



**Einsatz von Mykorrhizapilzen
und Qualitätskomposten bei der Anzucht
von Jungpflanzen im ökologischen
Gemüse- und Zierpflanzenbau**

- SCHLUSSBERICHT TEILPROJEKT 2 -

Herausgeberin:

Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau
in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
53168 Bonn

Tel.: +49 228 6845-280 (Zentrale)

Fax: +49 228 6845-787

E-Mail: geschaeftsstelle-oekolandbau@ble.de

Internet: www.bundesprogramm-oekolandbau.de

Finanziert vom Bundesministerium für
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Auftragnehmer:

Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.,
Fachgebiet Ökologische Land- und Pflanzenbausysteme
der Universität Kassel,
Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick (CH)

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



Einsatz von Mykorrhizapilzen und Qualitätskomposten bei der Anzucht von Jungpflanzen im ökologischen Gemüse- und Zierpflanzenbau

Abschlussbericht des Forschungsprojektes 02OE306 Teil 2

**an die Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau
in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung beim
Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Land-
wirtschaft**

Vertragspartner:

- 1) Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.
- 2) Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau
in Zusammenarbeit mit:
den Biobetrieben Biogarten (Flechtdorf), Kaiser (Frankershausen),
Hessische Staatsdomäne Frankenhausen
- 3) Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick (CH) in Zusammen-
arbeit mit:
Universität Basel, Botanisches Institut
Triton Umweltschutz GmbH, Bitterfeld
Betriebe: Schwarz (Villigen), Stefanie (Full-Reuental),
Flammer (Hinwil), Neubauer (Erlen), Reller (Berneck)

Berichterstatter:

C. Bruns, M. Arp, S. Dlugowski
**Universität Kassel – Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzen-
bau**

Laufzeit: 01. Juni 2002 - 31. Oktober 2003
Berichtszeitraum: 01. Juli 2002 - 31. Oktober 2003

Danksagung

Der BLE und dem BMVEL sei für die Überlassung der Finanzmittel und das in uns gesetzte Vertrauen gedankt.

Den Betrieben Biogarten Flechtdorf, Korbach, Kaiser, Frankershausen sowie der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen möchten wir für ihr Engagement und die Mühe bei der Durchführung der Feldversuche danken.

Folgenden Personen soll nach Abschluß des Projektes besonders gedankt werden

- Daniel Nolic, BLE, für die Unterstützung und die gute Zusammenarbeit bei Durchführung des Projektes.
- Den Projektpartnern vom FiBL und der IGZ für die gute und kollegiale Arbeit bei der Lösung der gemeinsamen Fragen im Projekt.
- Martina Arp und Susanne Dlugowski für ihre sehr guten technischen Arbeiten und ihr großes Engagement bei der Abwicklungen der Aufgaben des FÖL.
- Bernd Kleikamp für die immerwährende Diskussionsbereitschaft und für die Mühe bei der Durchsicht des Manuskriptes des Abschlußberichtes
- Allen Hilfskräften für ihre Geduld beim Wurzelwaschen und anderen nicht minder „spannenden“, aber notwendigen, Tätigkeiten.

Christian Bruns

Witzenhausen, im November 2003

Inhalt

1	Ziele und Aufgabenstellung des Projektes	6
1.1	Planung und Ablauf des Projektes (Teilprojekt FÖL)	6
1.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand	7
2	Material und Methoden	9
2.1	AM-Stämme und Inokula	9
2.2	Quantifizierung von arbuskulärer Mykorrhiza in Wurzeln	9
2.2.1	Probennahme und Aufbereitung	9
2.2.2	Färbung	10
2.3	Bestimmung des Frisch- und Trockengewichtes von Sproß und Wurzel	11
2.4	Kompostierung / Substratherstellung	11
2.4.1	Nährstoffanalysen	12
2.5	Versuche zur Krankheitsunterdrückung durch AM-Stämme und suppressive Komposte	12
2.5.1	Versuchsdesign	12
2.5.2	Versuchsanlage	13
2.5.3	Erhaltung und Vermehrung von <i>P. ultimum</i>	13
2.5.4	Inokulation mit <i>P. ultimum</i>	13
2.5.5	Statistische Auswertung	14
2.6	Feldversuche	14
2.6.1	Inokulum	14
2.6.2	Kulturmaßnahmen	14
2.6.3	Komposte und Substrate	14
2.6.4	Pelargonien	14
2.6.5	Poinsettien	18
2.6.6	Porree	21
2.6.7	Erdbeere	22
3	Ergebnisse und Diskussion	24
3.1.1	Kompostierung / Substratherstellung	24
3.1.2	Suppressive Effekte von AMP und Komposten gegenüber <i>P. ultimum</i>	27
3.1.2.1	Versuch Erbs1	27
3.1.2.2	Versuch Erbs 2	31
3.1.2.3	Versuch Erbs3	34
3.1.3	Feldversuche	37
3.1.3.1	Pelargonien	37
3.1.3.2	Poinsettien	43
3.1.3.3	Porree	47
3.1.3.4	Erdbeere	48
4	Nutzen und Verwertbarkeit (Projektbereich FÖL)	49
5	Zusammenfassung	51
6	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten und tatsächlich erreichten Ziele	53
7	Literaturverzeichnis	54
8	Anhang	56

Abbildungen

Abbildung 1: Wurzelprobe von Erbsen bei der Waschung (oben).....	10
Abbildung 2: Kompostmiete mit Grünabfallkompost.	11
Abbildung 3: Temperaturverlauf in Kern der Miete PIL1 während des Rotteprozesses.....	24
Abbildung 4: AM-Wurzelbesiedelungsrate (in %) im System <i>P. ultimum</i> / Erbse	27
Abbildung 5: Grafische Darstellung der Wechselwirkung Substrat*Mykorrhiza für das Sproßfrischgewicht aus dem Versuch Erbs1.....	28
Abbildung 6: Suppressiv Effekte einer Kombinationsbehandlung von Komposten und AMP-Inokula in einem System <i>P. ultimum</i> – Erbsen	30
Abbildung 7: AM-Wurzelbesiedelungsrate (in%) an Erbsen nach Inokulation mit ISCB Stämmen in einem System <i>P. ultimum</i> – Erbsen (Mittelwert aus Mischproben)	32
Abbildung 8: Sproßfrischgewicht von Erbsen nach Inokulation mit ISCB Stämmen und Behandlung mit suppressiven Komposten in einem System <i>P. ultimum</i> – Erbsen	33
Abbildung 9: AM-Wurzelbesiedelungsrate (in%) im System <i>P. ultimum</i> / Erbse	34
Abbildung 10: Suppressiv Effekte einer Kombinationsbehandlung von Komposten und AMP-Inokula (ISCB Stämme 20, 22, 47) in einem System <i>P. ultimum</i> –Erbsen	36
Abbildung 11: AM-Wurzelbesiedelung (%) von 3 kommerziellen Inokula an Pelargonienstecklingen in Abhängigkeit vom Substrat.....	37
Abbildung 12: Sproßgewicht (FS/TS) von Pelargonienstecklingen in Abhängigkeit vom Substrat und der Beimpfung mit kommerziellen AM-Inokula	38
Abbildung 13: AM-Wurzelbesiedelung von Pelargonien durch kommerzielle Inokula in Abhängigkeit von Substrat und Inokulationszeitpunkt (Mischproben).....	39
Abbildung 14: Frischgewicht von Pelargonien bei Behandlung mit kommerziellen AMP- Inokula in Abhängigkeit von Substrat und Inokulationszeitpunkt	40
Abbildung 15: Anzahl Blütenstände von Pelargonien bei Behandlung mit kommerziellen AMP-Inokula in Abhängigkeit von Substrat und Inokulationszeitpunkt	40
Abbildung 16: AM-Wurzelbesiedelung von Pelargonie durch kommerzielle Inokula in Abhängigkeit vom Kompostgehalt im Substrat.....	41
Abbildung 17: Anzahl Blütenstände von Pelargonien bei Behandlung mit kommerziellen AMP-Inokula in Abhängigkeit vom Kompostgehalt im Substrat.....	42
Abbildung 18: Frischgewicht von Pelargonien bei Behandlung mit kommerziellen AMP- Inokula in Abhängigkeit vom Kompostgehalt im Substrat.....	42
Abbildung 19: AM-Wurzelbesiedelung (%) von Poinsettien durch kommerzielle Inokula während der Vegetation.....	44
Abbildung 20: Frischgewicht von Poinsettien in einem Kompostsubstrat bei Inokulation mit kommerziellen AM-Stämmen nach 26 Wochen Kulturdauer	44
Abbildung 21: Wuchshöhe von Poinsettien in einem Kompostsubstrat bei Inokulation mit kommerzielle AM-Stämmen nach 26 Wochen Kulturdauer	45
Abbildung 22: AM-Wurzelbesiedelung von Poinsettienstecklingen durch kommerzielle Inokula in Abhängigkeit vom Substrat	46
Abbildung 23: Sproß- und Wurzelfrischgewicht von Poinsettienstecklingen in Abhängigkeit vom Stecklingssubstrat bei Inokulation mit kommerziellen AM-Stämmen.....	46
Abbildung 24: Sproßfrischgewicht von verkaufsfertigen Poinsettien kultiviert in einem Substrat mit 30 % Kompost in Abhängigkeit von Stecklingssubstrat und Inokulationszeitpunkt bei Inokulation mit kommerziellen AM-Stämmen (W3)	47

Tabellen

Tabelle 1: Liste der durchgeführten Versuche	7
Tabelle 2: Färbeprotokoll von arbuskulärer Mykorrhiza mit Trypanblau	10
Tabelle 3: Nährstoffgehalte der verwendeten Komposte	25
Tabelle 4: Nährstoffgehalte in verwendeten Substraten.....	26
Tabelle 5: Anova Tabelle für AM- Wurzelbesiedelungsrate (Erbs1, transformierte Werte).....	27
Tabelle 6: Anova Tabelle für Sproßfrischgewicht von Erbsen (Versuch Erbs 1)	28
Tabelle 7: Suppressiv Effekte einer Kombinationsbehandlung aus Komposten und AM-Stämmen im System <i>P. ultimum</i> – Erbse.....	29
Tabelle 8: Anova Tabelle für den Faktor AM-Besiedelungsrate (transformierte Werte).....	34
Tabelle 9: Suppressiv Effekte einer Kombinationsbehandlung aus Komposten und ISCB-Stämmen im System <i>P. ultimum</i> – Erbsen in Bezug auf das Kriterium Gesamtfrischgewicht / Topf.....	35
Tabelle 10: Anova Tabelle für das Kriterium Sproßfrischgewicht der Stecklinge in Versuch P1	38
Tabelle 11: Mittelwertvergleich (Tuckey Test $p \leq 0,05$) für Sproßfrischgewicht der Pelargonienstecklinge in Versuch P1.....	38
Tabelle 12: Ertragsdaten und AM-Wurzelbesiedelung an Porree im Feldversuch auf der Staatdomäne Frankenhausen (Winterlauch) in Abhängigkeit vom AM-Inokulation und Düngung.....	48
Tabelle 13: ANOVA Tabelle Erbsen Frischgewicht Wurzel (g) (Erbs1)	56
Tabelle 14: Mittelwertvergleichstest nach Tukey ($p \leq 0,05$) Wurzelfrischgewicht (g) (Erbs1)	56
Tabelle 15. ANOVA Tabelle Erbsen Gesamtfrischgewicht Sproß/Wurzel (g) (Erbs1)	57
Tabelle 16: Mittelwertvergleichstest nach Tukey ($p \leq 0,05$). Gesamtfrischgewicht Sproß/Wurzel (g) (Erbs1)	57
Tabelle 17: ANOVA Tabelle Erbsen Frischgewicht Sproß (g) (Erbs3)	58
Tabelle 18: Mittelwertvergleichstest nach Tukey ($p \leq 0,05$) Sproßfrischgewicht (g) (Erbs3)	58
Tabelle 19: ANOVA Tabelle Pelargonien Frischgewicht Sproß (g) (P1).....	59
Tabelle 20: Homogene Gruppen nach Mittelwertvergleichstest (Tukey) für Pelargonien Frischgewicht (P1) im Faktor Mykorrhiza	59
Tabelle 21 ANOVA Tabelle Pelargonien Blütenstände/Pflanze (P1).....	60
Tabelle 22: Homogene Gruppen nach Mittelwertvergleichstest (Tukey) für Pelargonien Anzahl Blütenstände (P1)	60
Tabelle 23: ANOVA Tabelle Pelargonien Frischgewicht Sproß (g) (P2).....	60
Tabelle 24: ANOVA Tabelle Pelargonien Blütenstände/ Pflanze (P2).....	61
Tabelle 25: ANOVA Tabelle Poinsettien Frischgewicht Sproß (g).....	61
Tabelle 26: Homogene Gruppen nach Mittelwertvergleichstest (Tukey) für Poinsettien Frischgewicht (W1)	61
Tabelle 27: ANOVA Tabelle Poinsettien Wuchshöhe (cm) (W1).....	62
Tabelle 28: Homogene Gruppen nach Mittelwertvergleichstest (Tukey) für Poinsettien Wuchshöhe (W1).....	62
Tabelle 29: ANOVA Tabelle Poinsettien Frischgewicht Sproß (g) (W2).....	62
Tabelle 30: ANOVA Tabelle Poinsettien Frischgewicht Sproß (g) (W3)	63
Tabelle 31: ANOVA Tabelle Porree Schaftdurchmesser (cm) (L1)	63
Tabelle 32: ANOVA Tabelle Porree Gewicht/Pfl. (g) (L1).....	64

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Ziel des Projektes war die Optimierung von Anzuchtsubstraten sowohl hinsichtlich der Nährstoffaufnahme als auch der Widerstandsfähigkeit von Jungpflanzen gegenüber bodenbürtigen Erregern bei Beimpfung mit arbuskulären Mykorrhizapilzen (AMP). Die Anwendersicherheit beim Einsatz neuer definierter Mykorrhiza-Inokula sollte erhöht werden.

Im Vordergrund standen zum einen die Charakterisierung und die Vermehrung von neuen Mykorrhizastämmen, zum anderen deren Wirkung unter kontrollierten, der Praxis angenäherten Bedingungen auf Wachstum, Nährstoffaufnahme und Krankheitsunterdrückung in ausgewählten Gemüse-, Obst- und Zierpflanzenkulturen mit dem Ziel einer Selektion von AMP-Elitestämmen.

Die Aufgabenstellung für das FÖL umfassten gemäß Arbeitsplan:

1. Herstellung von Komposten und Substraten zur Verwendung gleichmäßiger Herkünfte und Substrate in den Versuchen der Partner (Arbeitspaket 2).
2. Funktionstests von AMP im Gewächshaus – Krankheitsunterdrückung gegenüber bodenbürtigen Pathogenen; angestrebte Testsysteme Pionsettien und Pelargonien / *P. ultimum* (Arbeitspaket 4.2).
3. Funktionstest auf Praxisbetrieben im Feld (Winterlauch 2002 / Sommerlauch 2003 Erdbeeren 2 Standorte 2002/2003) und unter Glas (Pelargonien, Poinsettien) mit Mischinokula und Einzelstamminokula der Fa. Triton sowie im Sommerlauch 2003 mit Elitestämmen Basel (Arbeitspaket 5)

1.1 Planung und Ablauf des Projektes (Teilprojekt FÖL)

Das Projekt wurde am 31.5.2002 mit Zuwendungsbescheid der BLE mit einer Laufzeit vom 1.6.2002 bis zum 31.10.2003 bewilligt und lief im wesentlichen planmäßig ab. Jedoch kam es aufgrund der Witterung und von Zwischenergebnisse im Projektverlauf zu einigen zeitlichen und inhaltlichen Verschiebungen. Sämtliche Veränderungen im Arbeitsplan wurden mit der GS BÖL an der BLE abgestimmt.

1. Am 17.6.2002 hat sich die Arbeitsgruppe in Großbeeren getroffen, um das Vorgehen und die weiteren Arbeiten im Einzelnen zu koordinieren. Als Änderung gegenüber dem Arbeitsplan des Projektantrages wurde beschlossen, mit praxisrelevanten Systemen zu arbeiten und daher neben dem Mischinokulum von Triton weitere kommerzielle Mischinokula der Firmen Plant Works und Biorize in den ersten Versuchen (Porree, Erdbeeren, Poinsettien) gemeinsam anzuwenden. Damit sollte die Zeit optimal genutzt werden, bis ausreichend Inokulationsmaterial von den Baseler Stämmen vorlag.
2. Hohe Ausfallraten in der Anzucht und Beimpfungsphase der Erdbeeren im Juli/August 2002 ließen nur die Anlage eines Versuchs auf einem Standort zu.
3. Da die Vermehrung der Baseler Stämme sich verzögerte, wurde zum Screening aller Inokula auf Krankheitsunterdrückung ein System mit Erbsen / *P. ultimum* gewählt und Anfang 2003 in Vorversuchen adaptiert. Mit diesem System, das sich in anderen Untersuchungen zu suppressiven Komposten bereits bewährt hatte, konnten trotz der fortgeschrittenen Projektzeit Ergebnisse erwartet werden. Die ursprünglich für die Auswahl der AMP-Stämme vorgesehenen Systeme mit Poinsettien und Pelargonien wurden zum einen wegen der ungleichmäßigen Inokula-

tionserfolge mit Mykorrhiza und zum anderen aufgrund der längeren Versuchsdauer im Vergleich zum System Erbse / *P. ultimum* fallen gelassen.

