

INHALTSVERZEICHIS	Seite
Vorwort (STEFAN KÜHNE).....	2
Einführung in die Thematik (JOHANNES HALLMANN)	3
Überblick zum Auftreten pflanzenparasitärer Nematoden in Gemüse-intensiven Fruchtfolgen (ANDREAS PAFFRATH & ANDREA FRANKENBERG)	7
Untersuchungen zum Nematodenbesatz auf Klee grasflächen im ökologischen Landbau – erste Ergebnisse (MARIA VORMANN & EDMUND LEISEN)	13
Auftreten pflanzenparasitärer Nematoden in Getreide-intensiven Fruchtfolgen (JOHANNES HALLMANN & HARALD SCHMIDT)	19
Nematode control strategies in The Netherlands (LEENDERT MOLENDIJK & GERARD KORTHALS).....	22
Praxiserfahrungen mit Nematodenschäden und Prognose in der Beratung von Möhren und Zwiebelanbauern (FLORIAN RAU & HOLGER BUCK).....	27
Praxiserfahrungen mit Nematodenschäden und Lösungsansätze in Nordrhein- Westfalen (MARKUS PUFFERT)	31
Nematodenprobleme im Gemüsebau und Lösungsansätze in Bayern (MICHAEL ARNDT).....	36
Nematodenbekämpfung auf Basis Pyrrolizidin-Alkaloid haltiger Pflanzen (TIM THODEN).....	41
Nematodenschäden und Lösungsansätze im Getreidebau (HARALD SCHMIDT).....	42
Untersuchungen zu freilebenden Wurzelnematoden im Ackerbau Schleswig- Holsteins (KLAUS SCHLÜTER)	49
Zur Bedeutung von <i>Pratylenchus</i> -Arten in getreidebetonten Fruchtfolgen Mecklenburg-Vorpommerns (JAN KRUSE).....	53
Abschließende Bewertung (JOHANNES HALLMANN).....	58
Weiterführende Literatur	62

Archiviert unter: http://www.orgprints.org/9411
--

VORWORT

Zum Themenkreis „Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze“ führt die BBA seit 1998 Fachgespräche zu speziellen Themen durch. Ziel ist es, umfassende Informationen zum Pflanzenschutz anzubieten, geeignete Verfahren des Pflanzenschutzes vorzustellen und die Entwicklung von Mitteln und Methoden für den Ökologischen Landbau zu fördern.

Inhalt dieser 11. Veranstaltung war es, Informationen zur Bedeutung pflanzenparasitärer Nematoden im Ökologischen Landbau in Deutschland zusammenzutragen, die Ursachen der Problematik zu ergründen, Lösungsansätze aufzuzeigen und weiteren Forschungsbedarf zu identifizieren.

Die insgesamt 46 Teilnehmerinnen und Teilnehmer setzten sich wie folgt zusammen:

- Landwirte,
- Vertreter von Anbauverbänden, Beratungsdiensten und Landesbehörden aus Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein,
- Universitäten und Fachhochschulen aus Freiburg, Kiel und Witzenhausen,
- Fa. PPOagv Lelystad (Niederlande)
- Fa. Agroscope in Wädenswil (Schweiz)
- ein Züchter und ein Pflanzenschutzmittelproduzent.

Zu Beginn der Veranstaltung wurden pflanzenparasitäre Nematoden hinsichtlich ihrer Biologie und der durch sie verursachten Symptome kurz vorgestellt. Für die wirtschaftlich bedeutenden Nematodenarten wurden charakteristische Schadbilder an entsprechenden Kulturpflanzenarten gezeigt. Es folgten die Fachbeiträge aus den verschiedenen Gebieten des Ökolandbaus. Die Veranstaltung war in 3 Themenblöcke unterteilt: (1) Verbreitung und wirtschaftliche Schäden, (2) Lösungsansätze Gemüsebau und (3) Lösungsansätze Ackerbau. Die jeweiligen Beiträge wurden lebhaft und sehr fachkundig diskutiert.

Eine abschließende Diskussion zur Praktikabilität und Wirksamkeit der verschiedenen Lösungsansätze rundete die Veranstaltung ab.

PD Dr. habil. Stefan Kühne
Institut für integrierten Pflanzenschutz

EINFÜHRUNG IN DIE THEMATIK

JOHANNES HALLMANN, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde, Toppeideweg 88, 48161 Münster; e-mail: j.hallmann@bba.de

Nematoden im Ökolandbau

In der Vergangenheit wurden pflanzenparasitäre Nematoden im Ökolandbau kaum als Hauptschaderreger angesehen. Vielleicht wurde nicht genau hingeschaut, möglicherweise verhinderten aber auch die "typisch" ökologischen Anbauparameter wie abwechslungsreiche und weite Fruchtfolge, Förderung des Bodenlebens und Einsatz tierischer Dünger ein Aufbauen schädigender Nematodendichten. Inzwischen wissen wir, dass pflanzenparasitäre Nematoden an zahlreichen Kulturen im Ökolandbau durchaus beträchtliche Schäden verursachen können. Für den ökologischen Gemüsebau in Deutschland kennen wir die Nematodensituation recht gut (siehe Beitrag von PAFFRATH & FRANKENBERG), für andere Kulturen gibt es bisher meist nur wenige Informationen. Auch aus anderen Ländern ist wenig Konkretes über Nematodenprobleme im Ökolandbau zu erfahren. In den Niederlanden, Österreich und der Schweiz werden Nematoden bislang eher als unbedeutende Schaderreger angesehen. Wird dann aber doch mal genauer hingeschaut, sind es oftmals die Nematoden, die bisher unbekannte Ertragsverluste erklären. Dies ist recht typisch für den Umgang mit pflanzenparasitären Nematoden. Da die Symptome meist unspezifisch sind und sich ein Befall über mehrere Jahre aufbauen kann, werden ursächlich meist andere Schadfaktoren vermutet und erst nachdem diese ausgeschlossen werden konnten, wird auf Nematoden untersucht. Sowohl Landwirten als auch Beratern ist die Bedeutung pflanzenparasitärer Nematoden häufig nicht bewusst. Ertragsverluste von 10-15% werden in der Praxis oftmals nicht als Nematodenschaden erkannt. Den Landwirten geht damit bares Geld verloren, denn in der Regel entscheiden die letzten Ertragsprozente über den Gewinn oder Verlust. Dies ist umso ärgerlicher, als die Ertragsverluste bei entsprechender Fachkenntnis über Symptome und Biologie von pflanzenparasitären Nematoden vermeidbar wären.

Wie schädigen Nematoden?

Die Mehrzahl pflanzenparasitärer Nematoden ist zwischen 0,3 und 0,8 mm lang und mit dem bloßen Auge nicht zu erkennen. Einige Arten (z. B. *Longidorus*, *Xiphinema*) können auch bis zu 8 mm lang werden. Sie spielen im Ökolandbau bisher aber keine Rolle. Nematoden stechen mit ihrem Mundstachel die pflanzliche Zelle an und saugen deren Inhalt auf. Dadurch wird die Zelle zerstört und stirbt ab. Die Höhe der Schädigung wird ganz entscheidend von der Parasitierungsart des Nematoden beeinflusst. Ektoparasitische Arten saugen an den äußeren Epidermiszellen, der Schaden ist meist gering (z. B. *Paratylenchus*, *Tylenchorhynchus*). Endoparasitische Arten dringen in die Wurzel ein und führen zu einer deutlich stärkeren Schädigung der Pflanze. Man unterscheidet zwischen Arten, die zeitlebens mobil bleiben und während ihrer Wanderung durch das Wurzelgewebe die Zellen zerstören (z. B. *Pratylenchus*) und Arten, die in der Nähe des Zentralzylinders ein spezifisches Nährgewebe induzieren, von dem sie sich bis zum Abschluss ihrer Entwicklung ernähren (*Meloidogyne*, *Heterodera*). Im Boden treten immer verschiedene Nematodenarten gleichzeitig auf. Schäden werden aber meist nur durch eine oder wenige Arten verursacht, wenn artspezifische Schadschwellen überschritten werden.

Insgesamt schädigen Nematoden auf vielfältige Art und Weise:

- Reduziertes Pflanzenwachstum, Kümmerwuchs
- Deformationen, Beinigkeit und Verfärbung der Ernteorgane
- Schwächung der Pflanze durch Entzug von Wasser und Nährstoffe
- Störung der Wasser- und Nährstoffaufnahme infolge geschädigter Wurzeln
- Erhöhte Anfälligkeit geschwächter Pflanzen für Krankheitserreger, insbesondere für bodenbürtiger Schaderreger (z. B. *Rhizoctonia*, *Verticillium*, *Fusarium*, etc.) (Abb. 1)
- Übertragung von Viren (z. B. viröse Eisenfleckigkeit)
- Hemmung pflanzlicher Resistenz gegen Schaderreger (eher selten).

Daraus resultieren quantitative und qualitative Ertragsverluste.

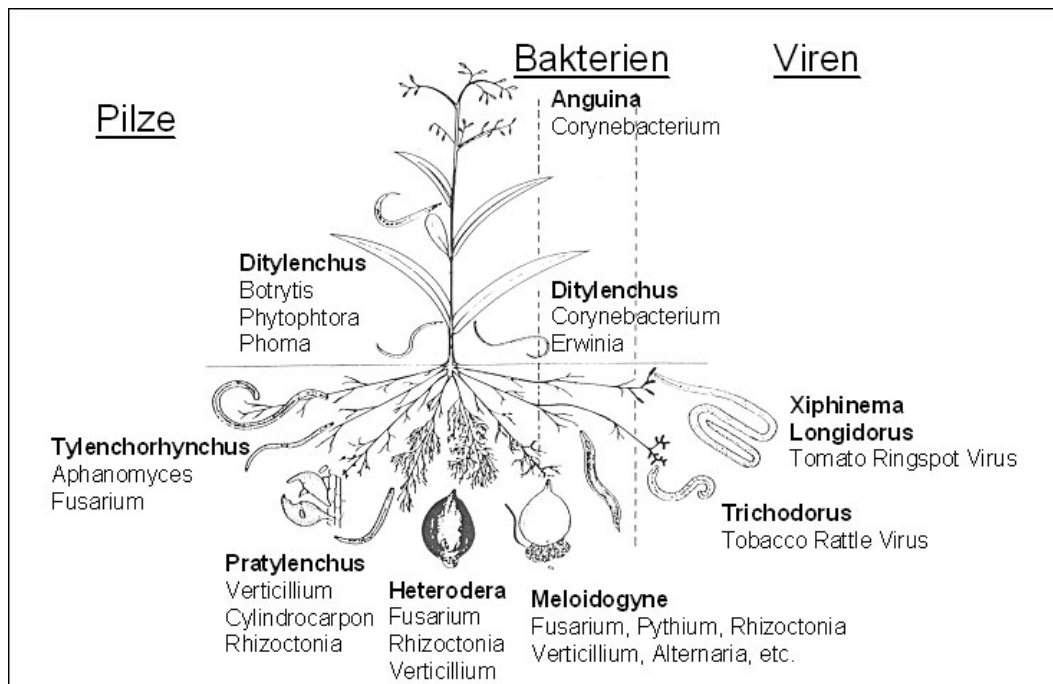


Abb. 1: Wechselwirkungen pflanzenparasitärer Nematoden mit anderen Schaderregern

Schadenssymptome

Pflanzenparasitäre Nematoden verursachen je nach Art und Wirtspflanze recht unterschiedliche Symptome. Oberirdische Symptome sind meist unspezifisch und leicht mit anderen Schadursachen zu verwechseln (z. B. Bodenverdichtung, Nährstoff- bzw. Wassermangel, Pathogenbefall, etc.) (Tab. 1). Symptome an unterirdischen Pflanzenorganen (Wurzeln, Knollen, Zwiebeln) können dagegen recht charakteristisch für bestimmte Nematodenarten bzw. Nematodengattungen sein, wie z. B. Wurzelgallen (*Meloidogyne*), Fäule (*Ditylenchus*), Beinigkeit (*Meloidogyne*, *Trichodorus*) oder Wurzelbärtigkeit (*Heterodera*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*).

Tabelle 1: Von pflanzenparasitären Nematoden verursachte Schadenssymptome.

oberirdisch	unterirdisch
nesterweise auftretender Kümmerwuchs	Beinigkeit
unregelmäßiger Wuchs im Bestand	Deformationen
kleine Blätter mit hellgrüner bis gelblicher Verfärbung	verstärkte Seitenwurzelbildung (Wurzelbärtigkeit)
Verdrehung und Nekrose der Stängelbasis	Nekrosen an den Wurzeln
Welke	Wurzelgallen
reduzierter Blüten- und Fruchtansatz	Fäule
verzögerte Reife	

Bei unterirdischen Ernteorganen (Kartoffeln, Wurzelgemüse) kann es neben rein quantitativen Ertragsverlusten auch zu qualitativen Verlusten durch Farb- und Formveränderungen kommen, so dass die Ware nicht mehr vermarktet werden kann. Entsprechend sind die wirtschaftlichen Verluste an Wurzelgemüse und Kartoffeln häufig höher als an Blattgemüse, Getreide oder Körnerleguminosen.

Diagnose

Die Diagnose von Nematodenschäden ist schwierig. Wie bereits erwähnt, sind Ertragsverluste von 10-15% anhand oberirdischer Schadenssymptome meist nicht erkennbar. Erst wenn die Verluste darüber hinaus gehen, kommt es zu unregelmäßigem Wuchs im Bestand bzw. zu nesterweise auftretendem Kümmerwuchs und der Landwirt wird aufmerksam. Bei der Suche nach der Schadensursache beobachtet man in der Praxis immer wieder, dass erst, wenn alle anderen Schadensursachen ausgeschlossen werden konnten, auf Nematoden untersucht wird. Um das Risiko von Ertragsverlusten durch Nematoden möglichst gering zu halten, wird empfohlen, den Boden bzw. die Pflanzen vor Anbau der nächsten Kultur auf pflanzenparasitäre Nematoden untersuchen zu lassen.

Eigendiagnose

- Bei Verdacht auf Nematodenbefall Wurzeln auf das Auftreten von Gallen, Zysten, Nekrosen bzw. verstärkter Seitenwurzelbildung untersuchen.
- Biotest für Wurzelgallennematoden: Bodenproben nehmen und mit einer Indikatorpflanze (z. B. Salat, Tomate) bepflanzen; nach 6-8 Wochen die Wurzeln auf das Auftreten von Gallen untersuchen.
- Biotest für Zystennematoden: Bodenproben nehmen und mit einer Indikatorpflanze (z. B. Hafer für *Heterodera avenae*, Raps für *Heterodera schachtii*, Kartoffeln für *Globodera* spp.) bepflanzen; nach 6-8 Wochen die Wurzeln auf das Auftreten weißer Weibchen bzw. gelbbrauner bis brauner Zysten untersuchen.

Amtliche Diagnose

- Der amtliche Pflanzenschutzdienst untersucht Wurzel- und Bodenproben auf Nematodenbefall und ermittelt die Besatzdichte (Anzahl Nematoden in 100 ml Boden bzw. 10 g Pflanzenfrischmasse). Art und Umfang der Probenmenge sowie die Kosten der Untersuchungen sind bei den jeweiligen Stellen zu erfragen.

Ziele des Fachgesprächs

Das Fachgespräch sollte den Erfahrungsaustausch zwischen Praktikern, Wissenschaftlern und Beratern fördern und Informationen zur Bedeutung pflanzenparasitärer Nematoden im ökologischen Landbau in Deutschland und im benachbarten Ausland vermitteln. Dabei standen Informationen über Verbreitung, wirtschaftliche Schäden, besonders betroffene Anbausysteme und Gegenmaßnahmen im Vordergrund. Bei dem Fachgespräch sollten folgende Fragen behandelt werden:

- In welchen Kulturen bzw. Anbausystemen des Ökolandbaus treten Schäden durch Nematoden bevorzugt auf?
- Auf welchen Standorten (Bodenart, Humusgehalt, pH-Wert, etc.) kommt es bevorzugt zu Schäden durch Nematoden?
- Welche weiteren Faktoren könnten zu Nematodenschäden führen?
- Gibt es Betriebe ohne Nematodenprobleme und was unterscheidet sie von Betrieben mit Problemen?
- Unterscheiden sich Nematodenprobleme im Ökolandbau von denen im konventionellen Landbau?
- Wie lassen sich Nematodenschäden im Ökolandbau verhindern?

ÜBERBLICK ZUM AUFTRETEN PFLANZENPARASITÄRER NEMATODEN IN GEMÜSE-INTENSIVEN FRUCHTFOLGEN

ANDREAS PAFFRATH & ANDREA FRANKENBERG^{*}; Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Referat Ökologischer Land- und Gartenbau, Endenicher Allee 60, 53115 Bonn;
^{*}A. Frankenberg z. Zt. Bioland Landesverband NRW, Im Hagen 5, 59069 Hamm; e-mail: andreas.paffrath@lwk.nrw.de

Einleitung

Gemüseanbauer und Gemüsebauberater berichten zunehmend über teils starke Schäden durch pflanzenparasitäre Nematoden an Möhren, aber auch an Porree und Zwiebeln. Auch in Gewächshauskulturen werden verstärkt Schäden durch Nematoden beobachtet. Die Schäden können je nach Befall zu erheblichen Ertrags- und Qualitätsverlusten bis hin zur nicht Vermarktbarkeit der Ware führen. Oftmals werden Nematodenschäden aber auch einfach übersehen, mit anderen Schadursachen verwechselt oder zu spät erkannt. Insgesamt besteht ein erheblicher Forschungs- und Aufklärungsbedarf zur Bedeutung pflanzenparasitärer Nematoden im Ökologischen Landbau, insbesondere in Gemüse-intensiven Fruchtfolgen. Die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen hat diese Thematik aufgegriffen und im Forschungsvorhaben „Strategien zur Regulierung verschiedener Nematodenspezies im Ökologischen Feldgemüsebau“ im Rahmen des Bundesprogramm Ökologischer Landbau (gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, BMELV) untersucht.

Die Ziele des Forschungsvorhabens waren wie folgt:

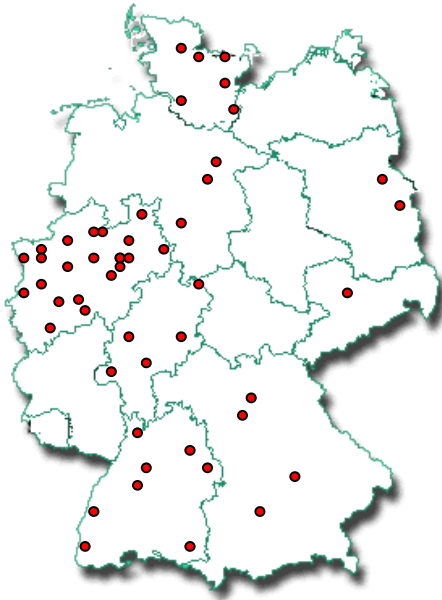
- Erfassung der Bedeutung pflanzenparasitärer Nematoden im Ökologischen Feldgemüsebau (in Zusammenarbeit mit bundesweiten Beratungseinrichtungen)
- Untersuchungen zu den Ursachen des Nematodenbefalls auf ausgewählten Betrieben
- Entwicklung von Strategien zur Reduzierung des Nematodenbefalls

Vorgehensweise

In einer Status-Quo-Analyse wurde versucht, den tatsächlichen Nematodenbefall im Ökologischen Feldgemüsebau zu ermitteln. Hierzu wurde einerseits in Zusammenarbeit mit Gemüsebauberater/Innen der wichtigsten Beratungseinrichtungen sowie durch Infofaxe der Anbauverbände eine bundesweite Umfrage zur Nematodenproblematik durchgeführt. Mittels eines Fragebogens wurden die Landwirte zu Nematodenschäden auf ihrem Betrieb befragt sowie um eine Charakterisierung der Betriebs- und Produktionsfaktoren gebeten (z. B. Betriebsgröße, Gemüseanbaufläche, Jahr der Umstellung, Bodenparameter, klimatischen Gegebenheiten, pflanzenbaulichen Maßnahmen, Grad der Verunkrautung, Hauptschaderreger, etc.). Parallel dazu wurden auf ausgewählten Betrieben in verschiedenen Kulturen Bodenproben entnommen und auf pflanzenparasitäre Nematoden untersucht. Insgesamt wurden 238 Flächen von 55 Betrieben in 7 Bundesländern untersucht (Abb. 1).

Die Probenahme erfolgte im Herbst 2002 sowie im Frühjahr und Herbst 2003. Pro Fläche wurde eine Bodenprobe mit mindestens 50 Einstichen aus einer Tiefe von 15-25 cm entnommen. Nach Mischen des Bodens wurden 500 ml Boden entnommen, in Plastiktüten abgefüllt und bis zur Untersuchungen bei 6°C gelagert. Die Auswertung der Bodenproben auf pflanzenparasitäre Nematoden erfolgte am Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde der

Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Münster. Hierzu wurden aus je 250 ml Boden die Nematoden mit der Zentrifugations-Methode extrahiert. Die Besatzdichte (Anzahl Nematoden/100 ml Boden) wurde nach Nematodengattungen getrennt ermittelt und die wichtigsten Schaderreger wurden bis zur Art bestimmt. Neben Bodenproben wurden vereinzelt auch Pflanzenproben auf Befall mit pflanzenparasitären Nematoden untersucht.



Bundesländer	Anzahl Betriebe	Anzahl Flächen
Brandenburg	2	12
Baden-Württemberg	10	46
Bayern	4	20
Hessen	7	33
Niedersachsen	4	10
Nordrhein-Westfalen	23	94
Schleswig-Holstein	5	23
Gesamt	55	238

Abb. 1: Geographische Lage der bundesweit untersuchten Betriebe (links) sowie Anzahl der untersuchten Betriebe und Flächen pro Bundesland (rechts).

Ergebnisse der Bodenuntersuchungen

Im folgenden können nur einige der Ergebnisse vorgestellt werden. Eine ausführliche Darstellung aller Ergebnisse ist dem Abschlussbericht des Forschungsvorhabens zu entnehmen. Dieser kann im Internet eingesehen werden (<http://orgprints.org/6115/>)

In den Bodenproben wurden insgesamt 17 Gattungen pflanzenparasitärer Nematoden gefunden (Abb. 2). Als häufigste Gattungen traten *Tylenchorhynchus* und *Pratylenchus* mit jeweils 90% der untersuchten Flächen auf. Weit verbreitet waren zudem *Paratylenchus* (55%), *Meloidogyne* (50%), *Helicotylenchus/Rotylenchus* (45%) und *Trichodorus/Paratrichodorus* (40%). Zystennematoden der Gattungen *Globodera* und *Heterodera* wurden demgegenüber nur recht selten beobachtet (< 20%). Berücksichtigt man die Besatzdichte der Nematoden einer Gattungen an der Gesamtzahl pflanzenparasitärer Nematoden, so ergibt sich folgende Dominanzstruktur: 31% *Paratylenchus*, 21% *Meloidogyne*, 19% *Pratylenchus*, 17% *Tylenchorhynchus*, 12% Sonstige.

Aufgrund ihrer weiten Verbreitung und ihres hohen Schadenspotenzial sind Nematoden der Gattungen *Pratylenchus* und *Meloidogyne* im Ökologischen Gemüsebau zu den Hauptschaderregern zu rechnen. Als häufigste Arten dieser Gattungen wurden *P. crenatus*, *P. neglectus* und *P. thornei* sowie *M. hapla* gefunden.

