

# Intensivierung und Differenzierung des Leguminosen-Anbaus unter Berücksichtigung der Nematoden

Hans-Jürgen Reents<sup>1</sup>, Johanna Egerer<sup>1</sup>, J. Peter Baresel<sup>1</sup> & Andreas Herrmann<sup>2</sup>

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme  
Technische Universität München<sup>1</sup>  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Pflanzenschutz<sup>2</sup>

## Zusammenfassung

Um Empfehlungen für eine Erhöhung des Anteils der Leguminosen in Ökologischen Anbausystemen bei gleichzeitiger Erweiterung des Artenspektrums zu erarbeiten, wurden die Arten *Trifolium subterraneum* (Erdklee), *Trifolium campestre* (Feldklee), *Medicago orbicularis* (Schneckenklee), *Medicago minima* (Zwergschneckenklee) und *Medicago truncatula* (Einjährige Luzerne) in Verfahren des Lebendmulches und der Gründüngung untersucht. Besonders interessant für Mischkulturen hat sich der Erdklee erwiesen, für kurzzeitige Gründüngung die Einjährige Luzerne. Die enge Abfolge von Leguminosen birgt die Gefahr der Unverträglichkeit durch Nematodenbefall speziell mit *Meloidogyne* und *Paratylenchus*. In einem Gefäßversuch zeigte sich, dass die Arten der Gattungen *Pisum*, *Vicia* und *Trifolium* eine höhere Vermehrungsrate für *Meloidogyne hapla* hatten als Kopfsalat. *Medicago* und *Melilotus* waren dagegen weniger anfällig. Daraus ergibt sich, dass beim Fruchtfolgemanagement die unterschiedliche Nematodenanfälligkeit durch die Wahl der Arten und die Anbauzeiten berücksichtigt werden sollte.

## Summary

The current research aimed to develop further instructions for broader use of legumes by increased proportion in crop rotations and by extended number of species. *Trifolium subterraneum* (subterranean clover), *Trifolium campestre* (field clover), *Medicago orbicularis* (blackdisk medick), *Medicago minima* (little bar-clover) and *Medicago truncatula* (barrelclover) were tested in living mulch systems and as a green manure. Subterranean clover is to be recommended for mixed stands while barrelclover is to be preferred for short term green manure. However, legumes are able to propagate nematodes especially *Meloidogyne* and *Paratylenchus* species. The results of a pot experiment showed that plant species of the genera *Pisum*, *Vicia* and *Trifolium* had a higher propagation rate of *Meloidogyne hapla* than salad *Lactuca sativa* while plant species of the genera *Medicago* and *Melilotus* were less susceptible to infestation of nematodes. The research concludes that crop rotation management has to consider the different susceptibility to nematode infestation of different species of legumes. Further research has to test more species and varieties.

## Einleitung und Zielsetzung

Unter dem Aspekt der Leistungsfähigkeit ist die Stickstoffversorgung der Anbausysteme des Ökologischen Landbaus nach wie vor kritisch zu sehen. Sie hängt zum größten Teil von Leguminosenanbau ab, sei es als Zwischenfrucht oder im Anbau von Körner- und Futterleguminosen. Insbesondere in den Betrieben ohne Tierhaltung ist für eine verbesserte Stickstoff-Versorgung ein höherer Anteil an Leguminosen in den Fruchtfolgen notwendig. Andererseits sind aber viele Leguminosenarten mit sich selbst oder anderen Leguminosenarten unverträglich, sei es durch Krankheiten, Schädlinge oder allelopathisch wirkende Stoffe, so dass für ihren Anbau größere zeitliche Abstände notwendig sind.