4. Der für 2003 geplante Versuch mit Sommerlauch wurde gestrichen. Die Gründe hierfür lagen an den geringen Effekten, die durch die kommerziellen AMP-Stämme / Mischinokula zuvor beim Winterlauch erzielt wurden, am relativ hohen Phosphatgehalt des Standortes und der mangelnden Verfügbarkeit der Baseler Stämme.

In Tabelle 1 sind die durchgeführten Versuche am FÖL im Rahmen des Projektes zusammengestellt.

Tabelle 1: Liste der durchgeführten Versuche

Versuch Nr.	Kultur	Kennung	Arbeitspaket	Seite
1	Kombinationsversuch <i>P. ultimum</i> / Erbsen / kommerzielle Inokulate / Komposte	FÖL-Erbs1	4.2	27 ff
2	Kombinationsversuch <i>P. ultimum</i> / Erbsen / Basler Inokulate (13) / Komposte	FÖL-Erbs2	4.2	27 ff
3	Kombinationsversuch <i>P. ultimum</i> / Erbsen / Basler Inokulate 20 , 22 , 47 / Komposte	FÖL-Erbs3	4.2	27 ff
4	Anzucht- und Weiterkulturversuch Pelargonien (FÖL)	FÖL-P1	5	37 ff
5	Anzucht- und Weiterkulturversuch Pelargonien (FÖL)	FÖL-P2	5	37 ff
6	Anzucht- und Weiterkulturversuch Pelargonien (Betrieb Biogarten Flechtdorf)	FÖL-P3	5	37 ff
7	Anzucht- und Weiterkulturversuch Pelargonien (Betrieb Biogarten Flechtdorf)	FÖL-P4	5	37 ff
8	Poinsettien Feldversuch (Betrieb Biogarten Flechtdorf)	FÖL-W1	5	43 ff
9	Anzuchtversuch Poinsettien (FÖL)	FÖL-W2	5	43 ff
10	Weiterkulturversuch Poinsettien (FÖL)	FÖL-W3	5	43 ff
11	Porree Feldversuch (Hessische Staatsdomäne Frankenhausen)	FÖL-L1	5	47
12	Erdbeeren Feldversuch (Betrieb Kaiser)	FÖL-E1	5	48

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Der Hauptakzent der Arbeiten am FÖL basierte auf Erfahrungen und Ergebnissen, die bei der Aufklärung der Phänomene der suppressiven Effekte von Komposten erzielt wurden. Hochwertige Komposte besitzen aufgrund hoher mikrobieller Aktivität einerseits und Wechselwirkungen zwischen der Qualität der organischen Substanz und der sich davon ernährenden mikrobiellen Populationen im Kompost andererseits die Fähigkeit, nachhaltig bodenbürtige Wurzelpathogene in ihrer Schädigung auf die Pflanzen zu reduzieren. Diese Phänomene wurde ausführlich in verschiedenen

Übersichtsartikeln beschrieben (HOITINK und FAHY, 1986, HOITINK et al., 1994, HOITINK und BOEHM, 1999).

Während in den USA kompostierte Eichenrinde für den Einsatz in suppressiven Pflanzern in Baumschulen und in Israel kompostierte Feststoffe aus der Gülleseparierung für Substrate im Gartenbau genutzt werden, wurde inzwischen von suppressiven Effekten durch Komposte aus den unterschiedlichsten Ausgangsstoffen berichtet – darunter auch Komposte aus der getrennten Sammlung organischer Abfälle. Die Spanne verwendeter Materialien reicht von Klärschlammkomposten (KUTER et al., 1988; LEWIS et al., 1992; LUMSDEN et al., 1983; LUMSDEN et al., 1986) über Komposte, die mit Hilfe von Kompostwürmern zersetzt werden (SZCZECH et al., 1993), bis zum Einsatz von Bioabfallkomposten aus der getrennten Sammlung der organischen Hausmüllfraktion (SCHÜLER et al., 1989; SCHÜLER et al., 1993; BRUNNER-KEINATH und SEEMÜLLER, 1993; VAN OS und GULIK, 1996; TUITERT und BOLLEN, 1996). In eigenen Untersuchungen konnten insbesondere nährstoffarme Grünabfallkomposte als sehr gut geeignete Substratkomponente mit hohen suppressiven Eigenschaften für gartenbaulich zu nutzende Substrate identifiziert und bis zur Praxisreife erprobt werden (BRUNS 1998, BRUNS und SCHÜLER, 2002, BRUNS und WALDOW, 2003).

Die Erfahrungen mit der Kompostierung von Grünabfällen und nachfolgende Substratherstellung für ökologische Produktion von Kräutern und Zierpflanzen bilden daher eine technische Voraussetzung, diesen Aspekt mit dem Einsatz von effizienten AMP-Stämme zu untersuchen und neue Wege in der Jungpflanzenanzucht des ökologischen Gartenbaus zu erproben. Vorteilhaft war für das Projektergebnis, dass alle Teilnehmer mit gleichen Substraten aus definierter Herstellung versorgt werden konnten und damit einheitliche Versuchsfaktoren für die einzelnen Untersuchungen gewährleistet waren. Zusätzlich konnte eine sinnvolle Kombination von Inokulation mit Mykorrhizapilzen und Substraten mit hohem Torfersatzanteil getestet werden, die auch in Kulturen mit längerfristigen Standzeiten (Ziergehölze, Baumschulkulturen) im ökologischen Gartenbau zur Anwendung kommen könnten. In verschiedenen Untersuchungen zeigten Kompostzuschläge in Anzuchtsubstraten für Pflanzen überwiegend positive Effekte auf die Wirkung einer Behandlung mit Mykorrhizapilzen (LINDERMAN und DAVIS, 2001, GOSWANI und JAMALUDDIN, 2001), jedoch muss dabei die Qualität des Kompostes berücksichtigt werden (RAVIV et al., 1998).

Zum anderen war die Kombination von AMP mit krankheitsunterdrückender Wirkung und suppressiven Komposten ein weiterer Schwerpunkt, da zwar allgemein eine Verbesserung des Pflanzenwachstums durch Mykorrhizapilzen bei Befall mit Wurzelpathogenen und Nematoden bekannt ist, (DEHNE, 1987, BAREA et al. 1998, DIEDHIU, 2001, CORDIER et al., 1998), aber die Eignung von Komposten und AMP in dieser Hinsicht noch kaum untersucht worden ist.

2 Material und Methoden

2.1 AM-Stämme und Inokula

Als Mykorrhiza-Inokulum wurden drei verschiedene kommerzielle Mischinokula sowie 13 Stämme (ISCB) des Botanischen Instituts der Universität Basel verwendet. Trägersubstanz der kommerziellen Inokula waren unterschiedliche Tonmineral-Substrate, Vermiculit und für die ISCB Stämme eine Mischung aus Oil-Dry US Special (Maagtechnic Birsfelden, CH), Quarzsand K3 (Trafor AG, Basel) und Löss (nährstoffarmer Unterboden, Bot. Inst. Uni Basel) (2/2/1), in welchem die Pilze mit Wirtspflanzen vermehrt wurden. Es sollten daher ausreichend Pilzsporen und -hyphen, sowie besiedelte Wurzelreste als (*infective propagules*) Inokulationsbasis vorhanden sein. Diese Misch-/Einzelstamm-Inokula wurden in der nach den Vorgaben der Hersteller angegebenen Menge in das Substrat eingemischt. Dabei wurde auf äußerste Hygiene geachtet, alle Kontaktflächen wurden zwischen den Arbeitsgängen desinfiziert.

Hersteller:

PlantWorks Ltd

I/19 Innovation Buildings
S.R.C. Sittingbourne
Kent, UK

Biorize

Siège social
8, rue Sainte Anne
Dijon, France

Triton

Zörbiger Strasse 24/25
06749 Bitterfeld
Deutschland

Soweit nicht anders beschrieben, wurden in allen Versuchen das Triton-Inokulum zu 3 Vol% in die jeweiligen Substrate gemischt, die Inokula der Firmen Biorize und Plant Works zu je 5 Vol%.

Die ISCB Stämme der Uni Basel wurden in Vermehrungssubstrat durch das FiBL nach der Vermehrung geliefert und in den Erbsenversuchen eingesetzt. Es handelt sich um Stämme der Gattung *Glomus*:

- ISCB 13, 14, 17, 18, 19, 20, 22 *Glomus mosseae*
- ISCB 34, 39 *Glomus etunicatum like*
- ISCB 45 *Glomus constrictum*
- ISCB 47, 48, 49 *Glomus lamellosum* (OEHL, 2002)

2.2 Quantifizierung von arbuskulärer Mykorrhiza in Wurzeln

2.2.1 Probennahme und Aufbereitung

Von den Gefäßversuchen mit **Pelargonien (P)**, **Poinsettien (W)**, sowie im **Erdbeer (E)- (Anzuchtphase)** und **Porree-Versuch (L)** wurde der gesamte Wurzelballen von den ausgewählten Probe-Pflanzen (6 – 10 Pflanzen je Versuch und Variante) über 30 min gewässert und anschließend mit Hilfe eines Siebes der Maschenweite 200 µm und einer starken Brause ausgewaschen (P1, W1, W2, W3, E1, L1) und anschließend in 50 vol.% EtOH konserviert. In den Versuchen P2-P4 und E1 (Feld)

wurden mit einem Bohrstock (\varnothing 14 mm) Mischproben aus den Töpfen bzw. im Feld in unmittelbarer Nähe der Pflanzen gewonnen, aus denen anschließend die Wurzeln herausgewaschen und ebenfalls konserviert wurden.

Erbsenwurzeln (Erbs1) wurden vor dem Waschen zunächst in einer Schüssel vom lockeren, sandige Substrat befreit und die verbleibenden Reste an Feinwurzeln mit einer Pinzette sorgfältig herausgelesen. Im Versuch Erbs2 erfolgte die Probenahme aus einer Mischprobe von allen Töpfen der einzelnen Varianten, aus dem nach Homogenisierung eine Unterprobe gezogen wurde. Hingegen wurde im Versuch Erbs3 jeder Topf einzeln betrachtet. Dazu wurde eine repräsentative Unterprobe aus dem zuvor homogenisierten gesamten Topfvolumen gebildet.



Abbildung 1: Wurzelprobe von Erbsen bei der Waschung (oben)

Nachdem die Wurzeln von den Substratresten befreit worden waren, wurde die FS bestimmt und Teilproben zur TS-Bestimmung verwendet bzw. für die spätere Färbung in 50 vol.% EtOH konserviert.

2.2.2 Färbung

Zur Ermittlung der Mykorrhizakolonisationsrate wurden die Feinwurzeln einer Chitin-färbung der Pilzstrukturen im Rindenparenchym unterzogen. Für die jeweilige Pflanzenart wurde das in Tabelle 2 beschriebene Verfahren (KOSKE und GEMMA, 1989; PHILLIPS und HAYMAN, 1970; BRUNDRETT et al. 1996; verändert) bezüglich Depigmentierungs- und Färbezeiten angepasst. Eine Bleichung war bei Erdbeeren immer, bei Poinsettien und Pelargonien teilweise und bei Porree bzw. Erbsen nicht notwendig.

Tabelle 2: Färbeprotokoll von arbuskulärer Mykorrhiza mit Trypanblau

Schritt	Reagenz	Zeit	Temperatur
Depigmentieren	KOH 10%	60 min	65 °C
Bleichen	H ₂ O ₂ 0.5% in 0.5% NH ₄ OH wässrige Lösung	15 – 50 min	Raumtemperatur
Waschen	Leitungswasser	(gründlich)	Raumtemperatur
Ansäuern	HCl 2N	20 min	Raumtemperatur
Färbung (unterm Abzug)	Trypanblau 0.1% in Milchsäure 90%	10 – 18 min je nach Pflanze	65 °C
Entfärbung	Milchsäure 90%	30 min 2-3 Tage	65 °C Raumtemperatur
Lagern	Milchsäure:H ₂ O:Glycerin (1:1:1)		Raumtemperatur

Es wurde unter dem Mikroskop (100x – 400x) anhand typischer intraradikulärer Strukturen wie Arbuskel und Vesikel das Vorhandensein von AM verifiziert.

Die Auszählung der Kolonisationsrate von allen Mykorrhizastrukturen inklusive Hyphen erfolgte an 100 Schnittstellen für Porree und Erbsen unter dem Binokular bei 40x Vergrößerung in gerasterten Petrischalen nach BRUNDRETT et al. (1996). Bei Erdbeeren und Poinsettien wurde mit dem Mikroskop bei 400x Vergrößerung nach GIOVANNETTI und MOSSE (1980) gearbeitet. Pelargonien wurden bei der 1. Probenahme des ersten Versuches mikroskopisch, ansonsten nach der ersten Methode ausgezählt.

2.3 Bestimmung des Frisch- und Trockengewichtes von Sproß und Wurzel

Der Spross wurde knapp unterhalb der Substratoberfläche bzw. bei Erbsen unmittelbar an der Keimstelle oberhalb des Samens abgeschnitten und anschließend die Frisch- und Trockenmasse (70 °C bis zur Gewichtskonstanz) bestimmt. Von den Porreejungpflanzen wurde die gesamte Pflanze ohne die Wurzeln zur Ermittlung des Sprossgewichtes herangezogen.

Nach Behandlung der Wurzeln wie unter Kapitel 2.2.1 beschrieben wurde mit den mit Vliespapier abgetrockneten Wurzeln der Misch- und Einzelproben der jeweiligen Versuche die Frischmasse der Wurzeln bestimmt. Danach wurden repräsentative Unterproben zur Färbung und zur Trockengewichtsbestimmung abgeteilt. Das Gesamttrockengewicht wurde dann rechnerisch aus dem prozentualen Trockensubstanzgehalt der Teilprobe ermittelt.

2.4 Kompostierung / Substratherstellung

Als Ausgangsmaterial für die Komposte wurde nährstoffarmer geschredderter Baum- und Strauchschnitt verwendet. Die Kompostierung erfolgt mindestens 3 Monate in Walmenmieten (40 m³), bevor die Komposte in Substraten eingesetzt wurden. Komposte aus 2 Kompostierungsphasen wurden während des Projektes verwendet: Kompost 1 (GHK6) stammte aus einem Vorgängerprojekt, so dass damit unverzüglich für die Versuche des ersten Projektabschnittes Material zur Verfügung stand. Der zweite Kompost 2 (PIL 1) wurde Anfang August 2002 angesetzt und für die Versuche ab November 2002 verwendet.



Die Steuerung des Kompostierungsprozesses erfolgte anhand der Temperatur (händische Messung alle 3 Tage mittels digitalem Sekundenthermometer) und des Wassergehaltes der Mieten (Gravimetrisch über Bestimmung des TS-Gehaltes). Die Mieten wurden in Abhängigkeit von Temperatur und Feuchtigkeit des Mietenkörpers regelmäßig maschinell umgesetzt und bewässert.

Abbildung 2: Kompostmiete mit Grünabfallkompost.

Die Komposte wurden in 20 bis 40 vol.% zu baltischem Weißtorf grober Struktur zugeschlagen und mit Horndüngern unterschiedlicher Konfektionierung (Hornmehl und -grieß) zur Stickstoffversorgung versehen. Ein Düngung auf Phosphat bzw. Kalium mußte nicht vorgenommen werden. Zugrunde gelegt waren Sollwerte von 200 mg N, 200 mg P₂O₅, 400 mg K₂O/ l Substrat für Poinsettien und Pelargonien. Die Substrate wurden mit fein vermahlenem Kreidekalk auf einen pH-Wert von 6,5 reguliert. Die Stickstoffversorgung wurde aufgrund der Erfahrungen und vorliegenden Ergebnisse aus anderen Projekten für eine Versorgung einer 12 Wochen stehenden Kultur ausgelegt und ein Gemisch von Horngrieß /-mehl (1/3 zu 2/3) eingesetzt. Dabei wurde zur Kalkulation des Düngeraufwandes bei 85% verfügbarem Stickstoff insgesamt (im Mittel 12% N-Gesamt) von einem Anteil an verfügbarem Stickstoff von 25% des Gesamtstickstoffgehaltes in den ersten 14 Tagen ausgegangen und die Menge der Horndünger entsprechend gewählt (Wassergehalt des Substrate 50% der FS, 20 °C). Die Komposte hatten zum Mischungszeitpunkt einen Stickstoffgehalt von max. 150 mg N/ l Substrat (Rottealter 12 Monate) (siehe dazu Tabelle 3 und Tabelle 4).

2.4.1 Nährstoffanalysen

Von allen Gefäßversuchen wurden Substratproben (1 Liter) für jede Kompoststufe zur Nährstoffanalyse zurückgehalten und direkt eingefroren. Zusätzlich wurden in einzelnen Fällen je eine Substratmischprobe pro Variante während der Kultur entnommen.