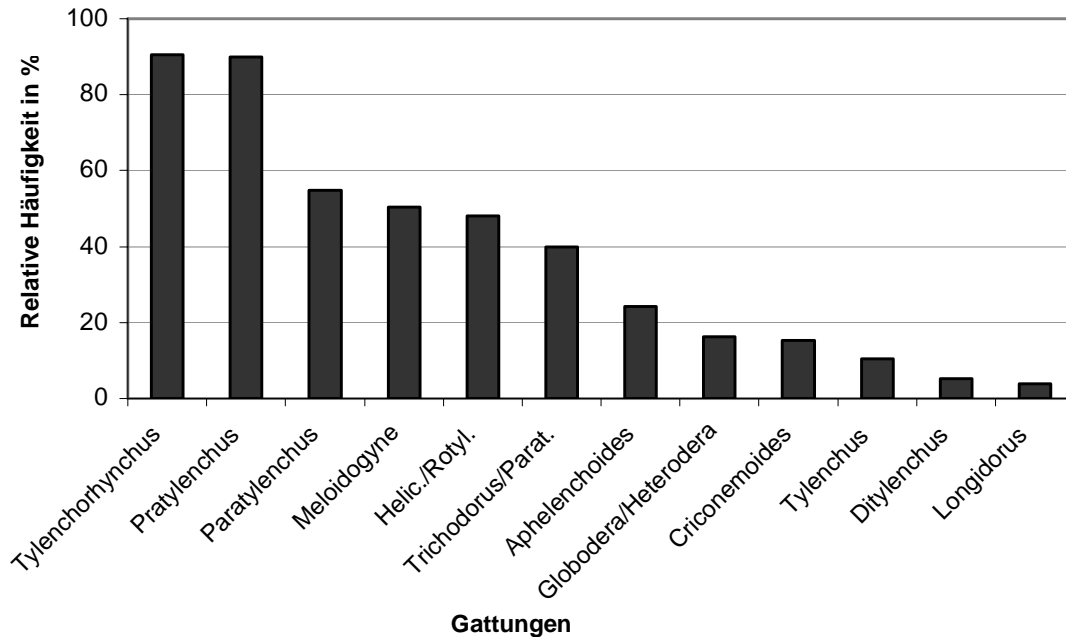


Abb. 2.: Relative Häufigkeit der wichtigsten Gattungen pflanzenparasitärer Nematoden (n = 207).

Auswertung der Betriebs- und Flächenerhebungen (Fragebögen)

Insgesamt umfasste die Fragebogenaktion 143 Gemüsebauflächen auf 40 Betrieben in 7 Bundesländern. Die folgende zusammenfassende Darstellung umfasst jene 109 Gemüsebauflächen, auf denen Nematodenprobleme bekannt sind und das Ausmaß des durch sie verursachten Schadens von den Landwirten angegeben werden konnte.

Erstes Auftreten von Nematodenschäden nach der Umstellung

Einige Betriebe (17%) hatten bereits von Beginn an mit Nematodenproblemen zu kämpfen (Abb. 3). In anderen Betrieben traten Nematodenprobleme erst einige Jahre nach der Umstellung auf bzw. wurden erst dann bewusst wahrgenommen. Dies könnte ein Hinweis dafür sein, dass bestimmte ökologische Anbausysteme möglicherweise zu einer Erhöhung des Nematodenbesatzes führen und es nach einigen Jahren bei Überschreiten kritischer Besatzdichten zu wirtschaftlichen Schäden kommt. Vierzig Prozent der Betriebe hatten Problem mit Nematoden innerhalb von 5 Jahren nach Umstellung und 80% der Betriebe innerhalb von 11 Jahren nach der Umstellung.

Bodenart und Nematodenschäden

Aus der Praxis werden Nematodenschäden überwiegend von leichten Standorten berichtet. Dies wird durch die vorliegenden Untersuchungen bestätigt (Abb. 4). In über der Hälfte der Flächen mit Nematodenproblemen handelte es sich um sandige Böden (S, hS, lS und uS). Auf 21% der Flächen handelte es sich um sandigen Lehm (sL) und auf 23% der Flächen um schwerere Böden der Bodenart Lehm und Ton sowie Böden mit Lößauflage.

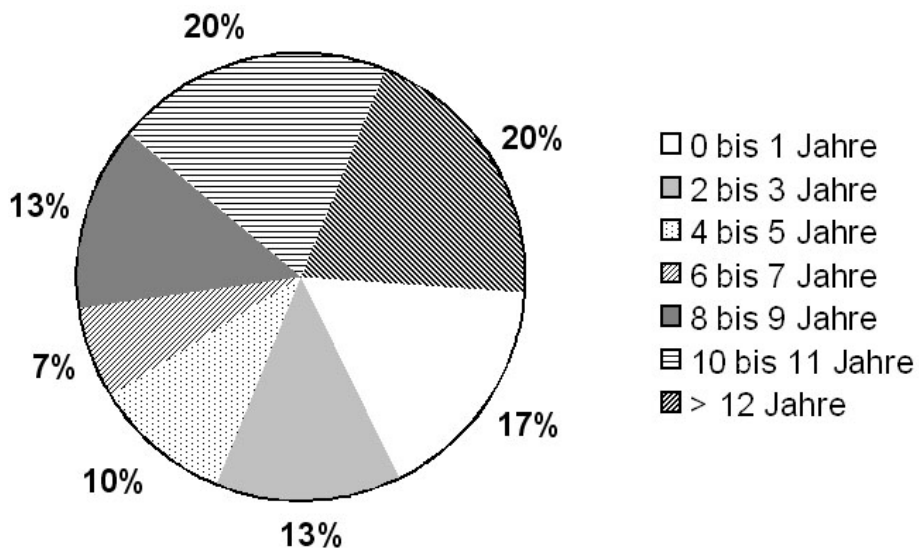


Abb. 3: Zeitpunkt des ersten Auftretens von Nematodenproblemen auf den Betrieben in Jahren nach der Umstellung.

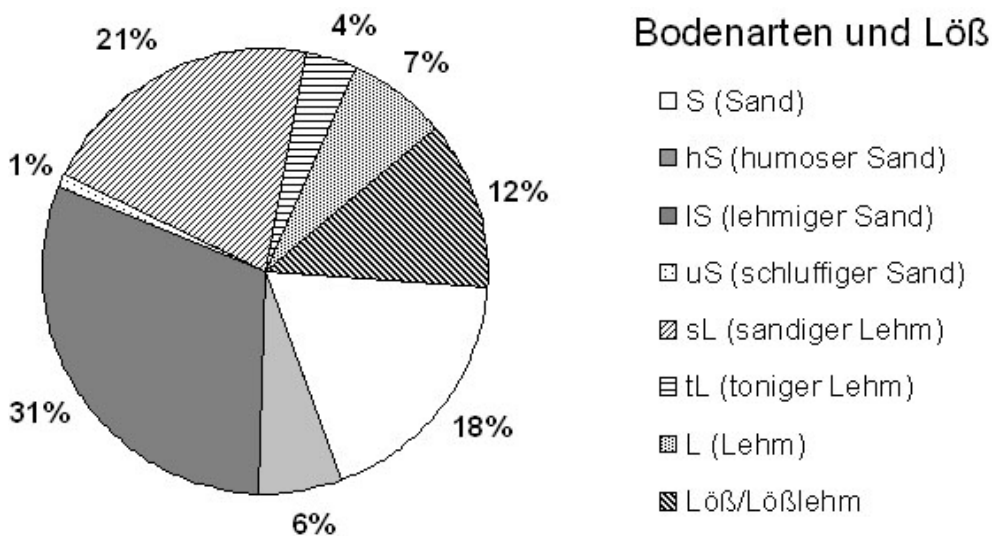


Abb. 4: Prozentualer Anteil der verschiedenen Bodenarten sowie von Löß auf denen Kulturschäden durch Nematoden auftraten.

Boden-pH und Nematodenschäden

Einen unmittelbaren Einfluss des pH-Wertes des Bodens auf das Auftreten von Nematodenschäden konnte nicht festgestellt werden (Abb. 5). Seitens der Landwirte wurde jedoch berichtet, dass Nematodenschäden tendenziell stärker sind auf Flächen mit pH-Werten < 5,5, was ja häufig dem natürlichen pH der leichten Böden entspricht.

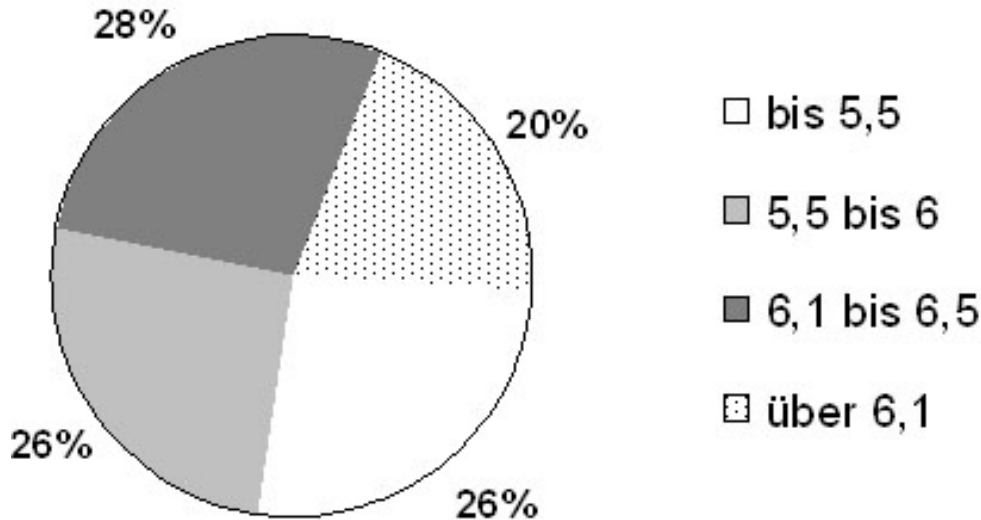


Abb. 5: Prozentualer Anteil der Flächen mit Nematodenschäden entsprechend dem pH-Wert des Bodens.

Kulturart und Nematodenschäden

Auf über 60% der Flächen war Möhre die geschädigte Kultur (Abb. 6). Darauf folgten mit Abstand Sellerie (15%) und Zwiebel (6%) sowie Salat, Rote Bete und weitere Wurzelgemüsearten (Pastinake, Schwarzwurzel, Wurzelpetersilie). Möhren reagieren besonders empfindlich auf Befall mit pflanzenparasitären Nematoden mit typischen Symptomen wie Beinigkeit, verstärkte Seitenwurzelbildung und Wurzelgallen. Bei anderen Kulturen ist das Schadbild weniger deutlich bzw. das Ernteorgan selbst wird nicht bzw. kaum befallen, so dass Schäden infolge von Minderertrag häufig nicht als durch Nematoden verursacht erkannt.

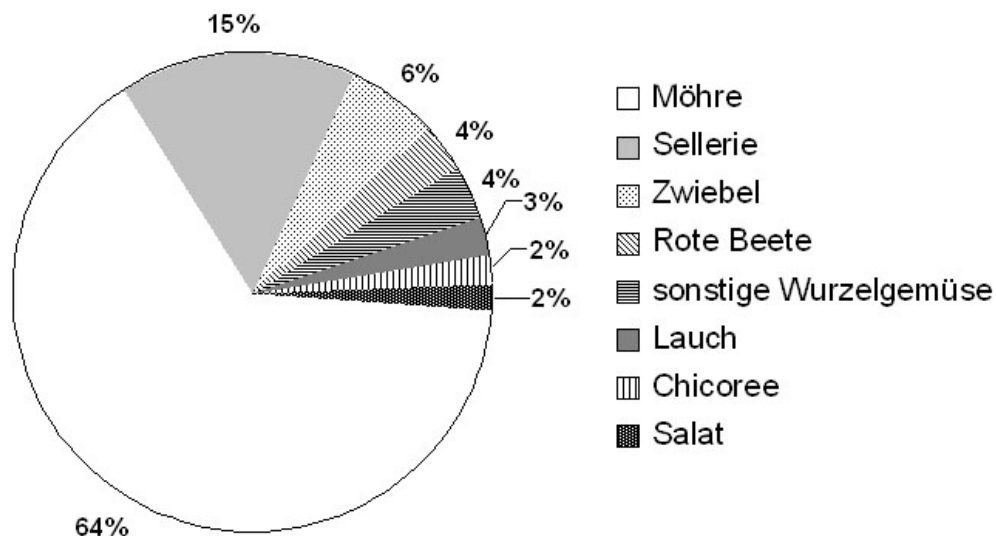


Abb. 6: Prozentuale Verteilung der geschädigten Kultur auf den untersuchten Flächen.

Zusammenfassung

Fasst man die Ergebnisse zusammen, so ergibt sich folgendes Bild. Die größten Kulturschäden durch pflanzenparasitäre Nematoden wurden beobachtet:

- durch die Gattungen *Pratylenchus* und *Meloidogyne*
- an den Kulturen Möhren, Sellerie und Zwiebeln
- auf sandigen Böden (Auftreten aber auf allen Böden)
- auf Böden, die zu Trockenheit neigen (sowohl mit als auch ohne Beregnung)
- auf stark verunkrauteten Flächen
- auf Betrieben, die vor mehr als 10 Jahre auf ökologischen Anbau umgestellt haben
- auf Betrieben mit einem hohen Anteil an Gemüse in der Fruchtfolge.

Die meisten Betriebe hatten bisher keine gezielten Maßnahmen zur Bekämpfung der Nematoden getroffen. Bei der Fruchtfolgegestaltung spielte die Anfälligkeit der Kultur für pflanzenparasitäre Nematoden keine Rolle. Auch Untersuchungen des Bodens bzw. der Pflanzen auf pflanzenparasitäre Nematoden wurden in der Regel nicht durchgeführt. Dies führte dazu, dass sich über die Jahre teils hohe Besatzdichten mit pflanzenparasitären Nematoden aufbauen konnten. Die Reduzierung des Nematodenbesatzes unterhalb der wirtschaftlichen Schadschwelle ist aufwändig und langwierig und am ehesten durch Kombination verschiedener Maßnahmen (z. B. Anbau von Nichtwirtspflanzen bzw. schlechter Wirtspflanzen, Anbau von Fang- und Feindpflanzen, Förderung des Bodenlebens, gegebenenfalls mehrmonatige Schwarzbrache) zu erzielen. Die jeweiligen Maßnahmen müssen auf die primär schädigende Nematodenart angepasst sein, denn keine Maßnahme wirkt gegen alle Nematodenarten. Zur Feststellung der primär schädigenden Art (bzw. Arten) und deren Besatzdichte wird eine Boden- bzw. Pflanzenuntersuchung durch den zuständigen Pflanzenschutzdienst empfohlen.

Weiterführende Literatur

- FRANKENBERG, A., A. PAFFRATH (2005): Nematoden im Ökologischen Gemüsebau - Ergebnisse einer Status-Quo-Analyse. Beitrag präsentiert bei der Konferenz: 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau - Ende der Nische, Kassel, 01.03.2005 - 04.03.2005; Veröffentlicht in Heß, J und Rahmann, G, (Hrsg.) *Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. Kassel University Press GmbH, Kassel, 165-168.
- KEMPKENS, K., A. PAFFRATH, A. FRANKENBERG (2004): Strategien zur Regulierung verschiedener Nematodenspezies im Ökologischen Feldgemüsebau. Abschlussbericht Forschungsprojekt 02OE478 im Bundesprogramm Ökologischer Landbau. Wissenschaftsplattform des zentralen Internetportals „Ökologischer Landbau“ <http://www.orgprints.org/6115>, 72 S.
- PAFFRATH, A., A. FRANKENBERG (2004): Nematoden im Ökologischen Gemüsebau. Broschüre der Landwirtschaftskammer NRW, 12 S. (<http://www.oekolandbau.nrw.de/fachinfo/gartenbau/freilandgemuese/nematoden.html>)
- PAFFRATH, A., A. FRANKENBERG (2004): Übersicht der wichtigsten Nematodengattungen und Wirtstabelle. Beilage der Broschüre „Nematoden im Ökologischen Gemüsebau“, 2 S. (<http://www.oekolandbau.nrw.de/fachinfo/gartenbau/freilandgemuese/nematoden.html>)

NEMATODEN AUF KLEEGRASFLÄCHEN IM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU - ERSTE ERHEBUNGEN

MARIA VORMANN & EDMUND LEISEN; Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Referat Ökologischer Land- und Gartenbau, Nevinghoff 40, 48147 Münster; e-mail: edmund.leisen@lwk.nrw.de

Einleitung

Mehrjährige Bestandserhebungen auf Klee grasflächen von ökologisch wirtschaftenden Betrieben in NRW zeigten, dass sich der Klee auf manchen Schlägen nicht gut etabliert oder schnell sehr stark zurückgeht. Hierzu liegen mehrjährige Erhebungen im Rahmen des Projektes „Leitbetriebe ökologischer Landbau“ vor, die in Versuchsberichten zusammengefasst sind. Ein Grund für den Kleerückgang könnten Nematodenschäden sein. Anders als im Bereich Gemüseanbau liegen zur Frage von Nematodenschäden auf Klee grasflächen in der Praxis kaum langjährige Erfahrungen vor. Auch in der Literatur finden sich diesbezüglich nur wenige Arbeiten.

Da die Populationsdichte von pflanzenparasitären Nematoden insbesondere durch eine enge Fruchtfolge von Wirtspflanzen sowie verschiedene Standortfaktoren beeinflusst wird, sollten diese im Rahmen erster Erhebungen näher untersucht werden.

Um der Frage nachzugehen, ob der auf einzelnen Flächen beobachtete Kleerückgang eventuell auf ein erhöhtes Nematodenvorkommen im Boden zurückzuführen sein könnte, wurden im Frühjahr 2005 auf diesen Schlägen Bodenproben genommen. Die Probenahme erfolgte sowohl auf ökologisch bewirtschafteten Schlägen mit mehrjährigem als auch mit 1- bis 2-jährigem Klee grasanbau. Zusätzlich wurden in unmittelbarer Nachbarschaft zu vier ausgewählten Klee grasbeständen vier konventionell bewirtschaftete Flächen beprobt. Die Probenahme erfolgte etwa 4 Wochen nach dem Klee grasumbruch. Pro Fläche wurden ca. 50 Einstiche/ha aus 0-10 cm Tiefe entnommen und der Boden ordentlich gemischt. Die Bestimmung der Nematoden erfolgte im Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Münster. Die Extraktion der Nematoden erfolgte aus 250 ml Boden nach der Zentrifugationsmethode mit $MgSO_4$. Die Anzahl pflanzenparasitärer Nematoden wurde nach Gattungen getrennt ermittelt und auf 100 ml Boden bezogen.

Ergebnisse

Insgesamt traten 7 Nematodengattungen auf. Die beiden Gattungen *Pratylenchus* und *Tylenchorhynchus* kamen in allen untersuchten Proben vor. Erhöhte Individuenzahlen von über 200 Nematoden/100 ml Boden wurden in 2 Proben von Klee grasflächen festgestellt. Allerdings wurde auf einer konventionell bewirtschafteten Fläche ein sehr hohes Nematodenvorkommen von 776 Nematoden/100 ml Boden bei *Pratylenchus* ermittelt.

Tabelle 1: Nematodenvorkommen im Frühjahr 2005 auf ausgewählten Flächen (Nematoden/100 ml Boden)

a) konventionelle Flächen:

Betrieb-Nr.	1	2	4	3
<i>Globodera/Heterodera</i>	0	0	0	0
<i>Helicotylenchus/Rotylenchus</i>	0	0	0	24
<i>Meloidogyne</i>	0	0	16	0
<i>Paratylenchus</i>	0	0	0	0
<i>Pratylenchus</i>	776	144	176	100
<i>Trichodorus</i>	16	0	4	8
<i>Tylenchorhynchus</i>	32	80	4	80
Summe	824	224	200	212

b) Ökolandbau: 1-bis 2-jähriger Kleegrasanbau

Betrieb-Nr.	5	6	8	9	10	11
<i>Globodera/Heterodera</i>	120	0	0	0	0	0
<i>Helicotylenchus/Rotylenchus</i>	80	12	8	88	20	4
<i>Meloidogyne</i>	480	0	8	20	8	4
<i>Paratylenchus</i>	240	0	0	0	0	0
<i>Pratylenchus</i>	48	200	64	12	28	28
<i>Trichodorus</i>	24	20	16	16	56	28
<i>Tylenchorhynchus</i>	120	256	96	8	32	16
Summe	1112	488	192	144	144	80

c) Ökolandbau: mehrjähriger Kleegrasanbau

Betrieb-Nr.	12	5	7	11	8	13	14	7	15	16	17
<i>Globodera/Heterodrea</i>	0	40	0	0	0	8	12	0	0	40	0
<i>Helicotylenchus/Rotylenchus</i>	60	0	0	64	64	0	20	4	0	0	4
<i>Meloidogyne</i>	20	16	80	4	88	16	0	32	28	56	0
<i>Paratylenchus</i>	188	0	36	4	8	8	4	8	8	0	0
<i>Pratylenchus</i>	48	160	108	160	56	148	128	44	64	44	12
<i>Trichodorus</i>	16	80	4	4	0	12	0	24	8	16	28
<i>Tylenchorhynchus</i>	68	96	52	28	24	44	56	24	84	36	16
Summe	400	392	280	264	240	236	220	136	192	192	60

Im Folgenden werden ausgewählte Flächen hinsichtlich ihrer Standortbedingungen und dem Fruchtfolgeanteil einzelner Kulturen charakterisiert und wesentliche Ergebnisse der Nematodenuntersuchung aufgezeigt (Tab. 2-4). Ein wesentliches Auswahlkriterium dabei waren vergleichbare Standortbedingungen mit unterschiedlicher Bewirtschaftung.

Auf dem konventionell bewirtschafteten Maisacker des Betriebes 1 im Westmünsterland ist eine auffallend hohe Besatzdichte der Gattung *Pratylenchus* von 776 Nematoden/100 ml Boden festgestellt worden. Die Bewirtschaftung ist gekennzeichnet durch einen hohen Maisanteil von 67% in der Fruchtfolge seit 2000 und ca. 50% seit 1980. Zudem erfolgte im Herbst der letzten 5 Jahre eine regelmäßige Roggeneinsaat in die Stoppeln, die jeweils im

Frühjahr untergepflügt wurden. Der Maisertrag 2005 war laut Aussage des Landwirten gut bis sehr gut, die Pflanzen zeigten keine sichtbaren Schäden.

Auf der nahe gelegenen, seit 1989 ökologisch bewirtschafteten Klee grasfläche des Nachbarbetriebes mit einem Fruchtfolgeanteil von 50% Klee gras seit 1989 bzw. 67% seit 2000 wurde keine erhöhte Nematodendichte festgestellt.

Tabelle 2: Fruchtfolge und Nematodenvorkommen auf ausgewählten Flächen

	Betrieb 1		Betrieb 8	
Bewirtschaftung	Konventionell		Ökologisch seit 1989	
Region	Westl. Münsterland		Westl. Münsterland	
Bodenpunkte	30		35	
Bodenart	IS		S	
	Fruchtfolge seit 2000	Fruchtfolge langjährig seit 1980	Fruchtfolge seit 2000	Fruchtfolge langjährig seit 1989
Mais	66,7%	50%	16,5%	12,5%
Getreide	16,7%	50%	16,5%	25%
Kartoffeln	16,7%			
Klee gras			67%	50%
Sonstiges				12,5%
Besonderheiten des Standortes	Fläche seit 2000 gepachtet 2005 guter Maisertrag		keine	
Bemerkung	Jeweils nach Mais: Roggeneinsaat in die Stoppeln, wird im Frühjahr untergepflügt	Maisanteil von 1994 bis 1999 75%; 25% Getreide		Vor 1989 kein Klee gras, 30% Getreide, 70% Mais
Nematodenvorkommen Tiere/100 ml Boden				
<i>Globodera/Heterodera</i>	0		0	
<i>Helicotylenchus/Rotyl.</i>	0		64	
<i>Meloidogyne</i>	0		88	
<i>Paratylenchus</i>	0		8	
<i>Pratylenchus</i>	776		56	
<i>Trichodorus</i>	16		0	
<i>Tylenchorhynchus</i>	32		24	

Auf einem konventionell bewirtschafteten Maisacker des Betriebes 2 im Westmünsterland ist das Vorkommen von *Pratylenchus* mit 144 Nematoden/100 ml Boden leicht erhöht. Hier wurden in der Vergangenheit Probleme mit Nematoden festgestellt, als in den 1960er und 70er Jahren im jährlichen Wechsel Stoppelrüben und Getreide angebaut wurden. In den 1980er Jahren wurde die Fruchtfolge um den Mais erweitert, der wie das Getreide und die

Stoppelrüben jeweils 33% Fruchtfolgeanteil einnahm. In den 1990er Jahren wurde zu jeweils 50% Mais und Getreide angebaut und seit 2001 Mais in Monokultur.

Der ökologisch bewirtschaftete Vergleichsstandort, der in Teilbereichen durch Staunässe gekennzeichnet ist, und zwischen 1975 bis 1995 als Dauerweide genutzt wurde, weist einen sehr hohen Klee grasanteil von bis zu 80% in der jüngeren Fruchtfolge auf. Hier wurde das niedrigste Nematodenvorkommen aller beprobten Flächen festgestellt.

