

Wuchsdepressionen von Gehölzarten im Baumschulbereich

Growth depression of woody plants in tree nurseries

FKZ: 02OE570

Projektnehmer:

Leibniz Universität Hannover
Institut für Zierpflanzen- und Gehölzwissenschaften
Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover
Tel.: +49 511 762 4539
Fax: +49 511 762 3608
E-Mail: spethmann@baum.uni-hannover.de
Internet: <http://www.baum.uni-hannover.de/>

Autoren:

Spethmann, Wolfgang; Wilstermann, Maike

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

Abschlussbericht

Projekt 02OE570

Wuchsdepressionen von Gehölzarten im Baumschulbereich

Projektzeitraum: 1.12.2002 bis 30.10.2003

Universität Hannover, Abt. Baumschule

Herrenhäuser Str. 2

30419 Hannover

Prof. Dr. W. Spethmann

bearbeitet von:

Dipl.-Ing. agrar Maike Wilstermann

In Zusammenarbeit mit:

Biologische Bundesanstalt Braunschweig, Pflanzenschutz im Gartenbau, Frau Dr. Werres

Arbeitskreises Forschung in der Baumschule, Vorsitzender Herr Schlüter

1. Projektziele

Ziel des Projektes war eine möglichst vollständige Erfassung und Bewertung des Forschungsstandes und des Praxiswissens auf dem Gebiet der spezifischen Wuchsdepressionen in der Gehölzproduktion.

Auf dieser Grundlage wurden neue Fragestellungen und Forschungsansätze für weiterführende Untersuchungen erarbeitet.

2. Methodik

Zum Beginn der Untersuchungen wurden alle verfügbaren wissenschaftlichen und populären Veröffentlichungen zum Themenbereich der Wuchsdepressionen erfasst. Dabei wurden die folgenden Teilgebiete berücksichtigt:

- Nachbauprobleme
- Bodenmüdigkeit
- Pflanzenernährung
- Allelopathie
- Pflanzenpathogene allgemein
- Abiotische Faktoren
- Indirekte Einflüsse von Organismen

In der zweiten Phase wurden Umfragen in verschiedenen Baumschulen durchgeführt. Dazu wurden jeweils ein Fragebogen für die ökologischen und einer für die konventionellen Betriebe entworfen. Die Fragen wurden für diese erste Erhebung sehr allgemein gehalten, um möglichst große Übereinstimmungen bei den Betrieben zu erzielen. Die Fragebögen wurden verschiedenen Beratern vorgelegt, um weitere Ergänzungen und Anregungen zu erhalten. In weiterführenden Gesprächen wurde die Relevanz von Nachbauproblemen für die jeweilige Region erfasst.

Zusätzlich wurden Wissenschaftler interviewt, um auch neuere wissenschaftliche Erkenntnisse auf dem Gebiet der Wuchsdepressionen mit aufzunehmen.

Bei insgesamt 3 Workshops wurden die Ergebnisse der Literaturrecherche und der Umfragen vorgestellt, Gegenmaßnahmen und mögliche Forschungsansätze für die Zukunft diskutiert. Daraus resultiert eine Liste mit einigen offenen Fragen, die im Zusammenhang mit Nachbauproblemen untersucht werden müssen.

3. Ergebnisse

3.1. Literaturrecherche

Im Rahmen des Projektes „Wachstumsdepressionen von Gehölzarten im Baumschulbereich“ wurden circa 500 verschiedene wissenschaftliche und populäre Veröffentlichungen zum Themenbereich Wachstumsdepressionen, Nachbauprobleme, Bodenmüdigkeit und Allelopathie gesammelt, erfasst und ausgewertet.

Dabei zeigte sich, dass die Ergebnisse der einzelnen Veröffentlichungen sich zum Teil widersprechen. Eine genauere Untersuchung der Arbeiten ergab, dass die Ursachen von Nachbauproblemen bei verschiedenen Pflanzenarten nicht gleich sind. Ebenso können sich die Ursachen von Wachstumsdepressionen bei Pflanzen einer Art auf verschiedenen Standorten unterscheiden.

Die der Bodenmüdigkeit zugeschriebenen Eigenschaften der Reversibilität, Spezifität, Immobilität und Persistenz wurden in keinem Fall nachgewiesen. Aus dem Grunde scheint eine Überarbeitung der Definitionen des Themenkomplexes notwendig.

3.1.1. Definitionen

Im Zusammenhang mit Nachbauproblemen werden immer wieder verschiedene Begriffe verwendet, die im Folgenden definiert werden sollen.

1. Nachbauprobleme:

Von Nachbauproblemen spricht man, wenn eine Pflanzenart in der Kultur nach sich selbst oder anderen bekannten Arten auf Grund der Vorkultur Wachstumsdepressionen zeigt. Eine häufige Ursache ist die Akkumulation von Schaderregern, z. B. *Pratylenchus* sp. oder *Fusarium*, im Boden.

2. Bodenmüdigkeit:

Um Bodenmüdigkeit handelt es sich dann, wenn Wachstumsdepressionen durch verschiedene, meist noch unbekannte Ursachenkomplexe hervorgerufen werden, so dass kein einzelner Schaderreger als alleinige Ursache identifiziert werden kann.

Bestandteile dieser Ursachenkomplexe können sein:

Mikroorganismen:

- Bakterien
- Pilze
- Nematoden

Chemische Faktoren:

- Wurzelexsudate der Kulturpflanze oder aus der Begleitflora (Allelopathie)
- Extrakte aus Falllaub, Schnittholz oder Rode- und Ernterückständen
- Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen

Typisch für die Bodenmüdigkeit ist eine Persistenz, die durch keine uns bekannte Zwischenkultur durchbrochen werden kann. Die übrigen, als typisch angesehenen Kennzeichen der Bodenmüdigkeit (Immobilität, Reversibilität und Spezifität) sind in Zweifel zu ziehen.

3.1.2. Nachbauprobleme bei verschiedenen Gehölzen

Malus

Am häufigsten beobachtet und untersucht wurden die Nachbauprobleme bei Apfel. In den meisten Fällen wird berichtet, dass Äpfel im Anbau nach sich selbst schlecht wachsen (OBERDIECK 1881, KARNATZ 1953, FASTABEND 1955, SCHANDER 1955, HEIN 1972, KÜMMELER 1981, KRÄMER 1991, OTTO 1991). In der Kultur nach Birne oder Quitte können ebenfalls Probleme auftreten (KÜPPERS 1950). Die einzelnen Unterlagen und Edelsorten sind möglicherweise unterschiedlich anfällig (HEIN 1972). Es konnte bisher aber keine eindeutige Abstufung zwischen verschiedenen Unterlagen beobachtet werden, die eine Verwendung als Indikator für die Intensität von Bodenmüdigkeit ermöglichen würde (WAECHTER-KRISTENSEN 1990). Als Ursache für die Apfelmüdigkeit wurden Nährstoffmangel (KOBERNUB 1950, HILKENBÄUMER 1951), Bakterien (HEIN 1972, BUNT ET AL. 1973, SEWELL 1981, CATSAKÁ 1988), Nematoden (SWART-FÜRCHTBAUER 1954), Toxine (ANONYM 1954, FASTABEND 1955, SCHANDER 1956, BÖRNER 1958, LOEWELL ET AL. 1959) und Pilze in Betracht gezogen. Fluoreszierende Pseudomonaden, die von Apfelwurzeln und Blättern abgewaschen wurden, können Wachstumsdepressionen bei Apfel hervorrufen (BUNT ET AL. 1973). Es wurden *Pythium ultimum* (MULDER 1969, LOVELIDGE 1978, SEWELL 1981) *Rhizoctonia sp.* (MAZOLLA und GU 2000) und *Aktinomyceten* (OTTO UND WINKLER 1977, OTTO UND WINKLER 1995 u. a.)

in apfelmüden Böden gefunden ohne, dass bisher einer dieser Erreger als alleinige Ursache der Wachstumsdepressionen identifiziert werden konnte. Die *Aktinomycceten* werden von vielen Autoren als Ursache der Bodenmüdigkeit bei Apfel angesehen. Eine Reinfektion mit *Aktinomycceten* ist bisher nicht gelungen. Da dadurch das Koch'sche Postulat nicht erfüllt werden konnte, ist die Pathogenität des Erregers bisher nicht eindeutig bewiesen.

Während die von SEWELL (1981) isolierten *Pythium*-Stämme Wachstumsdepressionen bei Äpfeln verursachten, aber keinen Einfluss auf das Wachstum von Kirschen hatten, haben Nematoden einen großen Wirtskreis und wirken nicht spezifisch. SWART-FÜRCHTBAUER (1954) fand ektoparasitäre Nematoden an den Wurzeln von Äpfeln, Birnen, Vogelkirsche, Eberesche. Etwa 3% der Wachstumsdepressionen bei Äpfeln werden auf Nematoden zurückgeführt (OTTO 1991). BÖRNER (1958) vermutete, die Ursache der Apfelmüdigkeit sei die Freisetzung von Phlorizin aus Wurzelrückständen. Es besteht allerdings keine direkte Beziehung zwischen dem Toxin und den Wachstumsdepressionen (HUDSKA 1988). Die Menge im natürlichen Boden ist zu gering, um Wachstumsdepressionen zu verursachen (JÜRGENS 1967). Andere Autoren lehnen die Toxintheorie ab, weil Toxine aufgrund ihrer einfachen Struktur schnell abgebaut werden. Die Persistenz und die Spezifität der Bodenmüdigkeit ließen sich dadurch nicht erklären (SAVORY 1969). FASTABEND (1955), der die Toxintheorie befürwortet, erklärte sich die Persistenz damit, dass „diese Hemmstoffe einem weiteren mikrobiellen Abbau gegenüber äußerst resistent sind.“ LOEWELL ET AL. (1959) vermuten, dass eine Begrünung des Baumstreifens mit einem Gras-Klee-Gemisch die Toxine schnell abbaut. Aus dem Grunde würden im Alten Land teilweise Äpfel nach Äpfeln besser wachsen als in jungfräulichem Land. KÜMMELER (1982 a und b) vermutete, dass die Wachstumsdepressionen durch Ethylen verursacht werden, das durch den Abbau von phenolischen Wurzelausscheidungen entstehe (KÜMMELER 1981).

Rosa

SPETHMANN UND DAUCK (1992) konnten durch ihre Umfragen eindeutig rosenmüden Flächen identifizieren. Auf einer Versuchsfläche wurde gezielt durch wiederholten Nachbau Rosenmüdigkeit erzeugt. Auf diesen Flächen wurden über längere Zeit Versuche zu Nachbauproblemen bei Rosen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass häufig Nematoden auf den betroffenen Flächen nachgewiesen werden können. Die Beziehung zwischen Nematodendichte im Boden oder in der Wurzel und dem Frischgewicht oder dem Längenzuwachs korrelieren jedoch häufig nicht. KLOCZKO und SPETHMANN (1994) nahmen an, dass nach dem Erreichen einer bestimmten Befallsdichte keine zusätzliche Schädigung der

Pflanze mehr erfolgt. Auf ihren Versuchsböden hatten Nematoden nur einen geringen Anteil am Ursachenkomplex der „spezifischen Bodenmüdigkeit“ bei Rosen. Nach einer Teilentseuchung (Dämpfung bei 50°C) waren die Nematoden ausgeschaltet und das Pflanzenwachstum wurde verbessert. Durch eine Dämpfung bei 100 °C wurde das Wachstum jedoch deutlich weiter gesteigert. Es ergab sich, dass der Anteil der nicht durch Nematoden verursachten Schäden an Rosen mehr als 50% betragen.

STRABBURGER (1992) konnte durch eine Vorkultur mit *Tagetes erecta* sehr gute Wachstumsverbesserungen erzielen. Nur eine totale Bodensterilisation (Dämpfung und Terabol®) brachte dieselben Wuchsleistungen. Dabei waren die Entseuchungsversuche in den einzelnen Versuchsjahren unterschiedlich effektiv. *Tagetes erecta* ist für ihre Wirkung gegen Nematoden bekannt (DAULTON UND CURTIS 1963, MAETHE 1989).

Tabelle 1: Reduktion des Pflanzenwachstums durch „Nicht-Nematodenfaktoren“ (aus KLOCZKO UND SPETHMANN 1994)

Versuchsvariante	Pflanzenfrischgewicht	Wurzelfrischgewicht	Gesamtlänge
Standort Bönningstedt	61 %	70 %	84 %
Standort Klei	57 %	54 %	62 %
Standort Mehlen	68 %	53 %	60 %
Standort Ruthe	55 %	61 %	51 %

Wolf konnte in Versuchen besseres Wachstum beobachten, wenn die Pflanzen in Bakteriensuspensionen kultiviert wurden und nicht in sterilen Nährlösungen. Er vermutet daher, dass die Rosenmüdigkeit auch durch das Fehlen eines positiv wirkenden Bakteriums verursacht werden kann (ANONYM 1995 a). Im Gegensatz dazu beobachtete Witt ein besseres Wachstum bei Rosen in sterilen Böden. In Inokulationsversuchen mit Bakterienisolaten (*Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Flavobacterium* und *Sphingobacterium*) aus rosenmüden Böden konnten keine Müdigkeitssymptome induziert werden (WITT UND WOLF 1999).

Prunus

Ursprünglich wurden bei Pfirsich Nematoden als Ursache der Nachbauprobleme vermutet (CHITWOOD ET AL. 1952). Später wurde das Toxin Amygdalin, bzw. seine Abbauprodukte als Ursache für die Müdigkeit identifiziert (KNAPP 1967, ISRAEL ET AL. 1973, MIZUTANI ET AL. 1977, GUR ET AL. 1988). Miller et al. (1966) fanden an den Wurzeln junger Pfirsichbäume

Pythium ultimum und *Phytophthora cactorum*. Der Befall mit *Pythium* wurde häufig beobachtet, ist aber eine Sekundärerkrankung (MIRCETICH 1971).

Die einzelnen *Prunus*-Arten sind unterschiedlich empfindlich im Anbau nach sich selbst und anderen *Prunus*-Arten. Während *Prunus avium* mit sich selbst, *Prunus cerasifera*, *Prunus mahaleb* und Apfel unverträglich ist, können sowohl *Prunus mahaleb* als auch *Prunus cerasifera* nach sich selbst angebaut werden (KÜPPERS 1950).

Vitis

Im Zusammenhang mit der Rebenmüdigkeit wurden Nährstoffversorgung, Mykorrhizierung und Mikroorganismen untersucht (KOCH 1899, WASCHKIES 1992). Es wird vermutet, dass Mikroorganismen und Wurzelabscheidungen der Reben für die Wachstumsdepressionen verantwortlich sind. In verschiedenen Arbeiten wurden Wurzelexsudate untersucht und Schwankungen im Verlauf des Tages und des Jahres festgestellt. Stress kann die Exsudation erhöhen (BERIDZE 1978, SCHAEFER 1984, SCHAEFER 1985). Mulchfolien verstärken die Bodenmüdigkeit. Als Ursache wird angenommen, dass Wurzelabscheidungen nicht ausgewaschen werden und sich im Wurzelraum ansammeln (WASCHKIES 1992).

PERRET ET AL. (1979) untersuchten die Wirkung von Ethylenbegasung auf die Wurzeln von Wein. Dabei konnten sie beobachten, dass die Wurzeln dicker waren als bei der unbehandelten Variante und der Oberboden besonders stark durchwurzelt war. Veränderungen am Sprosswachstum traten jedoch nicht ein.

Citrus

Als Ursache der Citrusmüdigkeit nehmen HASSAN ET AL. (1989 c) eine Kombination aus Mikroorganismen und Allelopathie an. Sie konnten bei kranken und gesunden Pflanzen Unterschiede in der Zusammensetzung der Rhizosphärenmikroflora feststellen. Die erkrankten Pflanzen waren zum großen Teil mit *Phytophthora citrophora* befallen. Nach einer Impfung sterilisierter Böden mit *Fusarium solanii* traten Wachstumsdepressionen auf (HASSAN ET AL. 1989 a). Extrakte aus Wurzeln und Blättern induzierten ebenfalls Müdigkeitssymptome (HASSAN ET AL. 1989 b).

Nicht-Rosaceae

Es treten auch Nachbauprobleme bei Gehölzen auf, die nicht zu den *Rosaceae* gehören. Zum Beispiel nach *Buxus* bei *Cornus mas*, *Deutzia crenata*, *Ligustrum atrovirens*, *Philadelphus coronarius*, *Picea abies*, *Ribes sanguineum* und *Spiraea opulifolia*. Dagegen werden *Picea*

omorika, *Thuja occidentalis* und *Populus alba* durch Buchs nicht gehemmt (EISELT 1951, SCHANDER 1955). Der Anbau von Buxus nach sich selbst bringt ebenfalls Probleme mit sich. Stefan Bertrums (VAN DEN BERG 1999) sagte dazu: „Bei der Bodenmüdigkeit spielt wahrscheinlich ein Komplex von negativen Faktoren eine Rolle: Schädliche Bakterien, Fäulen und Nematoden bei einem schlechten Wasserhaushalt. Ein aggressiver Nematode kann dann der Tropfen sein, der das Fass zum Überlaufen bringt.“ In Buchs wurde *Pratylenchus vulnus* als Hauptwurzelschädling identifiziert. Die Nematoden dringen in die Wurzeln. An den Eintrittsstellen kommt es zu Pilzinfektionen, die Fäulen verursachen. An den Wurzeln befallener Pflanzen wurde *Pythium* festgestellt. Wirtspflanzen von *Pratylenchus vulnus* sind *Astilbe*, *Buxus sempervirens*, *Chamaecyparis*, *Crataegus*, *Forsythia*, *Fraxinus*, *Hamamelis*, *Ilex*, *Juglans*, *Juniperus*, *Ligustrum*, *Prunus*, *Pyrus communis*, *Rosa*, *Sorbus*, *Syringa*, *Thuja* und *Vitis* (VAN DEN BERG 1999). *Tagetes* eignet sich nicht unbedingt zur Kontrolle dieser Nematodenart. *Taxus* soll den Befall mit *Pratylenchus penetrans* reduzieren. Der starke Nematodenbesatz aus einer Vorkultur mit *Rosa corymbifera* 'Laxa' wurde während eines Standjahres halbiert. *Taxus* wirkt dabei weniger schnell als *Tagetes* und auch nach mehrjähriger Kultur können noch Nematoden zurückbleiben (BERTRUMS 1998). Im Versuch war auch nach der Kultur von *Buxus sempervirens* und *Spiraea cinerea* der Besatz mit *Pratylenchus penetrans* deutlich geringer (BERTRUMS 2001).

In der Tabelle 2 sind die Gehölze zusammengefasst, die nach Angaben in der Literatur im Anbau nach sich selbst Wachstumsdepressionen aufweisen.

Tabelle 2: Pflanzenarten, die im Nachbau nach sich selbst Wachstumsdepressionen zeigen.

Kulturen	Quellen
<i>Rosaceae</i>	
<i>Cotoneaster</i>	HEIN 1972
<i>Crataegus</i>	HEIN 1972
<i>Malus</i>	OBERDIECK 1881, BRONSART 1933, KOBERNUß 1950, KARNATZ 1953, FASTABEND 1955, HOCHAPFEL 1955, SCHANDER 1955, SAVORY 1966, HEIN 1972, KÜMMELER 1981, KRÄMER 1991, OTTO ET AL. 1994
<i>Prunus</i>	KÜPPERS 1950, ULMER 1951, SCHANDER 1955, KNAPP 1967, MIZUTANI ET AL. 1977, KÜMMELER 1981, GUR ET AL. 1988
<i>Pyracantha</i>	HEIN 1972
<i>Pyrus</i>	KÜMMELER 1981, KRÄMER 1991
<i>Rosa</i>	HEIN, 1972, KÜMMELER 1981, PITACCO ET AL. 1994, STROBEL 1998, SZABO 1999
<i>Ribes</i>	ULMER 1951
<i>Rubus</i>	SZCZYGIEL 1988
<i>Sorbus</i>	HEIN 1972
<i>Spiraea</i>	HEIN 1972
Andere	
<i>Acer</i>	HEIN 1972
<i>Buxus</i>	EISELT 1951, SCHANDER 1955
<i>Citrus</i>	HOCHAPFEL 1955, SCHANDER 1955, HASSAN 1989 A
<i>Coffea</i>	GRÜMMER 1955
<i>Populus</i>	HEIN 1972
<i>Tilia</i>	HEIN 1972
<i>Vitis</i>	KOCH 1899, SCHUMANN ET AL. 1982, WASCHKIES 1992

3.1.3. Tests und Nachweisverfahren für Bodenmüdigkeit

3.1.3.1. Verschiedene Biotests

Zur Vermeidung von finanziellen Verlusten ist eine Feststellung möglicher Nachbauprobleme vor der Pflanzung der Folgekultur wichtig. Deshalb wurden verschiedene Verfahren zum Testen und Messen von Bodenmüdigkeit entwickelt. Die Tests sollen eine Abschätzung von Kosten und Nutzen der Bodenentseuchung oder anderen Maßnahmen ermöglichen. Das Ziel ist die Bestimmung des Bodenzustandes im Bezug zu einer Schadensschwelle, von der an eine Bodenentseuchung oder andere Maßnahmen sinnvoll werden.

Bei allen im Folgenden beschriebenen Tests wurde das Trieb­längenwachstum als Parameter gewählt.

GILLES (1974) stellte fest, dass nur bei einem Verhältnis von 2:1 oder darüber zwischen dem Wachstum der entseuchten und der nicht entseuchten Variante eine Bodenentseuchung bei Apfelmüdigkeit ökonomisch sinnvoll ist. Da es sich bei den Testverfahren um Gefäßversuche handelt, sind die Ergebnisse nicht vollständig auf die Verhältnisse im Freiland übertragbar. Die Versuche von GILLES (1974) ergaben, dass beim Einsatz von Chlorpikrin in 61,5% der Fälle die Ergebnisse im Biotest den Ergebnissen im Freiland entsprachen, beim Einsatz von D-D waren es nur 42,3%. Diese Versuche zeigen zwei Probleme der Biotests auf. Zum Einen die relativ geringe Übertragbarkeit auf die Verhältnisse im Freiland. Nur in jedem zweiten Fall entsprachen die Test-Ergebnisse den tatsächlichen Nachbauproblemen. Zum Anderen die Unterschiede bei den verschiedenen Tests. Abhängig vom verwendeten Entseuchungsmittel wurden die Nachbauprobleme unterschiedlich eingeschätzt.

Die Tests unterscheiden sich grundsätzlich in der Zusammensetzung des Testsubstrates. In einigen Fällen wurden die Böden als alleiniges Substrat verwendet, in anderen Fällen wurden Mischungen durchgeführt. In den Tests mit ungemischten Proben lassen sich die Wirkungsgrade von verschiedenen Entseuchungsmitteln vergleichen. Bei der Verwendung von definierten Mischungen soll dagegen die Stärke der Bodenmüdigkeit abgeschätzt werden, bzw. eine künstliche Abstufung von Bodenmüdigkeit erreicht werden (OTTO und WINKLER 1977).

a) Tests mit ungemischte Proben

Hoestra entwickelte 1962-1963 einen Bodenmüdigkeitstest (Beschreibung nach STEGMANN und BÜNEMANN 1981 a). Im Frühjahr des Pflanzjahres werden Mischproben in einer Tiefe von 5-25 cm genommen. Es werden dann Apfelsämlinge in eine unbehandelte Variante und in eine mit Chlorpikrin entseuchte Variante gepflanzt. Die Sämlinge sollten zu Versuchsbeginn

2 voll ausgewachsene Blätter haben. Nach 12 Wochen werden die Varianten verglichen. Es gibt drei Boniturklassen: 0-50 % Unterschied, 50-100 % und 100%. Im ersten Fall liegt keine Bodenmüdigkeit vor. Im zweiten sollte probeweise eine Teilfläche entseucht werden. Im letzten Fall ist eine Bodenentseuchung notwendig.

Im Vergleich dieses Tests mit Ergebnissen aus dem Freiland gab es Übereinstimmungen in 61,5% der Fälle (Frankreich) oder 83% der Fälle (England). Daher galt dieser Test als „verbesserungsbedürftig“ (STEGMANN und BÜNEMANN 1981).

RYAN (1975 b) stellte bei seinen Versuchen mit Chlorpikrin fest, dass die Zuwächse bei den Proben aus verschiedenen Gärten sehr unterschiedlich waren. Apfelsämlinge in müden Pfirsichböden reagierten auf die Entseuchung nicht mit verstärktem Wachstum. In apfelmüdem Boden konnte er Verbesserungen um bis zu 160% feststellen. Pfirsiche reagierten dagegen sowohl in apfelmüden als auch in pfirsichmüden Böden mit einer 25-prozentigen Wuchsverbesserung auf die chemische Entseuchung. Etwa die Hälfte der von Ryan getesteten Böden wiesen Müdigkeitserscheinungen auf.

KOVACS (1978) führte mit ungemischten und gemischten Proben Versuche durch. 3-5 cm große Pfirsich-, Apfel- und Aprikosen-Sämlinge wurden in Gefäße gepflanzt und nach 2 Monaten die Gesamthöhe gemessen. Er verwendete für die Versuche unterschiedliche Sorten, so dass die Triebhöhen nicht direkt vergleichbar sind.

Für den Test mit den reinen Testböden wurde eine unbehandelte Kontrolle mit Varianten verglichen, die mit Dazomet (Pulver und Granulat), Shell D-D®, Formaldehyd und durch Dämpfung (2 h, 80 °C) sterilisiert waren. Formaldehyd brachte sowohl bei den Äpfeln als auch bei den Aprikosen die besten Ergebnisse. Shell DD® zeigte bei den Äpfeln, aber nicht bei den Aprikosen eine signifikante Wirkung. Das kann in diesem Fall als Hinweis auf die Beteiligung von Nematoden an der Apfelmüdigkeit gewertet werden. Die Mischungen erfolgten zwischen apfelmüdem und pfirsichmüdem Boden in den Zusammensetzungen 100 %, 66 %, 33 %, 0 %. Dadurch konnte die Spezifität der vorliegenden Müdigkeit nachgewiesen werden.

Kaminski dämpfte Böden aus Schnittrosenbetrieben mit 47 °C und 100 °C. In 19 von 20 Betrieben konnten so Nachbauprobleme nachgewiesen werden, die nicht auf Nematoden zurückzuführen waren (Anonym 1995 b).

b) Tests mit gemischte Proben

Der von OTTO und WINKLER (1974) entwickelte Test wird mit gemischten Proben durchgeführt. Vom Standort wird Boden entnommen, „der im Bedarfsfall bis zu einem

Verhältnis von 2:1 mit Sand zu mischen ist“. Ein Teil des Bodens wird gedämpft. Die Kulturgefäße (Mitscherlichgefäße oder Tontöpfe) werden zu 70 % mit diesem „müdigkeitsfreien Grundsubstrat“ gefüllt. Dazu werden in den verschiedenen Varianten ungedämpfter bzw. bei verschiedenen Temperaturen gedämpfter Testboden gegeben.

Tabelle 3: Zusammensetzung der verschiedenen Varianten beim Test auf Bodenmüdigkeit nach OTTO und WINKLER (1974 und 1975 c)

Varianten	Zugabe des zu prüfenden Bodens	Topffüllung
A (Kontrolle)	-	70%
B	30 % gedämpft (1/2 h, 100 °C)	100%
C	30 % gedämpft (1/2 h, 50 °C)	100%
D	30 % ungedämpfter Boden	100%

Als Testpflanzen werden „Apfelsämlinge einheitlicher Sortenherkunft“ verwendet, die sich im 2-3 Blattstadium befinden. Die Testgefäße sollen im Freiland aufgestellt oder in den Boden eingesenkt werden.

Wenn der Testboden frei von Müdigkeit ist, dann werden die Varianten B, C, D die gleichen Zuwächse aufweisen. Auf Grund des geringeren Substratvolumens wird in der Variante A der Zuwachs etwas geringer sein. In Variante B (100 % des Substrates bei 100 °C gedämpft) wird das Wachstum immer am größten sein. Wenn der Boden frei von phytopathologisch bedeutenden Nematodenpopulationen ist, dann sollte das Wachstum in den Varianten C und D gleich sein, da in Variante C (Dämpfung bei 50 °C) alle Nematoden abgetötet sein sollten. Ist das Wachstum in Variante C besser als in D, dann sind Nematoden für die Wachstumsdepressionen in D verantwortlich. Abhängig davon ob das Wachstum in den Varianten C und D dem der Variante A entspricht, um 30 % oder um 50 % reduziert ist, unterscheiden OTTO und WINKLER (1974) schwache, starke und sehr starke Bodenmüdigkeit.

Dieser Test wurde von OTTO und WINKLER (1975 b) weiterentwickelt. In der Variante C bestand die Zugabe dann aus 15 % ungedämpften und 15 % gedämpften (1/2 h, 100 °C). Testboden. Alternativ wurde die Variante C' eingeführt, bei welcher der gedämpfte Anteil nur eine halbe Stunde auf 50 °C erhitzt worden war. Wie im ursprünglichen Test soll mit der Variante C' eine Beteiligung phytopathogener Nematoden festgestellt werden (OTTO und WINKLER 1975, STEGMANN und BÜNEMANN 1981 a). Dieser Test wurde in der ursprünglichen

Form von OTTO und WINKLER (1975 c) zum Nachweis von Bodenmüdigkeit in wachsenden Apfelanlagen verwendet.

In der Tabelle 4 finden sich die Varianten des von OTTO und WINKLER (1977) verwendeten Tests, mit dessen Hilfe sie verschiedene Müdigkeitsstufen erzeugten.

Tabelle 4: Zusammensetzung der verschiedenen Varianten beim Test auf Bodenmüdigkeit nach OTTO und WINKLER (1977)

Varianten	Zugabe des zu prüfenden Bodens
A	unbehandelter Boden
B	2/3 unbehandelter Boden, 1/3 gedämpft (1/2 h, 100 °C)
C	1/3 unbehandelter Boden, 2/3 gedämpft (1/2 h, 100 °C)
D	100 % gedämpfter Boden (1/2 h, 100 °C)

Später wurden die Ergebnisse dieser Biotests zusammengefasst und ausgewertet. Dabei zeigte sich, dass von 105 auswertbaren Tests nur 14,3 % keine oder geringe Schäden aufwiesen. Dagegen aber 26,7 % mittlere, 17,1% starke und 41,9% sehr starke Nachbauschäden. Davon wurden nur 4,8% ausschließlich von Nematoden verursacht (OTTO et al. 1986). Es gibt leider keine Angaben, warum einige der Tests nicht auswertbar waren.

3.1.3.2. Testpflanzen

Sowohl für die Topf-Tests als auch für mögliche Probepflanzungen im Freiland ist die Identifikation einer geeigneten Testpflanze wichtig. Die unterschiedliche Anfälligkeit von *Malus*-, *Prunus*- oder *Rosa*-Arten für Nachbauprobleme wurde in der Literatur viel diskutiert, konnte aber bisher nicht bewiesen werden. Beispielsweise suchte WAECHTER-KRISTENSEN (1990) nach einer als Indikator geeigneten Apfelunterlage, konnte jedoch keine eindeutigen Unterschiede feststellen. In Versuchen zeigte sich, dass Rosen auf *R. multiflora* und *R. rubiginosa* ein stärkeres Wachstum im Anbau nach Rosen, Äpfeln und landwirtschaftlichen Kulturen zeigten, als solche auf *Rosa canina* oder *Rosa 'Laxa'* (SZABO 1999).