Die Bestimmung der Summenparameter und der Gehalte an löslichen Nährstoffen erfolgte nach den Standardmethoden der VDLUFA (1991) (Salzgehalt, pH) und 1997 (Rohdichte; Phosphat und Kalium im CAL-Extrakt). Abweichend hiervon wurden Nitrat und Ammonium aus dem K₂SO₄-Extrakt am Autoanalyser gemessen. Natrium wurde nach dem Methodenbuch der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (BGK 1998) aus dem CAL-Extrakt am AAS, Chlorid aus dem wässrigen Auszug potentiometrisch gegen eine Silberchlorid-Referenzelektrode ebenfalls am Autoanalyser bestimmt.

2.5 Versuche zur Krankheitsunterdrückung durch AM-Stämme und suppressive Komposte

Versuche zur Bestimmung der Krankheitsunterdrückung durch AMP bzw. in Kombination mit suppressiven Komposten wurden mit einem System *P. ultimum* / Erbsen durchgeführt, nachdem die ursprünglich geplanten Versuchsansätze wie oben in 1.1 Punkt 3 dargelegt als ungeeignet erschienen.

2.5.1 Versuchsdesign

Drei Versuche wurden zur Kombinationswirkung von Komposten und AM-Stämme angelegt. Dazu wurden die Gefäße in 2-faktoriellen (Versuch 2) bzw. 3-faktoriellen Versuchen (Versuch 1 und 3) über einen Zeitraum von 4 Wochen als randomisierte Blockanlage (5 Wdh.) in klimatisierten Gewächshauskabinen aufgestellt (Licht 10000 Lux, 16 h, Temperatur tags 19° C, nachts 16° C)

Faktor A: AM-Inokulation

Versuch 1: Mischinokula der Firmen Triton, Biorize, Plant Works

Versuch 2: 13 ISCB Stämme

Versuch 3: ISCB Stämme 20, 22, 47

Faktor B: Infektion *P. ultimum*

1. Stufe 0 = ohne Infektion
2. Stufe 1 = 0,1 ‰ *P. ultimum* (Vermehrungssubstrat)
3. Stufe 2 = 0,3 ‰ *P. ultimum* (Vermehrungssubstrat) für Versuche 1 und 2
in Versuch 3 Stufe 1 = 0,3 ‰ *P. ultimum* (Vermehrungssubstrat), Stufe 2 = 0,5 ‰ *P. ultimum* (Vermehrungssubstrat)

Faktor C: Substrat

1. Reiner Sand (Ischenröder Sand) gedämpft;
2. Sand (gedämpft) plus 30% Kompost für Versuch 1 und 3.
Nur Sand plus 30% Kompost in Versuch 2

2.5.2 Versuchsanlage

Das Modell-System mit Wirt-Pathogen-System *P. ultimum* - Erbse ist auf der Basis einer Methode von SCHÜLER et al. (1989) und BRUNS (1998) an die Verhältnisse mit einer AM-Inokulation angepasst worden. In Vorversuchen hatte sich ergeben, dass für eine erfolgreiche und sichere Kolonisierung der Erbsenwurzeln mit AM-Pilzen eine relative hohe Menge an Inokulum dicht in der Nähe des keimenden Erbsensamens günstig war. Daher wurde die untere Hälfte des Topfinhaltes (14er eckig, Gesamtvolumen 1450 ml) zunächst mit der entsprechenden Mischung aus sterilem Sand, Pathogen und Kompost (30 vol.%) angefüllt. Eine zweite Schicht enthielt zusätzlich das AMP-Inokulum (30 vol.%) . Für die Kontrollvarianten wurde sterilisiertes Trägersubstrat des AMP-Inokulum verwendet.

In die Substrate wurden 8 Erbsensamen/Topf gesät (Sorte Messire, SERASEM, La Brosse Montceaux, Frankreich; oberflächensterilisiert (1x 5 min in Na-Hypochlorid, 3x 5 min in sterilem Wasser), die für 24 h bei 25° C in sterilem Wasser vorgekeimt worden waren. Vor der Saat der Versuche 1 und 3 erfolgte eine Beimpfung der vorgekeimten Samen mit einem kommerziellen Rhizobien-Stamm (Radicin® No. 4, Fa. Jost, Iserlohn) aus einer Flüssigkultur. Beimpft wurde nach Herstellerangaben mit 93,75 ml Flüssigkultur ad 1000 ml bidest. Wasser. Da sich im Versuch 1 ergeben hatte, dass die Wirkung der Rhizobien trotz des Vorhandenseins aktiver Knöllchen nicht ausreichte, um Düngereffekte zu kompensieren, die durch die Zugabe der Komposte entstehen, wurden im Versuch 3 alle nicht mit Kompost behandelten Töpfe mineralisch mit 50 mg N/Substrat in Form von Flory 3 (Flüssigdünger 15:10:15:2, Eufloor, München) gedüngt.

2.5.3 Erhaltung und Vermehrung von *P. ultimum*

Der Erreger wurden zur Erhaltung auf Maisagar bei 4° C aufbewahrt und spätestens alle 2 Monate auf neue Nährmedien überführt.

Als Vermehrungskultur zur Herstellung des Inokulums von *P. ultimum* für Biotestverfahren diente eine Sand-Erde-Weizenschrotmischung (2 : 2 : 1) (Erde, luftgetrocknet 100 ml; Sand, luftgetrocknet 100 ml; Weizenschrot fein vermahlen 50 ml). Diese Bestandteile wurden mit *a. bidest.* (55 ml) soweit vermischt, dass eine gute Krümelstruktur erhalten blieb, zweimal in einem 500 ml Weithals-Erlenmeyerkolben je 15 min. bei 120° C autoklaviert. Nach dem Abkühlen wurde unter sterilen Bedingungen mit 30 ml sterilem H₂O mit einer Pipette vorsichtig befeuchtet und schließlich mit einem Mycelstück (Ø 5 mm) beimpft. Nach 14 Tagen Inkubation bei 20° C im Dunkeln war die Vermehrungskultur vollständig durchgewachsen.

2.5.4 Inokulation mit *P. ultimum*

Zur Inokulation der Substrate erfolgte aus der Vermehrungskultur die Herstellung von Stamminfektionsmischungen (1%ig) in 5 Homogenisierungsschritten, wie bereits bei

SCHÜLER et. al. (1989) beschrieben. Diese Verdünnung wurde mit Ischenröder Sand vorgenommen. Die eigentliche Inokulation der Substrate erfolgte mit Aliquoten dieser Stamminfektionsmischungen, so dass entsprechend 0,1 ‰, 0,3 ‰ und 0,5 ‰ *P. ultimum* Vermehrungskultur/Liter Kultursubstrat gewählt wurden.

2.5.5 Statistische Auswertung

Soweit nicht anders erwähnt, wurden die Daten nach Prüfung auf Normalverteilung und Homogenität der Varianzen varianzanalytisch mit dem Statistikprogramm SPSS (Version 10.0 für Windows) ausgewertet und auf signifikante Mittelwerteunterschiede mit dem Tukey-Test oder bei inhomogenen Varianzen mit dem Tamhane-Test überprüft.

2.6 Feldversuche

Als Feldversuche werden alle in der Praxis stattgefundenen Versuche mit Poinsettien, Pelargonien, Erdbeeren und Porree bezeichnet bzw. die an die Praxis angenäherten Versuche. Im Folgenden sind die Fragestellungen Versuchs- und Variantenpläne sowie die Kulturprotokolle zusammengefasst.

2.6.1 Inokulum

Als AMP-Inokulum dienten in den Versuchen die schon unter Kap. 2.1 beschriebenen kommerziellen Mischinokula.

2.6.2 Kulturmaßnahmen

Allgemeine Kulturmaßnahmen wie Bodenbearbeitung, Beregnung, Düngung, sowie „Pflanzenrücken“ auf den Gewächshaustischen wurden praxisüblich durchgeführt. Diese werden im Gegensatz zu Besonderheiten oder Abweichungen nicht im Kulturprotokoll der einzelnen Versuche aufgeführt.

2.6.3 Komposte und Substrate

Die hier verwendeten Komposte stammen mit Ausnahme des Kompostes aus Versuch W1 aus der gleichen Pilotanlage (PIL 1). In W1 wurde der Kompost GHK6 verwendet. Die jeweiligen Aufdüngungen und Aufkalkungen der Substrate sind bei den einzelnen Versuchen vermerkt, die Gehalte der Substrate sind dem Kap. 3.1.1 zu entnehmen.

2.6.4 Pelargonien

Versuchsorte: Forschungsgewächshaus der
 Universität Kassel
 Nordbahnhofstr. 1a
 37213 Witzenhausen

 Gärtnerei Biogarten Flechtdorf
 Am Stege 4
 34497 Korbach

Kultur: Pelargonium peltatum (Hängegeranie)
Sorte: `Balcon Imperial Compact Rot`

unbewurzelte Stecklinge von der Firma Silze für die Versuche P1 und P2, Stecklinge von eigenen Mutterpflanzen die Versuche P3 und P4: Kopfstecklinge in Multitopfplatten im Klimaschrank mit mind. 16 Std. Licht; 24°C am Tag und 20°C in der Nacht, Bewurzelungszeit 3 bis 4 Wochen

Versuch P1

Fragestellung: Welche Anzuchtsubstrate und welcher Inokulationszeitpunkt fördern eine (optimale) Kolonisierung mit AMP-Mischinokula? Induziert diese ein besseres Wachstum und höhere Qualität bei der Weiterkultur in einem Substrat mit 30% Kompostanteil ?

Versuchsdesign: Faktor A: Anzuchtsubstrat (2)

- Stecklingssubstrat 1 (65% Einheitserde (Patzer) EE 0/ 25% Sand/ 10% Perlite)
- Stecklingssubstrat 2 (65% EE 0/ 15% Sand/ 10% Perlite/10% Kompost)

Faktor B: Mykorrhiza-Mischinokula (4)

- Kontrolle (AM-), Triton, Biorize, Plant Works

Faktor C: Inokulationszeitpunkt (2)

- im Anzuchtsubstrat („Steckling“);
- zum Umtopfen im Substrat für 9er Töpfe („plus Umtopfen“)

randomisierte Blockanlage mit 5 Wdh. (2 Pflanzen/Wdh.)

Düngung Weiterkultursubstrat
 (Weißtorf baltischer Herkunft 70 %, Kompost PIL1 30 %):
 Hornmehl 2,5 g/l, Horngrieß 5 g/l (beide Fa. Oscorna), Kalk (Kreidewerke Dammann KG, Söhle).

Variantenschlüssel:

Mykorrhiza	Anzucht-substrat	Inokulations-zeitpunkt	Mykorrhiza	Anzucht-substrat	Inokulations-zeitpunkt
Myc-	1	Steckling	Biorize 5%	1	Steckling
Myc-	2	plus Umtopfen	Biorize 5%	2	plus Umtopfen
Myc-	1	Steckling	Biorize 5%	1	Steckling
Myc-	2	plus Umtopfen	Biorize 5%	2	plus Umtopfen
Triton 3%	1	Steckling	Plant Works 5%	1	Steckling
Triton 3%	2	plus Umtopfen	Plant Works 5%	2	plus Umtopfen
Triton 3%	1	Steckling	Plant Works 5%	1	Steckling
Triton 3%	2	plus Umtopfen	Plant Works 5%	2	plus Umtopfen

Kulturprotokoll:

Datum	Kulturmaßnahme; Bonitur oder Probenahme
05.11.02	Stecklinge (Silze) ca. 25 Stk./Variante in Substrat 1 oder Substrat 2 mit Inokulum gesteckt und zum Bewurzeln in die Klimakammer gestellt.
02.12.02	Erhebung Anzahl der bewurzelten Stecklinge/VA Probenahme: 5 Pflanzen/VA für FS/TS Sproß; FS und AM-Kolonisationsrate der Wurzel
03.12.02	Alle VA in Topfsubstrat (30% Kompost / 70% Weißtorf) in 9er Töpfe (300ml) getopft, die Hälfte jeder VA wurde dabei nochmals inokuliert („plus Umtopfen“).
19.12.02	Pflanzen leicht gestutzt
10.02.02	Versuch gerückt, teilweise gestäbt
18.02.02	Bonitur zu Wachstum/Habitus (Skala 1-6)
06.03.03	Bonitur zu Wachstum/Habitus (Skala 1-6), FS/TS des Gesamtversuchs, Probenahme Wurzel zur Erstellung der AM-Kolonisationsrate

Versuch P2

Fragestellung: Welche Abhängigkeit besteht in Bezug auf Wachstum und Blühinduktion von der Menge an Kompost im Weiterkultursubstrat bei Inokulation mit AMP-Stämmen?

Versuchsdesign: Anzucht in Stecklingssubstrat (65% EE 0/ 25% Sand/ 10% Perlite)
randomisierte Blockanlage mit 4 Wdh. à 5 Töpfe
Faktor A: Topfsubstrat (3)
20% Kompost / 80% Weißtorf
30% Kompost / 70% Weißtorf
40% Kompost / 60% Weißtorf
Faktor B: Mykorrhiza-Mischinokula (4) siehe P1
Inokulationszeitpunkt: im Weiterkultursubstrat für 9er Töpfe

Düngung Substrat:	Hornmehl g/l,	Horngrieß g/l	Kalk g/l
20% Kompost / 80% Weißtorf	2,55	5,09	7,00
30% Kompost / 70% Weißtorf	2,50	5,00	5,25
40% Kompost / 60% Weißtorf	2,48	4,95	3,50

Hersteller siehe Versuch P1

Variantenschlüssel:

Mykorrhiza	Kompost-anteil	Mykorrhiza	Kompost-anteil
Myc-	20%	Biorize 5%	20%
Myc-	30%	Biorize 5%	30%
Myc-	40%	Biorize 5%	40%
Triton 3%	20%	Plant Works 5%	20%
Triton 3%	30%	Plant Works 5%	30%
Triton 3%	40%	Plant Works 5%	40%

Kulturprotokoll:

Datum	Kulturmaßnahme; Bonitur oder Probenahme
12.11.02	Stecklinge (Silze) ca. 250 Stk. in Anzuchtsubstrat gesteckt und zum Bewurzeln in die Klimakammer gestellt.
03.12.02	Bewurzelte Stecklinge in 9er Töpfe (300 ml) getopft, dabei inokuliert. 3 Substrate mit 4 Mykorrhiza ergeben 12 VA, 20 Pflanzen/VA in 4 Wdh.
19.12.02	Pflanzen leicht gestutzt
10.02.03	Pflanzen gerückt, teilweise gestäbt
19.02.03	Bonitur zu Wachstum/Habitus (Skala 1-6)
07.03.03	Bonitur zu Wachstum/Habitus (Skala 1-6) Probenahme 4 Töpfe/VA für FS/TS Sproß und Mykorrhizierungsgrad der Wurzel

Versuch P3

Fragestellung: Welche Abhängigkeit besteht in Bezug auf Wachstum und Blühinduktion von der Menge an Kompost im Weiterkultursubstrat mit Holzfaser bei Inokulation mit AM-Stämmen?

Versuchsdesign: Anzuchtsubstrat: 75% EE 0 / 25% Perlite
randomisierte Blockanlage mit 4 Wdh à 10 Pflanzen
Faktor A: Topfsubstrat (2)
20% Kompost (K.) / 50% Holzfaser (H.) / 30% Weißtorf (WT)
40% Kompost / 30% Holzfaser / 30% Weißtorf
Faktor B: 4 Mykorrhiza-Mischinokula
Inokulationszeitpunkt (in der Stecklingserde)

Düngung Substrat:	Hornmehl g/l,	Horngrieß g/l	Kalk g/l
20% K/50% H/30% WT	2,55	5,09	2,00
40% K/30% H/30% WT	2,48	4,95	0,25

Hersteller siehe Versuch P1

Variantenschlüssel:

Mykorrhiza	Kompostanteil/ Holzfaser	Mykorrhiza	Kompostanteil/ Holzfaser
Myc-	20%/50%	Biorize 5%	20%/50%
Myc-	40%/30%	Biorize 5%	40%/30%
Triton 3%	20%/50%	Plant Works 5%	20%/50%
Triton 3%	40%/30%	Plant Works 5%	40%/30%

Kulturprotokoll:

Datum	Kulturmaßnahme; Bonitur oder Probenahme
15.01.03	Stecklinge (Eigenvermehrung) ca. 400 Stk. in Anzuchtsubstrat mit AMP-Inokulum gesteckt und zum Bewurzeln in die Klimakammer gestellt.
05.02.03	Probenahme 6 Töpfe/VA für FS/TS Sproß und Mykorrhizierungsgrad der Wurzel
06.02.03	Pflanzen mit Substraten in den Praxisbetrieb gebracht. Dort die Pflanzen getrennt nach Mykorrhizabehandlung jeweils zur Hälfte in 20% Kompost bzw. 40% Kompost in 12er Töpfe (700ml) getopft.
07.05.03	Bonitur zu Wachstum/Habitus (Skala 1-6)

Versuch P4

Fragestellung: Welche Abhängigkeit besteht in Bezug auf Wachstums- und Blühinduktion von der Menge an Kompost im Weiterkultursubstrat bei Inokulation mit AM-Stämmen während der Stecklingsphase ?

