(Aus dem Institut für Allgemeinen Pflanzenbau der Landwirtschaftlichen
Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Leiter: Prof. Dr. D. Ermich)

Fruchtfolgemaßnahmen zur Begrenzung von Schadwirkungen durch das Rübenzystenälchen

Von A. Duda und H.-J. Liste

(Mit 4 Abbildungen)

1. Problemstellung

Die Zuckerrübe als eine der wichtigsten Fruchtarten in der landwirtschaftlichen Produktion wird häufig durch das Rübenzystenälchen (*Heterodera schachtii* Schmidt, 1871) geschädigt. Es entstehen dadurch Ertragsverluste und qualitative Beeinträchtigungen. In den östlichen Ländern der Bundesrepublik Deutschland wurde dem Auftreten dieses Schaderregers bisher durch entsprechende Fruchtfolgegestaltung mit Einhaltung der Anbaupausen entgegengewirkt und damit die Verseuchungsdichte mit *H. schachtii* in gewissen Grenzen gehalten. Künftig können sich erneut Probleme ergeben. Der Anbau von Zuckerrüben wird sich noch stärker als bisher auf die am besten geeigneten Flächen konzentrieren. Damit würde die Gefahr der Verseuchung der Böden mit *H. schachtii* zunehmen. In Anbetracht der derzeitigen Umweltsituation ist es notwendig, die chemischen Bekämpfungsmaßnahmen gegen Krankheiten und Schaderreger der Kulturpflanzen auf das unbedingt erforderliche Maß zu begrenzen. Bereits in den vergangenen Jahren konzentrierte sich international die Forschung auf diesem Gebiet verstärkt auf biologische Methoden, die die Konkurrenz zwischen den einzelnen Individuen bzw. vorhandene natürliche Gegenspieler nutzen sollen.

Seit längerer Zeit ist bekannt, daß Pilze – ein stets vorhandener Bestandteil des Bodenlebens – nicht nur als Saprophyten, Pflanzenparasiten und Nahrungsquellen für Tiere eine Bedeutung besitzen, sondern auch als Gegenspieler von Tieren, so auch von Nematoden, aktiv werden. Die Pilze an beweglichen Nematodenstadien treten räuberisch oder endoparasitär auf. Unter den endoparasitären Pilzen gibt es Arten, die in unbeweglichen Nematodenstadien (Weibchen, Zysten oder Eier) der zysten- bzw. wurzelgallenbildenden Nematoden leben (Dowe 1987). Über nematophage Pilze an verschiedenen Nematodenarten berichten z.B. Jansson und Nordbring-Hertz (1980), Irving und Kerry (1986) und Roessner (1987). Zum Auftreten parasitierender Pilze an *H. schachtii* führten Thomas (1982) und Vinduska (1982) Untersuchungen durch.

Auf Grundlage langjähriger Feldversuche und spezieller Laboruntersuchungen sollen die Kenntnisse über die Kontamination von *H. schachtii* durch Pilze in Abhängigkeit von ackerbaulichen Maßnahmen tiefer aufgeklärt werden.

1969/70 wurden nach einer Konzeption von LISTE zwei parallel laufende Feldversuche mit unterschiedlichen Zuckerrübenfruchtfolgen und Zuckerrübenmonokultur angelegt (Tab. 1).

Tabelle 1

Varianten der Zuckerrübenfruchtfolgeversuche Etzdorf und Andisleben

	Fruchtfolgevarianten											
Fruchtfolge Feld	1	2	3	3.1	4	4.1	5	6	6.1	7a	7b	7.1
1	ZR	ZR	ZR	ZR	ZR	ZR	ZR	ZR	ZR	ZR	ZR	ZR
2	WW	ZR	ZR	Ka	ZR	WW	ZR	ZR	WW			SM
3	Lu	WW	Ka	WW	Lu	Lu	ZR	ZR	ZR			
4	WW	WW	Ka		Lu	Lu	WW	Lu	Lu			
5						WW			WW			
ZR-Anteil in %	25	50	50	33	50	20	75	75	40	100	100	50

ZR = Zuckerrüben, WW = Winterweizen, Ka = Kartoffeln, Lu = Luzerne, SM = Silomais

Dieses Versuchsprogramm hat folgende Hauptaufgaben zu erfüllen:

- Prüfung des Ertrags- und Qualitätspotentials der Zuckerübe auf einem klassischen Rübenstandort,
- Gesunderhaltung von Boden und Pflanze durch ausgewogene Rüben-Getreide-Futter-Fruchtfolgen und integrierte ackerbauliche Maßnahmen,
- Kontrolle von Extrembelastungen (Monokulturen) zur Vorausschätzung und zur Abwehr möglicher Schadwirkungen durch „Überintensivierung".