WUNDERLICH und WOLF (1993) testeten erst verschiedene krautige *Rosoideae* und dann Sämlinge von *Rosa corymbifera* 'Laxa' ohne geeignete Indikatoren zu finden. Die Variabilität des Versuchsmaterials war zu hoch. In vitro vermehrte Rosensorten zeigten dagegen ein sehr gleichmäßiges Wachstum. Die Zuwächse bei der autoklavierten Variante (121 °C, ½ h) zeigte

im Versuch ein signifikant besseres Wachstum als die unbehandelte Kontrolle. Dabei ließen sich in den ersten 4 Wochen keine Unterschiede zwischen den Varianten feststellen. Unterschiede in der Wuchshöhe traten erst nach 6-8 Wochen auf. Um eine direkte wuchsfördernde Wirkung der Dämpfung auszuschließen, wurde zum Vergleich der Test mit Boden von einer zuvor nie mit Rosen bepflanzten Fläche wiederholt. Dabei konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen dem unbehandelten und dem autoklavierten Boden festgestellt werden. Durch den Vergleich von verschiedenen Sorten konnten besonders empfindliche Testpflanzen nämlich 'Komet' und 'Europa' identifiziert werden. Bei diesem Testverfahren können Streuungen der Messwerte durch inhomogenes Pflanzenmaterial ausgeschlossen werden. Die direkte positive Wirkung des Dämpfens, z. B. durch Nährstofffreisetzung, ebenfalls.

Dieses Testverfahren eignet sich möglicherweise zur Identifikation von bodenmüden Rosenstandorten. Zu beachten ist dabei jedoch, dass zuerst eine Untersuchung auf Nematoden erfolgen muss und eine bisher nicht mit Rosen bepflanzte Fläche für den Vergleich zur Verfügung stehen muss.

3.1.3.3. Zuverlässigkeit von Biotests

Bei der technischen Durchführung der Tests ergeben sich weitere Probleme. Neben Entseuchungsmitteln und Dämpfung wurde in einigen Versuchen auch eine jungfräuliche Kontrolle als Vergleich herangezogen. Dabei zeigte sich, dass das Wachstum der behandelten Varianten häufig über das Wachstum auf den jungfräulichen Böden hinausging. In den Versuchen von SAVORY (1966 a) zeigte die Behandlung mit Chlorpikrin eine deutliche Verbesserung gegenüber der jungfräulichen Variante. Bei der Behandlung mit DD gab es dagegen kaum Unterschiede. Abhängig von der Wahl des Entseuchungsmittels sind auch die Übereinstimmungen mit dem Freiland nicht immer gleich (GILLES 1974).

Für die Verwendung in Gefäßversuchen müssen die Bodenproben aufgearbeitet werden (Trocknen, Lagern, Sieben, Aufdüngen, Mischen). Dadurch wird eine Veränderung in der Bodenstruktur und der mikrobiologischen Zusammensetzung erzeugt, die einen direkten Vergleich mit dem natürlichen Standort nicht zulässt.

Für die statistische Auswertung der Tests ist eine möglichst geringe Streuung im Wachstum der verwendeten Versuchspflanzen anzustreben. Vegetativ vermehrte Pflanzen und Sämlinge haben sich als ungeeignet erwiesen. In-vitro-Pflanzen können diesem Anspruch jedoch genügen (WUNDERLICH und WOLF 1993).

3.1.4. Mögliche Ursachen von An- und Nachbauproblemen

3.1.4.1. Nematoden

Eine häufige Ursache für Wuchsdepressionen sind Schäden durch Nematoden. Besonders *Pratylenchus penetrans* tritt oft als Schädling an Kulturpflanzen auf.

Nematoden sind in 75% der von LÖSING (1995) untersuchten Proben die Ursache für Wuchsdepressionen bei Rosen gewesen. Ein besonders eindeutiges Kennzeichen von Nematodenbefall ist das nesterartige Absterben der Pflanzen.



Abbildung 1: Nematodenschäden in einem Rosenbestand



Abbildung 2: Nematodenschäden auf entseuchten (hinten) und nicht entseuchten Parzellen (Versuchsfläche Bönningstedt)

Da besonders *Pratylenchus penetrans* einen sehr großen Wirtskreis hat, kann eine effektive Regulation der Befallsstärke nur erreicht werden, wenn zwischenzeitlich entweder eine chemische Entseuchung stattfindet, oder eine Zwischenkultur mit *Tagetes* erfolgt. Die Wirksamkeit von Entseuchungsmitteln und unterschiedlichen Vorkulturen wurde von STRÄBBURGER (1992) untersucht. *Tagetes erecta* eignet sich als Vorkultur sehr gut für die Bekämpfung von Nematoden. Auch der Einsatz von Terabol und eine Dämpfung vor der Pflanzung bzw. Aussaat von Rosen zeigten gute Ergebnisse. Das Nematizid Aldicarb wirkte dagegen nicht in allen Fällen zuverlässig. LÖSING (1995) beobachtete bei *Tagetes erecta* und *Tagetes patula* eine gute Wirkung gegen Nematoden. *Tagetes minuta* 'Nemanon' reduzierte die Nematodenpopulationen dagegen nicht so stark. Die Wirksamkeit dieses Bekämpfungsverfahrens wird durch Unkrautbesatz reduziert, da die Wildkräuter mögliche Nematodenwirte sind.

Ergebnisse aus einem Langzeitversuch in der Abteilung Baumschule der Universität Hannover, weisen darauf hin, dass sich nach wiederholtem Anbau von Rosen-Arten die Zusammensetzung der Populationen zu Ungunsten der schädlichen *Pratylenchus* sp. verschiebt. Andere Nematoden, meist ohne schädliche Einflüsse, treten dafür verstärkt auf (THOMAS UND EGBERS 1999).

3.1.4.2. Allelopathie

Bei allelopathischen Wirkmechanismen können die von den Pflanzen ausgeschiedenen Stoffe direkt auf eine andere Pflanze wirken oder indirekt durch die Hemmung von Symbiosepartnern. Auch die Symbiosepartner einer Pflanze können andere Pflanzen oder deren Partner beeinträchtigen. Zu den Pflanzen mit allelopathischem Potential gehören aquatische und terrestrische, krautige Pflanzen, Gehölze, Farne, Flechten und Algen.

Schon Theophrast (371-285 v. Chr.) beobachtete eine hemmende Wirkung von Kichererbsen auf andere Gewächse. Plinius der Ältere erklärt das schlechte Wachstum anderer Pflanzen unter Walnussbäumen mit deren schädlichen Ausscheidungen (HEß 1999). Auch unter Bambus und Tamarisken (*Ficus religiosa*) kommt es zu Wachstumsdepressionen (JATINDRA 1919).

Der Begriff der Allelopathie wurde 1937 von Molisch geprägt und beschreibt chemische Wechselwirkungen von Pflanzen und Mikroorganismen untereinander. Mittlerweile sind viele dieser Wechselwirkungen bekannt. Die ausgeschiedenen Stoffe können die Keimung der eigenen Art hemmen oder die anderen Arten. Beispielsweise keimen die Sporen der meisten parasitischen Pilze nicht an ihrem Entstehungsort (RICE 1994). Auch Bakterien scheiden

autotoxische Stoffe aus (EIJMANN 1904). Fichtennadeln enthalten Stoffe, die das Wachstum von Fichtensämlingen hemmen. Die Wirkung ist gegen Kiefernensämlinge jedoch stärker ausgeprägt (BUBLITZ 1953). Auch in der Streuschicht unter der Japanischen Rotkiefer (*Pinus densiflora*) wurden toxische Stoffe gefunden, die eine Besiedlung durch andere Pflanzen hemmen (RICE 1994).

Die Wurzelausscheidungen von Pflanzen oder Auswaschungen aus ihren Blättern haben auch Einfluss auf die Bodenmikroflora. WINTER (1955) konnte in den Blättern von verschiedenen Pflanzen Stoffe nachweisen, die *Bacillus subtilis*, *Echerichia coli* und *Staphylococcus aureus* in vitro hemmten. Einige Substanzen förderten das Bakterienwachstum. Die Bakterien waren unterschiedlich anfällig gegenüber den verschiedenen Substanzen. Durch die Beimischung von 5% Porree-Blattbrei zu einem Boden wurde innerhalb von 14 Tagen eine Veränderung in der Bodenmikroflora erzeugt. Weitere Pflanzen mit teilweiser antibiotischer Wirkung sollen *Acer pseudoplatanus*, *Ajuga reptans*, *Apium graveolens*, *Arctostaphylos uva ursi*, *Empetrum nigrum*, *Calluna vulgaris*, *Ceratostigma plumbaginoides*, *Cercis siliquastum*, *Cheiranthus cheiri*, *Clematis vitalba*, *Conium maculatum*, *Horminum pyrenaicum*, *Iberis sempervirens*, *Ledum palustre*, *Liriodendron tulipifera*, *Matricaria inodora*, *Plantago media*, *Plumbago europaea*, *Scrophularia vernalis*, *Ruta graveolens*, *Vaccinium vitis idaea* und *Valeriana sambucifolia* sein.

In Rotklee (*Trifolium pratense*) werden Isoflavone gebildet, die beim Verrotten zu Phenolen abgebaut werden, die für den Klee toxisch sind (HEB 1999). *Parthenium argentatum* ist eine Wüstenpflanze, die in den USA zur Kautschukgewinnung in Plantagen angepflanzt wird. In den Anlagen wachsen die Randpflanzen besser, als die in der Mitte. Die Ursache ist eine trans-Zimtsäure, die von den Pflanzen über die Wurzeln ausgeschieden wird. Der Stoff wirkt toxisch auf die eigene und andere Arten. Die Abstände zwischen den Pflanzen sind in der Natur dadurch so groß, dass es zu keiner Konkurrenz um Wasser kommen kann (HEB 1999). HOESTRA (1988) vermutete, dass es sich auch bei anderen Nachbauproblemen um solche natürlichen Phänomene handelt. Als Beispiel nannte er Apfelbäume, die in der Natur überwiegend solitär wachsen.

Die Wirkung von *Eucalyptus* auf andere Pflanzen reicht bis in eine Entfernung von zehn Metern vom Stamm und hält bis zu vier Jahre nach der Rodung an. Unter anderem werden Mais, Erdnüsse und Hirsearten geschädigt (NARWAL 1994). Die Wurzelausscheidungen des Weißen Steinklees (*Melilotus alba*) hemmen die Keimung von Weidelgras (*Lolium multiflorum*). Diese Hemmung ist in Abhängigkeit vom Kultursubstrat unterschiedlich stark ausgeprägt. Auf Filterpapier im Labor wirkten im Versuch bereits viel kleinere Mengen als in

einer Quarzsandkultur oder in einer Nährlösung (KNAPP 1967). BÖRNER (1960 a) untersuchte in Wasserkultur die Wirkungen verschiedener Wildkräuter auf Getreide und Kartoffeln. Dabei stellte er fest, dass Getreide in vielen Fällen gefördert, Kartoffeln dagegen meistens in ihrem Wachstum gehemmt wurden. Dabei hatten Roggen und Hafer einen starken Hemmeffekt auf Beikräuter. Gerste und Weizen dagegen nur einen geringen.

Wilder Buchs (*Arcostaphylos uva ursi*) hemmt einjährige Pflanzen. Die Hemmung ist bis zu einem Radius von 1 m von der Kronentraufe deutlich zu erkennen. In 2 m Entfernung sind bereits zehnmal mehr Sämlinge pro Quadratmeter zu finden. Die Hemmung korreliert mit der prozentualen Bodenbedeckung durch das Falllaub. Mit zunehmender Entfernung wird die Dichte der Laubschicht reduziert (HANAWALT 1971). Die Buschlandschaft Kaliforniens, das Chaparral, ist ganz von der allelopathischen Wirkung einiger weniger Arten geprägt. Eine dominierende Art ist *Adenostoma fasciculatum* (Rosaceae). Um diese Pflanzen bildet sich ein Hof, der frei von Kräutern und Gräsern ist. Als Ursache konnten phenolische Substanzen aus den Blättern ermittelt werden, die mit dem Regen in den Boden gelangen. Bei Buschbränden werden die Sträucher und die phenolischen Substanzen im Boden vernichtet. Nach dem Feuer wachsen dann Gräser und krautige Pflanzen auf den Flächen. Nach wenigen Jahren bilden die neu ausgetriebenen Büsche dann wieder Hemmhöfe aus und der alte Zustand stellt sich wieder ein (HEB 1999).

Da die abgegebenen Stoffe nicht nur auf Pflanzen, sondern auf alle anderen Lebewesen im Boden wirken, kann eine Beeinträchtigung der Pflanze auch indirekt erfolgen. Ausscheidungen von Besenheide (*Calluna vulgaris*) hemmen beispielsweise die Mykorrhiza von Fichte (*Picea abies*) und damit auch das Wachstum des Baumes (RICE 1994).

Nicht nur lebende Pflanzen können schädlich wirken. Aus den Ernterückständen verschiedener Pflanzen werden beim biologischen Abbau Toxine freigesetzt. Aus Wurzelrückständen von Pfirsich wird beispielsweise Amygdalin frei. Der Stoff selbst wirkt nicht nachteilig auf Pfirsichsämlinge, wird aber von Mikroorganismen zu Glucose, Hydrocyansäure und Benzaldehyd abgebaut. Das Benzaldehyd hemmt die Atmung der Wurzeln und führt zu Verbräunung der Wurzelspitzen (KNAPP 1967, BINDRA 1970, GUR ET AL. 1988). *Pythium*, Nematoden und *Aktinomyceten* werden durch Amygdalin und andere Wurzelrückstände des Pfirsichs oder deren Abbauprodukte geschädigt (ISRAEL ET AL. 1973). Die negative Wirkung einer Vorkultur von Reis (*Oryza sativa*) auf Reis oder Sojabohne (*Glycine max*) durch Phenolcarbonsäuren aus dem biologischen Abbau von Reisstroh verursacht. Die Stoffe sind toxisch für Reis und die Knöllchenbakterien von Sojabohne (*Bradyrhizobium japonicum*). Wird das Stroh verbrannt, fallen keine Toxine an und es kommt

zu keiner Schädigung (RICE 1994, HEß 1999). Die Ernterückstände von Hirse (Stoppeln und Stängel) hemmen das Wachstum von Weizen und Hafer (GRÜMMER 1955). Laut SCHRÖDER (1975) wirkt sich das Einarbeiten von Stroh positiv auf die Folgekultur aus. Obwohl Phenole aus Strohrückständen eine herbizide Wirkung haben können.

Eine Ursache für ein gehemmtes Pflanzenwachstum können auch Ausscheidungen von symbiotischen Mikroorganismen sein. Es werden verschiedene allelopathische Reaktionen beschrieben, die möglicherweise auf Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Mykorrhiza-Arten zurück zu führen sind. Beispielsweise hemmt die Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*), die eine vesiculäre arbuskuläre Mykorrhiza (VAM) ausbildet, das Wachstum von Heidekraut (*Calluna vulgaris*), mit ericoider Mykorrhiza, und Moorbirke (*Betula pubescens*), mit ektotropher Mykorrhiza. Das Pfeifengras (*Molinia caerulea*) behindert durch seine VAM die Verjüngung der Baumschicht (DÄGLING 1994).

Auch das Fehlen von Mikroorganismen kann sich negativ auswirken. Giftige Stoffe aus *Sorghum* werden durch *Trichoderma*- und *Aspergillus*-Arten abgebaut. Fehlen die Bakterien, zum Beispiel auf leichten Sandböden, dann treten Nachbauprobleme bei *Sorghum* nach *Sorghum* auf (RICE 1994).

Allelopathie ist nicht allein auf den Boden beschränkt. Ausscheidungen der Blätter (COBOUN 1994) und sogar der Pollen einiger Pflanzen (RICE 1994) können das Wachstum bzw. die Fruchtbildung anderer beeinträchtigen.

Auch ohne die Produktion von toxischen Stoffen nehmen Pflanzen Einfluss auf den Boden ihres Standortes. Beispielsweise dominieren nach einem Gletscherrückgang kurze Zeit Erlen das Gebiet. Die Zersetzung von Erlenlaub führt zu einer Versauerung des Bodens. Dadurch können Fichten in das entsprechende Gebiet einwandern und die Erlen verdrängen. Auf diese Weise kommt es zu einer natürlichen Sukzession (CAMPBELL ET AL. 1997). Im Laufe seines Lebens nimmt ein Baum Einfluss auf sein Substrat und bedingt damit eine Veränderung des Artenspektrums in der Rhizosphäre (DÄGLING 1994).

In der Tabelle 5 sind einige Substanzen aufgeführt, die als toxische Ausscheidungsprodukte verschiedener Pflanzen identifiziert wurden.

Tabelle 5: Pflanzliche Toxine

Pflanze	Stoff	Quelle
<i>Avena sativa</i>	Scopoletin	BÖRNER 1960 a
<i>Encelia farinosa</i>	3-Acetyl-6-methoxybenzaldehyd p-Oxybenzoesäure p-Cumarin	BÖRNER 1960 a
<i>Juglans nigra</i>	Juglon	BÖRNER 1960 a
<i>Oryza sativa</i>	Phenolcarbonsäuren	RICE 1994, HEB 1999
<i>Parthenium argentatum</i>	trans-Zimtsäure	BÖRNER 1960 a, HEB 1999
<i>Prunus persica</i>	Amygdalin	BÖRNER 1960 a, KNAPP 1967, GUR ET AL. 1988
<i>Pyrus malus</i>	Phlorizin	BÖRNER 1960 a
<i>Secale cereale</i> <i>Triticum aestivum</i> <i>Hordeum vulgare</i>	Ferulasäure Vanillinsäure	BÖRNER 1960 a
<i>Trifolium pratense</i>	Isoflavone	HEB 1999

3.1.4.3. Aktinomyceten

Als Ursache für die Müdigkeit bei *Rosaceae* wird der Befall mit Aktinomyceten diskutiert. Bisher fehlt ein Nachweis für die Pathogenität, der aus den Wurzeln von Äpfeln, Birnen, *Sorbus*, *Cotoneaster* und *Pyracantha* isolierten *Aktinomyceten*, da bisher keine Infektion nach In-vitro-Kultur gelungen ist und daher auch keine Reinfektion durchgeführt werden konnte (OTTO ET AL. 1994). Bei der Apfelsorte 'Northern Spy' sollen *Aktinomyceten* zumindest teilweise für die Nachbauprobleme verantwortlich sein. Nach einer Dämpfung, durch die sie abgetötet worden waren, traten keine Symptome an Apfelsämlingen mehr auf (WESTCOTT ET AL. 1986).

Bei *Rosa canina*, *Prunus mahaleb* und *Prunus myrobalana* wurden bisher keine *Aktinomyceten* gefunden (PETZHOLD 1999). WINKLER UND SZABO (1995) begründen mit dem fehlenden Nachweis in *Prunus*, dass nach Kirsche bei Apfel und umgekehrt keine Nachbauprobleme auftreten. Untersuchungen von OTTO haben gezeigt, dass eine Infektion von Apfelwurzeln mit *Aktinomyceten* nur während der Vegetationsperiode vor der Bildung einer dormanten Knospe erfolgt. Es wird vermutet, dass von der Apikalknospe gebildete Hormone die Wurzelausscheidungen beeinflussen und so eine Infektion ermöglichen. SZABO

UND WITTENMAYER (2000) untersuchten die Wurzelabscheidungen von Apfel- und Kirschsämlingen. Dabei konnten keine Unterschiede in der Ausscheidung von Phytohormonen gefunden werden. Es konnten jedoch apfelspezifische Substanzen gefunden werden, die im Laborversuch die Bildung von Aktinomyceten-Kolonien förderten. Dabei handelt es sich um Mannitol, Fructose, Xylitol, Mannose und Sorbitol. In anderen Versuchen (OTTO 2003) soll die Zugabe von Zuckern zu den Nährmedien ohne Einfluss auf Aktinomyceten gewesen sein. Auxine wirkten sich dagegen positiv aus. Unterschiedliche Aktinomyceten-Stämme bevorzugen vermutlich unterschiedliche Nährmedien. Daher ist es möglich, dass für die Aktinomyceten Phytohormone als Richtungsweiser dienen, und dass eine Infektion von Kirsche nicht erfolgt, weil eine Inkompatibilität besteht. Ebenso können die Zucker als Richtungsweiser dienen und eine Infektion fördern. Infektionen bei Kirsche würden dann durch das Fehlen der Botenstoffe oder durch Inkompatibilität verhindert. Die Behandlung von Versuchspflanzen mit Auxinen und Abscisinsäure erhöhte die Ausscheidung von Zuckeralkoholen, so dass angenommen werden kann, dass es zumindest eine indirekte Beteiligung der Hormone an der Infektion gibt (WITTENMAYER UND SZABO 2000). Versuche die Ausscheidungen durch Kulturmaßnahmen so zu reduzieren, dass keine Infektion erfolgen kann, waren nicht erfolgreich. Es zeigte sich jedoch, dass bei Stress (z.B. N- und P-Mangel) verstärkt Zuckeralkohole abgegeben wurden (WITTENMAYER 2003).

Die Aktinomyceten allein erklären die Rosaceen-Müdigkeit nicht ausreichend. WESTCOTT ET AL. (1986) gelang es in Gefäßversuchen nicht, Wachstumsdepressionen in Boden aus dem Wurzelraum von müden Pflanzen zu induzieren.

Eine Infektion mit Aktinomyceten ließ sich ebenfalls nicht nachweisen (WESTCOTT ET AL. 1986). Vermutlich sind *Aktinomyceten* Bestandteil eines Ursachenkomplexes, der in einigen Fällen Müdigkeit bei *Rosaceae* induzieren kann.

Nach der Kultur von *Amelanchier* lassen sich große Mengen von *Pratylenchus penetrans* im Boden nachweisen (BERTRUM 1998). Möglicherweise ist das die Ursache für die Nachbauprobleme, die an Zieräpfeln nach *Amelanchier* auftreten kann (LÜTTMANN 2003).

Kirsche soll bei Apfel Wachstumsdepressionen verursachen können (LOEWEL ET AL. 1959). *Juglans nigra* und *Potentilla fruticosa* schaden Apfel und *Rose* (SCHANDER 1955).

3.1.4.4 Andere Bodenorganismen

Bei Bodenuntersuchungen werden überwiegend Pflanzenpathogene und mögliche Symbiosepartner von Pflanzen betrachtet. Die Beziehungen verschiedener Bodenorganismen untereinander bleiben unberücksichtigt. Ein Beispiel dafür sind die Nematoden.

Weltweit gibt es 1500 bekannte Nematodengattungen mit 80-100.000 Arten (ALPHEI 1994). Davon sind etwa 200 Arten phytophag und einige wenige entomophag. Bei den meisten Bodenuntersuchungen werden nur phytophage Nematoden berücksichtigt. Der Einfluss der übrigen Arten auf die Vorgänge im Boden ist daher zum größten Teil unbekannt. In Waldböden können Dichten von 400.000 Individuen pro Quadratmeter (Buchenwald) bis zu 29 Millionen Individuen pro Quadratmeter (Eichenwald) auftreten (ALPHEI 1994). Die Populationen werden in ihrer Zusammensetzung vom jahreszeitlichen Rhythmus (Wassergehalte im Boden, Temperatur) und von anderen tierischen und pflanzlichen Lebewesen beeinflusst.

Nematoden sind mit fast allen Lebewesen im Boden vernetzt. Einige Arten reduzieren die Zahl von Protozoen und andere erhöhen sie. Teilweise wird auch die Zahl von Nematoden durch Protozoen reduziert, wenn diese eine stärkere Konkurrenzkraft haben oder die Fadenwürmer sogar parasitieren. Auch Regenwürmer können die Zahl bestimmter Nematoden um bis zu 90% reduzieren. In anderen Versuchen wurde eine Erhöhung der Nematodenzahlen durch Regenwürmer festgestellt. Ein Einfluss von Nematoden auf die Zusammensetzung der Bakterienflora durch Fraßtätigkeit kann dagegen nicht erwartet werden, da die Tiere in ihrer Nahrungswahl unspezifisch sind (ALPHEI 1994).

Die Bodenorganismen werden direkt durch Kulturfolgen beeinflusst. In Monokulturen können sich bestimmte Pilze, Nematoden und Bakterien leichter vermehren, als bei einem Wechsel der Kulturpflanzen. Dabei sind die Mikroorganismen unterschiedlich gut an die einzelnen Kulturpflanzen angepasst. In einer Hafermonokultur wurde *Aspergillus fumigatus* als dominante Spezies identifiziert. Unter Mais *Penicillium funiculosum*. Unter Weizen war die Zahl der Pilze insgesamt geringer und es ließ sich keine eindeutig dominante Art finden (SCHEFFER ET AL. 1989). Beispielsweise stehen *Rhizoctonia solani* und *Cercospora herpotrichoides* in Weizenmonokulturen miteinander in Beziehung. Die Reduktion des einen Pilzes fördert jeweils den anderen. *R. solani* wird durch Gründüngung gehemmt. *C. herpotrichoides* bildet jedoch verstärkt Sporen und tritt im Folgejahr vermehrt auf. Durch die Bekämpfung von *C. herpotrichoides* erhöht sich wiederum der Befall mit *R. solani* (OBST ET AL. 1977).

Durch den Anbau von verschiedenen Zwischenkulturen kann der Nematodenbesatz des Bodens reduziert werden. Die *Tagetes erecta*-Sorte Nemanon® zeigte in Versuchen als Zwischenkultur bei *Rosa laxa* und Apfelsämlingen genauso gute Ergebnisse wie eine chemische Bodenentseuchung (MAETHE 1989). *Lupinus albus*, *Tagetes tenuifolia* und *Tagetes minuta* reduzierten in Gefäßversuchen die Zahl von Nematoden um mehr als 80% (SCHAAF 2000).

3.1.5. Ursachen von Bodenmüdigkeit

3.1.5.1. Die vier Theorien

Im Einzelfall können die beschriebenen Zusammenhänge an der Bodenmüdigkeit beteiligt sein. Sie treten dann jedoch zusammen mit anderen Faktoren auf und sind Bestandteil eines Ursachenkomplexes. Keine der Theorien kann bislang allein die Bodenmüdigkeit bei den meisten Arten erklären.

3.1.5.1.1. Toxintheorie

Die Befürworter der Toxintheorie gehen davon aus, dass sich aus Wurzelabscheidungen, Abbauprodukten oder Ausscheidungen von Mikroorganismen im Laufe der ersten Kultur Toxine im Boden ansammeln, die bei einer Folgekultur die Pflanzen vergiften.

Bei verschiedenen Kulturen wurden phenolische Verbindungen gefunden, die in Laborversuchen Wachstumsdepressionen verursachten. Unter anderem wurden bei Lein, Pfirsich und Apfel potentiell toxische Stoffe identifiziert.

Gegen die Toxintheorie spricht, dass die Toxine im natürlichen Boden nicht in ausreichend hoher Konzentration vorliegen, um die Pflanzen zu schädigen (JÜRGENS 1967). Die in der Literatur beschriebene Persistenz über mehrere Jahre bis hin zu Jahrzehnten lässt sich durch die Toxintheorie nicht erklären. Die bekannten Toxine haben eine einfache Struktur und sind im Boden nicht sehr beständig.

3.1.5.1.2. Nährstoffmangel

Obwohl es ein Charakteristikum der Bodenmüdigkeit laut Definition (KLAUS 1939) ist, dass von Bodenmüdigkeit betroffene Pflanzen nicht auf Nährstoffgaben reagieren, wurden dennoch verschiedene Nährstoffmängel untersucht. KOBERNUß (1950) konnte in Nährlösungsversuchen durch induzierten Bormangel Symptome an Apfelwurzeln verursachen, die für Bodenmüdigkeit typisch sein sollten. Leider konnten diese Symptome nur von ihr beobachtet werden. In keiner weiteren Veröffentlichung werden sie beschrieben.

Von Bodenmüdigkeit betroffene Pflanzen haben keine geringeren Nährstoffgehalte als gesunde Pflanzen (FASTABEND 1955, HEIN 1972).

Die für Nährstoffmangel typischen Chlorosen treten bei Bodenmüdigkeit nicht auf.

3.1.5.1.3. Organismentheorie

Bei dieser Theorie wird die Ursache der Nachbauprobleme in der Anhäufung von schädlichen Mikroorganismen gesehen. Am häufigsten wurden Nematoden untersucht. Besonders *Pratylenchus*-Arten treten häufig in Kulturen mit Nachbauproblemen auf. Versuche haben jedoch ergeben, dass Nematoden allein nur einen geringen Teil der Wachstumsdepressionen verursachen. Nach den Analysen von KLOCZKO und SPETHMANN (1994) werden die Reduktionen von Pflanzen- und Wurzelfrischgewicht sowie der Gesamtlänge zu 50-84 % durch „Nicht-Nematodenfaktoren“ verursacht.

Auch phytopathogene Pilze wurden wiederholt untersucht. In Einzelfällen kann man davon ausgehen, dass sie zumindest einen Anteil an den Wachstumsdepressionen haben (MULDER 1969, LOVELIDGE 1978, SEWELL 1981) *Rhizoctonia sp.* (MAZOLLA und GU 2000).

Otto, Winkler und Szabo (OTTO UND WINKLER 1977, OTTO ET AL. 1994 a, OTTO UND WINKLER 1995 etc.) untersuchten Aktinomyceten. Der Ertrag von betroffenen Apfelbäumen kann bis auf 30% einer normalen Ernte zurückgehen. Die Dauersporen der Aktinomyceten bleiben möglicherweise bis zu 60 Jahre lang im Boden erhalten, ohne dass sie von Mikroorganismen angegriffen werden. Leider ist bisher keine Reinfektion mit isolierten Aktinomyceten gelungen, so dass das Koch'sche Postulat bisher unerfüllt geblieben ist.

