZONE & A. ALMA (1987): (Action of *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas and three species of *Fusarium* Link. ex Fr. on *Sitobion avenae* (F.)). Difesa delle Piante 10 (2). 331-337 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 76 (1988), Nr. 5927).
- PAVLYUSHIN, V. A., O. V. KOVALEV, L. V. LYASHOVA & I. I. EVTUSHENKO (1982): (Entomopathogenic fungi). Zashchita Rastenii 4, 21.
- PAVLYUSHIN, V. A. & L. P. KRASAVINA (1986): (Pathogenicity of muscardine fungi in relation to aphidophages). Trudy Vsesoyuznogo Entomologicheskogo Obshchestva 68, 169-172 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 76 (1988), Nr. 8571).
- PENA, J. E. & R. T. McMILLAN Jr. (1986). *Verticillium lecanii*, a new fungal parasite of the scale *Philephedra tuberculosa* n. sp. (Homoptera: Coccidae) in Florida. Florida Entomologist 69 (2), 416-417.
- PENA, J. E., R. M. BARANOWSKI & R. E. LITZ (1987): Life history, behavior and natural enemies of *Philephedra tuberculosa* (Homoptera: Coccidae). Florida Entomologist 70 (4), 423-427.
- PETCH, T. (1923): Parasites of scale-insect fungi. Transactions of the British Mycological Society 8, 206-212.
- PETCH, T. (1925): Studies in entomogenous fungi, 4. *Cephalosporium* and associated fungi. Transactions of the British Mycological Society 10, 152-182.

PETCH, T. (1931 a): Notes on entomogenous fungi. Transactions of the British Mycological Society 16, 55-75.

PETCH, T. (1931 b): New species of fungi, collected during the Whitby Foray. The Naturalist 1931, 101-103.

PETCH, T. (1948): A revised list of British entomogenous fungi. Transactions of the British Mycological Society 31, 286-304.

PFROMMER, W. & K. MENDGEN (1986): *Verticillium lecanii* im Einsatz als biologisches Bekämpfungsmittel von Schadorganismen. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem H. 232, 264.

PFROMMER, W. & K. MENDGEN (1987): Biological control of rust fungi with the hyperparasite *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas. XIV International Botanical Congress (in Berlin, 24.7.-1.8.1987), Abstracts, 318.

PFROMMER, W., G. SEWIFY & K. MENDGEN (1988 a): *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas im integrierten Pflanzenschutz. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem H. 245, 277.

PFROMMER, W., G. SEWIFY & K. MENDGEN (1988 b): Pathogenicity of different isolates of *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas against rust fungi and insects. 5th International Congress of Plant Pathology (in Kyoto, Japan, 20.-28.8.1988), Abstracts, 349.

PFROMMER, W. et al. (1988 c): Biologische Bekämpfung von Schadorganismen durch *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas. Umweltschutz in Baden-Württemberg, Forschungsreport III 1988, Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg und Ministerium für Ländlichen Raum, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg, 381.

PICKETT, J. A. (1988): Integrating use of beneficial organisms with chemical crop protection. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 318, 203-211.  
in: WOOD (ed.) & WAY: Biological Control of Pests, Pathogens and Weeds: Developments and Prospects.

POSPELOV, V. P. (1940): (Results of the utilisation of fungous, bacterial and virus diseases as a control measure against agricultural pests). Summary of the scientific research work of the Institute of Plant Protection for the year 1939. Lenin Academy of Agricultural Sciences, Leningrad, 125-129 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 29 (1941), 582-584).

POSPELOWA, G. & H. FLIESS (1987): Biologischer Pflanzenschutz in der Sowjetunion. Osteuropastudien der Hochschulen des Landes Hessen, Reihe 1, Band 147.

PRAKASAN, G. B. (1987): Biological control of coffee pests. Journal of Coffee Research 17 (1), 114-117.

QUINLAN, R. J. (1983): The use of *Verticillium lecanii*, an entomopathogenic fungus, to control glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). 10th International Congress of Plant Protection 1983, 2, 787.

RABASSE, J.-M. (1985): Lutte intégrée sur tomate en serre, le problème pucerons. Pepinieristes, horticulteurs, maraichers - Revue Horticole No. 257, 24.

RAO, N. N. R. & M. S. PAVGI (1977): Two mycoparasites on powdery mildews. Sydowia 30 (1-6), 145-147.