Tabelle 2

Charakteristik der Versuchsstandorte Etzdorf und Andisleben

Kennzeichnung	Etzdorf	Andisleben
Bodenform	Lößschwarzerde	Lößschwarzerde
FAO-Klassifikation	Haplic Chernozem	Haplic Chernozem
Bodenart	Lehm	Lehm
Grundwasserstand	14,5 m	3,5 m
Höhenlage	134 m	150 m
Langjähriges Niederschlagsmittel	475 mm	526 mm
Langjährige Jahresdurchschnittstemperatur	8,9° C	8,8° C

Die beiden Langzeit-Feldversuche unterliegen seit ihrer Anlage den gleichen Behandlungen und unterscheiden sich durch die Standorte. Etzdorf liegt 20 km südwestlich von Halle und gehört zum Mitteldeutschen Löß-Schwarzerdegebiet bzw. zur Magdeburg-Hallenser Getreide-Zuckerrüben-Börde. Andisleben ist 15 km nördlich von Erfurt im Thüringer Becken gelegen. Auch hier handelt es sich um Lößschwarzerde (Tab. 2). Nähere Angaben zu den Versuchsstandorten und bisherigen Ergebnissen können den Veröffentlichungen von KLAUS (1974), FISCHER (1977),DUDA (1983) sowie LISTE und FISCHER (1988) entnommen werden.

Ausgangspunkt für die im folgenden beschriebenen speziellen Untersuchungen war das Auftreten von schwarzen Eiern in den Zysten von *Heterodera schachtii* sowie Unregelmäßigkeiten in der Populationsdynamik.

Aus geeigneten Varianten dieser Versuche wurden Bodenproben entnommen, die Zysten von *H. schachtii* extrahiert und hinsichtlich der Besiedelung des Zysteninneren durch Pilze sowie der Vitalität des Zysteninhaltes überprüft. Es ist davon auszugehen, daß mit zunehmendem Alter der Zysten auch die Anzahl der darin vorkommenden Pilze steigt, und es sich dabei größtenteils um nichtnematophage Arten handelt. Weiterhin ist bei alten Zysten aufgrund des bereits erfolgten Schlupfes nur noch ein Teil der ursprünglich enthaltenen Eier und Larven vorhanden. Aus genannten Gründen wurden nur solche Zysten in die Untersuchungen einbezogen, die äußerlich unverletzt erschienen und einen vollständigen Inhalt erwarten ließen.

Mit Propylenoxid (C_3H_6O) oberflächensterilisierte Zysten wurden auf Biomalzagar ausgelegt und die daraus ausgewachsenen Pilze in verschiedene Typen eingeteilt und gezählt. Am häufigsten konnten Vertreter der Gattungen *Fusarium, Penicillium* und *Verticillium* isoliert werden. Da eine exakte Artenbestimmung der Pilze zum Teil äußerst schwierig ist, wurde in diesem Rahmen auch darauf verzichtet und lediglich die Individuenzahl der gefundenen Pilze sowie die Vitalität des Zysteninhaltes als Kriterien für eine Bewertung einzelner Varianten angesehen. Die gleiche Anzahl von Zysten wie beim Auslegen auf Agarplatten kam im Schlupftest zum Einsatz. Bei Temperaturen von 25° C schlüpften in Zinkchloridlösung alle lebensfähigen Larven, und es konnte die prozentuale Vitalität des Zysteninhaltes berechnet werden. Die Untersuchung von ca. 3350 Zysten aus dem Zuckerrübenfruchtfolgeversuch Etzdorf und etwa 2300 Zysten aus Andisleben führte zu den nachstehend aufgeführten Ergebnissen.