3.1.5.1.4. Physikalische Bodenverschlechterung

Durch das Befahren mit schwerem Gerät und unsachgemäße Bodenbearbeitung kann es zu Bodenverdichtung und Zerstörung der Bodenstruktur kommen. Durch Störungen des Wasserhaushaltes kann das zu Kümmerwuchs bei Pflanzen führen. Organische Substanz als Nahrung für die Bodenlebewesen sind in den intensiv bewirtschafteten Böden häufig nicht

ausreichend vorhanden. Die natürliche Artenvielfalt fehlt (BAEUMER et al. 1994). Möglicherweise ist die Verbesserung der Bodenstruktur durch Stallmistdüngung in einigen Fällen dafür verantwortlich, dass keine Bodenmüdigkeit auftritt oder sich sogar zurückbildet. NICOLIN (1950) berichtet, dass in Belgien über 30 Jahre lang Äpfel nach Äpfeln auf denselben Quartieren angezogen wurden ohne, dass Bodenmüdigkeit auftrat. Es sollen dort jährlich 2000 Doppelzentner Stallmist pro Hektar ausgebracht worden sein (FASTABEND 1955). VON BRONSART (1949) schreibt: „Es ist wohl möglich, dass Bodenverdichtung zu Müdigkeitserscheinungen führen kann. [...] In manchen Fällen wird Tiefenlockerung nützlich sein – aber nur mit einer sehr sorgfältigen Pflege der Oberfläche.“

3.1.5.2. Modelle zu Ursachenkomplexen

Charakteristisch für die Bodenmüdigkeit im Vergleich zu anderen Nachbauproblemen ist das Fehlen eines spezifischen Schaderregers, dem allein alle Wachstums- und Ertragsdepressionen zugeschrieben werden können. In einzelnen Fällen wurden Pilze oder Bakterien gefunden, die Bestandteil des Ursachenkomplexes sind. Bei Pfirsich wurden *Pythium ultimum* und *Phytophthora cactorum* als ein Faktor der Müdigkeit identifiziert (MILLER ET AL. 1966, MIRCETICH 1971). Bei Apfel *Pythium ultimum* (MULDER 1969, LOVELIDGE 1978) und *Aktinomyceten* (OTTO UND WINKLER 1977, OTTO UND WINKLER 1995 u. a.). MAZOLLA und GU (2000) fanden neben *Pythium* sp. auch *Rhizoctonia* sp. in apfelmüden Böden. Auch bei *Citrus* konnten HASSAN ET AL. (1989 a, b, c) in ihren Versuchsböden keinen einzelnen Schaderreger als Ursache der Nachbauprobleme identifizieren. Die Menge an pathogenen und nicht-pathogenen Mikroorganismen unterschied sich nicht in müdem und gesundem Boden. Bei fast allen betroffenen Bäumen wurde eine Infektion mit *Phytophthora citrophora* festgestellt. Auch durch eine Inokulation mit *Fusarium solanii* konnten Müdigkeitssymptome induziert werden. Eine Bodenentseuchung mit Methylbromid erhöhte den Ertrag auf alten Citrusböden sehr stark. In den Inokulationsversuchen reduzierten auch nicht-pathogene Mikroorganismen und eine Kombination aus Pathogenen und Nicht-Pathogenen das Wachstum. Diese Ergebnisse entsprechen den Beobachtungen von SAVORY (1966 a, b) und KÜMMELER (1981), die durch Bodenentseuchung eine bessere Wuchsleistung als auf jungfräulichem Boden erzielten. Die Beseitigung aller Mikroorganismen wirkte sich, zumindest während der Jugendentwicklung der Versuchspflanzen positiv aus. Die am Müdigkeitskomplex beteiligten Mikroorganismen müssen demnach nicht pathogen sein, um Wachstumsdepressionen auslösen zu können.

MAZOLLA und GU (2000) stellten fest, dass nach der Kultur von bestimmten Weizen-Sorten, die als Vorkultur Wachstumsdepressionen bei Äpfeln verminderten, die Zusammensetzung der Populationen von fluoreszierenden Pseudomonaden verändert war. *Pseudomonas putida* trat verstärkt auf. Die Isolate dieser Art konnten in vitro erfolgreich gegen wachstumshemmende Pilze eingesetzt werden. Im Feld blieben die Zuwächse jedoch aus, da andere Pilze (*Cylindrocarpon* sp.) die Apfelwurzeln befielen.

Auch Nematoden (*Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* sp.) wurden häufig im Zusammenhang mit Müdigkeitserscheinungen gefunden (SWART-FÜRCHTBAUER 1954, OOSTENBRINK 1955, SCHANDER 1955 a, KOEHNE 1959, OTTO und WINKLER 1994). Bei allen von Müdigkeit betroffenen Kulturen wurden auch Nematoden gefunden. Zum Beispiel bei Apfel (MAI 1969, MAI ET AL. 1970, PARKER und MAI 1974, JAFFEE und MAI 1979 a, JAFFEE ET AL. 1982, MAZOLLA und GU 2000), bei Pfirsich (RICCIARDI ET AL. 1975), bei Kirsche (MAI und PARKER 1967, HARR und KLINGLER 1976, OTTO und WINKLER 1995) und bei Rose (COOLEN und HENDRICKX 1972, SANTO und LEAR 1976, DAUCK und SPETHMANN 1991, LÖSING 1995). Im Allgemeinen werden Nachbauprobleme durch Nematoden nicht zur Bodenmüdigkeit gerechnet. Der Test auf Bodenmüdigkeit, den OTTO und WINKLER (1974) entwickelten, beinhaltet eine Variante, die nur bei 50°C gedämpft wird um Nematoden abzutöten (siehe Kapitel 4). Die darüber hinaus bleibenden Wachstumsdepressionen wurden der Bodenmüdigkeit zugeschrieben. Vermutlich sind Nematoden Bestandteil von Ursachenkomplexen. Ob sie als primäre Schädlinge auftreten und durch ihre Saugtätigkeit anderen Organismen Öffnungen für eine Infektion bieten oder erst durch die Schwächung der Pflanze begünstigt werden, kann dabei schwer bestimmt werden.

Es gibt 4 Möglichkeiten wie nicht-pathogene Mikroorganismen das Wachstum von Pflanzen reduzieren können.

- a) Symbiotische Mikroorganismen (Mykorrhizabildner oder Knöllchenbakterien) nutzen in der Anfangszeit nach der Infektion die Nährstoffe der Pflanze, liefern selbst aber noch keine Nährstoffe an. Dadurch wird das Wachstum der infizierten Pflanzen verringert. Auch bei guter Versorgung mit Stickstoff und Phosphat über die Bodenlösung, die eine Symbiose überflüssig macht, kann sich dieser Nährstoffentzug nachteilig auswirken. Die infizierten Pflanzen bleiben im Wachstum hinter den nicht-infizierten zurück.

- b) Durch das Fehlen von Antagonisten oder andere Faktoren kann es zu einer Infektion mit Mikroorganismen kommen, die unter anderen Umständen nicht pathogen wären. Schwächeparasiten können auftreten.
- c) Nicht virulente Mikroorganismen dringen durch Verletzungen (Bodenbearbeitung, Nematoden) in das pflanzliche Gewebe ein und siedeln sich an.
- d) Pflanzliche Abfallstoffe werden durch Destruenten in toxische Abfallprodukte zerlegt. Diese Stoffe können phytotoxisch sein. Sie können aber auf Mikroorganismen toxisch wirken, die als Antagonisten oder Symbionten wirken.

Die Bildung von Toxinen aus Pflanzenrückständen ist mehrfach nachgewiesen worden. Zum Beispiel Amygdalin bei Pfirsich (KNAPP 1967, ISRAEL ET AL. 1973, MIZUTANI ET AL. 1977, GUR ET AL. 1988) und Phlorizin bei Apfel (BÖRNER 1958). Das Phlorizin wirkt phytotoxisch, liegt aber im natürlichen Boden nicht in ausreichend großer Menge vor, um Wachstumsdepressionen verursachen zu können (JÜRGENS 1967). Es lässt sich daher keine direkte Beziehung zwischen dem Toxin und den Nachbauproblemen feststellen (HUDSKA 1988). Wenn man annimmt, dass das Toxin nicht direkt wirkt, sondern Antagonisten von Pathogenen hemmt oder durch sein Auftreten bisher unbedeutende Mikroorganismen fördert, dann kann man eine indirekte Beziehung zu Nachbauproblemen herstellen.

Die von HASSAN ET AL. (1989 a) beobachteten Infektionen mit *Phytophthora citrophora* wären dann durch die Schwächung der Pflanze begünstigt. Es würde sich nicht um die Ursache, sondern um eine Folgeerscheinung der Bodenmüdigkeit handeln.

Die Wirkungsgeflechte im Boden sind sehr komplex und nicht vollständig zu erfassen. Wie die Versuche von MAZZOLA und GU (2000) zeigen, treten nach der Beseitigung von einigen Pathogenen andere neu oder in stärkerem Maße auf.

3.1.6. Maßnahmen gegen Nachbauprobleme

Da die Ursachen von Nachbauproblemen unterschiedlich sind, kann nicht mit jedem Entseuchungsverfahren ein optimales Ergebnis erzielt werden. Entsprechend unterschiedlich wurden Verfahren und einzelne chemische Mittel nach Versuchen eingeschätzt.

3.1.6.1. Dämpfung und andere physikalische Entseuchungsverfahren:

Zur Beseitigung von Nematoden reichen Temperaturen von 50 bis 60 °C aus. Zur Bekämpfung der Bodenmüdigkeit ist eine Temperatur von mindestens 70 °C für eine Stunde nötig (OTTO 1972 c). JONKERS und HOESTRA (1978) hatte mit einer Dämpfung bei 60°C keinen Erfolg und vermutete als Ursache der Wachstumsdepressionen *Aktinomyceten*. WESTCOTT ET AL. (1986) konnten *Aktinomyceten* mit einer Dämpfung bei 60 °C über 30 Minuten effektiv bekämpfen und die Symptome der Bodenmüdigkeit damit beseitigen. Beim Vergleich dieser Temperaturwerte ist zu bedenken, dass nicht bekannt ist, wie schnell die jeweilige Zieltemperatur erreicht und dann wirklich gehalten wurde. FRENZ ET AL. (1978) empfehlen Temperaturen von 90-95 °C bei einer Behandlungsdauer von etwa 30 Minuten. Wenn die Temperatur von 95°C überall erreicht ist, sollte sie noch weitere 10-20 Minuten gehalten werden. Eine Woche vor der Dämpfung sollten durch Auflockern und Anfeuchten des Bodens Dauerformen von Schaderregern zum Keimen angeregt werden, um ihre Empfindlichkeit gegenüber der Dämpfung zu erhöhen.

In verschiedenen Fällen übertrifft das Pflanzenwachstum auf den gedämpften Flächen das in jungfräulichem Boden (KÜMMELER 1981). In anderen Fällen blieben die Zuwächse darunter (FASTABEND 1955). Generell kann nicht vorausgesagt werden, wie sich die Bodensterilisation auswirkt. In Einzelfällen kann die Dämpfung negativ wirken. Zum Beispiel werden Mykorrhizapilze zerstört, die zur Phosphatversorgung der Sämlinge von *Pinus* und *Picea* erforderlich sind. Dadurch kommt es bei diesen Arten in der ersten Anbausaison nach einer Dämpfung zu Wachstumsdepressionen und deutlichen rötlichen Verfärbungen durch Phosphatmangel (CAMPAGNA und WHITE 1973). Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass durch die Dämpfung Toxine im Boden zerstört werden.

Die Dämpfung ist ein rückstandsloses und ungiftiges Entseuchungsverfahren. Es können aber Mangan (FASTABEND 1955), Ammonium-Stickstoff und Phosphorsäure verstärkt freigesetzt werden. Um Schäden an den Pflanzen zu vermeiden, „pflanzt man entweder in den noch warmen Boden oder erst 2-3 Wochen nach dem Dämpfen“ (FRENZ ET AL. 1978). Die chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften (pH-Wert, Porenvolumen) ändern sich durch die Behandlung nicht (FASTABEND 1955).

Ein relativ neues Verfahren zur Bodendesinfektion ist die „Solarisation“. Dazu werden klare Polyethylenfolien auf feuchtem Boden ausgelegt, unter denen es durch die Einstrahlung der Sonne etwa 70°C heiß wird (STAPLETON 1997, WULF und KOENIG 2002). Dieses Verfahren eignet sich nur für Gebiete mit hoher Sonneneinstrahlung. Im Allgemeinen wird es in Kombination mit Methylbromid angewendet. Besonders im Unterglasanbau und im Anbau

von einjährigen Kulturen und in der Jungpflanzenanzucht. In Dauerkulturen werden statt klaren Folien schwarze verwendet. Unter diesen werden die Temperaturen nicht zu hoch und die Pflanzen nicht geschädigt. *Verticillium* sp. werden dennoch effektiv bekämpft. Bei der Verwendung von klarer Folie kann es zum Absterben von Mandeln und Aprikosen durch die Hitze kommen (STAPLETON ET AL. 2000). *Melioidogyne* sp. und *Macrophomina phaseolina* werden nur abgetötet, wenn die Solarisation während der heißesten Zeit des Jahres durchgeführt wird. Insgesamt ist eine Wirksamkeit bei 40 Pilzen, mehr als 25 Nematoden-Arten, Unkräutern und einigen Bakterien nachgewiesen. Obwohl alle klaren PE-Folien gut zur Solarisation geeignet sind, werden spezielle Folien produziert, die in einem hohen Maße infrarote Strahlung absorbieren (STAPLETON 1997). In Mitteleuropa werden keine ausreichend hohen Strahlungswerte erreicht. Versuche mit Mulchfolien unter Reben haben ergeben, dass durch die Folien die Symptome der Bodenmüdigkeit verstärkt werden. Es wurde vermutet, dass die Folien die Auswaschung von toxischen Stoffen verringert wird (SCHUMANN und RÜDEL 1982, WASCHKIES 1992).

3.1.6.2. Chemische Entseuchung

Es wurden schon sehr früh chemische Substanzen in den Boden eingebracht, um bodenbürtige Schaderreger abzutöten. Bereits vor 1900 wurden Benzin, Äther oder Schwefelkohlenstoff in den Boden eingespritzt (KOCH 1899, RIZEMA BOS 1899). Diese Behandlungen töteten die Insektenlarven und Rebläuse ab, die für die Nachbauprobleme bei Reben zu dieser Zeit verantwortlich gemacht werden konnten. Durch das Einspritzen von Schwefelkohlenstoff und Benzin mit dem „Pal injecteur“ wurden beispielsweise Engerlinge, *Agrotis* und *Tipula* abgetötet (RITZEMA BOS 1899). STÖRMER (1909) verwendete in seinen Versuchen Chloroform, Benzol, Toluol, Xylol und Karbolsäure. Die Verbesserung des Pflanzenwachstums führt er auf eine Erhöhung des Stickstoffangebotes zurück, die sich aus der Zersetzung der abgetöteten Mikroorganismen ergibt. Er stellte fest, dass Bakterien Karbolsäure, Kresol und Toluol als alleinige Kohlenstoffquelle nutzen können. Es ist daher zu vermuten, dass auch diese Behandlungen vor allem Insekten abgetötet haben.

In den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts finden sich wenige Berichte über Bodenentseuchung. Erst um 1930 wird ihr wieder mehr Beachtung geschenkt. BRONSART (1933) spricht sich für eine Bodenreinigung mit chemischen Mitteln aus. Sie begründet dies mit der Beobachtung, dass die Bekämpfung der Reblaus mit Schwefelkohlenstoff „Mehrerträge zur Folge hatte, die nicht allein der Abtötung der Reblaus zugeschrieben werden konnten“. Auch KLAUS (1939) nennt nur Schwefelkohlenstoff als chemisches

Entseuchungsmittel. Er erwähnt andere Mittel, die getestet wurden, nennt diese jedoch nicht. Es ist zu vermuten, dass es sich dabei um die von KOCH (1899), RIZEMA BOS (1899) und STÖRMER (1909) eingesetzten Stoffe handelt. Auch FASTABEND (1955) und SCHANDER (1956) verwendeten nur Schwefelkohlenstoff zur Entseuchung. HOCHAPFEL (1955) setzt dagegen in seinen Versuchen auch Chlorpikrin ein.

Chlorpikrin und Schwefelkohlenstoff sind keine chemischen Stoffe, die direkt zur Behandlung von Bodenmüdigkeit entwickelt wurden. KOEHNE (1959) berichtet, dass Trapex® (Methylisothiocyanat) von 1959 an hergestellt wurde. Von da an nimmt die Zahl der chemischen Bodenentseuchungsmittel ständig zu. In der Liste der Bodenentseuchungsmittel von WENNEMUTH (1962) stehen Shell DD®, Nematicur®, Trapex®, Vapam®, Larvacide® und Mylone® als von der BBA anerkannt. Haltox® und T 45® waren zu dem Zeitpunkt nicht anerkannt, wurden aber in den holsteinischen Baumschulen verwendet. HOFFMANN (1963) verwendete neben Chlorpikrin auch Metham-Natrium. HAYDEN et al. (1968) testeten Metham-Natrium, 1,2-Dibrom-3-chlorpropan, 1,3-Dichlorpropen, Dazomet, Ethylendibromid, Methylbromid und Dichlorpropen-Dichlorpropan.

Neben Kohlenwasserstoffverbindungen wurden auch chemische Substanzen mit Quecksilber oder Arsen verwendet. Beispielsweise Aretan® (C_3H_7ClHgO), Rhizoctol® und Urbacid®. Bis etwa zur Mitte der 70er Jahre nahm die Zahl der Entseuchungsmittel weiter zu. Nach 1975 gibt es nur noch wenige Berichte über Entseuchungsversuche. Von den genannten Präparaten ist nur noch Basamid® in Deutschland (als Fungizid, Herbizid und Nematizid) zugelassen. Zusätzlich wird Metham Fluid® eingesetzt. Das Mittel ist flüssig und muss mit einem speziellen Pflug ausgebracht werden.



Abbildung 3: Spezialpflug zur Ausbringung von Metham Fluid®



Abbildung 4: Das Präparat wird direkt unter die Pflugschare gegeben



Abbildung 5: Um ein Ausgasen zu vermeiden, wird der Boden mit der Walze gegen die Fahrtrichtung verschmiert

Methylbromid wird zurzeit noch in der Landwirtschaft und im Gartenbau eingesetzt (USA, Jordanien, Ägypten, Mazedonien u. a.). Ab 2005 wird der Einsatz in den Industrieländern und ab 2015 in den Entwicklungsländern auf Grund des Montreal-Abkommens weltweit verboten sein. Danach dürfen nur noch 1,3 Dichlorpropen, Chlorpikrin und Methylisothiocyanat verwendet werden. Methyl-Jodid und Propargyl-Bromid sollen neu zugelassen werden (YATES ET AL 2001).

3.1.6.2.1. Wirkung einzelner Entseuchungsmittel

3.1.6.2.1.1. Schwefelkohlenstoff

Besonders Schwefelkohlenstoff (CS_2) wurde in vielen Versuchen verwendet (KOCH 1899, HILTNER 1909, STÖRMER 1909, ROTHMALER 1951, HOCHAPFEL 1955, SCHANDER 1955, HILLEBRAND 1973). Die Substanz ist giftig, feuergefährlich und siedet bereits bei $46\text{ }^\circ\text{C}$. Schwefelkohlenstoff löst Fette, Harze, Phosphor, Schwefel und Jod. Durch die Behandlung des Bodens mit dieser Chemikalie wird der Anteil an löslichem Mangan (BRONSART 1949) und Bor (ROTHMALER 1951) erhöht. Verschiedene toxische Stoffe im Boden werden aufgelöst (GRÜMMER 1955, SCHANDER 1955). HILTNER (1909) beobachtet eine Hemmung der

Nitrifikation. Die Knöllchenbakterien von Leguminosen werden jedoch nicht beeinflusst (KOCH 1899). Das Pflanzenwachstum wird verbessert (KOCH 1899, STÖRMER 1909, BRONSART 1949, ROTHMALER 1951, FASTABEND 1955). Die Wirkung als Bodenentseuchungsmittel ist dennoch nicht zufriedenstellend (HOCHAPFEL 1955). HOESTRA (1973) stellte eine Wirkung gegen Nematoden erst bei einer Aufwandmenge von 4000 Litern pro Hektar fest. Die Wirkung hält nicht lange an (HILLEBRAND 1971). Nachteilig ist auch, dass eine Folgekultur erst nach sehr langer Wartezeit angepflanzt werden kann. RÜMLER (1902) beschreibt den Einsatz von Schwefelkohlenstoff bei der Bekämpfung der Reblaus (*Phylloxera vastatrix*). Zusammen mit Petroleum wurde er auch zur Beseitigung der Rebstöcke nach einer Rodung benutzt. Zwei bis drei Wochen nach der CS₂-Infektion wurden die Reste der Wurzeln ausgegraben und auf der Fläche verbrannt. Wein konnte nach dieser Behandlung erst zehn Jahre später wieder angepflanzt werden (WILHELM 1965).

3.1.6.2.1.2. Chlorpikrin

Auch das Nervengas Chlorpikrin (CCl₃NO₂) fand lange Zeit Verwendung als Bodenentseuchungsmittel. Im ersten Weltkrieg wurde es als Kampfstoff (Klop) eingesetzt. Es wirkt reizend auf Augen, Atemwege (Lungenödeme) und Magen (Übelkeit, Erbrechen, Kolik, Diarrhöe). Es kann auf den Menschen tödlich wirken. Der Stoff ist nicht wasserlöslich, kann aber in lebende Pflanzenteile eindringen (CRÜGER 1956). Chlorpikrin war wirksamer Bestandteil verschiedener Entseuchungsmittel. Die wichtigsten waren Larvacide® und Telone®. Es wirkt am besten bei Bodentemperaturen zwischen 12 und 20 °C. Die Aufwandmengen sind im Vergleich zum Schwefelkohlenstoff gering. HOCHAPFEL (1955) verwendete weniger als 50 cm³/m² und beobachtete auch im Folgejahr noch eine Verbesserung des Pflanzenwachstums. Beim Schwefelkohlenstoff setzte er dagegen bis 2000 cm³/m² ein ohne, dass sich im Folgejahr ein positiver Einfluss zeigte. Auch SAVORY (1966 a, b) stellte einen positiven Effekt von Chlorpikrin auf das Pflanzenwachstum fest. Die Äpfel der so behandelten Variante wuchsen sogar noch stärker als die auf jungfräulichem Boden. WILHELM (1965) bekämpfte *Pythium ultimum* mit Chlorpikrin und konnte bei Erdbeeren, Blumenkohl und Tabak einen Ertragszuwachs von über 100% feststellen. In den Versuchen von RYAN (1975 d) wurden sogar Zuwächse von 190% erzielt. Chlorpikrin wirkt toxisch auf Nematoden, Bakterien, Pilze und Insekten. SCHANDER (1955) vermutete eine Wirksamkeit gegen an der Apfelmüdigkeit beteiligtes Toxin.

3.1.6.2.1.3. Methylbromid

Methylbromid (Terabol®, Zadesa Methylbromid®) wurde gegen Nematoden eingesetzt. Es siedet bereits bei 3,6 °C und muss daher gasförmig verwendet werden (REBER 1966). HEIN (1972), CAMERON (1974), SCHUMANN ET AL. (1982), HASSAN (1989 a) und STRAßBURGER (1992) bestätigten in Versuchen die Wirkung des Mittels. Nematoden, Pilze und Insekten werden abgetötet. HASSAN ET AL. (1989 b) vermuteten unter anderem auch eine Wirkung gegen ein Toxin, das an der Citrusmüdigkeit beteiligt ist. In den Versuchen von KÜMMELER (1981) war Methylbromid wirkungslos.

Die empfohlene Aufwandmenge lag bei 50 g/m². Es wurde bei Reben (SCHUMANN UND RÜDEL 1982), bei Apfel (HEIN 1972, STRAßBURGER 1992), bei Rosen (STRAßBURGER 1992) und in Gemüsekulturen (MALKOMES 1972) eingesetzt. Die Wartezeiten bis zur Pflanzung waren sehr kurz. SCHUMANN UND RÜDEL (1982) pflanzten bereits 2 Tage nach der Entseuchung. Straßburger wartet im ersten Versuchsjahr 7, im Folgejahr 14 Tage.

Schäden an Pflanzen wurden nicht festgestellt, obwohl Methylbromid als Herbizid wirkt. SCHUMANN et al. (1982) bestätigen eine Verringerung des Unkrautbesatzes. MALKOMES (1972) konnte nachweisen, dass sich in den älteren Pflanzenteilen von Gemüsekulturen das Brom aus vorangegangener Bodenentseuchung anreichert. Bromschäden konnte er nicht nachweisen. Der Anbau von Gemüse nach einer Methylbromidentseuchung war erst nach drei Jahren wieder zulässig (FRENZ 1978). In den Niederlanden ist Methylbromid seit 1992 verboten.

3.1.6.2.1.4. Dazomet-Präparate

Dazomet (3,5-dimethyltetrahydro-1,3,5(2H)-thiadiazin-2-thion) war als wirksamer Bestandteil in verschiedenen Präparaten enthalten (Basamid®, Crag Nematicide®, Dazomet 90G®, Fogosane®, Hetron®, Mylone®). Der Wirkstoff kann gegen Nematoden, Pilze, Samen- und Wurzelunkräuter eingesetzt werden. RYAN (1975 d) stellte in seinen Versuchen bei der Entseuchung mit Basamid® einen Zuwachs von 96% gegenüber einer unbehandelten Kontrolle fest. Durch die Beseitigung von *Meloidogyne incognita* mit 30 g/m², 30 Tage vor der Pflanzung, konnte bei Kartoffeln der Ertrag um 200% gesteigert werden (VAN BERKUM UND HOESTRA 1979). KOVACS (1978) erzielte mit Hetron® in seinen Versuchen mit Aprikosen und Äpfeln so gute Wachstumsleistungen wie bei einer 2-stündigen Bodendämpfung bei 80°C. DAMMANN (1971) fand in den ersten Jahren nach der Anpflanzung einen Wachstumsvorsprung bei den Bäumen auf den mit Basamid® entseuchten Flächen. Nach vier Kulturjahren waren keine vegetativen Unterschiede mehr feststellbar.

OTTO ET AL. (1986) empfahlen die Verwendung von Dazomet-Präparaten, da sie im Vergleich zu Metham-Natrium bessere Ergebnisse lieferten (siehe Tabelle 6). Die Ausbringung erfolgte in eine Tiefe von bis zu 25 cm, mit einer Aufwandmenge von 500 kg/ha bzw. 50 mg/m² (OTTO und WINKLER 1986).

In Australien wurde Basamid® gegen Apfelmüdigkeit eingesetzt. Das vegetative Wachstum wurde verbessert und entsprach etwa der mit Methylbromid entseuchten Variante. Die Erträge waren jedoch nicht so hoch. Bei der Sorte 'Sundowner' wurde die Fruchtgröße gegenüber der Kontrolle verbessert. Bei 'Golden Delicious' konnte kein Einfluss auf die Fruchtgröße festgestellt werden (BROWN und SCHIMANSKI 2002).

In Deutschland ist Basamid® noch bis zum 31.12.2003 zugelassen. Die Wiedertzulassung wurde beantragt.

3.1.6.2.1.5. Methylisothiocyanat-Präparate (MIT)

Besonders Trapex® und Di-Trapex® wurde vielfach getestet (KOEHNE 1959, DAMMANN 1971, HEIN 1972, BLANK 1978). Laut VAN BERKUM und HOESTRA (1979) wurde MIT (Trapex®) zu der Zeit kaum noch verwendet. Die Präparate mit kombinierten Wirkstoffen, z. B. Di-Trapex® und Vorlex®, wurden stärker eingesetzt.

Von KOEHNE (1959) wurde Trapex® bei einer Bodentemperatur von 12-18 °C in eine Tiefe von 10 cm ausgebracht. Die Wartezeit betrug 3 Wochen.

Zur optimalen Wirkung von Di-Trapex® muss der Boden feinkrümelig und feucht, aber nicht zu nass sein. Die Granulate lösen sich in Wasser auf und wirken durch die gasförmige Phase.

Di-Trapex® wird mit einem Pflugdosiergerät in Tiefen von 15 bis 25 cm eingebracht. Je niedriger die Bodentemperaturen sind, desto flacher sollte das Mittel ausgebracht werden. Es muss 7 (18°C) bis 30 Tage (5°C) einwirken, je nach Bodentemperatur. Danach wird flach zurückgepflügt, damit auch der obere Boden mit dem Gas in Berührung kommt. Um Schäden durch Wirkstoffrückstände auszuschließen, sollte vor der Pflanzung ein Kressetest gemacht werden. In der Baumschule wurden 25 bis 50 cm³/m² eingesetzt (BLANK 1978).

HEIN (1972) erzielte mit Trapex-Behandlungen bei Äpfeln eine Erhöhung des Wurzelhalsdurchmessers, der Frischmasse und der Trieblänge. KÜMMELER (1981) konnte mit Di-Trapex® keine Wirkung erzielen.

3.1.6.2.1.6. Andere Mittel

Andere Entseuchungsmittel oder Antibiotika waren meistens nicht so erfolgreich wie die oben genannten. Beispielsweise konnte HEIN (1972) mit Antibiotika keine Wachstumsverbesserung bei Äpfeln erzielen. Er vermutete, dass diese im Boden zu schnell zersetzt würden.

DOMSCH (1970) untersuchte die Wirkung verschiedener Bodenentseuchungsmittel (Natriummethyldithiocarbamat = Vapam®, Allylalkohol) und Bodenfungizide (Captan®, Thiram®) auf Pilze und Bakterien. Alle Präparate reduzierten die Zahl der Pilze stark. Die Wirkung gegen Aktinomyceten war bei den Fungiziden stärker als bei den Bodenentseuchungsmitteln. Bei der Behandlung mit Allylalkohol nahm die Bakterienflora zu. Captan® hatte keine Auswirkung auf die Bodenbakterien. Direkt nach der Behandlung war das gesamte Bodenleben gehemmt. Dann übernahmen fungizidresistente Organismen den Abbau der Stoffe. Abhängig von Art und Menge des Präparats, so wie der Substratbeschaffenheit erfolgte die Neubesiedelung durch fungizidempfindliche Organismen nach wenigen Stunden oder erst nach Wochen. Durch die Behandlungen ergaben sich unterschiedliche Verschiebungen in der Arthäufigkeit.

Dichlorpropan-Dichlorpropen (DD) wirkt gut gegen Nematoden. Im Einsatz gegen Bodenmüdigkeit war es nicht immer erfolgreich (RYAN 1975 d). Es wurde in Kombination mit Chlorkipkrin (DD-Picfume®, Terr-O-cide®) und Methylisothiocyanat (Di-Trapex®, Vorlex®) verwendet.

OTTO und WINKLER (1983) stellten bei einigen Bioziden auf Nährböden eine Wirkung gegen Aktinomyceten fest, die sich aber auf natürlichen Böden nicht zeigte und keinen Einfluss auf Bodenmüdigkeit hatte. Zu diesen Mitteln gehörte Pentachlornitrobenzol (PCNB). Auch die Fungizide Thiuram® und Polyram-Combi® wirkten im Labor gegen Aktinomyceten. Im Boden wurde die Zahl der Bakterien erhöht und die Zahl der Aktinomyceten verringert. Im Vergleich mit der müden Kontrolle nahm durch die Dämpfung (100°C, 1 Stunde) die Zahl der Bakterien bis zum Ende der Vegetationsperiode zu und die Zahl der Aktinomyceten um etwa 50% ab (OTTO und WINKLER 1983). Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Reduktion der Aktinomyceten möglicherweise nicht direkt durch die chemischen Mittel erreicht wurde, sondern indirekt über die Förderung der Bakterienflora.

