

Biologische Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten

Biological control of plant diseases

K. Mendgen, A. Schiewe und C. Falconi

1. Einleitung

Biologische Schädlingsbekämpfung ist ein wichtiger Weg zum umweltgerechten Pflanzenschutz (Diercks, 1983). Dieser Weg reduziert Risiken, z.B. wenn wir zu spät über unangenehme Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln erfahren. So gibt es Beispiele von Nebenwirkungen bei Fungiziden, die – regelmäßig eingesetzt – die Laufkäferpopulation eines Ackers innerhalb von 12 Jahren (Basedow, 1991) auslöschen. Durch die hohe Intensität des Einsatzes der Wirkstoffe können Nützlinge geschädigt und Schädlinge manchmal sogar gefördert werden. In Apfelanlagen wurde schon frühzeitig bemerkt, daß ein Benzimidazol-Fungizid die Regenwürmer im Boden abtötet und dadurch indirekt im nächsten Jahr den Befall mit Apfelschorf fördert (Niklas und Kennel, 1981). Wegen fehlender Alternativen wird dieses Fungizid immer noch eingesetzt, obwohl viele Schadpilze dagegen resistent geworden sind. Trotz aller Bemühungen nehmen die Mengen der ausgebrachten Pflanzenschutzmittel kaum ab (Gemmeke, 1991). In Apfelanlagen werden oft noch 30 kg/ha pro Jahr Fungizide ausgebracht. Dies ist erstaunlich, wo doch in alten und neuen Lehrbüchern (Bruehl, 1975; Schippers und Gams, 1979; Cook und Baker, 1983; Philipp, 1988; Krieg und Franz, 1989) viele Beispiele zur biologischen Bekämpfung von Insekten und Pilzen

aufgeführt werden. Während es bei Insekten schon gut funktionierende Systeme gibt, sieht es bei der Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten und besonders bei pilzlichen Erregern eher ungünstig aus. Nur wenige Mittel sind auf dem Markt (Lynch, 1988). Dies ist nur schwer zu verstehen, wenn man in zahlreichen Publikationen den Schlußsatz liest: „Labor- und Feldversuche haben gezeigt, daß der Organismus X sich hervorragend zur Bekämpfung des Pathogens Y eignet.“ Warum erreichen aber die biologischen Mittel einen Marktanteil von weniger als 0,5% des gesamten Pflanzenschutzmittelmarktes? Warum ist dieser Marktanteil bei Mitteln zur Bekämpfung von Pilzkrankheiten noch viel geringer? Und all dies, obwohl die ersten Versuche zur biologischen Bekämpfung von Pilzkrankheiten aus den 30er Jahren stammen (Philipp, 1988).

Der wesentliche Grund hierfür ist sicherlich, daß die Bekämpfung von Pilzen mit Fungiziden sehr viel einfacher ist. Diese Wirkstoffe können gegen verschiedene Pilze an unterschiedlichen Orten der Pflanze eingesetzt werden. Biologische Systeme dagegen sind sehr viel spezieller ausgerichtet. Pilze, die z. B. einen bestimmten Wurzelbereich parasitieren, besetzen dort eine Nische. Um diesen Pilz oder seine Dauerstrukturen zu bekämpfen, muß ein sogenannter nützlicher Pilz, der den schädlichen Pilz angreifen soll, um diese Nische konkurrie-

ren können. Solche genau angepaßten Systeme sind nicht nur schwierig herzustellen, sie versprechen wegen der eingeschränkten Einsatzmöglichkeiten auch keinen großen kommerziellen Erfolg (Reinecke et al., 1991). Diese Probleme sollen an einigen Beispielen diskutiert werden. Zusätzlich werden einige Verfahren erläutert, pflanzeigene Abwehrmechanismen gegen Parasiten zu aktivieren, weil diese Methoden ebenfalls eine Alternative zum Fungizideinsatz darstellen.

2. Biologische Bekämpfung im Boden

Auf Grund der günstigen Wachstumsbedingungen für Pilze erscheint eine biologische Schädlingsbekämpfung im Boden zunächst vielversprechend. Bei Insekten, die sich aktiv im Boden bewegen und so mit größerer Wahrscheinlichkeit in Kontakt mit einem für sie pathogenen Pilz kommen, gibt es Beispiele, die auch schon mit Erfolg kommerziell ausgenutzt werden (Reinecke et al., 1991). Der Einsatz von nützlichen Pilzen gegen pathogene Pilze ist jedoch sehr viel schwieriger, weil der nützliche Pilz in dem trägen, wenig beweglichen Bodensystem (Gisi et al., 1990) nur schwerlich gleichmäßig verteilt werden kann. Er muß deshalb in großen, relativ unhandlichen Mengen ausgebracht werden, damit er das Pathogen an der Infektion hindern kann. Aufwandmengen von umgerechnet 6000 kg/ha sind keine Seltenheit (Adams, 1990). Dies gilt auch, wenn Substrate für nützliche Pilze, wie z. B. Chitin, in den Boden gegeben werden (Chet, 1990). Nur dadurch kann garantiert werden, daß die Population des nützlichen Pilzes für eine verläß-

liche Wirkung dicht genug ist. Um eine ökonomische Bekämpfung zu erreichen, fordert Adams (1990) sorgfältige, ausgeklügelte Kulturmaßnahmen und ein Eingehen auf die Bedürfnisse des nützlichen Pilzes. Nur regelmäßiges Spritzen, also die bisher übliche „Fungizidmentalität“, ist nicht ausreichend. Die Bekämpfungsmaßnahmen müssen auf jeden Bodentyp abgestellt werden. Die jeweiligen Verhältnisse im Boden, wie pH-Wert, Temperatur, organische und mineralische Bestandteile, müssen genau beachtet werden. Bei der Bekämpfung der Fusarienwelke mit nichtpathogenen Stämmen, die mit den pathogenen Stämmen um die gleiche Nische kämpfen (Mandeel und Baker, 1991), wurden in der Praxis dadurch Erfolge erzielt, daß die Wurzeln in kleinen Gebinden gezielt behandelt wurden (Matusch, 1990). Voraussetzung war jedoch auch hier, daß der Infektionsdruck nicht zu hoch war und wegen der großen Ausbringungsmenge nur relativ kleine Gefäße behandelt werden mußten. Der vielgepriesene nützliche Pilz *Trichoderma harzianum* bzw. *koningii* hilft zuverlässig wohl auch nur bei Saatgutbehandlung (Nelson et al., 1988).

Vielfersprechender erscheint der Einsatz von Mykorrhiza-Pilzen, die schon unter natürlichen Bedingungen die Wurzeln ihrer Wirtspflanzen besiedeln und durch verstärkten Einsatz viele pflanzenpathogene Pilze zurückdrängen (Dehne, 1982). Einige Ektomykorrhiza-Pilze können sogar aktiv pflanzenpathogene Pilze lysieren (Kope und Fortin, 1990). Es sind Methoden entwickelt worden, Mykorrhiza-Pilze mit Blähton zu verbinden und diese Körner zusammen mit dem Saatgut auszubringen (Dehne und Baltruschat, pers. Mitt.).

Ein ähnliches Präparat ist bereits im Handel (Nutrilink[®]). Wegen der hohen Kosten ist ein Einsatz bisher nur bei besonders gewinnträchtigen Kulturen sinnvoll.