Tabelle 3: Fruchtfolge und Nematodenvorkommen auf ausgewählten Flächen

	Betrieb 2		Betrieb 17	
Bewirtschaftung	KONVENTIONELL		Ökologisch seit 1992	
Region	Westmünsterland		Westmünsterland	
Bodenpunkte	24		25	
Bodenart	S		S	
	Fruchtfolge seit 2000	Fruchtfolge langjährig seit 1980	Fruchtfolge seit 2000	Fruchtfolge langjährig seit 1995
Mais	83,3%	33%		
Getreide	16,7%	33%	33%	20%
Stoppelrüben		33%		
Klee gras			67%	80%
Sonstiges				Dauerweide 1975-95
Besonderheiten des Standortes	seit 2001 Monokultur Mais	ab 1990 ohne Rüben; 60er und 70er Jahre: 50% Getreide 50% Stoppel- rüben	Teilbereich mit Staunässe	
Nematodenvorkommen Tiere/100 ml Boden				
<i>Globodera/Heterodera</i>	0		0	
<i>Helicotylenchus/Rotyl.</i>	0		4	
<i>Meloidogyne</i>	0		0	
<i>Paratylenchus</i>	0		0	
<i>Pratylenchus</i>	144		12	
<i>Trichodorus</i>	0		28	
<i>Tylenchorhynchus</i>	80		16	
			niedrigstes Nematoden- vorkommen insgesamt	

Die beiden letzten Vergleichsflächen werden aktuell von demselben Landwirt bewirtschaftet. Auf der bis 2002 konventionell bewirtschafteten Fläche wurde seit 1990 zum Großteil Getreide angebaut, aber auch Mais. Seit 2000 nimmt der Anteil von Klee gras in der Fruchtfolge 50% ein. Hier ist das Vorkommen von *Pratylenchus* leicht erhöht, die übrigen Nematodenvorkommen bewegen sich auf niedrigerem Niveau.

Tabelle 4: Fruchtfolge und Nematodenvorkommen auf ausgewählten Flächen

	Betrieb 5 Konventionell bis 2002, danach Umstellung		Betrieb 5 Ökologisch seit 1989	
Bewirtschaftung				
Region	Westmünsterland		Westmünsterland	
Bodenpunkte	18-20		25	
Bodenart	S		S-IS	
	Fruchtfolge seit 2000	Fruchtfolge langjährig seit 1990	Fruchtfolge seit 2000	Fruchtfolge langjährig seit 1989
Mais	17%	26%		
Getreide	33%	56%	50%	42%
Kartoffeln			17%	25%
Klee gras	50%	bis 2002:0%, danach 18%	33%	25%
Sonstiges				8% Ackerbohne
Besonderheiten des Standortes	stellenweise Ortstein	stellenweise Ortstein	stark wechselnde Bodenart, Staunässe in Senken	stark wechselnde Bodenart, Staunässe in Senken
Bemerkung			Kleerückgang nesterweise	
NEMATODENVORKOMMEN TIERE/100 ML BODEN				
<i>Globodera/Heterodera</i>	40		120	
<i>Helicotylenchus/Rotyl.</i>	0		80	
<i>Meloidogyne</i>	16		480	
<i>Paratylenchus</i>	0		240	
<i>Pratylenchus</i>	160		48	
<i>Trichodorus</i>	80		24	
<i>Tylenchorhynchus</i>	96		120	

Ein anderes Bild zeigt sich auf der hofnah gelegenen, seit 1989 ökologisch bewirtschafteten Fläche, die durch stark wechselnde Bodenverhältnisse (Sandboden mit lehmigen Stellen) und Staunässe in Senken gekennzeichnet ist. Hier wurden bei mehreren Nematodengattungen erhöhte Individuenzahlen festgestellt, wobei *Meloidogyne* mit 480 Nematoden/100 ml Boden den Höchstwert bildete. Dort berichtete der Landwirt von einem nesterweisen Rückgang des

Klees in der Klee grasansaat in den letzten beiden Jahren.

Zusammenfassung und Ausblick

Wie die vorgestellten Ergebnisse gezeigt haben, gibt es auf vielen ausgewählten Flächen keine oder kaum Probleme mit Nematodenschäden. Allerdings wies ein konventioneller Acker sehr hohe Individuenzahlen von Nematoden im Boden auf. Auf Schlägen mit erhöhtem Nematodenbesatz konnte kein Zusammenhang zur ökologischen Bewirtschaftung oder dem Anteil von Klee gras in der Fruchtfolge hergestellt werden. Da einige Nematodengattungen, wie *Meloidogyne* und *Pratylenchus* einen breiten Wirtspflanzenkreis haben, ist eine Fruchtfolge ohne Wirtspflanzen kaum möglich. Ein Zusammenspiel von Wirtspflanzenspektrum und Standortbedingungen kann die Vermehrung von Nematoden derart fördern, dass die Kulturpflanzen Schaden nehmen. Auf einer ökologisch bewirtschafteten Klee grasfläche wird zwar ein Zusammenhang von Klee rückgang und Nematodenbefall vermutet, allerdings kann die Vermehrung der Nematoden dort auch in erster Linie durch andere Faktoren wie beispielsweise Standortbedingungen mit stark wechselnden Bodenverhältnissen bedingt sein. In Problemfällen sind weitere Untersuchungen zu empfehlen.

Wird ein Zusammenhang von Klee rückgang und Nematodenvorkommen vermutet, so sollte auf diesen Flächen eine gezielte Probenahme von Boden- und Pflanzenmaterial erfolgen. Untersuchungen auf Nematodenbefall werden vom zuständigen Pflanzenschutzdienst durchgeführt.

AUFTRETEN PFLANZENPARASITÄRER NEMATODEN IN GETREIDE-INTENSIVEN FRUCHTFOLGEN

JOHANNES HALLMANN¹ & HARALD SCHMIDT²; ¹Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde, Toppheideweg 88, 48161 Münster; ²Stiftung Ökologie und Landbau, Modellprojekt Öko-Ackerbau, Himmelsburger Str. 95, 53474 Ahrweiler; e-mail: j.hallmann@bba.de

Einleitung

Ein hoher Anteil an Getreide in der Fruchtfolge wurde im ökologischen Landbau bisher als wenig problematisch im Hinblick auf Nematodenschäden gesehen. Dies gilt es möglicherweise neu zu überdenken. Eine zunehmende Spezialisierung der Betriebe auf immer weniger Kulturen macht auch vor dem Ökolandbau nicht Halt. Betriebe mit hohem Getreideanteil in der Fruchtfolge (insbesondere Weizen, Dinkel, Hafer) sind keine Seltenheit mehr. Häufig erfolgt der Getreideanbau dabei in Verbindung mit Kleeuntersaat zur Stickstoffversorgung. Diese Anbausysteme sind im Hinblick auf Nährstoffversorgung, Unkrautbekämpfung und Bestandesführung weitgehend optimiert. Auf einzelnen Betrieben wird mit zunehmender Anbaudauer zuerst vereinzelt und später häufiger ungleichmäßiger Aufwuchs (Abb. 1) in Verbindung mit nesterweise auftretenden Fehlstellen sowie steigende Ertragsverluste beobachtet. Dies kann (muss aber nicht) ein Hinweis auf Schäden durch pflanzenparasitäre Nematoden sein. Um die Bedeutung pflanzenparasitärer Nematoden in Getreide-intensiven Fruchtfolgen zu erfassen, wurden innerhalb eines bestehenden Forschungsvorhabens (siehe Beitrag von Harald Schmidt) verschiedene Betriebe auf erhöhte Besatzdichten mit pflanzenparasitären Nematoden hin untersucht.



Abb. 1: Ungleichmäßig gewachsener Dinkelbestand infolge hoher Besatzdichten mit pflanzenparasitären Nematoden.

Vorgehensweise

Im Jahr 2005 wurden zwischen April und Juni auf 8 Ökobetrieben mit Getreide-intensiven Fruchtfolgen insgesamt 29 Flächen auf pflanzenparasitäre Nematoden untersucht. Die Versuchsfrage ergab sich recht kurzfristig zu einem Zeitpunkt, als die Getreidebestände schon etabliert waren. Dies bedeutet, dass bestimmte Arten pflanzenparasitärer Nematoden bereits in die Getreidewurzeln eingedrungen waren und bei einer Untersuchung des Bodens nicht erfasst wurden. Der Nematodenbesatz in den Wurzeln wurde nur vereinzelt erfasst. Dies gilt es bei der Interpretation der Ergebnisse entsprechend zu berücksichtigen. Die Extraktion der Nematoden aus dem Boden (250 ml) erfolgte nach der Zentrifugationsmethode mit Hilfe von Magnesiumsulfat. Dieses Verfahren ist besonders gut für die Extraktion von Nematoden aus der Ordnung Tylenchida (überwiegender Teil der pflanzenparasitären Nematoden) geeignet, unterschätzt teilweise aber das Auftreten von Nematoden aus der Ordnung Triplonchida mit den Gattungen *Trichodorus* und *Paratrichodorus*. Zur Extraktion von Nematoden aus Getreidewurzeln wurden diese für eine Woche auf einer Sprühanlage ausgelegt und die auswandernden Nematoden aufgefangen und ausgezählt.

Ergebnisse

Auf allen untersuchten Flächen traten die Nematodengattungen *Pratylenchus* und *Tylenchorhynchus* auf (Abb. 2). Weiterhin vertreten waren Nematoden der Gattungen *Trichodorus* (75%), *Paratylenchus* (50%), *Heterodera* (45%) und *Meloidogyne* (45%). Vereinzelt wurden auch Nematoden weiterer Gattungen gefunden, wie z. B. *Geocenamus*, *Helicotylenchus*, *Longidorus*, *Paratrichodorus* und *Xiphinema*.

Die Besatzdichte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden schwankte erheblich zwischen den untersuchten Flächen, wie anhand der hohen Werte für die Standardabweichung zu erkennen ist (Tab. 1). Die höchste durchschnittliche Besatzdichte wurde mit 482 Nematoden/100 ml Boden für *Heterodera* ermittelt. Es folgten *Tylenchorhynchus* mit 144 Nematoden/100 ml Boden und *Pratylenchus* mit 91 Nematoden/100 ml Boden. *Meloidogyne* trat im allgemeinen nur in sehr geringen Besatzdichten auf.

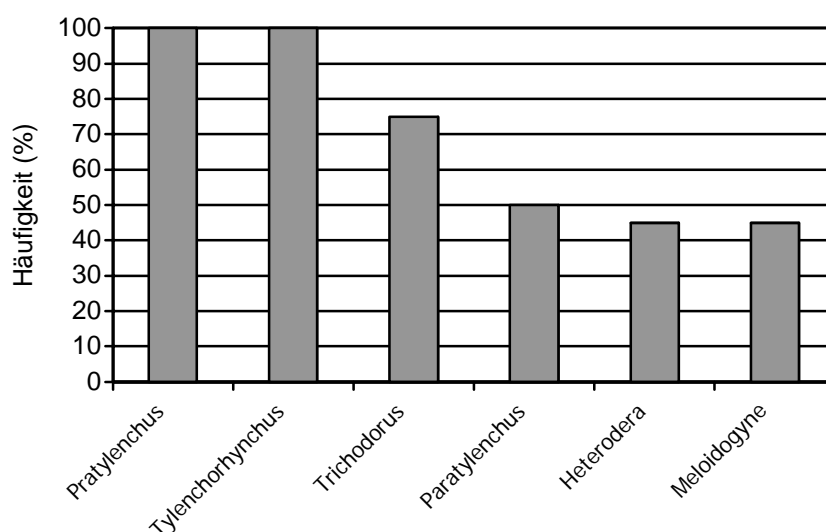


Abb. 2: Relative Häufigkeit pflanzenparasitärer Nematodengattungen in Getreide-intensiven Fruchtfolgen (n = 29).

Tabelle 1: Besatzdichte pflanzenparasitärer Nematoden im Boden (n = 29).

Gattung	Nematoden/100 ml Boden			
	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standard-abweichung
<i>Heterodera</i>	482	0	6.966	1.562
<i>Meloidogyne</i>	21	0	296	61
<i>Paratylenchus</i>	33	0	280	70
<i>Pratylenchus</i>	91	4	408	107
<i>Trichodorus</i>	26	0	184	44
<i>Tylenchorhynchus</i>	144	4	412	143

Am häufigsten wurden folgende Nematodenarten gefundenen:

- *Heterodera avenae*, *H. trifolii*
- *Meloidogyne hapla*
- *Paratylenchus* spp.
- *Pratylenchus crenatus*, *P. neglectus*, *P. penetrans*
- *Trichodorus similis*, *T. primitivus*, *T. cylindricus*, *T. viruliferus*
- *Tylenchorhynchus dubius*, *T. maximus*

Von fünf Flächen wurden auch die Getreidewurzeln auf pflanzenparasitäre Nematoden untersucht. In allen fünf Proben trat *Pratylenchus* auf. Die Besatzdichten lagen zwischen 112 und 11.729 Nematoden/10 g Wurzelfrischmasse bei einem Mittelwert von 3.615 Nematoden/10 g Wurzelfrischmasse. In zwei der fünf Proben trat auch *Meloidogyne naasi* auf mit 353 bzw. 978 Larven/10 g Wurzelfrischmasse.

Schlussbetrachtung

Pflanzenparasitäre Nematoden können in Getreide-intensiven Fruchtfolgen teils hohe Besatzdichten erreichen, sowohl im Boden als auch in den Pflanzenwurzeln. Selten trat eine Gattung bzw. Art dominant auf, in der Regel wurden 4-5 Gattungen pflanzenparasitärer Nematoden gefunden. Hohe Besatzdichten mit pflanzenparasitären Nematoden wurden besonders in geschädigten Pflanzenbeständen bzw. deren Randbereiche gefunden. Es ist zu vermuten, dass die Nematoden die Pflanzenschäden verursacht haben bzw. zumindest daran beteiligt sind. Eine einwandfreie Zuordnung der Schäden auf pflanzenparasitäre Nematoden ist in der Praxis allgemein schwierig, da immer verschiedene Nematodenarten gleichzeitig auftreten, so dass eine Vorhersage der Schadwirkung aufgrund der Wechselwirkungen der Nematoden miteinander (antagonistisch – neutral – synergistisch) sowie mit anderen Schadfaktoren (z. B. Trockenstress, Nährstoffmangel, pilzliche Krankheitserreger, etc.) kaum möglich ist. Zu den pflanzenparasitären Nematoden, denen in der Praxis aufgrund ihres hohen Schadpotenzials besondere Beachtung geschenkt werden sollte, zählen *Heterodera avenae*, *P. crenatus*, *P. neglectus* und vereinzelt auch *M. naasi*.

Danksagung

Teile der Arbeiten wurden vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau gefördert (PN: 03OE542).

NEMATODE CONTROL STRATEGIES IN THE NETHERLANDS

LEENDERT P.G. MOLENDIJK & GERARD K. KORTHALS; Applied Plant Research (PPO-AGV), Wageningen University and Research, P.O. Box 430, 8200 AK Lelystad, The Netherlands; e-mail: leendert.molendijk@wur.nl

Abstract

Over the last fifteen years there have been a lot of efforts in the Netherlands to diminish the volume of nematicides used. Alternatives for soil fumigants are difficult to find. The solution for one nematode problem can enhance the problem with another species. Based on basic principles of Dutch nematologists as OOSTENBRINK and SEINHORST a systematic approach on farm level is implemented to reduce the dependence on nematicides. Starting with the original schemes of HIJINK and OOSTENBRINK (1968), Applied Plant Research (PPO-AGV) revitalised the idea of a Nematode Control Strategy (NCS) based on an economically sound crop rotation, appropriate to the nematode situation on farm or even field level (MOLENDIJK and MULDER, 1996; MOLENDIJK and KORTHALS, 2005). In this integrated pest management strategy nematicides are only applied when necessary and serve in this as a complementary emergency tool. To develop a sound nematode control strategy, a thorough knowledge about host ranges and intolerance of crops to the most important nematode species is indispensable. For the most important arable and green manure crops this information was collected for the predominant plant parasitic nematode species and brought together in a new scheme. The PPO nematode scheme has been made accessible on internet (www.digiaal.nl) and is used to design nematode control strategies on farm level. In this contribution aspects of a NCS are illustrated.

Introduction

In these intensive cropping systems no damage by nematodes is tolerated. In Tab. 1 the nematode groups causing most of the problems in arable farming are listed. PCN problems in starch potatoes are solved with new resistant varieties. There are not enough *Globodera pallida* resistant varieties with good production characteristics to solve the PCN problems in ware- and seed potatoes. PCN could be solved by diminishing the cropping frequency of potatoes. This is not the case for other genera of nematodes which are polyphagous and have broad host ranges. In Tab. 1 the nematodes causing problems in Dutch arable farming are listed.

Table 1: Most important nematode groups in Dutch arable farming and field production of vegetables.

Clay soils	Sandy soils
<ul style="list-style-type: none"> • Potato cyst nematode • Beet cyst nematode • Spiral nematode • Stem nematode 	<ul style="list-style-type: none"> • Rootknot nematode • Rootlesion nematode • Trichodorids • Xiphinema • Longidorus

To prevent or to control these nematodes a pro active approach is necessary. When the farmer just waits till the problems occur he is far too late with his measures to keep the problems small and will be forced to use nematicides to correct the situation. The alternative is a thorough thinking about the nematode situation of a farm even on parcel level combined with the possibilities of the farm, leading to a Nematode Control Strategy (NCS) fitted to the specific situation.

Nematode Control Strategy

The crux of a NCS is the well-known concept of crop rotation. To control polyfagous nematodes it is not the cropping frequency but the selection of crops and their sequence within the rotation that is essential. The basic idea is to grow a none or poor host as preceding crop of an intolerant important cash crop. To design such rotations a thorough knowledge is needed about host ranges and sensitivity to damage.

Valuable information has been gathered during the fifties and sixties (HIJINK and OOSTENBRINK, 1968, which had to be revised and adjusted to more nematode species, crops and cropping methods. In 1991 PPO started research projects on *Paratrichodorus teres* in 1992 on *Meloidogyne fallax*, 1995 on *M. chitwoodi*, 1998 on *Pratylenchus penetrans* and recently on *Trichodorus primitivus* and *Paratrichodorus pachydermus*. PPO brings the information on host status and tolerance to damage together in the PPO nematode scheme in a format originally designed by HIJINK and OOSTENBRINK (1968). In this scheme the multiplication of crops of a specific nematode is represented in dots and tolerance to damage in colours (table 2 shows a black/white example).

Table 2: PPO nematode scheme for green manure crops. Format based on HIJINK and OOSTENBRINK (1968). Dots representing the ability of nematode multiplication, grey intensity (colours in original) representing the sensitivity to damage.

	<i>Heterodera schachtii</i>	<i>Heterodera betae</i>	<i>Meloidogyne hapla</i>	<i>Meloidogyne naasi</i>	<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	<i>Meloidogyne fallax</i>	<i>Pratylenchus penetrans</i>	<i>Trichodorus & Paratrichodorus spp.</i>	<i>Tobacco rattle virus</i>	
Crop										Crop
Oil radish	- - R	- - R	••	-	•R	•R	•••	•	-	Oil radish
White mustard	- - R	- - R	•	-	••	••	•••	•	•••	White mustard
Perennial ryegrass	-	-	-	•••	•	•••	••	•••	••	Perennial ryegrass
Italian ryegrass	-	-	-	•••	••	•••	•••	•••	••	Italian ryegrass
Rye	-	-	-	••	•••	••	•••	•••	••	Rye
Clover	-	•	••• R	-	••• R	••• R	•••	•••	••	Clover
Lupin	?	?	•••	?	?	?	••	?	?	Lupin
Phacelia	-	-	••	-	?	•	•••	••	•••	Phacelia
African Marigold	-	-	-	-	-	-	-	•••	•••	African Marigold

Legend damage		Legend Increase	
white	Unknown	?	unknown
green	no	- -	active decline
yellow	little	-	non host
orange	moderate	•	poor host
purple	serious	••	moderate host
		•••	good host
		R	depending on variety

Although crop rotation is the kernel it is only one of the elements of a NCS (Fig. 1). A nematode control strategy should be based on:

- Prevention by using certified planting material and severe farm hygiene practices;

- an inventory of potential problems considering soil type, cropping history and planned crops within the rotation;
- an inventory of actual problems through soil sampling and crop inspection to determine nematode species and population densities for each of the growers fields;
- the design of a sound crop rotation scheme (including green manure crops) based on potential and actual problems and economic feasibility;
- prevalence of other soil-borne diseases e.g. *Rhizoctonia solani* and *Verticillium dahliae*;
- additional measures like black fallow, biological soil disinfestation, etc and nematicide application when no other solutions are available.

In a long term rotation experiment, to control *Paratrichodorus teres*, it was shown that just by changing the traditionally used green manure crop Italian ryegrass to oilseed radish the population levels within the rotation became far lower (Fig. 2). As a result the net yield of seed potatoes increased a little bit and far more important the spraing incidence (*Tobacco rattle virus*) diminished significantly (Fig. 3). This illustrates how a small changes can improve yields and prevent costs.

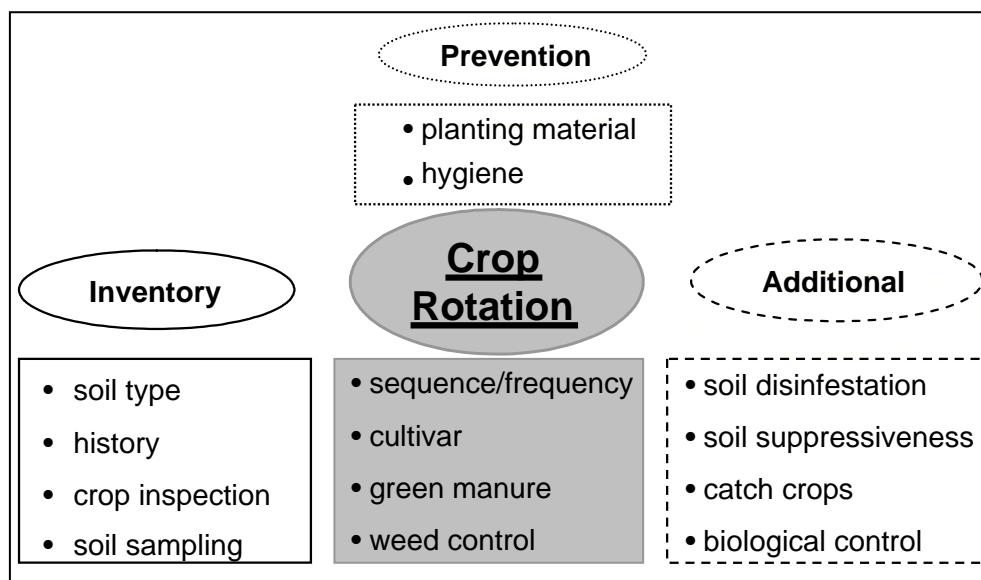


Fig. 1: Nematode Control Strategy

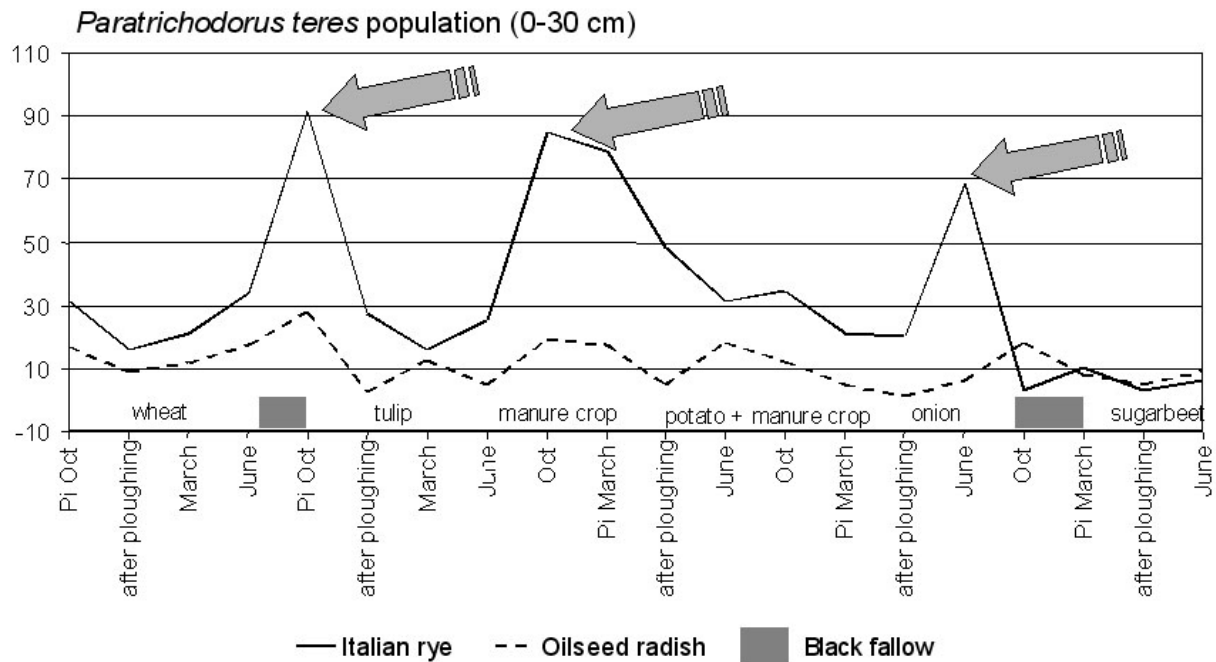


Fig. 2: Italian ryegrass keeps population levels of *Paratrichodorus teres* far higher than oilseed radish.