Einige Entseuchungsmittel zeigten unerwünschte Nebenwirkungen. Telone® und Dorlone® reduzierten die Frosthärte von Pfirsichen (HAYDEN 1968). Chemagro 4497 wirkte in einem Versuch von CAMERON (1974) gut gegen Nematoden. 12,4% der Bäume auf der behandelten Fläche gingen jedoch auf Grund von Phytotoxizität ein.

3.1.6.3. Vergleich der Verfahren

Durch die Dämpfung oder die chemische Entseuchung werden niemals alle Bodenorganismen abgetötet. Daher spricht man auch von einer „partiellen Bodensterilisation“. Der größte Teil des Bodenlebens wird jedoch abgetötet. Weil dazu auch Antagonisten gehören, besteht die Gefahr, dass sich bei einer Reinfektion mit Schaderregern diese ungehindert und in viel stärkerem Maße als vor der Behandlung ausbreiten können. Die Bodenentseuchung muss daher mit einer „allgemeinen Betriebshygiene“ verbunden sein (FRENZ et al. 1978).

Die Wirksamkeit ist nicht bei allen Fällen gleich gut. Sie hängt in erster Linie von der Ursache der Nachbauprobleme ab. In einem Versuch von JACKSON (1973) wurde beispielsweise mit Chlorpikrin das Wachstum von Apfelsämlingen, aber nicht das von Kirschsämlingen verbessert. Die unterschiedlichen Ursachen ließen sich nicht mit den gleichen Mittel bekämpfen. STRABBURGER (1992) konnte bei Rosen durch eine Dämpfung eine Frischgewichtproduktion von 440 % der Kontrolle erreichen. Bei Terabol® waren es 400 %. Dieser Wert entsprach den Ergebnissen einer Vorkultur mit *Tagetes*. Auf der Versuchsfläche von STRABBURGER (1992) konnten Nematoden (*Pratylenchus* sp.) als Ursache der Nachbauprobleme identifiziert werden. Bei COVEY (1979) wirkte das Nematizid Telone® nicht. Methylbromid und Chlorpikrin zeigten Wirkung. In diesem Fall waren Nematoden nicht an dem Nachbauproblem beteiligt. Es konnten keine bestimmten Mikroorganismen als Ursache identifiziert werden.

HASSAN ET AL. (1989 b) vermuteten, dass ein Faktor der Nachbauprobleme auf ihren Versuchsböden ein Toxin war, das mit Methylbromid reagierte und dadurch inaktiv wurde. In anderen Fällen wirkten Methylbromid-Präparate nicht oder kaum (HEIN 1972, KÜMMELER 1981), obwohl der Wirkstoff Methylbromid im Allgemeinen eine gute Wirksamkeit zeigte (DUNN 1972, SCHUMANN und RÜDEL 1982, HASSAN ET AL. 1989 b). COVEY (1979) fand Arsen (72-504 ppm) in seinen Böden, das für einen Bestandteil des Ursachenkomplexes in Ost-Washington hielt. Er konnte nachweisen, dass die gefundenen Arsenkonzentrationen das Wachstum reduzierten.

Tabelle 6: Vergleich der Wirksamkeit verschiedener Entseuchungsmittel und Dämpfung aus verschiedenen Quellen in % der Kontrolle

Mittel	Trieblänge	Erträge	Quelle
Dämpfung	333 % (Bitterfelder S.)		HEIN 1972*
Basamid	196 % (Apfel) 100 % (Golden D., Boskoop) 225 % (Golden D.) 133 % (Schattenmorelle)	120 % (Cox Orange, M9) 100 % (Golden D., Boskoop)	DAMMANN 1971 RYAN 1975 b FRICK 1976 OTTO ET AL. 1986 OTTO ET AL. 1986
Chlorpikrin	422-644 % (Bitterfelder S.) 290 % (Apfel)		HEIN 1972* RYAN 1975 b
Di-Trapex	125-208 % Apfel 100 % (Golden D., Boskoop)	127 % (Cox Orange, M9) 100 % (Golden D., Boskoop)	DAMMANN 1971 HEIN 1972* FRICK 1976
Larvacide	181-200 % (Grahams Jub.)		HOCHAPFEL 1955
Metam-Natrium	172 % (Golden D.) 104 % (Schattenmorelle)		OTTO ET AL. 1986 OTTO ET AL. 1986
Schwefelk.	155-164 % (Grahams Jub.)		HOCHAPFEL 1955
Shell-DD	100 % (Golden D., Boskoop)	100 % (Golden D., Boskoop)	FRICK 1976
Terabol	104 % (Bitterfelder S.)		HEIN 1972*
Terracur-P	100 % (Golden D., Boskoop)	100 % (Golden D., Boskoop)	FRICK 1976

* Es handelt sich um Versuche aus verschiedenen Jahren (1967-1969). Das Wachstum der Sämlinge war in den einzelnen Jahren sehr unterschiedlich. In der Kontrolle schwankten die Triebhöhen zwischen 9 und 24 cm.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass in den einzelnen Versuchen die Wirksamkeit der Präparate durch Anwendungsfehler reduziert war (Vorbereitung, Bodenfeuchte, Folienabdeckung, Auslockern vor der Kultur).

Die Verbreitung der Entseuchungsmittel wird durch organische Substanz behindert (CRÜGER 1956). Dadurch kann die Wirksamkeit von Entseuchungsmitteln (Chlorpikrin, Basamid®) reduziert werden.

Durch wiederholte chemische Entseuchung kann es zur Akkumulation resistenter Mikroorganismen kommen. Dadurch könnte die Wirksamkeit der einzelnen Mittel sinken.

Neben der Wirksamkeit sind auch die Kosten ein wichtiger Faktor für die Wahl eines Entseuchungsverfahrens. Die Kosten für eine Bodendämpfung belaufen sich nach FRENZ ET AL. (1978), abhängig von der Größe der jährlich gedämpften Fläche, auf 9.500 bis 27.500 DM und nach STROBEL (1990) auf etwa 30.000 DM pro Hektar. Hauptkostenfaktoren sind die Anschaffung des Dämpfpfluges und die Arbeitszeit. Die Kosten für die chemische Entseuchung werden durch die Wahl des Präparates bestimmt.

In der Baumschule wurden 25 bis 50 cm³/m² Di-Trapex® eingesetzt. Bei 30 cm³/m² ergaben sich Mittelkosten von 3000 DM/ha. Im Obstbau ist die Behandlung des Pflanzstreifens von 2 m Breite ausreichend, dadurch reduzieren sich die Kosten auf etwa die Hälfte. Bei Erdbeeren ist je nach Sorte und Ertrag ein zusätzlicher Erlös von bis zu 8000 DM/ha zu erzielen (BLANK 1978), so dass sich der Einsatz der chemischen Mittel finanziell lohnt. Der Einsatz einer Dämpfung dagegen nicht.

Der Einsatz von chemischen Entseuchungsmitteln war durch Wasserschutzauflagen immer stark eingeschränkt. Temik 10 G®, Basamid®, Telone®, Shell DD®, Trapex ® und Di-Trapex® durften nicht in Wassereinzugsgebieten verwendet werden. Die Anwendung von Terabol® war nur begrenzt zugelassen. Der Anbau von Gemüse auf einer mit Terabol® entseuchten Fläche war erst drei Jahre nach der letzten Behandlung wieder erlaubt (FRENZ ET AL. 1978).

Heute sind nur noch Basamid® und Metham Fluid® für die Bodenentseuchung in der Baumschule zugelassen. Die Mittel müssen mit einem speziellen Entseuchungspflug ausgebracht werden, dessen Anschaffung sich nur für wenige größere Betriebe lohnt.

Der Einsatz von Metham Fluid® ist nur mit Sondergenehmigung möglich. Allein im Pinneberger Raum wurden im Herbst 2002 und Frühjahr 2003 mehr als 90 Anträge für insgesamt 300 ha gestellt und genehmigt. Da der Einsatz von Basamid® nicht genehmigt werden muss, liegen zu diesem Präparat keine Zahlen vor.

3.1.6.4. Biologische Bodenentseuchung

Pflanzenstärkungsmittel und Gesteinsmehle werden in der Ökologischen Produktion zur Verbesserung und zum Erhalt von Bodenfruchtbarkeit eingesetzt. Es wird zwischen Stärkungsmitteln auf anorganischer Basis (SiO_2 und Silikate (Gesteinsmehle), CaCO_3 , Al_2O_3 , NaHCO_3 und andere), Stärkungsmitteln auf organischer Basis (Algenextrakte, Huminsäuren, Pflanzenextrakte, -aufbereitungen und -öle, Wachse, tierische Produkte), Homöopathika (Verdünnungen von org. und anorg. Substanzen) und Präparaten auf mikrobieller Basis (Pilze und Bakterien) unterschieden. Diese Substanzen wirken nicht direkt auf Schaderreger, sondern stärken die Widerstandskraft der Pflanze. Sie müssen also präventiv eingesetzt werden. Einige dieser Präparate werden gezielt zur Verbesserung des Bodens eingesetzt. Beispielsweise versprach die ELORISAN GmbH eine Reduktion von Nematoden bei Tabak und *Fusarium oxysporum* sp. *lycopersicae* bei Tomaten durch den Einsatz von ELORISAN-DEF. Das Pulver sollte die „mikrobiellen Lebensgemeinschaften“ steuern (GRADL 1990).

Der Anteil an organischer Substanz scheint für die Bekämpfung von Bodenmüdigkeit besonders wichtig zu sein. HAENCHEN (1957) gelang es allein durch die Zugabe von Kompost zu müdem Boden bei Rosen ein stärkeres Wachstum als auf jungfräulichem Boden zu erreichen (Stickstoffeffekt?). Pflanzlochbehandlungen mit Potground oder Kompost bewirkten in vielen Fällen eine Verbesserung des Wachstums (FASTABEND 1955, KRÄMER 1991). NICOLIN (1959) berichtet, dass die Fruchtbarkeit auf 30jährigen Apfelbeeten in Belgien durch jährliche Stallmistgaben erhalten wurde. FASTABEND (1955) beschreibt die belgische Bodenbehandlung vor der Neupflanzung wie folgt: 1000dz/ha Stallmist, Roggen oder Hafer als Zwischensaat, im Herbst 1000 dt/ha Stallmist und im Folgejahr erneute Aufschulung. In einer Baumschule sollen nach seinen Angaben jährlich eine 20 cm hohe Schicht Kleiboden auf den Quartieren verteilt worden sein. BOHNE et al. (1996) konnten zeigen, dass durch die Zugabe von etwa 500 dt/ha Stallmist die Porengrößenverteilung im Boden positiv beeinflusst wurde. Dieser Vorteil wurde durch den Abbau der organischen Substanz bis zum Folgejahr wieder aufgehoben. Diese physikalische Veränderung des Bodens könnte der Grund für die Wirkung von organischem Material sein.

BRAUN (1933) berichtet, dass bereits im ersten Jahrhundert nach Christus Schweinemist nur nach 5jähriger Lagerung zur Düngung von Reben verwendet wurde. In alten landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Schriften wird kompostierter oder gelagerter Mist zur Düngung empfohlen (DIETRICH 1826). Frischer Mist wird dagegen oft abgelehnt. Die Ausbringung in der Baumschule erfolgt oberflächlich als Mulch (CHRIST 1781).

Die Zusammensetzung der optimalen, gesunden Mikroflora und –fauna ist unbekannt. Es gibt aber Hinweise, dass Mikroorganismen, besonders Bakterien, sich positiv auf die Bodenfruchtbarkeit auswirken können. In Versuchen von OTTO und WINKLER (1983) zeigte sich, dass durch die Förderung von Bakterien ein hemmender Einfluss auf Aktinomyceten entstand. Bei HEIN (1972) war in einem Versuch mit ionisierter Strahlung das Wachstum in der Variante am stärksten, in der nur Nematoden, Pilze und Algen nicht aber Bakterien abgetötet wurden.

HASSAN ET AL. (1989 a) stellten bei Inokulationen mit Nicht-Pathogenen, Pathogenen und Kombinationen aus beiden Isolaten Wachstumsdepressionen bei *Citrus* fest. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass nach Beseitigung von Pathogenen andere, bis dahin unbedeutende Mikroorganismen, einen negativen Einfluss auf die Pflanzengesundheit haben. Wolf kam bei seinen Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass auch das Fehlen von bestimmten Mikroorganismen Wachstumsdepressionen verursachen kann (Anonym 1995 a).

3.1.7. Vergleichbarkeit

In der Vergangenheit wurden bereits vor Versuchsbeginn mögliche Ursachen ausgeschlossen und nicht untersucht. Grundlage für dieses Ausschlussverfahren waren immer ältere Arbeiten zu Nachbauproblemen. Da in keinem Fall alle möglichen Ursachen für die Wuchsdepressionen untersucht wurden, fehlt bis heute ein eindeutiger Nachweis für das Zustandekommen echter Bodenmüdigkeit.

3.1.7.1 Direkte Vergleichbarkeit

Die unterschiedlichen Forschungsarbeiten lassen sich nicht direkt miteinander vergleichen. Es lagen unterschiedliche Bodenarten auf den Versuchsflächen vor. Bei den Topfversuchen wurden die Substrate nicht alle gleich behandelt. In jedem Versuch wurden andere Pflanzenarten oder Sorten verwendet.

Es ist daher meistens unzulässig, aus der Literatur Rückschlüsse auf einen bestimmten Fall zu schließen. Jede Untersuchung auf dem Gebiet der Nachbauproblematik sollte alle möglichen Faktoren umfassen. Es kann kein Faktor von Anfang an als Ursache ausgeschlossen werden.

3.1.7.2 Versuchsfehler

Einigen Veröffentlichungen kann man entnehmen, dass es bei der Versuchsdurchführung Probleme gegeben hat, die das Erzielen von sinnvollen Ergebnissen unmöglich machten. DREBLER (1997) stellte in seiner Dissertation zum Beispiel fest, dass auf seiner Versuchsfläche im Freiland Wachstumsdepressionen auf Grund von Bodenverdichtungen aufgetreten seien und ihm keine wirklich bodenmüde Fläche zur Verfügung stand. Unterschiede in der Bakterienflora der Rhizosphäre zwischen gesunden und müden Pflanzen konnte er daher nicht feststellen.

In anderen Fällen blieben Fehler bis zur Veröffentlichung unbemerkt. Zum Beispiel untersuchte FASTABEND (1956) seine Versuchsböden nicht auf Nematoden, weil er aus der Literatur eine Beteiligung von Nematoden an der Bodenmüdigkeit bei Apfel ausschloss. Leider wurde später festgestellt, dass die von Fastabend beobachteten Wuchsdepressionen von Nematoden verursacht wurden.

SCHANDER (1956) versucht in seiner Arbeit die Wirkung von Toxinen nachzuweisen. Um seine Ergebnisse mit der Theorie in Einklang zu bringen, muss er eine sehr komplexe Wirkungsweise annehmen. Da er nicht belegen kann, wie eine gleichmäßige Wuchsreduktion durch Toxine aussieht, fügt er seiner Arbeit die Abbildung eines alten Weges bei, auf dem durch Bodenverdichtung bedingt die Pflanzen gleichmäßig klein sind. Unter dieser Abbildung 18 findet sich die Beschreibung der angeblichen Vorkultur. „[...] 5 Reihen nach Bitterfelder Sämling (3 Reihen links des Weges, 2 Reihen rechts) mit starken Müdigkeitserscheinungen; links davon nach Gladiolen, rechts nach Myrobalanen.“ In der Praxis bedeutet das: Im Vorjahr haben auf der Parzelle links großflächig Gladiolen gestanden, rechts Myrobalanen und an Stelle eines Arbeitsweges befanden sich dazwischen 5 Reihen Rosen. Beziehungsweise 6 Reihen, denn es ist eindeutig zu sehen, dass eine Reihe völlig fehlt.

HEIN (1972) geht sogar so weit, dass er die Ergebnisse seiner Untersuchungen völlig gegenläufig deutet, weil sich zeigte, dass seine Ergebnisse seine eigene Theorie widerlegten. Betrachtet man in all diesen Veröffentlichungen nur die Zusammenfassungen, werden die Fehler in den Arbeiten nicht bemerkt. Durch wiederholtes, auch zum Teil falsches, Zitieren von Primär- oder Sekundärliteratur haben sich einige falsche Angaben über Jahre in der Literatur gehalten.

3.1.8. Zusammenfassung

Die veröffentlichten Ergebnisse unterscheiden sich stark und widersprechen sich zum Teil. Allerdings sind sie auch nicht direkt vergleichbar. Zu Unterschieden in den Standorteigenschaften und bei der Wahl der Versuchspflanzen, kommen Abweichungen in den Analyseverfahren. In vielen Veröffentlichungen sind keine Extraktionsmittel angegeben. Bei älteren Untersuchungen wurden Methoden verwendet, die heute nicht mehr gebräuchlich sind.

Bei der Zusammenstellung der Literatur hat sich gezeigt, dass die Definition von Bodenmüdigkeit zu vielen Schwierigkeiten führt. Beispielsweise wurde in keinem Fall nachgewiesen, dass die Nachbauprobleme tatsächlich spezifisch sind. In einigen Fällen zeigten sich sogar bei einem Wechsel der Kultur stärkere Wachstumsdepressionen als beim artgleichen Nachbau (z.B. nach Buchs). Die Reversibilität von Wachstumsdepressionen wurde in Einzelfällen auch bei Pilzinfektionen der Blätter beobachtet.

Ursache von Wachstumsdepressionen können oberirdische oder bodenbürtige Schaderreger aber auch Störungen in den chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften sein. Werden diese durch wiederholten Anbau einer Art gefördert, dann sprechen wir von **Nachbauproblemen**.

Es können auch bislang nicht näher definierbare Ursachenkomplexe auftreten, die sich aus pathogenen und nicht-pathogenen Organismen und Toxinen zusammensetzen. In diesen Fällen handelt es sich um **Bodenmüdigkeit**.

Die Zusammensetzung der Ursachenkomplexe unterscheidet sich zwischen verschiedenen Pflanzenarten. Zwischen den verschiedenen Standorten einer Art können ebenfalls Unterschiede auftreten. Daher muss in jedem Einzelfall eine Untersuchung aller möglichen Ursachen erfolgen. Ein Ausschluss von Möglichkeiten vor der Untersuchung ist nicht möglich.

3.2. Die Befragungen

3.2.1. Einleitung

Im Rahmen des Projektes wurde eine Umfrage unter Beratern und Praktikern durchgeführt. Ziel war es, den Wissensstand und das Problembewusstsein in der ökologischen und konventionellen Baumschulpraxis zu erfassen. Dabei zeigte sich, dass in allen Betrieben der Begriff „Bodenmüdigkeit“ bekannt ist. Es wird jedoch nicht zwischen Nachbauproblemen und echter Bodenmüdigkeit unterschieden. In einigen Fällen liegt das Auftreten von Wuchsdepressionen bereits mehrere Jahrzehnte zurück, so dass eine ursächliche Beziehung zur Vorkultur nicht auszuschließen, aber auch nicht nachweisbar ist.

Zur Vermeidung werden im Allgemeinen Flächenwechsel durchgeführt. Chemische Entseuchung wird wenig eingesetzt.

Die Ursachen der Wuchsdepressionen wurden nur selten untersucht. In den meisten Fällen wurde angegeben, dass ohnehin keine schädlichen Organismen oder Stoffe gefunden werden können, da es sich um „Bodenmüdigkeit“ handelt. Es besteht von der Seite der Praxis sehr wenig Interesse an der Aufklärung der Ursachen.

In einigen Regionen stellen Nematoden ein grundlegendes Problem dar. Im Raum Pinneberg konnten DAUCK UND SPETHMANN (1991) jedoch feststellen, dass es bei *Rosa* über den Nematodenbefall hinaus weitere Faktoren geben muss, durch die Wachstumsdepressionen verstärkt werden. Aus anderen Anbaugebieten sind solche Untersuchungen nicht bekannt.

3.2.2. Allgemeines

Der Arbeitsplan sah die Befragung im Zeitraum Mai bis Juni vor. Wegen des hohen Arbeitsaufkommens in dieser Zeit (Versand) und mit Hinblick auf andere Umfragen, die im gleichen Zeitraum durchgeführt wurden, war der Fragebogen sehr kurz und einfach gefasst. Dennoch waren nicht alle kontaktierten Betriebe bereit an der Umfrage teilzunehmen. Der Sinn der Befragungen wurde mehrfach angezweifelt.

3.2.2.1 Die Betriebe

Es wurden insgesamt 14 Betriebe befragt. Davon produzieren 10 mit konventionellen Verfahren und 4 sind ökologisch ausgerichtet. Es wurden vor allem Betriebe befragt, die *Rosa* und *Malus* in größeren Stückzahlen produzieren.

Auch in stark von Nematoden betroffenen Regionen werden Rosen im ökologischen Anbau produziert. Es hat sich gezeigt, dass hier ein großes Interesse an neuen Kulturverfahren zur Verkürzung der Standzeit bei Rosenstämmen besteht.



Abbildung 6: Verkaufspflanzen in der ökologischen Rosenschule Ruf



Abbildung 7: Die Ware wird in Papiercontainern für den Direktverkauf angeboten

Die meisten der Betriebe gaben an, dass sie nicht mulchen. In Ausnahmefällen werden aber abbaubare Mulchfolien oder Sägemehl als Mulchmaterial verwendet.



Abbildung 8: Biologisch abbaubare Mulchfolie in der Obstbaumschule



Abbildung 9: Holzspäne als Mulch in einem Apfelmutterpflanzen-Quartier

Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass die konventionellen Betriebe mit durchschnittlich 40,25 ha deutlich größer sind, als die ökologisch wirtschaftenden mit durchschnittlich 5,12 ha.

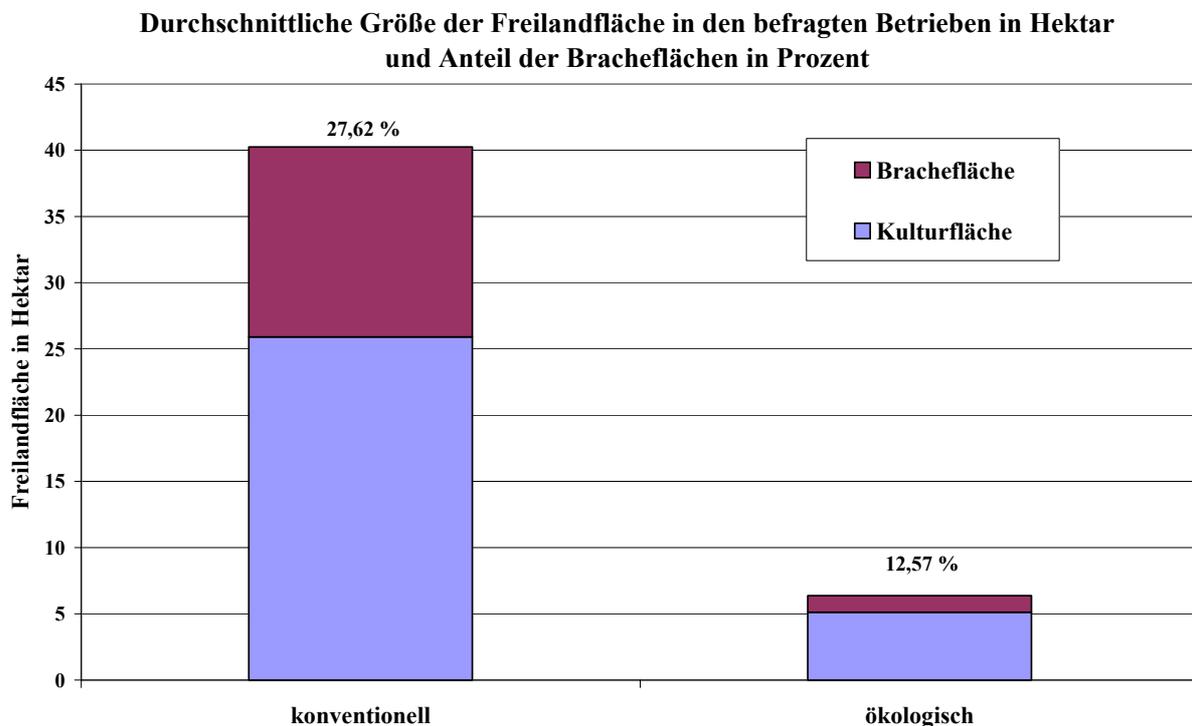


Abbildung 10: Flächengrößen in den befragten Betrieben

In den konventionellen Betrieben liegen jährlich mehr als ein Viertel der Fläche brach. In den ökologischen Baumschulen steht nur etwa ein Achtel der Fläche als Brachefläche zur Verfügung. Dadurch stehen den ökologischen Betrieben weniger betriebseigene Flächen zum Wechseln zur Verfügung und die Kulturpausen verkürzen sich.

3.2.2.2 Die Standortverhältnisse

An den Standorten liegen Sand, Lehm oder Lößlehm vor. Die jährlichen Niederschlagsmengen liegen zwischen 600 und 1200 mm im Jahr. Auf den ungekalkten Böden wurden pH-Werte zwischen 3.5 und 7.5 gemessen. Die Gehalte an organischem Material liegen zwischen 2 und 9 %.

Da durch vorbeugende Flächenwechsel Wuchsdepressionen nicht auftreten, kann keine Aussage über die Beziehung zwischen Bodenart, pH-Wert und Nachbauproblemen getroffen werden.

Bodenarten in den befragten Baumschulen

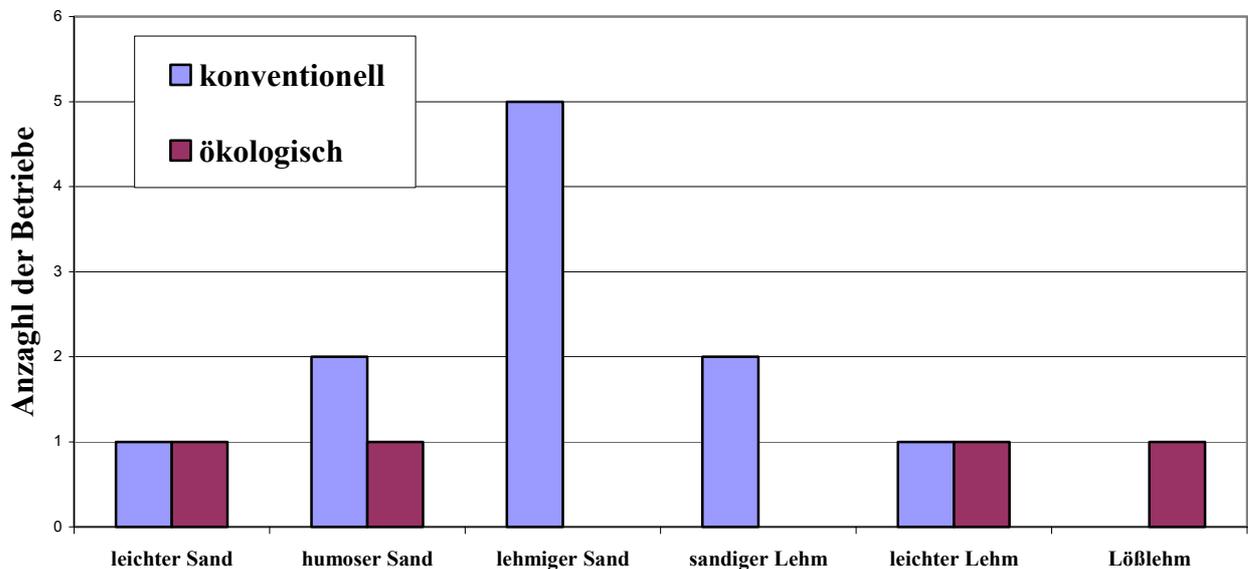


Abbildung 11: Verteilung der Bodenarten

3.2.3. Nachbauprobleme

Insgesamt gaben 9 Betriebe an, bereits Wuchsdepressionen auf ihren Flächen gehabt zu haben. Teilweise lagen diese jedoch schon Jahrzehnte zurück und lassen sich aus heutiger Sicht nicht eindeutig als Nachbauprobleme identifizieren. In der Tabelle 7 sind die Betriebe zusammengefasst, die angaben, schon einmal Probleme gehabt zu haben.

Tabelle 7: Zahl der Betriebe, die betroffene Arten anbauen und Zahl der tatsächlich von Nachbauproblemen (NBP) betroffenen

	Konventionell		Ökologisch	
	prod. Betriebe	NBP	prod. Betriebe	NBP
<i>Rosa</i>	5	5	3	0
<i>Malus</i>	4	4	3	1
<i>Sorbus</i>	2	1	1	1
<i>Pyrus</i>	4	1	2	1
<i>Rubus</i>	2	1	0	0
<i>Amelanchier</i>	1	0	0	1

In der Literatur werden auch Nachbauprobleme bei *Cotoneaster*, *Crataegus*, *Prunus*, *Pyracantha*, *Ribes sanguineum*, *Spiraea*, *Acer*, *Buxus*, *Populus*, *Taxus* und *Tilia* benannt. Bei diesen Arten traten in den befragten Betrieben bisher keine Nachbauprobleme auf. Auch in zwei Spezialbetrieben, in denen nur *Taxus* bzw. *Buxus* angezogen wird, konnten keine Wuchsdepressionen festgestellt werden.

Die Wuchsdepressionen treten nicht nur bei artgleichem Nachbau auf. Beispielsweise kann *Amelanchier* auch Wuchsdepressionen bei *Malus* verursachen. Auf einigen Kulturflächen hemmen sich in Reinbeständen von *Sorbus domestica* die Pflanzen gegenseitig sehr stark. Dieses Phänomen ist offensichtlich abhängig von bisher unbekanntem Faktoren, denn es gibt auch Berichte über gut wachsende Reinbestände (KRÜSSMANN 1997).

Einige Arten werden überwiegend in Containern angezogen, so dass sich keine Nachbauprobleme ergeben können.

In Tabelle 8 sind die Bodenarten mit den jemals aufgetretenen Wuchsdepressionen in Beziehung gesetzt. Demnach treten Nachbauprobleme unabhängig von der Bodenart auf. Vermutlich unterscheiden sich jedoch die Ursachen in den einzelnen Fällen. Es waren unterschiedliche Kulturpflanzen betroffen.

Tabelle 8: Nachbauprobleme (NBP) und Bodenart

Bodenart	Zahl der Betriebe mit NBP	Zahl der Betriebe ohne NBP
Leichter Sand	1	1
Humoser Sand	2	1
Lehmiger Sand	4	1
Sandiger Lehm	2	0
Leichter Lehm	1	1
Lößlehm	0	1

3.2.4. Bekämpfung von Nachbauproblemen

3.2.4.1. Flächenwechsel und chemische Entseuchung

Alle Betriebe betreiben einen vorsorglichen Flächenwechsel, so dass sie immer jungfräuliche Flächen verwenden. Zusätzlich wird in vier Betrieben Metham-Fluid und in zwei Basamid® zur chemischen Entseuchung eingesetzt.

