

Biokontrolle von Schnecken mit Nematoden

Bernhard SPEISER, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Bernhardsberg, CH-4104 Oberwil
 Martin ANDERMATT, Andermatt Biocontrol AG, CH-6146 Grossdietwil

Schnecken befallen eine grosse Zahl verschiedenster Kulturen und verursachen zum Teil beträchtliche Schäden. Die heutige Schneckenbekämpfung basiert auf den Wirkstoffen Metaldehyd und Methiocarb. Bio-Bauern, die diese Molluskizide nicht einsetzen dürfen, hoffen seit Jahren auf eine effiziente Methode der biologischen Schneckenregulierung. Die Biokontrolle von Schnecken mit kommerziell vertriebenen Nematoden (Älchen) der Art *Phasmarhabditis hermaphrodita* scheint diese Ansprüche zu erfüllen.

Zur chemischen Schneckenbekämpfung werden heute vor allem zwei Substanzen eingesetzt: Metaldehyd und Methiocarb. Die Toxizität dieser Schneckengifte (= Molluskizide) für Schnecken ist erstaunlich gering (LD₅₀ für beide ca 1000 mg/kg; Henderson und Parker 1986). Von den Schnecken, welche Vergiftungssymptome zeigen, kann sich ein grosser Teil unter günstigen Umständen wieder erholen (Henderson *et al.* 1989). So erstaunt es nicht, dass die heutigen chemischen Molluskizide als unzuverlässig eingeschätzt werden, und nach besseren Wirkstoffen gesucht wird (Briggs und Henderson 1987). Im biologischen Landbau ist in der Schweiz die Verwendung von chemischen Molluskiziden nicht gestattet. Der biologische Landbau hat deshalb ein spezielles Interesse an der Möglichkeit, Schnecken biologisch kontrollieren zu können.

Schnecken haben eine grosse Zahl von natürlichen Feinden aus verschiedensten Tiergruppen (Räuber oder Parasiten). Nematoden (= Fadenwürmer oder Älchen) scheinen am ehesten dazu geeignet, landwirtschaftliche Schadschnecken wirkungsvoll zu kontrollieren (s. Kasten). Hier berichten wir über die ersten Versuche in der Schweiz zur Biokontrolle von Schnecken mit Nematoden, welche im Herbst 1993 durchgeführt wurden.

Tests unter härtesten Bedingungen

Die Versuche wurden an zwei verschiedenen Standorten in der Schweiz durchgeführt: in Grossdietwil (LU) und in Oberwil (BL). Grossdietwil liegt im Schweizer

Mittelland auf 560 m Höhe und hat 1330 mm Niederschlag. Der Boden im Versuchsgelände ist ein mittelschwerer, toniger Lehmboden. Der Versuch wurde auf einer ebenen Naturwiese durchgeführt, welche kurz vor Versuchsbeginn gemäht und mit Gülle behandelt worden war. Oberwil liegt in der Nordwestschweiz auf 330 m Höhe und hat 700 mm Niederschlag. Der Boden ist ein mittelschwerer, schluffreicher Lehmboden. Im Herbst 1993 wurde *P. hermaphrodita* erst im Labormassstab produziert. Des-

halb konnten die Feldversuche nur auf sehr kleinen Flächen (2,5 x 2,5 m) durchgeführt werden (Abb. 2). Um eine Einwanderung von Schnecken in die Versuchsfelder zu verhindern, wurden diese mit Schneckenzäunen umgeben (Modell Pfau).

Die Nematoden wurden unter den folgenden, härtestmöglichen Bedingungen getestet: Innerhalb des Schneckenzauns wurden 85 % der Fläche als Wiese belassen (ein idealer Lebensraum für Schnecken). Nur eine kleine, zentrale Fläche (1 x 1 m) wurde umgegraben und bepflanzt, so dass die Schnecken problemlos aus der Wiese zu den Setzlingen gelangen konnten (Abb. 2). In die Versuchsfelder wurden je drei Setzlinge von drei verschiedenen Kulturpflanzen gesetzt, welche alle für ihre grosse Anfälligkeit gegen Schnecken bekannt sind (Tab. 1).