3. Ergebnisse

In **Etzdorf** war, beeinflußt von der Länge der Anbaupause bei Zuckerrüben, eine hohe Kontamination durch Pilze bei den Zysten festzustellen, die dem Boden nach dreijähriger Anbaupause entnommen wurden. Im Vergleich mit den anderen geprüften Varianten wies der Inhalt dieser Zysten die geringste Vitalität auf (Abb. 1). Die Verringerung der Anbaupause hatte keinen eindeutigen Einfluß auf den Anteil kontaminierter Zysten. Die Lebensfähigkeit des Zysteninhalts stieg jedoch schon bei nur zweijähriger Anbaupause deutlich an und erreichte in der Monokulturvariante den höchsten Wert. Bezüglich der Kontamination, deren Maximum nach Zuckerrübenselbstfolge ermittelt wurde, war die Monokultur als relativ gering besiedelt einzustufen. Zuckerrübenselbstfolge bezeichnet den Anbau von Zuckerrüben nach Zuckerrüben innerhalb einer Fruchtfolge, was in den angeführten Feldversuchen bis zu drei Jahren erfolgte. Unter Monokultur sollte dagegen der mehr als fünf aufeinanderfolgende Jahre dauernde Anbau von Zuckerrüben, d. h. die mehr als fünfmalige Selbstfolge, verstanden werden.

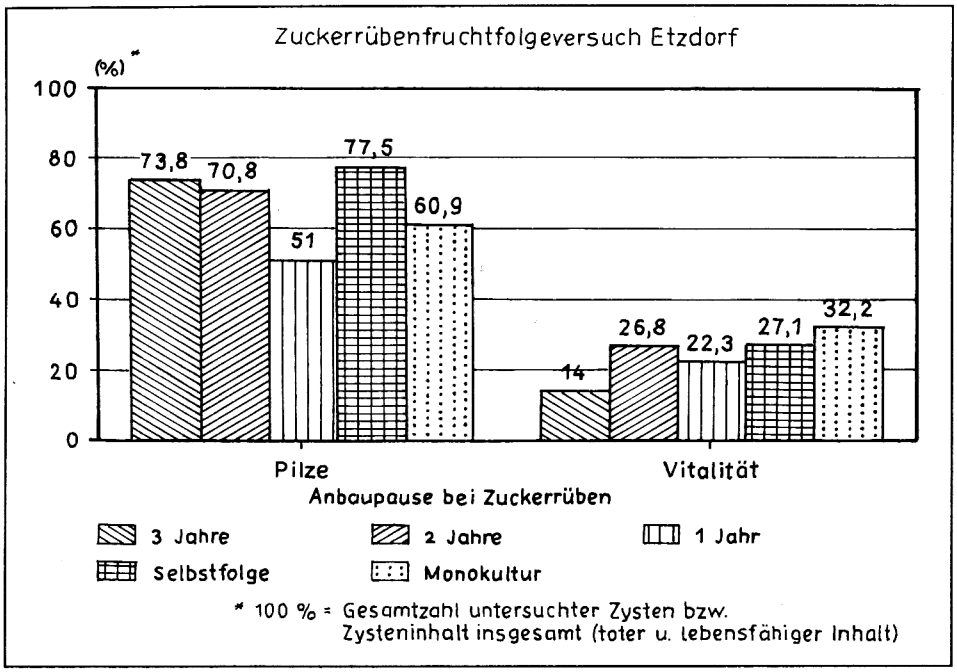

Abb. 1: Kontamination von H. schachtii-Zysten durch Pilze und Vitalität des Zysteninhaltes bei verschiedenen Anbaupausen