Im Herbst 2002 wurden im Raum Pinneberg ca. 60 Anträge zur Anwendung von Metham-Fluid für insgesamt 150 ha Fläche gestellt und genehmigt. Im Frühjahr 2003 waren es 34 Anträge für ebenfalls 150 ha. Möglicherweise ist die insgesamt chemisch entseuchte Fläche noch größer. Angaben über den Einsatz des teureren, aber nicht genehmigungspflichtigen Basamid®, liegen nicht vor.

3.2.4.2. Gründüngung und Feindpflanzen

Bracheflächen werden grundsätzlich mit Gründüngungspflanzen besät. Als Feindpflanzen gegen Nematoden werden *Tagetes* und Sonnenblumen eingesetzt. Andere Bodenorganismen werden nicht gezielt bekämpft.

Tabelle 9: Gründüngungspflanzen in den befragten Betrieben

Pflanze	Insgesamt	Konventionell	ökologisch
Tagetes	6	4	2
Sonnenblumen	5	2	3
Phazelia	4	1	3
Senf	3	2	1
Raps	3	3	0
Lupine	2	2	0
Ölrettich	2	2	0
Weidelgras	2	2	0
Klee-Gras	1	0	1

Die Chancen zur Beseitigung von Nematoden durch Feindpflanzen sind in den ökologischen Baumschulen geringer. *Tagetes* ist als konkurrenzschwache Pflanze nur schwer ohne den Einsatz von Herbiziden anzuziehen. In den Beständen verbleibende Wildkräuter dienen den Nematoden als alternative Nahrungsquelle und senken so den Bekämpfungserfolg. Die bei

LÖSING (1995) veröffentlichten Ergebnisse beziehen sich ausdrücklich auf vollständig unkrautfreie Flächen.



Abbildung 12: Unkrautbesatz in einer ökologischen Baumschule



Abbildung 13: Die Bekämpfung von Wildkräutern erfolgt mechanisch

Die mechanische Unkrautbekämpfung auf mit *Tagetes* besäten Flächen ist schwierig. Der Kulturerfolg und damit auch die Effektivität der Nematodenbekämpfung sind dann nicht sicher.

3.2.5. Ursachen von Wuchsdepressionen

In der Region Pinneberg stellen Nematoden ein großes Problem dar. Sie werden durch Bodenproben identifiziert und die Beratung anhand der Ergebnisse gestaltet. Es werden in dem Gebiet überwiegend *Rosaceae* angebaut. Neben umfangreichem Flächenwechsel, wird auch chemische Bodenentseuchung eingesetzt. Es ist anzunehmen, dass ohne diese beiden Maßnahmen eine erfolgreiche Rosenkultur in der Region nicht möglich wäre.

In der Region Weser-Ems sind *Rosaceae* anteilig nur sehr gering vertreten. Nur zwei Betriebe kultivieren nennenswerte Rosenzahlen. Als bodenbürtige Schaderreger treten vor allem Pilze (*Verticillium* und *Phytophthora*) auf. Microsclerotien werden aus Bodenproben ausgezählt und die Beratung danach ausgerichtet. Betroffen ist vor allem *Acer*. *Tilia* gilt als wenig anfällig. Um das Risiko der Pilzinfektionen zu verringern, werden *Phazelia*, Kartoffeln und Raps nicht als Zwischen- bzw. Vorkulturen vor Ahorn verwendet. In einem Fall wurde als Ursache der Wuchsdepressionen bei *Rosa corymbifera* 'Laxa' eine Infektion mit *Pythium* und *Phytophthora* identifiziert. Diese Wuchsdepressionen werden nicht zur Bodenmüdigkeit gerechnet. Es wurden nur 2 Anträge für die Verwendung von Metham-Fluid gestellt und genehmigt. Weitere Anträge werden nicht gestellt, da die Betriebe der Region keinen Bedarf an diesem Entseuchungsmittel haben.

In der Region Baden werden *Malus* und *Rosa* nur auf jungfräulichem Boden gepflanzt. *Prunus* wird höchstens zweimal auf dieselbe Fläche gebracht. Ohne den Flächenwechsel kommt es zu Wuchsdepressionen an *Malus* und *Rosa*. Die Ursache ist nicht bekannt. Eine Analyse von Schaderregern findet nicht statt.

In der Region um Bad Nauheim treten ebenfalls Probleme mit Nematoden auf. Auch hier wird zur Bekämpfung vor allem das Wechseln von Flächen betrieben.

Die Ursachen für Nachbauprobleme bei Rosen, Kernobst und Steinobst sind nicht gleich. In Kulturfolgen, bei denen Kernobst, Rosen, Steinobst und Brache aufeinander folgen, treten keine Wuchsdepressionen auf.

3.2.6. Probleme bei der Bekämpfung von Nachbauproblemen

Es hat sich während der Umfrage gezeigt, dass Nachbauprobleme kein Hindernis für die Umstellung auf ökologische Produktion darstellen. Dennoch sind ökologische Betriebe stärker betroffen als konventionelle Betriebe.

Durch die Möglichkeit, die Wirksamkeit von *Tagetes* als Feindpflanze durch Herbizideinsatz zu erhöhen und chemische Bodenentseuchung einzusetzen, stehen den konventionellen Betrieben zur Zeit ausreichend Mittel zur Beseitigung von Nachbauproblemen zur Verfügung. Die Wiederzulassung von Metham-Fluid ist jedoch ungewiss. Die Kosten für die Entseuchung würden dann steigen, da Basamid® deutlich teurer ist. Eine Entseuchung ist in Grundwasserschutzgebieten nicht erlaubt.

Durch die Größe der Betriebe steht in den meisten Fällen genügend betriebseigene Fläche zum Wechseln zur Verfügung. Das Anpachten auch teurerer landwirtschaftlicher Flächen stellt im Allgemeinen kein großes finanzielles Problem dar.

Für die ökologisch wirtschaftenden Betriebe ist der Einsatz von Feindpflanzen nur bedingt erfolgreich. Der Besatz mit Wildkräutern ist in den Beständen höher als in konventionellen Betrieben. Nematoden und Pilzen stehen dadurch viele Wirtspflanzen zur Verfügung, und die Wirkung der Feindpflanzen bleibt aus. Chemische Entseuchung wird nicht durchgeführt. Durch die kleineren Betriebsflächen stehen keine betriebseigenen Wechselflächen zur Verfügung. Wie der Abbildung 10 zu entnehmen ist, ist der Anteil an Bracheflächen in den ökologischen Betrieben mit 12,6% deutlich geringer als bei den konventionellen. Dadurch sind die Anbaupausen kürzer. Beim Anpachten betriebsfremder Flächen ist es vorgeschrieben, dass auf konventionellen Flächen erst nach zweijähriger Brache, im dritten Jahr Umstellungsware gepflanzt werden kann und erst ab dem vierten Jahr eine anerkannt ökologische Bewirtschaftung stattfindet. Dadurch entstehen in den ersten 2-3 Jahren Kosten für eine praktisch wertlose Fläche.

Es wurden verschiedene weitere Probleme bei der Beschaffung von Wechselflächen genannt, die sowohl ökologische als auch konventionelle Betriebe betreffen.

- Mangel an gärtnerisch nutzbarer Fläche (Lage in Wohn- oder Gewerbegebieten)
- Keine jungfräulichen Flächen in der näheren Umgebung (10 km)
- Flächen sind mit Quarantäne- oder anderen Schadorganismen besetzt
- Flächen wurden mit Pflanzenschutzmitteln behandelt, die für die Kulturen schädlich sein können

- Landwirte verpachten Flächen nur kurzfristig, um bei Kontingenterhöhung ausreichend Fläche zu haben
- Landwirte verpachten Fläche nicht wegen der Prämie für Flächenextensivierung
- Durch die Verpachtung von eigenem Land verlieren Landwirte das Anrecht auf günstige Pachtflächen von Kirche oder Gemeinde, der eigene Flächenbedarf ist dann nicht mehr gedeckt

Durch die unterschiedlichen gesetzlichen Bestimmungen in den einzelnen Bundesländern sind nicht alle Betriebe von allen Problemen betroffen. Änderungen in der politischen Lage könnten sich aber in Zukunft in diesem Bereich negativ auswirken.

3.2.7. Diskussion

Nachbauprobleme verursachen in den befragten Betrieben keine großen Schwierigkeiten, solange ausreichend viele Wechselflächen zur Verfügung stehen. Die Beschaffung geeigneter Flächen ist für ökologische Betriebe schwieriger, da die Anpachtung von konventionell bewirtschafteten Flächen durch die zweijährige Brachezeit zusätzliche finanzielle Belastung bedeutet. Die geringere Betriebsfläche verursacht zusätzliche organisatorische Probleme bei der Planung von Kulturfolgen.

Für konventionell wirtschaftende Betriebe würden sich durch den Wegfall von Metham-Fluid die Kosten für die chemische Entseuchung erhöhen. Die Beschaffung von Wechselflächen ist jedoch meistens ohne Probleme möglich.

Da bisher immer die Möglichkeit bestand, die genutzten Flächen zu wechseln, ist das Interesse der Praxis an den Ursachen der Nachbauprobleme gering. Auch Betriebe, deren Pachtflächen weit vom Hauptsitz entfernt liegen, zeigen kein größeres Interesse an der Aufklärung der Probleme. Im Raum Pinneberg werden die Flächen vorsorglich vor der Kultur auf Nematoden getestet. Aber in nur 3 der befragten Betriebe wurden bisher Untersuchungen auf direkt von Wuchsdepressionen betroffenen Anbauflächen vorgenommen. Als Antwort auf die Frage, warum keine Untersuchungen durchgeführt wurden, wurde angegeben, dass es sich um Bodenmüdigkeit gehandelt habe und die ließe sich nicht nachweisen.

Es zeigte sich in den Gesprächen, dass die Praktiker die Kosten für eine Analyse scheuen. Dafür gibt es verschiedene Ursachen. Zum einen hat sich gezeigt, dass nicht alle Labore in der Lage sind, die in Frage kommenden Schadorganismen zu identifizieren und richtig auszuzählen. Diese Unfähigkeit hat zu einem deutlichen Vertrauensverlust geführt. Zusätzlich wirkt sich auch die lange erfolglose Forschungsdauer über Bodenmüdigkeit negativ aus. Zum

anderen ist eine Identifikation nur dann von Nutzen, wenn entsprechende Mittel zur gezielten Bekämpfung zur Verfügung stehen. Die entstehenden Kosten würden dann in keiner Beziehung zum möglichen Nutzen stehen. Für die Ursachenforschung wäre es wichtig, im seltenen Fall einer auftretenden Wuchsdepression Boden und Pflanzenproben zu sichern. Dafür ist jedoch eine enge Zusammenarbeit mit allen deutschen Baumschulen erforderlich. Die Untersuchung der Proben muss für die Betriebe kostenneutral sein.

Obwohl das Interesse an der Klärung von Nachbauproblemen sehr gering ist, kann man an den Bemühungen Wechselflächen zu bekommen deutlich ablesen, welche Ängste Wuchsdepressionen bei den Praktikern auslösen. Es werden einmal bepflanzte Flächen z. T. nie wieder mit *Rosaceae* bepflanzt. Lange Wegstrecken zu den Wechselflächen (bis 10 km) werden in Kauf genommen.

Kulturfolgeversuche zur Klärung der tatsächlich notwendigen Brachezeiten könnten hilfreich sein. Dazu müssten 4-5 Standorte mit verschiedenen Bodenarten über einen Zeitraum von mindestens 6 Jahren vergleichend untersucht werden.

3.2.8. Zusammenfassung

Nachbauprobleme sind in der Praxis bekannt. Sie treten sehr selten auf, da ein Nachbau bei den betroffenen Arten vermieden wird.

Den konventionellen Betrieben stehen ausreichend Mittel zur Bekämpfung zur Verfügung. Für ökologische Betriebe ist nur der Flächenwechsel von praktischem Nutzen. Durch die Bestimmungen zur ökologischen Produktion auf konventionellen Flächen, die über einen Zeitraum von insgesamt 3 Jahren umgestellt werden müssen, ist die Beschaffung von Wechselflächen für diese Betriebe schwieriger.

Nachbauprobleme stellen kein direktes Umstellungshindernis dar. Die problematische Absatzlage und die mit dem Handel und Versand verbundenen Schwierigkeiten haben deutlich mehr Bedeutung.

Um die Ursachen der Wuchsdepressionen auf den einzelnen Flächen zu klären, müssen entsprechende Proben genommen werden, bevor die Fläche umgebrochen wird. Dazu ist es notwendig, die Betriebe für das Problem weiter zu sensibilisieren und eine für sie kostenneutrale Untersuchung anzubieten.

Praktischer Nutzen könnte aus Untersuchungen entstehen, indem geklärt wird, in wie weit die Nachbauprobleme in allen Regionen tatsächlich bereits nach dem ersten Anbau auftreten und wie lange die entsprechenden Faktoren im Boden erhalten bleiben. Dazu müssten

Kulturfolgeversuche auf verschiedenen Standorten durchgeführt werden. Möglicherweise zeigt sich, dass es nicht in jedem Fall nötig ist, die Flächen für immer aufzugeben.

3.3. Die Workshops

3.3.1 Wuchsdepressionen von Gehölzen in der Baumschule

Dieser erste Workshop diente dazu Praktikern, Beratern und Wissenschaftlern die Ergebnisse der Literatursichtung und der Befragungen mitzuteilen. Bei diesem Termin am 25.6.2003 waren die folgenden Personen anwesend:

Herr Schlüter, Gärtnerhof Badenstedt (Moderation)
Herr Alves sen., Obstbaumschule, Borstel-Hohenraden (konventionell)
Herr Alves jun., Obstbaumschule, Borstel-Hohenraden (konventionell)
Herr Bilger, Baumschule A. Pöhler (ökologisch)
Herr Liebig, Rosen Union, Bad Nauheim (Erzeugergemeinschaft)
Frau Braun, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
Frau Kaminski, Biologische Bundesanstalt Braunschweig
Herr Nasilowski, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
Frau Raupach, Biologische Bundesanstalt Braunschweig
Herr Posner, Baumschul-Beratungsring Weser-Ems
Herr Prof. Dr. Otto (emeritiert), Dresden
Herr Prof. Dr. Spethmann, Universität Hannover
Frau Wilstermann, Universität Hannover
Herr Dr. Wittenmayer, Universität Halle

In der Diskussion zeigte sich schnell, dass die von der Wissenschaft verwendeten Definitionen bisher keinen Eingang in die Praxis gefunden haben. Von Praktikern werden allgemein alle Wuchsdepressionen, die eine ganze Parzelle betreffen, als Bodenmüdigkeit bezeichnet. Dabei nannte Herr Alves besonders unregelmäßiges Höhenwachstum von Apfelsämlingen auf einer Fläche als deutliches Zeichen. Im Gegensatz dazu ergeben die Untersuchungen von Professor Otto, dass bei von Müdigkeit betroffenen Apfelflächen das Wachstum gleichmäßig reduziert ist. Professor Otto bekräftigte während dieses Workshops seine Ansicht, dass allein Aktinomyceten für Nachbauprobleme bei Apfel verantwortlich sind. Nur in etwa 4 % aller von ihm untersuchten Fälle konnten Nematoden als Schadursache nachgewiesen werden.

Da entsprechende Untersuchungen fehlen, kann nicht gesagt werden, was auf den Flächen der Baumschule Alves die Ursachen für die Nachbauprobleme bei Apfel sind.

Es ist allgemein bekannt, dass besonders *Rosa* und *Malus*, darüber hinaus auch andere *Rosaceae*, von Nachbauproblemen betroffen sind. Die Ursachen für die Nachbauprobleme bei Rose und Apfel sind wahrscheinlich nicht gleich. Im Allgemeinen lassen sich Rosen nach Äpfeln kultivieren und umgekehrt. Es ist unklar, warum gerade *Rosaceae* so stark von Wuchsdepressionen betroffen sind. Entsprechende Untersuchungen fehlen.

Die anwesenden Praktiker bestätigten, dass der Wegfall von chemischen Entseuchungsmitteln die Produktion von Obstgehölzen und Rosen sehr erschweren würde. Es wurde von Herrn Alves angemerkt, dass ein erhöhter Flächenbedarf der Baumschulen die Pachtpreise nach oben treiben könnte. Die zusätzlichen finanziellen Belastungen durch Ertragsausfälle und Brachezeiten lassen sich daher nur schwer abschätzen.

In der wissenschaftlichen Arbeit wird die Bodenmüdigkeit von Nematodenschäden abgegrenzt. Durch Aktinomyceten verursachte Wuchsdepressionen verringern gleichmäßig das vegetative Wachstum auf der gesamten Fläche. Die Erträge von Apfelbäumen werden auf bis zu 30 % der Kontrolle reduziert. Dabei sterben keine Bäume ab. Nematodenschäden sind dagegen vor allem am nesterartigen Absterben von Pflanzen zu erkennen.

Im Anbau von Rosen stellen vor allem Nematoden der Gattung *Pratylenchus* ein grundlegendes Problem dar. Die Konzentration an Nematoden im Boden steigt während der Kulturzeit stetig an. Untersuchungen an der Universität Hannover haben gezeigt, dass sich die Zusammensetzung der Nematoden-Gesellschaften im Laufe der Zeit verändert. Sie ist nicht bei allen Rosenarten gleich. Generell kann man feststellen, dass am Anfang vor allem die Dichte an *Pratylenchus*-Arten steigt. Nach weiteren Rosen-Kulturen nimmt ihr Zahl jedoch zugunsten anderer nicht phytopathogener Arten ab. Die Rosenarten selbst sind in ihrer Anfälligkeit für Nematodenschäden deutlich unterschiedlich.

Aber auch bei Rosen gibt es Hinweise auf eine Form von Bodenmüdigkeit. Auf 20-25% der Flächen, die von Wuchsdepressionen betroffen sind, lassen sich keine Nematoden in schädlichen Konzentrationen feststellen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass es sich bei der bisher wenig untersuchten Ursache dieser Rosenmüdigkeit wie bei Äpfeln auch um Aktinomyceten handelt. Es wurden bisher nur *Rosa glauca* und *R. canina* auf Befall mit Aktinomyceten untersucht. Bei *R. glauca* konnte ein Befall festgestellt werden. Die untersuchten Proben von *Rosa canina* waren jedoch frei von Aktinomyceten. Die Fallzahl war jedoch äußerst gering und die Untersuchungen können nicht als repräsentativ angesehen werden.

Neben der fachlichen Diskussion wurden Anregungen gesammelt, auf welche Weise die Praxis stärker in den Prozess der Ursachenfindung bei verschiedenen Nachbauproblemen mit

einbezogen werden kann. Eines der Hauptprobleme vergangener und vermutlich auch zukünftiger Forschungsvorhaben ist leider die dafür nötige Bereitstellung geeigneter Versuchsflächen über einen Zeitraum von bis zu 12 Jahren. Da Nachbauprobleme nur im Zusammenhang mit Vor- und Nachkultur untersucht werden können und die Standzeiten in der Baumschule 2 bis 3 Jahre betragen, können kürzere Versuchszeiträume nur punktuelle Fragen klären aber keine generelle Lösung des Problems mit sich bringen.

Es wurde angeregt, für die Praktiker ein Formular zu entwerfen, das im Fall von Wuchsdepressionen ausgefüllt werden kann. Dadurch könnten betroffene Flächen für spätere Untersuchungen vorsortiert werden. Es wäre wünschenswert, wenn mittelfristig eine zentrale Stelle eingerichtet werden könnte, die entsprechende Formulare entgegen nehmen kann und über die Mittel für die Entnahme und Analyse von Bodenproben verfügt.

Die Workshop-Teilnehmer stimmten darin überein, dass die Proben- und Materialsammlung und die Einarbeitung von Mitarbeitern einen längeren Vorlauf benötigt. Kurzfristige Ergebnisse oder spontane Lösungen sind nicht zu erwarten. Entsprechend früh muss mit der Forschungsarbeit wieder neu begonnen werden.

3.3.2. Wuchsdepressionen – direkte und vorbeugende Maßnahmen

Der zweite Workshop fand am 06.08.2003 statt.

Teilnehmer des 2. Workshops:

- Herr Schlüter, Gärtnerhof Badenstedt (Moderation)
- Herr Alves sen., Obstbaumschule, Borstel-Hohenraden (konventionell)
- Herr Alves jun., Obstbaumschule, Borstel-Hohenraden (konventionell)
- Herr Bilger, Baumschule A. Pöhler (ökologisch)
- Herr Liebig, Rosen Union, Bad Nauheim (Erzeugergemeinschaft)
- Herr Nasilowski, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
- Herr Frede, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
- Frau Raupach, Biologische Bundesanstalt Braunschweig
- Frau Bors, Biologische Bundesanstalt Braunschweig
- Herr Posner, Baumschul-Beratungsring Weser-Ems
- Herr Beltz, Landwirtschaftskammer Weser-Ems
- Herr Prof. Dr. Spethmann, Universität Hannover
- Frau Wilstermann, Universität Hannover

Während dieser Veranstaltung wurden die Möglichkeiten von chemischer und biologischer Bodenentseuchung diskutiert. Es hat sich dabei gezeigt, dass die Dämpfung aus Kostengründen im Freiland nicht durchgeführt wird. Die Reduktion von Nematoden mit Hilfe einer Grünbrache mit *Tagetes* ist ohne den Einsatz von Herbiziden kaum erfolgversprechend. Für den biologischen Anbau können Reihensaat und mechanische Unkrautbekämpfung eine Lösung sein. Dabei ist allerdings nicht die gesamte Fläche besät. Diese Methode eignet sich daher nur eingeschränkt für die biologische Nematodenbekämpfung. Der Einsatz von chemischen Entseuchungsmitteln ist nicht erlaubt und von den Anbauern auch nicht erwünscht. Bei den konventionellen Anbauern werden Metham-Fluid und Basamid großflächig eingesetzt. Ein Auslaufen der Zulassung dieser Mittel würde die Rosen-Anbauer zwingen, jeweils einjährige Brachezeiten mit *Tagetes*-Kultur einzuhalten. Dadurch würden nicht unerhebliche Einnahmeausfälle auftreten. Die Produktion von Obstgehölzen wäre in Deutschland nur bei möglichem Flächentausch möglich. Es gibt bisher keine alternativen Mittel zur Bekämpfung der Apfelmüdigkeit in Baumschulen und Obstanlagen. Wechselflächen stehen zum Teil nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung. Es ist zu erwarten, dass durch die steigende Nachfrage die Pachtpreise zumindest in einigen Regionen steigen würden.

3.3.3. Forschungsziele und Strategien gegen Wuchsdepressionen

Der dritte Workshop-Termin war in seiner Thematik sehr stark auf die Ziele der Forschung ausgerichtet und damit für Praktiker uninteressant. Das Treffen fand am 07.10.2003 statt.

Teilnehmer des 3. Workshops:

Herr Schlüter, Gärtnerhof Badenstedt (Moderation)
Herr Nasilowski, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
Herr Frede, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein
Frau Raupach, Biologische Bundesanstalt Braunschweig
Frau Bors, Biologische Bundesanstalt Braunschweig
Herr Posner, Baumschul-Beratungsring Weser-Ems
Herr Beltz, Landwirtschaftskammer Weser-Ems
Herr Klopp, Ökoobstbau Gruppe Nord
Herr Herbener, Gartenbauzentrum Köln-Auweiler
Herr Prof. Dr. Otto (emeritiert), Dresden
Herr Prof. Dr. Spethmann, Universität Hannover
Frau Wilstermann, Universität Hannover

Es wurden die Notwendigkeiten und Möglichkeiten zukünftiger Forschungstätigkeiten diskutiert. Dabei konnten zwei grundlegende Probleme aufgezeigt werden.

- a) Den Praktikern ist zwar bewusst, dass Nachbauprobleme ihnen finanzielle Schwierigkeiten machen. Sie sind jedoch selten bereit, weiter als bis zur nächsten Vegetationsperiode voranzuplanen. Daher ist die Bereitschaft zur Unterstützung der Forschung gering. Hauptargument ist die Hoffnung/Wahrscheinlichkeit, dass auch zukünftig chemische Entseuchungsmittel und ausreichend Wechselflächen vorhanden sind.
- b) Die Bearbeitungsdauer der notwendigen Versuchsanlagen übersteigt die üblichen Förderzeiträume von Drittmittelprojekten. Eine Problemlösung ist nur zu erreichen, wenn es zu einer Kooperation von verschiedenen Einrichtungen kommt, die eine kontinuierliche Forschung ermöglicht, die auch über die Dienstzeiten von einzelnen Mitarbeitern hinaus bestehen bleibt.

Es wurden verschiedene Themenkomplexe zusammengefasst, die kurzfristig, das heißt im Rahmen von Studien- oder Diplomarbeiten geklärt werden können. Andere Bereiche lassen sich möglicherweise mittelfristig durch Vergabe von Promotionsthemen erarbeiten. Darüber

hinaus bleiben aber auch noch Fragen offen, die sich nur im Rahmen von Langzeitversuchen klären lassen. Die entsprechende Aufstellung findet sich unter Punkt 5.2..

Tabelle 10: Offene Fragen aus dem Bereich der Nachbauprobleme

<p>Nachbauprobleme Auf welche Weise kann man schnell alle möglichen Ursachen für Wuchsdepressionen untersuchen, um Nematodenschäden von Bodenmüdigkeit zu trennen?</p>	
<p>Bodenmüdigkeit Methoden Wie kann man möglichst schnell von allen Mikroorganismen aus dem Boden Reinkulturen erzeugen, um Pathogenitätsnachweise zu erbringen? Kann man für die dauerhafte Kultur Stämme von Aktinomyzeten in Vitro etablieren? Kann man Dauersporen dauerhaft lagern (gefroren, trocken, in Konserven), um sie für Versuchszwecke immer zur Verfügung zu haben?</p> <p>Aktinomyzeten Wie identifiziert man sie? Ab welcher Konzentration von Dauersporen ist mit so starken Wuchsdepressionen zu rechnen, dass sich die Kultur nicht mehr lohnt? (Baumschule und Obstbau) -> Schadschwelle? Welche Tiefen im Boden? Sind alle Sporen gleich gefährlich oder nur die in 30 bis 60 cm Tiefe? Was genau löst die Keimung der Dauersporen aus? Wie kann man das Verhindern (Kulturmaßnahmen)? Kann man die Aktinomyzeten in Vitro zur Bildung von Dauersporen bewegen? Welche Mittel fördern die Keimung der Sporen? Können diese Mittel in Vivo (Boden) angewendet werden? Gibt es Gegenspieler im Boden? (Test in Vitro)</p> <p>Bekämpfung Kann man Stämme von Gegenspielern in Massen vermehren, um sie zur Bekämpfung einzusetzen? Gibt es Vektoren?</p>	<p>Nematoden Methoden Wie kann man pathogene Nematoden (<i>Pratylenchus penetrans</i>) für Versuchszwecke in großen Mengen dauerhaft vorhalten? Nematoden-Identifikation über PCR ?</p> <p>Grundlagen Warum werden vor allem Rosaceae von Nematoden befallen?</p> <p>Bekämpfung Welche Organismen (Insektenlarven, Pilze, Nematoden) kommen als Gegenspieler in Frage? Kann man diese Gegenspieler dauerhaft halten und massenhaft vermehren? Kann man Repellents ausbringen, um die stehende Kultur zu schützen?</p>
<p>Vermeidung von Nachbauproblemen Welche Wildarten sind weniger anfällig für Nematodenschäden? Gibt es möglicherweise Genotypen von Äpfeln oder <i>Sorbus</i>, die resistent gegen Aktinomyzeten sind? Welche Pflanzenarten reduzieren die Zahl der Nematoden im Boden (Zwischen- oder Unterkultur)? Kann man durch Kulturmaßnahmen die Vermehrung von Schaderregern reduzieren? (Versiegeln der Oberfläche zur Reduktion des Sauerstoffgehaltes, Gezielte Bewässerung, pH-</p>	

Wert nicht erhöhen, ...)

Wie kann man die Standzeiten verkürzen (Container, neue Verfahren der Anzucht)?

Welche Kulturfolgen sind möglicherweise positiv (im Sinne von Erhöhung der Artenvielfalt bei Boden-Mikroorganismen)?

Kann man durch Zufuhr von organischem Material die Lebensbedingungen für Schaderreger verschlechtern?

Welche Bodenarten fördern das Auftreten welcher Schädlinge? (Nematoden auf Sand, Pilze auf humosen Böden?)

Pflanze

Was genau bewirkt die Wachstumsreduktion an der Pflanze? (Störung im Hormonhaushalt, Nährstoffentzug etc.)

Was ist in einer Pflanze mit Wuchsdepressionen anders als in einer ohne (Hormone, Proteine u.a.)?

Kann man an Hand der Inhaltsstoffe auf den Erreger schließen?

Welche morphologischen Veränderungen werden durch Befall erzeugt?

Was unterscheidet anfällige von resistenten Arten?

Welche chemischen oder anatomischen Unterschiede gibt es zwischen resistenten und anfälligen Arten oder Familien? (Warum *Rosaceae*?)

Allgemein

Wie lassen sich biologische oder chemische Substanzen gleichmäßig im Boden verteilen?

Wie kann man ihren Zerfall verhindern?

Wie kann man die Etablierung von Nützlingen im Boden fördern?

Auf welche Weise lassen sich die Lebensbedingungen für die Gegenspieler verbessern?

Machen Schonstreifen für Bodenorganismen Sinn?

Wie stark werden Gegenspieler durch Bodenbearbeitung, Düngung und PSM geschädigt?

Wie schnell wird neu besiedelt?

Von wo findet die Neubesiedelung statt?

Kann man chemische Repellents bei der Pflanzung einsetzen? (Pflanzloch, Saatgutbeizung)

Hat es Sinn eine Immunisierung durchzuführen? (BION, *B. subtilis*)

4. Zusammenfassung

Die Literatur zum Thema Wuchsdepressionen wurden recherchiert und ausgewertet. Obwohl seit über 100 Jahren immer wieder einzelne Personen oder Forschergruppen an dem Themenkomplex der Nachbauschwierigkeiten und anderer Wuchsdepressionen gearbeitet haben, können wir bis heute kaum allgemeingültige Aussagen über das Problem machen. Es kann nur mit Sicherheit festgestellt werden, dass bei den einzelnen Kulturarten unterschiedliche Ursachen für die Wuchsdepressionen verantwortlich sind. Bei *Malus* konnte mit großer Sicherheit ein Zusammenhang zwischen einem Befall mit Aktinomyceten und einer Reduktion des vegetativen Wachstums festgestellt werden. Als Ursache für die Müdigkeit bei Rosen, konnten bisher keine Aktinomyceten nachgewiesen werden. Andere *Rosaceae* sind dagegen nachweislich betroffen. Wuchsdepressionen bei Rosen werden in erster Linie von Nematoden ausgelöst. Es konnte aber nachgewiesen werden, dass es darüber hinaus weitere, bisher unbekannte Faktoren gibt, die Wuchsdepressionen verursachen können. Da die Ursachen von Wuchsdepressionen an verschiedenen Kulturpflanzen nicht gleich sind, können auch die einzelnen Arbeiten nur verglichen werden, wenn die Versuche mit den gleichen Kulturen durchgeführt wurden.