Versuchsdesign: Anzuchtsubstrat: 75% EE 0 / 25% Perlite
randomisierte Blockanlage mit 4 Wdh a10 Pflanzen
Faktor A: Topfsubstrat (2)
20% Kompost / 80% Weißtorf
40% Kompost / 60% Weißtorf
Faktor B: 4 Mykorrhiza-Mischinokula
Inokulationszeitpunkt (in der Stecklingserde)

Düngung Substrat:	Hornmehl g/l,	Horngrieß g/l	Kalk g/l
20% Kompost / 80% Weißtorf	2,55	5,09	5,60
40% Kompost / 60% Weißtorf	2,48	4,95	2,00

Hersteller siehe Versuch P1

Variantenschlüssel:

Mykorrhiza	Kompost-anteil	Mykorrhiza	Kompost-anteil
Myc-	20%	Biorize 5%	20%
Myc-	40%	Biorize 5%	40%
Triton 3%	20%	Plant Works 5%	20%
Triton 3%	40%	Plant Works 5%	40%

Kulturprotokoll:

Datum	Kulturmaßnahme; Bonitur oder Probenahme
28.01.03	Stecklinge (eigen) ca. 450 Stk. in Anzuchtsubstrat mit Inokulum gesteckt und zum Bewurzeln in die Klimakammer gestellt.
20.02.03	Probenahme 6 Töpfe/VA für FS/TS Sproß und Mykorrhizierungsgrad der Wurzel
20.02.03	Pflanzen gut verpackt und in den Praxisbetrieb gebracht. Dort die Pflanzen getrennt nach Mykorrhizabehandlung jeweils zur Hälfte in 20% Kompost bzw. 40% Kompost in 12er Töpfe (700ml) getopft, VA 9 in 100% Weißtorf getopft.
07.05.03	Bonitur zu Wachstum/Habitus (Skala 1-6)

2.6.5 Poinsettien

Versuchsorte: Forschungsgewächshaus der
Universität Kassel
Nordbahnhofstr. 1a
37213 Witzenhausen

Gärtnerei Biogarten Flechtdorf
Am Stege 4
34497 Korbach

Kultur: Poinsettia pulcherrima (Weihnachtsstern)
 Sorte: `Cortez rot` von Pelfi®
 Stecklinge von eigenen Mutterpflanzen gewonnen:
 Kopfstecklinge in Multitopfplatten im Klimaschrank mit mind. 16 Std.
 Licht; 24°C am Tag und 20°C in der Nacht, 5 Wochen W1 bzw. 4 Wochen W2 bis zur Durchwurzelung.

Versuch W1

Fragestellung: Welche Abhängigkeit besteht in Bezug auf Wachstum und Qualität von der Inokulation eines Weiterkultursubstrates mit AM-Mischinokula ?

Versuchsdesign: Anzuchtsubstrat: 65% Einheitserde 0/ 10% Sand/ 25% Perlite
 randomisierte Blockanlage mit 5 Wdh. a 10 Pflanzen
 Faktor A: Topfsubstrat (2)
 20% Kompost (GHK6)/ 80% Weißtorf
 40% Kompost (GHK6)/ 60% Weißtorf
 Faktor B: 4 Mykorrhiza-Mischinokula
 1 Inokulationszeitpunkt (im Weiterkultursubstrat für 9er Töpfe)

Düngung Substrat:	Hornmehl g/l,	Horngrieß g/l	Kalk g/l
20% Kompost / 80% Weißtorf	2,20	4,40	3,00
40% Kompost / 60% Weißtorf	1,80	3,70	1,50

Hersteller siehe Versuch P1

Variantenschlüssel:

Mykorrhiza	Kompost-anteil	Mykorrhiza	Kompost-anteil
Myc-	20%	Biorize 5%	20%
Myc-	40%	Biorize 5%	40%
Triton 3%	20%	Plant Works 5%	20%
Triton 3%	40%	Plant Works 5%	40%

Kulturprotokoll:

Datum	Kulturmaßnahme; Bonitur oder Probenahme
28.06.02	Stecklinge (eigen) ca. 400 Stk. in Anzuchtsubstrat gesteckt und zum Bewurzeln in die Klimakammer gestellt.
01.08.02	bewurzelte Stecklinge in 9er Töpfe (300 ml) getopft, dabei inokuliert.
03.09.02	Pionsettien weich pinciert, dabei auf Dreitriebigkeit geachtet. Bonitur zu Wachstum/Habitus (Skala 1 -6)
18.09.02	in die beiden vorherigen Substrate in 12er Töpfe (750ml) getopft, aber ohne erneute Inokulation
19.09.02	Probenahme 1 Topf pro VA und Wdh (5 Töpfe/VA) für FS/TS Sproß und Wurzel, Mykorrhizierungsgrad der Wurzel
15.10.02	Bonitur zu Wachstum/Habitus (Skala 1-6)
16.10.02	Versuch auf den Praxisbetrieb verlegt, auch dort keine Verdunklung mehr
05.12.02	Bonitur zu Wachstum/Habitus (Skala 1-6) Probenahme 6 Töpfe/VA für FS/TS Sproß und Wurzel, Mykorrhizierungsgrad der Wurzel
06.01.03	Bonitur zu Wachstum/Habitus (Skala 1-6) Probenahme 3 Töpfe/VA für FS/TS Sproß und Wurzel, Mykorrhizierungsgrad der Wurzel

Versuch W2

Fragestellung: In welchem Anzuchtsubstrat erfolgt eine (optimale) Kolonisierung mit AM-Mischinokula ?

Versuchsdesign: Anzucht in zwei Substraten
 Substrat 1 (65% EE 0/ 25% Sand/ 10% Perlite)
 Substrat 2 (65% EE 0/ 15% Sand/ 10% Perlite/10% Kompost)
 Faktor A: Anzuchtsubstrat (2)
 Faktor B: Mykorrhiza-Mischinokula (4)
 Kontrolle (AM-), Triton, Biorize, Plant Works

Variantenschlüssel:

Mykorrhiza	Anzucht-substrat	Mykorrhiza	Anzucht-substrat
Myc-	1	Biorize 5%	1
Myc-	2	Biorize 5%	2
Myc-	1	Biorize 5%	1
Myc-	2	Biorize 5%	2
Triton 3%	1	Plant Works 5%	1
Triton 3%	2	Plant Works 5%	2
Triton 3%	1	Plant Works 5%	1
Triton 3%	2	Plant Works 5%	2

Kulturprotokoll:

Datum	Kulturmaßnahme; Bonitur oder Probenahme
12.12.02	Stecklinge (Eigenvermehrung) ca. 25 Stk./VA in Substrat 1 oder Substrat 2 mit Inokulum gesteckt und zum Bewurzeln und Infizieren in die Klimakammer gestellt.
22.01.03	Erhebung Anzahl der bewurzelten Stecklinge/VA Probenahme: 4 Pflanzen/VA für FS/TS Sproß; FS und Mykorrhizierungsgrad der Wurzel

Versuch W3

Fragestellung: Gibt es Unterschiede zwischen Pflanzenwachstum und Qualität in Abhängigkeit von verschiedenen Anzuchtsubstraten ? Bestehen Unterschiede zwischen den Inokula ?
 Welche Abhängigkeit besteht vom Zeitpunkt der Inokulation mit AM-Stämme in Bezug auf Wachstum und Qualität ?

Weiterkulturversuch mit Pflanzen aus Versuch W2 daher 3 faktoriell angelegt

Versuchsdesign: randomisierte Blockanlage mit 5 Wdh. a 2 Pflanzen/Wdh.
 Faktor A: Anzuchtsubstrat (2) siehe W2
 Faktor B: Mykorrhiza-Mischinokula (4)
 Kontrolle (AM-), Triton, Biorize, Plant Works
 Faktor C: Inokulationszeitpunkt (2)
 im Anzuchtsubstrat („Steckling“);
 zum Umtopfen im Substrat für 9er Töpfe („plus Umtopfen“)

Düngung Substrat: Hornmehl g/l, Horngrieß g/l Kalk g/l
 30% Kompost / 70% Weißtorf 2,50 5,00 5,25
 Hersteller siehe Versuch P1

Variantenschlüssel:

Mykorrhiza	Anzucht-substrat	Inokulations-zeitpunkt	Mykorrhiza	Anzucht-substrat	Inokulations-zeitpunkt
Myc-	1	Steckling	Biorize 5%	1	Steckling
Myc-	2	plus Umtopfen	Biorize 5%	2	plus Umtopfen
Myc-	1	Steckling	Biorize 5%	1	Steckling
Myc-	2	plus Umtopfen	Biorize 5%	2	plus Umtopfen
Triton 3%	1	Steckling	Plant Works 5%	1	Steckling
Triton 3%	2	plus Umtopfen	Plant Works 5%	2	plus Umtopfen
Triton 3%	1	Steckling	Plant Works 5%	1	Steckling
Triton 3%	2	plus Umtopfen	Plant Works 5%	2	plus Umtopfen

Kulturprotokoll:

Datum	Kulturmaßnahme; Bonitur oder Probenahme
23.01.03	Die in Versuch W2 angezogene Pflanzen wurden in ein Substrat (30% Kompost / 70% Weißtorf) in 9er Töpfe (300ml) getopft. Die Hälfte jeder Variante wurde nochmals inokuliert ("plus Umtopfen")
27.03.03	Bonitur zu Wachstum/Habitus (Skala 1-6) Pionsettien weich pinciert, dabei auf Dreitriebigkeit geachtet
16.06.03	FS vom gesamten Versuch erhoben

2.6.6 Porree

Versuch L1

Versuchsorte: Forschungsgewächshaus
 Universität Kassel
 Nordbahnhofstr. 1a
 37213 Witzenhausen

Hess. Staatsdomäne Frankenhäusen
 Frankenhäusen 1
 34393 Grebenstein

Kultur: Allium porrum (Porree)
 Sorte: `Vrizo (ÖKO)`
 Halbfertige Jungpflanzen in Anzuchtkisten von der Firma Ho-
 mann

Fragestellung: Ist eine Inokulation im Anzuchtsubstrat erfolgreich? Induziert die-
 se ein besseres Wachstum, Qualität und Ertrag im Feld ? Gibt es
 krankheitsunterdrückende Wirkungen?

Versuchsdesign: Anzuchtsubstrat: Klasmann Bio Tray Substrat 20% Kompost zur
 Inokulation
 Feldversuch; Spaltanlage mit 6 Wdh
 Faktor A: Mykorrhiza-Mischinokula (4)
 Faktor B: Düngestufen (2) (Düngestufe 0: ohne Dünger, Dün-
 gestufe 1: 80 kg N/ha als Hornmehl)

Versuchsfläche: 22,5 m x 30 m
 Parzellengröße: 1,5 m x 5 m mit 3 Reihen Porree (16,5 cm x 50 cm)
 Ränder: Brache
 Vorfrucht: Winterroggen

Variantenschlüssel:

Mykorrhiza	Düngestufe	Mykorrhiza	Düngestufe
Myc-	0	Myc-	1 (80 kg N/ha als Hornmehl)
Triton 3%	0	Triton 3%	1 (80 kg N/ha als Hornmehl)
Biorize 5%	0	Biorize 5%	1 (80 kg N/ha als Hornmehl)
Plant Works 5%	0	Plant Works 5%	1 (80 kg N/ha als Hornmehl)

Kulturprotokoll:

Datum	Kulturmaßnahme; Bonitur oder Probenahme
08.07.02	Halbfertige Pflanzen (Homann) ca. 5000 Stk. in Bio Tray AMP-Inokulumsubstrat in Multitopfplatten gesteckt, dabei Wurzeln und Blätter um ca. 1/3 gekürzt und bei 20 °C im Gewächshaus angezogen.
13.08.02	Porree noch einmal eingekürzt.
19.08.02	Probenahme 5 Pfl./VA für FS/TS Bestimmung in Schaft und Wurzel
19.08.02	Aufbau des Feldversuchs (Handpflanzung)
29.08.02	Applikation von Hornmehl (80 kg N/ha, händisch) in Düngungsvarianten
14.11.02	Nettoparzellen vermessen und markiert Bonitur (Anzahl Pfl./Reihe, Schaftdurchmesser, Krankheiten/Schädlinge)
01.04.03	Bonitur nach Winter (Pfl./Reihe, Schaftdurchmesser,; Krankheiten/Schädlinge) Probenahme: 3 Pfl./Parzelle für FS/TS Schaft und 6 Wurzelproben pro VA für die Bestimmung der Mykorrhizabesiedlung.

2.6.7 Erdbeere

Versuch E1

Versuchsorte: Forschungsgewächshaus
 Universität Kassel
 Nordbahnhofstr. 1a
 37213 Witzenhausen

Kaiser / Thies GbR
 Biolandbetrieb
 Neue Str.9
 37297 Frankershausen

Kultur: *Fragariae annassa*
 Sorten: `Darselect` und `Elsanta`
 Unbewurzelte und leicht bewurzelte Ausläufer (tip, plant)
 der Firma Goossens Flevoplant B. V. ,NL

Fragestellung: Ist eine Inokulation im Anzuchtsubstrat erfolgreich? Induziert diese ein besseres Wachstum, Qualität und Ertrag unter Feldbedingungen? Gibt es krankheitsunterdrückende Wirkungen?

Versuchsdesign: Anzuchtsubstrat: Klasmann Bio Tray Substrat 20% Kompost zur Inokulation
 Feldversuch; Spaltanlage mit 6 Wdh
 Faktor A: Mykorrhiza-Mischinokula (4)
 Faktor B: Sorten (2) (Darselect, Elsanta)

Versuchsfläche: 24 m x 25 m
 Parzellengröße: 3,3 m x 3 m mit 3 Reihen Erdbeeren (33 cm x 100 cm)
 Ränder: Erdbeeren

Vorfrucht: Wintergerste

Variantschlüssel:

Mykorrhiza	Sorte	Mykorrhiza	Sorte
Myc-	Darselect	Biorize 5%	Darselect
Myc-	Elsanta	Biorize 5%	Elsanta
Triton 3%	Darselect	Plant Works 5%	Darselect
Triton 3%	Elsanta	Plant Works 5%	Elsanta

Kulturprotokoll:

Datum	Kulturmaßnahme; Bonitur oder Probenahme
22.07.02	Topfen der Ausläufer in 9er Töpfe (300ml), die Darselect Varianten mit ca. 500 Stk./VA, die Elsanta Varianten mit ca. 400 Stk./VA in Substrat mit Inokulum. Aufstellen der Töpfe im Gewächshaus
	erhebliche Probleme mit der Pflanzengesundheit, viele Ausfälle
12.08.02	Netzschwefel gegen Mehltaubefall
16.08.02	Spruzit gegen weiße Fliege und Blattläuse
20.08.02	Erhebung der Anzahl vorhandener Pflanzen Probenahme: 6 Pfl./VA zur Bestimmung von FS/TS in Sproß und Wurzel sowie zur Mykorrhizabesiedlung
21.08.02	Transport der Pflanzen zum Praxisbetrieb und Aufbau des Feldversuchs (Handpflanzung)
27.08. + 02.09.02	gesamten Versuch bewässert, sonst praxisübliche Pflegemaßnahmen
03.04.03	Bonitur: Erhebung Pfl./Reihe, Krankheitsbonitur
19.05.03	Bonitur wegen zu großer Ausfälle abgebrochen, Wurzelprobenahme 6 Pfl./Parzelle zur Bestimmung der Mykorrhizabesiedlungsdichte

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1.1 Kompostierung / Substratherstellung

Es wurden gemäß Projektplan zwei Komposte verwendet, in beiden Fällen Grünabfallkomposte aus geschreddertem Baum- und Strauchschnitt. Für die Versuche bei

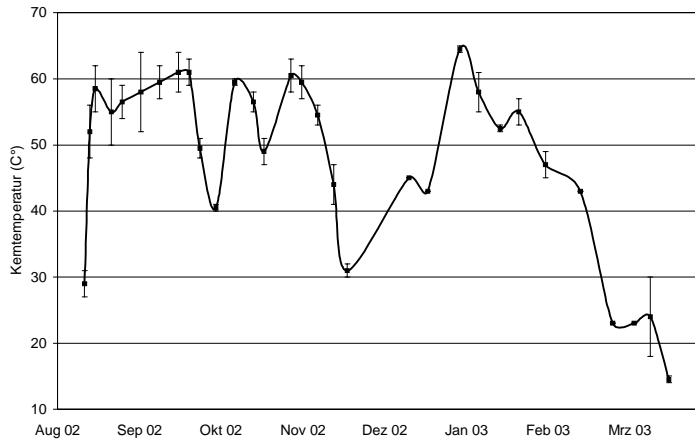


Abbildung 3: Temperaturverlauf in Kern der Miete PIL1 während des Rotteprozesses

FÖL, FiBL, IGZ wurde in der ersten Projektphase ein Lagerkompost (GHK6) verwendet, der aus einer Modellanlage an der Uni Kassel von Anfang des Jahres 2002 stammt.

So konnte unmittelbar zu Beginn des Projektes ausreichend geeignetes Material zur Verfügung gestellt werden. Der zweite Kompost (Pil1) wurde Anfang August 2002 auf der Kompostanlage

Witzenhausen als 40 m³ Walmenmiete angesetzt und

ab November 2002 aus verschiedenen Probenahmen in mehreren Versuchen verwendet. Für beide Komposte verlief die Kompostierung plangemäß.

