

# ZWISCHENBERICHT

CORE Organic II  
Projekt Nr. 100787

## BIO-INCROP

„Innovative Anbaumethoden zur  
Verbesserung der Bodengesundheit im biologischen Obstbau“

zusammengestellt von  
Dr. Thomas Rühmer

Amt der Steiermärkischen Landesregierung  
A10 Land- und Forstwirtschaft  
Versuchsstation Obst- und Weinbau Haidegg



Graz, im Juni 2013

---

## Inhalt

1	Einleitung .....	3
1.1	Bodenmüdigkeit – Apple Replant Disease.....	3
1.1.1	Symptome der Bodenmüdigkeit bzw. der Nachbaukrankheit (Apple Replant Disease) .....	3
1.1.2	Abiotische Ursachen der Bodenmüdigkeit .....	5
1.1.3	Biotische Ursachen (Apple Replant Disease) .....	6
1.2	Biologische Bodenbehandlung.....	9
1.3	Bedeutung von Nachbauproblemen in der Steiermark .....	13
2	Material und Methoden.....	14
2.1	Versuchsstandort und allgemeiner Versuchsaufbau für WP2 und WP 3 .....	14
2.1.1	Versuchsstandort.....	14
2.1.2	Bonitur.....	16
2.2	WP 2 – Task 1: Komposte und organische Zusätze.....	17
2.3	WP 3 – Task 1: Biologische Bodenverbesserer.....	18
2.4	WP 4 – Task 2: Weiterführung von Freilandversuchen .....	20
3	Ergebnisse .....	21
3.1	WP 2 – Task 1: Komposte und organische Zusätze.....	21
3.2	WP 3 – Task 1: Biologische Bodenverbesserer.....	23
3.3	WP 4 – Task 2: Weiterführung von Freilandversuchen .....	25
4	Diskussion.....	27
5	Geplante weiterführende Arbeiten.....	27
5.1	WP 2/3 Testung von Kombinationen im Topfversuch.....	27
5.2	WP 4 Freilandversuch zur Umsetzung der Projektergebnisse .....	28
6	Literatur .....	29

## 1 Einleitung

### 1.1 Bodenmüdigkeit – Apple Replant Disease

Nachbauprobleme bzw. Bodenmüdigkeit beim Apfelanbau beziehen sich auf schwaches Wachstum von Bäumen, die auf bereits bestehenden Anlagen nachgepflanzt werden. Das Problem ist weit verbreitet und über alle Obstbauregionen weltweit verteilt. Die Ursachen für diese Symptome sind vielfältig und können sehr unterschiedlich sein.

Sowohl biotische als auch abiotische Ursachen kommen in Frage. Der Begriff „Apple replant disease (ARD)“ – „Nachbaukrankheit beim Apfel“ - bezeichnet die Symptomatik, die von biotischen Faktoren ausgelöst wird. Sie wird sozusagen in die Kategorie „Bodenbürtige Schaderreger“ eingereiht. ARD ist eine der Komponenten der Bodenmüdigkeit. Ursachen können Pilze, Bakterien (im speziellen Aktinomyceten), Nematoden und deren Interaktionen sein. In Folge wird also von ARD die Rede sein, wenn die Ursachen der Nachbausymptome biotischer Natur sind.

Abiotische Faktoren die Schwachwüchsigkeit verursachen können, sind Phytotoxine, Nährstoffungleichgewichte, hoher oder niedriger pH-Wert, Bodenstruktur und Drainage, also Mangel oder Überschuss an Wasser im Boden.

In Folge wird von Bodenmüdigkeit gesprochen, wenn die Ursachen sowohl abiotischer als auch biotischer Natur sein können.

#### 1.1.1 Symptome der Bodenmüdigkeit bzw. der Nachbaukrankheit (Apple Replant Disease)

H. Klaus hat bereits im Jahre 1939 das Phänomen der Bodenmüdigkeit folgendermaßen definiert: „Die Bodenmüdigkeit ist der durch den wiederholten Anbau eintretende Verlust der Eignung eines Bodens, einer bestimmten oder ähnlich wirkenden Pflanzenart als Substrat zu dienen, deren Ursache nicht bekannt, aber pflanzenspezifisch ist“ (Szabo, 1999).

Die Symptomatik der Bodenmüdigkeit ist nicht sehr eindeutig ausgeprägt. Man erkennt die Anzeichen für das Vorliegen eines Bodens aufgrund von mehrmaliger Pflanzung derselben Kultur meist erst, wenn man einen direkten Vergleich mit Pflanzen sehen kann, die auf jungfräulichem Boden gepflanzt wurden. Das markanteste Zeichen ist eine Schwachwüchsigkeit des Sprosssystems. Da ein derartiges Anzeichen aber auch durch unzureichende Nährstoff- oder Wasserversorgung ausgelöst werden kann, ist eine Verwechslung mit anderen physiologischen Problemen, die die Pflanze in ihrem Wachstum beeinträchtigt, leicht möglich.

Auffallend ist also zuerst ein stark verringertes Spross- und Wurzelwachstum. Markant für die ARD ist auch die sehr starke Persistenz, d.h. die Krankheit bleibt lange im Boden gegenwärtig. Tritt an einem Standort die Bodenmüdigkeit auf, so bleibt sie auf eine bestimmte Fläche begrenzt und breitet sich im Boden nicht weiter aus. Sobald betroffene Pflanzen wieder in einen jungfräulichen Boden umgepflanzt werden, zeigen sie normales Wachstum (Friedrich & Fischer, 2000; Maurer, 2003). Interessant ist dabei auch der Aspekt, dass bereits nach einem einmaligen Anbau mit relativ kurzer Standzeit (wie z.B. in Baumschulen) Symptome der Bodenmüdigkeit bzw. der ARD auftreten können (Maurer, 2003; Szabo, 1999).

Als typische Kennzeichen der Apple Replant Disease wird ein verringertes Wachstum sowohl von Trieb als auch von der Wurzel angeführt. Weiters bleiben die Blätter kleiner, was insgesamt eine verringerte Assimilationsfläche bewirkt, zusätzlich werden die Internodien kürzer. An den Wurzeln entstehen bereits innerhalb weniger Tage nach der Pflanzung Läsionen. Die feinen Wurzelhärchen sind in Größe und Anzahl markant reduziert. Der Kortex und die Wurzelepidermis können sogar gänzlich verfaulen (Jackson, 2003).

Bosshard et al. (2004) beschreiben die Symptome der Bodenmüdigkeit als „mangelnde Wuchsfreudigkeit trotz geeigneten Standorts, angepasster Düngung, Bewässerung und Pflanzenschutzes“, die häufig beim Nachbau von Kirsche nach Kirsche und von Apfel nach Apfel auftritt.

Rumberger et al. (2007) gehen davon aus, dass das Wachstum der Bäume um ca. 10% geringer ist, wenn die Bäume wieder in die alte Reihe gepflanzt werden im Vergleich zu Pflanzungen auf jungfräulichem Boden. Auswirkungen auf den Ertrag kann man allerdings im ersten Ertragsjahr noch keine erkennen. Die Autoren sprechen allerdings von reduzierten kumulierten Erträgen. Mazzola geht von einem Schaden von 100.000 US-\$ pro Hektar in 10 Jahren durch ARD aus (Granatstein & Mazzola, 2001). In zahlreichen Publikationen findet man Angaben über geschätzte Einbußen, die meist im Bereich von 40-50% Ertragsminderung liegen.

Neben dem absoluten Ertrag ist auch eine Reduktion der Fruchtgröße von ca. 10% in der Literatur zu finden (Fischer & Weber, 2005).

## 1.1.2 Abiotische Ursachen der Bodenmüdigkeit

### 1.1.2.1 Phytotoxine

Bei Pfirsich konnten bereits in den 60er Jahren Phytotoxine, die beim Abbau alter Wurzelteile entstanden sind, als Hauptursache der Bodenmüdigkeit festgestellt werden (Patrick & Koch, 1963; Patrick & Tousson, 1965). Blausäure und Benzaldehyde werden als Toxine beim Abbau freigesetzt. Kondensierte Tannine (Biflavanol) und andere Verbindungen tragen ebenso zur Bodenmüdigkeit beim Pfirsich bei. Beim Apfel konnten Phytotoxine im speziellen bisher nicht als Ursache von Nachbauproblemen festgestellt werden.

### 1.1.2.2 Nährstoffungleichgewicht

Schon sehr früh gingen Überlegungen in die Richtung, dass in alten Obstanlagen gewisse Nährstoffe im Mangel vorliegen und so möglicherweise das Wachstum der nachgepflanzten Bäume eingeschränkt wird. Liegen Stickstoff (N), Phosphor (P) oder Kalium (K) im Mangel vor, verursacht das einen physiologischen Stress in der Pflanze, was wiederum in verringertem Wachstum sichtbar wird.

Einige Untersuchungen haben gezeigt, dass das Wachstum von Apfelbäumen durch Zugabe von Monoammonphosphat in den Boden vor der Pflanzung verstärkt werden kann (Slykhuis & Li, 1985; Uthkede & Smith, 1994; Wilson et al., 2004).

### 1.1.2.3 Boden-pH

Der Säuregehalt im Boden scheint ebenfalls einen deutlichen Einfluss in Nachbauanlagen zu haben. Einige Wissenschaftler haben in den 60er und 70er Jahren festgestellt, dass eine Ansäuerung des Bodens das Problem der Bodenmüdigkeit lösen kann (Hoestra, 1968; Hein, 1972; Jonkers & Hoestra, 1978). Böden mit niedrigem pH-Wert sind weit weniger empfindlich gegenüber Bodenmüdigkeit als Böden mit nahezu neutralem pH-Wert. In England konnte in Böden mit pH-Werten zwischen 4,0 und 4,5 keine Bodenmüdigkeit beobachtet werden, obwohl Apfelbäume bei niedrigen pH-Werten grundsätzlich bekanntermaßen nicht gut wachsen (Upstone, 1977).

#### 1.1.2.4 Bodenstruktur und Drainage:

Bodenbearbeitung in der Obstanlage ist eine wichtige Kulturmaßnahme, um auf Nachbauböden überhaupt erfolgreich nachpflanzen zu können (Yadava & Doud, 1980). Die Bearbeitung des Bodens verbessert die Bodenstruktur, das Drainageverhalten und die Belüftung junger Wurzeln. Sowohl Überschuss als auch Mangel an Wasser kann Schwachwüchsigkeit bei jungen Obstbäumen verursachen.