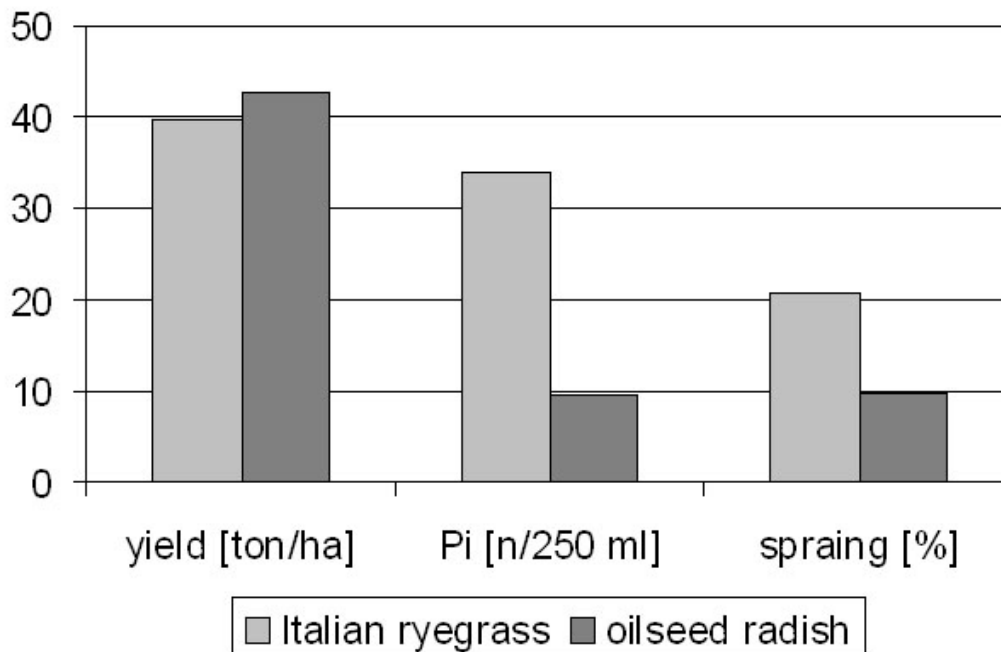


Fig. 3: Oilseed radish improves yield, diminishes initial population levels of *Paratrichodorus teres*.

Implementation of NCS on farm level

The alternatives to nematicides are very knowledge intensive. The experience of the south east of The Netherlands learned that it is important that both information to farmers and intermediates, like extension officers, is simultaneous and unambiguous. When this is the case the implementation of measures can develop rapidly. During the research there is a continuous demand for the latest results. To give up to date information the PPO nematode scheme is available on the internet on www.digitaal.nl (Dutch). Users can give in the crops

they are interested in and the program will generate a table with the relevant crop nematode combinations. In the table every cross section of nematode and crop contains hyperlinks to background information and advice (BEERS and MOLENDIJK, 2004).

The development of NCS in the Netherlands is in full process and more and more of the lacking information is provided. This approach is open for discussion and may be adapted to other regions and cropping systems.

References

- BEERS van, T.G., L.P.G. MOLENDIJK, 2004: Digi-aal a new tool in nematode control. Abstracts 56th International Symposium on Crop Protection, Ghent, Belgium.
- HIJINK, M.J., M. OOSTENBRINK, 1968: Vruchtwisseling ter bestrijding van plantenziekten en plagen. Verslagen en Mededelingen van de Plantenziektenkundige Dienst Wageningen, Seperate Serie nr. **368**, 7 pp.
- MOLENDIJK, L.P.G., A. MULDER, 1996: The Netherlands, nematodes and potatoes; old problems are here again. *Potato Research* **39**, 471-477.
- MOLENDIJK, L.P.G., G.W. KORTHALS, 2005: Nematode Control Strategies in the Netherlands. Proceedings VIth international Symposium on chemical and Non-chemical Soil and substrate disinfestations. *Acta Horticulturae* **698**, 83-88.

PRAXISERFAHRUNGEN MIT NEMATODENSCHÄDEN UND PROGNOSE IN DER BERATUNG VON MÖHREN UND ZWIEBELANBAUERN

FLORIAN RAU & HOLGER BUCK, Ökoring Niedersachsen, Bahnhofstraße 15, 27374 Visselhövede; e-mail: f.rau@oekoring.de

Einleitung

In Niedersachsen werden seit vielen Jahren großflächig Möhren und Zwiebeln für die Verarbeitung und den Frischmarkt angebaut. Da in den Hauptanbaugebieten sandige Böden mit 20 bis 50 Bodenpunkten vorherrschen, sind besonders in ökologischen Betrieben mit hohem Kleeanteil und einem hohen Anteil an Hackfrüchten in der Fruchtfolge Nematodenprobleme vorprogrammiert. Seit 2001 treten durch pflanzenparasitäre Nematoden bedingte Qualitätsprobleme immer deutlicher zu Tage. Dies gilt vor allem für Betriebe, die schon länger ökologisch wirtschaften, deren N-Versorgung in der Regel über Leguminosen (Klee) erfolgt und bei denen eine Intensivierung des Gemüseanbaus erfolgt ist. Bei Möhren kann selbst ein geringer Befall (< 50 Infektionsjuvenile (100 ml Boden)) zu einem hohen Anteil nicht vermarktungsfähiger Ware (Beinigkeit, Deformationen) führen. Bei Zwiebeln tauchten auf leichteren Böden regelmäßig Auflaufprobleme und Wuchsdepressionen in der Jugendphase auf (siehe unten). Boden- und Pflanzenuntersuchungen wiesen einen stark erhöhten Besatz mit *Meloidogyne hapla* und *Pratylenchus* spp. (*P. crenatus*, *P. neglectus*, *P. penetrans*) auf.

Seit dem Jahr 2002 wird die Nematodenproblematik in verschiedene Forschungsvorhaben untersucht. In einem vom Niedersächsischen Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz geförderten Projekt wurden erste Erkenntnisse zur Populationsdynamik pflanzenparasitärer Nematoden und der Entwicklung einer Gegenstrategie gewonnen. In zwei weiteren Projekten gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz im Rahmen des Bundesprogramm Ökologischer Landbau (PN: 02OE107, 03OE542) wurde die Wirkung verschiedener Gründungs- und Kulturpflanzen auf die Populationsdynamik von *M. hapla* und *Pratylenchus* spp. sowie den Ertrag einer anfälligen Gemüsekultur (z. B. Möhre, Zwiebel) im Folgejahr untersucht. Die Feldversuche wurden als Streifenanlage angelegt. Jeder Streifen (6 x 50 m) wurde in 4 Parzellen von jeweils 6 x 12,5 m unterteilt. Für jede Parzelle wurde der Ausgangsbesatz (P_i) und Endbesatz (P_f) aller pflanzenparasitären Nematodengattungen erfasst. Aus einer repräsentativen Mischprobe aller Varianten einer Versuchsfläche erfolgte die Artbestimmung.

Ergebnisse

Auf allen Versuchsflächen traten durchschnittlich 5-6 Gattungen pflanzenparasitärer Nematoden auf. Hauptschaderreger waren *Meloidogyne hapla* sowie verschiedene Arten von *Pratylenchus*, insbesondere *P. crenatus*, *P. neglectus* und *P. penetrans*. Da auf den Versuchsflächen immer mehrere *Pratylenchus*-Arten gleichzeitig auftraten wird im folgenden von *Pratylenchus* spp. ausgegangen.

Meloidogyne hapla

Unter den Anbaubedingungen im Beratungsgebiet Niedersachsen sind Besatzdichten von *M. hapla* > 50 Larven/100 ml Boden für den Anbau empfindlicher Kulturen (z. B. Möhren,

Zwiebeln, Salat) als kritisch anzusehen. Die Bekämpfung von *M. hapla* allein durch Fruchtfolgemaßnahmen ist in Betrieben mit hohem Hackfrucht- und Kleeanteil in der Fruchtfolge kaum möglich, da alle Gemüsearten sowie die meisten Unkräuter Wirtspflanzen für *M. hapla* sind. Will man einen hohen Nematodenbesatz innerhalb eines vertretbaren Zeitrahmens (z. B. 1 Jahr) auf einen tolerierbaren Nematodenbesatz (unterhalb der wirtschaftlichen Schadschwelle) reduzieren, so kann dies nur durch eine speziell auf den Nematoden abgezielte Gegenstrategie erfolgen. Für die Bekämpfung von *M. hapla* konnte eine solche Gegenstrategie entwickelt werden, die bei konsequenter Umsetzung recht sicher zu einer deutlichen Reduzierung dieses Nematoden führt.

Diese Strategie basiert auf einer 4-5monatigen Schwarzbrache während der Hauptvegetationsperiode, um durch Nahrungsentzug den Nematoden auszuhungern. Gleichzeitig gilt es, die negativen Auswirkungen einer Schwarzbrache (z. B. Nährstoffverluste, Humusabbau, etc.) durch begleitende Maßnahmen abzuf puffern. Eine mögliche Gegenstrategie für *M. hapla* könnte wie folgt aussehen (Abb. 1):

- Herbst/Winter: überwinterte Leguminose
- Anfang Mai: Umbrechen der Leguminose zu einem Zeitpunkt, da *M. hapla* in die Wurzeln eingedrungen ist, sich aber noch nicht vermehrt hat (Fangpflanzeneffekt nutzen; evtl. Temperatursumme berücksichtigen)
- Mai bis Oktober: Schwarzbrache; Aufwuchs mind. alle 4 Wochen einarbeiten
- Eventuell in August/September Fangpflanze statt Schwarzbrache; Anbau einer anfälligen Kultur mit rascher Jugendentwicklung und guter Durchwurzelung, so dass möglichst viele Larven von *M. hapla* einwandern (z. B. Ölrettich); Umbruch der Fangpflanze spätestens nach 5 Wochen (bzw. nach Temperatursumme) bevor eine Vermehrung erfolgt
- Ende Oktober: Aussaat von Grünroggen zwecks Nährstoffkonservierung und Bodenbedeckung; Roggen ist keine Wirtspflanze für *M. hapla*; Unkraut (=Wirtspflanzen) sollte möglichst bekämpft werden
- Folgendes Frühjahr: Gemüsekultur

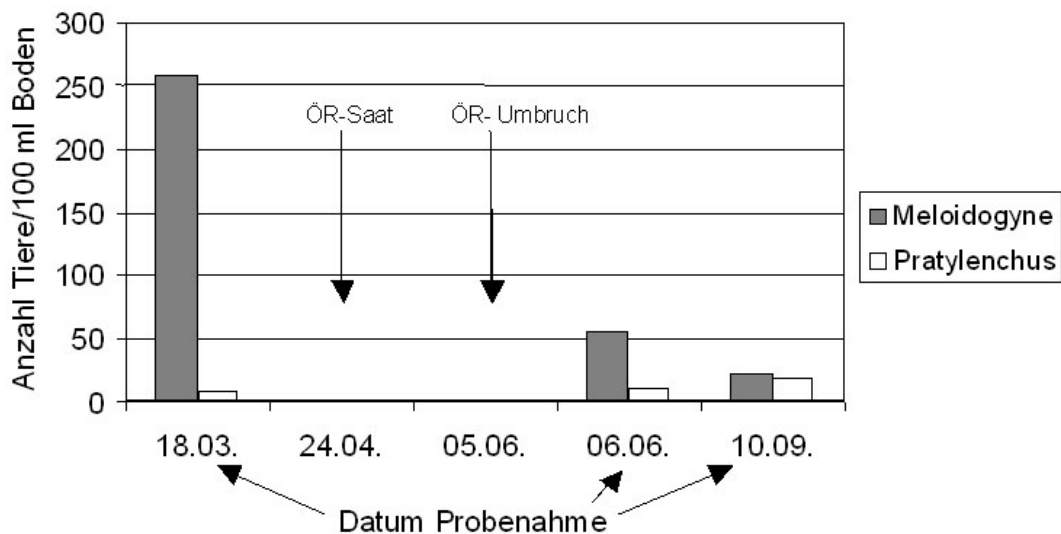


Abb. 1: Besatzdichte von *Meloidogyne hapla* bei Einsatz von Ölrettich 'Siletina' als Fangpflanze und nachfolgender Schwarzbrache.

Diese Gegenstrategie hat in zweijährigen Feldversuchen auf Praxisbetrieben eine gute Wirkung gegen *M. hapla* gezeigt. Sie ist aber noch verbesserungswürdig, da im ökologischen Anbau neben der Nematodenreduzierung noch andere Ziele, wie die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und die Einhaltung betriebswirtschaftlicher Grundsätze berücksichtigt werden müssen. Vorrangiges Ziel einer Fruchtfolgegestaltung sollte es sein, den Aufbau hoher Nematodendichten von Beginn an zu verhindern. Hierzu sollten folgenden Maßnahmen früher bzw. intensiver eingesetzt werden: Anbau von Nichtwirtpflanzen (z. B. Getreide, Tagetes), Anbau von Fangpflanzen, konsequenter Unkrautregulierung, 2-3 Monate Brache als Ruhezeit für den Boden und Verzicht von Klee als Untersaat.



Abb. 2: Aussehen der Möhren mit Gegenstrategie (links) bzw. ohne (rechts).

Pratylenchus spp.

In der Praxis ist es derzeit nicht möglich, von der Besatzdichte mit *Pratylenchus* spp. im Boden auf den möglichen Schaden bei Anbau einer empfindlichen Kultur zu schließen. Dies liegt unter anderem daran, dass wir es mit mehreren Arten zu tun haben, die gemeinsam auftreten, eine unterschiedliche Wirtspräferenz zeigen und die Kulturpflanzen unterschiedlich stark schädigen. Allgemein scheinen Werte von 50-150 *Pratylenchus* spp./100 ml Boden normal zu sein, während Werte > 200 *Pratylenchus* spp. bereits zu Schäden an Möhren und Zwiebeln führen können (Abb. 3).



Abb. 3: Nesterweise auftretender Kümmerwuchs (links) und "Spazierstocksymptom" (rechts) an Zwiebeln infolge erhöhten Auftretens von *Meloidogyne hapla* und *Pratylenchus* spp.

Hinzu kommt, dass im Feld nicht nur *Pratylenchus* spp. auftritt, sondern zusätzlich zahlreiche andere pflanzenparasitäre Nematoden, die miteinander in Konkurrenz stehen, oder aber einen Schaden auch verschlimmern können. Insgesamt schwierig ist z. B. die Situation beim Anbau von Sälzweibeln, die mit deutlichen Ertragsminderungen und verzögerter Abreife auf einen Befall mit Nematoden reagieren können.

Nach den Ergebnissen der Versuche (Abb. 4) scheint eine Gegenstrategie für *Pratylenchus* spp. nur über *Tagetes* und teilweise über Schwarzbrache möglich zu sein. Dies ist in der Praxis oft schwer umsetzbar, da der Anbau von *Tagetes* recht aufwendig ist (schwierige Aussaat, Unkrautbekämpfung für gute Wirkung erforderlich, hohe Kosten) und Schwarzbrache für eine entsprechende Wirkung mindestens über 5 Monate laufen sollte, was einen erheblichen Bearbeitungsaufwand (Bearbeitung ab 1. Laubblattstadium, d. h. ca. alle 10-14 Tage in Vegetationsperiode) erfordert. Schwarzbrache hat zudem weitere gravierende Nachteile, die der Praxis des ökologischen Landbaus entgegenstehen (z. B. Nährstoffauswaschung, Humusabbau, Winderosion, etc.). Außerdem zeigt die Anwendung der bisherigen Forschungserkenntnisse in die Praxis, dass eine Prognose der Schadenswahrscheinlichkeit unter Berücksichtigung von Vorgeschichte, Fruchtfolge und Bodenuntersuchungsergebnissen bei Zwiebeln mit deutlich geringerer Sicherheit möglich ist, als dies für *M. hapla* an Möhren möglich ist.

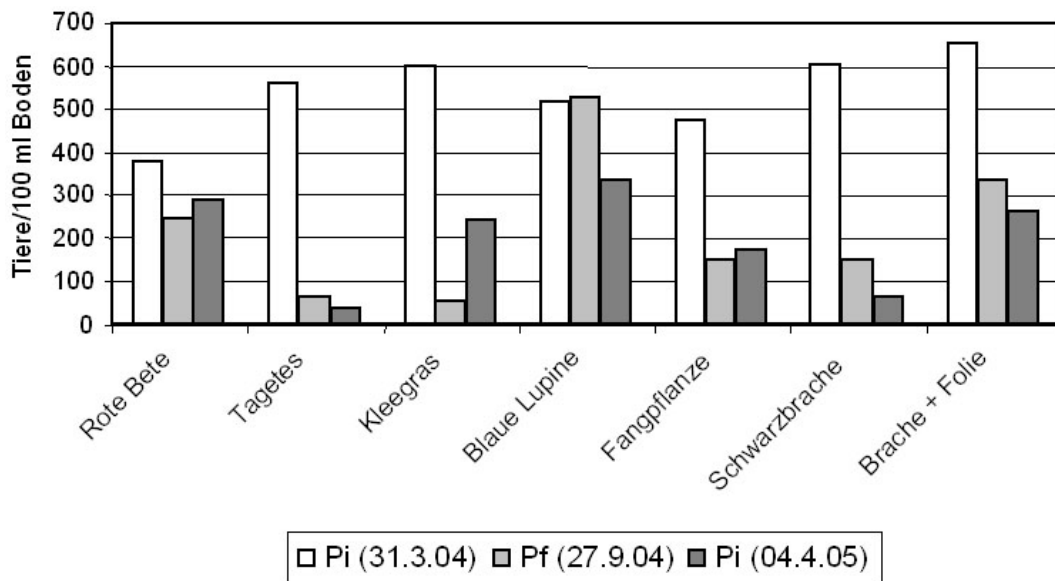


Abb. 4: Besatzdichte von *Pratylenchus* spp. vor (Pi 31.3.04) und nach (Pf 27.9.04) verschiedenen Anbaumaßnahmen sowie im Frühjahr des Folgejahres (Pi 04.4.05).

Schlussfolgerungen *Pratylenchus*

Praxisbeobachtungen zeigen zudem viel Widersprüchliches. So gibt es eine sehr starke Streuung der Untersuchungsergebnisse bei *Pratylenchus* in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Probenahme, Bewuchs und Flächengröße. Auch die verschiedenen Arten von *Pratylenchus* scheinen getrennt betrachtet werden zu müssen. Festzuhalten bleibt, dass bei kritischen Befallszahlen keine frühen Aussaaten erfolgen sollten. Außerdem sollte möglichst flach gesät werden und nach dem Durchstoßen der Zwiebeln darf nicht mehr abflammt werden. Weitere Forschung wird notwendig sein, um die Schadensursachen auf die jeweilige *Pratylenchus*-Art einzugrenzen, die Prognose zu verbessern und eine praxistaugliche Gegenstrategie zu entwickeln.

PRAXISERFAHRUNGEN MIT NEMATODENSCHÄDEN UND LÖSUNGSANSÄTZE IN NORDRHEIN-WESTFALEN

MARKUS PUFFERT; Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Gartenbauzentrum Münster-Wolbeck, Münsterstraße 62-68, 48167 Münster; e-mail: markus.puffert@lwk.nrw.de

Nematodenschäden im Ökolandbau in NRW

Erste Hinweise auf Nematodenschäden im ökologischen Landbau traten in Beratungsbetrieben in Nordrhein-, Westfalen vor ca. 8 Jahren auf. Beobachtet wurden Wuchsdepressionen bei Kopfsalat, Zwiebel und Porreejungpflanzen, vor allem aber beinige oder missgebildete Möhren und Pastinaken, teils in Verbindung mit Wurzelgallen.

An Gemüsekulturen wie Möhre und Zwiebel wurden die Schäden bereits zu Beginn der Kultur an keimenden Pflanzen beobachtet. Die Wurzeln verbräunten und starben ab. In den Wurzeln konnten die Nematoden nach Anfärbung mit Säurefuchsin nachgewiesen werden. Teils reagierte die Pflanze mit der Neubildung von Wurzeln, die aber ebenfalls befallen wurden.

An Zwiebel trockneten nach Ausbildung des ersten Laubblattes die Blattspitzen ein. An Möhren verfärbte sich das Laubblatt gelblich, die Möhrenwurzel verzweigte sich abnorm, bei starkem Befall starb die Pflanze nach der Keimung ab. Auf dem Feld entstanden so nesterartige Fehlstellen (Abb. 1). Typisch für dieses Schadbild war, dass es nahezu keinen Übergangsbereich zum gesunden Bestand gab. An die Fehlstelle schloss oft direkt ein Bestand (scheinbar) gesunder Pflanzen an.



Abb. 1: links: Nesterartige Fehlstellen in einem Möhrenbestand (Bildmitte); rechts: verstärkte Seitenwurzelbildung an Möhre durch *Pratylenchus* spp. (links) im Vergleich zu einer gesunden Möhre.

Im geschädigten Bestand wurde bei Zwiebeln ein stark erhöhtes Auftreten von *Pratylenchus penetrans* beobachtet, bei Möhren insbesondere *Meloidogyne* spp. und *Pratylenchus* spp. Bei Salat oder in einem Fall auch bei Porreejungpflanzen wurde der Schaden erst im Laufe der Kultur bemerkt. Deutliche Verdickungen der Wurzel wiesen auf *Meloidogyne* hin, was durch eine entsprechende Untersuchung bestätigt werden konnte. Der Salat hörte bei der Hälfte

seiner Erntegröße auf zu wachsen, die Porreejungpflanzen, insbesondere samenfeste Sorten, blieben im Wuchs zurück.

Der wirtschaftliche Schaden kann bei Möhren bis zum Totalausfall reichen. Beinige Wurzeln sowie Deformationen, verstärkte Seitenwurzelbildung (Wurzelbärtigkeit, Abb. 1) und Gallenbildung an der Wurzel wurden bei Wurzelgemüse wie Möhre und Pastinake verbreitet gefunden. Beinigkeit und Wurzeldeformationen können in seltenen Fällen auch durch Bodenverdichtungen verursacht werden. Bodenverdichtungen können bei häufiger mechanischer Bearbeitung auf Sandböden auftreten und werden vor allem dann zum Problem, wenn der Boden im Moment des Wurzelschiebens keine ausreichende Feuchte enthält. Die typische Nematodensymptome wie Wurzelgallen oder Bärtigkeit dürften dann aber nicht auftreten.

Strategien

Die Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden im ökologischen Gemüsebau kann nur durch langfristige Planung der Fruchtfolge erfolgen. Hierbei sind zahlreiche Kompromisse einzugehen, wie zum Beispiel beim Anbau von Leguminosen. Leguminosen sind als Stickstofflieferant ein klassischer Bestandteil des Ökobetriebes, andererseits aber auch eine hervorragende Wirtspflanze für *Meloidogyne* und *Pratylenchus*. Klee grasanbau wird in Betrieben mit Feldgemüsekulturen allenfalls als einjährige Gründüngung, oft als Untersaat in Getreide, angebaut. Deutlich verbreiteter ist der Anbau von Zwischenfruchtleguminosen wie Ackerbohne, Erbse, oder Wickroggen. Aufgrund ihres guten Wirtspflanzenstatus für *Meloidogyne* und *Pratylenchus* wird Leguminosen nur eine kurze Standzeit von wenigen Monaten eingeräumt. Ein völliger Verzicht auf Leguminosen kommt für die Betriebe aber nicht in Frage.