Nicht zuletzt sollen die Bakterien als nützliche Mikroorganismen im Boden erwähnt werden. Fluoreszierende Pseudomonaden sind ein natürlicher Bestandteil der Mikrobiozönose und konkurrieren mit vielen schädlichen Pilzen und Bakterien. Wenn durch entsprechende Kulturmaßnahmen fluoreszierende Pseudomonaden in ihrem Wachstum gefördert werden, kann ein wirksames biologisches Bekämpfungssystem im Boden entstehen (Gutterson, 1990). Aber auch hier ist die Saatgutbehandlung wohl der sichere Weg (Weller und Cook, 1983). Ähnliche Strategien werden bei der Bekämpfung von *Agrobacterium tumefaciens* an Jungpflanzen verfolgt (Kerr et al., 1990). Der dazu verwendete Stamm K 84 von *A. radiobacter* wurde inzwischen mit gentechnologischen Methoden verbessert.

3. Biologische Bekämpfung im Blatt- und Fruchtbereich mit Pilzen und Bakterien

Ganz anders als im Boden ist die Situation im Blatt- und Fruchtbereich. Auf den Blättern der Pflanzen (Phylloplane) wachsen im Verlauf der Vegetationsperiode zahlreiche Bakterien, Hefen und andere Pilze. Etwa 105 Mikroorganismen pro cm² Blattfläche wurden beobachtet (Fokkema und Schippers, 1986). Diese Mikroorganismen leben vom Nährstoffefflux der Blätter, von Staub- oder Pollenablagerungen, aber auch von den Ausscheidungen der Insekten. Sie vermehren sich stark bei günstigen,

feuchten Bedingungen, oder ihre Zahl nimmt bei ungünstigen Bedingungen, wie z. B. langanhaltendem Sonnenschein, ab. Die meisten dieser Mikroorganismen sind für die Pflanze relativ neutral, sie nutzen ihr wenig, schädigen sie aber auch nicht. Erst bei höherer Dichte wird eine leichte Ertragseinbuße beobachtet (Smedegaard-Petersen und Tolstrup, 1986). In den Blättern findet man ebenfalls relativ neutrale Pilze, die Endophyten (Petrini, 1991). Ihre Bedeutung ist noch unzureichend erforscht. Sie scheinen sich gegenseitig, z. B. mit Siderophoren (Fokkema und Schippers, 1986; Leong, 1986), zu beeinflussen. Durch die Ausscheidung von Giften vermögen sie Insekten, die Pflanzen befallen, abzuschrecken (Clay, 1989; Wulf, 1990). Sie beeinflussen aber auch die Wirtspflanze durch ihre Hormonproduktion. Es ist möglich, daß solche Mikroorganismen Abwehrreaktionen der Pflanzen aktivieren und dadurch Pflanzenpathogenen die Infektion erschweren. Hier eröffnet sich eine neue Strategie für die biologische Schädlingsbekämpfung.

Den Einfluß der normalen Blattflora auf einen Erreger der Apfelfäule, *Botrytis cinerea*, zeigt Abb. 1. Von 397 auf Apfelblättern gefundenen Isolaten zeigen viele einen deutlichen Einfluß auf die Sporenkeimung von *B. cinerea*. Solche Arbeiten werden durchgeführt, um in einem Screening Pilze oder Bakterien zu finden, die das Pathogen angreifen und lysieren oder durch einen Wirkstoff nur am Wachstum behindern. Ein sehr schön untersuchtes Beispiel ist *Verticillium lecanii*. Dieser Pilz ist in der Lage, Sporen von Rostpilzen (Hassebrauk, 1936) und Mehltaupilzen (Heintz und Blaich, 1990), aber auch verschiedenste

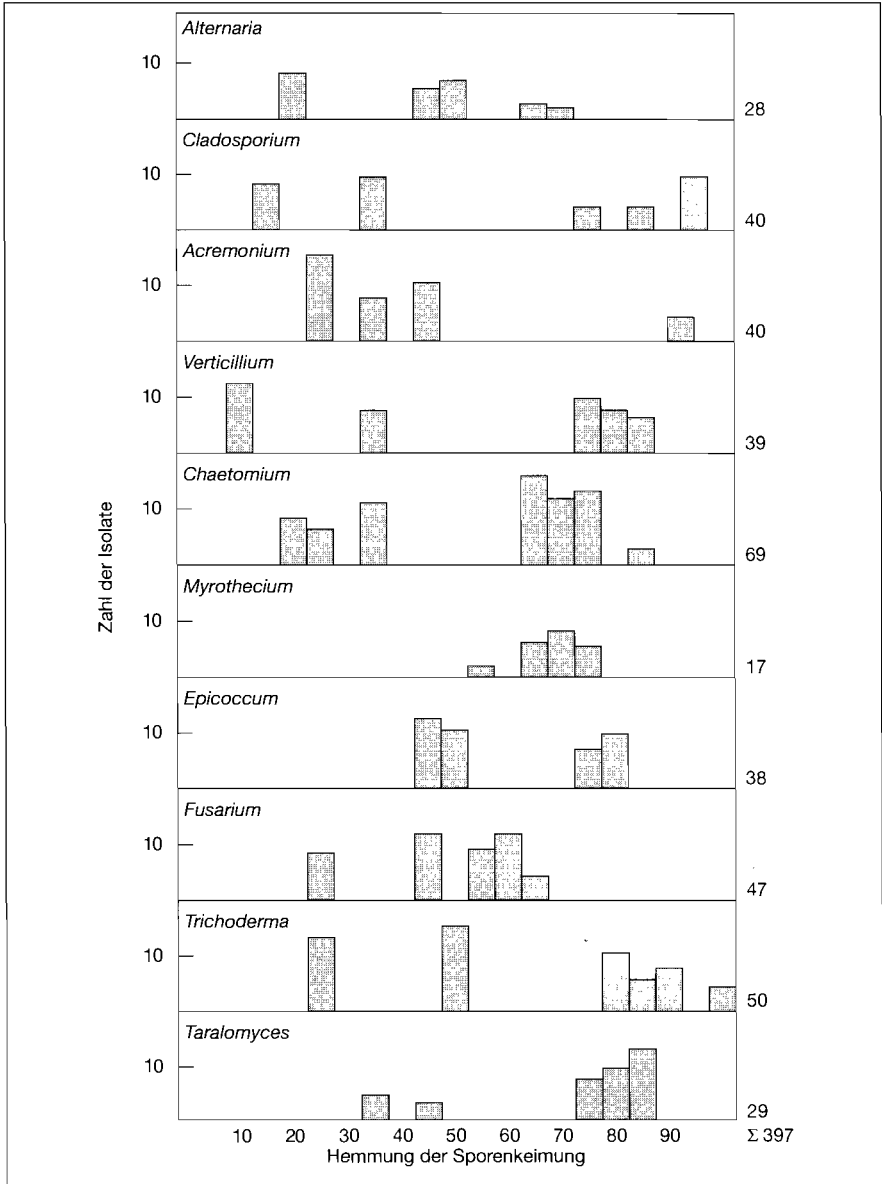


Abb. 1: Hemmung der Keimung von *Botrytis cinerea* Pers. ex Fr. durch 397 Pilzisolat aus verschiedenen Gattungen, die auf Apfelblättern gefunden wurden.