Abb. 1. Mikroskopische Aufnahme des Nematoden *Phasmarhabditis hermaphrodita* (Originalgrösse ca. 2 mm). (Foto: M. Wilson, Long Ashton)

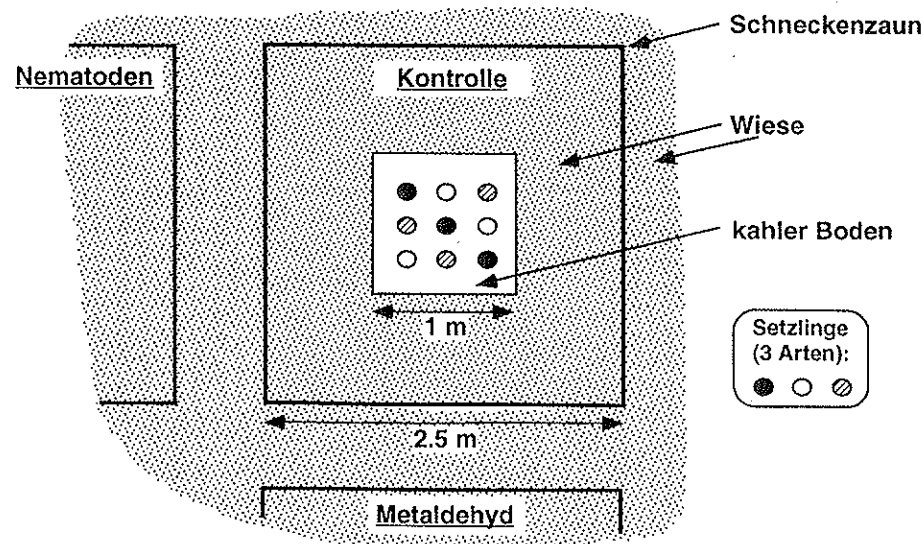


Abb. 2. Schematischer Ausschnitt aus einem Versuch. Jeder Versuch bestand aus drei identisch bepflanzen Versuchsfelder, welche verschieden behandelt wurden (in Oberwil waren es nur zwei Flächen). In Grossdietwil wurden Kopfsalat, Federkohl und Chinakohl gesetzt; in Oberwil Kopfsalat, Kohlrabi und Tagetes.

Nematoden für die Schneckenbekämpfung

Bis heute sind mindestens 77 Nematoden-Arten (Fadenwürmer oder Älchen) bekannt, die Schnecken parasitieren (Mead 1979). Die einzige Art, die bisher zur Biokontrolle eingesetzt wurde, ist die in Abbildung 1 dargestellte *Phasmarhabditis hermaphrodita* (Nematoda: Secernentia). Eine Wirkung von *P. hermaphrodita* wurde bisher gegenüber verschiedenen in England vorkommenden Weg-, Acker- und Kielnacktschnecken nachgewiesen (*Arion ater*, *A. distinctus*, *A. intermedius*, *A. silvaticus*, *Deroceras reticulatum*, *D. caruanae*, *Tandonia budapestensis* und *T. sowerbii*; Wilson *et al.* 1993a). *P. hermaphrodita* dürfte in Europa weit verbreitet und relativ häufig sein, wie die Angaben von Schneider (1859), Maupas (1900) Mengert (1953) und Wilson *et al.* (1993a) vermuten lassen. Aufgrund der unklaren Taxonomie können aber nicht alle diese Nachweise eindeutig einer bestimmten Nematodenart zugeordnet werden (s. Andrassy 1983).

Der heute verwendete Stamm von *P. hermaphrodita* wurde in England aus erkrankten Schnecken der Art *Deroceras reticulatum* isoliert. Er kann, ähnlich wie insektenparasitische Nematoden, im Labor gezüchtet werden (Wilson *et al.* 1993b). Die Nematoden für den Schweizer Markt werden in Grossdietwil von der Andermatt Biocontrol AG in Lizenz produziert.

Tab. 1. Beschreibung der einzelnen Versuche

Standort	Grossdietwil				Oberwil
Versuch	1	2	3	4	5 bis 7
Schnecken	ausgesetzt*: 10 30 30 10				natürliche Population
Behandlungen	Kontrolle, Nematoden (Älchen) und Metaldehyd (Schneckenkörner)				Kontrolle und Nematoden (Älchen)
Nematoden-Behandlung	gleichzeitig mit Setzen		eine Woche vor dem Setzen		drei Tage vor dem Setzen
Setzlinge	Kopfsalat, Chinakohl und Federkohl				Kopfsalat, Kohlrabi und Tagetes

*Folgende Schneckenarten wurden in Grossdietwil ausgesetzt: Genetzte Ackerschnecke (ein Tier pro Versuchsfläche), Garten-Wegschnecke (fünf bzw. 15 Tiere), Grosse Wegschnecke (vier bzw. 14 Tiere).