### 1.1.3 Biotische Ursachen (Apple Replant Disease)

Die wichtigsten Kennzeichen von Nachbaukrankheiten sind die Spezifität und Persistenz. Viele Nachbaukrankheiten sind hoch persistent, bleiben über mehr als 10 Jahre bestehen (Hoestra, 1994).

Apple Replant Disease kann durch Bodendesinfektion, -sterilisation oder -pasteurisation behoben werden. Daher wird die Ursache biotischer Natur angenommen (Mai & Abawi, 1981, Slykhuis & Li, 1985). Diese Behandlungen haben eine schädigende Wirkung auf Pilze, Bakterien und Nematoden. Diverse Wissenschaftler haben sowohl Pilze als auch Bakterien (Aktinomyceten) und Nematoden aus Bäumen isoliert, die an der Nachbaukrankheit (ARD) gelitten haben.

#### 1.1.3.1 Pilze

Verschiedene Arten von Pilzen, die Wurzelfäulen auslösen, werden in der Literatur als Ursachen der ARD angegeben. Die Pilze gehören zu den drei taxonomischen Gruppen Oomyceten, Hypomyceten und Basidiomyceten.

Einhellig scheint die Meinung bei der Ursache der Replant Disease bei Süßkirschen zu sein.

Hier wird beinahe immer *Thielaviopsis basicola* als Verursacher angegeben.

Beim Apfel können die pilzlichen Erreger den vier Gattungen *Rhizoctonia*, *Cylindrocarpon*, *Phytophthora* und *Pythium* (Sewell, 1981) zugeordnet werden. Je nach Standort ist dabei meist nur eine Gattung als Hauptursache für die Symptome verantwortlich (Mazzola, 1998).



Abb. 1: Konidiosporen von *Thielaviopsis basicola*

Als wichtigste Arten sollen hier *Rhizoctonia solani*, *Cylindrocarpon destructans*, *C. olidum*, *Phytophthora cactorum*, *P. syringae*, *Pythium abappressorium* und *P. attrantheridium* genannt werden. *Fusarium spp.* scheinen in einigen Untersuchungen ebenfalls als Erreger auf, konnten in Washington State aber nicht als Erreger der Krankheit nachgewiesen werden (Mazzola, 1998). In einer Arbeit aus Südtirol konnten die wurzelbesiedelnden Pilzarten *Rhizoctonia solani*, *Pythium sp.* und *Cylindrocarpon sp.* ebenfalls als pathogen bewertet werden, wenngleich die Virulenz von *Rhizoctonia* und *Pythium* sehr stark schwankt. *Fusarium oxysporum* und *Aphanomyces*-Arten, die ca. 40% der wurzelbesiedelnden Pilzmikroflora ausmachen, konnten als nicht pathogen beim Apfel eingestuft werden (Manici et al., 2003).

Bereits Ende der 80er Jahre haben kanadische Wissenschaftler Hyphen von *Rhizoctonia* in Wurzeln von Apfelbäumen mit ARD-Symptomen nachgewiesen (Caruso et al., 1989). Es wurden damals allerdings keine weiteren Versuche unternommen, den Pilz zu isolieren bzw. dessen Pathogenität nachzuweisen. Mazzola konnte etwa 10 Jahre später zeigen, dass *Rhizoctonia solani* zum Absterben junger Pflanzen in Neuanlagen beitragen kann (Mazzola, 1997).

#### 1.1.3.2 Aktinomyceten

Bereits Ende der 60er Jahr vermutete Hoestra (1968) in Holland, dass Aktinomyceten bei der Entstehung der ARD beteiligt sein könnten. Die ostdeutsche Arbeitsgruppe um Otto und Winkler führte in zahlreichen Publikationen Beweise für die Beteiligung der Aktinomyceten auf, indem sie die Stärke der Symptomausprägung mit der Anwesenheit von Aktinomyceten in Korrelation setzten (Otto & Winkler, 1977). Bekannt ist

weilers, dass Aktinomyceten durch die Epidermis der Faserwurzeln in die Wurzelrinde eindringen und deren Zellen besiedeln können. Das kann zur Zerstörung der Wurzelrinde und zum Absterben der Faserwurzeln führen (Friedrich & Fischer, 2000). Aktinomyceten bilden Dauerformen, die sich nach dem Zerfallen der befallenen Wurzelteile im Boden anreichern und durch die erhöhte Keimzahl im Boden bei Neupflanzung die jungen Bäume befallen können (Szabo, 1999).

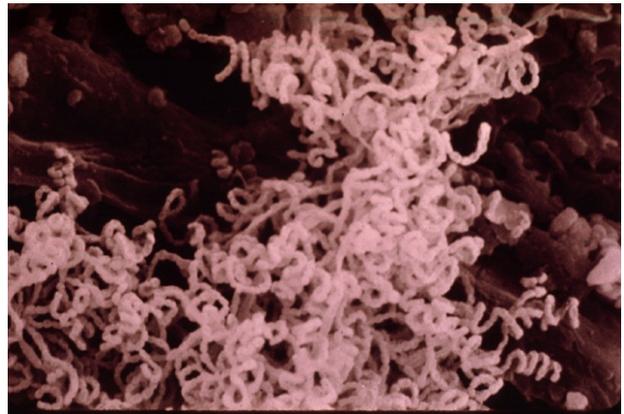


Abb. 2: Am Beispiel von *Streptomyces* erkennt man das typische mycelartige Wachstum der Aktinomyceten.

Mit Hilfe elektronenmikroskopischer Verfahren konnten in Wurzeln von Apfelpflanzen aus einem „müden“ Boden vermehrt Aktinomyceten nachgewiesen werden (Szabo, 1999). In deutscher Fachliteratur findet man nahezu ausschließlich die Hypothese, dass die Nachbaukrankheit von Aktinomyceten ausgelöst wird. So beschreiben beispielsweise Fischer & Weber (2005), dass auch bei Birnen, Apfelbeere, Quitte und Eberesche Aktinomyceten in den Faserwurzeln nachgewiesen werden konnten.

Neuere Untersuchungen bestätigen zwar eine Beteiligung von Aktinomyceten an der Apple Replant Disease, es wird allerdings angenommen, dass sie nicht als Auslöser für die Symptome verantwortlich sind (Mazzola, pers. Mitteilung). Die genaue Rolle der ubiquitär im Boden vorkommenden Aktinomyceten ist aber bisher immer noch vollkommen unklar.



Abb. 3: Aktinomyceten wurden auch in den Wurzeln der Apfelbeere (*Aronia*) nachgewiesen.

### 1.1.3.3 Bakterien

Da Versuche zur Bekämpfung der Bodenmüdigkeit mit Fungiziden und Nematiziden fehlschlugen, wurden Bakterien als Ursache angenommen. Zwei Stämme von *Bacillus subtilis* konnten in Kanada das Wachstum junger Apfelbäume beeinträchtigen (Uthkede & Li, 1988). Auch eine Untersuchung aus der Tschechoslowakei (Catska, 1988) weist in diese Richtung. In neueren Publikationen findet man allerdings keine Hinweise mehr auf eine Beteiligung von Bakterien an ARD.

So weist beispielsweise Mazzola (1998) die Beteiligung von Bakterien an ARD klar zurück, da eine Behandlung mit Chloramphenicol die Bodenbakterien dezimiert hat, das Wachstum der Apfelpflanzen allerdings unbeeinflusst blieb.

### 1.1.3.4 Nematoden

Offensichtlich lösen auch Nematoden

Nachbaukrankheiten sowohl bei Apfel, als auch bei Pfirsich und Kirschen aus (Bird, 1968; Mai & Abawi, 1981). Hierbei spielt vor allem die Art *Pratylenchus penetrans* eine bedeutende Rolle (Uthkede et al., 1992). Offensichtlich spielen aber auch Interaktionen

von Nematoden mit dem Vorhandensein bestimmter

Pilze und/oder Bakterien eine Rolle bei der Apple

Replant Disease. Schon Ende der 50er Jahre konnte gezeigt werden, dass ein Angriff der Wurzeln durch Nematoden diese auch anfälliger für andere Bodenmikroorganismen macht (Mountain & Patrick, 1959).

Grundsätzlich ist ein Befall mit Nematoden in leichten, sandigen Böden problematischer bzw. häufiger als in schweren Böden (Hoestra, 1968).



Abb. 4: *Pratylenchus penetrans*.

## 1.2 Biologische Bodenbehandlung

Aufgrund der sehr umstrittenen chemischen Wirkstoffe, die zur Entseuchung von Nachbauböden eingesetzt werden könnten, und wegen der unsicheren Wirkung flüchtiger Substanzen bei verschiedener Bodentemperatur und -feuchtigkeit ist die Forschung auf der Suche nach Alternativen. Diese Alternativen basieren meist auf einer biologischen Wirkungsweise, bei der mögliche Antagonisten im Boden gestärkt werden sollen.

In Böden, auf denen eine Obstkultur länger angebaut wird, ändert sich im Laufe der Zeit die Rhizosphären-Mikroflora. Nicht alle Mikroorganismen im Boden haben einen direkten Einfluss auf die Pflanzenwurzel, aber es gibt Arten, die vermutlich aufgrund der Bildung phytotoxischer Substanzen das Wachstum der Pflanzen beeinträchtigen. Die Anzahl solcher Mikroorganismen im Boden steigt mit dem Alter der Anlage an (Catska et al., 1982).

Die Zugabe von *Bacillus subtilis*-Präparaten zeigt in manchen Untersuchungen Effekte auf das Wachstum von Apfelbäumen auf Nachbauböden (Uthkede & Smith, 1994). *B. subtilis* wirkt auf einige Pilze, die ARD auslösen können, im Laborversuch hemmend. Außerdem ist das Bakterium antagonistisch wirksam gegen *Phytophthora cactorum* (Uthkede, 1984). Möglicherweise bildet es auch Phytohormone, die das Wachstum der Apfelbäume stimulieren.