Die Komposte erreichten die RAL GZ 251 Richtwerte für Substratkomposte ausnahmslos (Tabelle 3). Hervorzuheben sind dabei die sehr gute Pflanzenverträglichkeit sowie niedrige Chlorid-, Natrium- und Salzgehalte. Die Grenzwerte für Schwermetalle nach Bioabfallverordnung (Typ I/II), RAL GZ 251 (entspricht BioAfV Typ I) und den AGÖL Richtlinien (50 % der RAL GZ Werte) wurden deutlich unterschritten. Die Prüfung auf suppressive Effekte nach dem beim FÖL angewendeten Standardverfahren mit Gurke – *P. ultimum* ergaben ein hohes suppressives Potential der Komposte (Wirkungsgrad im Mittel 80 %). In einem Versuch mit Poinsettien – *P. ultimum* zeigte sich eine gute Eignung des Materials auch unter Bedingungen, die der Praxis stark angenähert waren (vgl. Zwischenbericht).

Substrate wurden für die Versuche wie in Tabelle 4 aufgelistet hergestellt; die Kompostanteile lagen meist zwischen 20 und 40% (vol.). Soweit notwendig, wurde zur Aufdüngung auf Sollwerte (entsprechend 200 mg N, 200 mg P₂O₅, 400 mg K₂O/ l Substrat für Pelargonien und Poinsettien) Hornmehl und -grieß genutzt. Dabei wurde aufgrund der Erfahrungen und vorliegenden Ergebnisse aus anderen Projekten für eine Versorgung einer 12 Wochen stehenden Kultur ausgegangen und ein Gemisch von Horngrieß /-mehl (1/3 zu 2/3) für die Stickstoffversorgung angewendet. Kalkuliert wurde der Düngeraufwand so, dass in den ersten 14 Tage der Kultur die Sollwerte erreicht werden konnten (siehe Informationen in Kap. 2.4, S. 12). Diese Größenordnung der Nährstoffflüsse gilt auch in der weiteren Kulturführung (BRUNS und WALDOW, 2003). Voraussetzung sind aber Komposte mit langsam fließenden Stickstoffquellen, die bei der Substratmischung Nmin-Werte von 150 mg N/ l Substrat nicht überschreiten. Daher liegen die Stickstoffgehalte der in Tabelle 4 gelisteten Substrate immer unter den Sollwerten. Die Proben wurden sofort nach der Mischung bis zur Analyse eingefroren.

Tabelle 3: Nährstoffgehalte der verwendeten Komposte

Prüfkriterium	Einheit	GHK 6	PIL1 - P1	PIL1 - P2
		(Mischprobe) Alter: 40 Wo	(Mischprobe) Alter: 14 Wochen	(Mischprobe) Alter: 23 Wochen
1. Keimf. Samen u. Pflanzenteile	je l FM	n. b.	0	n. b.
2. Fremdstoffe > 2 mm (ges.)	% TM	n. b.	0	n. b.
davon Glas	% TM	n. b.	0	n. b.
Kunststoffe	% TM	n. b.	0	n. b.
Metalle	% TM	n. b.	0	n. b.
3. Steine > 5 mm	% TM	n. b.	0	n. b.
4. Pflanzenverträglichkeit (rel.)		n. b.		
bei 25% Prüfsubstratanteil	%	110	103	n. b.
bei 50% Prüfsubstratanteil	%	102	98	n. b.
5. Rottegrad	(I-V)	V	V	n. b.
maximale Temperatur	°C	22	22	n. b.
6. Wassergehalt	% FM	49,9	35,5	43,5
7. Glühverlust	% TM			
C/N-Verhältnis				
8. Maximalkorn (mm)	mm	<i>Entfällt, Siebung auf 10 mm</i>		
9. Rohdichte	g/l FM	700	530	580
10. pH-Wert (CaCl ₂)		7,1	6,9	7,6
11. Salzgehalt	g/l FM	2,16	2,75	2,84
Gesamtnährstoffe				
12. Stickstoff (N)	% TM	n. b.		
13. Phosphat (P ₂ O ₅)	% TM	n. b.		
14. Kalium (K ₂ O)	% TM	n. b.		
15. Magnesium (MgO)	% TM	n. b.		
16. Calcium (CaO)	% TM	n. b.		
Lösliche Nährstoffe				
17. Stickstoff (N)	mg/l FM	152	55	39
davon Ammonium (NH ₄ -N)	mg/l FM	1	40	16
Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l FM	151	15	24
18. Phosphat _{CAL} (P ₂ O ₅)	mg/l FM	823	680	775
19. Kalium _{CAL} (K ₂ O)	mg/l FM	1866	2503	2607
20. Magnesium (Mg)	mg/l FM	273	213	218
Schwermetalle				
21. Blei (Pb)	mg/kg TM	n. b.	20,9	n. b.
22. Cadmium (Cd)	mg/kg TM	n. b.	0,33	n. b.
23. Chrom (Cr)	mg/kg TM	n. b.	28	n. b.
24. Kupfer (Cu)	mg/kg TM	n. b.	27,2	n. b.
25. Nickel (Ni)	mg/kg TM	n. b.	22,4	n. b.
26. Quecksilber (Hg)	mg/kg TM	n. b.	0,07	n. b.
27. Zink (Zn)	mg/kg TM	n. b.	145	n. b.
Bemerkung: Grenzwert BioAbfV Kategorie II (Kategorie I) in mg/kg TM:				
Pb 150 (100) Cd 1,5 (1,0) Cr 100 (70) Cu 100 (70) Ni 50 (35) Hg 1,0 (0,7) Zn 400 (300)				
Zusätzlich bestimmt				
Natrium (Na ⁺)	mg/l FM	n. b.	84	100
Chlorid (Cl ⁻)	mg/l FM	n. b.	198	229

Tabelle 4: Nährstoffgehalte in verwendeten Substraten

Substratbezeichnung	Versuch	Kompost- anteil (%)	TS in %	pH	Salz- gehalt (g KCl/l)	Roh- dichte (g/l)	N _{gesamt} % TS	NH ₄ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l	P ₂ O ₅ mg/l	K ₂ O mg/l	Na ⁺ mg/l	Cl ⁻ mg/l
Poinsettien Praxisversuche 1. Lieferung	FiBL, IGZ	20	33,9	6,3	1,21	440	1,15	-	70	117	328	51	-
Poinsettien Praxisversuche 1. Lieferung	FiBL, IGZ	40	39,9	6,1	1,79	470	1,23	-	133	216	609	79	-
Poinsettien Praxisversuche 2. Lieferung	FiBL, IGZ	20	31,8	5,6	0,79	450	1,30	-	64	125	305	53	-
Poinsettien Praxisversuche 2. Lieferung	FiBL, IGZ	40	40,4	5,8	1,44	470	1,32	-	99	212	584	84	-
Poinsettiensubstrat Biogarten Flechtdorf	W1	20	30,0	6,3	1,75	460	1,65	-	64	164	383	72	-
Poinsettiensubstrat Biogarten Flechtdorf	W1	40	37,2	6,3	2,48	500	1,56	-	119	271	742	112	-
Bio-TraySubstrat (Klasmann)	L1, FiBL (Porree)	20	37,3	5,0	1,6	420	1,06	-	111	144	426	44	85
Poinsettien-Stecklinge, Substrat 1	W2	0	68,5	5,7	0,23	580	0,08	-	0	9	45	141	6
Poinsettien-Stecklinge, Substrat 2	W2	10	71,1	6,2	0,68	660	0,20	-	47	73	225	145	36
Poinsettien Weiterkultur	W3	30	32,4	6,5	1,40	500	1,87	-	22	276	658	63	97
Pelargonien-Stecklinge, Substrat 1	P1	0	57,3	5,8	0,28	540	0,12	-	0,9	8	18	118	8
Pelargonien-Stecklinge, Substrat 2	P1	10	57,7	6,2	0,67	630	0,26	-	38	81	184	140	36
Pelargonien Weiterkultur	P1	30	42,9	6,7	1,77	420	1,73	-	39	313	727	128	128
Pelargonien Weiterkultur	P2	20	39,4	6,7	1,42	400	1,64	-	30	188	500	55	82
Pelargonien Weiterkultur	P2	40	50,4	6,8	1,71	400	1,74	-	19	300	816	66	114
Pelargonien-Stecklinge	P3/P4	0	53,6	5,6	0,19	340	0,28	-	0	5	31	127	6
Pelargonien Weiterkultur (+ Holzfaser 50 %)	P3	20	40,7	6,3	1,34	310	n.b.	59	25	422	499	59	88
Pelargonien Weiterkultur (+ Holzfaser 30 %)	P3	40	43,7	6,4	1,74	370	n.b.	90	26	679	842	66	124
Pelargonien Weiterkultur	P4	20	42,2	6,3	1,25	330	n.b.	39	7	394	452	67	99
Pelargonien Weiterkultur	P4	40	42,7	6,3	1,85	440	n.b.	20	33	727	933	93	143
Sand/30 % Kompost	Erbs1/2	30	89,4	7,3	1,27	1110	n.b.	-	14	432	723	46	94
Sand	Erbs1/2	0	97,6	7,5	0,21	1260	n.b.	-	1	92	34	25	< 5
Sand/30% Kompost/Mycorrh.- Substrat	Erbs1/2	30	89,8	7,2	1,17	1150	n.b.	-	12	524	583	75	112
Sand/Mycorrh.-Substrat	Erbs1/2	0	90,7	7,3	1,06	1250	n.b.	-	7,0	433	444	111	116
Kompost	Erbs3	100	52,3	7,6	3,35	643	n.b.	23	72	840	2637	121	279
Sand + Kompost	Erbs3	30	85,1	7,6	1,58	1107	n.b.	-	53	658	844	49	131
Sand + Flory	Erbs3	0	90,2	7,5	0,63	1423	n.b.	-	19	135	103	24	17
Sand + Kompost + Granulat	Erbs3	30	84,2	7,5	1,36	1167	n.b.	-	32	499	583	122	165
Sand + Granulat + Flory	Erbs3	0	88,1	7,6	1,01	1383	n.b.	-	18	118	98	83	104

3.1.2 Suppressive Effekte von AMP und Komposten gegenüber *P. ultimum*

3.1.2.1 Versuch Erbs1

Nach dem vierwöchigen Versuch ergab sich eine gut nachweisbare Mykorrhizabesiedelung in allen inokulierten Varianten (Abbildung 4, Tabelle 5), wobei sich deutlich Unterschiede zwischen den Besiedelungsraten in Abhängigkeit der drei Faktoren Substrat, Infektionsstufe *P. ultimum* und AMP-Inokulum absichern ließen. Im Mittel lagen die Besiedelungsraten in den Erbsenwurzeln nach Inokulation bei 16%. Die Biorize-Varianten wiesen mit 24% die höchsten Kolonisationswerte auf, gefolgt von Triton (18%) und Plant Works (13%). In den Sandvarianten lag die Besiedelung im Mittel 6% höher als in den Varianten mit Kompost. Mit Anwesenheit des Pathogens stieg die Besiedelungsrate von durchschnittlich 11% in den nicht infizierten Varianten auf 21% in den infizierten Varianten an. Bei der Betrachtung der Wechselwirkungen der Faktorkombination Substrat / Mykorrhiza ($p = 0,028$) wird deutlich, dass die Inokula individuell auf die Substrate reagierten. Insbesondere das Mischinokulum von Plant Works reagierte mit einer signifikant geringeren Besiedelungsrate deutlich auf die Veränderung des Substrates während dies bei den anderen Herstellern nicht in gleichem Maß der Fall war.

Werden alle Faktoren kombiniert, sind aber die Unterschiede varianzanalytisch nicht abzusichern.

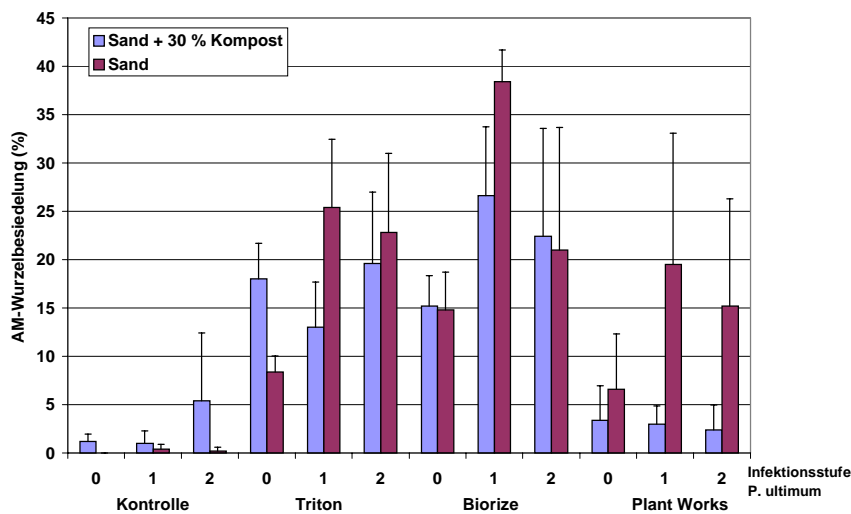
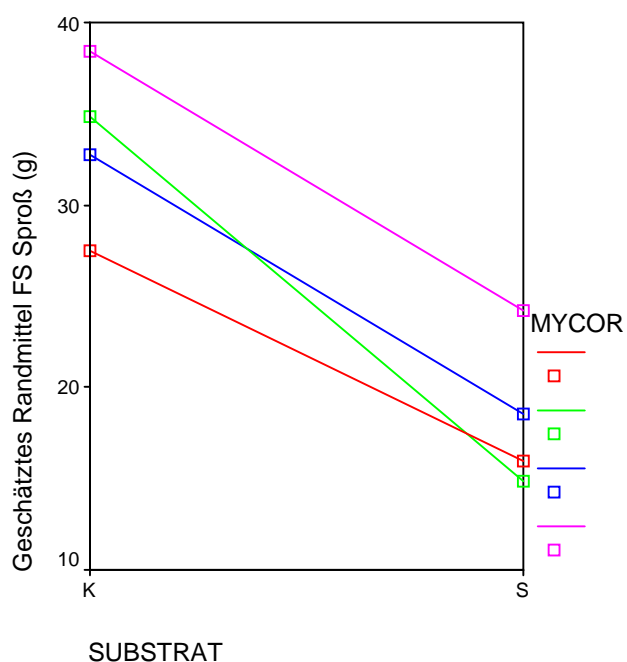


Abbildung 4: AM-Wurzelbesiedelungsrate (in %) im System *P. ultimum* / Erbse (n = 5, Fehlerbalken = Standardabweichung) bei Inokulation mit kommerziellen Mischinokula (Erbs 1)

Tabelle 5: Anova Tabelle für AM- Wurzelbesiedelungsrate (Erbs1, transformierte Werte)

Abhängige Variable: AM- Besiedelung (%) transformierte Werte					
	SQ	FG	MQ	F	p
Konstante	13,10621	1	13,10621	887,8260	0,000000
Substrat	0,13288	1	0,13288	9,0017	0,003703
Mycor	1,12034	2	0,56017	37,9466	0,000000
PultSt	0,21487	2	0,10743	7,2777	0,001322
Substrat*Mycor	0,11060	2	0,05530	3,7460	0,028336
Substrat*PultSt	0,13843	2	0,06921	4,6886	0,012187
Mycor*PultSt	0,09280	4	0,02320	1,5715	0,191142
Substrat*Mycor*PultSt	0,06074	4	0,01518	1,0286	0,398456
Fehler	1,06287	72	0,01476		

Das Spross- und Wurzelfrischgewicht der Erbsen sowie das Verhältnis der beiden Kriterien zeigten übereinstimmend klare, suppressive Effekte durch den Kompostzuschlag im Substrat und den Einsatz der Mykorrhiza (Tabelle 6, Abbildung 6a-c, S. 30). Während durch den Kompost das Sprossgewicht gesteigert werden konnte, verursachte der Einsatz der Mykorrhiza in Kombination mit dem Kompost zusätzliche Verbesserungen der Wirkungen, wie sich anhand der gesicherten Wechselwirkung zwischen der Mykorrhiza und dem Substrat erkennen lässt. Aus Abbildung 5 geht



hervor, dass insbesondere durch das Triton – Inokulum in Verbindung mit dem Komposteinsatz eine synergistische Wirkung aufgebaut wird. Im Sandsubstrat allein konnte das Pflanzenwachstum durch das AMP-Inokulum von Biorize in gewissem Maß und deutlich durch das von Plant Works gesteigert werden. Von Bedeutung ist auch die Kombination aller Faktoren in der Variablen Sprossgewicht. Hier zeigten sich insbesondere bei Triton und Plant Works, dass diese beiden Inokula in Kombination mit dem Kompost die Wirkung des Kompostes in der Stufe 2 der *P. ultimum* - Infektion um rund 50 % steigern konnten.