- REGUPATHY, A. & G. PARANJOTHI (1979): Evaluation of fungicides and white halo fungus *Cephalosporium lecanii* Zimm. against banana aphid, *Pentalonia nigronervosa* Coq.. Pesticides 13 (9), 35-37.
- RIMSIA, V. & S. K. KHALIL (1982): Effectiveness of *Verticillium lecanii* against the black bean aphid, *Aphis fabae* in glasshouse and field conditions on sugar beet. Scientia agriculturae Bohemoslovaca 14 (2), 103-108.
- ROBERTS, D. W. (1981): Toxins of entomopathogenic fungi. In: Burges, H.D.: Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980. Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.
- ROBERTS, D. W. & W. G. YENDOL (1971): Use of fungi for microbial control of insects. In: Burges, H.D. & N.W. Hussey: Microbial control of insects and mites. Academic Press, London, New York.
- ROBINSON, R. K. (1966): Studies on penetration of insect integument by fungi. Pest Articles and News Summaries, B, 12, 131-142.
- ROMBACH, M. C. & A. T. GILLESPIE (1988): Entomogenous hyphomycetes for insect and mite control on greenhouse crops. Biocontrol News and Information 9 (1), 7-18.
- RONDON, A., E. ARNAL & F. GODOY (1982): Comportamiento del *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas, patógeno del afido *Toxoptera citricidus* (Kirk.) en fincas citricolas de Venezuela. Agronomía Tropical 30, 201-212. (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 72 (1984), Nr. 5411).
- RUBIN, A. & B. P. BEIRNE (1975): Natural enemies of the European fruit lecanium, *Lecanium tiliae* (Homoptera: Coccidae), in British Columbia. Canadian Entomologist 107 (4), 337-342.
- RUSS, K. & O. RUPF (1975): Influence of parasites and pathogens on the hibernating population of codling moth (*Laspeyresia pomonella* L.) in Austria. International Atomic Energy Agency, Food and Agriculture Organization, Proceedings of the symposium on the sterility principle for insect control 1974, 622 S. (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 64 (1976), Nr. 3252).
- SACCARDO, P. A. (1905): Notae mycologicae. Annales Mycologici 3, 505-516.
- SAKSIRIRAT, W. & H. H. HOPPE (1988): Zur Entwicklung von *Verticillium psalliotae* und *Verticillium lecanii* auf Uredosporen des Sojabohnenrostes. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem H. 245, 327.
- SAMSINAKOVA, A. (1977): The effects of fungic preparations on larvae of the Colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. Acta Entomologica Bohemoslovaca 74 (2), 76-80.
- SAMSINAKOVA, A. & S. KALALOVA (1975): Artificial infection of scale-insect with entomophagous fungi *Verticillium lecanii* and *Aspergillus candidus*. Entomophaga 20 (4), 361-364.
- SAMSINAKOVA, A. & S. KALALOVA (1976): Mass cultivation of entomophagous fungus *Verticillium lecanii*. Ceska Mykologie 30 (2), 118-120.
- SANTHARAM, G., S. EASWARAMOORTHY, A. REGUPATHY & S. JAYARAJ (1977): Possibility of increasing the pathogenicity of the white halo fungus *Cephalosporium lecanii* on coffee green bug *Coccus viridis* during summer. J. Plantation Crops 5 (2), 121-126.