So konnte die Arbeitsgruppe um Uthkede in einer Untersuchung zeigen, dass das Wachstum von Bäumen nach Zugabe von *B. subtilis* doppelt so hoch war (bezogen auf den Stammquerschnitt)

als in einem Boden, der mit *Phytophthora cactorum* verseucht wurde (Uthkede et al., 2001). Auch der Ertrag war um 50% höher als in der unbehandelten Kontrolle. In dieser Untersuchung zeigte auch der Zusatz von Essigsäure eine Wirkung auf den Ertrag und das Wachstum der Apfelbäumchen. Neem-Öl zeigte keinen Effekt.

Mazzola (1999) fand in einer Untersuchung heraus, dass die Bakterienarten *Burkholderia cepacia* und *Pseudomonas putida* antagonistisch auf pathogene Pilze im Boden wirken. *B. cepacia* wirkt antagonistisch auf *Rhizoctonia solani* und *Pythium spp.*, *P. putida* nur auf *Rhizoctonia solani*. Der amerikanische Wissenschaftler schlägt eine **Vorkultur mit Weizen** vor, um die antagonistische Bakterienpopulation auf Nachbauböden zu stärken, und gleichzeitig den ARD-erregenden Pilzkomplex zu unterdrücken (Gu, Y.H. & Mazzola, 2003). So konnte er zeigen, dass durch die Weizen-Vorkultur die Pilzgattungen *Rhizoctonia* und *Pythium* reduziert, während *Cylindrocarpon* und *Fusarium* erhöht wurde.

Ebenso wurde die Population von *Pratylenchus penetrans* reduziert (Granatstein & Mazzola, 2001). In einer anderen Untersuchung zeigte er, dass es durch den Anbau verschiedener Weizen-Arten zu einer Verschiebung der mikrobiellen Zusammensetzung im Boden kommt. Die Verschiebung geht von *Pseudomonas fluorescens* hin zu *Pseudomonas putida* (Mazzola et al., 2002). Mark Mazzola ist auch Patentinhaber für ein Produkt mit *P. putida* zur Bekämpfung von Nachbaukrankheiten an Obstgehölzen in den USA (United States Patent Nr. 5,948,671).

Mit der Weizen-Vorkultur konnte allerdings das Wachstum der Pflanzen nicht annähernd in Bereiche von pasteurisierten Böden gebracht werden. Einige Arbeiten beschäftigen sich mit der Wirkung von glucosinolatbildenden *Brassica*-Arten (Brown & Morra, 1977). Die *Brassica* spp. wurden sowohl in Form von Raps ausgesät (Biofumigation) als auch in Form von Pressrückständen (**Brassica seed meal**) in den Boden eingebracht.

Das Einbringen von Pressrückständen brachte meist bessere Erfolge als eine Vorkultur. Das Wachstum in Böden mit 0,1% zugegebenem seed meal war annähernd gleich gut wie bei pasteurisierten Böden (Mazzola et al., 2002). In höheren Konzentrationen (bis zu 2%) kann die Zugabe der Pressrückstände auch phytotoxisch wirken und die Bäume sogar zum Absterben bringen (Mazzola et al., 2001).



Abb. 5: Weizen als Vorkultur begünstigt die Zusammensetzung der Bodenmikroflora.



Abb. 6: *Brassica napus* (Raps).

Ein großer Vorteil des Brassica seed meals ist, dass Abfallprodukte aus der Öl- und Senfproduktion verwendet werden, die relativ leicht verfügbar sein sollten. Mazzola (pers. Mitteilung) empfiehlt eine Kombination aus Raps (*Brassica napus*) und Braunem Senf (*Brassica juncea*), da beide Arten unterschiedlich auf die Mikroflora im Boden wirken. Interessant dabei ist, dass der Glucosinolat-Gehalt im Raps nicht ausschlaggebend für die Wirkung ist. Es scheinen also andere Mechanismen für die Krankheitsbekämpfung verantwortlich zu sein (Mazzola et al., 2001).



Abb. 7: *Brassica juncea* (Brauner Senf).

*B. napus* wirkt hemmend auf *Rhizoctonia*, *Phytophthora* und *Pythium*, *B. juncea* dagegen auf *Pratylenchus* und *Cylindrocarpon*. Daher wird derzeit in den USA eine Kombination dieser beiden Arten in der Praxis ausprobiert.

Die Wirksamkeit der Biofumigation beruht darauf, dass *Brassica*-Arten in ihren Zellen Glucosinolate bilden, die in den Vakuolen gespeichert werden. Außerdem bilden sie ein Enzym mit dem Namen Myrosinase, welches bei Zerstörung der Zellen mit den Glucosinolaten in Kontakt kommt und diese in Isothiocyanat umwandelt.

Isothiocyanat ist nicht nur für die Schärfe der meisten *Brassica*-Gewächse verantwortlich, sondern auch biologisch sehr reaktiv. Sie haben vielfältige Wirkungen gegen bodenbürtige Schadeerreger wie Pilze, Bakterien, aber auch gegen Nematoden und Unkrautsamen. Zusätzlich fördern sie das Wachstum von antagonistischen Mikroorganismen wie z.B. *Trichoderma*-Arten (Aldenhoff, 2007).

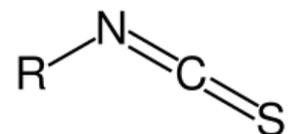


Abb. 8: Isothiocyanat.

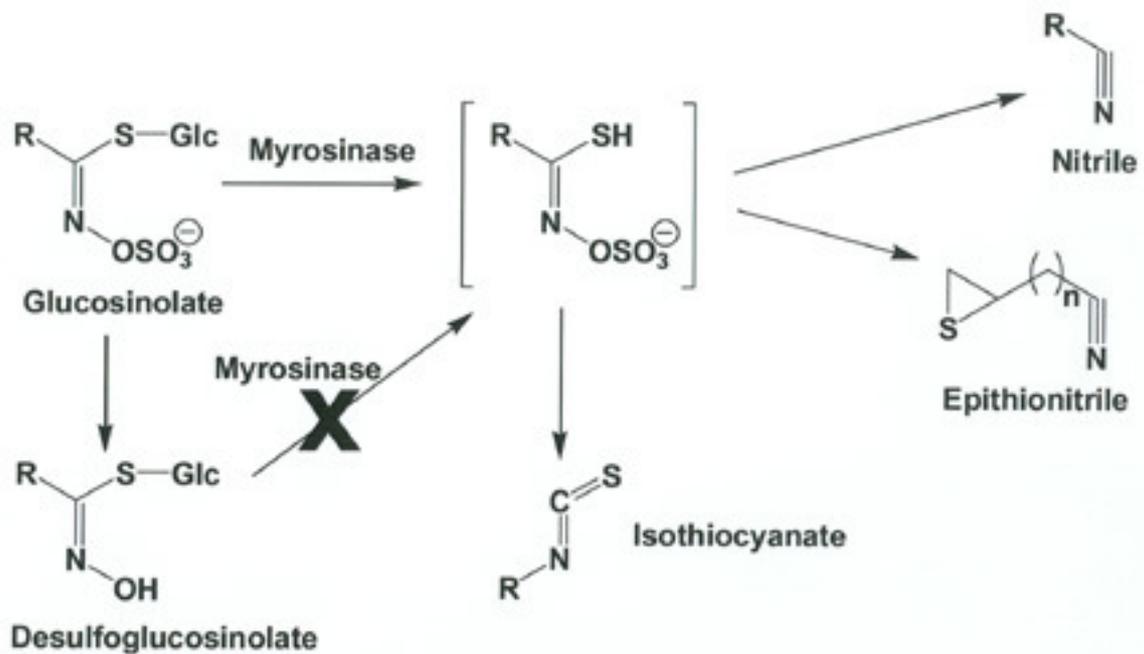


Abb. 9: Die Bildung von Isothiocyanat aus Glucosinolaten durch das Enzym Myrosinase.

Ein weiterer „biologischer“ Ansatz zur Reduktion der Nachbaukrankheiten liegt in der Technik, die schädlichen Substanzen, die von den Pathogenen gebildet werden, zu binden. Eine solche schädliche Substanz soll laut Kümmeler (1981) Ethylen sein. Wirkung zeigen **Aktivkohle**, **Komposte** und andere organische Substanzen, die zur Bindung von Ethylen im Boden geeignet sein sollen (Gur et al., 1998).



Abb. 10: Aktivkohle.

Einige Hinweise gehen in die Richtung, dass eine biologische Bodenentseuchung effektiver in der Reduktion der Symptome der Apple Replant Disease ist als eine chemische Bekämpfung. Da die chemische Bekämpfung meist sehr unspezifisch auf alle Mikroorganismen im Boden wirkt, muss sich erst die Mikroflora wieder erholen und aufbauen.

So kann eine hohe Zahl an Pilzen im Boden bodenbürtige Pathogene, die Wurzelfäulen auslösen, unterdrücken (Manici et al., 2003). Die Pflanze bleibt insgesamt viel gesünder und widerstandsfähiger, wenn die Mykorrhizza-Flora erhalten bleibt.

### 1.3 Bedeutung von Nachbauproblemen in der Steiermark

Aufgrund der bestehenden Struktur der Obstbaubetriebe in der Steiermark wird das Problem der Bodenmüdigkeit und der Nachbaukrankheiten künftig immer stärker in den Vordergrund treten. Der steirische Apfelanbau hat bereits mehrere Jahrzehnte Tradition. Beinahe 30 Jahre wird der Apfel mit Hagelnetzen vor unvorhersehbaren Witterungseinflüssen geschützt. Da die bestehenden Gerüste in der Anschaffung relativ teuer sind, werden sie über mehrere Anbaugenerationen hinweg genützt. So gibt es in der Steiermark mehrere Anlagen, in denen bereits in derselben Reihe die vierte Generation Apfelbäume steht. In einigen Anlagen bemerken die Landwirte bereits, dass das Wachstum und in Folge auch der Ertrag der nachgepflanzten Apfelbäume nicht mehr den Anforderungen entspricht. Die Ursache wird allerdings nicht weiter ergründet, zu leicht gibt man dem Pflanzmaterial, der ungünstigen Lage oder den fehlenden Nährstoffen die Schuld. Das Problem scheint auch nicht allzu dringlich, der Baum stirbt ja nicht schlagartig ab oder ist von klar nachvollziehbaren Symptomen betroffen, er wächst nur einfach nicht mehr so wie früher.