Durch die Befragungen von Beratern und Praktikern wurde bestätigt, dass in den verschiedenen Regionen Deutschlands unterschiedliche Nachbauprobleme auftreten. Um eine Vergleichbarkeit zwischen zwei verschiedenen Untersuchungen zu haben, müssen also zusätzlich auch die Standortfaktoren und Kulturmaßnahmen gleich sein (Bodenart, Bewässerung, Pflanzenschutzmaßnahmen, Vorkultur, etc.). Um die Ursachen der Wuchsdepressionen in der Baumschule zu finden, ist es notwendig systematisch, gezielt und interdisziplinär weiter zu forschen.

Fragestellungen für zukünftige Projekte zur Klärung der Wuchsdepressionen wurden erarbeitet.

5. Erreichte Ziele und weiterführende Fragen

5.1. Projektziele

Die mit dem Projekt verbundenen Ziele wurden erreicht. Es wurde ein umfassender Überblick über die Literatur zu Nachbauproblemen erarbeitet. Es konnte durch Befragungen von Praktikern und Beratern festgestellt werden, dass Wuchsdepressionen auch heute noch in der konventionellen und ökologischen Baumschule auftreten. Es wurden weiterführende Fragen zusammengestellt, die im Rahmen zukünftiger Forschungsvorhaben geklärt werden sollten.

5.2. weiterführende Fragen

Während der Literatuarbeit und der Workshops ergaben sich verschiedene Fragen, die sich in verwandten Themenkomplexe zusammenfassen lassen. Im Folgenden kann wegen der starken Vernetzung der Themen nur ein grober Überblick über mögliche Forschungsansätze gegeben werden.

5.2.1. Kurzfristig (innerhalb eines Jahres)

Welche Bodenarten fördern das Auftreten welcher Schädlinge? (z.B. Nematoden auf Sand, Pilze auf humosen Böden?)

Wie kann man pathogene Nematoden (*Pratylenchus penetrans*) für Versuchszwecke in großen Mengen dauerhaft vorhalten?

Welche Organismen (Pilze, Insektenlarven, Nematoden) kommen als Gegenspieler in Frage?

Welche Wildarten sind weniger anfällig für Nematodenschäden als *R. canina*?

Sowie Literaturrecherche zu folgenden Themen:

Welche Kulturfolgen sind möglicherweise positiv (im Sinne von Erhöhung der Artenvielfalt bei Boden-Mikroorganismen)?

Für welche Bodenorganismen gibt es bereits Testverfahren?

Hat es Sinn eine Prä-Immunsierung durchzuführen? (BION, *B. subtilis*)

Welche Kulturfolgen sind möglicherweise positiv (im Sinne von Erhöhung der Artenvielfalt bei Boden-Mikroorganismen bzw. Reduktion von Schaderregern)?

5.2.2. Mittelfristig (innerhalb von 3 bis 4 Jahren)

Kann man durch Kulturmaßnahmen die Vermehrung von Schaderregern reduzieren? (Versiegeln der Oberfläche zur Reduktion des Sauerstoffgehaltes, Gezielte Bewässerung, Kalkung, ...) bzw. Kann man durch Zufuhr von organischem Material die Lebensbedingungen für Schaderreger verschlechtern?

Welche Kulturfolgen sind möglicherweise positiv (im Sinne von Erhöhung der Artenvielfalt bei Boden-Mikroorganismen bzw. Reduktion von Schaderregern)?

Kann man Gegenspieler von Nematoden dauerhaft halten und massenhaft vermehren?

Welche Pflanzenarten reduzieren die Zahl der Nematoden im Boden (Zwischen- oder Unterkultur)? Bzw. Kann man Repellents ausbringen, um die stehende Kultur zu schützen?

Was ist in einer Pflanze mit Wuchsdepressionen anders als in einer ohne (Hormone, Proteine, PCR u.a.)?

Welche Pilze bzw. Bakterien treten als Gegenspieler für Nematoden auf? Wie kann man diese Gegenspieler fördern, bzw. schützen? Welche Faktoren begünstigen Infektionen? Gibt es „Vektoren“?

Ist eine Nematoden-Identifikation über PCR möglich?

Wie kann man die Etablierung von Nützlingen im Boden fördern? Auf welche Weise lassen sich die Lebensbedingungen für die Gegenspieler verbessern? Machen Schonstreifen für Bodenorganismen Sinn? Wie stark werden Gegenspieler durch Bodenbearbeitung, Düngung und PSM geschädigt? Wie schnell wird neu besiedelt? Von wo findet die Neubesiedelung statt? Kann man chemische Repellents bei der Pflanzung einsetzen? (Pflanzloch, Saatgutbeizung)

5.2.3. Fragen, die langfristige Bearbeitung benötigen

Auf welche Weise kann man möglichst schnell alle möglichen Ursachen für Wuchsdepressionen untersuchen, um in der nächsten Vegetationsperiode die Fläche bepflanzen zu können?

Warum werden vor allem *Rosaceae* von Nematoden befallen? Welche chemischen oder anatomischen Unterschiede gibt es zwischen resistenten und anfälligen Arten oder Familien? Welche morphologischen Veränderungen werden durch Befall erzeugt?

Wie kann man möglichst schnell von spezifischen Mikroorganismen Reinkulturen erzeugen um Pathogenitätsnachweise zu erbringen?

Kann man an Hand der Inhaltsstoffe auf den Erreger schließen?

Können Sorten gezüchtet werden, die eine geringere Anfälligkeit gegen Nematoden haben? Welche Unterlagen eignen sich, um eine hohe Widerstandskraft gegen Nematoden zu erzielen?

Welche Pilze bzw. Bakterien treten als Gegenspieler für Aktinomyceten auf? Wie kann man die Gegenspieler fördern, bzw. schützen? Welche Faktoren begünstigen Infektionen? Gibt es „Vektoren“?

Sowie der gesamte Themenkomplex der *Aktinomyceten*:

1. Wie identifiziert man sie?
2. Ab welcher Konzentration von Dauersporen ist mit so starken Wuchsdepressionen zu rechnen, dass sich die Kultur nicht mehr lohnt? (Baumschule und Obstbau) -> Schadschwelle? Welche Tiefen im Boden? Sind alle Sporen gleich gefährlich oder nur die in 30 bis 60 cm Tiefe?
3. Gibt es möglicherweise Genotypen an Äpfeln oder *Sorbus* u.a. Wirten, die resistent sind?
4. Was genau löst die Keimung der Dauersporen aus? Wie kann man das Verhindern oder vor dem Anbau auslösen (Kulturmaßnahmen)?
5. Kann man für die dauerhafte Kultur Stämme von *Aktinomyceten* in Vitro etablieren? Kann man die *Aktinomyceten* in Vitro zur Bildung von Dauersporen bewegen?

6. Kann man Dauersporen dauerhaft lagern (gefroren, trocken, in Konserven) um sie für Versuchszwecke immer zur Verfügung zu haben?
7. Gibt es Gegenspieler im Boden? (Test in Vitro) Kann man Stämme von Gegenspielern in Massen vermehren, um sie zur Bekämpfung einzusetzen?

Es ist mit einer sehr langen Bearbeitungszeit, besonders im Bereich der Apfelmüdigkeit (*Aktinomyces*) zu rechnen. Die Vorbereitung (Flächenfindung, Einarbeitung der Mitarbeiter, Aufbau eines Kompetenzzentrums, Erarbeitung von Methoden etc.) müssen daher sobald wie möglich beginnen.

6. Literaturverzeichnis

- Altmann C (1884): Einige Worte über Unfruchtbarkeit der Obstbäume und Hebung derselben.- Wochenschrift für Gärtner und Gartenfreunde 3, 188-189
- Alexander M (1977): Introduction to Soil Microbiology.- 2. Auflage, John Wiley & Sons, New York
- Anonym (1880 a): Das Absterben der Kirschbäume.- Hamburger Garten- und Blumenzeitung 36, 334-335
- Anonym (1880 b): Das Absterben der Obstbäume.- Hamburger Garten- und Blumenzeitung 36, 239
- Anonym (1904): Die Rübenmüdigkeit des Bodens.- Botanisches Centralblatt 95, 317
- Anonym (1954): Ursachen der Bodenmüdigkeit in Obstbaumschulen.- Deutscher Gartenbau 6, 328
- Anonym (1961): Rechtzeitige Bodenentseuchung.- Deutsche Gartenbauwissenschaft 9, 194
- Anonym (1995 a): Mikroorganismen und Bodenmüdigkeit – Möglicherweise bestimmte Bakterien ausgeschaltet.- Taspo, 20. Oktober 1995, 42
- Anonym (1995 b): Biotest auf Bodemüdigkeit bei Rosen.- Taspo, 20. Oktober 1995, 42
- Anonym (1998): Bodenmüdigkeit zeigt gestörte Aufnahme – Ursachen sind noch immer unbekannt.- Taspo, 6. November 1998
- Arneson PA, Mai WF (1976): Root diseases of fruit trees in New York State.VII. Cost and returns of preplant soil fumigation in a replanted apple orchard.- Plant Dis. Repr. 60, 1054-1057; zitiert nach Stegmann und Bünemann (1981)
- Assche C van (1979): General Aspects of Soil Disinfestation – Aims of Soil Disinfestation.- in Mulder D (Hrsg.)(1979): Soil disinfestation.- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 9-15
- Aßheuer T, Rößner J (1994): Beziehung zwischen der Abundanz von *Pratylenchus* spp. und der Wurzelverteilung im Boden bei differenzierter Bodenbearbeitung.- Mitteilungen der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft e. V., Jahrgang 24 - Nr. 1, 18
- Awrech V (2003): Standortverteilung von ökologischen Baumschulen in Deutschland.- Universität Hannover, Institut für Zierpflanzenbau, Pflanzenzüchtung und Baumschule, Abteilung Baumschule, Studienarbeit
- von Babo A Freiherr, Mach E (1893): Handbuch des Weinbaues und der Kellerwirtschaft, Verlag Paul Parey, Berlin
- Baeumer K, Keller E R, Hartge K-H, Altemüller H-J, Bohne H, Sommer C, Schwertmann U, Auerswald K, Sauerbeck D, Haider K, Werner W, Köpke U, Poletschny H, Knauer N, Larink O (1994): Für eine umweltfreundliche Bodennutzung in der Landwirtschaft.- Schriftenreihe der Robert Bosch Stiftung, 2. Auflage, Bleicher Verlag, Gerlingen

Barcley GA, Grosse JE (1974): Populations of Aerobic Bacteria Associated with the Roots of Apple and Cherry Plants.- J. appl. Bact. 37, 475-486

Bending GD, Poole EJ, Whipps JM, Read DJ (2002): Characterisation of Bacteria from *Pinus sylvestris*-*Suillus luteus* Mycorrhizas and their Effects on Root-Fungus Interactions and Plant Growth.- Microbiology Ecology 39, 219-227

Van den Berg A (1999): Warmteminnend aaltje: Kwelgeest voor *Buxus*-telers.- De Boomkwekerij, 16-17

Berkum JA van, Hoestra H: (1979): Chemical Soil Disinfestation –Practical Aspects of the Chemical Control of Nematodes in Soil.- in Mulder D (Hrsg.) (1979): Soil disinfestation.- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 53-134

Bernstorff H (1976): 20 Jahre Anbauversuch von Cox Orange (Apfel) auf M7.- Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes 31, 289-293; zitiert nach Stegmann und Bünemann (1981)

Bertrum S (1998): *Taxus* houdt wortellesieaaltjes op afstand.- De Boomkwekerij, 12-13

Bertrums S (2001): Teeltwisseling siergewassen vermindert wortellesieaaltjes.- De Boomkwekerij, 16-17

Betten R (1885): Die Wiederbelebung schwacher Weinstöcke.- Garten-Zeitung 4, 365-366

Bindra AS, Bernhard R (1970): Contribution a l'étude du phénomène de la fatigue des sols dans les cultures succesives de pêcher.- Comp. Rend. Hebd. Seances Acad. Agr. France 10, 650-656

Blank W (1978): Gedanken zur chemischen Bodenentseuchung.- Mitteilungen des Obstbauversuchsrings Jork 33, 56-60

Blotz JF (1797): Die Gartenkunst.- 2. Auflage, Voß und Compagnie, Leipzig

Börner H (1958): Untersuchungen über den Abbau von Phlorizin im Boden - Ein Beitrag zum Problem der Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen.- Die Naturwissenschaften 45 138-139

Börner H (1959): The Apple Replant Problem. I. The Excretion of Phlorizin from Apple Root Residues.- Contributions from Boyce Thompson Institute 20, 39-56

Börner H (1960 a): Über die Bedeutung gegenseitiger Beeinflussung von Pflanzen in landwirtschaftlichen und forstlichen Kulturen.- Angewandte Botanik 34, 192-211

Börner H (1960 b): Neuere Ergebnisse über die Ursachen der Bodenmüdigkeit beim Apfel (*Pirus malus* L.).- Erwerbsobstbau 2, 191-195

Börner H (1963): Untersuchungen über die Bildung antiphytotischer und antimikrobieller Substanzen durch Mikroorganismen im Boden und ihre mögliche Bedeutung für die Bodenmüdigkeit beim Apfel.- Phytopathologische Zeitschrift, 48, 370-396

Börner H (1964): Untersuchungen über die Bildung antiphytotischer und antimikrobieller Substanzen durch Mikroorganismen im Boden und ihre mögliche Bedeutung für die Bodenmüdigkeit beim Apfel (*Pirus malus* L.).- Phytopathologische Zeitschrift 49, 1-28

- Börner H (1965): Möglichkeiten einer Toxinbildung im Boden und die Bedeutung dieser Stoffe für das Problem der Bodenmüdigkeit in Apfelbaumschulen.- Erwerbsobstbau 7, 187-193
- Börner H (1971): German research on Allelopathy.- in: Biochemical interactions among plants, National Academy of Science, Washington D.C., 52-55
- Börner H (1997): Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz.- 7. Auflage, Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart
- Bohne H, Daum Th, Schuh C (1996): Einfluß von Biokompost und Stallmist auf die Bodeneigenschaften und Wachstum von *Acer pseudoplatanus*.- Gartenbauwissenschaft 61, 53-59
- Bootsma J (1979): Verbetering van de groeivoorwaarden bij herinplant van appel.- Fruitteelt 69, 1308-1318
- Braun K (1869): Der Weinbau im Rheingau.- Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge, IV. Serie, Heft 77, 157-192, Lüderitzsche Verlagsbuchhandlung, Berlin
- Braun K (1933): Überblick über die Geschichte der Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlinge (bis 1880). - Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Band I, 6. Auflage, Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin
- Braun PG (1995): Effects of *Cylindrocarpon* and *Pythium* species on apple seedlings and potential role in apple replant disease.- Canadian Journal of Plant Pathology 17(4), 336-341
- Breves J, Burchards O, Schmitz C, Streitberger RR, Thönges H (1969): Wissenswertes für den Baumschuler – Herausgegeben zum 150jährigen Bestehen der Firma Hermann Meyer Rellingen.- Ursula und Carl-Heinz Maass, Pinneberg
- Bringezu A (1982): Grundlagen der Gehölzproduktion.- VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag
- Bronsart H von (1933): Die Bodenmüdigkeit als biologisches Problem.- Die Naturwissenschaften 21, 310-315
- Bronsart H von (1949 a): Bodenmüdigkeit und Spurenelemente.- Deutsche Baumschule 1, 49 und 74
- Bronsart H von (1949 b): Der heutige Stand des Wissens über die Bodenmüdigkeit.- Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, 45, 166-193
- Brown G, Schimanski L (2002): Combat Apple Replant Disease.- Pome fruit Australia, Issue June/July, 9-10
- Browne GT, Connell JH, Bulluck LR, Trout TJ, Schneider SM (2002): Management and Etiology of Replant Disorder on Almond and Peach.- Conference Proceedings Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reduction, 6.-8. November 2002, Orlando/Florida
- Bublitz W (1953): Über die hemmende Wirkung der Fichtenstreu. - Die Naturwissenschaften 40, 275 - 276
- Buchner W (1984): Gesunder Boden - die ökologische Herausforderung.- Deutsche Baumschule 36, 208-209

- Bünemann G, Jensen AM (1970): Replant Problem in Quartz Sand.- Horticultural Science 5 (6), 478-479
- Bunt JA, Mulder D (1973): The Possible Role of Bacteria in Relation to the Apple Replant Disease.- Mededelingen von de Facultheit Landbouwwetenschappen, Rijsuniversiteit Gent 38, 1381 - 1385
- Cameron HR (1974): The Pear replant problem.- Proc. Amer. Phytopathol. Soc. 1, 69
- Campagna JP, White DP (1973): Nursery soil fumigation affects growth and phosphorus nutrition of pine and spruce seedlings.- Forestry Chronicle 49(5), 219-233
- Catsaká V, Vancura V, Hudská G (1977): Development of *Micromyces* in Fatigued Soil of Apple Orchards.- Folia Microbiol. 22 (6), 458
- Catsaká V (1988): Biological methods in Relations to apple replant Problem.- Workshop on Replant Problems with Fruit Trees, Germany F.R., August 25-28, 1987, Acta Horticulturae 233, 45-48
- Chandler WA (1974): Postpruning sprays not effective in control of peach tree decline.- Plant Dis. Repr. 58(5), 388-391
- Chandler WA, Daniell JW (1974): Effect of Leachates from Peach Soil and Roots on Bacterial Canker and Growth of Peach Seedlings.- Phytopathology 64(10), 1281-1284
- Chandler WA, Daniell JW (1976): Relation of Pruning Time and Inoculation with *Pseudomonas syringae* van Hall to Short Life of Peach Trees Growing on Old Peach Land.- Hort. Sci. 11(2), 103-104
- Chitwood BG, Specht AW, Havis L (1952): Root-Knot Nematodes - III. Effects of *Meloidogyne incognita* und *M. javanica* on some peach rootstocks.- Plant and Soil, 4, 77-95
- Christ JL (1791): Von Pflanzung und Wartung der nützlichsten Obstbäume. - Verlag der Hermannischen Buchhandlung, Frankfurt am Main
- Christ JL (1817): Handbuch über die Obstbaumzucht und Obstlehre. - Verlag der Hermannschen Buchhandlung, Frankfurt am Main
- Clausen H (1990): Rosen.- Deutsche Baumschule 3/1990, 161
- Coboun V (1994): Allelopathy Research in Forest Ecosystems of Slovakia.- Berichte vom ersten National Symposium Allelopathy in Agroecosystems, 12.-14.02.1992 in Hisou, Indien, Allelopathy in Agriculture and Forestry, Scientific Publishers, Jodhpur, Indien
- Colbran RC (1979): Problems in Tree Replacement. III The Effect of Cultural Practices and Soil Fumigation on Root-lesion Nematodes and on the Growth of Apple Replants.- Aust. J. Agric. Res. 30, 113-123
- Conrad J (1864): Liebig's Ansichten von der Bodenerschöpfung.- Friedrich Mauke Verlag, Jena
- Coolen WA, Hendrickx GJ (1972): Investigations on the resistance of rose root-stocks to *Meloidogyne hapla* und *Pratylenchus penetrans*.- Nematologica 18, 155-158

- Covey RP, Benson NR, Haglund WA (1979): Effect of Soil Fumigation on the Apple Replant Disease in Washington.- *Phytopathology* 69, 684-686
- Crüger G (1956): Untersuchungen über die Bedeutung von Diffusion und Adsorption für eine Bodenbegasung mit Chlorpikrin.- Dissertation, Technische Hochschule Hannover
- Dägling W-D (1994): Untersuchung zur Ökologie der Mykorrhiza ausgewählter Feuchtgebiete am Niederrhein.- Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen
- Dammann HJ (1971): Einfluß chemischer Bodenentseuchung auf die Anfangsentwicklung von 'Cox Orange' auf M IX im Nachbau nach Äpfeln auf schwerem Marschboden.- *Der Erwerbsobstbau* 13 (11), 177-179
- Daniell JW (1973): Effect of Time of Pruning on Growth and Longevity of Peach Trees.- *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98, 383-386
- Daniell JW (1975): Effect of Pruning or Nonpruning on Fruit Set and Yield of Peach Trees Growing on New or Old Peach Sites.- *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100, 490-492
- Daniell JW, Chandler WA (1974): Effect of Temperature on Bacterial Canker in Peach Seedlings Grown in Old and New Peach Soil.- *Pythopathology* 64, 1284-1286
- Dauck H, Spethmann W (1991): Der Bodenmüdigkeit auf der Spur.- *Deutsche Baumschule* 43, 164 - 167
- Daulton RAC, Curtis RF (1963): The effects of *Tagetes* spp. on *Meloidogyne javanica* in Southern Rhodesia.- *Nematologica*, 9, 357-362
- Deal DR, Mai WF, Bootroyd CW (1971): A Survey of Biotic Relationships in Grape Replant Situations.- *Phytopathology* 62, 503-507
- Dietrich FG (1826): Handbuch der botanischen Lustgärtnerei oder Anleitung zur Kultur der Pflanzen überhaupt.- August Campe, Hamburg
- Diercks R (1997): Zur Geschichte des Pflanzenschutzes in Bayern seit 1800.- *Bodenkultur und Pflanzenbau*, Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau 1/97
- Domsch KH (1970): Mikrobiologische Präsenz- und Aktivitätsanalysen an fungizidbehandelten Böden.- *Pflanzenschutzberichte*, Bd. XLI, 119
- Doodson JK, Mannes JG, Myers A (1964): Some Effects of Yellow Rust (*Puccinia striiformis*) on the Growth of a Spring Wheat.- *Annals of Botany*, N.S. Vol. 28, No. 111, 459-472
- Doodson JK, Mannes JG, Myers A (1965): Some Effects of Yellow Rust (*Puccinia striiformis*) on ¹⁴C Carbon Assimilation and Translocation in Wheat.- *Journal of Experimental Botany*, Vol. 16, No. 47, 304-317
- Dreßler H (1997): Untersuchungen zur Besiedelung von Rosenwurzeln durch Bakterien in Hinblick auf Bodenmüdigkeit.- Dissertation, Technische Universität Hannover
- Dunn RA, Mai WF (1972): Root Diseases of Fruit Trees in New York State. V. Growth of Apple Trees in Response to Replant Treatment with Nematicides and a Broad-Spectrum Fumigant.- *Plant Disease Reporter* 7, 577-580

- Eijkmann C (1904): Über thermolabile Stoffwechsel-Producte als Ursache der natürlichen Wachstumshehmung der Mikroorganismen.- Botanisches Centralblatt 98, 406-407
- Eiselt G (1951): Unverträglichkeit verschiedener Folgekulturen.- Deutsche Baumschule 3, 60
- Elsholtz JS (1666): Vom Garten-Baw: oder Unterricht von der Gärtnerey auff das Clima der Chur-Mark Brandenburg.- Georg Schulze, Cölln an der Spree
- Engel G (1974): Pflanzweiten und Kronenerziehung bei Apfelsorten auf M9.- Der Erwerbsobstbau 16, 23-23
- Engel G (1978 a): Leistungsvergleich von 'Golden Delicious' - Herkünften auf MM 106 bis zum 6. Standjahr.- Erwerbsobstbau 20, 48-50
- Engel G (1978 b): Bekämpfung der Bodenmüdigkeit.- Tätigkeitsbericht für die Jahre 1976 und 1977, Rheinische Friedlich-Wilhelm-Universität, Bonn, 16-17
- Engel G (1980): Bekämpfung der Bodenmüdigkeit.- Tätigkeitsbericht für die Jahre 1978 und 1979, Rheinische Friedlich-Wilhelm-Universität, Bonn, 12-13
- Engel G (1984 a): Indirekte Maßnahmen zur Bekämpfung von Bodenmüdigkeit.- Erwerbsobstbau, 26, 229
- Engel G (1984 b): Überwindung von Bodenmüdigkeitserscheinungen durch Anbaumaßnahmen.- Rheinische Monatsschrift für Gemüse, Obst, Zierpflanzen, 72, 320-323
- Fastabend H (1955): Über die Ursachen der Bodenmüdigkeit in Obstbaumschulen.- Nachdruck einer Dissertation, Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Münster/Westfalen)
- Faber H (1958): Pflanzenschutz in der Baumschule.- Hermann Meyer, Rellingen bei Hamburg
- Faber H (1967): Beobachtungen über die Bodenmüdigkeit bei Rosaceen.- Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt Berlin-Dahlem 121, 29-32
- Fehrmann W (1988): Replant Disease and its importance for fruit production.- Workshop on Replant Problems with Fruit Trees, Germany F.R., August 25-28, 1987, Acta Horticulturae 233, 17-19
- Fiore A, Laevens S, Bevivino A, Dalmastrì C, Tabacchioni S, Vandamme P, Chiarini L (2001): Burkholderia cepacia complex: distribution of genomovars among isolates from the maize rhizosphere in Italy.- Environmental Microbiology 3(2), 137-143
- Frenz, Hege, Münch, Penningsfeld, Reithmeier, Schürmer (1978): Bodenentseuchung im Gartenbau.- Bonn-Bad Godesberg, Neuauflage, AID-Heft Nr. 414
- Frick F (1976): Bericht über einen Versuch mit Bodenentseuchungsmitteln [in Obstanlagen].- Erwerbsobstbau 18, 151-152
- Frissel MJ, Poelstra P (1979): The Fate of Pesticides in the Soil – The Fate of Mercury-Containing Fungizides.- in Mulder D (Hrsg.) (1979): Soil disinfestation.- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 337-348

- Fritzscher R, Vogel W (1954): Einiges zur Bodenmüdigkeit.- Schweiz. Zeitschrift für Obst- und Weinbau 63, 243-249
- Gagliardi JV, Kerms JS (2002): Persistence of *Echerichia coli* O157:H7 in soil and on plant roots.- Environmental Microbiology 4 (2), 89-96
- Giddens J, Perkins HF, Jones jr. JB, Taylor J (1972): Effect of peach root residues, lime and supplemental nitrogen on survival and yield of peach trees in a decline area.- Commun. Soil Sci. Plant Analys. 3, 253-259
- Giersberg R (1875): Über das Absterben der Obstbäume.- Hamburger Garten- und Blumenzeitung 33, 36-38
- Gilles GL (1974): The Use of a Biological Test to Measure "Soil-Sickness" in case s of Specific Apple Replant Disease.- Agriculture and Environment 1, 221-226
- Gilles GL (1967): Le problème de la fatigue du sol en culture du fraisier et un culture fruitière.- Meded. Rijksfac. landb. Wetensch. Gent, 32 (3-4), 433-440
- Gilmore AE (1963): Pot Experiments Related to the Peach Replant Problem.- Hilgardia 34, 63-78
- Gindrat D (1979): Biological Soil Disinfestation.- in Mulder D (Hrsg.) (1979): Soil desinfestation.- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 253-287
- Gradl T (1990): Dokumentation Pflanzenwirkstoffe – Saatgut und Wurzelbehandlungen von Nutzpflanzen.- ELORISAN GmbH, Pflanzenstärkungsmittel, Produktinformation
- Granse A, Wittenmayer L (2000): Qualitative and quantitative analysis of water soluble root exudates in relation to plant species and development.- Plant Nutrition and Soil Science 163, 381-385
- Griesbach E, Reiss E, Schmidt HB (1994): Bacillus subtilis mit antagonistischer Wirkung gegen bakterielle Erreger.- Mitteilungen der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft e.V., 24. Jahrgang, Nr. 2, 25
- Grossmann F (1967): Gründüngung als Pflanzenschutzmaßnahme.- Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 74, 143-150
- Grümmer G (1955): Die gegenseitige Beeinflussung höherer Pflanzen - Allelopathie.- VEB Gustav Fischer Verlag, Jena
- Grummer H-J, Klasink A, Mählich R (1979): Ermittlung von Schadschwellenwerten für Quecksilber in Pflanzen und tierischen Organen.- Forschungsbericht der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt der Landwirtschaftskammer Weser-Ems, Oldenburg
- Guderian R, van Haut H, Stratmann H (1969): Experimentelle Untersuchungen über pflanzenschädigende Fluorwasserstoff-Konzentrationen.- Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen
- Gur A, Cohen Y (1988): Causes of soil sickness in replanted peaches.- Workshop on Replant Problems with Fruit Trees, Germany F.R., August 25-28, 1987, Acta Horticulturae 233, 25-36

- de Haas PG, Hildebrandt W (1958): Obstbau in China - Auszug aus einem Reisebericht.- Die Deutsche Gartenbauwissenschaft 6, 121-123
- de Haas PG (1966): Baumschulforschung in Deutschland.- Vortrag vom 10.6.1966 auf der BdB Sommertagung in Norderney, Deutsche Baumschule 18, 214-221
- Haenchen F (1957): Bodenmüdigkeit und Humusversorgung der Baumschulböden.- Deutsche Baumschule 9, 275-280
- Hagemann E (1946): Bodenmüdigkeit, Pflanzensoziologie, Landschaftsgestaltung.- Eigenverlag, Lübeck
- Hallmann J, Sikora RA (1994): Einsatz von wurzelbesiedelnden apathogenen *Fusarium*-Stämmen zur biologischen Bekämpfung von *Meloidogyne* spp..- Mitteilungen der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft e.V., 24. Jahrgang, Nr. 1, 25
- Hanawalt RB (1971): Inhibition of Annual Plants by *Arctostaphylos*.- Biochemical Interactions Among Plants, 33-38
- Harr J, Klingler J (1976): Einfacher und kombinierter Effekt von *Pratylenchus penetrans* und *Thielaviopsis basicola* auf das Wachstum von Kirschen-Stecklingen.- Zeitschr. Pflanzenkr. Pflanzensch. 83, 615-619
- Harthorn L (1990): Gelbverzwergung: Woher kommt der Ertragsverlust.- Pflanzenschutz-Praxis 2/1990, 34-36
- Hassan MS, El-Behadli AH, Alsaadawi IS (1989 a): Citrus Replant Problem in Iraq - I. Possible role of soil fungi and nematodes.- Plant and Soil 116, 151-155
- Hassan MS, El-Behadli AH, Alsaadawi IS (1989 b): Citrus Replant Problem in Iraq - II. Possible role of allelopathy.- Plant and Soil 116, 157-160
- Hassan MS, El-Behadli AH, Alsaadawi IS (1989 c): Citrus Replant Problem in Iraq - III. Interactive effects of soil fungi and allelopathy.- Plant and Soil 116, 161-166
- Hayden RA, Savage EF, Prince VE (1968): Growth of Young Peach Trees as Affected by Preplant Fumigant Treatments.- American Society for Horticultural Science 93, 119-127
- Hein K (1972 a): Beiträge zum Problem der Bodenmüdigkeit.- Dissertation, Technische Universität Hannover
- Hein K (1972 b): Beiträge zum Problem der Bodenmüdigkeit.- Gartenbauwissenschaft 37 (1), 47-71
- Hein K (1973): Mikroorganismen als Ursache der Bodenmüdigkeit.- Erwerbsobstbau 15, 97-100
- Hein K (1974): Microorganisms as a Cause of Specific Replant Problems of fruit Trees.- Proc. XIX Internat. Hort. Congr. Warszawa 19, 127
- Heinze B (1916): Die Entwicklung der Wolfsbohnen (Lupinen) auf leichten und schweren Böden.- Die Naturwissenschaften 4, 731 - 734
- Hendrix jr. FF, Powell WM (1970): Control of Root Pathogens in Peach Decline Sites.- Phytopathology 60, 16-19