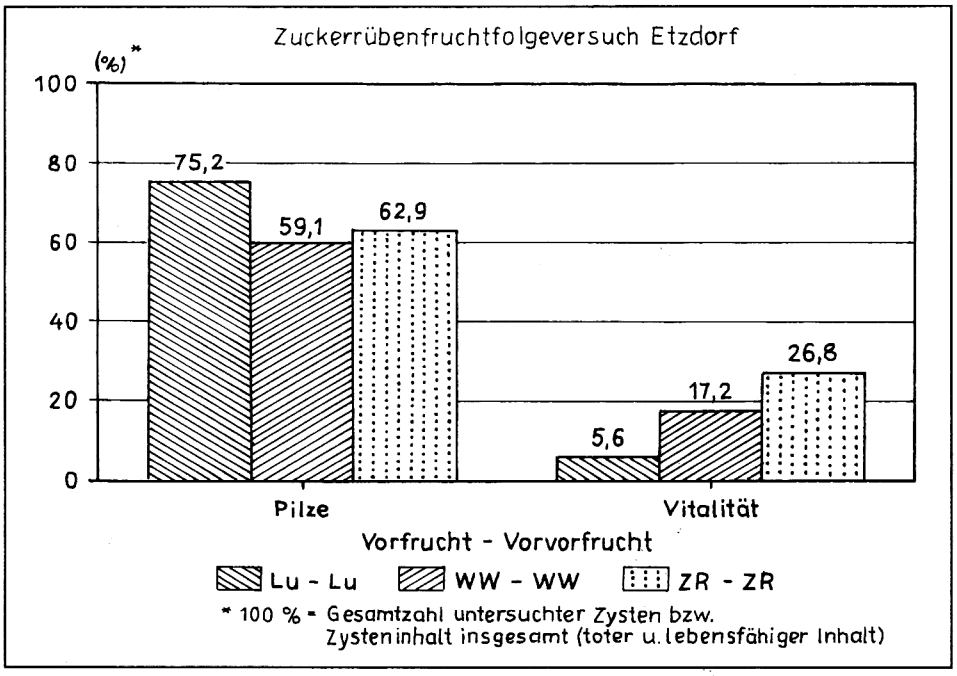

Abb. 2: Kontamination von H. schachtii-Zysten durch Pilze und Vitalität des Zysteninhaltes bei verschiedenen Vorfruchtkombinationen

Die verschiedenen Vorfruchtkombinationen führten zu einer weniger ausgeprägten Differenzierung im Ausmaß der Kontamination, beeinflußten aber die Vitalität des Zysteninhaltes deutlich (Abb. 2). Hier tritt vor allem die Variante nach zweimaligem Luzerneanbau hervor, die die höchsten Anteile besiedelter Zysten und gleichzeitig den am wenigsten vitalen Zysteninhalt aufweist. Demgegenüber war nach zweimaliger Zuckerrübenvorfrucht, bei ähnlich hoher Kontamination wie nach zweimaligem Winterweizenanbau, die mittlere Vitalität des Zysteninhaltes am höchsten.

Auch auf dem Standort **Andisleben** schwankte die Kontamination zwischen den einzelnen Varianten in einem etwa gleichen Bereich wie auf dem Standort Etzdorf. Jedoch zeigte sich hier ein mit der Verringerung der Anbaupause einhergehender Anstieg des Anteils besiedelter Zysten, wovon nur die Monokultur abwich (Abb. 3). Im Gegensatz zu den Etzdorfer Ergebnissen waren die Zysten nach dreijähriger Anbaupause am wenigsten durch Pilze kontaminiert. Dennoch verfügten sie über die niedrigste Vitalität. Obwohl der Zysteninhalt allgemein nur als schwach vital anzusprechen war, wiesen die Zysten aus der Monokultur die meisten vitalen Eier und Larven auf. Damit liegen sie deutlich über denen aus den anderenVarianten.