Nematoden können eine Ursache für Selbstunverträglichkeit der Leguminosen sein. Sie galten lange Zeit im Ökologischen Landbau als unbedeutend, da davon ausgegangen wurde, dass die üblichen Anbaustrukturen die Populationen im Boden auf einem niedrigen Niveau halten. Inzwischen treten Schäden durch Nematoden vermehrt im intensiven Öko-Gemüsebau auf, wobei *Meloidogyne* verbreiteter ist und *Paratylenchus* bei Befall höhere Besatzdichten im Bodenvolumen aufweist (Frankenberg & Paffrath 2004). Ursachen können sein, dass in den intensiven Gemüsebaubetrieben die Fruchtfolgen von Wirtspflanzen enger und der Anteil von Getreide als nicht anfällige Pflanze geringer sind. Die Stickstoff- und Humusversorgung wird durch intensive Gründüngung mit Leguminosen erreicht, die ebenfalls Wirtspflanzen sind. Brachephasen, die die Nematodenpopulation senken, werden wegen der Humusversorgung und aus ökologischen Gründen vermieden. Berichtet wird von zwei Untersuchungen, in denen einerseits alternative Leguminosenarten in verschiedenen Anbauverfahren geprüft und andererseits diese zusammen mit anderen Körner- und Gründüngungs-Leguminosen hinsichtlich der Anfälligkeit gegenüber *Meloidogyne hapla* in einem Screening getestet wurden.

## Alternative Leguminosenarten für Gründüngung und Lebendmulchsystem

In dem Forschungsvorhaben „Lebendmulchsysteme mit einjährigen Leguminosen“ (Bundesprogramm Ökolandbau Nr.03OE099) wurde untersucht, wie Anbausysteme im Ökologischen Landbau weiter entwickelt werden können, um vermehrt Zeiten und Räume in einer Fruchtfolge mit Leguminosen zu nutzen.

Neuer und wesentlicher Ansatz war die Nutzung alternativer Leguminosenarten - d.h. andere Wuchstypen und andere Entwicklungszyklen als im mitteleuropäischen Anbau üblich - als Lebendmulch in verschiedenen Hauptkulturen, vorwiegend Getreide. Insbesondere für vieharme oder viehlose Betriebe könnten diese Pflanzenkombinationen verbesserte Perspektiven eröffnen und die langfristigen Risiken der eher zu geringen Leguminosenanteile mindern.

Als Lebendmulchsysteme werden Mischanbausysteme bezeichnet, bei denen nur ein Mischungspartner geerntet und verwertet wird und der Andere vorwiegend ökologische Funktionen erfüllt. Um die Konkurrenzwirkung möglichst gering zu halten, müssen die Mischungspartner sowohl räumlich als auch in ihren Entwicklungszyklen komplementär sein. Das bedeutet zum einen, dass die Entwicklungszyklen gegeneinander verschoben sind, so dass die Konkurrenz zur Hauptkultur während kritischer Phasen für die Ertragsbildung möglichst gering ist,

zum anderen, dass die beiden Komponenten unterschiedliche Räume beanspruchen, was im typischen Fall zu einem Stockwerkaufbau der Bestände führt, bei dem die Begleitkultur den Boden bedeckt (s. Abb. 1). Sinn dieser Anbausysteme ist es, den Boden möglichst kontinuierlich mit Pflanzen bedeckt zu halten, im Idealfall das ganze Jahr über. Die Auswahl der einjährigen Leguminosen für die Versuche basierte auf vorangegangenen Untersuchungen (BLE 02OE240). Es wurden Genotypen ausgewählt, die den Anforderungen an die Winterfestigkeit, die Fähigkeit zur Re-Etablierung durch Selbstaussaat sowie morphologischer Kriterien genügten.

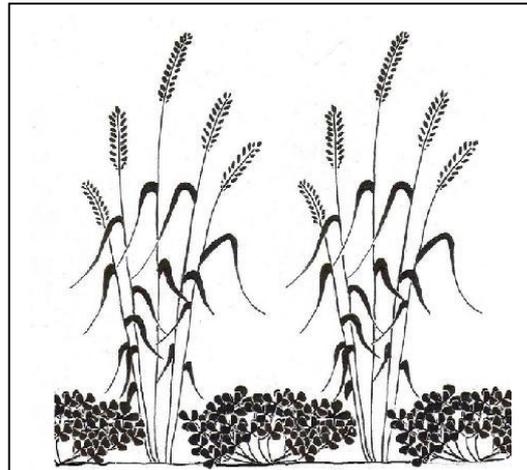


Abb. 1: Schematischer Aufbau von Lebendmulchsystemen (eigene Darstellung)