- SANTHARAM, G., E. EASWARAMOORTHY & S. JAYARAJ (1978): Preliminary laboratory evaluation of *Cephalosporium lecanii* Zimm. as a pathogen of brinjal leaf beetle, *He-nosepilachna vigintioctopunctata* (Fabr.). Current Science 47 (13), 477.
- SCHANS, J., J. T. MILLS & L. VAN CAESELEE (1982): Fluorescence microscopy of rape-seeds invaded by fungi. Phytopathology 72 (12), 1582-1586.
- SCHLEGEL, H. G. (1976): Allgemeine Mikrobiologie. 4. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- SCHLISSKE, J. (1986): Zum Spektrum der Prädatoren und der parasitischen Pilze von Gallmilben (Acari: Eriophyoidea). Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem H. 232, 269-270.
- SCHMIDT, G. (1970): Die deutschen Namen wichtiger Arthropoden. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem H. 137.
- SCHRÖDER, H. VON & K. HASSEBRAUK (1957): Beiträge zur Biologie von *Darlucu filum* (Biv.) Cast. und einigen anderen auf Uredineen beobachteten Pilzen. Zentralblatt Bakteriologie, 2. Abteilung, 110, 676-696.
- SHANDS, W. A., C. G. THOMPSON, G. W. SIMPSON & H. E. WAVE (1958): Preliminary studies of entomogenous fungi for the control of potato-infesting aphids in Maine. Journal of Economic Entomology 51 (2), 184-186.
- SHAW, D. E. (1988): *Verticillium lecanii* a hyperparasite on the coffee rust pathogen in Papua New Guinea. Australasian Plant Pathology 17 (1), 2-3 (ref. Rev. Plant Pathology Vol. 67 (1988), Nr. 6006).
- SIKHARULIDZE, A. M. & L. E. TAVAMAISHVILI (1977): *Parthenolecanium corni* - a pest of persimmon and its control. Subtropicheskie Kul'tury, Nr. 4, 89-92 (zitiert nach Abstract).
- SILVEIRA, H. L. & C. J. RODRIGUES Jr. (1972): Bursting of rust uredospores caused by *Verticillium hemileiae* Bour. culture filtrates. Agronomia lusitania 33, 391-395.
- SINGH, U. P. (1972): Anastomoses and nuclear condition in *Cephalosporium coccorum* Petch. Mycopathologia et Mycologia applicata 48 (2-3), 167-174.
- SKOU, J. P. (1967): Diseases in bumble-bees (*Bombus* Latr.), the occurrence, description and pathogenicity of five Hyphomycetes. Arsskrift Kongelige Veterinær og Landbohøjskole, København, 134-153.
- SLOBODYANYUK, G. A., E. I. EVTUSHENKO & L. V. YASYUK (1984): (Effective against whitefly: *Verticillium*). Zashchita Rastenii 3, 45.
- SMITH, M. R. (1942): The relationship of ants and other organisms to certain scale insects on coffee in Porto Rico. Journal Agric. Univ. Puerto Rico 26, 21-27. (ref. Rev. Appl. Mycology Vol. 23 (1944), 131-132).
- SOLOVEI, E.F. (1980): (Heterogenicity of *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas population). Mikologija i fitopatologija 14 (5), 400-404.
- SOLOVEI, E.F. (1984): (Maintenance of an entomogenous fungus, *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas). Mikologija i fitopatologija 18 (2), 156-159.
- SOLOVEI, E.F. & L. N. SOGOYAN (1982): (A fungus against the greenhouse whitefly). Zashchita Rastenii 5, 28.

- SOUNDARARAJAN, K., T. KUMARASWAMI & A. ABDUL KAREEM (1984): An easy method for mass multiplication of the entomopathogenic fungus *Cephalosporium lecanii* Zimm.. Current Science 53 (21), 1152-1153.
- SPENCER, D. M. (1980): Parasitism of carnation rust (*Uromyces dianthi*) by *Verticillium lecanii*. Transactions of the British Mycological Society 74 (1), 191-194.
- SPENCER, D. M. (1981): Parasitism of carnation rust (*Uromyces dianthi*) by *Verticillium lecanii*. Annual Report 1979, Glasshouse Crops Research Institute, 141.
- SPENCER, D. M. (1983): Carnation rust caused by *Uromyces dianthi*. Annual Report 1981, Glasshouse Crops Research Institute, 130.
- SPENCER, D. M. & P. T. ATKEY (1981 a): Parasitism of carnation rust and brown rust of wheat by *Verticillium lecanii*. Annual Report 1980, Glasshouse Crops Research Institute, 134.
- SPENCER, D. M. & P. T. ATKEY (1981 b): Parasitic effects of *Verticillium lecanii* on two rust fungi. Transactions of the British Mycological Society 77, 535-542.
- SPENCER, D. M. & M. H. EBBEN (1983): Biological control of cucumber powdery mildew. Annual Report 1981, Glasshouse Crops Research Institute, 128-129.
- SRIVASTAVA, A. K., G. DEFAGO & H. KERN (1985): Hyperparasitism of *Puccinia horiana* and other microcyclic rusts. Phytopathologische Zeitschrift 114 (1), 73-78.
- SRIVASTAVA, R. P. & P.L. TANDON (1986): Natural occurrence of two entomogenous fungi pathogenic to mango hopper, *Idioscopus clypealis* Leth. Indian Journal of Plant Pathology 4 (2), 121-123, (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 77 (1989), Nr. 3286).
- STEITZ, E. & G. STENDEL (1984): Die Stämme und Klassen des Tierreichs. Verlag Chemie, Weinheim, Deerfield Beach Florida, Basel.
- ST. LEGER, R. J., A. K. CHARNLEY & R. M. COOPER (1986 a): Cuticle-degrading enzymes of entomopathogenic fungi: synthesis in culture on cuticle. Journal of Invertebrate Pathology 48 (1), 85-95.
- ST. LEGER, R. J., A. K. CHARNLEY & R. M. COOPER (1986 b): Enzymatic characterization of entomopathogens with the API ZYM system. Journal of Invertebrate Pathology 48 (3), 375-376.
- ST. LEGER, R. J., R. M. COOPER & A. K. CHARNLEY (1986 c): Cuticle-degrading enzymes of entomopathogenic fungi: regulation of production of chitinolytic enzymes. Journal of General Microbiology 132 (6), 1509-1517.
- ST. LEGER, R. J., R. M. COOPER & A. K. CHARNLEY (1986 d): Cuticle-degrading enzymes of entomopathogenic fungi: cuticle degradation in vitro by enzymes from entomopathogens. Journal of Invertebrate Pathology 47 (2), 167-177.
- ST. LEGER, R. J., R. M. COOPER & A. K. CHARNLEY (1987): Distribution of chymoelastases and trypsin-like enzymes in five species of entomopathogenic deuteromycetes. Archives of Biochemistry and Biophysics 258 (1), 123-131.
- STRASBURGER, E. (1983): Lehrbuch der Botanik. 32. Aufl., Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- STRÜMPPEL, H. (1983): Handbuch der Zoologie, Band 4, Teilband 28, Verlag de Gruyter, Berlin, New York.