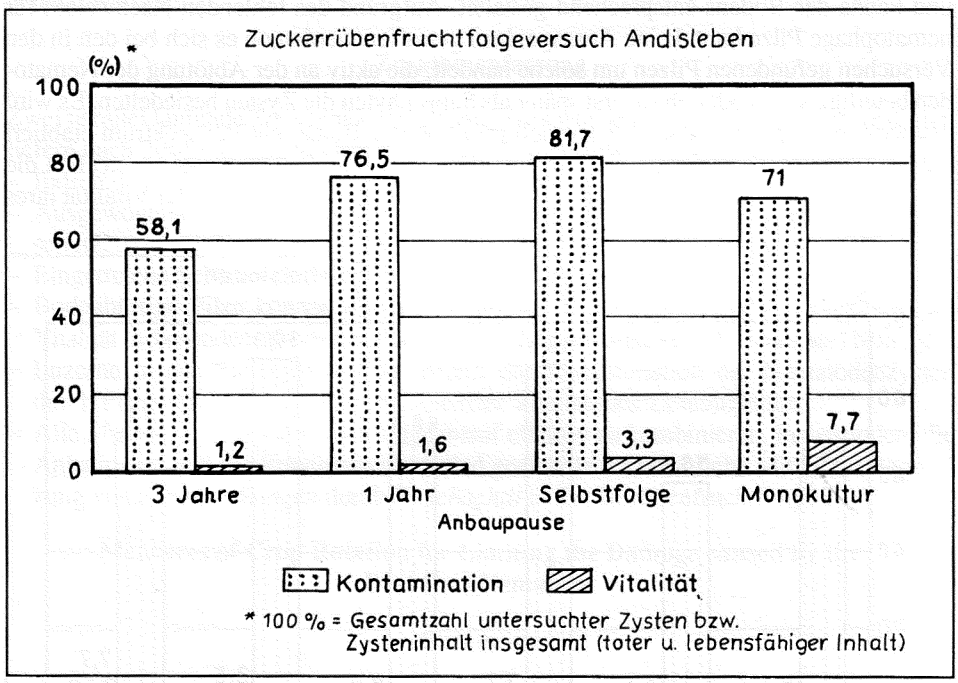

Abb. 3: Kontamination von H. schachtii-Zysten durch Pilze und Vitalität des Zysteninhaltes bei unterschiedlicher Anbaupause

Von den geprüften Vorfruchtkombinationen führten vor allem die Varianten mit Zuckerrüben, insbesondere aber der zweimalige Zuckerrübenanbau, zu einer hohen Kontamination der Zysten (Abb. 4).

Niedrigere Werte waren nur in der Kombination von Zuckerrüben und Luzerne zu finden. Nach zweijährigem Anbau von Nichtwirtspflanzen des Rübenzystenälchens (Luzerne – Winterweizen) war die geringste Kontamination zu verzeichnen.

Die *H. schachtii*-Zysten aus beiden Versuchen waren in unterschiedlichem Maße von Pilzen kontaminiert und verfügten auch über einen mehr oder weniger vitalen Inhalt. Die Kontamination der Zysten weist auf dem Standort Etzdorf keine eindeutige Beziehung zur Länge der Anbaupause bei Zuckerrüben auf. Zieht man jedoch in Betracht, daß in den Varianten mit Zuckerrübenselbstfolge bzw. in der Monokultur häufig „eigene Gesetzmäßigkeiten" insbesondere im Zusammenhang mit *H. schachtii* bestehen, ergibt sich ein Rückgang der Kontamination mit Verringerung der Anbaupause. Auf dem Standort Andisleben verhält sich die Kontamination der Zysten zur Anbaupause umgekehrt. Ein Grund dafür könnte das unterschiedliche Alter der *H. schachtii*-Population der beiden Versuche sein. Die Population im Andislebener Versuch ist, verglichen mit der von Etzdorf, noch sehr jung. Während die Versuchsfläche in Etzdorf bereits bei Versuchsbeginn mit *H. schachtii* verseucht war, begann der Aufbau einer Population in Andisleben erst nach acht Versuchsjahren.Von einer durchgängigen Verseuchung kann erst nach dem 15. Versuchsjahr gesprochen werden. Bei einer relativ jungen Nematodenpopulation deuten sich allgemein andere Regelmechanismen an als bei einer alten Population. So ist anzunehmen, daß sich auch die in unmittelbarer Umgebung der Nematoden existierende Flora und Fauna des Bodens entsprechend gestaltet. Aufgrund des fehlenden Nachweises für nematophage Pilze kann keine Aussage dazu getroffen werden,ob es sich bei den in den Versuchen gefundenen Pilzen um solche handelt, die aktiv an der Abtötung der Nematoden beteiligt waren oder ob sie erst später als Saprophyten die Zysten besiedelten. Es wird dennoch angenommen, daß sich speziell im Etzdorfer Boden ein Pilzspektrum etabliert hat, welches zur Reduzierung der Vitalität der Nematoden beiträgt. Dafür sprechen die dargestellten Beziehungen zwischen der Kontamination der Zysten und der Vitalität ihres Inhaltes.