Abbildung 5: Grafische Darstellung der Wechselwirkung Substrat*Mykorrhiza für das Sproßfrischgewicht aus dem Versuch Erbs1; Mycor 0 = Kontrolle-Myc-, 1 = Triton, 2 = Biorize, 3 = Plant Works

Tabelle 6: Anova Tabelle für Sproßfrischgewicht von Erbsen (Versuch Erbs 1)

Abhängige Variable: FS Sproß (g)

Quelle	SQ	FG	MQ	F	p
Korrigiertes Modell	11124,236(a)	23	483,662	27,949	,000
Intercept	80393,633	1	80393,633	4645,564	,000
MYCOR	1443,278	3	481,093	27,800	,000
PULTST	1648,429	2	824,215	47,627	,000
SUBSTRAT	6714,048	1	6714,048	387,973	,000
MYCOR * PULTST	199,097	6	33,183	1,917	,086
MYCOR * SUBSTRAT	289,145	3	96,382	5,569	,001
PULTST * SUBSTRAT	554,184	2	277,092	16,012	,000
MYCOR * PULTST * SUBSTRAT	276,056	6	46,009	2,659	,020
Fehler	1661,324	96	17,305		
Gesamt	93179,194	120			
Korrigierte Gesamtvariation	12785,561	119			

a R-Quadrat = ,870 (korrigiertes R-Quadrat = ,839)

Bei der Wirkung der verschiedenen Faktoren auf das Wurzelfrischgewicht waren die Verhältnisse sehr ähnlich wie beim Sprossgewicht. Abzusichern sind die Einflüsse der Faktoren Substrat (Kompost > Sand) und Mykorrhiza (Behandlungen > Kontrolle), der Wechselwirkungen Substrat / Mykorrhiza und die Interaktion aller Faktoren auf das Wurzelfrischgewicht (Anhang Tabelle 13). Jedoch war der Unterschied zwischen den einzelnen Kombinationsbehandlungen Mykorrhiza plus Kompost gegenüber den reinen Kompostbehandlungen trotz großer Unterschied nicht zu sichern (z. B. Differenz zwischen Kontrolle Kompost, *P. ultimum* Stufe 2 und Triton / Kompost / *P. ultimum* Stufe 2 = 7 g) (Anhang Tabelle 14).

Die suppressiven Effekte der Kombination von Kompost und Mykorrhiza ließen sich in diesem Versuch ebenfalls sehr gut am Sproß-Wurzelverhältnis der Erbse beobachten. Alle Hauptfaktoren hatten wiederum signifikante Effekte (Sand < Kompost; Plant Works > Triton), Interaktionen ließen sich jedoch nicht sichern. Bemerkenswert ist aber, dass alle nicht mit dem Pathogen infizierte Pflanzen bzw. die Sand-Varianten bis auf die Plant Works - Varianten ein Verhältnis von 1 bis 2 hatten. Letztere und die Kompostvarianten mit Pathogeninfektion hatten ein Sproß-Wurzel-Verhältnis von > 2 bis maximal 3.

Die Variable Gesamtfrischgewicht weist das Mischinokulum von Plant Works sowohl in den Sandvarianten als auch in den Kompostvarianten als stärkstes Medium mit krankheitsunterdrückender Wirkung aus (Tabelle 7; Anhang Tabelle 15 u. Tabelle 16). Der Kompostzuschlag bewirkt im Mittel eine suppressive Wirkung wie dies aus einer Vielzahl von Versuchen mit Grünabfallkomposten bekannt ist. Dass die Kombination von AM und Kompost synergistische Effekte hat, ist unserer Ansicht nach eine neue Erkenntnis. Vor allem ist auch bemerkenswert, dass AMP-Inokula, die in reinem Sand keine Wirkungen gegenüber dem Erreger aufwiesen, in Kombination mit suppressiven Komposten zu einer signifikanten Krankheitsunterdrückung führten. Grundsätzlich wird in diesem Zusammenhang deutlich, wie wichtig es ist, biologische Systeme nicht eindimensional zu betrachten, sondern Faktoren zu kombinieren und ihre Wechselwirkungen kalkulierbar zu erforschen. Obwohl die hier dargestellten Ergebnisse einer weiteren Verifizierung bedürfen, weisen sie bereits den Weg für Untersuchungen in praxisnahen Systemen. Dabei sind geeignete mehrjährige Kulturen (z. B. Erdbeere und Himbeere) sinnvoll, da sie für den ökologischen Gartenbau ein hohen Wert darstellen. Sie vertragen Kompost gut, sind im Jungpflanzenstadium gut mit Mykorrhiza zu infizieren, grundsätzlich mycotroph und empfindlich gegenüber bodenbürtigen Krankheiten, für die es kaum Kontrollmöglichkeiten gibt.

Tabelle 7: Suppressiv Effekte einer Kombinationsbehandlung aus Komposten und AM-Stämmen im System *P. ultimum* – Erbse (Varianten mit gleichen Buchstaben sind nach Tuckey $p \leq 0,05$ statistisch nicht unterscheidbar)

Substrat	Sand + 30 % Kompost			Sand			
Infektionsstufe <i>P. ultimum</i>	0	1	2	0	1	2	Faktor- mittelwerte
AM-Stamm / Inokulum	Gesamt Frischgewicht (Sproß + Wurzel) (g)						AM-Stamm / Inokulum
Kontrolle	52,6	39,1	31,4	41,8	20,5	19,8	34,2 a
Triton	53,2	52,5	49,6	38,3	20,5	16,4	38,4 a
Biorize	51,2	49,0	44,0	48,0	23,2	14,8	37,9 a
Plant Works	57,1	52,3	52,9	55,3	34,7	26,5	46,5 b
Faktormittelwerte	0			1			2
Infektionsstufe <i>P. ultimum</i>	49,7 a			36,5 b			31,9 c
Faktormittelwerte	48,7 a			30,0 b			
Substrat	48,7 a			30,0 b			

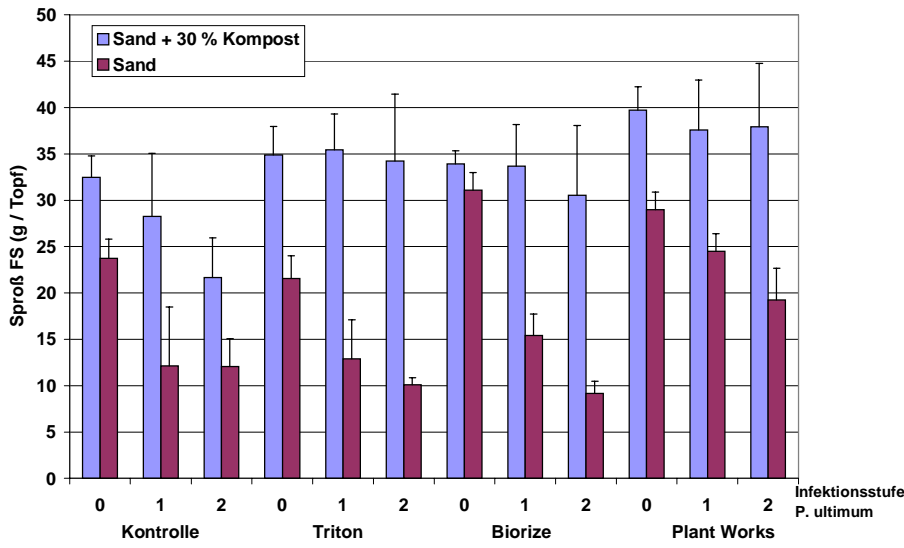
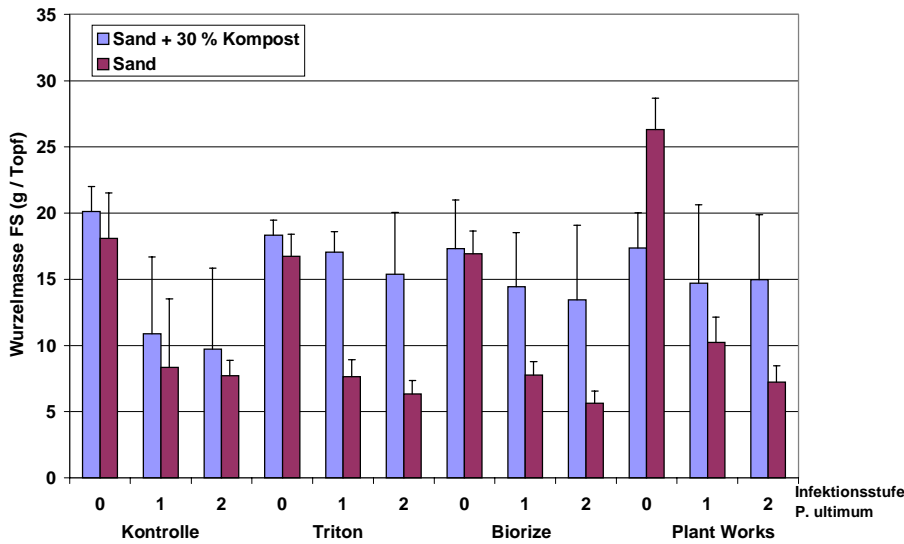
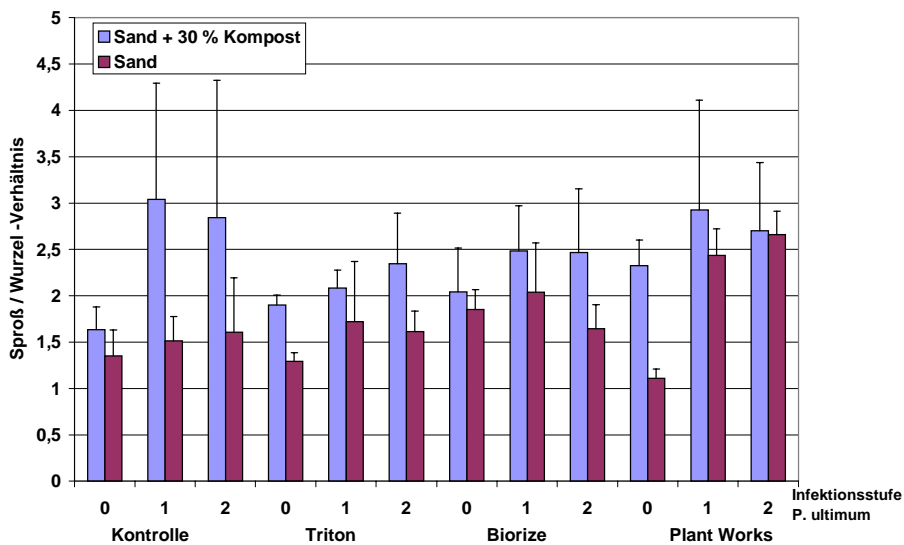


Abbildung 6:
Suppressive Effekte
einer Kombinations-
behandlung von
Komposten und
AMP-Inokula in ei-
nem System *P. ul-*
ti-
***um* – Erbsen**
N=5, Fehlerbalken =
Standardabweichung

a) Sproßfrischgewicht Erbsen



b) Wurzelfrischgewicht Erbsen



c) Sproß-Wurzel-Verhältnis

3.1.2.2 Versuch Erbs 2

In einem weiteren Versuch ähnlichen Designs wurden die Wirkungen von 13 ISCB Stämme untersucht. Im Gegensatz zum vorherigen Versuch wurde keine Variante in Sand angelegt, sondern nur in einem Substrat mit 30% Kompost Varianten mit den Inokulation der AMP Stämme und des Pathogens.

Die Kolonisation der Erbsenwurzeln lag nach vier Wochen Versuchszeit bei den meisten Stämmen in einer Größenordnung von 5 bis 25% (Abbildung 7). Die Stämme 19 und 45 waren nicht erfolgreich zu inokulieren. Hohe Werte wurden für ISCB 14 und 48 bestimmt, mittlere Raten für die Stämme 20, 22, 49 und 47. Ein Reaktion auf die parallele Inokulation mit dem Pathogen waren nicht zu beobachten. Von Fall zu Fall traten entweder eine stärkere oder eine geringere Besiedelung in den Wurzeln im Vergleich zur Kontrolle ohne Pathogen auf.

Die Temperatur der Gewächshauskabinen ließ sich in der extremen Hitze des Sommers 2003 schwer kontrollieren. In Folge lassen sich die Ergebnisse aus den beiden Kabinen, die daher Temperaturunterschiede aufwiesen, nur unter Einschränkungen vergleichen (Abbildung 8). Zudem war aufgrund der höheren Temperaturen die Infektions durch das Pathogen weniger stark als üblicherweise beobachtet. Jedoch zeigte sich im Vergleich zu den Kontrollvarianten sowohl ohne als auch mit Kompost in der höheren Pythium-Infektionsstufe nur beim ISCB Stamm 20 eine tendenzielle Steigerung der Pflanzen-FS. Daher wurde dieser Stamm für einen weiteren Versuch genutzt.

Desweiteren wurden die Stämme 47 und 22 ausgewählt, da sie im Vergleich zur Kompost Variante in der hohen Pythium-Infektionsstufe um 20% höhere Frischgewichte aufwiesen. Keiner der Unterschiede konnte jedoch abgesichert werden.

Desweiteren wurden die Stämme 47 und 22 ausgewählt, da sie im Vergleich zur Kompost Variante in der hohen Pythium-Infektionsstufe um 20% höhere Frischgewichte aufwiesen. Keiner der Unterschiede konnte jedoch abgesichert werden.

Eine komplette Wiederholung des Versuches war aufgrund des mangelnden Inokulationsmaterials nicht möglich. Die Stämme 20, 22 und 47 konnten aber in einem dritten Versuch eingesetzt werden.

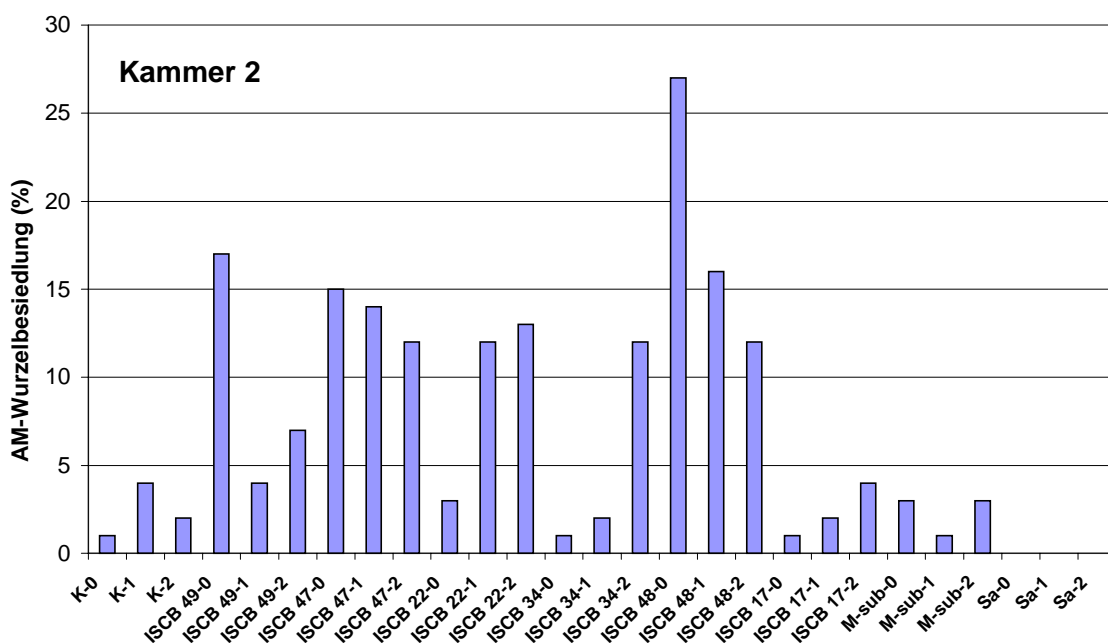
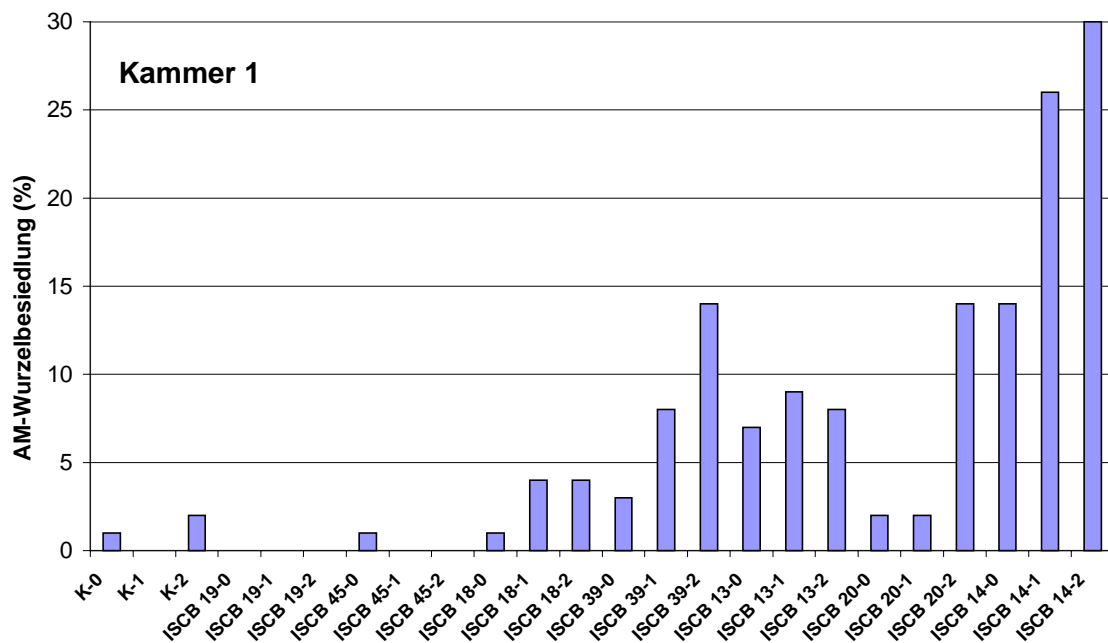


Abbildung 7: AM-Wurzelbesiedlungsrate (in%) an Erbsen nach Inokulation mit ISCB Stämmen in einem System *P. ultimum* – Erbsen (Mittelwert aus Mischproben)

Legende:

ISCB = Stamm Nr.