Insekten zu befallen (Schuler et al., 1991). Er scheint also prädestiniert für eine biologische Bekämpfung mit breiterem Einsatzgebiet zu sein. Trotz einer fast unübersichtlich gewordenen Zahl von Publikationen über die Wirksamkeit und die guten Eigenschaften dieses Pilzes ist der Einsatz in der Praxis noch immer unbedeutend. Bei unbestreitbaren Erfolgen in Einzelfällen gibt es immer wieder Mißerfolge, die einem Praktiker nicht zuzumuten sind. Grund hierfür sind die hohen Ansprüche von *V. lecanii* an die Luftfeuchte (Mendgen, 1983). Während pflanzenpathogene Pilze als Teil ihrer Überlebensstrategie innerhalb von wenigen Stunden in die Pflanze eindringen können, um sich so den Trockenperioden im Tagesrhythmus zu entziehen, kann dies *V. lecanii* nicht. Dadurch ist kein gleichmäßiges Wachstum und keine regelmäßige Sporulation garantiert. Der Hyperparasit hinkt stets hinter seiner Beute hinterher. Um dies zu verbessern, wurden die Blastosporen von *V. lecanii* beim Einsatz gegen Rostpilze mit Kohlehydraten (Grabski und Mendgen, 1985) oder bei Blattläusen mit Phospholipiden (Pfrommer und Mendgen, 1991) formuliert, um so ein besseres Wachstum zu erzielen. Wirklich gute Erfolge können aber wohl nur in tropischen Klimabereichen erzielt werden (Saksirat und Hoppe, 1990). Ähnliche Probleme treten bei der Bekämpfung des Echten Mehltaus der Gurke (*Sphaerotheca fuliginea*) mit dem Hyperparasiten *Ampelomyces quisqualis* auf. Die Bedeutung dieses Pilzes wurde schon 1852 erkannt. Die ersten Bekämpfungsversuche wurden 1932 durchgeführt (Philipp, 1988). Durch geschickte Kulturführung in Gewächshäusern konnte der Gurkenmehltau deut-

lich reduziert werden (Philipp und Hellstern, 1986). Im Vergleich zu anderen biologischen Präparaten (siehe Abschnitt 4) hat sich dieses System jedoch nicht durchsetzen können. Die Ansprüche des Hyperparasiten an seine Umgebung sind zu speziell, und die Überschneidung der Optimalbedingungen der beiden Pilze, *S. fuliginea* und *Ampelomyces quisqualis*, ist zu gering. In der Praxis müßten die Wachstumschancen des Hyperparasiten durch eine stark veränderte Kulturführung, also Kultur der Gurke bei hoher Luftfeuchte, verbessert werden.

Bei der Bekämpfung von Apfelkrankheiten gab es in den letzten Jahren besonders große Anstrengungen, biologische Verfahren einzusetzen, da z. B. im Bodenseeraum allein gegen den Apfelschorf oft über 20 Spritzungen pro Saison ausgebracht wurden. Alternativen erscheinen auch besonders vielversprechend, weil zahlreiche Antagonisten gegen den Erreger, *Venturia inaequalis*, isoliert werden konnten (Andrews et al., 1983). Eine gute Wirkung wurde insbesondere mit *Athelia bombacina* und *Chaetomium globosum* erzielt (Heye und Andrews, 1983). Die Behandlungen der Blätter im Verlauf der Vegetationsperiode waren jedoch nicht erfolgreich, weil der (die) Wirkstoff(e) der nützlichen Pilze auf der Blattoberfläche zu schnell abgebaut wurden (Boudreau und Andrews, 1987). Da der Befall mit *V. inaequalis* stark vom Sporenflug im Frühjahr abhängt (Gadoury und MacHardy, 1984), wurde daraufhin versucht, die Ascosporen bzw. die Pseudothecien in den Blättern zu bekämpfen. *A. bombacina* und *Ch. globosum* besiedeln im Verlauf des Winters die auf dem Boden liegenden Apfelblätter zu etwa 85%

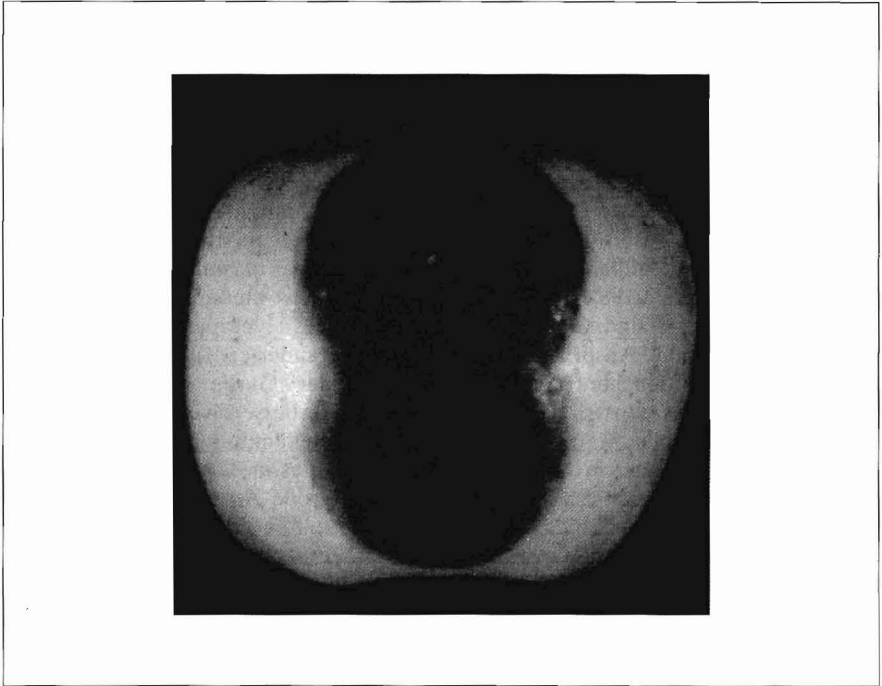


Abb. 2a: Fäulesymptom nach Verwundung und Infektion mit *Botrytis cinerea* Pers. (2×10^3 Sporen/20 μ l). Apfelsorte Golden Delicious, Inkubationszeit 3 Wochen, 4°C.

(Young und Andrews, 1990). Nach Anwendung einer verbesserten Formulierung konnte daraufhin im Bodenseegebiet mit *Ch. globosum* ein Wirkungsgrad von 60–70% bei der Reduktion der Ascosporen erzielt werden, mit *A. bombacina* sogar von 100% (Miedtke und Kennel, 1990). Zur Zeit wird in weiteren Feldversuchen geklärt, ob der Befall der Blätter am Baum mit *V. inaequalis* im Frühjahr auch entsprechend reduziert werden kann (Kennel, pers. Mitt.). Bei der Bekämpfung der Lagerkrankheiten der Äpfel beobachtet man nicht nur eine verminderte Wirksamkeit der Fungizide, es bestehen auch gesundheit-

liche Bedenken gegenüber einigen Wirkstoffen (Pusey, 1989). Deshalb wäre hier eine biologische Bekämpfung, die die üblichen zwei Abschlußspritzungen ersetzen könnte, besonders hilfreich. Zudem kommen auf Apfelblättern natürlicherweise zahlreiche Mikroorganismen vor (Abb. 1), die entsprechende Eigenschaften besitzen. Ihr Einsatz gegen die Apfelfäule erscheint vielversprechend, weil man in den Lagerhäusern kontrollierte günstige Bedingungen für die Antagonisten schaffen kann. Bei der Suche und der Auswahl entsprechender Mikroorganismen muß jedoch berücksichtigt werden, daß Lagerfäulen