## Beschreibung und Bewertung der untersuchten Arten

### *Trifolium subterraneum* – Erdklee

wird in Ländern mit Mittelmeerklima in großem Umfang angebaut, so dass Saatgut verfügbar ist. Es wurden die beiden Zuchtsorten „Campeda“ (Italien) und „Denmark“ (Australien) verwendet, die sich als hinreichend winterfest für deutsche Verhältnisse erwiesen hatten. *T. subterraneum* bildet dichte, niedrige Bestände und ist damit gut an ein Lebendmulchsystem mit Getreide angepasst. Von den untersuchten Arten ist seine Nischenkomplementarität zum Getreide am stärksten ausgeprägt, was sich darin ausdrückt, dass er das Getreide nie vollständig unterdrückte, andererseits auch vom Getreide nie vollständig unterdrückt wurde. Für eine ausreichende Entwicklung und Winterhärte hat sich die Aussaat Ende August als günstig erwiesen. Durch die schnelle Entwicklung hat er die Fähigkeit Unkräuter im Bestand zu verdrängen. Bei sehr guter Blattentwicklung kann ein sehr kalter, schneereicher Winter allerdings zu Auswinterungsschäden führen. Durch das Absenken der Samen in die Erde bei der Abreife ist eine sichere Neuetablierung aus den eigenen Samen gewährleistet.

### *Trifolium campestre* - Feldklee

ist die konkurrenzwächste der untersuchten Arten. Diese Art hatte sich ebenfalls als winterhart erwiesen. Die Samen sind sehr klein, so dass nur geringe Mengen zur Aussaat benötigt werden bzw. ihr Wiederaussamungs-Potential trotz der vergleichsweise geringen Samenmengen das höchste aller untersuchten Arten ist. Von dieser Art ist kein Saatgut im Handel, der untersuchte Ökotyp stammte ebenfalls aus Mittelitalien. Die langsame Entwicklung im Herbst bei der Erstante kann zu einer stärkeren Verunkrautung führen, die Konkurrenz zum Getreide ist allerdings auch geringer. Im Bestand bleibt die Pflanze ebenfalls niedrig. Nach der Selbstaussaat im folgenden Sommer können sehr dichte Bestände entstehen.

### ***Medicago orbicularis* - Schneckenklee**

ist bisher noch nicht angebaut worden. Er ist die potentiell massenwüchsigste und konkurrenzfähigste unter den untersuchten Arten und hat sich als sehr winterfest erwiesen. Die Komplementarität zum Weizen ist schwächer ausgeprägt als beim Erdklee, so dass diese Art vom Getreide oft fast vollständig unterdrückt wurde. Bei Bedingungen die den Leguminosen einen Konkurrenzvorteil boten, konnte *M. orbicularis* das Getreide auch fast vollständig unterdrücken. Die Samenproduktion und damit die Regenerationsrate ist sehr hoch. Die Ernte der Samen bereitet keine Schwierigkeiten, da die Hülsen nicht abfallen. Angebaut wurde ein mittelitalienischer Ökotyp.

Der langsamen Entwicklung im Herbst steht die starke Wüchsigkeit im Frühjahr und Frühlommer gegenüber. Der Wuchs wird im Mischbestand aufrecht und führt zu stärkerer Konkurrenz, insbesondere bei feuchter Witterung.

### ***Medicago minima* – Zwergschneckenklee**

hat hinsichtlich der Winterfestigkeit, der Vor-Winterentwicklung und der Samenproduktion ähnliche Eigenschaften wie *M. orbicularis*. In der Mischung wird der Wuchs auch aufrecht. Das Konkurrenzverhalten gegenüber dem Getreide ähnelte *M. orbicularis*, die Konkurrenzfähigkeit ist nicht so stark wie bei *M. orbicularis*. Geprüft wurde ebenfalls ein mittelitalienischer Ökotyp.

### ***Medicago truncatula*, cv. „Paraggio“ – Einjährige Luzerne**

zeichnete sich in den Versuchen durch besonders schnelles und üppiges Wachstum im Spätsommer und im Herbst aus. Sie ist nicht winterfest und friert in jedem Fall ab. Dadurch kann einerseits eine gute Verdrängung von Unkraut erreicht werden, andererseits kann der Bestand im Herbst – als Zwischenfrucht oder Lebendmulch im Getreide, speziell im Roggen – noch nennenswert Stickstoff fixieren und einen positiven Ertragseffekt erzielen.