Die Frage ist, ob es sich dabei nicht um Symptome der Nachbaukrankheit handeln könnte. Erste Verdachtsmomente bestehen also.

Es stehen in Österreich keine chemischen Produkte zur Bodenentseuchung im Obstbau zur Verfügung. Die gesetzlichen Vorlagen werden immer strikter, sodass weitere Zulassungen sehr unwahrscheinlich sind. Der steigende Bedarf von biologisch wirtschaftenden Betrieben fordert weiter nach Lösungen abseits der herkömmlichen Bodenentseuchungstechniken.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Versuchsstandort und allgemeiner Versuchsaufbau für WP2 und WP 3

#### 2.1.1 Versuchsstandort

Versuche zur Nachbauproblematik beim Apfel wurden mit verschiedenen Komposten und biologischen Produkten durchgeführt. Im Zuge des BIO INCROP Projekts wurden zwei Workpackages (WP2 und WP3) in Haidegg abgehandelt. WP 2 befasst sich mit dem Zusatz von Komposten, WP 3 mit kommerziell erhältlichen biologischen Präparaten, zur Minderung der ARD. Eine unbehandelte Variante, die auf Nachbauerde ohne Zusätze und ohne Kompost gepflanzt wurde, diente als Kontrollgruppe. Für die Versuche verwendete man Kunststofftöpfe mit einem Volumen von 2 Litern und einer Fläche von 100 cm<sup>2</sup> (10x10 cm). Die Nachbauerde stammt aus einer Versuchsfläche der Landwirtschaftlichen Versuchstation für Obst- und Weinbau Haidegg des Landes Steiermark in Graz und wurde Anfang März 2012 eingeholt. 528 Unterlagen (WP 2: 168, WP 3: 360) wurden in Töpfe mit gleicher Erde und unterschiedlichen Zusätzen gepflanzt und in ein Glashaus (Abb. 11) gesetzt. Das Gewächshaus, mit den Maßen 18 x 8 Metern, steht auf dem Versuchsgelände des LVZ Haidegg. Durch die Ost-West Ausrichtung herrschten gute Lichtverhältnisse. Eine automatisch gesteuerte Belüftung verhinderte zu hohe Temperaturen und sorgte für ein gleichmäßiges Klima im Gewächshaus. Auf eine zusätzliche Düngung der Unterlagen wurde verzichtet. Die Wasserzufuhr erfolgte manuell. Bei den gepflanzten Unterlagen, sowohl im WP 2 als im WP 3, handelte es sich um M 9 Klone. Um eine höchst mögliche Homogenität zwischen den Unterlagen zu erreichen, selektierte man sie anhand ihres Stammdurchmessers (6–8 mm). Genetisch waren die Unterlagen völlig ident. Sie wurden alle in derselben Baumschule (Fa. Lodder, D) erzogen. Nach den Pflanzungen wurden die Unterlagen auf ca. 30 cm gekürzt. Ein Eingraben der Töpfe in den Untergrund verhinderte ein zu schnelles Austrocknen der Unterlagen und bewirkte eine gleichmäßige Feuchtigkeitsverteilung zwischen den Töpfen (Abbildung 12).



Abbildung 11: Das Gewächshaus in Haidegg, Ragnitzstrasse 193, 8047 Graz. Nördliche Breite: 47,077°. Östliche Länge: 15,500°.



*Abbildung 12: Frisch gepflanzte M9 Unterlagen, am 04.05.2012. Die Töpfe wurden in die Erde eingegraben.*

Alle Pflanzungen wurden zwischen 1. und 4. Mai durchgeführt. Nach drei Wochen Vegetationszeit wurden, bis auf die obersten drei Knospen, alle Augen entfernt (Abb. 13). Die Energie, die den Pflanzen zur Verfügung stand, wurde dadurch auf die drei obersten Triebe konzentriert. Damit das Wachstum der Unterlagen nicht durch Konkurrenz beeinträchtigt worden wäre, war ein regelmäßiges Unkrautentfernen notwendig. Gegen Mehltau wurde mehrmals das Präparat Topas (Syngenta) angewendet, sowie Netzschwefel. Um einen Blattlausbefall zu verhindern wurde Calypso (Bayer) eingesetzt. Jeder Unterlage wurde eine unverwechselbare Identifikationsnummer zugeteilt.



*Abbildung 13: Die Unterlagen wurden auf eine Länge von ca. 30 cm gekürzt. Nach drei Wochen wurden überflüssige Triebe entfernt, sodass die obersten 3 Triebe stehen blieben.*

## 2.1.2 Bonitur

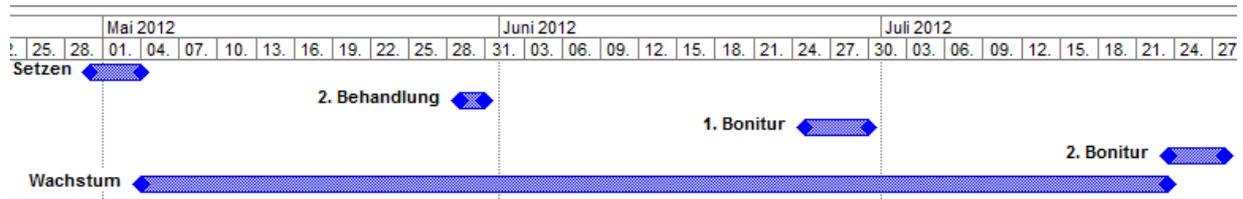


Abbildung 11: Zeitliche Abfolge des Nachbauversuchs. 1. – 4. Mai fanden alle Pflanzungen statt. Die Unterlagen befanden sich 58 Tage in der Vegetationsphase. Zwischen 24. und 27. Juli fand die letzte Bonitur statt.

Erst nach ersichtlichem Wachstumsende der Langtriebe wurde die 2. Triebbonitur für WP 2 und WP 3 durchgeführt (Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.). Ermittelte Parameter waren die Länge der Langtriebe [mm], das Trockengewicht der Triebe [g] und das subjektive Wurzelwachstum [Wertung von 1–4 Punkten]. Knospen ohne Triebwachstum wurden als 5 mm lange Triebe gewertet. Die Triebbonitur wurde zweimal durchgeführt. Zwischen 4. und 7. Juni wurde von jeder Unterlage die Länge der Jungtriebe mit einem handelsüblichen Lineal gemessen. Die zweite Triebbonitur fand zwischen 24. und 27. Juni statt und wurde nach dem Schema der ersten Triebbonitur durchgeführt. Im Zuge der zweiten Triebbonitur wurden die Unterlagen aus den Töpfen entnommen. Die Wurzeln wurden fotografiert und subjektiv in Klassen von 1 (= schlechtes Wurzelwachstum) bis 4 (= gutes Wurzelwachstum) eingeordnet. Alle Triebe wurden gemessen, zerkleinert und in Aluminiumtassen für 24 Stunden bei 110°C im Trockenschrank getrocknet. Gleich im Anschluss wurde das Trockengewicht bestimmt.

Für die Datenaufbereitung wurde Microsoft Excel [Microsoft Corp.] verwendet. Statistische Auswertungen und Berechnungen wurden in SPSS 20 [IBM] durchgeführt. Für die grafische Darstellung wurde SigmaPlot 11.0 [Systat Software] verwendet.



Abbildung 12: Gleich nachdem die Unterlagen aus der Erde entnommen wurden, fotografierte man diese für eine spätere Wurzelbonitur. Die Unterlagen wurden, je nach Ausprägung des Wurzelsystems, in Klassen von 1–4 (1 = schlechtes Wurzelwachstum, 4 = gutes Wurzelwachstum) eingeteilt.

## 2.2 WP 2 – Task 1: Komposte und organische Zusätze

**WP 2:** Suche nach innovativen agronomischen Maßnahmen zur natürlichen Unterdrückung schädlicher bodenbürtiger Mikroorganismen in biologischen Obstanlagen.

**Task 1:** Selektion von Komposten und organischen Zusätzen, die eine Reduktion der Nachbaukrankheit durch Erhöhung der mikrobiellen Diversität und Biomasse im Boden bewirken.

Insgesamt wurden 7 Varianten von Kompost in die Versuchsreihe aufgenommen. Es wurden 3 Wiederholungen zu je 8 Unterlagen gepflanzt. Bis zu den ersten Pflanzungen wurden die Komposte und die Nachbauerde in einem Kühlraum bei circa 10°C gelagert. Dadurch ergab sich eine gute Feuchtigkeitsverteilung in der Erde und den Komposten. Physikalische und chemische Eigenschaften der Komposte wurden vor ihrer Verwendung analysiert. Für die Komposte wurde die Menge von 25g pro Topf festgelegt. Diese wurden zuvor eingewogen und im Pflanzloch verteilt.

Nachstehende Tabelle zeigt die im Topfversuch eingesetzten Komposte und die Zusammensetzung der Nährstoffe:

No.	Type	Dry mass (g/100 g)	pH	N total (g/kg)	Ammonium (g/kg)	Nitrate (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)
WP 2/1	Sludge (Klärschlamm)	62,65	7,2	6,57	0,16	0,54	6,1	4,94
WP 2/2	Green manure (Grünschnitt)	60,36	7,3	7,29	0,01	0,27	3,48	5,29
WP 2/3	Urban waste (Bio-Abfall)	62,71	7,4	12,93	0,03	0,49	2,67	8,94
WP 2/4	Stable manure (+ green manure) Stallmist (+Grünschnitt)	40,29	7,5	6,51	0,01	0,24	1,76	8,75
WP 2/5	Fruit waste (+ green manure) Obstabfälle (+Grünschnitt)	52,78	7,4	9,57	0,01	0,47	3,82	6,52
WP 2/6	Rainworm humus (Regenwurm- humus)	66,05	7,9	11,07	0,01	0,4	2,69	14,63
WP 2/7	Terra preta	52,92	7,5	8,29	0,01	0,25	1,45	6,51

## 2.3 WP 3 – Task 1: Biologische Bodenverbesserer

**WP 3:** Prüfung von verfügbaren „low input“-Substanzen zur Bekämpfung der Nachbaukrankheit.  
**Task 1:** Evaluierung von biologisch aktiven Produkten und Stämmen zur biologischen Bekämpfung der Nachbaukrankheit.