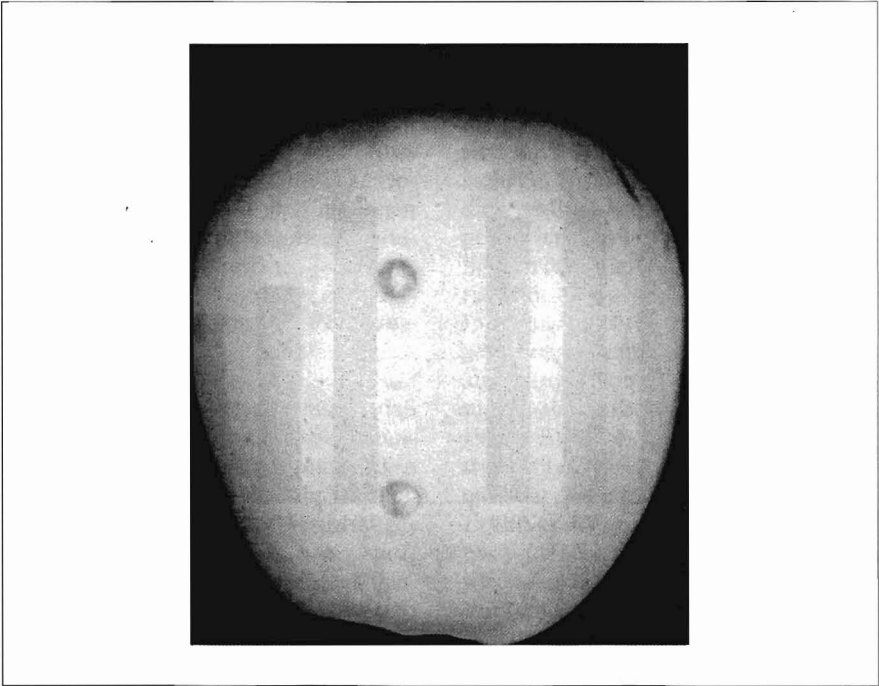


Abb. 2b: Symptom nach Vorbehandlung mit *Acremonium* sp. (2×10^5 Sporen/20 μ l) und anschließender (1 Tag später) Inokulation mit *Botrytis cinerea* Pers., wie Seite 10.

durch mehrere Erreger hervorgerufen werden können. Dadurch ist die Selektion eines einzigen Mikroorganismus, der gegen verschiedene Pathogene wirkt, schwierig. Einige Bakterien, z. B. *Pseudomonas cepacia* und *Bacillus subtilis*, bekämpfen *Botrytis cinerea* und *Penicillium expansum* recht gut bei 24°C (Pusey und Wilson, 1984; Janisiewicz, 1987; Janisiewicz und Roitman, 1988). Von *P. cepacia* wurde der Wirkstoff Pyrolnitrin und von *B. subtilis* Iturin (Pusey, 1989) isoliert. Aber auch *Candida*-Hefen (McLaughlin et al., 1990) und *Cryptococcus laurentii* (Roberts, 1990) zeigen gute Wirksamkeit. *C. lau-*

rentii wächst bei 5°C, was den Bedingungen im Lager nahekommt. Auch *Acremonium* sp. (Abb. 2a, b) ist im Kühllager gut wirksam. Gegen die anderen Erreger der Apfelfäule, *Pezizula malicorticis* und *Nectria galligena*, wurden ebenfalls Bakterien und Pilze gefunden, die die Faulstellenentwicklung bei 20°C reduzieren konnten. Diese waren bei 4°C jedoch weit weniger wirksam (Abb. 3). Eine Ausbringung dieser Mikroorganismen ist daher direkt vor der Einlagerung der Früchte nicht sinnvoll, sondern muß bereits im Feld, also bei der Abschlußspritzung erfolgen, damit sich die nützlichen Mikroorganis-

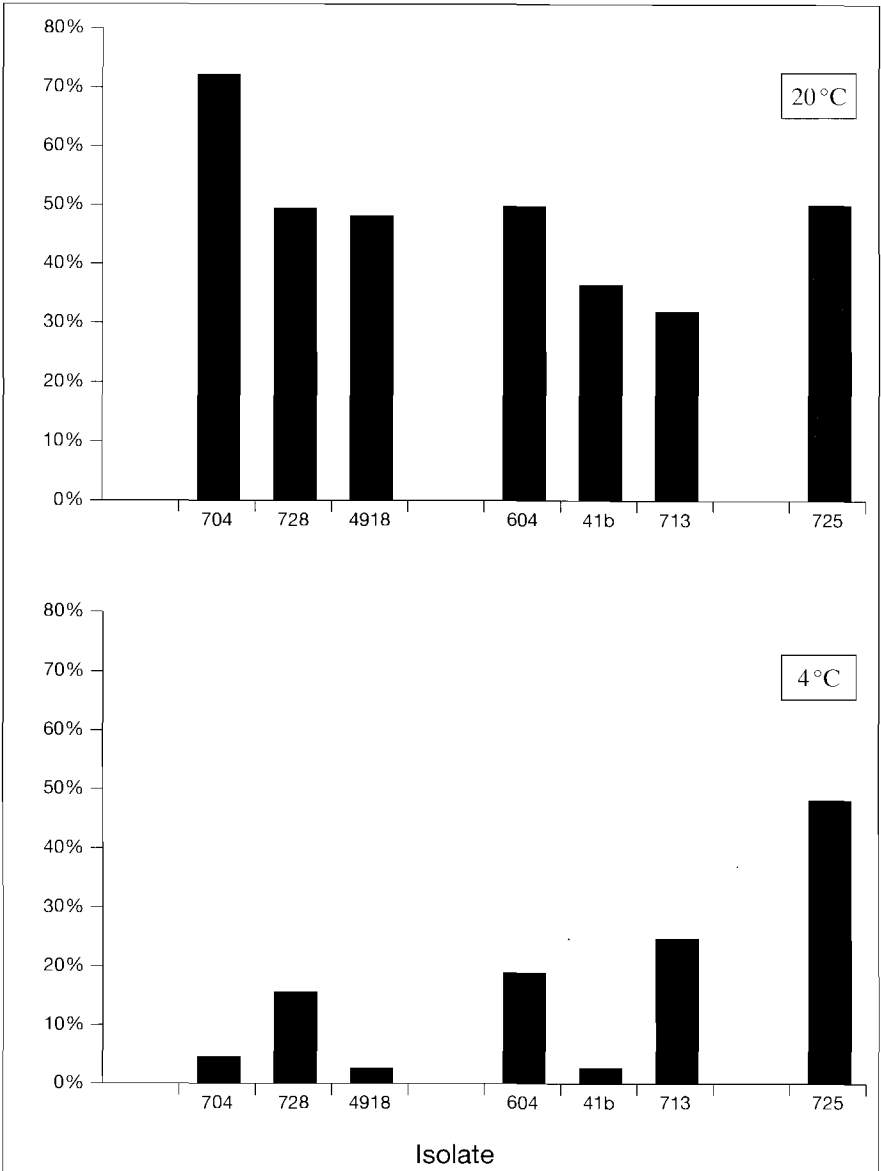


Abb. 3: Bekämpfung des Lagerfäulniseregers *Pezizula malicortisis*. Reduktion der Faulstellenentwicklung (in %) durch drei Bakterienisolate (704, 728, 4918), drei Pilzisolats (604, 41b, 713) und ein Kulturfiltrat des Pilzisolats 725.

men unter diesen Bedingungen vermehren können. Ein praxisnaher Versuch in Zusammenarbeit mit der Marktgemeinschaft Bodenseeobst wird derzeit durchgeführt. Weiterhin wird versucht, den Wirkstoff eines nützlichen Pilzes (Abb. 3; Schiewe und Mendgen, 1991) zu isolieren, da dieser auch bei niedrigen Temperaturen eine Reduktion der Faulstellenentwicklung bewirkt.