- SUZUKI, A., M. KANAOKA, S. MURAKOSHI, M. ICHINOE & S. TAMURA (1977): Bassianolide, a new insecticidal cyclodepsipeptide from *Beauveria bassiana* and *Verticillium lecanii*. Tetrahedron Letters 25, 2167-2170.
- TUNGUYURECK, M. (1975): Observations sur la bioécologie de *Saissetia oleae* Bern. dans les vergers de la région égéenne. Fruits 30, 163-165.
- TUSET, J.J. (1975): Effets d'inhibition du développement du champignon *Cephalosporium lecanii* Zimm., "in vitro" causés par des produits antiparasitaires. 8th International Plant Protection Congress, Section 5. Biological and Genetic Control, Moskau, 201-208.
- UMA, N. U. & G. S. TAYLOR (1987): Parasitism of leek rust urediniospores by four fungi. Transactions of the British Mycological Society 88 (3), 335-340.
- VIDANO, C. & A. ARZONE (1988): Natural enemies of *Zyginidia pullula* (Rhynchota: Auchenorrhyncha). 6th Auchenorrhyncha Meeting, Turin, Italy, 1987, Proceedings, 581-590 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 76 (1988), Nr. 7699).
- VIEGAS, A. P. (1939): Um amigo do fazendeiro *Verticillium lecanii* (Zimm.) n. comb., o causador do Halo branco do *Coccus viridis* (Green). Revista do Instituto de Café do Estado de Sao Paulo 14, 754-772.
- \* VILLANUEVA, J. R. (1955): Aspectos metabólicos de algunos hongos asociados a uredineas. Ph.D. Thesis, Univ. Madrid, 78 S.
- WALTER, C., G. CASPERSON & W. F. HIRTE (1988): Licht- und Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen zur Infektion der Weißen Fliege (*Trialeurodes vaporariorum* Westw.) mit *Verticillium lecanii* Zimm. Zentralblatt für Mikrobiologie 143 (5), 363-373.
- WARDLOW, L. R. (1980): Chrysanthemum pest control. Integration under glass. Grower 94 (22), 27-29.
- WEBER, H. (1983): Formulierung von Sporen des *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas 1939, zur biologischen Schädlingsbekämpfung. Diplomarbeit Universität Konstanz.
- WILDING, N. (1972): The effect of systemic fungicides on the aphid pathogen, *Cephalosporium aphidicola*. Plant Pathology 21, 137-139.
- WILDING, N. (1983): The current status and potential of entomogenous fungi as agents of pest control. 10th International Congress of Plant Protection 1983, 2, 743-750.
- WYSS, U. & B. VOSS (1986): Möglichkeiten der biologischen Bekämpfung von Wurzel-nematoden durch Pilze. Schriftenreihe der agrarwissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel, Vorträge zur Hochschultagung, Heft 68.
- \* XIE, P., C. SU & Z. LIN (1988): A preliminary study on an entomogenous fungus of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hom.: Psyllidae). Chinese Journal of Biological Control 4 (2), 92.
- YASEM DE ROMERO, M.G. (1985): *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas, en afidos de la provincia de Tucuman, Argentina. Revista de Investigacion, Centro de Investigaciones para la Regulacion de Poblaciones de Organismos, Nocivos, Argentina, 111 (3-4), 63-66 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 76 (1988), Nr. 5215).