Ein Komposttee und 13 biologische Produkte wurden auf ihr Potenzial hin, den Boden zu verbessern, getestet. Zur Minderung der ARD enthalten biologische Produkte hohe Keimzahlen an Mikroorganismen (Bakterien und Pilze), die eine natürliche Suppressivität des Bodens bewirken sollen. Es wurden auch Produkte mit PGPR (Plant growth promoting Rhizobacteria) angewendet, die den allgemeinen Gesundheitszustand einer Pflanze verbessern sollen. Bei den biologischen Präparaten wurde auf eine Lagertemperatur zwischen +5 und +25 °C sowie Lichtschutz geachtet.

Jede Variante besteht aus 24 Unterlagen (8 Replikate zu 3 Wiederholungen) die gleich behandelt wurden. Die biologischen Produkte wurden für jede Pflanze, den Mengenangaben der Hersteller entsprechend, auf einer Analysewaage abgewogen und anschließend appliziert. Teilweise mussten die Produkte in Leitungswasser gelöst, und wie Gießwasser verwendet werden.

Bio Microl wurde mit Nährsubstrat und Wasser versetzt und nach den Angaben des Herstellers für 24 Stunden belüftet. Nach diesem Prozess soll der Tee einen hohen Anteil an Fulvonsäuren und Huminsäuren haben. Verwendet wurde nur der so entstandene Komposttee. Die erste Anwendung aller biologischen Produkte zur Bodenaufbesserung erfolgte direkt bei der Pflanzung, die zweite Anwendung nach vier Wochen. Den Unterlagen standen somit 58 Tage Wachstumsphase zur Verfügung.

Nachstehende Tabelle zeigt die im Topfversuch verwendeten biologischen Präparate:

No.	Name	Active ingredient/microorganisms	Application/pot	Number of applications
WP 3/01	Greenfit Koba	various	75 g	1
WP 3/02	SYMBIVIT	Glomus spp.	20 g	1
WP 3/04	Trichostar	Trichoderma harzianum T58	1 ml/l solved; 10 ml/pot	2
WP 3/05	RhizoVital 42	Bacillus amyloliquefaciens	1 ml/l solved; 10 ml/pot	2
WP 3/06	FZB24 WG	Bacillus subtilis	1 ml/l solved; 10 ml/pot	2
WP 3/07	Promot	Trichoderma harzianum, Trichoderma koningii	1 g/l solved; 10 ml/pot	2
WP 3/08	Ekoprop nemax	Trichoderma, Bacillus subtilis, Trichoderma, Glomus spp., Streptomyces, funghi	1,5 g/l solved; 10 ml/pot	2
WP 3/09	Micosat F	a consortium of beneficial soil organisms	50 g	1
WP 3/10	Mycostop Biofungicide	Streptomyces griseovirides strain K61	2 g/l solved; 10 ml/pot	2
WP 3/11	Aegis microgranulo	Mycorrhiza	8 g	1
WP 3/12	Tifi	Trichoderma atroviride	2 g	1
WP 3/13	Condor	Mycorrhiza + Trichoderma	1 g	1
WP 3/14	Ozor	Mycorrhiza-Pilze	6 g/l solved; 10 ml/pot	2
WP 3/15	Bio-Microl	Compost tea/activated rainworm humus	250 ml	1



Bio-Microl ist ein Komposttee. Der Auszug aus Regenwurmhumus wird durch Belüftung über 24 Stunden und Zugabe von bestimmten Nährsalzen in einem speziellen Belüftungsbehälter produziert (siehe nebenstehende Abbildung). Die im Regenwurmhumus vorhandene Mikroflora wird durch die Zugabe der Nährsalze unter aeroben Bedingungen vermehrt und die Flüssigkeit wird als Bodenverbesserer eingesetzt.

## 2.4 WP 4 – Task 2: Weiterführung von Freilandversuchen

**WP 4:** Innovative Kulturmaßnahmen zur Erhöhung der funktionellen Bodenbiologie in biologischen Obstkulturen in Mittelmeer- und gemäßigten Klimazonen Europas.

**Task 2:** Bodenmanagement und kombinierte Verfahren vor der Pflanzung zur Reduktion der Nachbaukrankheit beim Apfel im biologischen Anbau.

Im Jahr 2010 wurde von der Versuchsstation Obst- und Weinbau Haidegg ein Freilandversuch auf einem Obstbaubetrieb in der Oststeiermark angelegt, der die Wirkung von Kompostzusatz und von biologischen Bodenverbessernern gegen die Nachbaukrankheit beim Apfel zeigen soll. Dazu wurde eine Fläche auf dem Obstbaubetrieb gewählt, die bereits zum vierten Mal auf derselben Stelle mit Apfelbäumen bepflanzt werden soll. Als Sorte wurde ROHO 3615/Evelina® gewählt. Die Bäume wurden reihenweise behandelt. Pro Reihe stehen 120 Bäume, 30 Bäume (jeweils 10 Bäume im oberen, mittleren und unteren Teil der Anlage) wurden markiert und jährlich bonitiert. Zur Bestimmung des vegetativen Wachstums der Bäume wird der Stammdurchmesser der Bäume gemessen, sowie der Triebzuwachs des obersten Wipfeltriebes am Baum.

Nachstehende Tabelle zeigt die Varianten, die im Freilandversuch untersucht werden sollen:

No.	Name	Active ingredient/microorganisms	Application/plant hole
1	Untreated Check		
2	Compost		
3	Trichostar	<i>Trichoderma harzianum</i> T58	100 ml/100 l, 1 l/hole
4	Compost + Trichostar + Symbivit	<i>Trichoderma harzianum</i> T58 <i>Glomus</i> spp.	100 ml/100 l, 1 l/hole 10 g/hole
5	Symbivit	<i>Glomus</i> spp.	10 g/hole
6	Compost + Symbivit	<i>Glomus</i> spp.	10 g/hole
7	Trichostar + Symbivit	<i>Trichoderma harzianum</i> T58 <i>Glomus</i> spp.	100 ml/100 l, 1 l/hole 10 g/hole
8	Compost + Trichostar	<i>Trichoderma harzianum</i> T58	100 ml/100 l, 1 l/hole

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 WP 2 – Task 1: Komposte und organische Zusätze

WP 2: Suche nach innovativen agronomischen Maßnahmen zur natürlichen Unterdrückung schädlicher bodenbürtiger Mikroorganismen in biologischen Obstanlagen.

Task 1: Selektion von Komposten und organischen Zusätzen, die eine Reduktion der Nachbaukrankheit durch Erhöhung der mikrobiellen Diversität und Biomasse im Boden bewirken.

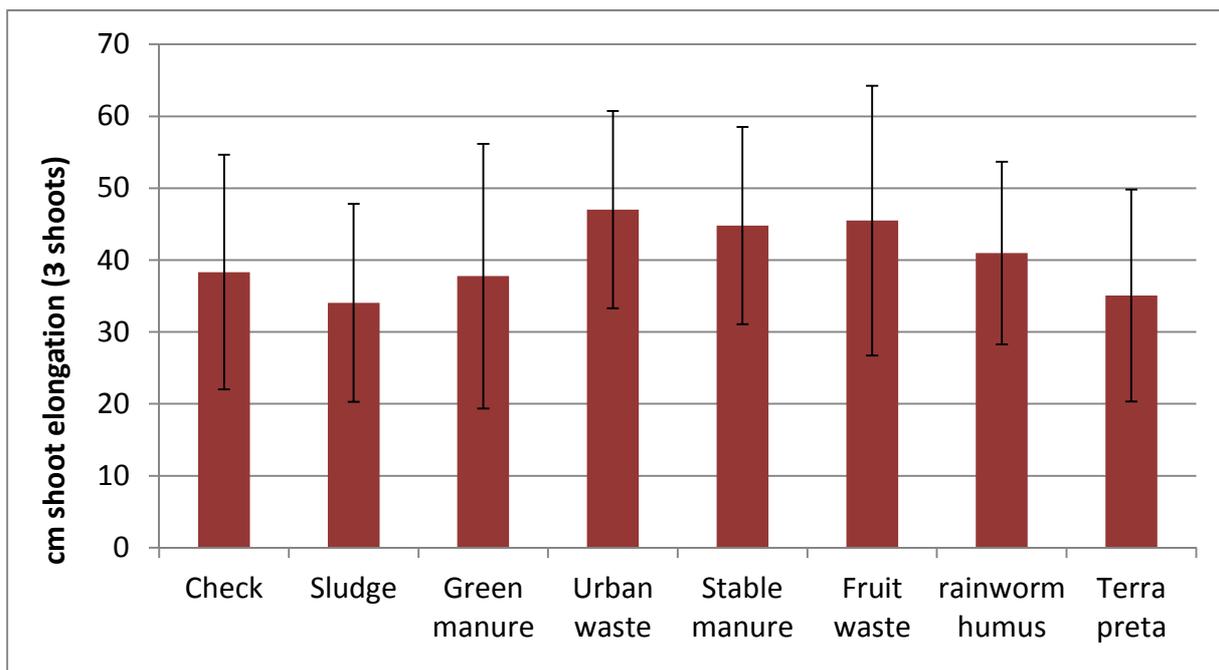


Abb. 16: Triebhöhenzuwachs der drei Triebe in den untersuchten Varianten.