4. Mittel zur Stärkung der Pflanzenabwehr

Ausgehend von der Beobachtung, daß Pflanzen unter bestimmten Bedingungen pathogene Pilze abwehren, sind in letzter Zeit Wirkstoffe gesucht worden, die keine oder nur geringe Toxizität gegenüber Pilzen besitzen, aber stattdessen die Abwehrreaktionen der Pflanzen anregen (Patrick, 1986; Klingauf und Herger, 1990). Solche Wirkstoffe, auch Induktoren genannt, wurden zuerst aus Kulturfiltraten verschiedener Bakterien gewonnen (Schönbeck und Dehne, 1986). Dieses Prinzip des biologischen Pflanzenschutzes ist jedoch meist nur dann effektiv, wenn die Pflanzen schon vor der Infektion durch den Erreger behandelt werden. Dadurch kann die Pflanze frühzeitig mit dem für die Abwehr zuständigen Stoffwechsel beginnen. Zahlreiche Parasiten, meist biotrophe Pilze, konnten bisher erfolgreich behandelt werden. Induktorbehandlungen führen offensichtlich nicht nur zu einem veränderten Wirt-Parasit-Verhältnis (Steiner et al., 1988), sondern beeinflussen auch die Leistungsfähigkeit der Pflanzen bei der Ertragsbildung (Oerke et al., 1989). Dies bedeutet, daß mit Induktoren behandelte Pflanzen trotz des Restbefalls mit dem Parasiten einen ho-

hen Ertrag, ähnlich wie nach Fungizidbehandlung, erbringen. Andere Mittel, wie z. B. Kompostextrakte (Winterscheidt et al., 1990) oder anderes organisches Material (Becker et al., 1990), sind noch sehr wenig definiert. Dies ist wohl ein Grund dafür, daß Versuche mit diesen Mitteln derzeit noch nicht gut reproduzierbar sind. Deshalb ist es wichtig, den oder die Wirkstoffe zu charakterisieren.

Im Handel befindet sich bereits ein „Pflanzenstärkungsmittel“, Milsana®, das aus Blättern von Knöterich (*Reynoutria sachalinensis*) besteht (Herger et al., 1988). Ethanolische oder wäßrige Extrakte (Tee!) wirken gut gegen Gurkenmehltau (*Sphaerotheca fuliginea* und *Erysiphe cichoracearum*), wenn protektiv und sehr regelmäßig angewendet wird. Auch hier wäre es wichtig, den Wirkungsmechanismus zu untersuchen, weil noch nicht geklärt ist, warum dieser Tee hauptsächlich beim Gurkenmehltau so wirksam ist. Auch scheinen einzelne Bestandteile den Erreger direkt zu beeinflussen (Gisi, pers. Mitt). Ein anderes alternatives Präparat, Myco-San®, enthält schwefelsaure Tonerde, Netzschwefel und andere Bestandteile, wie Schachtelhalmextrakt, Hefe und Kieselsäure. Ulmasud® ist ein aufgearbeitetes Tonmineral, das aus Siliciumoxid, Aluminiumdioxid und Titandioxid besteht. Beide Mittel können echte und falsche Mehltau-pilze bekämpfen. Ihre Wirkung könnte darin bestehen, daß einzelne Bestandteile direkt auf den Pilz wirken; andere Bestandteile, wie z. B. Tonminerale oder Kieselsäure, könnten die Erkennung der Pflanzenoberfläche, die einige Pilze zur Infektion benötigen, behindern, oder sie könnten die Pflanzenabwehr anregen. Beim Falschen Mehltau der

Rebe (*Plasmopara viticola*) sind sie jedoch keine brauchbare Alternative zur bisherigen Kupferanwendung (Kast, 1988; Färber et al., 1991). Bei der Anwendung gegen Apfelschorf beobachtet man eine mit dem Schwefel vergleichbare Wirkung (Haseli und Bosshard, pers. Mitt.). Im Vergleich zu üblichen Fungiziden sind Ulmasud und Myco-San kein Ersatz, im „alternativen“ Landbau erfüllen sie aber ihre Aufgabe, da bei niedrigem bis mittlerem Befall durch einige Pilze eine ausreichende Wirkung erreicht werden kann.

Über recht gute Wirkungen bei *Plasmopara viticola* und *Phytophthora infestans* wird nach Einsatz von Kaliumphosphit (4,5–7,5 kg/ha) berichtet (Häseli und Graf, 1991, pers. Mitt.). Dieser Wirkstoff ist sehr preiswert, scheint aber weniger über die Aktivierung der Pflanzenabwehr als direkt auf den Pilz zu wirken (Cohen, 1986). Versuche, mit verschiedenen Fettsäuren (Cohen et al., 1991) oder mit Pilzbestandteilen (Heller und Gessler, 1986) eine Abwehr des Erregers der Kartoffelfäule in der Pflanze zu induzieren, waren nicht praxisrelevant, da kein gleichmäßiger Schutz der Pflanze eintrat.

Ebenfalls gut definiert sind Abkömmlinge der Isonicotinsäure, die zur Induktion der Pflanzenabwehr eingesetzt werden. Hier liegen bereits entsprechende Patente vor. Bei Feldversuchen zeigte sich eine Wirksamkeit gegen Pilzkrankheiten (*Colletotrichum lagenarium* und *Peronospora tabacina*) und einige Bakterienkrankheiten (Metraux et al., 1991). Ungleichmäßige Ergebnisse in der Praxis und Phytotoxizität bei leichter Überdosierung machen eine kommerzielle Einführung dieser Präparate jedoch wenig wahrscheinlich.

5. Zusammenfassung

Bei der biologischen Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten ist die Koinzidenz von Pathogen und nützlichem Mikroorganismus ein besonderes Problem. Der Schädling hat gegenüber dem Nützlichling meist einen Vorsprung. Deshalb muß der Nützlichling in großen Mengen ausgebracht werden, und die Wachstumsbedingungen sollten für den Nützlichling optimiert sein. Zu diesen Schwierigkeiten kommt hinzu, daß lebende Mikroorganismen Allergien hervorrufen können und oft giftige Stoffwechselprodukte ausscheiden. Deshalb ist die Bedeutung der biologischen Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten immer auf einige Sonderfälle beschränkt, bei denen die Biologie des Erregers und des Nützlichlings vorher sehr genau untersucht wurde (Mendgen, 1983). Um ihnen kommerziell eine Chance zu geben, sollten sie zumindest bei der Zulassung entsprechend gefördert werden.

Einfacher und vielversprechender scheint der Einsatz von Wirkstoffen, die die Abwehrmechanismen der Pflanze aktivieren. Bisher liegen aber nur wenige Untersuchungen vor, die meist mit Extrakten und Kulturfiltraten angefertigt wurden. Hier sind weitere Untersuchungen nötig. Diese sind mindestens ebenso förderungswürdig wie die von der Bundesregierung mit ungewöhnlich viel Geld unterstützten Programme, mit molekularen Methoden Gene zu isolieren, die für unspezifische Abwehrreaktionen der Pflanzen verantwortlich sind. Hier gibt es bereits verschiedene, erfolgreiche Programme in der Industrie (Hain et al., 1990; Roby et al., 1990), praxisnahe Versuche fehlen jedoch noch. Außerdem sind diese modernen Metho-

den bei vielen Kulturpflanzen noch nicht so einfach anzuwenden.