## **Methoden - Screening des Nematodenbefalls von Leguminosen**

Das Screening zur Anfälligkeit von Leguminosen gegenüber *Meloidogyne hapla* wurde 2007 in einem Gefäßversuch im Gewächshaus an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft durchgeführt. Untersucht wurden folgende Leguminosen: *Medicago sativa* 'Eugenia'; *M. minima*; *M. orbicularis*; *M. truncatula*; *Trifolium pratense* 'Lucrum'; 'Titus'; *T. repens* 'Huia'; *T. alexandrinum* 'Axi'; *T. subterraneum*; *T. campestre*; *Pisum sativum* 'Arvika'; *P. sativum* 'Rocket'; *Vicia faba* 'Condor'; *V. sativa*; *V. villosa* und

*Melilotus alba*. Das Screening wurde aus Kapazitätsgründen in drei Ansätzen durchgeführt. In jedem Ansatz bildeten Kopfsalat *Lactuca sativa* var. *capitata* 'Ovation' als anfällige und Winterweizen *Triticum aestivum* 'Manager' als Nicht-Wirtspflanze den Vergleich.

Für jede Pflanzenart/-sorte wurden fünf Wiederholungen angesetzt. Die Gefäße hatten ein Fassungsvermögen von 1000 ml, die *Meloidogyne*-freie, nicht sterilisierte Erde bestand aus einer Mischung von lehmigem Waldboden, Sand und Pikiererde im Verhältnis von 20:8:15. Die Leguminosen und das Getreide wurden direkt eingesät und auf eine entsprechende Anzahl von Pflanzen vereinzelt, der Salat wurde

vorkultiviert und gepflanzt. Zwei Wochen nach der Aussaat erfolgte die Inokulation der Erde mit 2700 *M. hapla*-Larven<sup>1</sup> (2. Larvenstadium) pro Gefäß in einer wässrigen Suspension von 10 ml. Die Versuchsdauer ab Inokulation betrug 10 Wochen bei einer Temperatur von 20-25°C. Während der Kulturzeit musste mit einem Blumendünger nachgedüngt werden und es wurde gegen Mehltau- und Trauermückenbefall behandelt. Zur Untersuchung des Nematodenbefalls wurden die Pflanzen abgeschnitten und die Erde von den Wurzeln abgeschüttelt. Davon wurden 100 ml auf Baermann-Trichter aufgelegt. In dem nach sieben Tagen im Standzylinder aufgefangenen Eluat wurden die Nematoden ausgezählt. An den Wurzeln wurde der Boden abgewaschen und die Gallenbildung mit einer Skala von 0 bis 9 als Wurzelgallenindex bonitiert. Das Wurzelgewicht wurde ermittelt, danach wurden die Wurzeln grob zerschnitten, ebenfalls auf Baermann-Trichter aufgelegt und auf einer Sprühnebelanlage über sieben Tage im 3-Minuten-Takt mit Wasser besprüht. Damit wurden die Nematoden zum vollständigen Auswandern aus den Wurzeln angeregt. Mit der Auszählung in einer Zählkammer unter dem Mikroskop wurde die Befallstärke ermittelt.