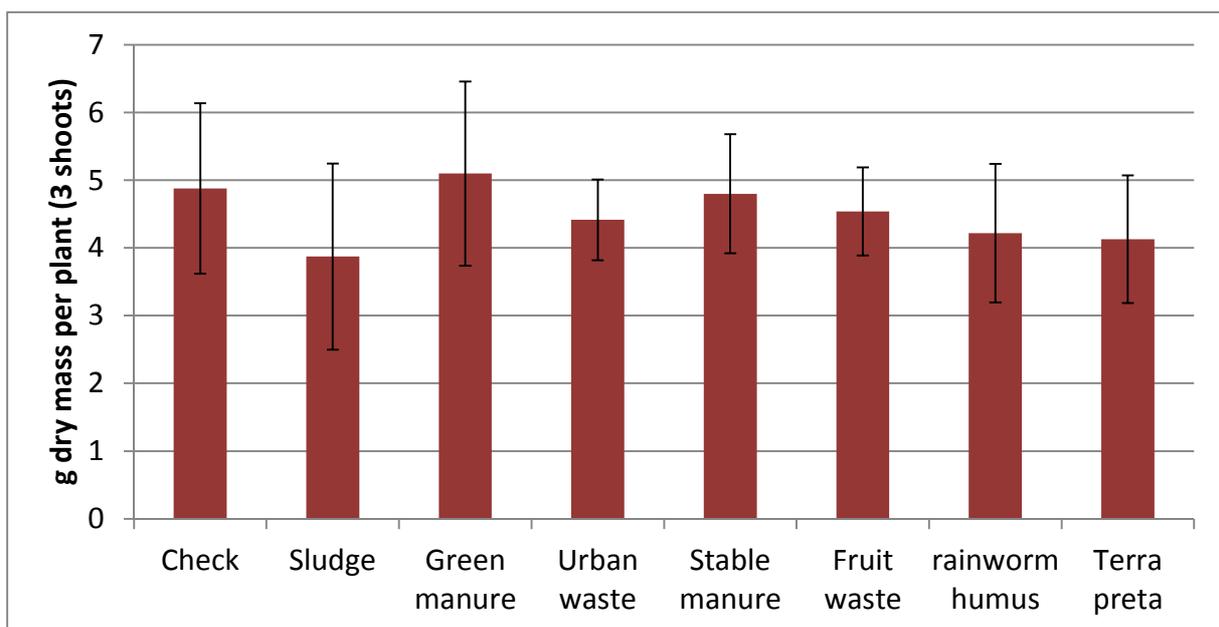


Abb. 17: Trockengewicht der drei zugewachsenen Triebe nach dem Versuch.

Tabelle 1: Auswertung der untersuchten Parameter in WP 2

Type	Shoot length (cm)	Std. dev.	Dry weight (g)	Std. dev.	Root growth (1-4)
Check	38,3	16,3	4,88	1,3	2,63
Sludge	34,0	10,6	3,87	1,4	2,62
Green manure	37,8	11,8	5,10	1,4	2,19
Urban waste	47,0	15,3	4,41	0,6	2,44
Stable manure	44,8	17,3	4,80	0,9	3,02
Fruit waste	45,5	13,6	4,54	0,7	2,71
rainworm humus	41,0	11,1	4,22	1,0	2,60
Terra preta	35,1	22,3	4,13	0,9	2,63

## WP2 organic amendments

### ANOVA

Analysis of Variance for shoot - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value	
<b>MAIN EFFECTS</b>						
A:treatment	4064,24	7	580,605	2,57	0,0152	<i>P&lt;0.05</i>
B:repl	94,5882	2	47,2941	0,21	0,811	ns
<b>INTERACTIONS</b>						
AB	4741,33	14	338,667	1,5	0,115	
RESIDUAL	37884,7	168	225,504			
TOTAL (CORRECTED)	46784,9	191				
All F-ratios are based on the residual mean square error.						

### Multiple Range Tests for shoot by treatment

Method: 95,0 percent LSD

treatment	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
Sludge	24	34,0458	3,06529	a
Terra preta	24	35,0625	3,06529	a
Green manure	24	37,7583	3,06529	ab
Check	24	38,325	3,06529	ab
Rainworm humus	24	40,9833	3,06529	abc
Stable manure	24	44,7958	3,06529	bc
Fruit waste	24	45,4917	3,06529	bc
Urban waste	24	47,0042	3,06529	c

### 3.2 WP 3 – Task 1: Biologische Bodenverbesserer

WP 3: Prüfung von verfügbaren „low input“-Substanzen zur Bekämpfung der Nachbaukrankheit.  
 Task 1: Evaluierung von biologisch aktiven Produkten und Stämmen zur biologischen Bekämpfung der Nachbaukrankheit.

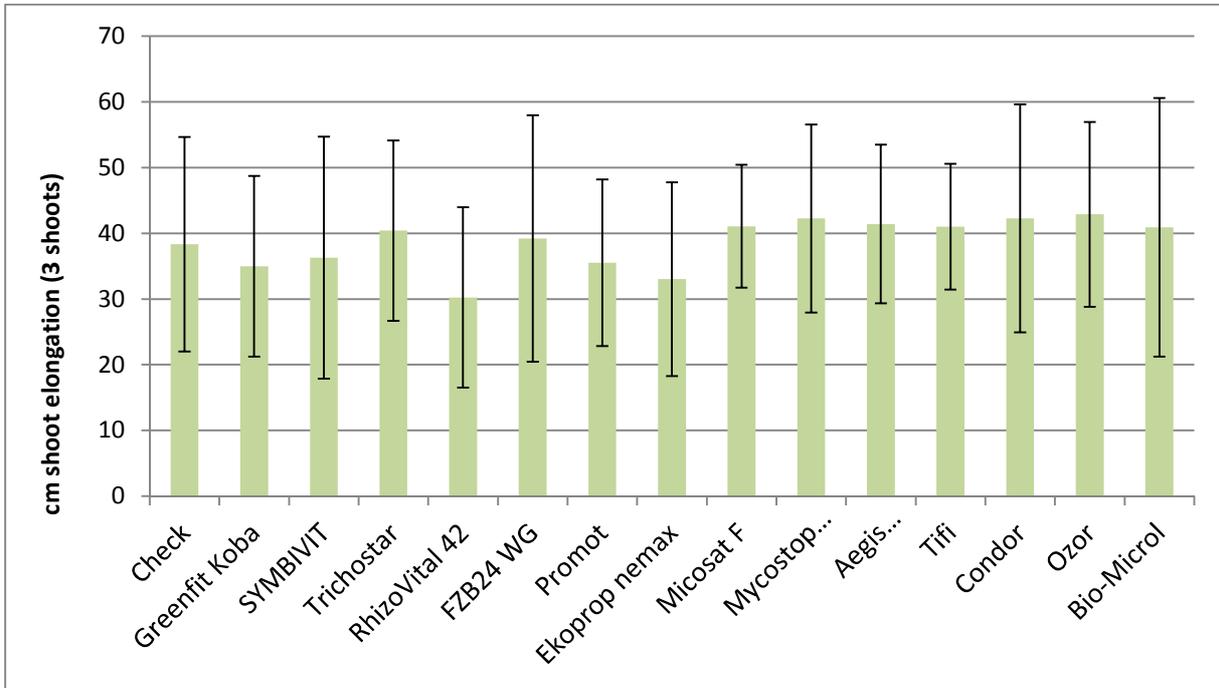


Abb. 18: Trieb­längen­zu­wachs der drei Triebe in den untersuchten Varianten.

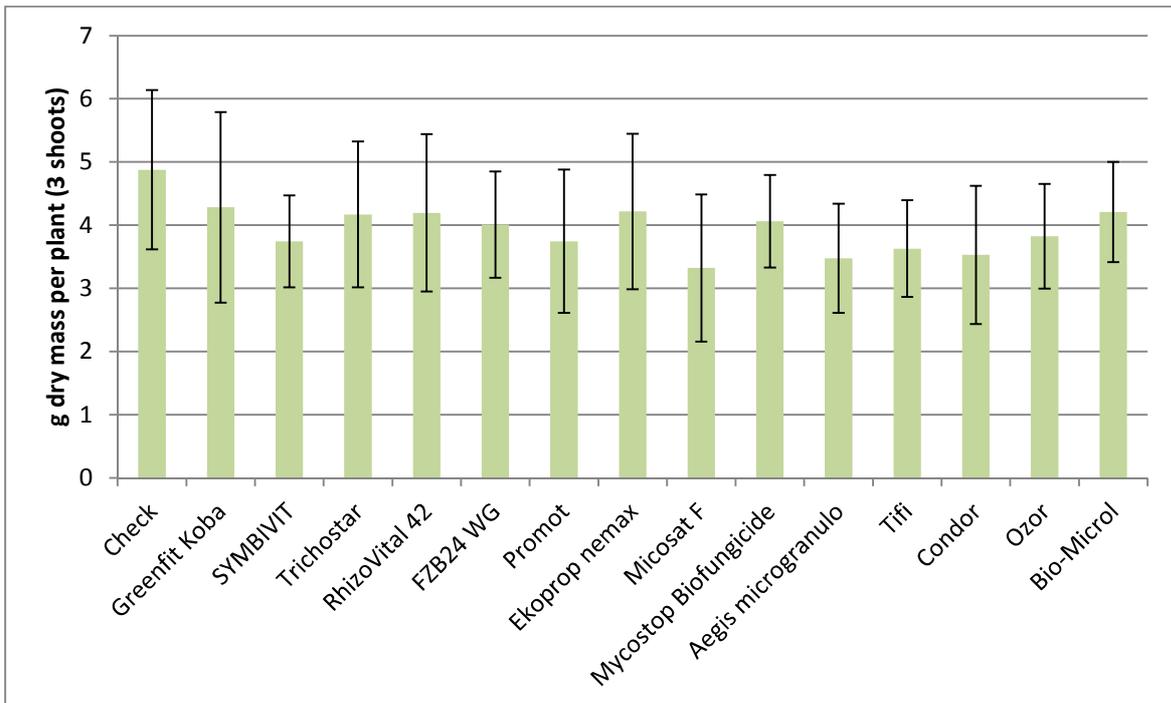


Abb. 19: Trockengewicht der drei zugewachsenen Triebe nach dem Versuch.