Leider ist der Markt der sogenannten „biologischen“ Mittel sehr unübersichtlich. Sie werden meist als „Pflanzenstärkungsmittel“ ohne weitere Prüfung ihrer Wirksamkeit verkauft. Unerwünschte Nebenwirkungen gegen Nützlinge, die auch hier vorliegen (Färber et al., 1991), bleiben unbeachtet bzw. unentdeckt. Hier sollte der Gesetzgeber lenkend eingreifen, damit die Einführung biologischer Bekämpfungssysteme, die in der Praxis mit vielen Hindernissen und Überzeugungsarbeit verbunden ist (Albert und Meinert, 1991), auch erfolgreich sein kann. Ein wirksames System, das seinen günstigen Einfluß auf den Naturhaushalt bewiesen hat, sollte der Gesetzgeber entsprechend fördern (Langenbruch und Huber, 1990), indem er beispielsweise die Zulassung den Erfordernissen in der biologischen Schädlingsbekämpfung anpaßt und vielleicht sogar vereinfacht (Woodhead et al., 1990).

Summary

Biological control of plant diseases

In the biological control of plant diseases, the coincidence of pathogen and useful microorganism constitutes a particular problem. The harmful microorganism generally has an advantage over the useful one. The useful microorganism therefore has to be applied in large amounts, and the growth conditions should be optimised for it. In addition to these difficulties, living microorganisms can give rise to allergies and often eliminate toxic metabolic products. Hence, the importance of biological

control of plant diseases is always restricted to a few special cases where the biology of the pathogen and of the useful microorganism have been very carefully investigated beforehand (Mendgen, 1983). To give them a commercial chance, they should be correspondingly promoted at least at registration.

The use of active ingredients which activate the defence mechanisms of the plant seems simpler and more promising. However, only a few investigations are available to date, most of which were carried out with extracts and culture filtrates. Further studies are required here. These are at least as worthy of support as the programme, supported with an unusually large amount of money by the Federal Government, for isolating by molecular methods genes which are responsible for unspecific defence reactions of plants. There are already various, successful programmes of this type in industry (Hain et al., 1990; Roby et al., 1990) but experiments conforming to practice are still lacking. Moreover, these modern methods are still not so easy to apply in many crops. Unfortunately, the market for the so-called “biological” agents is very disorganised. They are generally sold as “plant strengthening agent” without further testing of their efficacy. Adverse side effects against useful microorganisms, which also occur here (Färber et al., 1991), are neglected or remain undiscovered. The legislator should play a guiding role here so that the introduction of biological control systems, which in practice encounters many obstacles and requires a great deal of persuasion (Albert and Meinert, 1991), can also be successful. An effective system which has demonstrated its advantageous in-

fluence on the balance of nature should be appropriately promoted by the legislator (Langenbruch and Huber, 1990) by, for example, adapting the registration to the requirements in biological pest control and perhaps even simplifying them (Woodhead et al., 1990).

Résumé

Lutte biologique contre les maladies des plants

Dans la lutte biologique contre les maladies des plantes, la coïncidence de l'agent pathogène et du microorganisme utile constitue un problème particulier. L'organisme nuisible a presque toujours une avance par rapport à l'organisme utile. En conséquence, il faut que l'organisme utile soit épandu en grande quantité et que ses conditions de croissance soient optimisées. En plus de ces difficultés s'ajoute le fait que les microorganismes vivants peuvent causer des allergies et excrètent souvent des produits de métabolisme qui sont toxiques. C'est pourquoi l'importance de la lutte biologique contre les maladies des plantes est toujours limitée à certains cas particuliers où la biologie de l'agent pathogène et celle de l'organisme utile ont été étudiées préalablement très exactement (Mendgen, 1983). Pour donner une chance à ces agents, sur le plan commercial, ils devraient pour le moins être promus de manière appropriée pour l'homologation.

L'utilisation de matières actives capables d'activer les mécanismes de défense de la plante semble plus simple et plus prometteuse. Les études disponibles jusqu'à maintenant sont rares; elles ont été réalisées avec des extraits et des fil-

trats de cultures. D'autres études sont nécessaires à cet égard. Elles méritent tout autant d'être soutenues que celles qui le sont par le gouvernement fédéral, avec beaucoup d'argent, dans le but d'isoler par des méthodes moléculaires des gènes responsables de réactions de défense non spécifiques des plantes. Là, il existe déjà différents programmes qui ont été menés avec succès dans l'industrie (Hain et al., 1990; Roby et al., 1990), mais des essais proches de la pratique font encore défaut. D'autre part, ces méthodes modernes ne sont pas faciles à appliquer dans le cas de nombreuses plantes cultivées.

Le marché des produits dits «biologiques» est malheureusement très peu transparent. Ces produits sont vendus le plus souvent en tant que «fortifiants pour les plantes» sans étude plus poussée de leur efficacité. Des effets secondaires indésirables contre des organismes utiles, qui existent effectivement (Färber et al., 1991), demeurent ignorés ou ne sont pas découverts. Le législateur devrait intervenir de manière dirigiste dans ce domaine afin que l'introduction de systèmes de lutte biologique qui est liée à de nombreux obstacles et à un travail considérable (Albert et Meinert, 1991) puisse aussi être couronnée de succès. Un système efficace, ayant fourni la preuve de son influence favorable sur le bilan de la nature, devrait être soutenu de manière appropriée par le législateur (Langenbruch et Huber, 1990) en adaptant par exemple les conditions d'homologation aux exigences de la lutte biologique contre les parasites et peut-être même en les simplifiant (Woodhead et al., 1990).

Resumen

Control biológico de las enfermedades de las plantas

En el control biológico de las enfermedades de las plantas, la presencia simultánea del patógeno y del microorganismo benéfico constituye un problema especial. La plaga suele tener cierta ventaja de desarrollo frente al organismo útil, por lo cual éste ha de ser aplicado en grandes cantidades, debiendo enfrentarse, además, con condiciones de crecimiento óptimas. A todo ello debe agregarse que los microorganismos vivos pueden provocar alergias y que a menudo excretan productos metabólicos tóxicos. Por lo tanto, la importancia del control biológico de las enfermedades de las plantas queda limitada siempre a unos pocos casos especiales, en los cuales se examinaron previa y exactamente la biología del agente patógeno y del organismo benéfico (Mendgen, 1983). Para ofrecerles buenas posibilidades a nivel comercial, tales productos deberían ser fomentados por lo menos en su registro.

El uso de ingredientes activos que estimulan los mecanismos de defensa de la planta parece ser más sencillo y prometedor. Sin embargo y hasta ahora, sólo se dispone de muy pocas investigaciones al respecto, la mayoría de las cuales se realizaron con extractos y filtrados de cultivo, por lo cual son necesarias investigaciones ulteriores. Estas merecen ser tan fomentadas, como los programas subvencionados con sumas extraordinarias por el gobierno alemán, destinados a aislar – mediante métodos moleculares – genes responsables de las reacciones de defensa inespecíficas de

las plantas. Aquí, ya existen varios programas exitosos en la industria (Hain y cols., 1990; Roby y cols., 1990), si bien aún no se han efectuado experimentos con orientación práctica. Además, estos métodos modernos no pueden aplicarse tan fácilmente en muchas plantas de cultivo.