- Henning E (1981): Die Rhizosphäre - Lebensraum für das Edaphon. - Verlag T. Marzell, München
- Hennings P (1903): Einige Beobachtungen über das Gesunden pilzkranker Pflanzen bei veränderten Culturverhältnissen.- Botanisches Centralblatt 93, 63
- Hess G, Oertli JJ (1991): Bodenmüdigkeit im Rebbau.- Landwirtschaft Schweiz 4(10), 521-2-527
- Heß D (1999): Pflanzenphysiologie.- 10. Auflage, Ulmer Taschenbuch Verlag, Stuttgart
- Hilkenbäumer F (1951): Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Bodenmüdigkeit.- Deutsche Baumschule 3, 12-14
- Hilkenbäumer F (1964): Beeinträchtigt gehäckseltes Schnittholz die Entwicklung von Apfelbäumen?- Erwerbsobstbau, 6, 26-27
- Hilkenbäumer F (1971): Einfluß chemischer Bodenentseuchung auf die Anfangsentwicklung von 'Cox Orange' auf M9 im Nachbau nach Äpfeln auf schwerem Marschboden.- Der Erwerbsobstbau 13, 177 - 179
- Hillebrand A (1973): Wie läßt sich die Rebenmüdigkeit beseitigen?- Rheinische Bauernzeitung 27, 1077 - 1078
- Hiltner L (1909): Über neuere Ergebnisse und Probleme auf dem Gebiete der landwirtschaftlichen Bakteriologie.- Botanisches Centralblatt 111, 526
- Hirano S (1968 a): Studies on peach sick soil. VI. Some Factors Affecting the Growth of Replants in Old Peach Soil.- J. Jap. Soc. Hort. Sci. 37, 192-198
- Hirano S (1968 b): Studies on peach sick soil. VII. On the Properties of the Toxic Substances in Old Peach Soil and in Peach Trees.- J. Jap. Soc. Hort. Sci. 37, 305-311
- Hirling W (1977): Ölrettich (*Raphanus oleiferus*), eine Feindpflanze für *Pratylenchus neglectus*.- Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 84, 410-429
- Hochapfel H (1955): Freilandversuche zur Bekämpfung der „Bodenmüdigkeit“ bei Apfelsämlingen mit dem Chlorpikrin-Präparat „Larvacide“ und Schwefelkohlenstoff.- Deutsche Baumschule 7, 81-84
- Högger CH (1994): Gefährdung der Regenwürmer durch Nematizide und andere Pflanzenbehandlungsmittel.- Mitteilungen der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft e.V., 24. Jahrgang, Nr. 1, 34
- Hölte W (1961): Rauchwirkung auf Obstgehölze.- Die Deutsche Gartenbauwissenschaft 9, 247-248
- Hoestra H (1964): Die Bodenmüdigkeit im Obstbau.- Der Landwirt 18, 449-451
- Hoestra H (1965): Thielaviopsis basicola, a Faktor in the Cherry Replant Problem in the Netherlands.- Neth. J. Plantpathology 71, 180-182
- Hoestra H (1967): Specific Replant Disease: Problems and Prospects.- Meded. Rijksfac. Landb. Wetensch. Gent 32, 427-432

- Hoestra H (1968): Replant Diseases of Apple in the Netherlands.- Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen, Niederlande, 68-13 (1968)
- Hoestra H (1975): Crop Rotation, Monoculture and Soil Ecology.- EPPO Bulletin 5(2), 173-180
- Hoestra H (1988): General Remarks on Replant Disease.- Workshop on Replant Problems with Fruit Trees, Germany F.R., August 25-28, 1987, Acta Horticulturae 233, 11-16
- Hoffmann GM (1963): Über die fungizide Wirkung chemischer Bodenentseuchungsmittel unter Freilandbedingungen.- Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 15, 177-180
- Hoffmann GM, Malkomes HP (1979): The Fate of Pesticides in the Soil – The Fate of Fumigants.- in Mulder D (Hrsg.) (1979): Soil disinfection.- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 291-336
- Hoffmann M, Nienhaus F, Poehling HM, Schönbeck F, Weltzien HC, Wilbert H (1994): Lehrbuch der Phytotherapie, 3. Auflage. - Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin
- Horst K (1964): Klima und Bodenfaktoren in Zwergstrauch- und Waldgesellschaften des Naturschutzparks Lüneburger Heide.- Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen, Heft 2, Veröffentlichungen des Nieders. Landesverwaltungsamtes - Naturschutz und Landespflege, Verlag Fritz Eberlein, Hannover
- Hudska GB (1978): Problem unavy pudy pri pestovani jadrovin.- Ochrana Rostlin, Vol. 14, Nr. 2, 93-100
- Hudska G B (1988): Conclusions from Research on Replant Problems with apple trees and possibilities of its control.- Workshop on Replant Problems with Fruit Trees, Germany F.R., August 25-28, 1987, Acta Horticulturae 233, 21-24
- Husaboe P (1969): Planting i gmal frukthage.- Gartneryket 59, 381-386
- Husaboe P (1972): Kjemisk jordbehandling foer nyplanting i gmal frukthage.- State Experiment Station Njoes, Hermansverk. Report No. 27, 447-458
- Israel DW, Giddens JE, Powell WW (1973): The Toxicity of Peach Tree Roots.- Plant and Soil 39, 103 – 112
- Isutsa DK, Merwin IA (2000): Malus germplasm varies in resistance or tolerance to apple replant disease in a mixture of New York orchard soils.- Hort. Science 35 (2), 262-268
- Jackson JE (1973): Effects of soil fumigation on the growth of apple and cherry rootstocks on land previously cropped with apples.- Ann. appl. Biol. 74, 99-104
- Jackson JE (1979): Chemical Soil Disinfection – Soil fumigation against replant disease of apple.- in Mulder D (Hrsg.): Soil disinfection - Developments in Agricultural and Managed-Forest Ecology 6, 185-202
- Jaehner (1969): Rosenmüdigkeit im Frühjahr.- Obst und Garten 88, 134-135

- Jatindra NS (1919): Beobachtungen über die Bodenunfruchtbarkeit unter den Bäumen.-
Botanisches Centralblatt 141/2, 207-208
- Jaffee BA, Mai WF (1979 a): Growth Reduction of Apple Seedlings by *Pratylenchus penetrans* as Influenced by Seedlings Age at Inoculation.- Reprint aus Journal of Nematology Volume 11, No. 2
- Jaffee BA, Mai WF (1979 b): Effect of Soil Water Potential on Growth of Apple Trees Infected with *Pratylenchus penetrans*.- Reprint aus Journal of Nematology Volume 11, No. 2
- Jaffee BA, Abawi GS, Mai WF (1982): Role of Soil Microflora and *Pratylenchus penetrans* in an Apple Replant Disease.- Phytopathology 72, 247-251
- Jayasankar NP, Bandoni RJ, Towers GHN (1969): Fungal Degradation of Phloridzin.-
Phytochemistry 8, 379-383
- Johnson DW, Zak B (1977): Effects of soil treatments on fungal populations and ponderosa pine seedling survival in an Oregon nursery.- Plant Disease Reporter 61, 43-47
- Jonkers H, Hoestra H (1978): Soil pH-in Fruit Trees in Relation to Specific Replant Disorder of Apple. I. Introduction and Review of Literature.- Scientia Horticulturae 8, 113-118
- Jürgens G (1967): Untersuchungen über den Phlorizingehalt an Apfelsämlingen bei Mangel an mineralischen Nährstoffen unter Berücksichtigung des Bodenmüdigkeitsproblems beim Apfel.- Z. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 74, 17-33
- Jung Chr (2000): Wurzelinduzierte Veränderungen der Rhizosphäre unter Kupferüberschuß und Eisenmangel bei *Lupinus albus* L. - Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
- Kaminsky R, Muller WH (1977): The Extraction of Soil Phytotoxins Using a Neutral EDTA Solution.- Soil Science 124, 205-210
- Karnatz H (1953): Über die Wirkung des Nachbaus von Apfelsämlingen in der Unterlagenbaumschule.- Mitteilungen des Obstbau-Versuchsrings Jork 8, 288-290
- Karnatz H (1954): Über die Obstbaummüdigkeit.- Mitteilungen des Obstbau-Versuchsrings Jork 9, 318-320
- Karnatz H (1958): Der Einfluß verschiedener Vorkulturen auf die Bestandsentwicklung in einer Apfel-Niederstammanlage.- Mitteilungen des Obstbau-Versuchsrings Jork 13, 195-198
- Karnatz A (1968): Nachbaubeobachtungen bei Erdbeeren.- Der Erwerbsobstbau 10(7), 121-124
- Kauri-Pääsuke M (1973): Biologisk bekämping av jordtrötthet i plantskolejord.-
Lantbrukshögskolans meddelanden A 190, 1-11
- Keel Chr (1989): Mechanismen der Unterdrückung bodenbürtiger Pflanzenkrankheiten durch *Pseudomonas fluorescens* unter gnotobiotischen Bedingungen.- Dissertation, Eidgenössische Technische Universität Zürich
- Keller H (1951): Über die Wirkung einer Bodenbegiftung mittels DDT- und Hexa- Mitteln auf Kleinarthropoden, insbesondere Colembolen.- Die Naturwissenschaften 38, 480-481

- Kemmer E (1957): Zur Frage des artgleichen Nachbaus bei Apfelgehölzen.- Der Obstbau, Sonderdruck 76 (2)
- Kettner H (1969): Maßnahmen zur Behebung von Nachbauschwierigkeiten in Baumschulen.- Jahresbericht der staatl. Lehr- und Forschungsanstalt für Gartenbau Weihenstephan, 39-45
- Kielhauser G, Passecker F (1953): Untersuchungen über den Einfluß des Standortes auf das Gedeihen von Obstbäumen.- Mitteilungen der Höheren Bundeslehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau Klosterneuburg 3, 205 - 211
- Klaus H (1939): Das Problem der Bodenmüdigkeit unter Berücksichtigung des Obstbaus.- Landw. Jahrbuch 89, 413-459
- Kloczko M, Spethmann W (1994): Untersuchungen über Schäden durch Nematoden an Rosen in Baumschulen.- Taspo Gartenbaumagazin 5. Mai 1994, 10-11
- Kluge K (1992): Test gibt Aufschluß über Stärke der Bodenmüdigkeit – Bodenmüdigkeitstest mit einfachen Mitteln.- Gartenbau-Magazin 3/92, 101
- Knapp R (1967): Experimentelle Soziologie und gegenseitige Beeinflussung der Pflanzen.- 2. Auflage, Eugen Ulmer, Stuttgart
- Knoepfl F (1918): Beiträge zur Frage der Widerstandsfähigkeit der Obstbäume gegen Krankheiten.- Botanisches Centralblatt 137, 359-360
- Kobernuß E-Ch (1950): Zur Ursache und Behebung der Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen (Vorläufige Mitteilung).- Kühn-Archiv - Band 63, Verlag Max Niemeyer, Halle (Saale)
- Koch A (1899): Untersuchungen über die Ursachen der Rebenmüdigkeit mit besonderer Berücksichtigung der Schwefelkohlenstoffbehandlung.- Botanisches Zentralblatt 79, 388-391
- Koehne US (1959): Neues zur chemischen Bekämpfung der Baumschulmüdigkeit - Nematoden als Ursache der „Bodenmüdigkeit“ in Baumschulen.- Deutsche Baumschule 11, 309-311
- Koeppel DE, Rohrbaugh LM, Wender SH (1971): ????
- Kolbe W (1971): Untersuchungen über die Nematodenbekämpfung mit Terracur P® in Baumschul-, Obst-, Gemüse- und Ackerbau.- Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 24 (3), 435-478
- Kottmeyer H (1989): Bodenmüdigkeit - Hintergründe der Nachbauschwierigkeiten bei Gehölzen.- Baumschulpraxis 11/89, 500 - 504
- Kovacs GD (1974): A talajuntsag jellegének kimutatása gyümölcsösök újratelepítésénél.- Gyümölcstermesztés 1, 93-98
- Kovacs GD (1978): Studies on Methods for Testing the Specific Replant Disease in Orchards.- Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae 27, 92-96
- Kovacs GD (1979): The Rhizosphere Effect of some Fruit Trees on Physiological Groups of Soil Microbes.- Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae 28, 364-369
- Kowalik M (1999): Soil fungi and the replant disease in an apple orchard.- Pythopathologia Polonica, Issue 17, 31-40

- Krämer R (1991): Zur Anzucht von einjährigen Apfel- und Birnenveredelungen im Nachbau, im Neuland und im Container.- Erwerbsobstbau 33, 164 - 168
- Kristan F (1976): Fruchtwechsel und Bodenfruchtbarkeit.- Tagungsberichte Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR 148, 173-180
- Krüssmann G (1954): Die Baumschule.- 2. Auflage, Paul Parey, Berlin und Hamburg
- Krüssmann G (1964): Die Baumschule.- 3. Auflage, Paul Parey, Berlin und Hamburg
- Krüssmann G (1997): Die Baumschule.- 6. Auflage, Paul Parey, Berlin und Hamburg
- Krüssmann G, Kordes R, Hemer M (1974): Rosen, Rosen, Rosen - Unser Wissen über die Rose.- Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- Kramer S (1963): Gibt es eine Süßkirschenmüdigkeit im Havelobstbaugebiet?- Obstbau 3, 139-140
- Kühne H, Eysell F (1970): Beitrag zur Bekämpfung der "Bodenmüdigkeit" in Obstgehölzquartieren.- Gesunde Pflanzen 22, 72-79
- Kümmeler M (1980): Untersuchungen zur Bodenmüdigkeit.- Tätigkeitsbericht für die Jahre 1978 und 1979, Rheinische Friedrich-Wilhelm-Universität, Bonn, 13-14
- Kümmeler M (1981 a): Zusammenhang zwischen dem Kohlenwasserstoff- bzw. Phenolgehalt des Bodens und dem Auftreten von Bodenmüdigkeit bei Apfel.- Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn
- Kümmeler M (1981 b): Untersuchungen zum Ursachenkomplex der Bodenmüdigkeit - Teil I. - Erwerbsobstbau 23, 162-168
- Kümmeler M (1982 a): Untersuchungen zum Ursachenkomplex der Bodenmüdigkeit - II. Einfluß von Bodenbehandlung und Bodenmüdigkeit auf das vegetative Wachstum von 'Bitterfelder' Sämlingen.- Erwerbsobstbau 24, 200-203
- Kümmeler M (1982 b): Untersuchungen zum Ursachenkomplex der Bodenmüdigkeit - III. Gehalt einiger gesättigter und ungesättigter Kohlenwasserstoffe in Böden verschiedenen Müdigkeitsgrades.- Erwerbsobstbau 24, 246-248
- Kümmeler M (1982 c): Untersuchungen zum Ursachenkomplex der Bodenmüdigkeit - IV. Einfluß einer Ethylenbegasung des Bodens auf das vegetative Wachstum von 'Bitterfelder' Sämlingen in Böden verschiedenen Müdigkeitsgrades.- Erwerbsobstbau 24, 269 - 271
- Kümmeler M (1984 a): Forderung nach praktikablem Test zur Früherkennung.- Erwerbsobstbau, 26, 229-230
- Kümmeler M (1984 b): Bodenmüdigkeit bei Kernobst.- Rheinische Monatsschrift für Gemüse, Obst, Zierpflanzen, 72, 448-452
- Küppers H (1950): Bodenmüdigkeitserscheinungen bei *Prunus avium* nach Pflaumen.- Deutsche Baumschule 2, 270
- Van Kuik F (2002): Bodemoeheid – te liefj met actieve aanpak.- De Boomwekerji, 10-11

Kutzerer JW (1972): Untersuchungen über die Wirkung chemischer Entseuchungsmittel auf den fungistatischen Hemmeffekt im Boden und die damit verbundene Beeinflussung der Entwicklung Bodenbürtiger Krankheitserreger.- Dissertation, Technische Universität Hannover

Laatikainen T, Heinonen-Tanski H (2002): Mycorrhizal Growth in pure Cultures in Presence of Pesticides.- *Micribiol. Res.* 157, 127-137

Lacey CND (1976): Bad maidens cost more.- *Grower* 85, 424-425

Ladd JN, Brisbane PG, Butler JHA, Amato Csiro M (1976): Studies on Soil Fumigation III. Effects on Enzyme Activities, Bacterial Numbers and Extractable Ninhydrin Reactive Compounds.- *Soil Biol. Biochem.* 8, 255-260

Lamb RJ, Richard BN (1978): Inoculation of Pine with Mycorrhizal Fungi in Natural Soils - III. Effect of Soil Fumigation on Rate of Infection and Response to Inokulum Density.- *Soil Biol. Biochem.* 10, 273-276

Larink, Otto (1998): Bodenbearbeitung und Bodenleben.- in *Bodenbearbeitung und Bodenschutz - Schlußfolgerungen für gute fachliche Praxis*, KTBL Arbeitspapier 266, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, 80-90

Lepidi AA, Nuti MP, Citernesi U (1974): Microbiological Aspects of the Peach Replant Disease: The Rhizosphere Effect in Peach Replanted in Normal and Diseased Conditions.- *Annales of Phytopathologie* 6, 35-44

Link H (1990): Neue Rodetechnik mit unangenehmen Folgen.- *Obst und Garten* 12/1990, 552-553

Lösing H (1991): Unkrautbekämpfung in Tagetes.- *Deutsche Baumschule* 43, 74-75

Lösing H (1995): Bedeutung und integrierte Bekämpfung wandernder Nematoden (*Pratylenchus spp.*) Als Ursache von Nachbauschäden bei Rosen in der Baumschulproduktion.- Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin

Loewell EL, Schander H (1959): Neue Untersuchungen zur Frage der Bodenmüdigkeit. - *Mitteilungen Obstbau-Versuchsringes Jork* 14, 301 - 305

Louvet J (1979): General Aspects of Soil Disinfestation – Introduction.- in Mulder D (Hrsg.) (1979): *Soil Disinfestation.- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology* 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 3-7

Lovelidge B (1978): Apple Replant Disease Breakthrough at EMRS - Work Identifies Common Pathogen.- *Grower* 90, 337

Lüttmann B (2003): Persönliche Mitteilung im Gespräch vom 29.4.2003 in Westerstede

Lynch JM (1977): Production and Phytotoxicity of Acetic Acid in Anaerobic Soils Containing Plant Residues.- *Soil Biol. Biochem.* 10, 131-135

Maethe H (1989): Tagetes macht müde Böden munter.- *Deutsche Baumschule* 41, 580-582

Mai WF (1969): Growth of Apple Seedlings in Relation to Soil Temperature and Inoculation with *Pratylenchus penetrans*.- *Phytopathology* 50, 237-238

Mai WF, Abawi GS (1978): Determining the Cause and Extent of Apple, Cherry and, Pear Replant Diseases under Controlled Conditions.- The American Phytopathological Journal 68, 1540 - 1544

Mai WF, Abawi GS, Dunn RA (1976): Root Diseases of Fruit Trees in New York State. VIII. The Influence of Application Method on the Effectiveness of Metyl Bromide as a Replant Treatment for Increasing Growth of Apple Trees.- Plant Disease Reporter 60, 1057-1060

Mai WF, Parker KG (1967): Root Diseases of Fruit Trees in New York State. I. Populations of *Pratylenchus penetrans* and Growth of Cherry in Response to Soil Treatment with Nematocides.- Plant Disease Reporter 56, 141-145

Mai WF, Parker KG (1972): Root Diseases of Fruit Trees in New York State. IV. Influence of Preplant Treatment with Nematicide, Charcoal from burned Brush, and Complete mineral Nutrition on Growth and Yields of Sour Cherry Trees and Number of *Pratylenchus penetrans*.- Plant Disease Reporter 56, 141-145

Mai WF, Parker KG, Hickey KD (1970): Root Diseases of Fruit Trees in New York State. II. Populations of *Pratylenchus penetrans* and Growth of Apple in Response to Soil Treatment with Nematocides.- Plant Disease Reporter 54, 792-795

Makeschin F (1980): Einfluß der Regenwürmer (Lumbricidae, Oligochaeta) auf den Boden sowie auf den Ertrag und Inhaltsstoffe von Nutzpflanzen. - Dissertation, Justus Liebig-Universität, Gießen

Malkomes HP (1972 a): Der Einfluß von Bodenbegasung mit Methylbromid (Terabol®) auf gärtnerische Kulturpflanzen. II. Bromidaufnahme und -toleranz bei Gemüsepflanzen.- Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 79, Heft 6/1972, 274-290

Malkomes HP (1972 b): Der Einfluß von Bodenbegasung mit Methylbromid (Terabol®) auf gärtnerische Kulturpflanzen. II. Bromidaufnahme und Bromidtoleranz bei Zierpflanzen.- Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 79, Heft 5/1972, 321-338

Malkomes HP, Fölster E, Hoffmann GM (1972): Bromidrückstände und Ertragsbeeinflussung bei Gemüsekulturen nach Bodenbehandlung mit Methylbromid.- Gartenbauwissenschaften 37, 471-493

Manzo P (1974): Prove comperative tra diversi portinnesti di pesco in terreno „Stance“ fumigato e non fumigato.- Annali dell' InstitutoSperimentale per la Frutticoltura 1974, 35-50

Marks CF, Davidson TR (1973): Effects of Preplant and Postplant Nematicides on Population of Nematodes in the Soil and on Growth of Fruit Trees in the Niagara Peninsula.- Plant Dis. Surv. 53, 170-174

Marks TR, Sewell GWF (1978): Specific Replant Disease of Apple (SARD) – Endomycorrhizaal Studies.- Rep.East Malling Research Station for 1977, 83

Marx DH, Bryan WC, Cordell CE (1976): Growth and Ectomycorrhizal Development of Pine Seedlings in Nursery Soils infested with the Fungal Symbiont *Pisolithus tinctorius*.- Forest Science 22, 91-100

Marx DH, Morris WG, Mexal JG (1978): Growth and Ectomycorrhizal Development of Loblolly Pine Seedlings in Fumigated and Nonfumigated Nursery Soils Infested with Different Fungal Symbionts.- Forest Science 24, 193-203

- Maurer KJ (1977): Nachbauprobleme mit Obstgehölzen.- Chemie und Technik in der Landwirtschaft 28, 88
- Mazzola M, Gu YH (2000): Phyto-Management of Microbial Community Structure to Enhance Growth of Apple in Replante Soils.- Proc. IS Chemical Non-Chemical Soil and Substrate Desinfestation, Acta Horticulturae 532, 73-78
- McCalla TM, Haskins FA (1961): Phytotoxic Substances From Soil Microorganisms And Crop Residues.- Bacteriological Reviews 28, 181-207
- McElgunn JD, Heinrichs DH (1969): Effects of Root Temperature and a Suspected Phytotoxic Substance on the Growth of Alfalfa.- Can. J. plant Sci. 50, 307-311
- Menge JA, Johnson ELV, Minassian V (1979): Effect of Heat Treatment and Three Pesticides upon the Growth and Reproduction of the Mycorrhizal Fungus *Glomus fasciculatus*.- New Phytopathology 82, 473-480
- Michelsen E, Nedderich F (1890): Geschichte der deutschen Landwirtschaft - nach Langenthals gleichnamigem Werke.- 3. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin
- Miller WO, Norris MG (1970): A New Review of Soil Fumigation Practices for use in in forest Nurseries.- Down to Earth 26(3), 9-12
- Miller CR, Dowler WM, Petersen DH, Ashworth RP (1966): Observations on the Mode of Infection of *Pythium ultimum* and *Phytophthora cactorum* on Young Roots of Peach.- Phytopathology 56, 46-49
- Mircetich SM (1971): The Role of *Pythium* in Feeder Roots of Diseased and Symptomless Peach Trees and in Orchard Soils in Peach Tree Decline.- Phytopathology 61, 357 - 360
- Mizutani F, Sugiura A, Tomana T (1977): Studies on the Soil Sickness Problem for Peach Trees - I. Cyanogenesis Involved in the Relationship between Root Sensitivity to Waterlogging and Soil Sickness.- J. Jap. Soc. Hort. Sci. 46, 9 - 17
- Motsinger RE, Crawford JL, Thompson SS (1974): Survey of Cotton and Soybean Fields for Lance Nematodes in Eastern Georgia.- Plant Disease Reporter 58, 369-372
- Müller H (1959): Beitrag zur Frage der Bodenmüdigkeit in Baumschulen.- Der Deutsche Gartenbau, 6, 136-138
- Mulder D (1969): The Pathogenicity of Several *Pythium* species to Rootlets of Apple Seedlings.- Neth. J. Plant Pathology 75, 178-181
- Mulder D (1971 a): Het onderzoek inzake de oorzaak van bedemotheid bij appel.- Gewasbescherming 2, 32-33
- Mulder D (1971 b): Het onderzoek inzake de oorzaak van bodemmotheid bij appel.- De Fruitteelt 61, 301
- Mulder D (1974): Replant Diseases.- Agriculture and Environment 1, 217-220
- Mulder D (1975): Les maladies de replantation du pommier.- Rev. Hort. Suisse 48, 293-294

- Mulder D (Hrsg.)(1979): Chemical Soil Disinfestation – Some Theoretical Considerations in Connection with Replant Disease of Apple Tree (Appendix).- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 203-204
- Nandal DPS, Bisla SS, Narwal SS, Kaushik JC (1994): Allelopathic Interactions in Agroforestry systems.- in Berichte vom ersten National Symposium Allelopathy in Agroecosystems, 12.-14.02.1992 in Hisou, Indien, Allelopathy in Agriculture and Forestry, Scientific Publishers, Jodhpur, Indien, 93-130
- Narwal SS (1994): Allelopathic Problems in Indian Agriculture and Prospects of Research.- Berichte vom ersten National Symposium Allelopathy in Agroecosystems, 12.-14.02.1992 in Hisou, Indien, Allelopathy in Agriculture and Forestry, Scientific Publishers, Jodhpur, Indien
- Nederpel L (1979): Physical Soil Disinfestation –Soil Sterilization and Pasteurization.- in Mulder D (Hrsg.)(1979): Soil disinfestation.- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 29-38
- Nesmith WC, Dowler WM (1974): Some Effects of Soil Fumigation Related to Peach Tree Short Life.- Proc. Amer. Phytopathol. Soc. 1, 164
- Nesmith WC, Dowler WM (1975): Soil Fumigation and Fall Pruning Related to Peach Tree Short Life.- Pythopathology 65, 277-280
- Newcomb DA (1975): Mycorrhiza Effects Following Soil Fumigation.- The Int. Plant Prop. Soc. 25, 102-104
- Nishio M, Kusano S (1975): Effect of Fungi Associated With Roots on the Growth of Continuously Cropped Upland Rice.- Soil Sci. Plant Nutr. 21, 161-171
- Nicolin P (1950): Zu Besuch bei unseren belgischen Kollegen.- Deutsche Baumschule 2, 70-72 und 79-81
- Nieschlag F (1969): Der fruchtbare Boden - Erhaltung und Mehrung der Bodenfruchtbarkeit.- 2. Auflage, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt (Main)
- Nordmeyer H (1994): Bodenvariabilität und Verhalten von Pflanzenschutzmitteln.- Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 157, 283 -288
- Oberdieck JGC (1881): Deutschlands beste Obstsorten - Anleitung zur Kenntnis und Anpflanzung einer, nach strenger Auswahl zusammengestellten Anzahl von Obstsorten.- Verlag von Hugo Voigt, Leipzig
- Oberhänsli Th (1992): Untersuchungen zur Unterdrückung bodenbürtiger Pflanzenkrankheiten durch Pseudomonas fluorescens Stamm CHA0: Phenylpropanderivate in Tabakwurzeln und Rolle der bakteriellen Tryptophan Side Chain Oxidase.- Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
- Obst A, Graf R, Rüppold H (1977): Beobachtungen in einem Monokultur-Weizensortiment zur Vikarianz der Fußkrankheitserreger.- Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 29, 113-114
- Oehl VH (1979): Recommendations for Soil Preparation Prior to Fumigation with Chloropikrin for Control of Apple Replant Disease.- Rep. E. Malling Res. Stat. for 1978, 209-210

Oehl VH, White GC, Sewell GF (1979): Soil Fumigation to Control Apple Replant Disease.- Rep. E. Malling Res. Stat. for 1978, 50

Oehl VH, Jackson JE (1979): Evaluating Rootstocks for Resistance to Apple Replant Disease.- Rep. E. Malling Res. Stat. for 1978, 53

Oh SD, Carlson RF (1976): Water Soluble Extracts from Peach Plant Parts and Their Affect on Growth of Seedlings from Peach, Apple and Bean.- J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101, 54-57

Old KM, Wong JNF (1976): Perforation and Lysis of Fungal Spores in Natural Soils.-Soil Biol. Biochem. 8, 285-292

Oosten HJ van (1977 a): Ervaringen met virusvrije applebomen.- De Fruitteelt 67, 64-67

Oosten HJ van (1977 b): De nieuwe applelonderstam M27 (3) Fruitteeltproeven met M27 in Nederland.- De Fruitteelt 67, 480-483

Oostenbrink M(1955): Bodenmüdigkeit und Nematoden.- Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 62, 337-346

Oostenbrink M, Kuiper K, Kuiper S, Jacob J (1957): Tagetes als Feindpflanze von *Pratylenchus*-Arten.- Nematologica, 2, 424-433

Otto E (Hrsg.) (1876): Die Reblaus im Altertum.- Hamburger Garten- und Blumenzeitung 32, 47

Otto E (Hrsg.) (1878): Ein vorzügliches Düngemittel für Rosen.- Hamburger Garten- und Blumenzeitung 34, 239

Otto E (Hrsg.) (1878): Der Obstbau in Californien.- Hamburger Garten- und Blumenzeitung 34, 193-199

Otto G (1954): Beiträge zur Morphologie und Frage der Bedeutung der endotrophen Mykorrhiza bei Obstgehölzen.- Naturwissenschaften 41, 555-556

Otto G (1966 a): Bodenmüdigkeit- eine spezifische Minderung der Bodenfruchtbarkeit (I).- Obstbau 6, 4-6

Otto G (1966 b): Bodenmüdigkeit- eine spezifische Minderung der Bodenfruchtbarkeit (II).- Obstbau 6, 19-20

Otto G (1972 a): Untersuchungen über die Ursache der Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen. I. Versuche zur Übertragung der Bodenmüdigkeit durch Wurzeln.- Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene, 2. Abt. 127(3), 279-289

Otto G (1972 b): Untersuchungen über die Ursache der Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen. II. Versuche zur Übertragung der Bodenmüdigkeit durch wurzelfreien müden Boden.- Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene, 2. Abt. 127(6), 601-611