K = Kontrolle (Sand + 30% Kompost)

Myc- = Kontrolle Kompost (30% in Sand) + reines Granulat (AM - Trägersubstanz) in Layer Schicht

Sa = Sand

-0, -1, -2 = Infektionsstufe *P. ultimum*

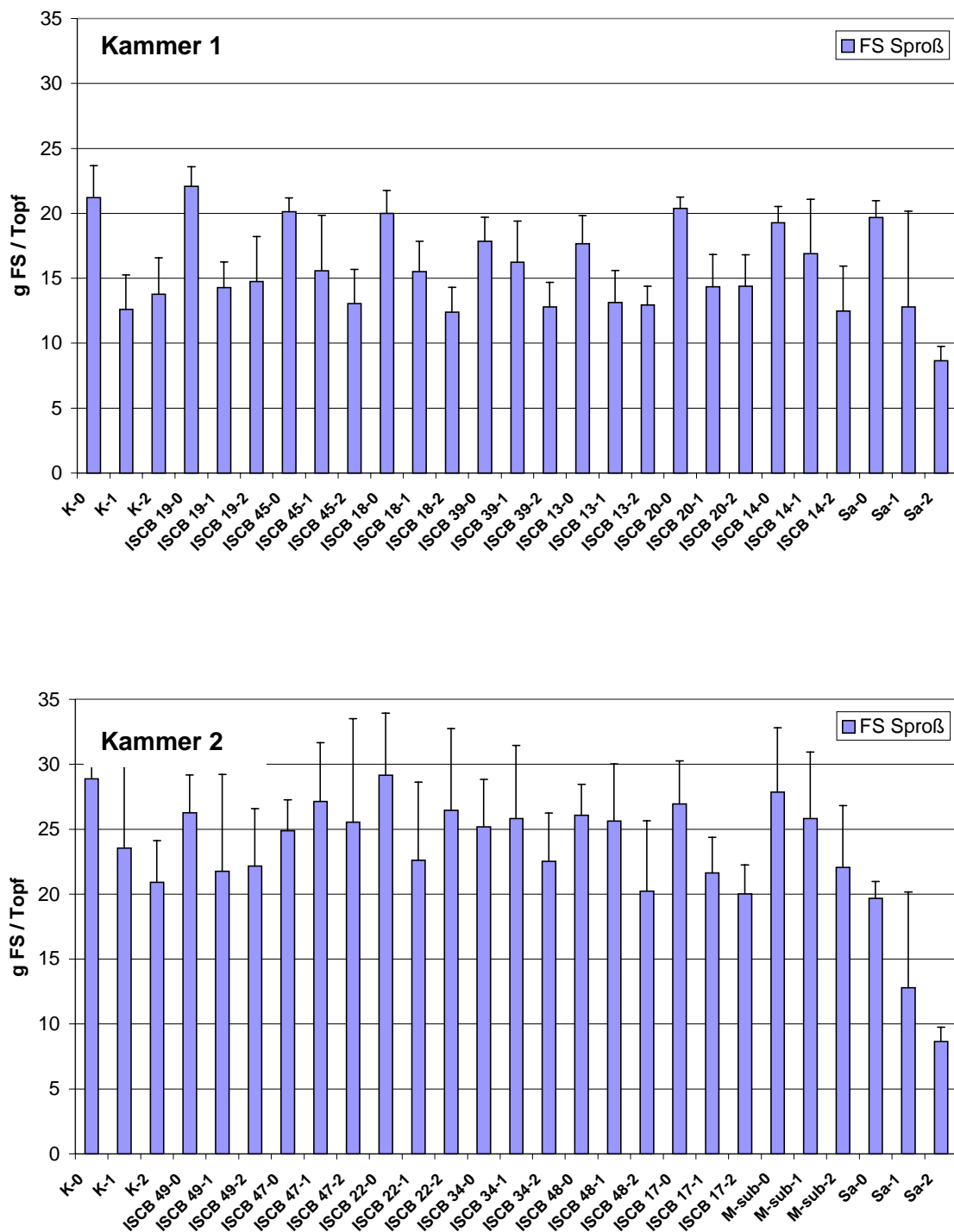


Abbildung 8: Sproßfrischgewicht von Erbsen nach Inokulation mit ISCB Stämmen und Behandlung mit suppressiven Komposten in einem System *P. ultimum* – Erbsen (n= 5 , Fehlerbalken = Standardabweichung)

Legende:

ISCB = Stamm Nr.

K = Kontrolle (Sand + 30% Kompost)

Myc- = Kontrolle Kompost (30% in Sand) + reines Granulat (AM - Trägersubstanz) in Layer Schicht

Sa = Sand

-0, -1, -2 = Infektionsstufe *P. ultimum*

3.1.2.3 Versuch Erbs3

Die Kolonisationsrate der Erbsenwurzeln im Sandsubstrat lag signifikant höher als im Kompostsubstrat (Abbildung 9, Tabelle 8). Im Vergleich zum Versuch Erbs 1 waren damit die Verhältnisse hinsichtlich der Abhängigkeit vom Substrat ähnliche. Im Kompostsubstrat des Versuchs Erbs 2 erreichten die Werte für die Stämme 20, 22 und 47 durchschnittlich 6, 9, 14%, während im Mittel für die Stämme 20, 22, 47 im Versuch 3 Werte von 3, 4 bzw. 8% ermittelt wurden. Im Mittel ließen sich die Unterschiede zwischen den Stämmen sichern, wobei nur der Stamm 47 von den anderen Stämmen zu unterscheiden ist.

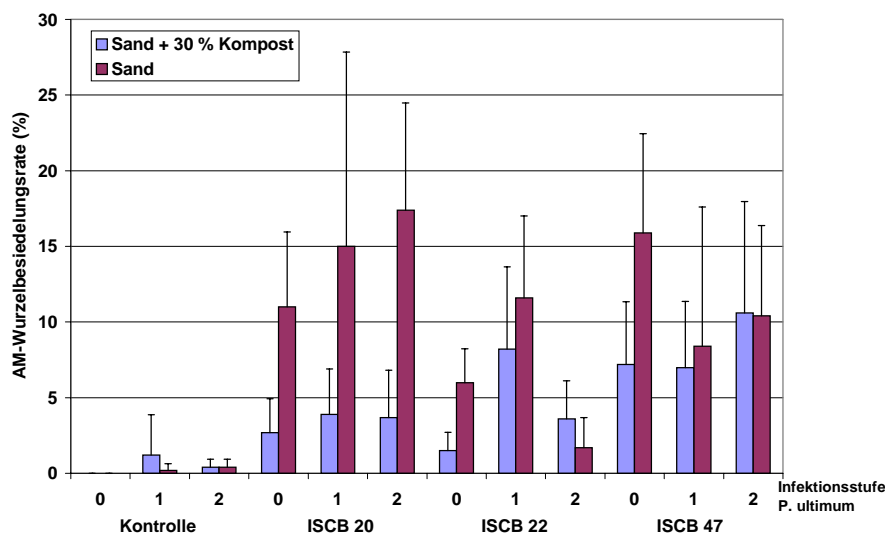


Abbildung 9: AM-Wurzelbesiedelungsrate (in%) im System *P. ultimum* / Erbse (n = 5; Fehlerbalken = Standardabweichung) bei Inokulation mit den ISCB Stämmen 20, 22, 47 (Erbs 3)

Tabelle 8: Anova Tabelle für den Faktor AM-Besiedlungsrate (transformierte Werte)

Quelle	SQ	FG	MQ	F	p
Konstante	5,955262	1	5,955262	443,1995	0,000000
Substrat	0,222139	1	0,222139	16,5319	0,000121
PythiumStufe	0,017573	2	0,008786	0,6539	0,523075
Myc	0,123263	2	0,061632	4,5867	0,013337
Substrat*PythiumStufe	0,038427	2	0,019214	1,4299	0,246046
Substrat*Myc	0,107610	2	0,053805	4,0042	0,022443
PythiumStufe*Myc	0,175622	4	0,043905	3,2675	0,016106
Substrat*PythiumStufe*Myc	0,063656	4	0,015914	1,1843	0,325018
Fehler	0,967462	72	0,013437		

Im Gegensatz zu Versuch Erbs1 konnte mit den hier untersuchten ISCB Stämmen kein synergistischer Effekt durch die AMP-Inokula in Kombination mit den Komposten bei der Kontrolle eines Wurzelpathogens erzielt werden (Abbildung 10a-c, Anhang Tabelle 17). Die Kompostzugabe steigerte die Sproßmasse höchst signifikant. Die AMP-Inokulation hatte ebenfalls einen absicherbaren Effekt, der allerdings auf den höheren Wert von Stamm 22 gegenüber 47 zurückzuführen ist. Trotz der nach dem Tuckey Test statistisch nicht zu sichernden Wirkung, sollte jedoch nicht unbeachtet gelassen werden, dass in den Varianten der Pythium Infektionsstufe 2 mit den Stämmen 20 und 22 im Vergleich zur Kontrolle im Sandsubstrat das Sproßfrischge-

wicht mehr als verdoppelt wurde (Anhang Tabelle 18) (von 3,6 g (Kontrolle Sand 2) auf 7,5 g (ISCB 22 Sand 2)).

Für die Variable Wurzelfrischgewicht zeigen sich ähnliche signifikante Effekte der Faktoren Substrat und Mykorrhiza wie für die oberirdische Biomasse. In Bezug auf die Fragestellung waren die Ergebnisse im Faktor Mykorrhiza sowie die Wechselwirkungen zwischen den Faktoren jedoch irrelevant. Analog zum Ergebnis Sprossfrischgewicht stieg aber in der Variante mit Stamm 22 das Wurzelgewicht in beiden Substraten in der *P. ultimum*-Stufe 2 im Vergleich zu den Varianten ohne Mykorrhiza um 2 g in der Kompostvariante bzw. 1 g in der Sandvariante an.

Bei der Betrachtung des Spross-Wurzelverhältnisses zeigten sich im Gegensatz zu den Ergebnissen aus Versuch Erbs1, in dem das Spross-Wurzel-Verhältnis mit Kompost und Mykorrhizabehandlung in den mit dem Erreger infizierten Varianten anstieg, nur in den Kontrollvarianten und den Varianten mit Stamm 47 ein solches Bild.

Die Gesamtfrischmasse stieg bei Inokulation mit den beiden Stämme 20 und 22 gegenüber der Kontrolle an (Tabelle 9). Bei beiden Stämme deuten sich in den Sandvarianten der Infektionsstufe 2 positive Effekte an, die allerdings nur durch eine Erhöhung der Versuchsp parallelen abzusichern wären. Es ist zu vermuten, dass so auch bei Stamm 22 ein synergistischer Effekt nachgewiesen werden könnte.

Die Bemerkungen zum Stamm 22 sind insofern von Bedeutung, da die Infektionsstufe 1 in der Sandvariante, die die Referenz zu den Behandlungen mit Kompost bzw. Mykorrhiza bildet, eine Befallsintensität von 85% und die Infektionsstufe 2 von 90 % aufwies, während in Versuch Erbs 1 der Befall in Infektionsstufe 1 und 2 mit rund 53% deutlich niedriger war. Da die erfolgreiche Infektion mit *Pythium* stark temperaturabhängig ist, wurde die Inokulationsmenge des Pathogens im Versuch Erbs3 gesteigert (siehe Kap. 2.5), um unter den Bedingungen des Sommers 2003 einen ausreichenden Befallsdruck zu gewährleisten.

Tabelle 9: Suppressive Effekte einer Kombinationsbehandlung aus Komposten und ISCB-Stämmen im System *P. ultimum* – Erbsen in Bezug auf das Kriterium Gesamtfrischgewicht / Topf (n=5), Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an (Tukey $p \leq 0,05$)

Substrat	Sand + 30 % Kompost			Sand			Faktormittelwerte AM-Stamm / Inokulum
	0	1	2	0	1	2	
Infektionsstufe <i>P. ultimum</i>							
AM-Stamm / Inokulum	Gesamt Frischgewicht (Sproß + Wurzel) (g)						
Kontrolle	46,4	23,5	22,2	54,4	8,3	5,3	26,7
ISCB 20	44,5	21,8	21,0	27,9	9,8	9,8	22,5
ISCB 22	40,1	24,5	24,6	36,6	8,8	10,6	24,2
ISCB 47	40,6	20,1	18,8	36,7	9,4	6,0	21,9
Faktormittelwerte	0			1			2
Infektionsstufe <i>P. ultimum</i>	40,9 a			15,8 b			14,8 b
Faktormittelwerte	29,0 a			18,6 b			
Substrat							

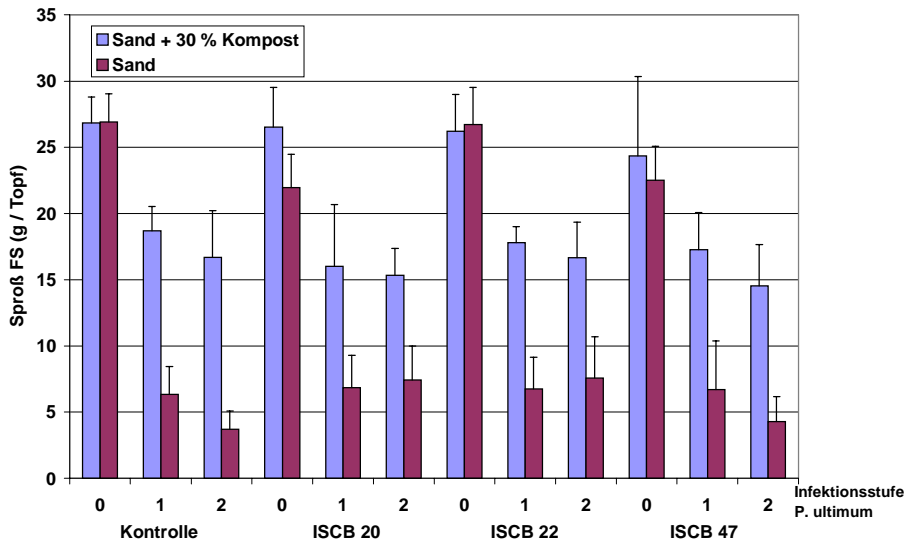
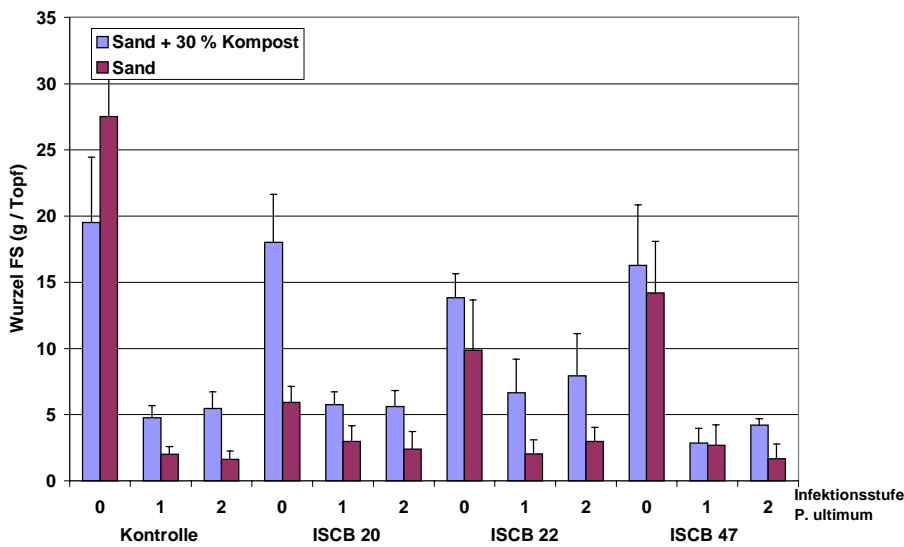


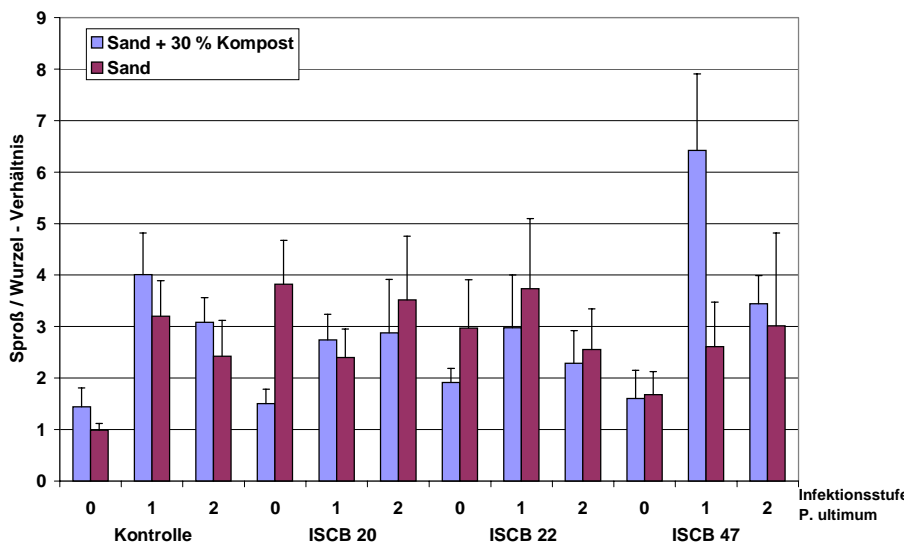
Abbildung 10:
Suppressive Effekte
einer Kombinations-
behandlung von
Komposten und
AMP-Inokula (ISCB
Stämme 20, 22, 47) in
einem System *P.*
***ultimum*-Erbsen**

N=5, Fehlerbalken =
Standardabweichung

a) Sproßfrischgewicht
 Erbsen



b) Wurzelfrischgewicht
 Erbsen



c) Sproß-Wurzel-
 Verhältnis

3.1.3 Feldversuche

Die unter Praxisbedingungen durchgeführten Versuche hatte zum Ziel

- Wirkungen von kommerziellen AM-Stämmen auf Wachstum, Blühverhalten, Ertrag und Qualität von Pelargonien, Poinsettien, Porree und Erdbeeren zu überprüfen und
- die Abhängigkeit der Besiedelung mit AMP vom Anzuchtsubstrat sowie vom Inokulationszeitpunkt festzustellen.