Darüber hinaus werden in den Ökogemüsebaubetrieben unterschiedliche Regulierungsansätze gegen pflanzenparasitäre Nematoden verfolgt. Unter Einbeziehung der betrieblichen Fruchtfolgebestandteile wie dem Leguminosenanbau und dem Gemüseanbau im geeigneten Fruchtwechsel, müssen Maßnahmen wie Fangpflanze, Feindpflanze und evtl. kurze Schwarzbrache in das Schema zur Reduzierung des Nematodenbesatzes eingebaut werden.

Ölrettich als Fangpflanze

Mit Fangpflanzen lassen sich bestimmte endoparasitäre Nematoden, wie Wurzelgallennematoden (*Meloidogyne*) und Zystennematoden (*Globodera*, *Heterodera*) bekämpfen. Beim Fangpflanzenverfahren macht man sich folgendes Prinzip zu Nutze: Wird eine anfällige Wirtspflanze angebaut, dringen die Infektionsjuvenilen in die Wurzel ein und werden sesshaft, d. h. sie können die Wurzel nicht mehr verlassen. Wird die Kultur vor Bildung einer neuen Nematodengeneration zerstört (z. B. Häckseln und Einarbeiten der Kultur), sterben die Nematoden und es kommt nicht zur Vermehrung. Um eine hohe Anzahl an Nematoden zu „fangen“, sollte die optimale Fangpflanze eine gute Wirtspflanze sein und über eine rasche Jugendentwicklung und gute Durchwurzelung des Bodens verfügen. Das Saatgut sollte zudem möglichst kostengünstig zu beziehen. Eine Möglichkeit wäre Ölrettich (siehe Beitrag von Florian Rau & Holger Buck). In Fruchtfolgen mit Kohl wird momentan in NRW der Anbau von Ölrettich als Fangpflanze wegen der Gefahr einer möglichen Befallszunahme von Kohlhernie nicht favorisiert. Die meisten betroffenen Betriebe mit Kohlanbau haben schon auf den Flächen einen gewissen Kohlherniebefall. In 2006 wird auf

einer Teilfläche die Nematoden-reduzierende Wirkung der Umsetzungsstoffe von zerkleinerten Kohlpflanzen nach der Einarbeitung unter Folienabdeckung auch bei Ölrettich ausprobiert.

***Tagetes patula* als Feindpflanze**

Tagetes patula ist eine Feindpflanze für *Pratylenchus* spp. und ein schlechte Wirtspflanzen für *M. hapla*. Zur Regulierung von *Pratylenchus* wird seit mehreren Jahren nach einer früh räumenden Kultur (z. B. Frühlkohl) im Juni/Juli *Tagetes* gesät (Abb. 2). Der reduzierende Effekt ist entscheidend vom Unkrautbesatz abhängig. In 2004 konnte ein mittelstark verunkrauteter *Tagetes*-Bestand in der zweiten Jahreshälfte nach Frühlkohl den *Meloidogyne*-Besatz etwa halbieren, vermehrte aber den *Pratylenchus*-Besatz auf das Doppelte. Die Zunahme der Besatzdichte von *Pratylenchus* ist nur durch den hohen Unkrautbesatz zu erklären. In 2005 wurde *Tagetes patula* 'Ground Control' im Mai breitwürfig gesät. In den drei Wochen vor der Saat wurde auflaufendes Unkraut mehrfach mechanisch eingearbeitet. Dieser *Tagetes*-bestand war bis Oktober weitgehend unkrautfrei. Wird *Tagetes* jedoch nach Frühgemüse Ende Juni gesät, ist eine wirksame Unkrautregulierung vor der Saat zeitlich nicht möglich. Die Aufnahme von *Tagetes* in die Fruchtfolge nach einer früh räumenden Kultur ist zwar empfehlenswert, doch muss für eine wirksame Nematodenreduzierung zuvor noch die Unkrautbekämpfung zufriedenstellend gelöst werden. Aus diesen Gründen wird in 2006 eine Reihensaat versucht, um den Bestand hacken zu können. Die Saatgutkosten für *Tagetes* schwanken ja nach Art und Sorte erheblich (siehe unten). Die allgemein niedrig wachsende Art *Tagetes patula* hat eine sehr gute Wirkung gegen *Pratylenchus*, verfügt aber nur über eine geringe Unkrautunterdrückung. Durch entsprechende Züchtung ist es gelungen, eine wüchsige Sorte mit sehr guter Unkrautunterdrückung zu entwickeln, die als 'Ground Control' speziell zur Bekämpfung von pflanzenparasitären Nematoden eingesetzt wird. *Tagetes erecta* ist wesentlich wüchsiger als *T. patula* und bildet in kurzer Zeit dichte Bestände, ist in ihrer Wirkung gegen *Pratylenchus* aber etwas schwächer ausgeprägt. Darüber hinaus gibt es weitere Arten, die ebenfalls Nematoden unterdrücken (z. B. *T. minuta*, *T. tenuifolia*), in der Praxis aber keine Rolle spielen. Die Saatgutkosten betragen je nach eingesetzter Art und Aufwandmenge ca. 200-300 EUR/ha. Die Kosten für 'Ground Control' liegen bei ca. 400 EUR/ha (z. B. Sahin Zaden, NL).

Aushungern durch Schwarzbrache

Ziel ist es, durch Entzug der Nahrungsgrundlage die pflanzenparasitären Nematoden auszuhungern. In den Versuchen 2004 und 2005 konnte jeweils mit Schwarzbrache (Abb. 3) nach Frühlmöhre ab Juni/Juli der Nematodenbesatz sowohl bei *Meloidogyne* wie auch bei *Pratylenchus* auf etwa 10% des Ausgangsbestands reduziert werden. Diese nachgewiesenermaßen sehr wirksame Maßnahme ist aber allenfalls bei sehr starkem Befall als Notmaßnahme zu rechtfertigen. Zu hohe Nährstoffverluste verbieten eigentlich auf den sowieso schon relativ armen Sandböden diese Maßnahme. Der Arbeitsaufwand ist recht hoch, da für eine wirksame Bekämpfung von *Pratylenchus* der Boden über mehrere Monate alle 1-2 Wochen (nach Auflaufen der Unkräuter) bearbeitet werden muss. Als Standardlösung ist die Schwarzbrache nicht empfehlenswert, da hohe Nährstoffverluste mit der häufigen mechanischen Bearbeitung einhergehen.



Abb. 2: Anbau von *Tagetes patula* 'Ground Control' im Sommer 2005.

Nematizide Wirkung von Sudangras

Literaturangaben zufolge werden bei der Umsetzung von gemulchten und eingearbeiteten Resten von Sudangras Stoffwechselprodukte mit nematizider Wirkung freigesetzt. Im Versuch 2004 wurde Anfang Juli Sudangras (*Sorghum sudanese* cv. 'Susu') nach Frühlkohl gesät. Die Anfangsentwicklung war langsam, so dass Unkraut auflaufen konnte. Später erreichte der Bestand eine Höhe von ca. 2 m und unterdrückte das Unkraut sehr gut. Es war von einer sehr guten Nährstofffixierung im Spätsommer und Herbst auszugehen. Der Bestand wurde Anfang Oktober gemulcht und eingefräst. Die Wirkung auf *Pratylenchus* war in 2004 so stark vermehrend, dass sich bereits Ende Oktober 2004 der Besatz etwa verdreifacht hatte. Wegen dieser schnellen Vermehrung von *Pratylenchus* unter Sudangras wird diese Maßnahme nicht weiter verfolgt.



Abb. 3: Anbau von Sudangras 'Susu' sowie Schwarzbrache im Sommer 2004.

Erfahrungen mit Luzerne

Auf der Suche nach Zwischenfruchtleguminosen als Alternative zu Kleegrasanbau wird häufig auch Luzerne genannt, die in holländischen Ökobetrieben auf mittelschweren Böden

regelmäßig angebaut wird. Luzerne ist zudem eine Nichtwirtspflanze für *Meloidogyne chitwoodi*, einem Quarantänenematoden, der auf einem Ökobetrieb festgestellt wurde. Im Falle eines Auftretens von *M. chitwoodi* ist der Landwirt verpflichtet, den Nematoden zu bekämpfen und dessen weitere Verbreitung zu verhindern. Entsprechende Maßnahmen werden vom Pflanzenschutzdienst angeordnet und überwacht. Hierzu zählen kein Anbau von Wirtspflanzen, gründliche Reinigung aller Bodenbearbeitungsgeräte am Feldrand sowie kein Verbringen von Erde. Erst wenn bei einer amtlichen Beprobung *M. chitwoodi* nicht mehr nachgewiesen wurde, kann die Fläche wieder frei eingesetzt werden. Ziel des Landwirten muss es sein, die Besatzdichte von *M. chitwoodi* möglichst rasch zu reduzieren. Im vorliegenden Falle führte der Anbau von Luzerne zu einer drastischen Reduzierung der Besatzdichte von *M. chitwoodi*, während *Pratylenchus* vermehrt wurde. Wie sich der überjährige Luzerneanbau auf den Wurzelgallennematoden *Meloidogyne hapla* auswirkt, soll in 2006 geklärt werden. Wäre die vermehrende Wirkung hier deutlich schwächer, aber die Nährstoffwirkung ähnlich, könnte Luzerne eventuell eine Alternative zu Klee gras darstellen.

Fazit

Aus den bisherigen Versuchen in NRW ist deutlich geworden, dass die Schwarzbrache bisher das einzige Instrument ist, was unter allen Bedingungen zu einer starken Reduzierung des Nematodenbesatzes führte. Die Nachteile des Verfahrens (z. B. Nährstoffverluste, Produktionsausfall, hoher Arbeitsaufwand) schränken eine allgemeine Anwendungsempfehlung aber deutlich ein. Alle weiteren Maßnahmen sind in der Regel nur gegen bestimmte Nematodengattungen bzw. -arten wirksam. Da im Boden immer verschiedene Nematodenarten auftreten, ist es für den Landwirt wichtig, die Hauptschaderreger zu kennen. Dies setzt eine Bodenuntersuchung durch den Pflanzenschutzdienst voraus. Ein entscheidender Aspekt bei der Regulierung des Nematodenbesatzes spielt die Unkrautbekämpfung. Durch die ständige Anwesenheit von Unkräutern, die für die meisten Nematodenarten Wirtspflanzen sind, wird eine nachhaltige Reduzierung des Nematodenbesatzes verhindert, so dass es bei Anbau einer anfälligen Gemüsekultur zu hohen wirtschaftlichen Schäden kommen kann. Für Klee gras als Standard-Rotationsbrache im Ökobetrieb muss eine Alternative gefunden werden, die den Befall mit *Meloidogyne* und *Pratylenchus* weniger stark fördert. Hier ist noch unklar, welche Leguminosen bei welcher Anbaudauer im Bezug auf die Vermehrung der Nematoden für den Betrieb geeigneter sind.

Danksagung

Teile der Arbeiten wurden vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau gefördert. Die innerhalb des Forschungsvorhabens durchgeführten nematologischen Untersuchungen erfolgten am Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Münster.

NEMATODENPROBLEME IM GEMÜSEBAU UND LÖSUNGSANSÄTZE IN BAYERN

MICHAEL ARNDT, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenschutz, Lange Point 10, 85354 Freising; e-mail: michael.arndt@lfl.bayern.de

Zusammenfassung

Am Institut für Pflanzenschutz der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Freising (LfL) befasst sich die Arbeitsgruppe Nematologie, neben der Diagnostik von Nematodenschäden, seit vielen Jahren auch mit nicht chemischen Bekämpfungsalternativen und Nematoden-Resistenzprüfungen. Während gegen die im Kartoffel- und Zuckerrübenanbau bedeutsamen Zystennematoden noch bis Ende der 80er Jahre verschiedene Nematizidprüfungen durchgeführt wurden, konzentriert sich die Aufgabenstellung in den letzten 20 Jahren verstärkt auf Nematodenprobleme im gärtnerischen Bereich, insbesondere in Freiland- und Unterglas-Gemüsekulturen. Da auch im konventionellen Anbau wegen relativ hoher Kosten bei geringer Nachhaltigkeit und eingeschränkter Verfügbarkeit chemischer Verfahren Betriebe und Beratung zunehmend nach anderen Bekämpfungsmöglichkeiten verlangen, hat die LfL verschiedene Lösungsansätze in Praxis- und Exaktversuchen überprüft. Neben einigen Nematodenschäden, die in Bayern regional häufiger auftreten, werden in folgendem Beitrag Ergebnisse ausgewählter Versuche vorgestellt, die leider keine einfachen und sicheren Problemlösungen erkennen lassen.

Spezielle Nematodenprobleme im ökologischen Feldgemüseanbau ?

Der Feldgemüseanbau wurde in Bayern in den letzten 10 Jahren um 25% ausgeweitet und umfasst mit rund 12.500 ha etwa 12% der Produktionsfläche in Deutschland. Der Anbauschwerpunkt liegt mit über 5000 ha in den Gäulagen Niederbayerns, mit Zwiebeln und Einlegegurken an der Spitze. Nematodenprobleme treten allerdings bevorzugt in anderen Anbauregionen mit leichteren Sandböden auf (Unter- und Mittelfranken) und betreffen dort insbesondere Wurzelgemüsearten. Als Schadensursache z.B. an Möhren und Sellerie sind hier meist Wurzelläsionsnematoden (*Pratylenchus* spp.) und Wurzelgallennematoden (*Meloidogyne hapla*) nachzuweisen, aber z. T. auch *Paralongidorus maximus*.

Generelle Unterschiede im Auftreten nematodenbedingter Qualitäts- und Ertragseinbußen zwischen konventioneller oder ökologischer Wirtschaftsweise waren bislang nicht zu beobachten und es fehlen dazu auch systematischen Erhebungen. Die Zahl der zur Schadensdiagnose von Beratern der „Öko-Erzeugerringe“ eingesandten Boden- bzw. Pflanzenproben ist jedenfalls vergleichsweise gering, zumal von den rund 120.000 ha Öko-Anbaufläche in Bayern nur ein kleiner Teil (ca. 1000 ha) gemüsebaulich genutzt wird. Wegen des höheren Anteils von Leguminosen ist jedoch allgemein von einem größeren Gefährdungspotenzial durch Nematoden im Ökoanbau auszugehen.

Praxistauglichkeit von Bekämpfungsalternativen

Fangpflanzeneffekte zur Nematodenkontrolle sind schon lange bekannt und haben sich im Ackerbau z.B. durch Zwischenfrucht mit nematodenresistenten Senf- oder Ölrettich-Sorten gegen Rübenzystennematoden bestens bewährt (ARNDT, 1992). Gegebenenfalls sind diese Kreuziferen bei Befall mit *Heterodera schachtii* oder *H. cruciferae* auch in Kohlgemüsefruchtfolgen denkbar, zumal einige Ölrettich-Sorten in zweijährigen Prüfungen an der LfL eine sehr geringe Kohlhernieanfälligkeit zeigten. Gleichzeitig arbeitet die

Züchtung weiter an Sorten mit geringer Anfälligkeit gegen *Meloidogyne hapla* (z. B. 'Commodore'). Gegen wandernde Wurzelnematoden der Gattung *Pratylenchus* gibt es eine „Feindpflanzenwirkung“ durch den Anbau von Tagetesarten, die als Zwischenfruchtlösung wegen anbautechnischer Schwierigkeiten bislang jedoch noch keinen breiten Eingang in die Praxis gefunden haben (ARNDT UND KREB, 1993). Dafür werden zur Gründung bevorzugt Phacelia oder Buchweizen verwendet, obwohl von diesen beiden Arten bezüglich freilebender Nematoden kein Bekämpfungseffekt zu erwarten ist. Speziell auf Befallsflächen mit *Meloidogyne hapla* und *Pratylenchus* spp. kann sich die gute Wirts-pflanzeneignung von Phacelia für die Folgefrucht als recht ungünstig erweisen (Abb. 1).

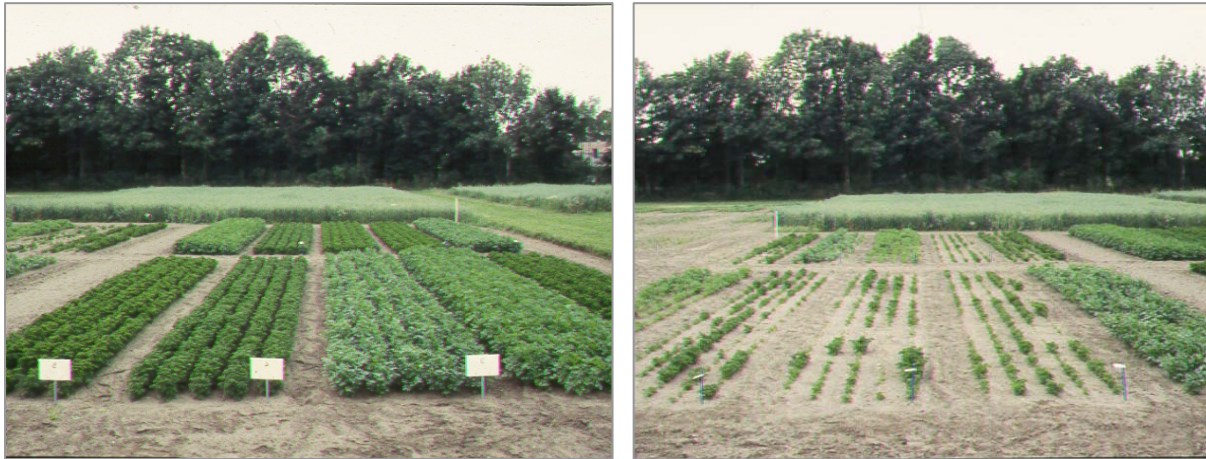


Abb. 1: Sortenversuch mit Petersilie; die Ausfälle (rechts) beruhen auf Wurzelgallennematoden infolge unterschiedlicher Vorvorfrüchte; als Vorkultur stand einheitlich Phacelia.

Wie sich ein Befall mit Wurzelgallennematoden auf Möhren nach chemischer, thermischer und biologischer Bekämpfung im Vergleich zu Schwarzbrache ausgewirkt hat, zeigen die Ergebnisse eines Versuches in Tab. 1 und Abb. 2-4. Zwei der geprüften Nematizid-Varianten schnitten sowohl nach dem Wurzelgallenindex (WGI 1-9) als auch nach der Ertragsleistung am besten ab. Die thermische Bodenbehandlung durch „trockene Hitze“, die mit einem neu entwickelten Gerät (Prototyp) erfolgte, welches bei der hortec 1997 als innovative Technik ausgezeichnet wurde, konnte dagegen nicht überzeugen. Der hohe Ausgangsbefall (P_i -Wert) vor dem Möhrenanbau war in diesem Versuchsglied vermutlich eine Folge der vergleichsweise starken Verunkrautung, zumal Nematodenuntersuchungen unmittelbar nach der Behandlung bis 20 cm Tiefe nur geringe Befallsdichten aufwiesen. Ölrettich und Schwarzbrache lagen in der Wirkung etwa gleich niedrig. Auch die Nematizidbehandlung mit üblicher Aufwandmenge (50 g/m^2) war nicht zufriedenstellend und weist mit dem höchsten Endbefall (P_f -Wert) auf eine geringe Nachhaltigkeit dieser Maßnahme hin.

Tabelle 1: Vergleich von chemischer, thermischer und biologischer Nematodenbekämpfung auf den Besatz mit *Meloidogyne hapla*, den Gallindex und den Möhrenertrag.

	VG 1	VG 2	VG 3	VG 4	VG 5	VG 6	VG 7
	1000 kg/ha Basamid	Basamid mit Folie	500 kg/ha Basamid	Brache 1	Hitze	Brache 2	Ölrettich
P _i	0	0	0	4	61	12	18
P _f	1	2	346	19	108	68	51
GI	1.5	1.5	2.0	4.7	5.2	3.8	4.8
Ertrag relativ	100	116	80	62	56	83	72

P_i = Vorbefall mit *Meloidogyne hapla* (Nematoden/100 ml Boden); P_f = Endbefall mit *M. hapla* nach der Ernte; GI =Gallenindex; Ertrag rel. VG 1 = 100

Grundsätzlich ist für Ökobetriebe eine thermische Bodenbehandlung, die über einen oberflächigen Unkrauteffekt durch Abflammen hinausgeht, zulässig. Haubendämpfverfahren oder der Einsatz einer Dämpfraupe (Abb. 5) sind jedoch aufwändig und teuer. Ob die von der Firma PedoSan weiterentwickelte und mit Propangas betriebene Technik zur thermischen Bodensanierung bei den hohen Energiepreisen eine brauchbare Alternative darstellt, bleibt abzuwarten (Abb. 6). Inzwischen wurde in den Niederlanden das thermische System „Cultivit – revolutionary soil technology“ (www.cultivit.com) vorgestellt, mit dem die chemische Bodenentseuchung deutlich reduziert werden soll (Abb. 7).

Als kostengünstiges Verfahren zur „Bodengesundung“ wird in Fachkreisen zunehmend die sogenannte „Biofumigation“ diskutiert. Biofumigation bedeutet, dass durch Anbau spezieller Kulturarten als Gründüngung nach deren Einarbeitung in den Boden durch Abbauprozesse Stoffe freigesetzt werden (z. B. Methylsenföle bei bestimmten Kohlarten, Cyanide (HCN) bei Sudangras), wodurch bodenbürtige Schaderreger reduziert werden sollen. In einem Versuch wurde deshalb Sudangras (*Sorghum sudanense*) in seiner Wirkung auf Nematoden mit Ölrettich, Buchweizen und Schwarzbrache verglichen (ARNDT UND HERMANN, 2005). Bezüglich der Reduzierung von Wurzelgallennematoden zeigte lediglich Buchweizen keine bzw. nur eine geringe Wirkung (Tab. 2). Bezüglich *Pratylenchus* spp. führte Sudangras zu einem Befallsanstieg, wie es bei Gräserarten allgemein zu erwarten ist. Davon abgesehen muss wegen der langsamen Jugendentwicklung mit einer starken Verunkrautung gerechnet werden (Abb. 8), weshalb Sudangras als Zwischenfrucht speziell im Ökoanbau wenig geeignet erscheint. Auch der Anbau von Ölrettich führte zu einer Vermehrung von *Pratylenchus* spp. Am wirksamsten war die Schwarzbrache, die jedoch im Sinne des Boden- und Umweltschutzes nicht empfehlenswert ist.



Abb. 2: Basamideinsatz mit Düngerstreuer



Abb. 3: Thermische Behandlung mit „trockener Hitze“



Abb. 4: Befallsbild: links VG 1, rechts VG 5 mit einem WGI von 5,2



Abb. 5: Dämpfraupe System Möschle; plantec-Auszeichnung 1991



Abb. 6: Verbesserte Version des Systems von PedoSan; hortec-Auszeichnung 1997

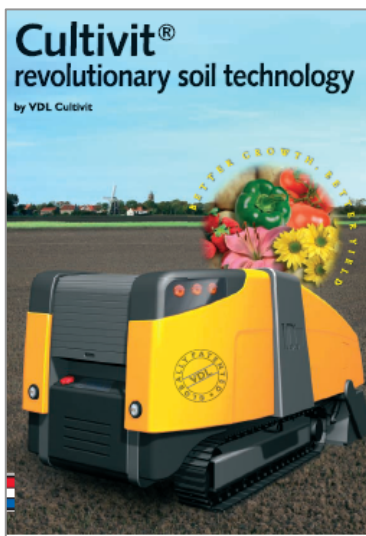


Abb. 7: Thermische Boden-sanierung aus den Nieder-landen



Abb. 8: Biologische Nematodenbekämpfung mit Ölrettich (links), Sudangras (mitte) und Buchweizen (rechts).