## Ergebnisse des Nematoden-Screenings

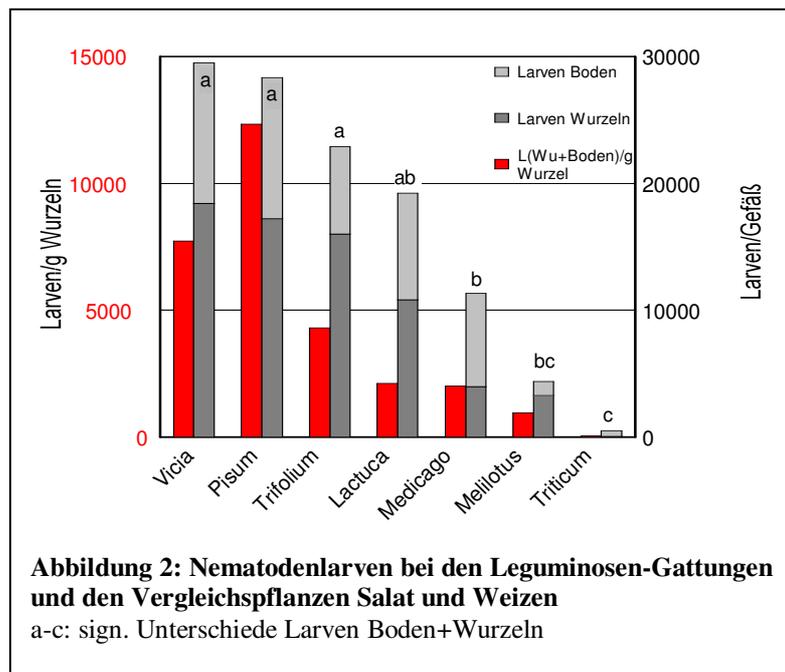
Die visuelle Bonitierung der Wurzeln ergab für Weizen wie erwartet einen Befallsindex von null d.h. keine Gallenbildung (Tab.1). Der Salat als anfällige Vergleichspflanze hatte den hohen Befallsindex von  $\geq 6$ , bei Alexandrinerklee und Rotklee sowie Ackerbohne wurde allerdings ein noch höherer Befall bonitiert. Die meisten *Trifolium*-Arten zeigten eine hohe bis mittlere Anfälligkeit, während die *Medicago*-Arten und *Melilotus* eher eine geringere Gallenbildung aufwiesen. Mehrere *Trifolium*-Arten sowie *Pisum*- und *Vicia*-Arten wiesen höhere bzw. gleich hohe Vermehrungsraten Pf/Pi (= Larven pro Gefäß (Pf) zu Inokulationsmenge (Pi)) wie *Lactuca* auf (Tab.1). Deutlich geringere Werte zeigten *Medicago* und *Melilotus*. Beim Weizen lag die Vermehrungsrate unter 1, was einen Rückgang der Population bedeutet.

Tab. 1: Nematoden-Befallsindex und Vermehrungsrate Pf/Pi der Nematoden

Pflanze	Befallsindex	Pf/Pi	Pflanze	Befallsindex	Pf/Pi
<i>L. sativa</i> var. <i>capitata</i> 1	6,60	7,63	<i>M. orbicularis</i>	3,60	6,97
<i>L. sativa</i> var. <i>capitata</i> 2	6,00	4,34	<i>M. sativa</i> 'Eugenia'	3,60	3,74
<i>L. sativa</i> var. <i>capitata</i> 3	6,00	7,45	<i>V. villosa</i>	3,60	6,74
<i>T. alexandrinum</i> 'Axi'	7,80	11,84	<i>T. repens</i> 'Huia'	3,25	6,66
<i>T. pratense</i> 'Titus'	6,80	8,15	<i>P. sativum</i> 'Rocket'	2,80	5,73
<i>V. faba</i> 'Condor'	6,80	8,76	<i>V. sativa</i>	2,60	7,22
<i>T. subterraneum</i>	5,40	10,03	<i>Meli. alba</i>	2,20	1,61
<i>T. campestre</i>	4,60	3,79	<i>M. minima</i>	1,80	2,70
<i>P. sativum</i> 'Arvika'	4,00	10,56	<i>Trit. aestivum</i> 1	0,00	0,49
<i>T. pratense</i> 'Lucrum'	4,00	10,41	<i>Trit. aestivum</i> 2	0,00	0,02
<i>M. truncatula</i>	3,80	3,34	<i>Trit. aestivum</i> 3	0,00	0,05

Der Vergleich auf der Ebene der Gattungen zeigte, dass die Anzahl von Nematoden pro Gefäß - als Summe der Larven im Boden und aus den Wurzeln - durch *Vicia*, *Pisum* und *Trifolium* noch stärker erhöht wurde als durch *Lactuca* (Abb.2). Bei *Medicago* und

*Melilotus* lag die Zahl der Nematoden signifikant niedriger als bei den anderen drei Leguminosengattungen und der Vergleichspflanze Salat. Das Verhältnis von Nematoden zur Wurzelmasse differenzierte bei *Vicia*, *Pisum* und *Trifolium* deutlich stärker als die Gesamtzahl der Nematoden, was vor allem auf die unterschiedlichen Wurzelmassen zum Zeitpunkt des Versuchsendes zurückzuführen war.