In Grossdietwil war die Schneckenpopulation tief, deshalb wurden Schnecken in den Versuchsflächen ausgesetzt (Tab. 1). In Oberwil war die

natürliche Schneckenpopulation für den Versuch genügend gross; alle drei oben genannten Schneckenarten waren vorhanden.

Die Nematoden-Behandlung wurde mit «BioSlug Schnecken-nematoden» (MicroBio, Royston, UK) durchgeführt. BioSlug enthält Dauerlarven der Nematodenart *P. hermaphrodita*. Die formulierte Masse wurde in ca 10 l Wasser (pro Versuchsfläche) aufgelöst und mit einer Giesskanne ausgebracht (Dosis: 1 Million/m²). Die ganze Fläche (bepflanzter Teil und Wiese) wurde behandelt. Für die Metaldehyd-Behandlung wurden im Abstand einer Woche zweimal Schneckenkörner gestreut (je 1 g/m² Schneckenkörner mit 6 % Metaldehyd, Firma Wyss). Die Behandlungen erfolgten in einer sehr niederschlagsreichen Periode, was für das Überleben der Nematoden vorteilhaft ist. Der statistische Vergleich der Behandlungen wurde für drei Zeitpunkte gerechnet (1, 2 und 4 Wochen nach dem Pflanzen der Setzlinge). Dazu wurde der Schaden an allen drei gleichartigen Setzlingen in einer Fläche gemittelt. Die Mittelwerte für jede Pflanzenart und jeden Versuch wurden paarweise mit dem Wilcoxon-Rangtest verglichen (zweiseitige Wahrscheinlichkeit).

Geringe Frassschäden mit Nematoden-Behandlung

Die grosse Wegschnecke (*Arion rufus*) und die genetzte Ackerschnecke (*D. reticulatum*) wurden regelmässig mit typischen Symptomen von Nematoden-Befall lebend oder tot gefunden (Abb. 3). In den Versuchen in Grossdietwil, wo nur zehn Schnecken ausgesetzt worden waren, war der Frassschaden durchwegs sehr gering