Tabelle 2: Auswertung der untersuchten Parameter in WP 3

Type	Shoot length (cm)	Std. dev.	Dry weight (g)	Std. dev.	Root growth (1-4)
Check	38,3	16,3	4,88	1,3	2,63
Greenfit Koba	35,0	13,8	4,28	1,5	2,29
SYMBIVIT	36,3	18,4	3,74	0,7	1,98
Trichostar	40,4	13,7	4,17	1,2	2,21
RhizoVital 42	30,2	13,7	4,20	1,2	2,21
FZB24 WG	39,2	18,8	4,01	0,8	1,95
Promot	35,5	12,7	3,75	1,1	2,54
Ekoprop nemax	33,0	14,7	4,22	1,2	2,33
Micosat F	41,1	9,4	3,32	1,2	2,42
Mycostop Biofungicide	42,2	14,3	4,06	0,7	2,60
Aegis microgranulo	41,4	12,1	3,47	0,9	2,06
Tifi	41,0	9,6	3,63	0,8	2,40
Condor	42,3	17,3	3,53	1,1	2,63
Ozor	42,9	14,1	3,83	0,8	2,29
Bio-Microl	40,9	19,7	4,21	0,8	2,63

### WP3- shoot

#### ANOVA

#### Analysis of Variance for shoot - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value	
<b>MAIN EFFECTS</b>						
<b>A:TRatt</b>	4871,02	14	347,93	1,54	0,0968	ns
<b>B:repl</b>	91,0621	2	45,531	0,2	0,818	ns
<b>INTERACTIONS</b>						
<b>AB</b>	4848,69	28	173,167	0,76	0,8016	
<b>RESIDUAL</b>	71359,5	315	226,538			
<b>TOTAL (CORRECTED)</b>	81170,2	359				
<b>All F-ratios are based on the residual mean square error.</b>						

Mean separation test				
Method: 95,0 percent LSD				
TRatt	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
RhizoVital	24	30,2292	3,07231	a
Ekoprop nemax	24	33,0208	3,07231	ab
Greenfit KOBA	24	34,9792	3,07231	abc
Promot	24	35,5167	3,07231	abc
Symbivit	24	36,3167	3,07231	abc
<b>Check</b>	<b>24</b>	<b>38,325</b>	<b>3,07231</b>	<b>abc</b>
FZB24	24	39,2	3,07231	bc
Trichostar	24	40,4083	3,07231	bc
Bio-Microl	24	40,9083	3,07231	bc
Tifi	24	41	3,07231	bc
Micosat F	24	41,075	3,07231	bc
Aegis microgranulo	24	41,4167	3,07231	bc
Mycostop	24	42,2458	3,07231	c
Condor	24	42,2667	3,07231	c
Ozor	24	42,8875	3,07231	c

### 3.3 WP 4 – Task 2: Weiterführung von Freilandversuchen

WP 4: Innovative Kulturmaßnahmen zur Erhöhung der funktionellen Bodenbiologie in biologischen Obstkulturen in Mittelmeer- und gemäßigten Klimazonen Europas.

Task 2: Bodenmanagement und kombinierte Verfahren vor der Pflanzung zur Reduktion der Nachbaukrankheit beim Apfel im biologischen Anbau.

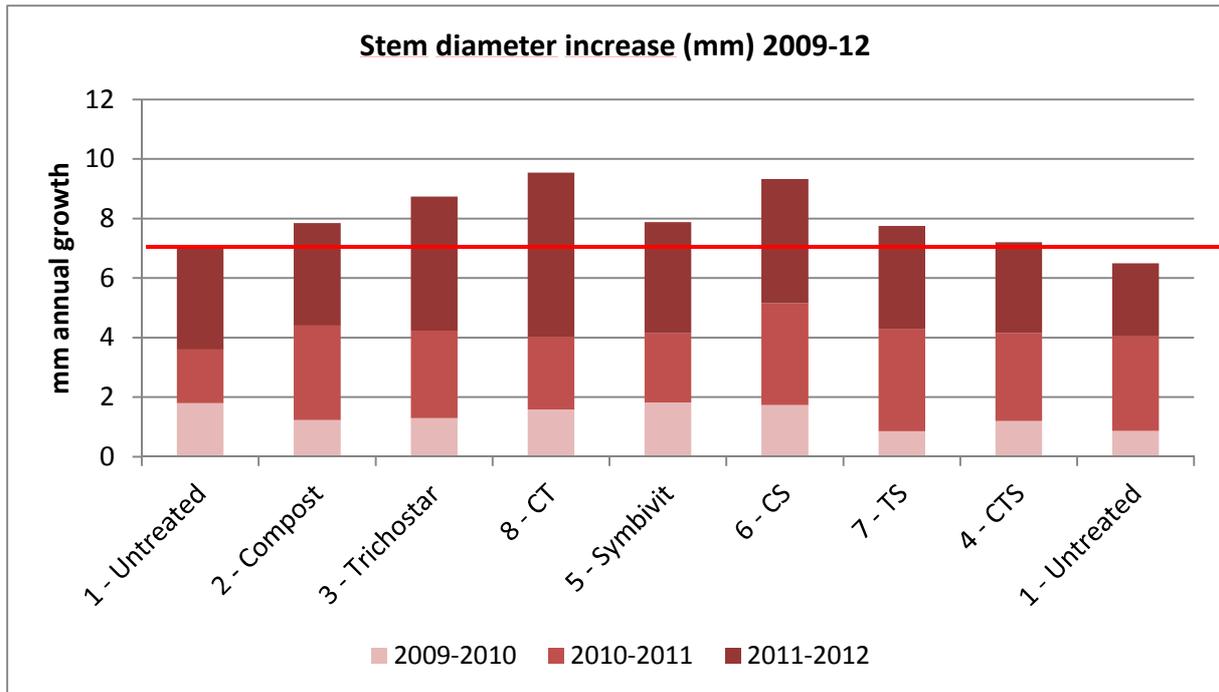


Abb. 21: Stammdurchmesser (jährlicher Zuwachs in mm) in den Versuchsjahren 2009-2012 im Freilandversuch (WP 4)

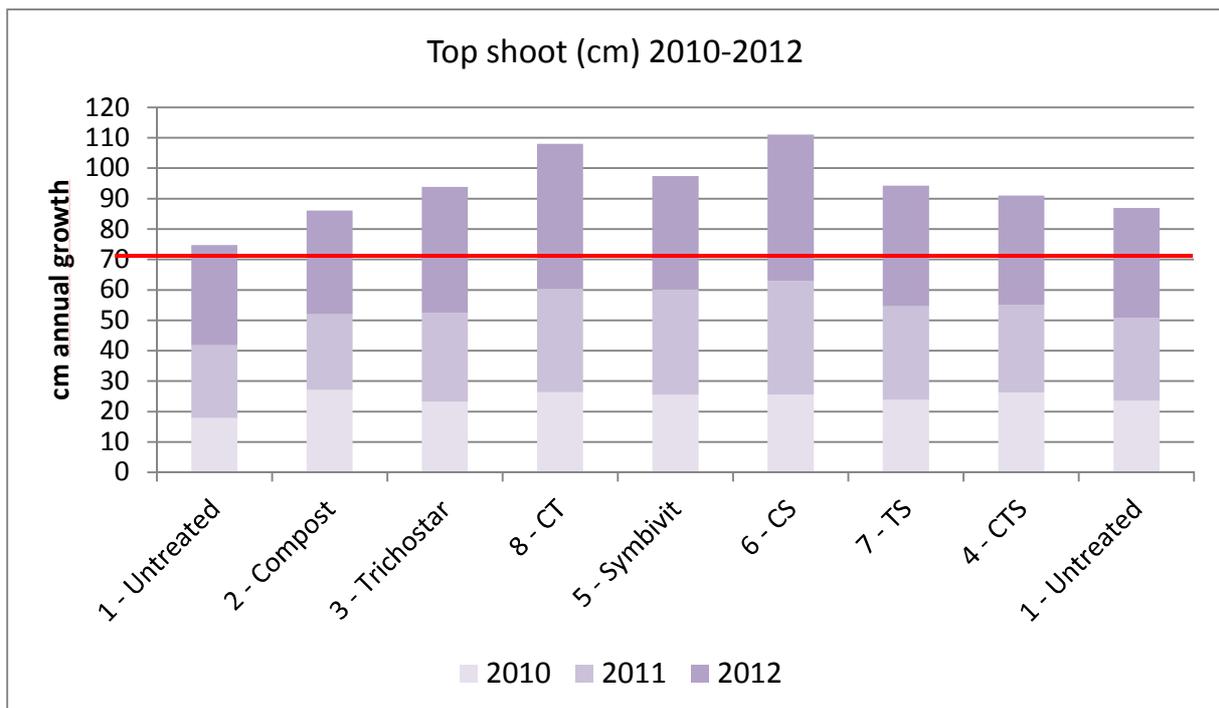


Abb. 22: Jährlicher Trieb­längen­zu­wach­se in cm des Wipfel­trie­bes bei den 30 Ver­suchs­bäu­men in den ver­schie­de­nen Vari­an­ten.

## 4 Diskussion

In den Topfversuchen konnte keine Maßnahme gefunden werden, die für zukünftige Anwendungen favorisiert werden sollte. Statistisch signifikant unterschiedlich war lediglich das Wachstum bei Zugabe von Kompost aus Bioabfällen (Urban waste), welcher auch generell sehr leicht verfügbar ist. Die Zugabe der unterschiedlichen biologischen Bodenverbesserer konnte das Wachstum der M9-Unterlagen im Topf nicht signifikant steigern.

Im Allgemeinen stellt sich die Frage, wie gut die Aussagen solcher Topf-Modellversuche auf die Bedingungen in Obstanlagen umlegbar sind. Weiters sollte hinterfragt werden, inwieweit sich die Mikroorganismen, die in den Bio-Präparaten vorhanden sein sollen, unter Freilandbedingungen (Mikroklima und Struktur sowie mikrobielle Zusammensetzung des Bodens) etablieren können.

Aus dem Freilandversuch in Workpackage 4 wird ersichtlich, dass kombinierte Varianten mit Kompostzugabe ins Pflanzloch und Zugabe von speziellen biologischen Präparaten nach der Pflanzung sehr wohl förderliche Effekte auf das vegetative Wachstum von Apfelbäumen bringen.

## 5 Geplante weiterführende Arbeiten

### 5.1 WP 2/3 Testung von Kombinationen im Topfversuch

Aus den Ergebnissen in Workpackage 2 und 3 werden Kombinationen von Kompostzugabe + biologische Bodenverbesserer im Topfversuch getestet. Der Nachbauboden wurde aus der Bio-Versuchsfläche des Freilandversuches in WP 4 (siehe Punkt 5.2) entnommen. Als Kompost erwies sich Champignon-Kompost (kompostiertes Substrat aus der Champignon-Zucht) im DLR Rheinpfalz in Deutschland am effizientesten. Für die weiterführenden Versuche wurde daher festgelegt als Kompostvariante, kompostiertes Substrat aus der Bio-Pilzzucht zu verwenden.