Otto G (1972 c): Untersuchungen über die Ursache der Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen. III. Versuche zur Beseitigung der Bodenmüdigkeit durch Dämpfung bei verschiedenen Temperaturen.- Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene, 2. Abt. 127(7-8), 777-782

- Otto G (1973): Untersuchungen über die Ursache der Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen. V. Einfluß unterschiedlicher Dämpftemperaturen auf die Mikroflora eines müden Bodens.- Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene, 2. Abt. 128(3-4), 377-382
- Otto G (1991): Ergebnisse zur Ursache der Bodenmüdigkeit bei Apfel.- Rheinische Monatsschrift 79, 290 - 292
- Otto G (1992): Bodenmüdigkeit bei Apfel – nur ein Nachbauproblem? – Wirkung wurzelpathogener *Aktinomyzeten* in wachsenden Apfelanlagen.- Gartenbau-Magazin 3/92, 97-99
- Otto G (2003): mündliche Mitteilung vom 8.5.2003 in Dresden
- Otto G, Winkler H (1974): Ein Test zur Ermittlung der Bodenmüdigkeit in obstbaulich genutzten Böden.- 2. veränderte Auflage, iga-Kurzdokumentation, 1-8
- Otto G, Winkler H (1975 a): Die Reaktion der Apfelunterlagen und Sorten-Unterlagen-Kombinationen auf die Bodenmüdigkeit.- Archiv für Gartenbau, Berlin 23, 441-451
- Otto G, Winkler H (1975 b): Untersuchungen zur Präzisierung des Tests auf die Bodenmüdigkeit in obstbaulich genutzten Böden.- Archiv für Gartenbau, Berlin 23, 453-461
- Otto G, Winkler H (1975 c): Nachweis von Bodenmüdigkeit in wachsenden Apfelanlagen mit Hilfe des Tests auf Bodenmüdigkeit.- Gartenbau 22, 368-369
- Otto G, Winkler H (1976): Nachweis der Bodenmüdigkeit in wachsenden Apfelanlagen.- Zbl. Bakt. Abt. II 131, 730 - 735
- Otto G, Winkler H (1977): Untersuchungen über die Ursache der Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen. IV. Nachweis von *Aktinomyzeten* in Faserwurzeln von Apfelsämlingen in Böden mit verschiedenen Müdigkeitsgraden.- Zbl. Bakt. Abt. II 132, 593-606
- Otto G, Winkler H (1981): Probleme der Bodenmüdigkeit und ihrer Bekämpfung in der Apfelproduktion.- Fortschrittsberichte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft, 19, 5-35
- Otto G, Winkler H (1983): Die Wirkung einiger Biozide auf die Bodenmüdigkeit bei Apfel und auf die Mikroflora müder Böden.- Zbl. Bakt. Abt. II 138, 337-343
- Otto G, Winkler H (1986): Vorläufige Empfehlungen zu Anwendung des Verfahrens zur Bekämpfung von Nachbauschäden bei Apfel.- Gartenbau 33, 53-55
- Otto G, Winkler H (1989 a): Bekämpfung von Nachbauschäden bei Apfel durch Bodenentseuchung mit chemischen Mitteln.- iga, Empfehlungen für die Praxis
- Otto G, Winkler H (1989 b): Stand und Methoden der Bekämpfung von Nachbauschäden in Baumschulen.- Gartenbau 36, V-VI
- Otto G, Winkler H (1993): Soil Fumigation for Controlling Replant Problems in Apple Orchards.- Acta Horticulturae 324, 91-95
- Otto G, Winkler H (1995 a): Besiedelung von Faserwurzeln einiger Rosaceen-Arten durch *Actinomyzeten*, endotrophe Mykorrhiza und endophytische Nematoden in einem Boden mit „Kirschmüdigkeit“.- Journal of Plant Disease and Protection 102, 63-68

Otto G, Winkler H (1995 b): Nachweis von *Actinomyceten* und das Auftreten der endotrophen Mycorrhiza in den Faserwurzeln von Ziergehölzen aus der Familie der *Rosaceae*.- Journal of Plant Disease and Protection 102, 599-605

Otto G, Winkler H, Schönwälder J, Wancsucha G, Etzenberg K, Düker I (1986): Ergebnisse bei der Prognose von Nachbauschäden bei Apfel.- Gartenbau 33, 52-53

Otto G, Winkler H, Szabo K (1993 a): Zum Stand der Erkenntnisse über die Ursache der Bodenmüdigkeit bei einigen Rosaceen-Arten.- Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Bausteine für den integrierten Pflanzenschutz im Gartenbau – Aktuelle Arbeiten aus dem Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau – Festschrift für Dr. Gerd Crüger, Heft 289, 11-25

Otto G, Winkler H, Szabo K (1993 b): Investigation about the Course of Infestation of Rootlets of Apple Seedlings by root Pathogenic *Actinomycetes* in soils with Specific Apple Replant Disease.- Zentralbl. Mikrobiol. 148, 467-476

Otto G, Winkler H, Szabo K (1994 a): Proof of *Actinomycetes* in rootlets of species of Rosaceae from a SARD soil - a contribution to the specificity of replant diseases.- Third International Symposium on Replant Problems, Penticton Canada, July 20-23, 1993, Acta Horticulturae 363, 43-48

Otto G, Winkler H, Szabo K (1994 b): Influence of Growth Regulators on the Infection of Rootlets of Apple Seedlings in SARD Soils by *Actinomycetes*.- Third International Symposium on Replant Problems, Penticton Canada, July 20-23, 1993, Acta Horticulturae 363, 101-107

Pareek RP, Gaur AC (1973): Organic Acids in the Rhizosphere of *Zea mays* and *Phaseolus aureus* plants.- Plant and Soil 39, 441-444

Parker KG, Mai WF (1956): Damage to Tree Fruits in New York By Root Lesion Nematodes.- Plant Disease Reporter 40, 694-699

Parker KG, Mai WF (1974): Root Disease of Fruit Trees in New York State. VI. Damage Caused by *Pratylenchus penetrans* to Apple Trees in the Orchard Growing on Different Rootstocks.- Plant Disease Reporter 58, 1007-1011

Parker KG, Mai WF, Oberly GH, Brase KD, Hickey KD (1966): Combating Replant Problems in Orchards.- New York State College of Agriculture, Cornell Extension Bulletin 1169

Patrick ZA (1971): Phytotoxic Substances Associated with the Decomposition in Soil of Plant Residues.- Soil Science 111, 13-18

Patrick ZA, Toussoun TA, Koch LW (1964): Effect of Crop residues Decomposition Products on Plant Roots.- Ann. Rev. Phytopath. 2, 267-292

Pepin HS, Sewell GWF, Wilson JF (1975): Soil Populations of *Thielaviopsis basicola* Associated with Cherry Rootstocks in Relation to Effects of the Pathogen on their Growth.- Ann. appl. Biol. 79, 171-176

Perret P, Koblet W (1979): Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Sauerstoff-, Kohlendioxid- und Aethylengehalt der Bodenluft und dem Auftreten von Rebchlorose.- Die Weinwissenschaft 34, 151-170

- Petersen A (1951): Die Bekämpfung der Ackerunkräuter durch die Kulturmassnahmen des jeweiligen Anbau- und Betriebssystems. - Akademie-Verlag, Berlin
- Petelkau, H (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschadverdichtung.- in Bodenbearbeitung und Bodenschutz - Schlußfolgerungen für gute fachliche Praxis, KTBL Arbeitspapier 266, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt, 56-79
- Petzhold E (1999): Bodenmüdigkeit beim Apfel.- Monatschrift 87, 559
- Pfeil E (1933): Ungünstige Bodenverhältnisse als Ursache für Pflanzenkrankheiten.- Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Band II, 6. Auflage, Verlagsbuchhandlung Paul Parey
- Pitacco A, Tonutti P, Mantinger H, Stainer R (1994): Effect of Green Manure and Fumigation on Replant Problem in Apple: a Spatial Analysis.- Gartenbauwissenschaft 59, 53-57
- Pitcher RS, Way DW, Savory BM (1966): Specific Replant Diseases of Apple and Cherry and Their Control by Soil Fumigation.- J. hort. Sci. 41, 379-396
- Pommer G, Oppitz K, Fink K (1979): Winterweizen in Fruchtwechsel und Dauerkultur - Ertragsrelationen und Einfluß produktionstechnischer Maßnahmen.- Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 148, 214-229
- Prince VE, Horton BD (1972): Influence of Pruning at Various Dates on Peach Tree Mortality.- J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97, 303-305
- Qian XM, El-Ashkar A, Kottke I, Oberwinkler F (1995): Vergleichende Untersuchungen an Mykorrhizen und Mikropilzen der Rhizosphäre nach saurer Beregnung und Kalkung im Fichtenbestand „Höglwald“.- Abschlußbericht über das Projekt 0339175E durchgeführt von der Universität Tübingen
- Rabotnov TA (1980): On Some Problems of the Coevolution of Organisms.- Phytoecologia 7, 1-7
- Rao AV, Rajaram KP, Sidderamappa R, Sethunathan N (1975): Phenols in Rice Soils.- Soil Biol. Biochem. 7, 227-229
- Raski DJ, Schmitt RV, Hemstreet C (1973): Comparison of Grape Rootstocks in Nematode-Infested Soil After Preplant Soil Fumigation.- Plant Disease Reporter 57, 416-419
- Read DJ (1978): The Biology of Mycorrhiza in Heathland Ecosystems with Special References to the Nitrogen Nutrition of *Ericaceae*.- in Loutit MW, Miles JAR (1978): Microbial Ecology, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 324-328
- Reber H (1966): Vergleichende Untersuchungen über den Einfluss ausgewählter Entseuchungsmittel auf die Mikroflora des Bodens.- Dissertation, Technische Hochschule Hannover
- Reber H (1967): Untersuchungen über die Wiederbesiedelung eines chemisch entseuchten Bodens.- Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 74, 427-438
- Ricciardi P, Amici A, Lalatta F (1975): Ulteriori indagini sul ruolo di *Pratylenchus vulnus* nel problema del reimpianto del pesco.- Rivista dell'Ortoflorofrutticoltura Italiana 2

- Rice EL (1994): Overview of Allelopathy.- Berichte vom ersten National Symposium Allelopathy in Agroecosystems, 12.-14.02.1992 in Hisou, Indien, Allelopathy in Agriculture and Forestry, Scientific Publishers, Jodhpur, Indien, 1-21
- Richmond DV, Pring RJ, Sims SL, Gundry CS (1978): Specific Apple Replant Disease (SARD).- Report of Long Ashton Research Station for 1977, 102
- Richmond DV, Sims SL, Byrde RJW, Jackson W, Gundry CS, Holgate M (1978): Specific Apple Replant Disease (SARD).- Report of Long Ashton Research Station for 1977, 134
- Ridge EH (1976): Studies on Soil Fumigation - II. Effects on Bacteria.- Soil Biol. Biochem. 8, 249-253
- Ridge EH, Theodorou C (1972): The Effect of Soil Fumigation on Microbial Recolonization and Mycorrhizal Infection.- Soil Biol. Biochem. 4, 295-305
- Riffle JW (1978): Soil Fumigation Affects endomycorrhizal Development on Broadleaf Seedlings in a Northern Plains Nursery.- Proc. Amer. Phytopath. Soc. 4, 119-120
- Ritzema-Bos J (1899): Die Vertilgung im Boden befindlicher Schädlinge durch Einspritzen von Benzin oder Schwefelkohlenstoff.- Botanisches Centralblatt 78, 378
- Rothmaler W (1951): Bodenmüdigkeit - eine Gefahr für Baumschule und Obstbau (Zusammenfassung einer Rede von Prof. Dr. Hilkenbäumer). - Deutsche Baumschule 3, 287-288
- Ross RG (1978): Apple Growers have Replant Problem.- Canada Agriculture 3, 19-22
- Ross RG, Crowe AD (1973): Replant Disease in Apple Orchard Soil.- Can. Plant Dis. Surv. 53, 144-146
- Ross RG, Crowe AD (1976): Further Studies on Replant Disease of Apple in Nova Scotia.- Can. Plant Dis. Surv. 56, 88-92
- Rousseaux S, Hartmann A, Soulas G (2001): Isolation and Characterisation of Gram-negative and Gram-positive Atrazine Degrading Bacteria from Different French Soils.- Microbiology Ecology 36, 211-222
- Rovira AD (1976): Studies on Soil Fumigation - I. Effects on Ammonium, Nitrate and Phosphate in Soil and on the Growth, Nutrition and Yield of Wheat.- Soil Biol. Biochem. 8, 241-247
- Rovira AD, Ridge EH (1979): Chemical Soil Disinfestation – The Effect of Methyl Bromide and Chloropicrin on some Chemical and Biological Properties of Soil and on the Growth and Nutrition of Wheat.- in Mulder D (Hrsg.) (1979): Soil disinfestation.- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 231-250
- Rue JH La, McClellan WD, Peacock WI (1975): Mycorrhizal Fungi and Peach Nursery Nutrition.- California Agriculture 29, 6-7
- Rusch HP (1978): Bodenfruchtbarkeit- Eine Studie biologischen Denkens.- 3. Auflage, K.F. Haug Verlag, Heidelberg
- Ryan CLJ (1975 a): Specific Replant Disease in Hawke's Bay. Part I. Introduction and First Field Trails.- Orchardist of New Zealand 48, 162 + 164

- Ryan CLJ (1975 b): Specific Replant Disease in Hawke's Bay. Part II. Pot Tests Used For Detecting Replant Disease. Its Identification and Distribution.- Orchardist of New Zealand 48, 165, 167-168
- Ryan CLJ (1975 c): Specific Replant Disease in Hawke's Bay. Part III. Apple Rootstock Evaluation For Replant Sites.- Orchardist of New Zealand 48, 191 + 193
- Ryan CLJ (1975 d): Specific Replant Disease in Hawke's Bay. Part IV. Control Methods Including Fumigation Technique.- Orchardist of New Zealand 48, 194-195
- Sabaté (1877): Das Entrinden von Weinstöcken.- Hamburger Garten- und Blumenzeitung 33, 44
- Sadowski A, Scibisz K, Tomala K, Kozanecka T, Kepha M (1988): Negative effects of excessive nitrogen and Potassium Fertilization in a replanted apple orchard.- Workshop on Replant Problems with Fruit Trees, Germany F.R., August 25-28, 1987, Acta Horticulturae 233, 85-94
- Sanftleben H (1978): Boden: mehr Krankheiten nach Entseuchung.- Deutsche Baumschule 30, 88
- Santo GS, Lear B (1976): Influence of *Pratylenchus vulnus* and *Meliodogyne hapla* on the Growth of Rootstocks of Rose.- Journal of Nematology Vol. 8, No. 1, 18-23
- Savage EF, Hayden RA, Futral JG (1974): Effects of Soil Fumigants on Growth , Yield, and Longevity of Dixired Peach Trees.- Research Bulletin of the Georgia Agricultural Experiment Stations 148, 3-22
- Savory BM (1966 a): Studies on the Occurance and Aetiology of Specific Replant Diseases of Perennial Fruit Crops.- Dissertation, East Malling Research Station, University of London
- Savory BM (1966 b): Specific Replant Disease.- Research Review No. 1, Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, East Malling, Maidstone, Kent
- Savory BM (1967): Specific Replant Disease of Apple and Cherry.- Rep. East Malling Research Station for 1966, 205-208
- Savory BM (1969): Evidence that Toxins are not the Causal Factors of the Specific Apple Replant Disease.- Ann. appl. Biol. 63, 225 - 231
- Schaefer H (1984): Untersuchungen über phenolische Substanzen in Wurzeln, Wurzelstangen und Trieben der Rebe (Gattung Vitis), 2. Mitt. Jahreszeitliches Auftreten in 3 Pfropfkombinationen nach der Veredelung; Verbesserte Methodik.- Die Wein - Wissenschaft 39, 363-379
- Schaefer H (1985): Untersuchungen über phenolische Substanzen in Wurzeln, Wurzelstangen und Trieben der Rebe (Gattung Vitis), 3. Mitt. Vergleichende Untersuchungen an den Wurzeln verschiedener Rebenarten und -sorten.- Die Wein - Wissenschaft 40, 177-188
- Schander H (1955 a): Über die Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen und deren Befall mit Nematoden.- Deutsche Baumschule 7, 133-139
- Schander BM (1955 b): Beiträge zur Frage der Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen.- Die Gartenbauwissenschaft, 20, 115-140 und 233-260
- Schander H (1956 a): Die Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen.- Bayrischer Landwirtschaftsverlag, Bonn, München, Wien

- Schander H (1956 b): Die Bodenmüdigkeit und ihre Ursachen.- Gartenwelt 56, 375-377
- Schander H (1958): Über die Bodenmüdigkeit beim Apfel und über Versuche, Marschböden auf Bodenmüdigkeit zu testen.- Mitteilungen Altes Land, Jork, 6, 188-195
- Scheffer F, Schachtschabel P, Blume HP, Brümmer G, Hartge KH, Schwertmann U, Fischer WR, Renger M, Strebel O (1998): Lehrbuch der Bodenkunde, 14. Auflage. - Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
- Schmitz-Hübsch F (1984): Tips zur Bodenmüdigkeit aus langjähriger Praxiserfahrung.- Erwerbsobstbau, 26, 230
- Schröder D (1975): Der Einfluss agrochemischer Substanzen und der Wasserversorgung auf die Strohverrottung im Boden.- Z. Acker- und Pflanzenbau 141, 240-248
- Schröder D (1979): Der Einfluss agrochemischer Substanzen auf den Stroh- und Zelluloseabbau im Boden.- Z. Pflanzenernaehr. Bodenk. 142, 616-625
- Scholten A (1975): Herinplantproblemen in het rivierkleigebied.- Fruitteelt 65, 106-108
- Scholten A, Alink GJ, Zanten J van (1977): Herinplant plus beregening of druppelbevloeiing.- Fruitteelt 67, 653-655
- Schulze C (1904): Einige Beobachtungen über die Einwirkung der Bodensterilisation auf die Entwicklung der Pflanzen.- Botanische Centralblatt 95, 586
- Schumann F, Rüdell M (1982): Zur Bekämpfung der Bodenmüdigkeit in Rebschulen mit Terabol.- Die Wein - Wissenschaft 37, 3-10
- Seiler W (1959): Untersuchungen über Fruchtfolgen in der Bundesrepublik unter Berücksichtigung von Klima, Boden und Ertrag. - Dissertation, Justus Liebig-Universität, Gießen
- Sekara M (1984): Gesunder und kranker Boden, 5. Auflage. - Leopold Stocker Verlag, Graz und Stuttgart
- Sewell GWF (1981): Effects of *Pythium* Species on the Growth of Apple and Their Possible Role in Apple Replant Disease.- Annals of applied Biology 97, 31- 42
- Sewell GWF, White GC (1979): The effects of formalin and other soil treatments on the replant disease of apple.- Journal of Horticultural Science, 54, 333-335
- Sewell GWF, Wilson JF (1975): The role of *Thielaviopsis basicola* in the specific replant disorders of cherry and plum.- Ann. Appl. Biol., 79, 149-169
- Sharma S, Chitkara SD, Daulta BS (1994): Allelopathy in Fruit Crops.- Berichte vom ersten National Symposium Allelopathy in Agroecosystems, 12.-14.02.1992 in Hisou, Indien, Allelopathy in Agriculture and Forestry, Scientific Publishers, Jodhpur, Indien
- Siebering H, Leistra M (1979): Chemical Soil Disinfestation –Computer Simulation of Fumigant Behaviour in Soil.- in Mulder D (Hrsg.) (1979): Soil disinfestation.- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 135-162

Silny J, Varga A, Mühlendahl K E, Otto M, Oepen I, Betz H-D (1993): Elektrosmog und Erdstrahlen - Was ist wissen wir wirklich?.- Frankenberger-Ökopädiatrie-Tagung, ecomed, Schriftenreihe Ökopädiatrie

Simon A, Rovira AD (1982): The Relation between Wheat Yield and early Damage of Roots by Cereal Cyst Nematode.- Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 22, 201-208

Smith LM, Tola E, de Boer P, O'Gara F (1999): Signalling by the fungus *Pythium ultimum* represses expression of two ribosomal RNA operons with key roles in the rhizosphere ecology of *Pseudomonas fluorescens* F113.- Environmental Microbiology 1(6), 495-502

Sonneveld C (1979): Physical Soil Disinfestation – Changes in Chemical Properties of Soil Caused by Steam Sterilization.- in Mulder D (Hrsg.)(1979): Soil disinfestation.- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 39-50

Springer P (1990): Bodenmüdigkeit - aktueller Stand der Bekämpfung.- Baumschulpraxis (5/90), 221 - 223

Stapelton JJ (1997): Soil Solarisation: An Alternative Soil Disinfestation Strategy Comes of Age.- UC Plant Protection Quarterly 7(3), 1-5

Stapleton JJ, Elmore CL, DeVay JE (2000): Solarisation and biofumigation help disinfest soil.- California Agriculture 54(6), 42-45

Stegmann W, Bünemann G (1981 a): Nachbauschwierigkeiten bei holzartigen Pflanzen.- Erwerbsobstbau, 23, 263-267

Stegmann W, Bünemann G (1981 b): Nachbauschwierigkeiten bei holzartigen Pflanzen – II. Charakteristische Merkmale der Bodenmüdigkeit.- Erwerbsobstbau, 23, 285-288

Steinrücken U (1998): Die Ackervegetation als Zeiger für Bodeneigenschaften in Kirchvers, Lahn-Dill-Bergland. - Dissertation, Justus-Liebig-Universität, Gießen

Störmer K (1909): Über die Wirkung des Schwefelkohlenstoffes und ähnlicher Stoffe auf den Boden.- Botanisches Centralblatt 111, 526

Stover (1979): Physical Soil Disinfestation – Flooding of Soil for Disease Control.- in Mulder D (Hrsg.)(1979): Soil disinfestation.- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 19-28

Straßburger Th (1992): Alternative Verfahren zur Beseitigung von Nachbauproblemen in Baumschulen.- Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Strobel K-J (1998): „Bodenmüdigkeit“ bei Rosen - Humus mindert Folgen.- Deutsche Baumschule 50, (6), 16-17

Swart-Fürchtbauer H (1954): Ektoparasitische Nematoden als mögliche Ursache der Bodenmüdigkeit in Baumschulen.- Die Naturwissenschaften 41, 148

Szabo K (1999): Ist Rosenmüdigkeit bekämpfbar? - Deutsche Baumschule 51, (1), 14-15

- Szabo K, Wittenmayer L (2000): Unterschiedliche Wurzelabscheidungen – eine mögliche Ursache für die Spezifität der Bodenmüdigkeit bei *Rosaceae*.- Pflanzenschutzberichte 59(1), 21-34
- Szabo K, Wittenmayer L (2000): Pflanzenspezifische Wurzelabscheidungen als mögliche Ursache der Spezifität der Bodenmüdigkeit bei Rosaceen.- Journal of Applied Botany – Angewandte Botanik 74, 191-197
- Szycygiel A (1988): Control of Replanting Problem in Raspberry.- Workshop on Replant Problems with Fruit Trees, Germany F.R., August 25-28, 1987, Acta Horticulturae 233, 81-84
- Tang C-S, Cai W-F, Kohl K, Nishimoto R K (1995): Plant Stress and Allelopathy.- in Inderjit, Dakshini KMM, Einhellig FA (Hrsg.): Allelopathy - Organisms, Progresses, and Applications, Tagungsberichte, vom 1.-5.8.1993 in Ames, Iowa/USA, 142-157
- Tempe J de (1979): Chemical Soil Disinfestation – The Fungicide-Trated Seed in the Soil.- in Mulder D (Hrsg.) (1979): Soil disinfestation.- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 205-230
- Terhardt J (1998): Beeinflussung mikrobieller Gemeinschaften der Rhizosphäre nach Blattbehandlung von Pflanzen und biologische Kontrolle von *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici und *Meloidogyne incognita* mit bakteriellen Antagonisten.- Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn
- Thüer L (1894): Über Altersschwäche und Lebensmüdigkeit bei Pflanzen.- Gartenflora 43, 147-150
- Tischer T (1999): Auftreten und Häufigkeit von Bodenbürtigen Pflanzenkrankheiten im Thüringer Zierpflanzenbau unter Glas. I. Ergebnisse einer Umfrage.- Studienarbeit, Fachhochschule Erfurt, Fachbereich Gartenbau
- Ulmer K (1951): Bodenmüdigkeitserscheinungen nach Pflaume bei *Prunus avium* - Kommentar zu Küppers H (1950).- Deutscher Gartenbau 3, 5
- Utkhede RS, Sholberg PL, Smirle MJ (2001): Effects of chemical and biological treatments on growth and yield of apple trees planted in *Phytophthora cactorum* infested soil.- Canadian Journal of Plant Pathology 23(2), 163-167
- Vancura V, Catsaka V, Hudska G, Prikryl Z (1983): Soil Sickness in Apple Orchards.- Zbl. Mikrobiol. 138, 531 - 539
- Vogel F (1939): Bodenmüdigkeitsfrage in der Baumschule.- Deutscher Erwerbsobstbau 4/39
- Waechter-Kristensen B (1990): Investigations on Specific Apple Replant Disease (SARD) in Sweden.- Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn
- Wagner P (1908): Die Ernährung gärtnerischer Kulturpflanzen.- Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin
- Waksman S A (1952): Soil Microbiology.- John Wiley & Sons, New York
- Walters DR, Ayers PG (1981): Phosphate Uptake and Translocation by Roots of Powdery Mildew Infected Barley.- Physiological Plant Pathology 18, 195-205

- Wambeke E van (1979): The Fate of Pesticides in the Soil – The Fate of Organic Fungicides in Soil.- in Mulder D (Hrsg.) (1979): Soil disinfection.- Developments in Agricultural and Management-Forest Ecology 6, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Oxford, New York, 349-358
- Warneck H (1995): Einsatz der Grünbrache zur biologischen Bekämpfung von *Heterodera schachtii*.- Mitteilungen der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft e.V., 24. Jahrgang, Nr. 1, 10
- Waschkies Chr. (1992): Untersuchungen über die Ursachen der Rebenmüdigkeit auf Rebschulböden.- Dissertation, Universität Hohenheim
- Wegmann K (1995): Ökonomie.- in Kuttler W (Hrsg.): Handbuch zur Ökologie.- 2. Auflage, Analytika Verlagsgesellschaft, Berlin, 282-288
- Wennemuth G (1962): Die chemische Bodenentseuchung in Baumschulen.- Gartenwelt 62, 33-35
- Westcott SW III., Beer SV, Stiles WC (1986): Infection of Apple Roots by Actinomycetes Associated with Soils Conducive to Apple Replant Disease.- Plant Disease, 12/1986, 1125 - 1128
- Wilhelm S (1965): *Pythium ultimum* and Soil Fumigation Growth Response.- Phytopathology, 55, 1016-1020
- Wilmanns O (1998): Ökologische Pflanzensoziologie- Eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas.- 6. Auflage, Quelle und Meyer Verlag, Wiesbaden
- Winkler H, Otto G, Madel H (1987): Untersuchungen zum Nachbauproblem bei Kirsche, Teil 1.- Erwerbsobstbau 34, 70-74
- Winkler H, Otto G, Madel H (1987): Untersuchungen zum Nachbauproblem bei Kirsche. Teil 2.- Erwerbsobstbau 34, 106-109
- Winkler H, Szabo K (1995): Fadenförmige Bakterien verursachen Bodenmüdigkeit.- Taspo, 8. August 1995, 34-35
- Winter G (1950): Die Bodenmüdigkeit im Obstbau.- Zeitfragen der Baumschulen, 7, 26-34
- Winter AG (1955): Untersuchungen über Vorkommen und Bedeutung von antimikrobiellen und antiphytotischen Substanzen im natürlichen Boden.- Sonderdruck aus der Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde 69. (114.) Band, Heft 1-3, 244-233
- Winter F, Janssen H, Kennel W, Link H, Scherr F, Silbereisen R, Streif J (Red.) (1992): Lucas' Anleitung zum Obstbau. - 31. Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart
- Witt T, Wolf GA (1999): Untersuchungen zur Bodenmüdigkeit bei Rosen.- 2. Symposium Phytomedizin und Pflanzenschutz im Gartenbau, 27. – 30. September 1999 in Wien, Beiträge und Teilnehmerverzeichnis, Seite 75
- Wittenmayer L (1999): Untersuchungen zur Gewinnung von Wurzelabscheidungen bei Apfel (*Malus x domestica* Borkh.).- 10. Borkheider Seminar zur Ökophysiologie des Wurzelraumes, Wissenschaftliche Arbeitstagung in Schmerwitz, September 1999, Rhizodeposition und Stoffverwertung

Wittenmayer L, Schilling G (1999): Beziehung zwischen den Wurzelabscheidungen ausgewählter Rosaceen-Arten und der Bodenmüdigkeit.- Abschlußbericht des DFG-Projektes

Wittenmayer L, Szabo K (2000): The role of root exsudates in specific apple (*Malus x domestica* BORHKH.) replant disease (SARD).- Journal of Plant Nutrition and Soil Science 163, 399-404

Wittenmayer L, Rudler K, Merbach W (2003): Spezifische Wurzelabscheidungen bei Apfel und deren Bedeutung für die Bodenmüdigkeit.- 40. Gartenbauwissenschaftliche Tagung Freising-Weihenstephan, 26.02. bis 1.3.2003, Kurzfassung der Vorträge und Poster, BDGL-Schriftreihe Band 21, 2003

Wohlmuth N (1962): Bodendesinfektion und Dämpfgeräte.- Deutsche Gartenbauwissenschaft 10, 191-193

Wulf K, Koenig AW (2002): Sonnenkraft verdrängt chemische Keule.- Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Akzente Sonderheft „Von Rio nach Johannesburg“, 44-47

Wunderlich B, Wolf GA (1993): Biotest zum Nachweis von Bodenmüdigkeit bei Rosen. Gartenbau Magazin 2, 57-59

Yang CH, Crowley DE, Menge JA (2001): 16S rDNA Fingerprinting of Rhizosphere Bacterial Communities Associated with Healthy and *Phytophthora* infected Avocado Roots.- Microbiology Ecology 35, 129-136

Yates SR, Dungan R, Papiernik SK (2001): Predicting Pathogen Control from Soil Fumigation.- Conference Proceedings Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reduction, 5.-9. November 2001, San Diego/California

Zerbe S (1993): Fichtenforste als Ersatzgesellschaften von Hainsimsen-Buchenwäldern - Vegetation, Struktur und Vegetationsveränderungen eines Forstökosystems.- Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 100, Universität Göttingen

Zhao B (1993): Auswirkungen konservierender Bodenbearbeitung auf die Nährstoffverlagerung und einige bodenphysikalische und pflanzenbauliche Parameter.- Dissertation, Fakultät III, Agrarwissenschaft I der Universität Hohenheim

Zippelius H (1950): Die Bodenlockerung im Obst- Land- und Weinbau durch das Sprengverfahren.- 2. Auflage, Grundlagen und Fortschritte im Garten- und Weinbau, Verlagsbuchhandlung Eugen Ulmer, Stuttgart