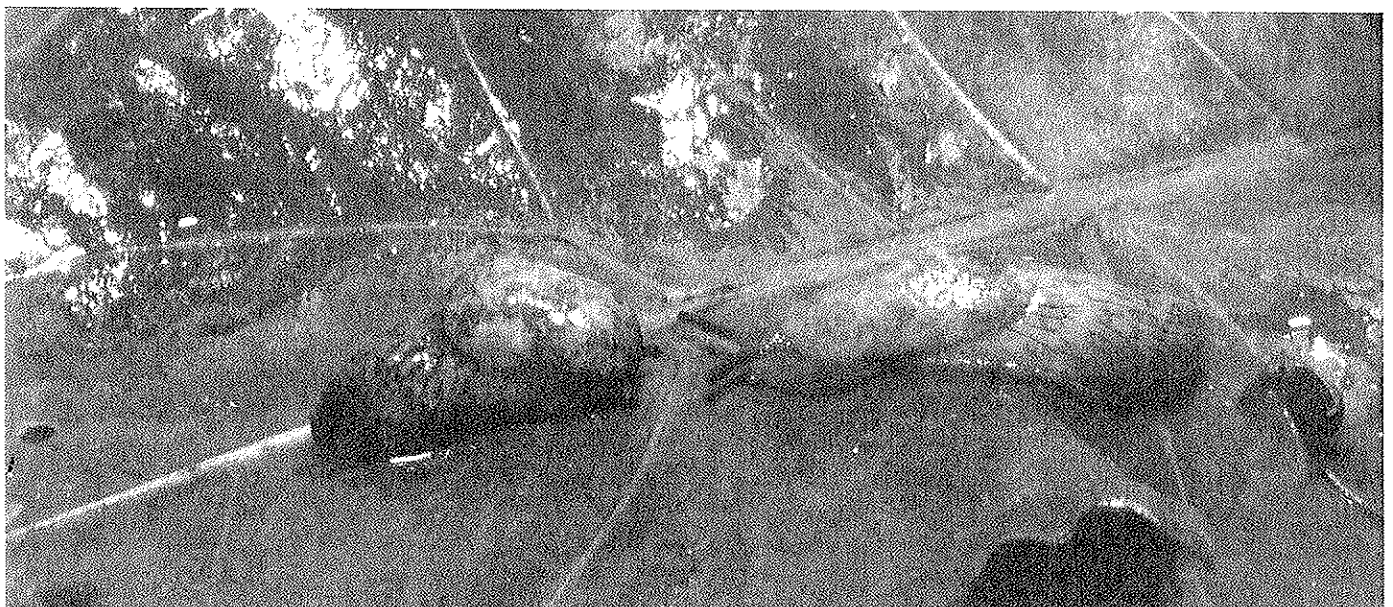


Abb. 3. Nematoden-Infektion der Ackerschnecke (*Deroceras reticulatum*). Links infizierte, rechts gesunde Schnecke. Typisch für die Nematodeninfektion ist der «Buckel» am Hinterende des Mantels.

und deshalb kaum Unterschiede zwischen den Behandlungen sichtbar (Tab. 2). In den übrigen Versuchen traten genügend grosse Schäden auf, dass deutliche Unterschiede zwischen den Behandlungen festgestellt werden konnten.

Der mittlere Frassschaden in den mit Nematoden behandelten Flächen betrug nach einer und nach zwei Wochen etwa 1/10, und nach vier Wochen 1/3 des mittleren Schadens in den Kontrollflächen. In den mit Schneckenkörnern (Metaldehyd) behandelten Flächen betrug der Schaden etwa 1/4 bis 1/3 des mittleren Schadens in den Kontrollflächen; in den ersten zwei Wochen war er bis neunmal höher als in den mit Nematoden behandelten Flächen und nach vier Wochen noch etwas höher (hier sind nur die Versuche in Grossdietwil berücksichtigt).

Vergleich von Kontrolle und Nematoden-Behandlung: Zu allen Zeitpunkten wiesen die Kontrollflächen (=unbehandelte Flächen) signifikant mehr Frassschäden auf als die mit Nematoden behandelten Flächen (1 Woche: $p < 0,01$, 2 Wochen: $p < 0,001$, 4 Wochen: $p < 0,01$). In den ersten zwei Wochen waren die Schäden in allen Nematodenflächen geringer als in den Kontrollflächen (ausgenommen Flächenpaare, die überhaupt keine Frassschäden aufwiesen, Tab. 2). Nach vier Wochen waren die Schäden in fünf von sieben mit Nematoden behandelten Flächen geringer als in den Kontrollflächen.

Vergleich von Kontrolle und Metaldehyd-Behandlung: Zu keinem Zeitpunkt unterschied sich der Frassschaden bei diesen Behandlungen signifikant (alle $p > 0,1$).

Vergleich von Nematoden- und Metaldehyd-Behandlung: An keinem Zeitpunkt unterschied sich der Frassschaden bei diesen Behandlungen signifikant (1 Woche: $p > 0,1$; 2 Wochen: $p = 0,075$; 4 Wochen: $p > 0,1$).

Biokontrolle bei allen getesteten Kulturpflanzen wirksam

Der mittlere Frassschaden an den einzelnen Kulturpflanzen ist in Abbildung 4 dargestellt. Die mit Nematoden behandelten Pflanzen wurden durchwegs weniger geschädigt als die Kontrollpflanzen. Metaldehyd war bei Kopfsalat weniger wirksam als die Nematoden. Beim Federkohl war Metaldehyd wirksamer als die Nematoden. Beim Chinakohl war Metaldehyd