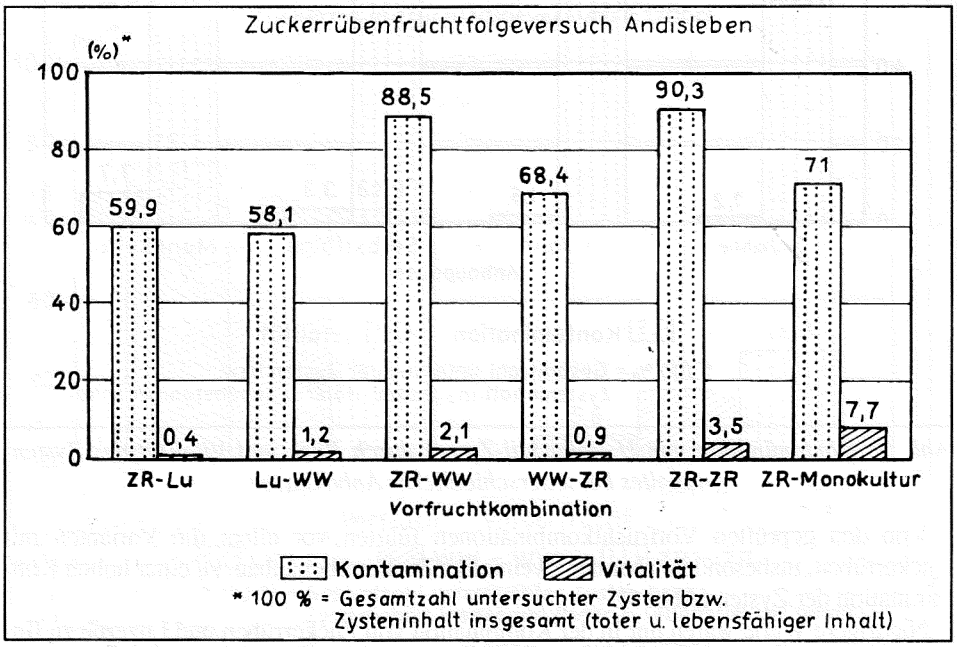

Abb. 4: Kontamination von H. schachtii-Zysten durch Pilze und Vitalität des Zysteninhaltes nach verschiedenen Vorfrüchten

Die geprüften Vorfruchtkombinationen deuten darauf hin, daß insbesondere die Luzerne eine Besiedlung der Zysten durch Pilze fördert und gleichzeitig zu weniger vitalen Zysteninhalten führt. Die Tatsache, daß im Wurzelbereich von Luzernepflanzen im allgemeinen zahlreiche und verschiedenartige Pilze vorhanden sind, ist bereits bekannt. Die Existenz von nematophagen Pilzen innerhalb dieses großen Spektrums ist deshalb wahrscheinlicher als in der näheren Umgebung anderer Pflanzenarten. Auf dieser Basis läßt sich auch die in bereits vorangegangenen und langjährigen Untersuchungen nachgewiesene deutliche Reduzierung der Nematodenverseuchung des Bodens durch Luzerneanbau zum Teil erklären.

Ungeachtet des fehlenden Beweises für die tatsächliche Existenz nematophager Pilze in den beschriebenen Versuchen lassen die erreichten Ergebnisse folgenden Schluß zu: Die Einhaltung einer ausreichenden Anbaupause bei Zuckerrüben (3 Jahre) wie auch die Eingliederung von Luzerne in Zuckerrübenfruchtfolgen machen es möglich, die Nematoden *(H. schachtii)* ohne den Einsatz chemischer Mittel in bestimmten Grenzen zu halten. Im Hinblick auf die Vermeidung von Schadverseuchungen durch *H. schachtii* bzw. auf den Abbau bereits vorhandener hoher Verseuchungsdichten sollten diese Möglichkeiten genutzt werden.