#### Bewertung

Ziel der Arbeit war es, mit Hilfe des Screenings Hinweise für eine Nematodenschadprophylaxe bei dem Anbau von Leguminosen in gärtnerischen Fruchtfolgen zu bekommen. Die Ergebnisse auf der Gattungs-Ebene zeigen, dass im Durchschnitt die *Vicia*, *Pisum* und *Trifolium*-Arten bei Abweichung einzelner Arten *M. hapla* stärker

vermehrten als die anfällige Vergleichspflanze Salat. Die Nematoden-Vermehrung an den geprüften

*Medicago*-Arten ist signifikant niedriger. Da deren Wurzelmasse den *Trifolium*-Arten vergleichbar ist, muss tatsächlich eine spezifisch geringere Anfälligkeit vorliegen, für die genetische Ursachen anzunehmen sind.

Bei *Melilotus* wurde vermutet, dass der Cumarin-Gehalt, der u.a. einen starken Geruch der Pflanzenteile des Weißen Steinklees hervorruft, einen Befall verhindern könnte. Im Versuch weist die Art tatsächlich die niedrigsten Larven-Zahlen auf, die Vermehrungsrate liegt aber dennoch >1 und damit kann *Melilotus* noch nicht als Neutrapflanze klassifiziert werden.

Bei Arten-Unterschieden müssen noch Sortendifferenzen mit in Betracht gezogen werden. Über Luzerne wird berichtet, dass in den USA resistente Sorten entwickelt wurden. Der Anbau über weitere Länder zeigte aber, dass es auch regional unterschiedliche Pathotypen mit unterschiedlicher Virulenz gibt (Egerer 2008). Auf jeden Fall sollte die Züchtung von Leguminosen die Nematodenresistenz als wichtiges Kriterium berücksichtigen.

## Schlussfolgerungen

Neben den oben beschriebenen Folgen für den ökologischen Gemüsebau müssen auch die landwirtschaftlichen Fruchtfolgen unter dem Aspekt der Nematoden-Schadprophylaxe betrachtet werden (s. a. Hallmann 2006). Insbesondere sollte geprüft werden, ob der immer häufiger beobachtete Ausfall der Körnerleguminosen, speziell der Erbsen, neben den Pilzkrankheiten auch auf Nematodenbefall zurückzuführen sein könnte. Eine aus Sicht der Stickstoffbindung sinnvolle Kombination von *Vicia*-Arten in Fruchtfolgen mit Körnererbsen müsste aufgrund der hier gezeigten hohen Vermehrungsraten für *M. hapla* vermieden werden. Dagegen war der Befall bei dem *Medicago*-Arten eher geringer, so dass aus dieser Gattung mögliche neue anbauwürdige Leguminosenarten selektiert werden können.

Für den Schlupf neuer Larven sind bestimmte Temperatursummen im Boden oberhalb 8°C notwendig. Die Strategie des Zwischenfruchtbaus sollte diese Entwicklungszeiten beachten, so dass aus phytosanitären Gründen gelegentlich ein Bestand früher umgebrochen werden sollte, als es aus pflanzenbaulichen Gesichtspunkten sinnvoll erscheint (Hallmann 2007). Die zweite Möglichkeit besteht in der Wahl besonders schnell wüchsiger Arten wie *M. truncatula*, die innerhalb eines solchen Zeitraumes schon nennenswerte Biomasse und N<sub>2</sub>-Fixierung erreichen.

## Literaturverzeichnis

Baresel JP & HJ Reents (2008): Lebendmulchsysteme mit einjährigen Leguminosen-Schlussbericht – BÖL Projekt.03OE099

Egerer J (2008): Bewertung der Anfälligkeit von Leguminosen gegenüber *Meloidogyne hapla*. – Diplomarbeit TU München

Frankenberg A & A Paffrath (2004): Strategien zur Regulierung verschiedener Nematodenspezies im Ökologischen Feldgemüsebau. – Endbericht BLE Projekt 02OE478

Hallmann J (Hrsg.) (2006): Pflanzenparasitäre Nematoden. Tag. Band Pflanzenschutz im Ökol. Landbau - Elftes Fachgespräch am 07. Feb. 2006 in Münster - Ber. BBA Nr. 131. Saphir Verlag.

Zitiervorschlag: Reents HJ, Egerer J, Baresel JP & Herrmann A (2009):  
Intensivierung und Differenzierung des Leguminosen-Anbaus unter Berücksichtigung  
der Nematoden. In: Wiesinger K & Cais K (Hrsg.): Angewandte Forschung und  
Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2009,  
Tagungsband. –Schriftenreihe der LfL 7, 111-117