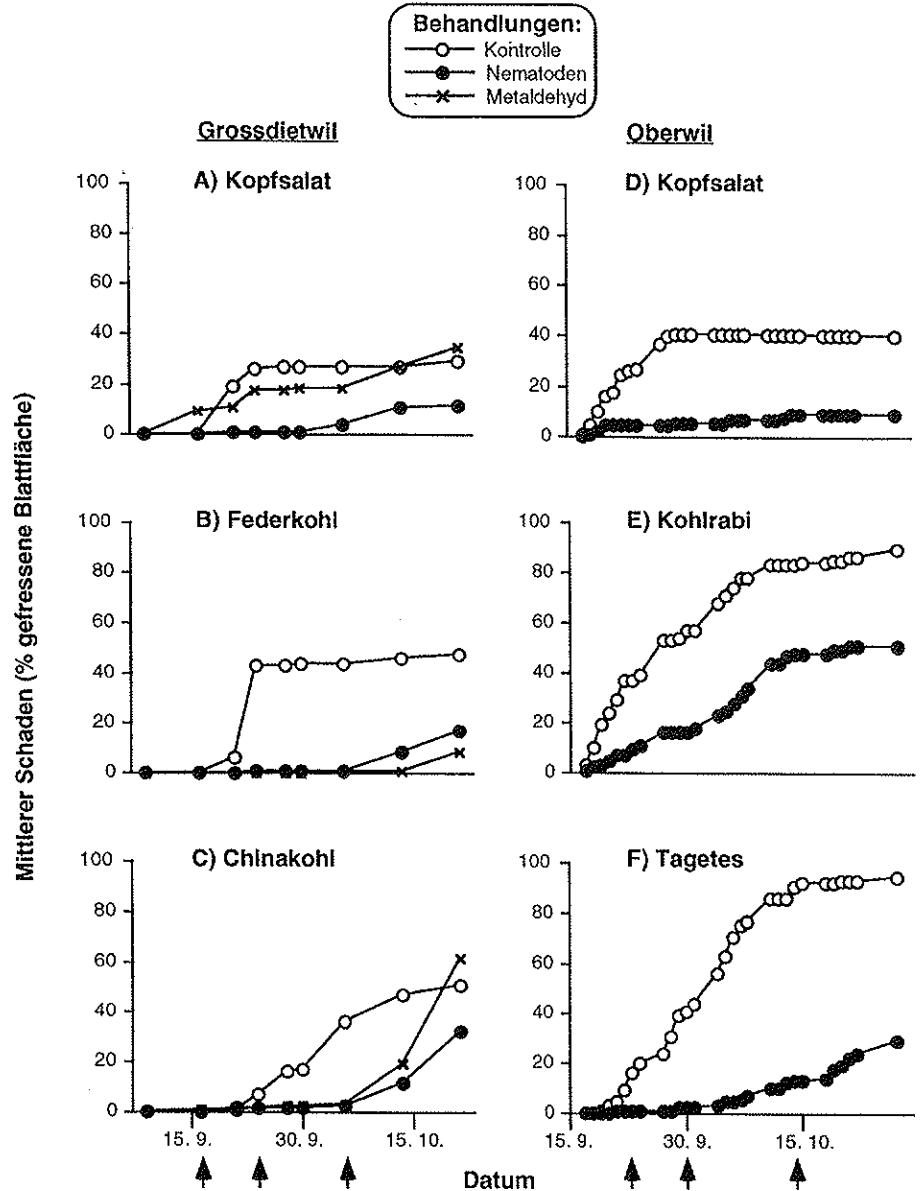


Abb. 4. Frassschäden an den verschiedenen Kulturpflanzen im Zeitverlauf. Die Pfeile markieren die Stichdaten der statistischen Auswertung (eine, zwei, bzw. vier Wochen nach dem Auspflanzen, s. Tab. 2). Für Grossdietwil gelten die Pfeile für die Versuche 1 und 2; in den Versuchen 3 und 4 wurde eine Woche später gepflanzt und entsprechend auch jeweils eine Woche später ausgewertet.

bis Mitte Oktober ähnlich wirksam wie die Nematoden, liess danach aber schneller in der Wirkung nach als die Nematoden.