Die Varianten wurden mit den anderen Projektpartnern abgestimmt und folgendermaßen festgelegt:

- 1 – Unbehandelte Kontrolle
- 2 – Pilzkompost sterilisiert (gedämpft)
- 3 – Pilzkompost
- 4 – Pilzkompost + Micosat F
- 5 – Pilzkompost + Mycostop
- 6 – Pilzkompost + Ekoprop nemax
- 7 – Pilzkompost + Tifi
- 8 – Pilzkompost + Myconor aktiv
- 9 – sterilisierter Nachbauboden
- 10 – Micosat F
- 11 – Mycostop
- 12 – Ekoprop nemax
- 13 – Tifi
- 14 – Myconor aktiv

## **5.2 WP 4 Freilandversuch zur Umsetzung der Projektergebnisse**

Im Bezirk Weiz wurde eine Versuchsfläche ausgewählt, die biologisch bewirtschaftet wird und auf der bereits zum vierten Mal hintereinander Apfelbäume auf denselben Platz gepflanzt werden. Als Versuchssorte wurde Gala Brookfield ausgewählt. Folgende Varianten wurden in vier Wiederholungen randomisiert verteilt über die Versuchsfläche im Frühjahr 2013 angepflanzt.

- 1 – Unbehandelte Kontrolle
- 2 – Zugabe von sterilisiertem (gedämpftem) Bio-Pilzkompost ins Pflanzloch
- 3 – Zugabe von Bio-Pilzkompost ins Pflanzloch
- 4 – Biopilzkompost + Micosat F
- 5 – Biopilzkompost + Mycostop
- 6 – Biopilzkompost + Ekoprop nemax

---

## 6 Literatur

- Aldenhoff, S. (2007). Biofumigation – Eine Lösung für Pflanzenschutzprobleme im Gemüsebau? Rheinische Monatsschrift 2, p. 91.
- Bingye, X. & Shengrui, Y. (1998). Studies on replant problems of apple and peach. *Acta Horticulturae* 477, pp. 83-88.
- Bird, G.W. (1968). Orchard replant problems. Revised 1973 by Wensley, R.N. Canadian Department for Agricultural Publicity 1375.
- Bosshard, E. Rüegg, J. & Heller, W. (2004). Bodenmüdigkeit, Nachbauprobleme und Wurzelkrankheiten. *Schweizerische Zeitung für Obst- und Weinbau* 10, pp. 6-9.
- Brown, P.D. & Morra, M.J. (1997). Control of soil-borne plant pests using glucosinolat-containing plants. *Advances in Agronomy* 61, pp. 167-231.
- Caruso, F.L., Neubauer, B.F. & Begin, M.D. (1989). A histological study of apple roots affected by replant disease. *Canadian Journal of Botany* 67, pp. 742-749.
- Catska, V., Vancura, V., Hudska, G. & Prikryl, Z. (1982). Rhizosphere micro-organisms in relation to the apple replant problem. *Plant and Soil* 69, pp. 187-197.
- Catska, V. (1988). Biological methods in relation to apple replant problem. *Acta Horticulturae* 233; pp. 45-48.
- Fischer, M. (2002). *Apfelanbau – integriert und biologisch*. Ulmer-Verlag, ISBN 3-8001-3237-0, pp. 55-60.
- Fischer, M. & Weber, H.J. (2005). *Birnenanbau – integriert und biologisch*. Ulmer-Verlag, ISBN 3-8001-4576-6, pp. 51-52.
- Friedrich, G. & Fischer, M. (2000). *Physiologische Grundlagen des Obstbaues*. Ulmer-Verlag, ISBN 3-8001-3475-6, pp. 281-296.
- Granatstein, D. & Mazzola, M. (2001). Alternatives to fumigation for control of apple replant disease in Washington State Orchards. IOBC WPRS Bulletin, <http://organic.tfrec.wsu.edu>.
- Gu, Y.H. & Mazzola, M. (2003). Modification of fluorescent pseudomonad community and control of apple replant disease induced in a wheat cultivar-specific manner. *Applied Soil Ecology* 24, pp. 57-72.
- Gur, A., Luzzati, J. & Katan, J. (1998). Alternatives for soil fumigation in combating apple replant disease. *Acta Horticulturae* 477, pp. 107-113.
- Hein, K. (1972). Beiträge zum Problem der Bodenmüdigkeit. *Gartenbau-Wissenschaft* 35, pp. 47-71.
- Hoestra, H. (1968). Replant diseases of apple in The Netherlands. *Mededelingen van de Landbouwhoogeschool te Wageningen* 13, pp. 1-105.

- Hoestra, H. (1994). Ecology and pathology of replant problems. *Acta Horticulturae* 363, pp. 1-10.
- Jackson, J.E. (2003). *Biology of Apples and Pears*. Cambridge University Press, ISBN 0-521-38018-9, pp. 281-296.
- Jonkers, H. & Hoestra, H. (1978). Soil pH in fruit trees in relation to specific replant disorders of apple. *Science of Horticulture* 8, pp. 113-118.
- Kümmeler, L. (1981). Untersuchungen zum Ursachenkomplex der Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen. Teil III: Gehalt einiger gesättigter Kohlenwasserstoffe in Boden verschiedenen Müdigkeitsgrades. *Erwerbsobstbau* 24, pp. 246-248.
- Leinfelder, M.M. & Merwin, I.A. (2006). Management strategies for apple replant disease. *New York Fruit Quarterly* 14, pp. 39-42.
- Mai, W.F. & Abawi, G.W. (1981). Controlling replant diseases from pome and stone fruits in northeastern United States by replant fumigation. *Plant Disease* 65, pp. 859 – 864.
- Manici, L.M., Ciavatta, C., Kelderer, M. & Erschbaumer, G. (2003). Replant problems in South Tyrol: role of fungal pathogens and microbial population in conventional and organic apple orchards. *Plant and Soil* 256, pp. 315-324.
- Maurer, J. (2003). Bodenmüdigkeit – ein Existenzproblem im Obstbau und in der Baumschule. Zusammenfassung von Inforama, Fachstelle Obst und Beeren, Oeschberg, Koppingen.
- Mazzola, M. (1997). Identification and Pathogenicity of *Rhizoctonia* spp. Isolated from Apple Roots and Orchard Soils. *Phytopathology* 87, pp. 582-587.
- Mazzola, M. (1998). Elucidation of the Microbial Complex Having a Causal Role in the Development of Apple Replant Disease in Washington. *Phytopathology* 88, pp. 930-938.
- Mazzola, M. (1999). Transformation of soil microbial community structure and *Rhizoctonia*-suppressive potential in response to apple roots. *Phytopathology* 89, pp.920-927.
- Mazzola, M., Granatstein, D.M., Elfving, D.C. & Mullinix, K. (2001). Suppression of specific apple root pathogens by *Brassica napus* seed meal amendment regardless of glucosinolate content. *Phytopathology* 91, pp. 673-679.
- Mazzola, M., Granatstein, D.M., Elfving, D.C., Mullinix, K. & Gu, Y.H. (2002). Cultural management of microbial community structure to enhance growth of apple in replant soils. *Phytopathology* 92, pp- 1363-1366.
- Meijer, B. & Lamers, J. (2004). Biologische grondontsmetting – bestrijding van bodemziekten voor een gezonde bodem. PPO-publicatie Nr. 415.
- Mountain, W.B. & Patrick, Z.A. (1959). The peach replant problem in Ontario. VII. The pathogenicity of *Pratylenchus penetrans*. *Canadian Journal of Botany* 37; pp. 459-470.

- Otto, G. & Winkler, H. (1977). Untersuchungen über die Ursache der Bodenmüdigkeit bei Obstgehölzen. VI. Nachweis von Aktinomyceten in Faserwurzeln von Apfelsämlingen in Böden mit verschiedenen Müdigkeitsgraden. Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene 132; pp. 593-606.
- Patrick; Z.A. & Koch, L.W. (1963). The adverse influence of phytotoxic substances from decomposing plant residues on resistance of tobacco to black root rot. Canadian Journal of Botany 41, pp. 747-758.
- Patrick, Z.A. & Tousson, T.A. (1965). Plant residues and organic amendments in relation to biological control. Ecology of soil-borne plant pathogens (ed. by Baker & Snyder, University of California Press, Berkeley), pp. 440-457.
- Rumberger, A., Merwin, I.A. & Thies, J.E. (2007). Microbial community development in the rhizosphere of apple trees at a replant disease site. Soil Biology and Biochemistry 39, pp. 1645-1654.
- Savory, B.M. (1966). Specific replant diseases. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks.
- Sewell, G.W.F. (1981). Effects of Pythium species on the growth of apple and their possible role in apple replant diseases. Annals of applied Biology 97, pp. 31-42.
- Slykhuis, J.T. & Li, T.S.C. (1985). Response of apple seedlings to biocides and phosphate fertilizers in orchard soils in British Columbia. Canadian Journal of Plant Pathology 7, pp. 294-301.
- Szabo, K. (1999). Das Phänomen der Bodenmüdigkeit 9, pp. 495-498.
- Upstone, M. (1977). New apple rootstocks seen as one answer to replant disease. Grower 87, pp. 635-637.
- Uthkede, R.S. (1984). Antagonism of isolates of Bacillus subtilis to Phtophthora cactorum. Canadian Journal of Botany 12, pp. 1032-1035.
- Uthkede, R.S. & Li, T.S.C. (1988). The role of fungi, bacteria and their interactions in apple replant disease complex in soils of British Columbia. Acta Horticulturae 233, pp. 75-80.
- Uthkede, R.S., Vrain, T.C. & Yorston, J.M. (1992). Effects of nematodes, fungi and bacteria on the growth of young apple trees grown in apple replant disease soil. Plant and Soil 139, pp. 1-6.
- Uthkede, R.S. & Smith, E.M. (1994). Development of biological control of apple replant disease. Acta Horticulturae 363, pp. 129-134.
- Uthkede, R.S., Sholberg, P.L. & Smirle, M.J. (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, pp. 163-167.

Wilson, S., Andrews, P. & Nair, T.S. (2004). Non-fumigant management of apple replant disease. *Scientia Horticulturae* 102, pp. 221-231.

Yadava, V.L. & Doud, S.L. (1980). The short life and replant problems of deciduous fruit trees. *Horticultural Reviews* 2, pp. 1-116.