Zusammenfassung

Zwei parallel laufende Zuckerrübenfruchtfolgeversuche auf unterschiedlichen Standorten liefern nach 20jähriger Versuchsdauer folgende übergreifende Ergebnisse:

- Extreme Anbaukonzentrationen verunsichern Ertrag und Qualität.
- Ausgewogene Fruchtfolgen senken den Aufwand für Düngung, Boden- und Pflanzenschutz.
- Eingetretene Schäden sind nur aufwendig und langfristig sanierbar.
- Bodenbürtige Pilze können durch Kontamination der Zysten zur Herabsetzung der Vitalität insbesondere älterer Populationen des Rübennematoden *(H. schachtii)* beitragen.
- Luzerne in der Rübenfruchtfolge fördert die Kontamination der Nematodenzysten durch Pilze und führt damit zu verminderter Vitalität des Zysteninhaltes.
- Alle Maßnahmen sind im Fruchtfolgeablauf effektiv zu kombinieren. Insbesondere die Anbaupause und der Rotationsaufbau sind geeignete ackerbauliche Mittel zur Begrenzung von Schadwirkungen durch *H. schachtii* in Zuckerrübenfruchtfolgen.

Measures of Crop Rotation for Limiting the Damage caused by the Beet Cyst Nematode

Summary

After 20 test years two parallel crop rotation field trials with sugar-beets on two different locations produced the following basic results:

- Extreme crop frequency on the same field involves instability of yield and quality.
- Balanced crop rotations reduce the expenditure for fertilization, soil and plant protection.
- The repair of relevant damage would require great efforts and a long time.
- Soil-born fungi are able to contribute to reducing the vitality especially of older populations of the beet cyst nematode *(H. schachtii)* by contamination.

- Alfalfa in crop rotations with sugar-beets supports the contamination of nematode cysts by fungi and leads to reduced vitality of the cysts contents.
- All measures must be combined effectively throughout the rotation cycle. Especially the cultivation break and the rotation pattern are suitable agricultural means to limit the damage of *H. schachtii* in crop rotations with sugar-beets.

Literatur

DOWE, A.: Räuberische Pilze und andere pilzliche Nematodenfeinde. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt 1987.

DUDA, A.: Untersuchungen zum Auftreten und zur Populationsdynamik von *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 sowie zur Ertragsbeeinflussung bei Zuckerrüben in Feldversuchen. Dissertation, Universität Halle 1983.

FISCHER, W.: Untersuchungen zu Fruchtfolgewirkungen und zum Einfluß ausgewählter Intensivierungsmaßnahmen bei konzentriertem Zuckerrübenanbau. Dissertation, Universität Halle 1977.

IRVING, F. and R.R. KERRY: Variation between strains of the nematophagous fungus *Verticillium chlamydosporium* Goddard. II. Factors affecting parasitism of cyst nematode eggs. Nematologica *32*, 474-485, Leiden 1986.

JANNSON, H.-B. and B. NORDBRING-HERTZ: Interactions between nematophagous fungi and plant-parasitic nematodes: attraction, induction of trap formation and capture. Nematologica *26*, 383-389, Leiden 1980.

KLAUS, H.: Untersuchungen über Fruchtfolgewirkungen im Hinblick auf die Anbaukonzentration bei Zuckerrüben. Dissertation, Universtität Halle 1974.

LISTE, H.-J. und W. FISCHER: Untersuchungen zur Gestaltung von Zuckerrübenfruchtfolgen auf der Grundlage der Dauerversuche Etzdorf und Andisleben. Tag.-Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR, 261, 135-140, Berlin 1988.

ROESSNER, J.: Pilze als Antagonisten von *Globodera rostochiensis*. Nematologica *33*, 106-118, Leiden 1987.

THOMAS, E.: Über das Vorkommen parasitärer Pilze sowie anderer Pathogene und deren Einfluß auf die Populationsentwicklung des Rübennematoden *(Heterodera schachtii)* im Landesteil Nordrhein. Gesunde Pflanzen *34*, 162-168, 1982.

VINDUSKA, L.: Parasitace hub na cystach hadatka repneho, *Heterodera schachtii*. (Pilzparasitismus auf Rübennematodenzysten *Heterodera schachtii)*. Rostl. Vyroba *28*, 257-262, Praha 1982.

(Manuskript eingelangt am 18. März 1991, angenommen am 21. Mai 1991)

Anschrift der Verfasser:

Dr. Andrea DUDA und Prof. Dr. sc. Hans-Joachim LISTE, beide Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Allgemeinen Pflanzenbau, Ludwig-Wucherer-Straße 2, D-0-4020 Halle / Saale