Dosierung steht noch nicht fest

In den Versuchen mit Nematoden der Art *P. hermaphrodita* wurden einheimische Schadschnecken stark geschädigt, und die Schneckenschäden an verschiedenen Kulturpflanzen deutlich reduziert. Die Wirkung von *P. hermaphrodita* zeigte sich an beiden Standorten. Da die Versuche erst spät im Jahr durchgeführt wurden, konnten die Versuchspflanzen nicht bis zur Ernte gebracht werden. Die Wirkung der Nematoden kann deshalb für diese Versu-

che nicht in Form von Ertragssteigerungen ausgedrückt werden. Die Wirkung der Nematoden zeigte sich im ganzen Untersuchungszeitraum von sieben Wochen, wurde jedoch nur für die ersten vier Wochen statistisch ausgewertet. Da hauptsächlich frisch ausgepflanzte Setzlinge und Ansaaten von grossen Schneckenschäden bedroht sind, ist eine Wirkungsdauer von vier Wochen oft genügend. Diese Resultate lassen uns hoffen, dass die biologische Schneckenbekämpfung mit *P. hermaphrodita* bald praxisreif sein wird. Die Nematoden wurden in diesen Versuchen in einer Dosierung von 1 Million/m² ausgebracht. Da die Nematodenapplikation in dieser Dosierung teuer ist, werden 1994 Versuche mit tieferen Dosierungen durchgeführt.

Tab. 2. Schneckenfrass ein, zwei und vier Wochen nach dem Pflanzen der Setzlinge

Versuch	Kontrolle	Nematoden	Metaldehyd
A) nach 1 Woche			
1	0	0	0,6
2	0	0	12,8
3	73,3	2,8	3
4	1,7	0	9,4
5	8,9	6,7	—
6	55,6	6,7	—
7	13,3	1,1	—
Durchschnitt (1-4)	18,8	0,7	6,5
Durchschnitt (1-7)	21,8	2,5	—
B) nach 2 Wochen			
1	0	0	0,6
2	26,8	0	12,8
3	86,1	3,3	3,4
4	1,7	0	10,9
5	22,2	12,2	—
6	83,3	8,9	—
7	33,3	2,8	—
Durchschnitt (1-4)	28,7	0,8	6,9
Durchschnitt (1-7)	36,2	3,9	—
C) nach 4 Wochen			
1	0,2	1	0,7
2	43,3	0,1	13
3	100	35,6	16,2
4	2	2,2	21,6
5	55,6	38,9	—
6	96,1	24,4	—
7	62,8	6,7	—
Durchschnitt (1-4)	36,4	9,7	12,9
Durchschnitt (1-7)	51,4	15,6	—

Mittelwerte für alle 9 Pflanzen einer Versuchsfäche; alle Angaben in % gefressener Blattfläche.

DANK

Wir danken Annkathrin Winkler und Urs Guyer ganz herzlich für ihre Mithilfe bei der Feldarbeit, der Firma MicroBio für die Nematoden, Urs Niggli, Lukas Pfiffner, Franco Weibel und Eric Wyss für die kritische Durchsicht des Manuskripts und dem Kanton Basel-Landschaft und Frau K. Züst für die finanzielle Unterstützung dieses Projektes.

LITERATUR

- Andrassy I., 1983. A Taxonomic review of the suborder Rhabditina (Nematoda: Secernentia). Office de la recherche scientifique et technique outre-mer, Paris.
- Briggs G. G. und Henderson I. F., 1987. Some factors affecting the toxicity of poisons to the slug *Deroceras reticulatum* (Müller) (Pulmonata: Limacidae). *Crop Protection* 6, 341-346.
- Henderson I. F., Briggs G. G., Coward N. P., Dawson G. W. und Pickett J. A., 1989. A new group of molluscicidal compounds. *British Crop Protection Council Monographs* 41, 289-294.
- Henderson I. F. und Parker K. A., 1986. Problems in developing chemical control of slugs. *Aspects of Applied Biology* 13, 341-347.

Maupas E., 1900. Modes et formes de reproduction des nématodes. *Archives de Zoologie* 8, 464-624.

Mead A. R., 1979. Biological control. In: Fretter V. und Peake J. Pulmonates, Vol. 2B. Academic Press, London, 41-74.

Mengert H., 1953. Nematoden und Schnecken. *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere* 41, 311-349.

Schneider A., 1859. Über eine Nematodenlarve und gewisse Verschiedenheiten in den Geschlechtsorganen der Nematoden. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* 10, 176-178.

Wilson M. J., Glen D. M. und George S. K., 1993a. The rhabditid nematode *Phasmarhabditis hermaphrodita* as a potential biological control agent for slugs. *Biocontrol Science and Technology* 3, 503-511.

Wilson M. J., Glen D. M., George S. K. und Butler R. C., 1993b. Mass cultivation and storage of the rhabditid nematode *Phasmarhabditis hermaphrodita*, a biocontrol agent for slugs. *Biocontrol Science and Technology* 3, 513-521.