Tabelle 2: Zwischenfruchtversuch zur Nematodenbekämpfung mit Ölrettich, Sudangras und Buchweizen im Vergleich zu Schwarzbrache; P_i = mittlerer Ausgangsbefall (Nematoden/100 ml Boden) P_f = Endbefall nach Einarbeitung der Gründüngung

Zwischenfrucht	P_i	P_f Ölrettich	P_f Sudangras	P_f Buchweizen	P_f Brache
<i>Pratylenchus</i> spp.	111	129	160	73	10
<i>Paratylenchus</i> spp.	50	15	37	24	12
<i>Meloidogyne hapla</i>	27	5	9	24	8

Insgesamt gibt es hinsichtlich der Bodengesundheit durch Gründüngung noch viele Fragezeichen, weshalb häufig andere Aspekte die Kulturartenwahl bestimmen, wie z. B. die Stickstofffixierung durch Leguminosen. Eine lohnende Aufgabe der angewandten Forschung wäre deshalb u. a. die Suche nach Varietäten mit geringer Wirtspflanzenqualität für pflanzenparasitäre Nematoden. Gefäßversuche, die an der LfL mit verschiedenen Bitterlupinen durchgeführt wurden, denen wegen des Alkaloidgehaltes ein gewisser Feindpflanzeneffekt nachgesagt wird, waren leider wenig erfolgversprechend. Der Nematodenbefall entwickelte sich weder an den geprüften Sorten selbst, noch nach Inkubation von Lupinenschrot in den Boden, signifikant verschieden gegenüber Süßlupinen. Auch Bodenbehandlungen mit Neem-Formulierungen und Neem-Cake konnten im Unter-Glas-Anbau nicht die in der Literatur gegen *M. incognita* genannten Wirkungen bestätigen (ARNDT UND HERMANN, 2003).

Ausblick

Entwicklung und Versuche mit mikrobiellen „Bionematiziden“ haben weltweit nicht erst durch das Verbot von Methylbromid zur Bodenentseuchung erhebliche Impulse erfahren (ARNDT UND LEUPRECHT, 1995). Der kommerzielle Einsatz z. B. von antagonistischen Pilzen ist deshalb nur noch eine Frage der Zeit und könnte unter Glas vermutlich auch wirtschaftlich werden. Für entsprechende Freilandanwendungen sind aber sicher noch einige größere Hürden zu nehmen, die ohne zusätzliche Forschungsintensitäten jedoch kaum zu bewältigen sind.

Literatur:

- ARNDT, M. (1992): Zwischenfrüchte als Nematodenkiller einsetzen. dlz **6**, 28-31.
 ARNDT, M., O. KREB (1993): Mit Tagetes gegen Nematoden. DeGa **3**, 134-136.
 ARNDT, M., B. LEUPRECHT (1994): Versuche zu Alternativen bei Bekämpfung von Nematoden im Gemüsebau. TASPO 24-25.
 ARNDT, M., A. HERMANN (2003): Untersuchungen zum Einfluss von Neem-Produkten auf das Pflanzenwachstum und den Befall durch Wurzelgallenälchen (*Meloidogyne incognita*). Phytomedizin **33**, 58-59.
 ARNDT, M., A. HERMANN (2005): Bodengesundheit durch Gründüngung. dlz **5**, 46-48.

NEMATODENBEKÄMPFUNG AUF BASIS PYRROLIZIDIN-ALKALOID HALTIGER PFLANZEN

TIM THODEN, Forstzoologisches Institut der Universität Freiburg, Außenstelle Wittental, Fohrenbühl 25, 79252 Stegen; e-mail: tcthoden@hotmail.com

Der Einsatz chemischer Nematizide ist mit hohen Umweltrisiken verbunden, weshalb verstärkt nach umweltfreundlichen Alternativen gesucht wird. Eine schon heute etablierte Methode ist der Einsatz so genannter Feindpflanzen, die vermutlich aufgrund der Freisetzung nematotoxischer Sekundärstoffe für eine Reduktion phytoparasitärer Nematoden sorgen. Hierzulande haben sich dabei z.B. verschiedene Arten von *Brassica* und *Tagetes* bewährt.

In tropischen und subtropischen Gebieten werden diesbezüglich häufig *Crotalaria*-Arten eingesetzt (Abb. 1). Dabei ist bislang ungeklärt, worauf deren nematizide Wirkung zurückzuführen ist. Allerdings ist diese Pflanzengattung dafür bekannt, dass sie Pyrrolizidin-Alkaloide (PA) enthält. Die PA sind eine wichtige Gruppe pflanzlicher Sekundärstoffe mit unterschiedlichen ökologischen Funktionen – z.B. Fraßschutz vor Herbivoren – und weiter Verbreitung in Pflanzen aus verschiedensten Familien. Dabei ist auffällig, dass die PA häufig in den Wurzeln synthetisiert werden und immer mehr Pflanzenarten bekannt werden, bei denen sie ausschließlich in den Wurzeln vorkommen. Möglicherweise dient dies dem Schutz vor Wurzelparasiten wie Nematoden.



Abb. 1: *Crotalaria* spp.

Sollte sich herausstellen, dass die PA nematizide Wirkung auf pflanzenparasitäre Nematoden haben, könnte sich damit neben *Crotalaria*-Arten ein weites Spektrum anderer PA-haltiger Pflanzenarten für die Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden erschließen. Dabei wäre es denkbar, diese als Feindpflanzen anzubauen, als Gründünger einzuarbeiten oder die zumeist wasserlöslichen Alkaloide in Form wässriger PA-Pflanzenextrakte auszubringen. Auch hierzulande würden dann etliche PA-Pflanzen potentiell zur Bekämpfung pflanzenparasitärer Nematoden herangezogen werden können. Ob dem so ist, wird derzeit in einem Forschungsvorhaben am Forstzoologisches Institut der Universität Freiburg untersucht.

NEMATODENSCHÄDEN UND LÖSUNGSANSÄTZE IM GETREIDEBAU

HARALD SCHMIDT, Stiftung Ökologie und Landbau, Modellprojekt Öko-Ackerbau, Himmelsburger Str. 95, 53474 Ahrweiler; e-mail: schmidt@soel.de

Zusammenfassung

Bei der Untersuchung von Stichproben aus ökologischen Wintergetreideschlägen mit nesterweise auftretenden Schädigungen wurden Nematoden der Gattung *Pratylenchus* als eine mögliche Ursache identifiziert. In einem Feldversuch konnte in den Jahren 2004 und 2005 durch den Zwischenfruchtanbau mit der Ölrettichsorte 'Colonel' und der Tagetessorte 'Single Gold' (z.B. von Sahin Zaden in NL als 'Ground Control' vermarktet) sowie durch Schwarzbrache der Besatz mit *Pratylenchus*-Arten deutlich reduziert werden. Unter der Schwarzbrache ging über Winter eine große Menge an Stickstoff durch Nitratverlagerung verloren. In der nachfolgenden Kultur Sommerweizen traten in allen Varianten deutliche Schädigungen auf. Als wichtigste Ertrags-limitierende Faktoren wurden der hohe Besatz mit *Heterodera avenae* sowie die geringe Kalium- und Stickstoffversorgung ermittelt. Der Besatz mit *Pratylenchus*-Arten hatte bei der Schädigung des Sommerweizens kaum einen Effekt.

Einleitung

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Untersuchung ackerbaulicher Probleme langjährig ökologisch wirtschaftender Betriebe - Kooperationsmodell Praxis – Beratung – Wissenschaft“ werden ausgewählte Ackerbauprobleme analysiert und Lösungsmöglichkeiten erarbeitet. Dieses Projekt wird durch das Bundesprogramm Ökologischer Landbau gefördert. Ein Schwerpunkt liegt in der Untersuchung von nesterweise auftretenden Schäden in Getreidebeständen (Abb. 1). Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse aus den laufenden Untersuchungen dargestellt.



Abb. 1: Nesterweise auftretende Fehlstellen in einem Sommergetreidebestand hervorgerufen durch Befall mit pflanzenparasitären Nematoden.

Die Planung und Durchführung der Untersuchungen sowie die Auswertung der Ergebnisse erfolgt in Kooperation mit dem Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde der

Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Münster. Desweiteren erfolgte eine Zusammenarbeit mit dem Pflanzenschutzamt Bonn, der Pflanzenschutzabteilung des ALR Kiel und dem Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland der BBA in Braunschweig. Die Firma P.H. Petersen (Züchter Nematoden-resistenter Zwischenfrüchte) stellte für den Feldversuch Saatgut zur Verfügung.

Vorgehensweise

Seit Projektbeginn im April 2004 wurde einer Reihe von Betrieben mit nesterweise auftretenden Schädigungen in Getreide besucht und jeweils Stichproben von Pflanzen und Böden genommen. Die Probenahme erfolgte jeweils an einem Punkt im Randbereich der geschädigten Stelle und in einem möglichst wenig oder nicht geschädigten Bereich. Die Pflanzen wurden visuell auf Symptome pilzlicher Erreger geprüft. Die Bodenproben wurden auf Makro- und Mikronährstoffe sowie pflanzenparasitäre Nematoden untersucht. Die hier vorgestellten Ergebnisse stammen von drei Betrieben:

Betrieb A: Schleswig-Holstein, heterogene Böden (Sand bis Ton), Ackerzahl 30-60; viehloser Biobetrieb seit 1989; Fruchtfolge mit Klee grasstilllegung, Körnerleguminosen und 75% Getreide (30 cm Reihenabstand) in Mischkultur mit Klee grasuntersaaten.

Betrieb B: Niedersachsen, leichte Böden, Ackerzahl 20-40; viehloser Biobetrieb seit 1989; seit 1992 überwiegend Getreideanbau (27-54 cm Reihenabstand) in Mischkultur mit wechselnden Untersaaten; geringe Anbauanteile an Grünbrache und Körnerleguminosen.

Betrieb C: Hamburg, sehr leichte Böden, gemischter Biobetrieb seit 1989; im Ackerbau wird v. a. Klee gras (Futter), Getreide und Kartoffeln angebaut.

Da die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen auf die Beteiligung von *Pratylenchus*-Arten an den Schädigungen hinwiesen, wurde auf Betrieb B ein Feldversuch zur Reduktion dieser Nematoden angelegt (Tab. 1). Die Varianten Schwarzbrache, Sandhafer (*Avena strigosa*), Ölrettich (*Raphanus sativus*) und Tagetes (*Tagetes patula*) wurden zur Reduzierung des *Pratylenchus*-Besatzes ausgewählt. Das Klee gras und das Rübsen-Ackerbohnen-Gemenge dienten als betriebsübliche Kontrolle.

Bodenproben aus den einzelnen Parzellen wurden in 2004 vor Anbau der Zwischenfrüchte und in 2005 vor der Saat des Sommerweizens und nach der Ernte des Sommerweizens auf pflanzenparasitäre Nematoden untersucht. Bodennährstoffe wurden vor Versuchsbeginn und nach der Sommerweizenernte bestimmt, N_{\min} im Herbst und im Frühjahr. Pflanzenstichproben aus acht Parzellen wurden auf pilzliche Fußkrankheiten untersucht. Weiterhin wurde die Biomasse der verschiedenen Zwischenfrüchte und der Sommerweizenertrag erfasst.

Tabelle 1: Angaben zum Feldversuch auf Betrieb B.

Vorfrucht	Dinkel mit Klee grasuntersaat im Juni umgebrochen
Nachfrucht	Sommerweizen (Pflug 01.03.05, 4x Grubber, Saat 17.04.; im Versuch ohne Untersaat)
Anlage	Blockanlage mit drei Wiederholungen
Varianten	
1	Schwarzbrache durch Bearbeiten unkrautfrei gehalten (9 Monate)
2	Ölrettich ('Colonel'), Saat: 03.08.04
3	Sandhafer ¹ (<i>Avena strigosa</i>), Saat: 04.08.04
4	Tagetes ¹ ('Single Gold'), Pflanzung: 04.08.04
5	Rübsen/Ackerbohnen, Saat: 03.08.04
6	außerhalb Versuch ² , mit Klee grasbewuchs aus Untersaat
7	außerhalb Versuch ² , Rübsen nach Klee grasbewuchs aus Untersaat, Saat: 09.04

¹zwei Wiederholungen

²zwei unechte Wiederholungen

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Stichprobenuntersuchungen auf den drei Betrieben (A-C) zeigten zum Teil Unterschiede im Nematodenbesatz und in der Nährstoffversorgung zwischen dem jeweils stark geschädigten und dem gering bzw. nicht geschädigten Bestand (Tab. 2).

Aufgrund der Unterschiede in der Besatzdichte mit *Pratylenchus*-Arten zwischen geschädigtem und nicht geschädigtem Bestand kommen diese freilebenden Nematoden als eine Ursache der Pflanzenschädigungen in Frage. Auch *Tylenchorhynchus*-Arten und *Heterodera avenae* traten vereinzelt in höheren Besatzdichten auf.

Im Feldversuch auf Betrieb B konnte durch konsequente Schwarzbrache (Bearbeitung alle 2-3 Wochen) sowie dem Anbau von Ölrettich und Tagetes der *Pratylenchus*-Besatz stark reduziert werden (Abb. 2). Der Sandhafer führte entgegen der Erwartung nicht zu einer Reduzierung. Nach Angaben des Züchters ist die geringe Anfälligkeit von Sandhafer gegenüber *Pratylenchus* möglicherweise auf einzelne Arten beschränkt. Aufgrund der frühen Saat der Zwischenfrüchte und einer guten N-Versorgung bildeten die dichten Zwischenfruchtbestände bis zum Herbst große Mengen an Biomasse (Tab. 3) und waren nahezu unkrautfrei. Dies ist für die Wirksamkeit von Feindpflanzen (z. B. Tagetes) oder wenig anfälligen Kulturarten (z. B. Ölrettich) von großer Bedeutung, da *Pratylenchus* auch sehr viele Unkräuter als Wirtspflanze nutzen kann.

Tabelle 2: Ergebnisse von Stichprobenuntersuchung auf 3 Betrieben (je ein Schlag, A-C) mit je einem Messpunkt in einem nicht bzw. gering geschädigten (1) und einem stark geschädigtem Bestand (2).

Messpunkt		A1	A2	B1	B2	C1	C2
Kultur		Dinkel		Dinkel		Roggen	
Ertrag	dt/ha	n.b.*	n.b.	23,7	6,8	n.b.	n.b.
Nematoden							
<i>Pratylenchus</i> Boden	in 100 ml	80	224	94	435	88	216
<i>Pratylenchus</i> Wurzel	in 1 g FS	n.b.	n.b.	129	573	n.b.	n.b.
<i>Pratylenchus</i> Arten		<i>P. crenatus</i>		<i>P. penetrans</i> , <i>P. crenatus</i> , <i>P. neglectus</i>		<i>P. penetrans</i> , <i>P. crenatus</i>	
<i>Heterodera</i> –Larven	in 100 ml	16	0	0	39	4	16
<i>avenae</i> –Zysten	in 100 ml	8	4	15	23	2	7
<i>Tylenchorhynchus</i>	in 100 ml	48	168	88	237	80	76
<i>Paratylenchus</i>	in 100 ml	32	0	0	121	8	4
<i>Trichodorus</i>	in 100 ml	8	8	n.b.	n.b.	0	0
<i>Meloidogyne naasi</i>	in 100 ml	0	24	72	61	0	8
Nährstoffe							
Nmin ¹ 0-30 cm	kg/ha	n.b.	n.b.	20	43	n.b.	n.b.
pH CaCl ₂		5,8	5,7	6,1	5,7	5,8	7,2
P ₂ O ₅ CAL	mg/100g	9	7	12	6	28	120
K ₂ O CAL	mg/100g	10	16	8	4	12	7
Mg CaCl ₂	mg/100g	4	7	4	3	2	1
Org. Substanz	%	3,1	2,8	1,8	1,9	2,3	3,1
Ngesamt	%	0,14	0,15	0,11	0,11	0,11	0,15
C/N		13	11	9,5	10,0	12	12
B hwl	mg/kg	0,43	0,27	0,26	0,23		
Cu CAT	mg/kg	1	1,2	2,1	2	6,9	8,7
Mn CAT	mg/kg	7	26	96	54	19	2
Fe CAT	mg/kg	135	147	115	88,2	120	35
Zn CAT	mg/kg	1,4	1,4	3,7	2,4	5,6	3,8

n.b.* = nicht bestimmt

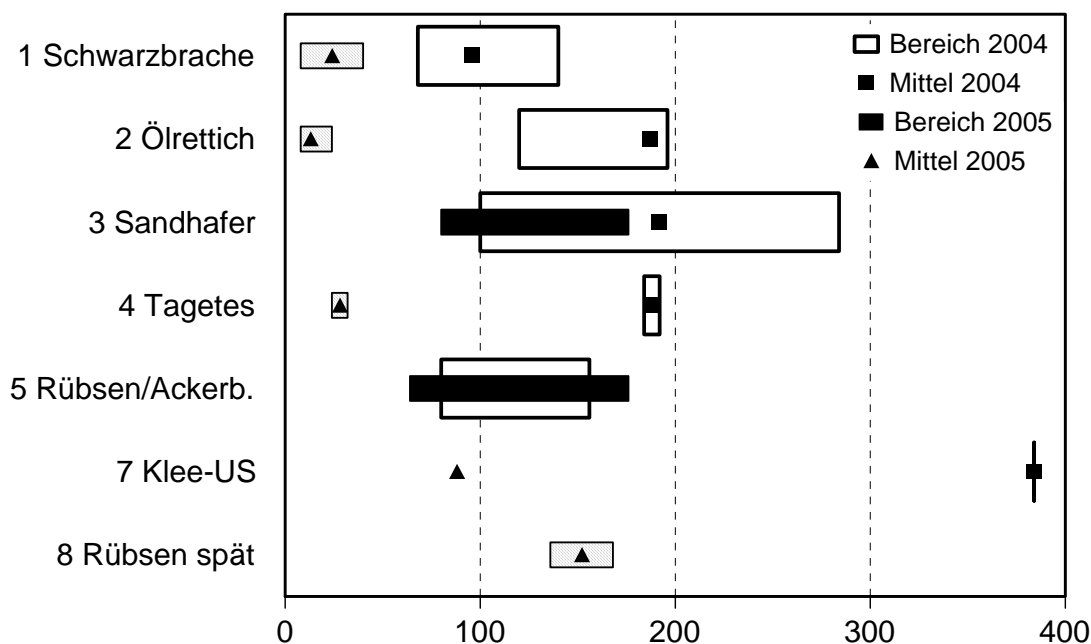


Abb. 2: Besatzdichte von *Pratylenchus* spp. pro 100 ml Boden vor Anbau der Zwischenfrüchte am 29.07.2004 und vor Aussaat von Sommerweizen am 29.04.2005.

Die hohen N_{\min} -Werte unter Schwarzbrache im Herbst und relativ niedrigen Werte im Frühjahr weisen auf hohe Verluste löslicher Nährstoffe hin (Tab. 3). Für den Ökolandbau ist eine solche Maßnahme sehr kritisch zu bewerten, da die Möglichkeiten der Nährstoffzufuhr sehr begrenzt sind.

Tabelle 3: Zwischenfruchttrockenmasse im November 2004 (ZF), N_{\min} (0-90 cm) im November 2004 und Frühjahr 2005 sowie der Getreideertrag 2005 im Feldversuch auf Betrieb B.

Varianten	ZF	N_{\min} Herbst	N_{\min} Frühj.	Ertrag
	dt/ha	kg/ha	kg/ha	dt/ha
1 Schwarzbrache	0	135	79	11,4
2 Ölrettich	44	34	131	9,6
3 Sandhafer	40	34	130	18,7
4 Tagetes	73	37	150	18,5
5 Rübsen/Ackerbohne	29	41	128	12,3
6 Klee gras	n.b.	45	102	17,0
7 Rübsen spät	9	46	127	14,1

Der Ertrag des im Frühjahr 2005 auf der Versuchsfläche einheitlich angebauten Sommerweizens lag auch in den *Pratylenchus*-reduzierenden Varianten auf sehr niedrigem Niveau (Tab. 3). Eine Korrelationsanalyse zwischen Sommerweizenertrag und *Pratylenchus*-Besatz erbrachte keinen signifikanten Zusammenhang. Von den untersuchten Faktoren hatten

nur der Kaliumgehalt des Bodens ($r = 0,51$) und der *Heterodera avenae*-Besatz ($r = -0,48$) einen signifikanten Einfluss auf den Ertrag (Abb. 3). Die Korrelation zwischen der N_{\min} -Menge im Frühjahr und dem Sommerweizenertrag war nicht signifikant. Wurden jedoch die Varianten mit sehr hohem *Heterodera*-Besatz (> 500 /100 ml) nicht berücksichtigt, so zeigte sich hier ein deutlicher Zusammenhang ($r = 0,7$).

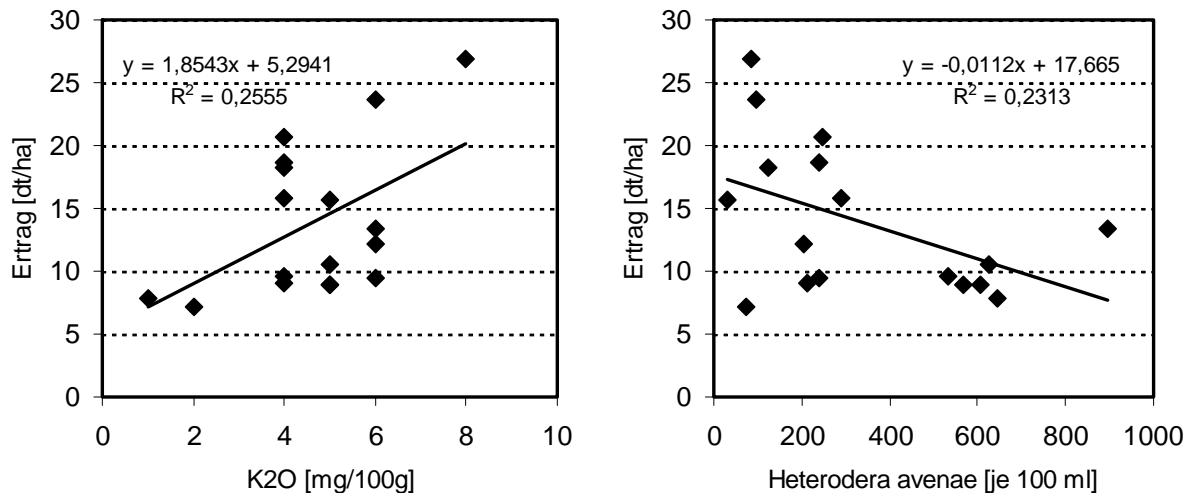


Abb. 3: Zusammenhang zwischen Sommerweizenertrag und Kaliumgehalt (links) bzw. *Heterodera avenae*-Besatz (rechts) im Feldversuch auf Betrieb B.

Mit Hilfe der partiellen Korrelation, bei welcher der Einfluss mehrerer Faktoren berücksichtigt werden kann, wurden die Ergebnisse bestätigt und verdeutlicht (Tab. 4). Der im Vergleich zur Stichprobe im Vorjahr (Dinkel) deutlich größere Einfluss von *Heterodera avenae* im Versuch kann damit zusammenhängen, dass Sommergetreide stärker geschädigt wird als Wintergetreide.

Tabelle 4: Koeffizienten der partiellen Korrelation von Sommerweizenertrag und verschiedenen Faktoren auf Betrieb B (**fett**: signifikant).

Korrelation zwischen	unter Berücksichtigung von	r
Ertrag & Kalium	<i>Heterodera</i> , N_{\min}	0,59
Ertrag & <i>Heterodera</i>	N_{\min} , Kalium	-0,67
Ertrag & N_{\min}	<i>Heterodera</i> , Kalium	0,53
Ertrag & <i>Pratylenchus</i>	<i>Heterodera</i> , N_{\min} , Kalium	0,34

Eine Untersuchung von Weizenpflanzen-Stichproben aus acht Parzellen des Versuchs auf pilzliche Wurzel- bzw. Fußkrankheiten erbrachte in allen Fällen einen sehr geringen Befall. Eine große Bedeutung dieser Krankheiten bei den aufgetretenen Pflanzenschädigungen ist somit unwahrscheinlich.

Ausblick

Der Feldversuch auf Betrieb B wird derzeit wiederholt. Um die anscheinend komplexen Ursachen der Pflanzenschädigungen weiter aufzuschlüsseln wird versucht in einem Gefäßversuch mit Boden aus der Versuchsfläche 2004/2005 des Betriebes B biotische und abiotische Faktoren zu trennen und den Einfluss der pflanzenparasitäre Nematoden genauer

zu quantifizieren. Weiterhin sollen auf möglichst vielen Betrieben mit Symptomen Stichproben entnommen und auf pflanzenparasitäre Nematoden und Nährstoffe sowie gegebenenfalls auf pilzliche Krankheiten untersucht werden.