Lamentablemente, el mercado de los llamados productos «biológicos» es de muy difícil orientación. Estos preparados suelen venderse como «estimulantes de plantas» sin comprobación ulterior sobre su eficacia. No se atiende a o bien quedan sin descubrir los efectos secundarios indeseables existentes contra los predadores (Färber y cols., 1991). Aquí, debe intervenir el legislador para que la introducción de los sistemas de control biológico, la cual en la práctica se enfrenta con muchos obstáculos y exige grandes esfuerzos persuasivos (Albert y Meinert, 1991), pueda ser exitosa. Un sistema eficaz, que haya demostrado su efecto favorable en el equilibrio natural, también debe ser fomentado correspondientemente por el legislador (Langenbruch y Huber, 1990), en tanto que éste, por ejemplo, adapte el registro a los requisitos del control biológico de plagas o incluso simplifique los trámites pertinentes (Woodhead y cols., 1990).

6. Literatur

- Adams, P.B. (1990):
The potential of mycoparasites for biological control of plant diseases.
Annual Review of Phytopathology **28**, 59-72.
- Albert, R., und Meinert, G. (1991):
Entwicklung der biologischen Schädlingsbekämpfung in Baden-Württemberg seit 1987.
Gesunde Pflanzen **4**, 107-113.

- Andrews, J.H., Berbee, F.M., und Nordheim, F.V. (1983):
Microbial antagonism to the imperfect stage of the apple scab pathogen, *Venturia inaequalis*.
Phytopathology **73**, 228-234.
- Basedow, T. (1991):
Pflanzenschutz und Naturhaushalt: Die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln bedarf einer umfassenden und langfristigen Sicht.
Gesunde Pflanzen **43**, 7-15.
- Becker, J., Weltzien, H.C., und Tränkner, A. (1990):
Einsatz von nicht-toxischen, organischen Nährstoffen zur Bekämpfung des Weizensteinbrandes (*Tilletia caries*) – Versuchsergebnisse des Jahres 1988/89.
Gesunde Pflanzen **7**, 239-240.
- Boudreau, M.A., und Andrews, J.H. (1987):
Factors influencing antagonism of *Chaetomium globosum* to *Venturia inaequalis*: A case study in failed biocontrol.
Phytopathology **77**, 1470-1475.
- Bruehl, G.W. (1975):
Biology and control of soil-borne plant pathogens. St. Paul, Minnesota, The American Phytopathological Society.
- Chet, I. (1990):
Biological control of soil-borne plant pathogens with fungal antagonists in combination with soil treatments.
In: Hornby, D. (ed.) Biological control of soil-borne plant pathogens. Wallingford, Oxon, U.K., CAB International, 15-25.
- Clay, K. (1989):
Clavicipitaceous endophytes of grasses: their potential as biocontrol agents.
Mycological Research **92**, 1-12.
- Cohen, Y. (1986):
Systemic fungicides and the control of oomycetes.
Annual Review of Phytopathology **24**, 311-338.
- Cohen, Y., Gisi, U., und Mosinger, E. (1991):
Systemic resistance of potato plants against Phytophthora infestans induced by unsaturated fatty acids.
Physiological and Molecular Plant Pathology **38**, 255-263.
- Cook, R.J., und Baker, K.F. (1983):
The nature and practice of biological control of plant pathogens.
The American Phytopathology Society St. Paul, Minnesota.
- Dehne, H.-W. (1982):
Interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens.
Phytopathology **72**, 1115-1119.
- Diercks, R. (1983):
Alternativen im Landbau. Stuttgart, Eugen Ulmer.
- Färber, M., Kast, W.K., und Großmann, F. (1991):
Alternative Spritzfolgen im Test.
Weinwirtschaft Anbau **5**, 12-15.
- Fokkema, N.J., und Schippers, B. (1986):
Phyllosphere versus rhizosphere as environments for saprophytic colonization.
Microbiology of the Phyllosphere. Ed. N. J. Fokkema and J. Van den Heuvel. Cambridge, Cambridge University Press, 137-159.
- Gadoury, D. M., und MacHardy, W.E. (1984):
Integration of fungicide and insecticide applications in low inoculum orchards.
Fungic. Nematic. Tests **39**, 10.
- Gemmcke, H. (1991):
Pflanzenschutzmittel und Vogelbestand – Ort, Zeit und Umfang der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel in der Kulturlandschaft.
Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **43**, 48-52.
- Gisi, U., Schenker, R., Schulin, R., Stadelman, F., und Sticher, H. (1990):
Bodenökologie. Stuttgart, Thieme Verlag.
- Grabski, G.C., und Mendgen, K. (1985):
Einsatz von *V. lecanii* als biologisches Schädlingsbekämpfungsmittel gegen den Bohnenrostpilz *U. appendiculatus* var. *appendiculatus* im Feld und im Gewächshaus.
Phytopathologische Zeitschrift **113**, 243-251.
- Gutterson, N. (1990):
Microbial fungicides: recent approaches to elucidating mechanisms.
Biotechnology **10**, 69-91.
- Hain, R., Bieseler, B., Kindl, H., Schröder, G., und Stöcker, R. (1990):
Expression of a stilbene synthase gene in *Nicotiana tabacum* results in synthesis of the phytoalexin resveratrol.
Plant Molecular Biology **15**, 325-335.
- Hassebrauk, K. (1936):
Pilzliche Parasiten der Getreideroste.
Phytopathologische Zeitschrift **9**, 513-516.
- Heintz, C., und Blaich, R. (1990):
Verticillium lecanii als Hyperparasit des Rebmilchtaus (*Uncinula necator*).
Vitis **29**, 229-232.
- Heller, W. E., und Gessler, C. (1986):
Induced systemic resistance in tomato plants against *Phytophthora infestans*.
Journal of Phytopathology **16**, 323-328.
- Herger, G., Klingauf, F., Mangold, D., Pommer, E.-H., und Scherer, M. (1988):
Die Wirkung von Auszügen aus dem Sachalin-Staudenknocherich, *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt)