RÉSUMÉ

Contrôle biologique des limaces par des nématodes (*Phasmarhabditis hermaphrodita*)

Le contrôle des limaces s'effectue traditionnellement par les substances chimiques métaldéhyde ou methiocarbe. Ici, nous étudions le potentiel de *Phasmarhabditis hermaphrodita* (Nematoda: Secernentia) pour le contrôle biologique des limaces. A deux endroits différents en Suisse (Grossdietwil et Oberwil), sept essais au total ont été mis en place. Chaque essai consistait en une surface (2,5 x 2,5 m) traitée avec le nématode *P. hermaphrodita* et une surface non-traitée (contrôle). Les quatre essais situés à Grossdietwil comprenaient une troisième surface traitée avec des granulés de métaldéhyde. Toutes les surfaces se composaient en majorité d'herbe, comme habitat pour les limaces. Le centre de la surface était dégagé d'herbe et neuf plantules étaient plantées (laitue, chou frisé et chou de Chine à Grossdietwil; laitue, chou-rave et tagètes à Oberwil). Les dommages sur les plantules causés par les limaces (% de surface de feuilles dévorée) étaient évalués pendant sept semaines.

Les espèces de limaces *Arion rufus* et *Deroceras reticulatum* étaient infectées par *P. hermaphrodita* et souvent tuées. Dans 2 essais sur 7, les populations de limaces étaient petites et donc les dommages y étaient minimes. Dans les autres essais, les dommages causés par des limaces étaient moins importants dans les surfaces traitées avec les nématodes que dans les surfaces de contrôle. Le dommage dans les surfaces traitées avec les nématodes (3,9 % en moyenne après deux semaines) était significativement moins importants que le dommage dans les surfaces de contrôle (36,2 %). Le dommage dans les surfaces traitées

avec du métaldéhyde (6,9 %) n'était pas différent ni de celui dans les surfaces traitées avec les nématodes, ni de celui dans les surfaces de contrôle. Sur les cinq espèces de plantes étudiées, les dommages dans les surfaces traitées avec les nématodes étaient moins sévères que dans les surfaces de contrôle. Ces résultats permettent de supposer que *P. hermaphrodita* est un agent de contrôle biologique efficace contre les limaces, à la dose de 1 million/m² utilisée ici. Des essais avec des doses plus basses sont envisagés pour la saison 1994.

SUMMARY

Biocontrol of slugs with nematodes (*Phasmarhabditis hermaphrodita*)

Control of pest slugs traditionally relies upon the chemicals metaldehyde and methiocarb. Here, we investigate the potential of *Phasmarhabditis hermaphrodita* (Nematoda: Secernentia) for biological control of slugs.

At two different locations in Switzerland (Grossdietwil and Oberwil), seven field experiments in total were carried out. Each consisted of one miniplot (2.5 x 2.5 m) treated with *P. hermaphrodita* and an untreated miniplot (control). In four experiments (site Grossdietwil), there was also a third miniplot treated with metaldehyde pellets. The plots consisted mainly of grassland as a slug habitat. The centre of the plot was cleared and 9 seedlings were planted there. These were lettuce, kale (a cabbage variety) and chinese cabbage at the site Grossdietwil, and lettuce, kohlrabi and tagetes (an ornamental plant) at the site Oberwil. Slug damage to the seedlings (% of total leaf area eaten) was estimated during seven weeks.

Slugs of the species *Arion rufus* and *Deroceras reticulatum* were infected by *P. hermaphrodita* and often died. In 2 out of the 7 experiments, the slug populations were small and only minimal damage occurred. In all of the other experiments, slug damage was lower in the nematode treated plots than in the control plots. Damage in the nematode treated plots (3.9 % on average after two weeks) was statistically lower than the damage in the control plots (36.2 %). Damage in the metaldehyde treated plots (6.9 %) was not statistically different from either the nematode treated or the control plots. For every plant species studied, damage was lower in the nematode treated than in the control plots. These results suggest that *P. hermaphrodita* is an effective biocontrol agent for slugs at the dosage of 1 million/m² used here. Experiments with lower doses are planned for the 1994 season.

KEY WORDS: biological control, metaldehyde, nematode, *Phasmarhabditis hermaphrodita*, slugs