UNTERSUCHUNGEN ZU FREI LEBENDEN WURZELNEMATODEN IM ACKERBAU SCHLESWIG-HOLSTEINS

KLAUS SCHLÜTER, FB Landbau/Rendsburg, Fachhochschule Kiel, Am Kamp 11, 24783 Osterrönfeld; e-mail: klaus.schlueter@fh-kiel.de

Frei lebende Wurzel nematoden werden im Ackerbau Schleswig-Holsteins seit über 20 Jahren mit zunehmender Häufigkeit beobachtet. Insbesondere auf den sandigen Übergangsböden der Bodenarten sL und IS machen sich in Fruchtfolgen wie Raps-Weizen-Gerste und auch Raps-Weizen-Weizen immer stärkere Schäden bemerkbar. Aufgrund ihrer hohen Anfälligkeit ist Wintergerste in besonderem Maß von diesen Schäden betroffen, aber mit zunehmender Häufigkeit wird auch Befall an Winterweizen deutlich.

Aufgrund der schwierigen Zuordnung der Schadsymptome liegen nur unzureichende Erkenntnisse über den Umfang der Schäden und ihre Verbreitung vor. Im Rahmen eines Kooperationsprojektes mit den Abteilungen Pflanzenschutz der Ämter für ländliche Räume Kiel und Lübeck wurden in der Zeit von 2001-2002 einige grundlegende Untersuchungen durchgeführt.

Auf einer stark befallenen Praxisfläche (Gutsverwaltung Blumendorf bei Bad Oldesloe) erfolgte im Herbst 2001 die Anlage eines umfangreichen Feldversuches mit Wintergerste, in dem unter anderem die Abundanzdynamik der Nematodenpopulation in Abhängigkeit vom Aussaattermin ermittelt wurde.

Darüber hinaus wurden alle verfügbaren Daten über Befallsflächen für den Zeitraum von 1992-2002 aufbereitet und durch eine aktuelle Praxisbefragung zu einem Befallskataster entwickelt. Näheres im Internet: <http://www.landbau.fh-kiel.de/Forschung>.

Feldversuch

Auf dem Standort mit der Ackerzahl 30 (IS) ist ein optimales Porenvolumen für die Entwicklung frei lebender Wurzel nematoden gegeben, und die Ackerfläche zeigte in der Vorfrucht Winterweizen extreme Schäden bis zum Totalausfall der Pflanzen. Die bodenphysikalischen Voraussetzungen des Versuchsstandortes sind typisch für Hügellandstandorte, auf denen Nematodenschäden auftreten. Aufgrund des relativ großen Sandanteils ist die Nährstoffsorption gering, so dass die Versorgung der Pflanzen gerade in Trockenzeiten eingeschränkt ist. Wenn dann zeitgleich Wassermangel auftritt und eine Wurzelschädigung durch parasitäre Nematoden erfolgt, dann kann es –trotz ausreichender Nährstoffgehalte des Bodens- auch zu verstärkten Nährstoffmangelerscheinungen kommen. In der Versuchsanlage wurde die Wintergerstensorte 'Theresa' eingesetzt und in ortsüblichen Aussaatstärken zu zwei Terminen gedreht:

- a) Frühsaat am 11. September 2001 mit 200 kfK/m²
- b) Spätsaat am 11. Oktober 2001 mit 360 kfK/m²

Methodik

Zur Erfassung der Nematoden im Boden wurden aus jeder Probenahmeparzelle mit dem Bohrstock 60 Einstiche auf 30 cm Tiefe in X-Form durchgeführt und zu einer Mischprobe von 250 ml zusammengefasst. Zur Gewinnung von Pflanzenproben wurden vollständige

Pflanzen mit Hilfe der Grabegabel dem Boden entnommen. Alle Proben wurden bis zur weiteren Aufarbeitung vor Austrocknung geschützt und kühl aufbewahrt. Die Extraktion der Nematoden aus dem Boden erfolgte nach der vom ALR Kiel leicht modifizierten $MgSO_4$ -Zentrifugations-Methode der BBA. Die Auszählungen und die Gattungsbestimmung erfolgten visuell mit dem Durchlichtmikroskop. Zur Gewinnung der Nematoden aus den Pflanzenwurzeln kam das Doppeltrichter-Verfahren nach Homeyer in der Sprühanlage bei sechstägiger Extraktionsdauer zum Einsatz.

Ausgewählte Ergebnisse

Es wurden verschiedene frei lebende Nematodengattungen gefunden:

a) in der Pflanzenwurzel: *Pratylenchus*

b) im Boden:

bei jeder Probenahme: *Tylenchorhynchus*, *Pratylenchus*, *Trichodorus*

gelegentlich: *Paratylenchus*, *Ditylenchus*, *Criconemoides*

In der Frühsaat konnte die Wintergerste bei milden Bodentemperaturen (Abb. 1) zügig Wurzelmasse bilden und somit auch den Nematoden ein Nahrungsangebot bieten. Nach der Spätsaat lagen die Bodentemperaturen deutlich niedriger, so dass das Wurzelwachstum stagnierte und die Nematodenvermehrung einschränkt wurde.

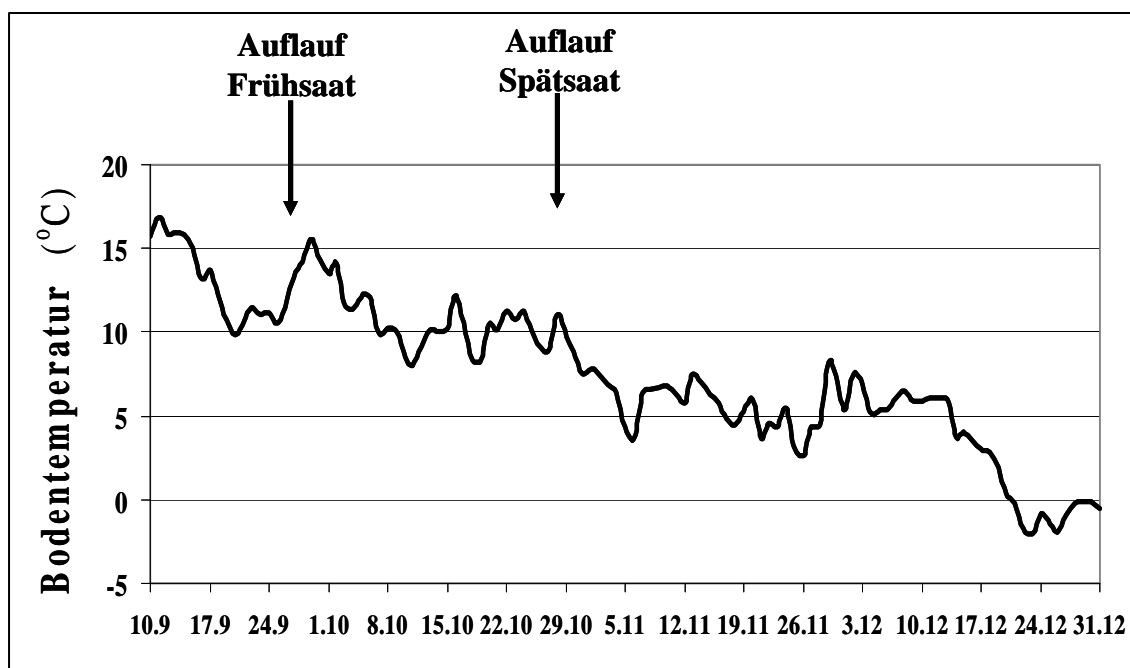


Abb. 1: Verlauf der Bodentemperatur in der Keimzone der Wintergerstensämlinge von der Aussaat bis zum Jahresende.

Die Anzahl der am Schaden maßgeblich beteiligten Pratylenchen pro g Wurzelmasse sank bis zum Winter nach Frühsaat ab, da die Nematoden aus den geschädigten Wurzeln in den Boden überwechselten (Abb. 2). Mit dem Austrieb im Frühjahr versuchten die Gerstenpflanzen, die Wurzelmasse zu regenerieren. Damit boten sie den Nematoden aber ausgezeichnete Ernährungsbedingungen. Somit kam es nach dem milden Winter bereits im zeitigen Frühjahr zu einer erheblichen Vermehrung und somit auch zur Schädigung der Pflanzenwurzeln.

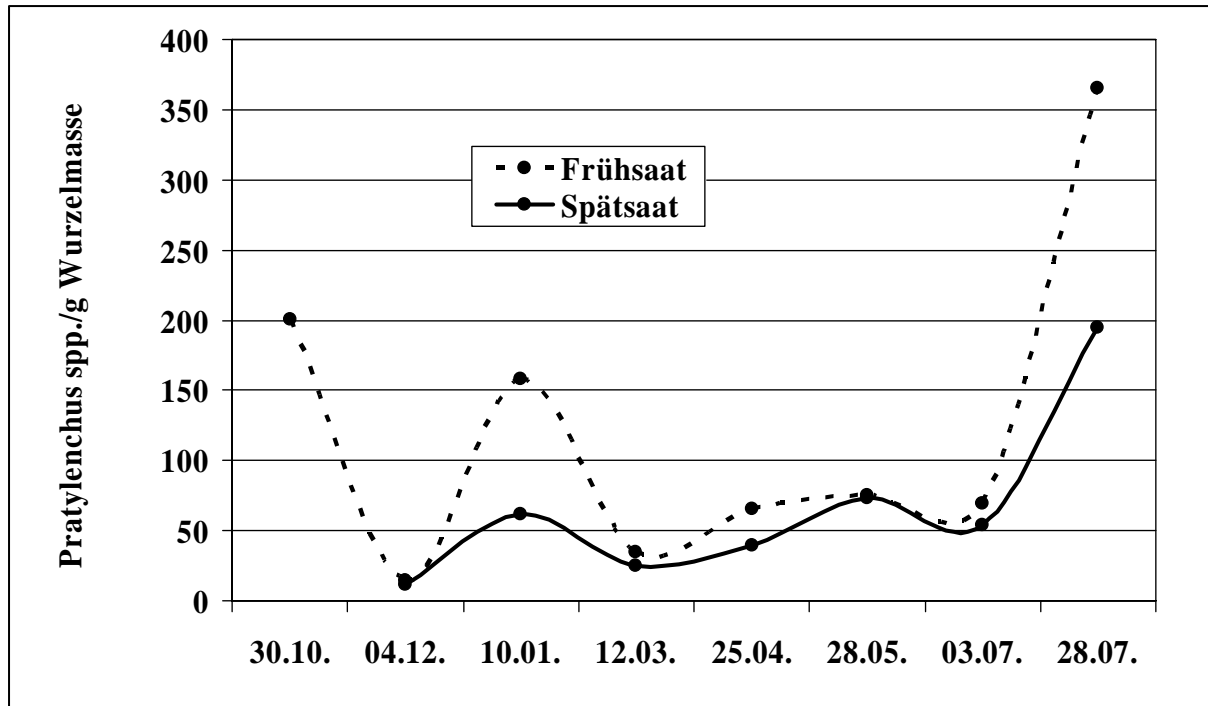


Abb. 2: Anzahl der Pratylenchen pro g Wurzelmasse während der gesamten Kulturdauer in Abhängigkeit vom Aussattermin.

Betrachtet man die Gesamtpopulation aller pflanzenparasitärer Nematoden in 250 ml Bodenvolumen (Abb. 3) so wird deutlich, dass als Folge der Fröhsaat über den gesamten Vegetationszeitraum ein deutlich höheres Schädigungspotential vorhanden war als nach Spätsaat.

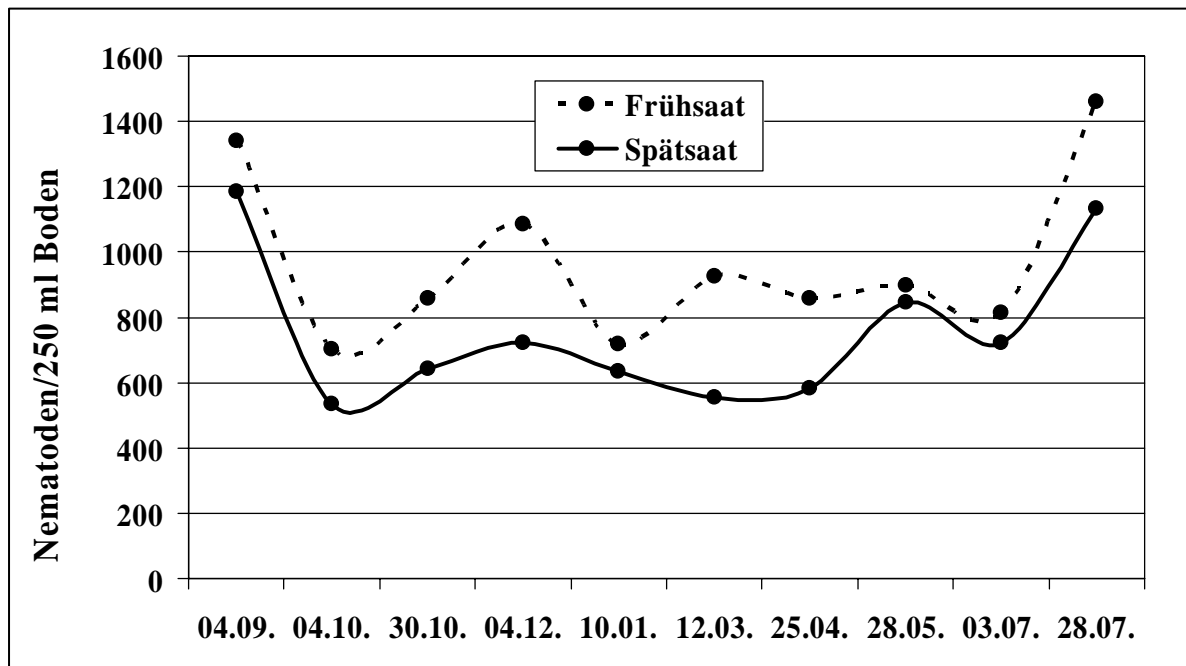


Abb. 3: Gesamtzahl pflanzenparasitärer Nematoden pro 250 ml Bodenvolumen bei Fröhsaat und Spätsaat während der gesamten Kulturdauer.

Schlussfolgerungen

Im Ackerbau Schleswig-Holsteins führen pflanzenparasitäre Nematoden in Fruchtfolgen wie Raps-Weizen-Gerste oder Raps-Weizen-Weizen zu erheblichen Wachstumsbeeinträchtigungen. In zahlreichen Fällen konnte gezeigt werden, dass die **Gattung *Pratylenchus*** maßgeblich für den Schaden verantwortlich ist. Das gilt auch für die im Rahmen der vorgestellten Untersuchung genutzten Ackerfläche.

Die Ergebnisse zeigen, dass die vorwinterliche Vermehrung der gesamten Nematodenpopulation unter Wintergerste durch Verlegung der Aussaat von Mitte September auf Mitte Oktober erheblich reduziert werden kann. Bei der Entwicklung von Beratungskonzepten zur Verminderung der Schäden durch frei lebende Wurzel nematoden im Ackerbau sollte deshalb bei der Konzeption eines Maßnahmenbündels dem Aussaattermin besondere Beachtung zuteil werden.

ZUR BEDEUTUNG VON *PRATYLENCHUS*-ARTEN IN GETREIDEBETONTEN FRUCHTFOLGEN MECKLENBURG-VORPOMMERNS



JAN KRUSE, Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit und Fischerei, Graf-Lippe-Straße 1, 18059 Rostock; e-mail: j.kruse@lps.mvnet.de

Einleitung

Bereits seit den 1960er Jahren wurden auf dem Gebiet des heutigen Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern Schäden an Getreide in Verbindung mit *Pratylenchus*-Arten gebracht (DECKER, 1969). Seit Mitte der 90er Jahre wurden vor allem an geschädigter Wintergerste, aber auch an Winterweizen zunehmend hohe Populationen von *Pratylenchus* beobachtet. Auch wandernde Wurzelnematoden aus anderen Gattungen, wie z. B. *Tylenchorhynchus* und *Trichodorus*, kamen in Bodenproben oft vor, jedoch innerhalb und außerhalb der Schadherde in ähnlicher Anzahl, so dass sich daraus bisher keine Hinweise auf einen Zusammenhang mit nesterweisem Minderwuchs oder andere Symptome ergaben.

Die Häufung von *Pratylenchus*-Beobachtungen bei steigender Anbaukonzentration des Getreides in der landwirtschaftlichen Praxis war Anlass, diese Schadfälle in einer zusammenhängenden Betrachtung zu analysieren. Als häufigste Arten in Verbindung mit Schäden an Getreide traten *P. crenatus* und *P. neglectus* auf. Auf zwei Ackerflächen wurde in einer Langzeitstudie deren Populationsentwicklung beim Anbau verschiedene Fruchtarten untersucht. In Gefäßversuchen mit Populationen von den beiden Beobachtungsflächen wurden verschiedene Parameter zur Schadwirkung und die Vermehrungsraten der vorkommenden *Pratylenchus*-Arten an mehreren Fruchtarten erfasst.

Schadfallanalyse

Eine Schadschwelle für Pratylenchen an Getreide wurde z.B. durch WEISCHER (1964) mit 200 Nematoden je 100 ml Boden angegeben. Als „Schaden, entstanden unter Beteiligung von Pratylenchen“ wurden im Rahmen unserer Untersuchungen Fälle mit einer Mindest-Populationsdichte von 300 Nematoden je 100 ml Boden eingestuft. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Schädigung durch *Pratylenchus* bewirkt wurde, war schon dadurch relativ hoch. Zusätzlich wurden die Besiedlung  Wurzeln und das Verhältnis der Nematodendichte zwischen Schadherd und gesundem  Bestand berücksichtigt. In den Jahren 1998 bis 2001 erreichten die Nachweise erhöhter *Pratylenchus*-Populationen mit jeweils 14-16 bestätigten Fällen, beobachtet durch Mitarbeiter des Pflanzenschutzdienstes oder Landwirte, einen Höhepunkt (Abb. 1).

Regional betrachtet konzentrierten sich die Schäden auf die leichten Sandböden südlich von Schwerin und Rostock. Entsprechend trat die Art *Pratylenchus crenatus*, die gut durchlüftete Böden bevorzugt, hier am häufigsten auf. Aber auch *P. neglectus* wurde seit 1999 mehrfach gefunden. Die am stärksten betroffene Kulturart war Wintergerste, gefolgt von Winterweizen.

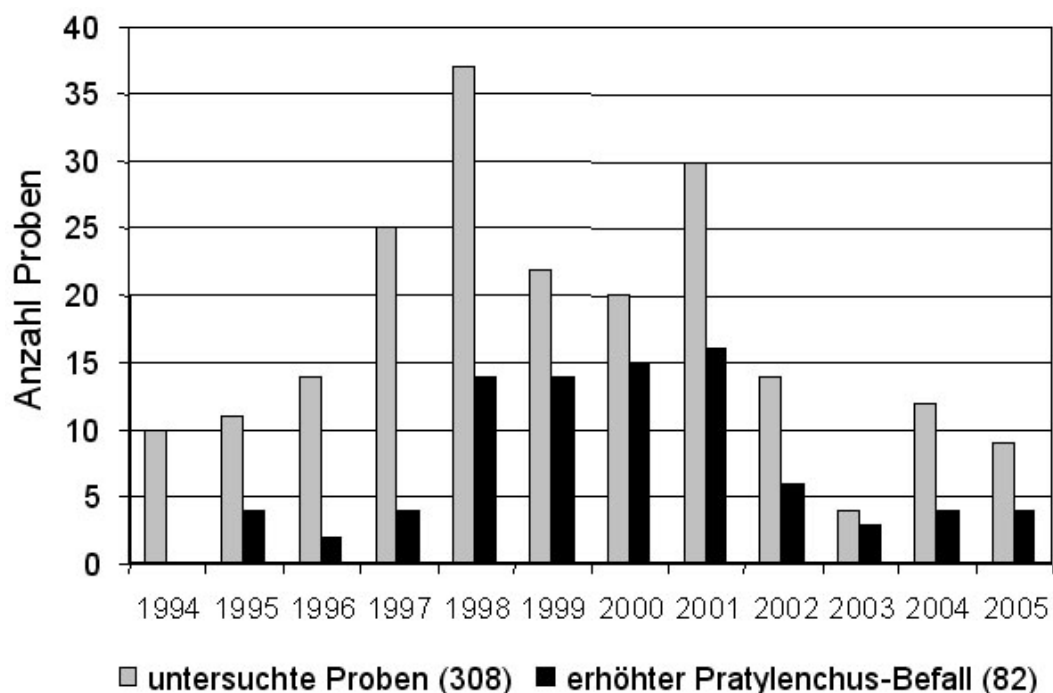


Abb. 1: Schadfälle in Verbindung mit *Pratylenchus* spp.

Aus der Kombination der Nematodenarten mit den jeweils geschädigten Getreidearten (Tab. 1) lässt sich eine besondere Empfindlichkeit von Wintergerste gegenüber *P. crenatus* und von Winterweizen gegenüber *P. neglectus* ableiten.

Tabelle 1: Häufigkeit des Auftretens von *Pratylenchus crenatus* und *P. neglectus* an Wintergerste und Winterweizen in den Jahren 1995-2005.

Jahr	<i>P. crenatus</i> / W.-Gerste	<i>P. neglectus</i> / W.-Gerste	<i>P. crenatus</i> / W.-Weizen	<i>P. neglectus</i> / W.-Weizen	andere Kombinationen
1995	4	-	-	-	-
1996	-	-	2	-	-
1997	3	-	-	-	1
1998	7	-	3	-	4
1999	5	-	5	1	3
2000	3	7	-	2	3
2001	11	-	2	3	-
2002	2	-	-	3	1
2003	-	-	-	1	2
2004	1	2	-	1	-
2005	-	1	-	2	1
Summe	36	10	12	13	15

Langzeitstudie

Auf den Standorten Siemitz (BZ: 31, D 3a/S/IS) und Kritzkow (BZ: 40, D 3a/IS), die im Jahre 2000 mit Problemen durch *P. crenatus* bzw. *P. neglectus* auffielen, wurde im Laufe von vier Vegetationsperioden die Populationsentwicklung dieser Arten monatlich beobachtet.

Die zunächst für Siemitz vermutete populationsmindernde Wirkung von Triticale auf *P. crenatus* bestätigte sich beim erneuten Anbau dieser Fruchtart nicht (Abb. 2). Neben dem möglichen Einfluss der Sorte kommen als Ursachen dafür die höhere Ausgangsverseuchung im Frühjahr 2001 sowie höhere Sommertemperaturen im selben Jahr in Frage. An Kartoffeln war die Vermehrung ähnlich stark wie an Wintergerste. Schäden wurden nur an Wintergerste beobachtet.

In Kritzkow wurde die *P. neglectus*-Population durch den Anbau von Futtererbsen vermindert, so dass an der darauf folgenden Wintergerste der Populationsaufbau relativ langsam vonstatten ging und erst nach Winterraps wieder eine starke Bodenverseuchung zwischen 1000 und 2000 Tieren je 100 ml vorlag (Abb. 3). Auf diesem Standort wurde nur Winterweizen durch *P. neglectus* sichtlich geschädigt.

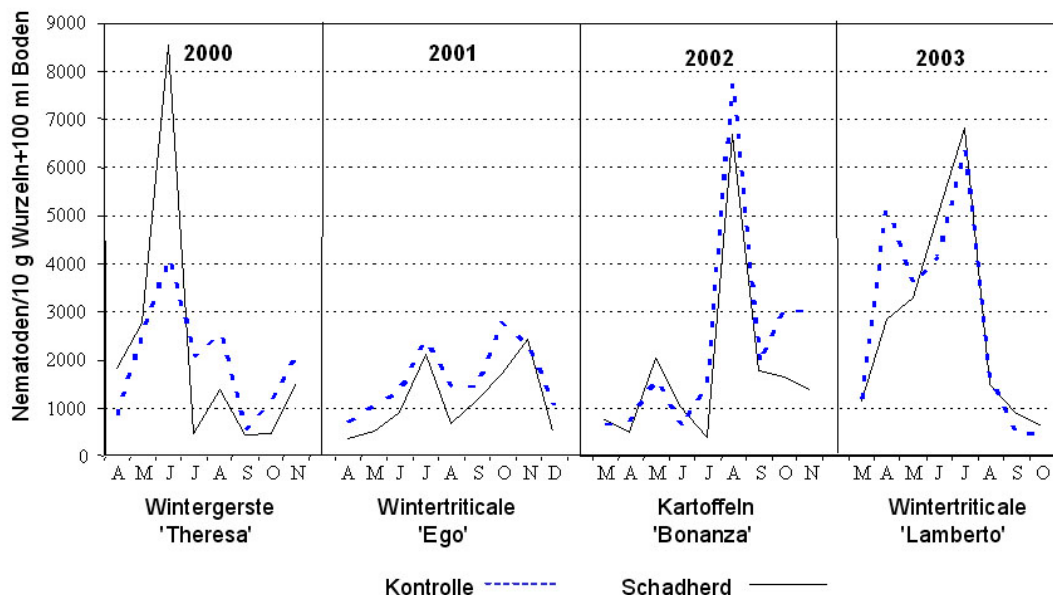


Abb. 2: Populationsdynamik von *Pratylenchus crenatus* in den Jahren 2000–2003, Standort Siemitz.