YASEM DE ROMERO, M. G. & E. R. ROMERO (1985): Evaluacion del crecimiento y de la produccion de conidios de *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas, en agar-papa-glucosado al 2%. Revista de Investigacion, Centro de Investigaciones para la Regulacion de Poblaciones de Organismos, Nocivos, Argentina, 111 (3-4), 47-60 (ref. Rev. Appl. Entomol. Ser. A Vol. 76 (1988), Nr. 5502).

YOKOMI, R. K. & T. R. GOTTWALD (1988): Virulence of *Verticillium* isolates in aphids determined by detached-leaf bioassay. Journal of Invertebrate Pathology 51, 250-258.

ZAMBETTAKIS, C., P. SANKARA & A. METIVIER (1985): *Darluca filum*, *Tuberculina costaricana* et *Verticillium lecanii*, hyperparasites de *Puccinia arachidis*, consideres comme elements d'une lutte integree. Bulletin Trimestriel de la Societe Mycologique de France 101 (2), 165-181.

ZIMMERMANN, A. (1899): Korte berichten uit 's lands plantentuin over eene schimmel-epidemie der groene luizen. Teysmannia 1898, 240-243.

ZIMMERMANN, G. (1983): Biological control of aphids by entomopathogenic fungi. Present state and prospects. Aphid antagonists. Proceedings of a meeting of the EC Experts' Group, Portici, Italy, 1982, 33-40.

ZIMMERMANN, G. (1984): Pilze zur biologischen Bekämpfung von Blattläusen. Gärtnerbörse und Gartenwelt 84 (17), 406-407.

ZIMMERMANN, G. (1986): Insect pathogenic fungi as pest control agents. Fortschritte der Zoologie 32, 217-231.

ZIMMERMANN, G. & E. BODE (1980): Versuche zur Bekämpfung von Blattläusen mit *Verticillium lecanii*. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin und Braunschweig: Jahresbericht 1979, 88.

ZOHREN, E. (1983): Bemühungen um den integrierten Pflanzenschutz. Arbeitsberichte Ökologie - Umwelttechnik 7, 191-198.

\* = Literatur, die nicht zur Verfügung stand und lediglich in das Literaturverzeichnis aufgenommen wurde

#### Schriftliche Mitteilungen

ATKEY, P. T. (1988): Institute for Horticultural Research Littlehampton, Großbritannien, 18.07.88.

BATISTA FILHO, A. (1988): Instituto Biologico, Campinas, Brasilien, 22.04.88.

BODE, E. (1988): Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig, 13.06.88.

GAMS, W. (1988 a, b und 1989): Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn, Niederlande, 10.05.88 (a), 04.08.88 (b) und 13.07.89

GILLESPIE, A. T. (1988): Institute for Horticultural Research Littlehampton, Großbritannien, 25.07.88.

HÄNSSLER, G. (1988): Bayer AG (ehemals RWTH-Aachen), Leverkusen, 05.07.88.

HANS, R. (1988): Bundesgesundheitsamt, Berlin, 09.06.88.

HIJWEGEN, T. (1989): Agricultural University of Wageningen, 24.08.89.

PRICE, D. (1988): Institute for Horticultural Research Littlehampton, Großbritannien, 08.08.88.

RAVENSBERG, W. J., KOPPERT B.V. (1989): Berkel en Rodenrijs, Niederlande, 31.08.89.

SKØT, G. (1988 und 1989): Novo Industri A/S, Bagsvaerd, Dänemark, 20.07.88 und 03.08.89.

ZIMMERMANN, G. (1988): Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Darmstadt, 24.05.88.

#### Mündliche Mitteilungen

HÄNSSLER, G. (1988): Bayer AG, Leverkusen, 07.09.88.

NABOR, (1989): Instituto Biologico, Campinas, Brasilien, 02.89

NIRENBERG, H. (1988): Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem, 09.09.88.

PFROMMER, W. (1988): Universität Konstanz, 05.10. 88 und 08.10.88.