- Nakai, gegen Pilzkrankheiten, insbesondere Echte Mehltau-Pilze.
Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **40**, 56-60.
- Heye, C.C., und Andrews, J.H. (1983):
Antagonism of *Athelia bombacina* and *Chaetomium globosum* to the apple scab pathogen, *Venturia inaequalis*.
Phytopathology **73**, 650-654.
- Janisiewicz, W.J. (1987):
Postharvest biological control of blue mold on apples.
Phytopathology **77**, 481-485.
- Janisiewicz, W.J., und Roitman, J. (1988):
Biological control of blue mold and gray mold on apple and pear with *Pseudomonas cepacia*.
Phytopathology **78**, 1697-1700.
- Kast, W.K. (1988):
Peronosporabekämpfung mit alternativen Mitteln.
Der Deutsche Weinbau **14**, 688-690.
- Kerr, A., Beer, S.V., Schroth, M.N., und Bahme, J.B. (1990):
Biological control.
Methods in Phytobacteriology. Ed. Z. Klement, K. Rudolph and D. C. Sands. Budapest, Akademiai Kiado.
- Klingauf, F., und Herger, G. (1990):
Plant defence strategies and their utilization in integrated control.
Gesunde Pflanzen **8**, 270-274.
- Kope, H.H., und Fortin, J.A. (1990):
Antifungal activity in culture filtrates of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius*.
Canadian Journal of Botany **68**, 1254-1259.
- Krieg, A., und Franz, J.M. (1989):
Lehrbuch der biologischen Schädlingsbekämpfung.
Berlin, Paul Parey.
- Langenbruch, G.A., und Huber, J. (1990):
Förderungsmöglichkeiten für selektive mikrobiologische Pflanzenschutzmittel.
Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **42**, 49-53.
- Leong, J. (1986):
Siderophores: Their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogens.
Annual Review of Phytopathology **24**, 187-209.
- Lynch, J.M. (1988):
Biological control of plant diseases: Achievements and prospects. Brighton Crop Protection Conference, 587-596.
- Mandel, Q., und Baker, R. (1991):
Mechanisms involved in biological control of Fusarium wilt of cucumber with strains of nonpathogenic *Fusarium oxysporum*.
Phytopathology **81**, 462-469.
- Mattusch, P. (1990):
Biol. Bekämpfung von *Fusarium oxysporum* an einigen gärtnerischen Kulturpflanzen.
Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **42**, 148-150.
- McLaughlin, R.J., Wisniewski, C.L., Wilson, C.L., und Chalutz, E. (1990):
Effect of inoculum concentration and salt solutions on biological control of postharvest diseases of apple with *Candida* sp.
Phytopathology **80**, 456-461.
- Mendgen, K. (1983):
Alternativen beim Pflanzenschutz?
Naturwissenschaften **70**, 235-240.
- Metraux, J.P., Ahl Goy, P., Staub, T., Speich, J., Steinemann, A., Ryals, J., und Ward, E. (1991):
Induced systemic resistance in cucumber in response to 2,6-dichloro-isonicotinic acid and pathogens.
Advances in Molecular Genetics of Plant-Microbe Interactions. Ed. H. Hennecke and D.P.S.Verma. Cluwer Academic Publishers, 432-439.
- Miedtke, U., und Kennel, W. (1990):
Athelia bombacina und *Chaetomium globosum* as antagonists of the perfect stage of the apple scab pathogen (*Venturia inaequalis*) under field conditions.
Journal Plant Diseases and Protection **97**, 24-32.
- Nelson, E.B., Harman, G.E., und Nash, G.T. (1988):
Enhancement of Trichoderma-induced biological control of Pythium seed rot and pre-emergence damping-off of peas.
Soil Biology and Biochemistry **20**, 145-150.
- Niklas, J., und Kennel, W. (1981):
The role of the earthworm, *Lumbricus terrestris* (L.) in removing sources of phytopathogenic fungi in orchards.
Gartenbauwissenschaft **46**, 138-142.
- Oerke, E.-C., Steiner, U., und Schönbeck, F. (1989):
Zur Wirksamkeit der induzierten Resistenz unter praktischen Anbaubedingungen V. Mehltaubefall und Ertrag von Winter- und Sommergerste in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung.
Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **96**, 140-153.
- Patrick, Z.A. (1986):
Allelopathic mechanisms and their exploitation for biological control. Canadian Journal of Plant Pathology **8**, 225-228.
- Petrini, O. (1991):
Fungal endophytes of tree leaves.
Microbiology of the Phyllosphere. Ed. J. A. Andrews and S. Hirano.

- Pfrommer, W., und Mendgen, K. (1991): Bekämpfung der mehligten Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) mit dem entomopathogenen Pilz *Verticillium lecanii* im Freiland. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, im Druck.
- Philipp, W.-D., und Hellstern, A. (1986): Biologische Mehltaubekämpfung mit *Ampelomyces quisqualis* bei reduzierter Luftfeuchtigkeit. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **93**, 384-391.
- Philipp, W.D. (1988): Biologische Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten. Stuttgart, Eugen Ulmer.
- Pusey, P.L. (1989): Use of *Bacillus subtilis* and related organisms as biofungicides. Pesticide Sciences **27**, 113-140.
- Pusey, P.L., und Wilson, C.L. (1984): Postharvest biological control of stone fruit brown rot by *Bacillus subtilis*. Plant Disease **68**, 753-756.
- Reinecke, P., Andersch, W., Stenzel, K., und Hartwig, J. (1991): Probleme bei der Entwicklung mikrobieller Pflanzenschutzmittel am Beispiel von BIO 1020. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **43**, 98-100.
- Roberts, R.G. (1990): Postharvest biological control of gray mold of apple by *Cryptococcus laurentii*. Phytopathology **80**, 526-530.
- Roby, D., Broglie, K., Cressman, R., Biddle, P., Chet, I., und Broglie, R. (1990): Activation of a bean chitinase promoter in transgenic tobacco plants by phytopathogenic fungi. Plant Cell **2**, 999-1007.
- Saksirrat, W., und Hoppe, H.H. (1990): *Verticillium psalliotae*, an effective mycoparasite of the soybean rust fungus *Phakopsora pachyrhizi* Syd. Journal of Plant Diseases and Protection **97**, 622-633.
- Schiewe, A., und Mendgen, K. (1991): Identification of antagonists for the biological control of the post-harvest pathogens *Pezizula malicorticis* (Jacks.) Nannf. and *Nectria galligena* Bres. on apples. Journal of Phytopathology, im Druck.
- Schippers, B., und Gams, W. (1979): Soil-borne plant pathogens. London, Academic Press.
- Schönbeck, F., und Dehne, H.-W. (1986): Use of microbial metabolites inducing resistance against plant pathogens. Microbiology of the phyllosphere. Ed. N. J. Fokkema und J. Van den Heuvel. Cambridge, Cambridge University Press, 363-375.
- Schuler, T., Hommes, M., Plate, H.-P., und Zimmermann, G. (1991): *Verticillium lecanii* (Zimmermann) Viegas (Hyphomycetales: Moniliaceae): Geschichte, Systematik, Verbreitung, Biologie und Anwendung im Pflanzenschutz. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem **269**, 3-154.
- Smedegaard-Petersen, V., und Tolstrup, K. (1986): Yield-reducing effect of saprophytic leaf fungi in barley crops. Microbiology of the phyllosphere. Ed. N. J. J. Fokkema und Van den Heuvel. Cambridge, Cambridge University Press, 160-171.
- Steiner, U., Oerke, E.-C., und Schönbeck, F. (1988): Zur Wirksamkeit der induzierten Resistenz unter praktischen Anbaubedingungen. IV. Befall und Ertrag von Wintergerstensorten mit induzierter Resistenz und nach Fungizidbehandlung. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz **95**, 506-517.
- Weller, D.M., und Cook, R.J. (1983): Suppression of take-all of wheat by seed treatments with fluorescent pseudomonads. Phytopathology **73**, 463-469.
- Winterscheidt, H., Minassian, V., und Weltzien, H.C. (1990): Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung des Falschen Mehltaus der Gurke - (*Pseudoperonospora cubensis* (Berk. et Curt.)) Rost - mit Kompostextrakten. Gesunde Pflanzen **7**, 235-238.
- Woodhead, S.H., OLeary, A.L., OLeary, D.L., und Rabatin, S.C. (1990): Discovery, development, and registration of a biocontrol agent from an industrial perspective. Canadian Journal of Plant Pathology **12**, 328-331.
- Wulf, A. (1990): Über die Bedeutung von *Diplodina acerina* (Pass.) Sutton und anderen Blattpilzen als Antagonisten der Fenstergallmücke *Dasineura vitrina* Kflr. an Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.). Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes **42**, 97-102.
- Young, C.S., und Andrews, J.H. (1990): Inhibition of pseudothecial development of *Venturia inaequalis* by the basidiomycete *Athelia bombacina* in apple leaf litter. Phytopathology **80**, 536-542.

Manuskript-Eingang: 30.7.1991

Prof. Dr. K. Mendgen, Dr. Agnes Schiewe und Dr. C. Falconi
Universität Konstanz, Fakultät für Biologie, Lehrstuhl Phytopathologie,
7750 Konstanz