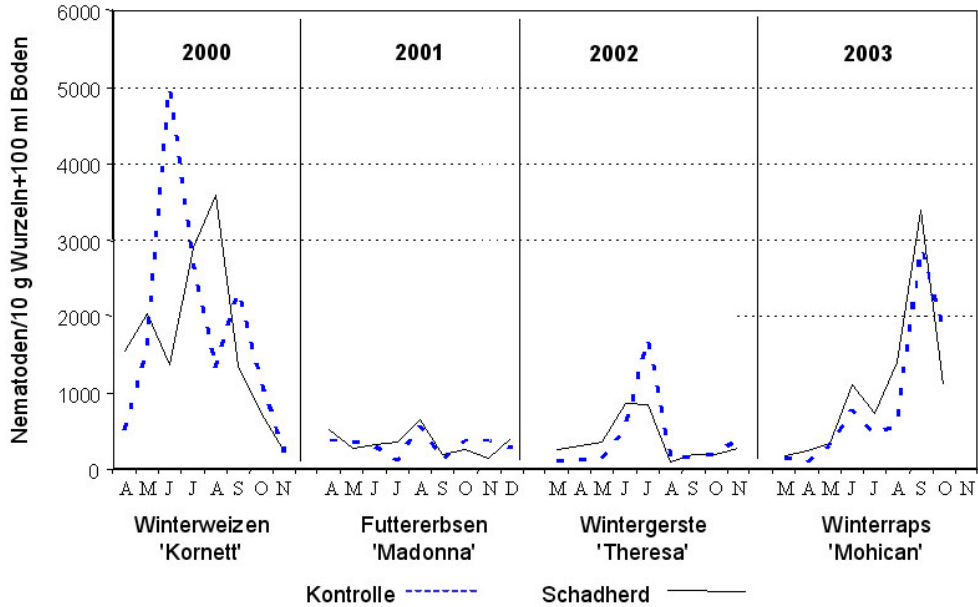


Abb. 3: Populationsdynamik von *Pratylenchus neglectus* in den Jahren 2000–2003, Standort Kritzkow

Gefäßversuche

Bei einem Gefäßversuch mit drei Besatzdichten von *P. crenatus* wurden weder die Wurzelmasse, noch die Frisch- und Trockenmasse (Abb. 4) von Wintergerste, Winterweizen und Winterraps durch die Nematoden beeinträchtigt. Signifikante Unterschiede zeigten sich nur beim Längenwachstum von Raps. Bei Wintergerste und auch bei Winterraps deutete sich eine Reduktion der Frischmasse mit steigender Nematodendichte an, die aber statistisch nicht abgesichert werden konnte. Die Vermehrungsrate war an Winterraps geringfügig höher als an Wintergerste und Winterweizen.

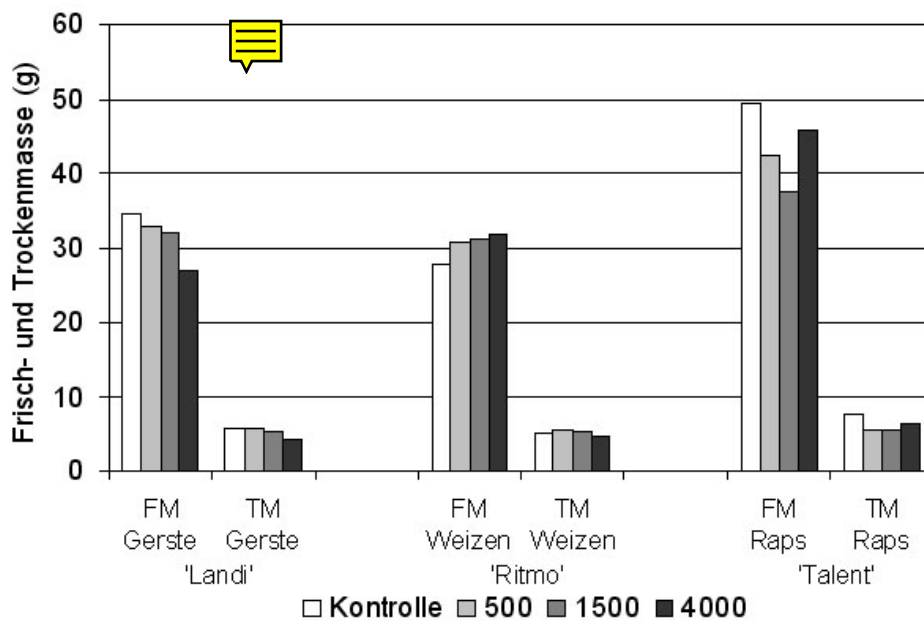


Abb. 4: Frischmasse (FM) und Trockenmasse (TM) verschiedener Kulturarten bei unterschiedlichen Besatzdichten mit *Pratylenchus crenatus*.

Bei einem weiteren Gefäßversuch mit *P. neglectus* wurden neben Winterweizen, Wintergerste und Winterraps auch Futtererbsen und Kartoffeln in die Untersuchung mit je zwei Besatzdichten einbezogen.

Das Längenwachstum, die Wurzelfrischmasse und die oberirdische Frisch- und Trockenmasse (Abb. 5) von Winterweizen wurden unter dem Einfluss von *P. neglectus* signifikant reduziert. Alle anderen Kulturarten zeigten keine statistisch gesicherte Beeinträchtigung. Die Vermehrungsrate von *P. neglectus* lag bei der Wintergerste deutlich höher als bei den anderen Kulturarten. Bei Futtererbsen lag die Vermehrungsrate entgegen den Beobachtungen aus dem Freiland ähnlich hoch wie bei Winterweizen und Kartoffeln.

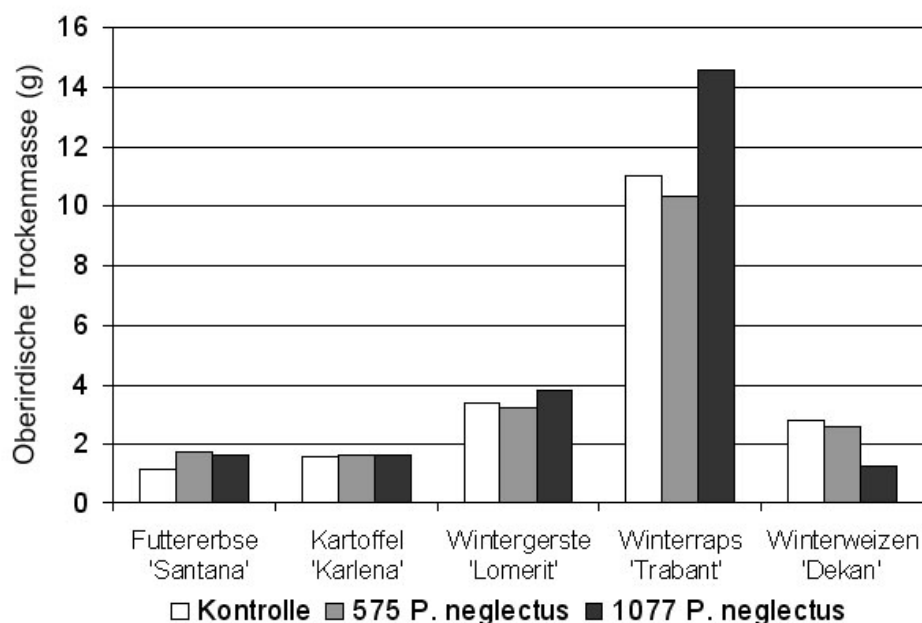


Abb. 5: Trockenmasse des oberirdischen Aufwuchses verschiedener Kulturarten bei unterschiedlichen Besatzdichten mit *Pratylenchus neglectus*.

Zusammenfassung

Schäden an Getreide durch pflanzenparasitäre Nematoden sind in Mecklenburg-Vorpommern am häufigsten im Zusammenhang mit der Art *Pratylenchus crenatus* zu beobachten. Wintergerste ist die am stärksten betroffene Kulturart, insbesondere auf sandigen Böden. Oft spielen bei der Ausprägung der Schäden weitere Stressfaktoren für die Pflanzen, wie ein zu niedriger pH-Wert, eine Rolle. Hinweise auf den Einfluss des Fruchtwechsels im Rahmen der Hauptfruchtarten auf die Vermehrung von *P. crenatus* ergaben sich nicht.

Pratylenchus neglectus stellt für den Getreideanbau insbesondere auf mittleren Böden eine potentielle Gefahr dar. Winterweizen wird durch diese Art am stärksten beeinträchtigt und es kommt zu einer guten Vermehrung der Nematoden. *P. neglectus* vermehrt sich auch an Wintergerste und Winterraps, schädigt diese Kulturarten aber weniger. Schäden durch *P. neglectus* entstehen meist unabhängig von anderen Stressfaktoren. Eine Senkung der Populationsdichte durch Fruchtfolgemaßnahmen (z. B. großkörnige Leguminosen) scheint möglich.



ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG

JOHANNES HALLMANN, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Nematologie und Wirbeltierkunde, Toppeideweg 88, 48161 Münster; e-mail: j.hallmann@bba.de

Die verschiedenen Beiträge des Fachgesprächs wurden allesamt lebhaft diskutiert. Dank der regen Beteiligung von Landwirten, Beratern und Wissenschaftlern kamen die unterschiedlichen Probleme und Ansichten in ihrer gesamten Breite zur Sprache. Einige der zu Beginn aufgeworfenen Fragen konnten beantwortet werden, bei anderen besteht weiterhin Klärungsbedarf.

In welchen Kulturen bzw. Anbausystemen des Ökolandbaus treten Schäden durch Nematoden bevorzugt auf?

Die meisten Nematodenschäden wurden bisher aus dem Gemüsebau berichtet (Tab. 1). Dies mag zum einen daran liegen, dass verschiedene Gemüsearten besonders empfindlich auf Nematodenbefall reagieren bzw. charakteristische Symptome zeigen. Im Feldfutterbau, Grünland und teils auch in Sonderkulturen sind Nematodenschäden weniger offensichtlich und werden vermutlich auch eher übersehen, da sich oberirdische Symptome (nesterweise auftretender kümmerlicher Wuchs, unregelmäßiger Wuchs im Bestand) erst bei sehr starkem Befall zeigen. Generell fehlt es für eine abschließende Beurteilung der zuletzt genannten Anbausysteme aber auch an aussagekräftigen Untersuchungen.

Tabelle 1: Kulturarten und die dort auftretenden Nematodenschäden.

Kulturarten	Nematodenschäden
Gemüsebau	Aus dem Gemüsebau werden die meisten Nematodenprobleme berichtet, vor allem an Möhre, Sellerie und Zwiebeln; die wichtigsten Schaderreger sind <i>Meloidogyne hapla</i> und <i>Pratylenchus</i> spp.; weitere Schadnematoden sind <i>Ditylenchus dipsaci</i> , <i>Paratylenchus</i> spp. und <i>Trichodorus</i> spp.
Ackerbau	In intensiven Getreide-Fruchtfolgen kann es zu einer starken Vermehrung des Getreidezystennematoden <i>Heterodera avenae</i> kommen; Schäden an Sommergetreide sind meist stärker als an Wintergetreide; weitere bedeutende Schadenematoden sind <i>Pratylenchus</i> spp., <i>Tylenchorynchus</i> spp. und <i>Trichodorus</i> spp.
Feldfutterbau	Die beobachteten Probleme konnten bisher nicht einwandfrei auf pflanzenparasitäre Nematoden als Verursacher zurückgeführt werden; möglicherweise erhöhen Nematoden den Schaden bereits anderweitig geschädigter Pflanzen; mögliche Schadnematoden sind <i>Pratylenchus</i> spp. und <i>Meloidogyne hapla</i>
Grünland	Bisher keine Probleme bekannt bzw. nicht untersucht
Sonderkulturen	Bisher keine Probleme bekannt bzw. nicht untersucht

Auf welchen Standorten (Bodenart, Humusgehalt, pH-Wert, etc.) kommt es bevorzugt zu Schäden durch Nematoden?

Tendenziell scheinen Schäden durch pflanzenparasitäre Nematoden stärker auf leichten Böden, sowie Böden mit geringen Humusgehalten und pH-Werten unter 5,5 aufzutreten. Dies hat folgende Gründe. Leichte Böden haben eine für die Fortbewegung der meisten Nematoden optimale Korngröße. Das Verhältnis Wasser zu Sauerstoff entspricht dem Bedarf der Nematoden. Hinzu kommt, dass sich leichte Böden eher erwärmen und somit die Entwicklung der Nematoden fördern. Ein geringer Humusgehalt bedeutet meist auch eine geringere mikrobielle Aktivität im Boden und damit auch weniger mikrobielle Antagonisten (natürliche Gegenspieler) von Nematoden. Die Wirkung des pH-Wertes ist am schwierigsten zu beurteilen. In der Praxis beobachtet man Schäden durch *Pratylenchus* häufig auf Flächen mit zu geringem pH. Der pH-Wert selbst wird in der hier relevanten Größe aber kaum einen direkten Einfluss auf den Nematoden haben, sondern es müssen sich andere in Verbindung mit niedrigem pH geförderte Prozesse auf den Nematodenbefall auswirken.

Was sind die Ursachen für Nematodenschäden?

Die Ursachen für Nematodenschäden im Ökolandbau sind sehr unterschiedlich und variieren für die verschiedenen Nematodenarten. In den meisten Fällen ist nicht ein Faktor allein Ursache des Nematodenproblems, sondern erst wenn verschiedene Faktoren zusammenkommen, treten Schäden auf. Folgende Faktoren können, müssen aber nicht, pflanzenparasitäre Nematoden fördern:

- Geringer Anteil an Nicht-Wirtspflanzen in der Fruchtfolge (z. B. Getreide für *Meloidogyne hapla*, Gemüse oder Leguminosen für *Heterodera aenae*)
- Häufiger Anbau von Leguminosen zur Stickstoffdüngung fördert *Meloidogyne*, *Pratylenchus*
- Untersaaten mit anfälligen Wirtspflanzen (Klee fördert *Meloidogyne hapla*)
- Unbefriedigende Unkrautregulierung (die meisten Unkräuter sind gute Wirtspflanzen für zahlreiche Nematodenarten)
- Kontinuierlicher Bewuchs auf der Fläche durch kurze Anbaupausen zwischen den Kulturen; keine längerfristigen Brachezeiten

Unterscheiden sich Nematodenprobleme im Ökolandbau von denen im konventionellen Landbau?

Generell treten Nematodenprobleme in ökologischen wie auch konventionellen Anbausystemen auf. Dennoch gibt es einige Unterschiede, die zumindest teilweise in der unterschiedlichen Anbauweise begründet sind. Der Ökolandbau mit seinen abwechslungsreichen Fruchtfolgen und meist kontinuierlichem Bewuchs auf der Fläche fördert insbesondere Nematodenarten mit breitem Wirtspflanzenspektrum (z. B. *Meloidogyne*, *Pratylenchus*). Im konventionellen Landbau mit seinen meist engeren Fruchtfolgen treten Probleme vor allem durch Zystennematoden (*Globodera* spp. an Kartoffeln, *Heterodera schachtii* an Zuckerrüben) auf. Schäden durch *Meloidogyne hapla* sind eher selten, da dieser Nematode sehr gut durch Anbau von unkrautfreiem Getreide (Herbizideinsatz) bekämpft werden kann. In Getreide-intensiven Fruchtfolgen sind die Probleme mit *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus* und *Trichodorus* im Ökolandbau wie im konventionellen Landbau ähnlich gelagert.

Gibt es Betriebe ohne Nematodenprobleme und was unterscheidet sie von Betrieben mit Problemen?

Dies ist eine interessante Fragestellung, doch konnten hierzu seitens der Teilnehmer des Fachgesprächs keine Hinweise gegeben werden. Dennoch stellt sich die Frage nach der Nematodenproblematik auf Betrieben, die mit einem weitestgehend geschlossenen Kreislauf arbeiten und nur im Betrieb anfallende organische Dünger (Mist, Kompost, Gülle, etc.) einsetzen, im Vergleich zu Betrieben, die Dünger (z. B. Hornmehlpellets, etc.) zukaufen. Insbesondere tierische Dünger haben im Allgemeinen eine gute phytosanitäre Wirkung und können Schäden durch Nematoden verhindern oder zumindest reduzieren. Weiterhin kann man sich fragen, welchen Einfluss hat der Anbauverband? Unterscheiden sich z. B. Demeter-Betriebe hinsichtlich ihrer Nematodenproblematik von Betrieben, die nach EU-Verordnung wirtschaften? Unterschiede in der Wahl zugelassener Betriebsmittel könnten möglicherweise die Nematodenpopulation beeinflussen. Auch hier besteht noch erheblicher Klärungsbedarf.

Wie lassen sich Nematodenschäden im Ökolandbau verhindern?

Will man Schäden durch pflanzenparasitäre Nematoden verhindern, muss man die auftretenden Arten und deren Besatzdichte kennen. Dies setzt in der Regel eine Bodenuntersuchung voraus. Weiterhin gilt, dass kein Verfahren gegen alle Nematodenarten wirksam ist und wirksame Verfahren zwar bestimmte Nematodenarten unterdrücken, andere aber auch fördern können (z. B. *Tagetes* reduziert *Pratylenchus*, *Meloidogyne* und fördert *Trichodorus*; Getreide reduziert *M. hapla* und fördert *Pratylenchus*, *Heterodera avenae*). Eine Gegenstrategie muss sich gegen die primär schädigende Art richten. In den meisten Fällen ist der Hauptschaderreger einwandfrei auszumachen. In einigen Fällen können aber auch verschiedene Arten in hoher Besatzdichte auftreten (z. B. *Pratylenchus*, *Heterodera*, *Trichodorus* in Getreide), so dass man eine Priorität bei der Bekämpfung festlegen muss. Die wichtigsten Maßnahmen zur Bekämpfung von Nematoden sind:

- Nichtwirtspflanzen (z. B. Getreide bei *Meloidogyne hapla*,
- Feindpflanzen (z. B. *Tagetes patula* gegen *Pratylenchus* spp., *Paratylenchus* spp.)
- Fangpflanzen (z. B. Ölrettich; nur wirksam gegen Wurzelgallennematoden und Zystennematoden)
- Resistente Sorten (z. B. Hafer, Sommergerste mit Resistenz gegen *Heterodera avenae*)
- Schwarzbrache (Aushungern der Nematoden)
- Bodendämpfung (primär für Anzuchtbeete bzw. im Gewächshaus)
- Saatzeit (z. B. späte Saat von Wintergetreide gegen *Pratylenchus*, späte Frühjahrssaat von Gemüse gegen *Meloidogyne hapla*)
- Biofumigation (z. B. Anbau von Kruziferen; nach 2-3 Monaten einarbeiten und mit Folie abdecken)
- Konsequente Unkrautbekämpfung

Weitere Maßnahmen werden derzeit erforscht (z. B. biologische Bekämpfung, Anbau von Sudangras, Chitin, Neem-Cake, etc.).

Für einige wirtschaftlich bedeutende Nematodenarten ergeben sich folgende Möglichkeiten:

Wurzelgallennematoden: Probleme im Ökolandbau macht vor allem *Meloidogyne hapla* an Gemüse und Kartoffeln, vereinzelt auch *M. naasi* an Getreide. Geeignete Gegenmaßnahmen für *M. hapla* umfassen den Anbau von Getreide in Verbindung mit konsequenter

Unkrautbekämpfung, Schwarzbrache, Fangpflanze sowie *Tagetes* als Nichtwirtspflanze.

Pratylenchus: in der Regel treten verschiedene Arten auf, die sich teilweise in ihrem Wirtspflanzenspektrum unterscheiden. Insgesamt ist das Wirtspflanzenspektrum für alle *Pratylenchus*-Arten extrem breit, so dass reine Fruchtfolgemaßnahmen nur bedingt zum Erfolg führen. Eine sehr gute Bekämpfung ist mit *Tagetes patula* möglich, allerdings nur, wenn der Bestand unkrautfrei ist.

Zystennematoden: Probleme mit Zystennematoden wie dem Kartoffelzystenematoden *Globodera* spp. oder dem Getreidezystennematode *Heterodera avenae* sind durch eine zu enge Fruchtfolge bedingt und damit vermeidbar. Da Zystennematoden ein recht enges Wirtspflanzenspektrum haben, können sie durch konsequenten Anbau von Nichtwirtspflanzen gut bekämpft werden.

WEITERFÜHRENDE LITERATUR

- ANONYM: Ermittlung der Schadensanfälligkeit und Nematodenvermehrung von Kulturpflanzenarten (erarbeitet von PPO Lelystad, NL).
<http://www.digiaal.nl>
- DECKER, H. (1969): Phytonematologie. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- FRANKENBERG, A., A. PAFFRATH (2005): Nematoden im Ökologischen Gemüsebau - Ergebnisse einer Status-Quo-Analyse. Beitrag präsentiert bei der Konferenz: 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau - Ende der Nische, Kassel, 01.03.2005 - 04.03.2005; Veröffentlicht in Heß, J und Rahmann, G, (Hrsg.) *Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. Kassel University Press GmbH, Kassel, 165-168.
<http://orgprints.org/3575/>
- HALLMANN, J. (2003): Ein bedeutender Schädling im Ökologischen Landbau: *Meloidogyne hapla*. Faltblatt. <http://www.bba.de> (unter Veröffentlichungen, Aktuelles – Populäres – Broschüren und Faltblätter)
- HALLMANN, J. (2005): Resistenter Ölrettich zur Regulierung von Wurzelgallennematoden im ökologischen Landbau. Abschlussbericht Forschungsprojekt 02OE107 im Bundesprogramm Ökologischer Landbau. Wissenschaftsplattform des zentralen Internetportals „Ökologischer Landbau“, 21 S.
<http://www.orgprints.org/4296/>
- HALLMANN, J., S. KLINGER, F. RAU (2005): Bekämpfungsstrategien für pflanzenparasitäre Nematoden im ökologischen Landbau. Beitrag präsentiert bei der Konferenz: 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau - Ende der Nische, Kassel, 01.03.2005 - 04.03.2005; Veröffentlicht in Heß, J und Rahmann, G, (Hrsg.) *Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau*. Kassel University Press GmbH, Kassel, 169-172.
<http://orgprints.org/3477/>
- KEMPKENS, K., A. PAFFRATH, A. FRANKENBERG (2004): Strategien zur Regulierung verschiedener Nematodenspezies im Ökologischen Feldgemüsebau. Abschlussbericht Forschungsprojekt 02OE478 im Bundesprogramm Ökologischer Landbau. Wissenschaftsplattform des zentralen Internetportals „Ökologischer Landbau“
<http://www.orgprints.org/6115>, 72 S.
- PAFFRATH, A., A. FRANKENBERG (2004): Nematoden im Ökologischen Gemüsebau. Broschüre der Landwirtschaftskammer NRW, 12 S.
<http://www.oekolandbau.nrw.de/fachinfo/gartenbau/freilandgemuese/nematoden.html>
- PAFFRATH, A., A. FRANKENBERG (2004): Übersicht der wichtigsten Nematodengattungen und Wirtstabelle. Beilage der Broschüre „Nematoden im Ökologischen Gemüsebau“, 2 S.
<http://www.oekolandbau.nrw.de/fachinfo/gartenbau/freilandgemuese/nematoden.html>
- WEISCHER, B. (1964): Über die Beziehungen zwischen Befallszahl und Schaden bei pflanzenparasitären Nematoden. Mitt. BBA Berlin-Dahlem **111**, 32-42.