3.1.3.1 Pelargonien

3.1.3.1.1 Versuch P1

Anzuchtphase

Nach einer Stecklingsphase von 3 Wochen konnte an den Pelargonienwurzeln Besiedelungsraten von 1% für Triton bis 14% im Fall von Biorize im Substrat 2 in den Wurzelmischproben der einzelnen Varianten bestimmt werden (Abbildung 11).

Ein klarer Effekt bezüglich der Besiedelung der AM-Stämme in Abhängigkeit der eingesetzten Substrate, die auf Basis von EE0 entweder einen Sandanteil von 25% (Stecklingssubstrat 1) oder einen Kompost- / Sandanteil von je 10% / 15% enthielten (Stecklingssubstrat 2), konnten nicht ermittelt werden.

Schwache – aber statistisch nicht zu sichernde - Effekte konnten beim Sproßfrischgewicht durch das Plant Works Inokulum im Substrat 2 festgestellt werden (Tabelle 11, Abbildung 12).

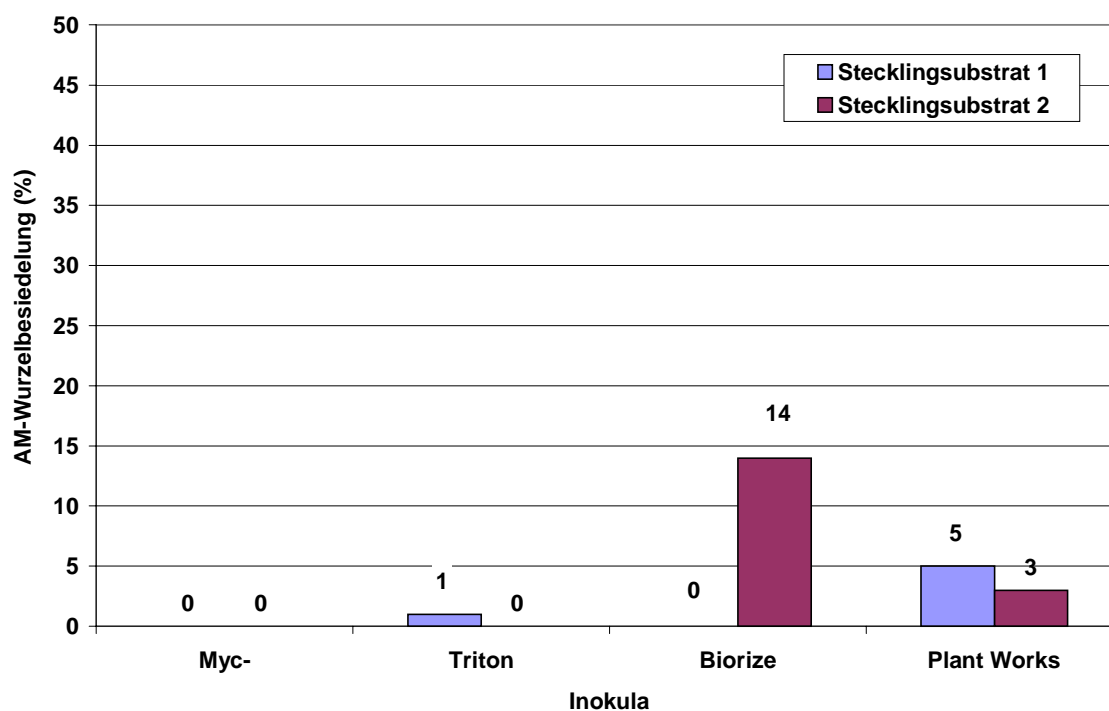


Abbildung 11: AM-Wurzelbesiedelung (%) von 3 kommerziellen Inokula an Pelargonienstecklingen in Abhängigkeit vom Substrat (Stecklingssubstrat 1: 65% Einheitserde 0/ 25% Sand/ 10% Perlite; Substrat 2 (65% EE 0/ 15% Sand/ 10% Perlite/10% Kompost) (Mischproben)

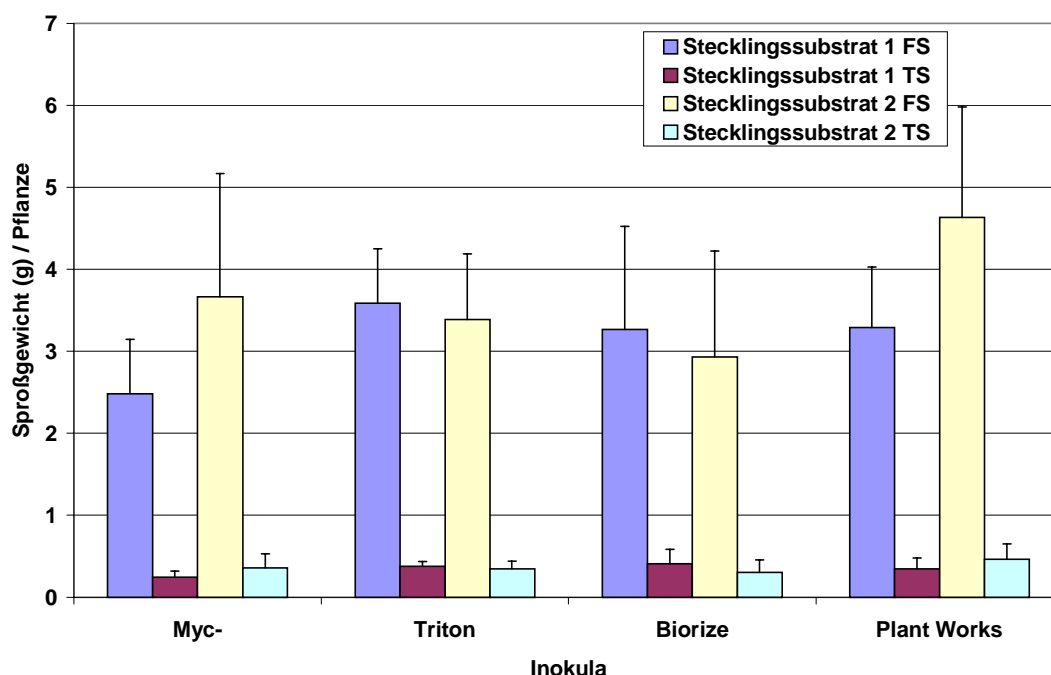


Abbildung 12: Sproßgewicht (FS/TS) von Pelargonienstecklingen in Abhängigkeit vom Substrat (Stecklingssubstrat 1: 65% Einheitserde 0/ 25% Sand/ 10% Perlite; Substrat 2 (65% EE 0/ 15% Sand/ 10% Perlite/10% Kompost) und der Beimpfung mit kommerziellen AM-Inokula (n=10, Fehlerbalken = Standardabweichung)

Tabelle 10: Anova Tabelle für das Kriterium Sproßfrischgewicht der Stecklinge in Versuch P1

Abhängige Variable: Frischgewicht Sproß (g)

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	13,555(a)	7	1,936	1,651	,157
Intercept	463,761	1	463,761	395,361	,000
MYC	5,171	3	1,724	1,470	,241
SUBSTRAT	2,490	1	2,490	2,123	,155
MYC * SUBSTRAT	5,894	3	1,965	1,675	,192
Fehler	37,536	32	1,173		
Gesamt	514,852	40			
Korrigierte Gesamtvariation	51,091	39			

a R-Quadrat = ,265 (korrigiertes R-Quadrat = ,105)

Tabelle 11: Mittelwertvergleich (Tuckey Test p = 0,05) für Sproßfrischgewicht der Pelargonienstecklinge in Versuch P1

	MYC	N	Untergruppe
			1
Tukey-HSD(a,b)	Myc-	10	3,0750
	Biorize	10	3,0990
	Triton	10	3,4860
	Plant Works	10	3,9600
	Signifikanz		,280

Die Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt. Basiert auf Typ III Quadratsumme Der Fehlerterm ist "Mittel der Quadrate (Fehler) = 1,173".
 a Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 10,000
 b Alpha = ,05

P1 Weiterkulturphase

Die über einen Zeitraum von 4 Monaten weiterkultivierten Pflanzen wurden auf AM-Wurzelbesiedelung, Wachstum bzw. Blühinduktion untersucht. Die zuvor in zwei Substraten inokulierten Pflanzen wurden aufgeteilt und im 9er Topf sowohl zur Hälfte mit erneuter Inokulation der AMP als auch ohne weitere Inokulation kultiviert.

Im Gegensatz zur Erhebung zum Ende der Stecklingsphase zeigte sich, dass nun in beiden Substratvarianten 8 bis 72% der Wurzelproben infiziert waren (Abbildung 13). Dabei zeigte sich bei Triton ein starke, bei Biorize eine mittlere und für Plant Works keine Abhängigkeit von der Wahl des Stecklingssubstrates. Während die weitere Inokulation zum Umtopfen bei Triton nur im Stecklingssubstrat 2 eine geringe Steigerung der Besiedelung bewirkte, konnten für Biorize bei der erneuten Inokulation die gleiche Größenordnung wie zum Zeitpunkt 1 ermittelt werden, also unabhängig vom Substrat. Das Plant Works Inokulum verhielt sich nahezu unabhängig vom Substrat und dem Inokulationszeitpunkt. Da hier keine Einzelproben sondern nur Mischproben entnommen wurden, konnte keine statistische Verrechnung der Daten vorgenommen werden; falls sich in weiteren Untersuchungen diese Tendenzen bestätigen sollten, ist hiervon für praktische Gesichtspunkte abzuleiten, dass eine Optimierung der Inokulationsbedingungen in der Praxis sowohl kostengünstig ist als auch für die spätere Nutzung der Inokula zur Ertrags und Qualitätsverbesserung von Stecklingen erfolgreich sein kann.

Die Auswirkungen der AM-Behandlung auf das Wachstum jedoch waren gering, da weder Abhängigkeiten vom AM-Stamm noch vom Inokulumzeitpunkt ermittelt werden konnten. Jedoch ist es in diesem Zusammenhang interessant, dass sich der Unterschied im Frischgewicht der Pelargonienpflanzen für den Faktor Stecklingssubstrat zu diesem späten Zeitpunkt zwischen den beiden Substraten (Substrat 1 (Sand) < Substrat 2 (Sand/Kompost), $p = 0,003$) absichern ließ, d. h. die Wahl des Inokulumsubstrates hatte einen Einfluß auf das Wachstum im Endtopf. Dennoch war der Unterschied zwischen den Mittelwerten der Substrate absolut gesehen gering (4 g). (Abbildung 14 und Anhang Tabelle 19).

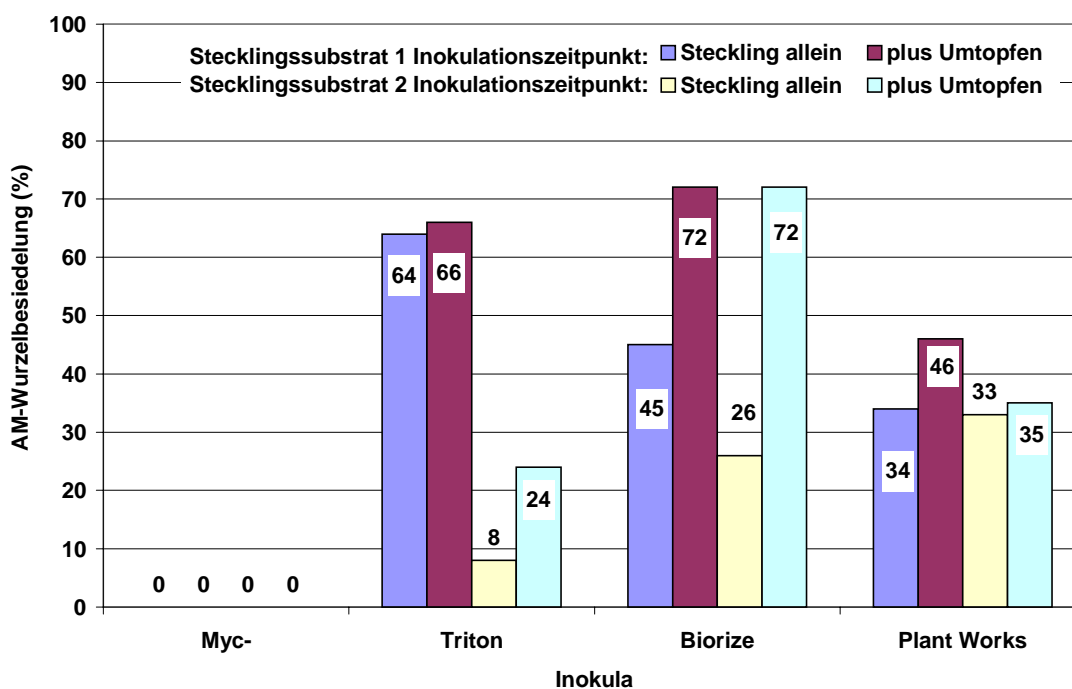


Abbildung 13: AM-Wurzelbesiedelung von Pelargonien durch kommerzielle Inokula in Abhängigkeit von Substrat und Inokulationszeitpunkt (Mischproben)

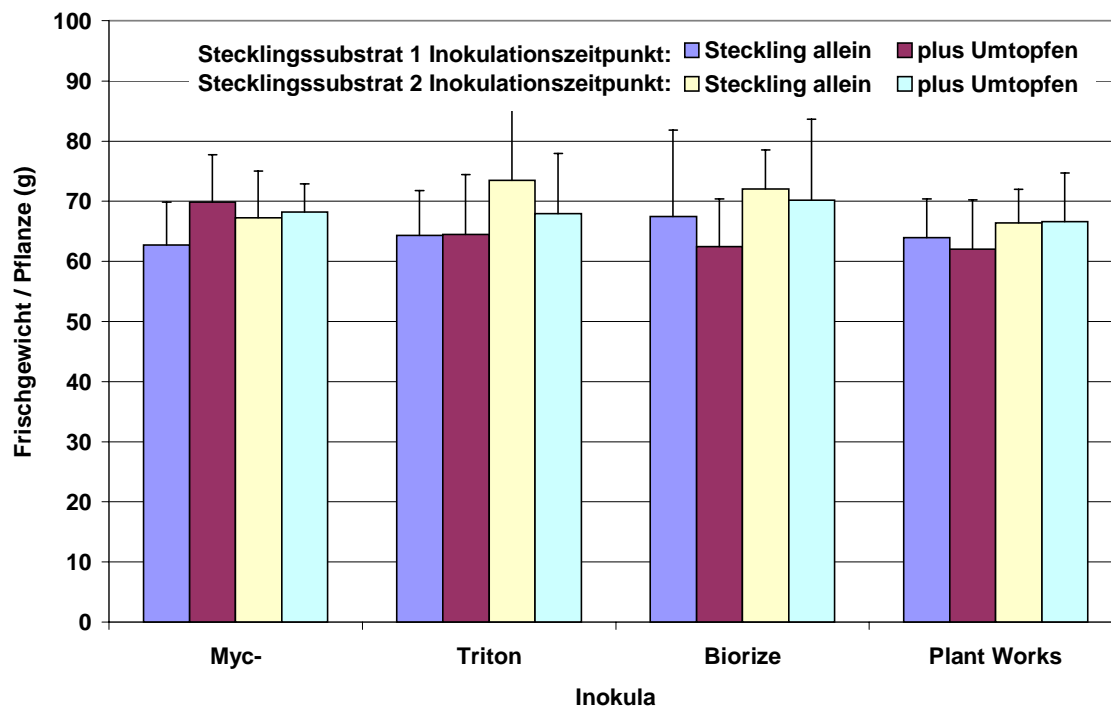


Abbildung 14: Frischgewicht von Pelargonien bei Behandlung mit kommerziellen AMP-Inokula in Abhängigkeit von Substrat und Inokulationszeitpunkt (n =10 Fehlerbalken = Standardabweichung)

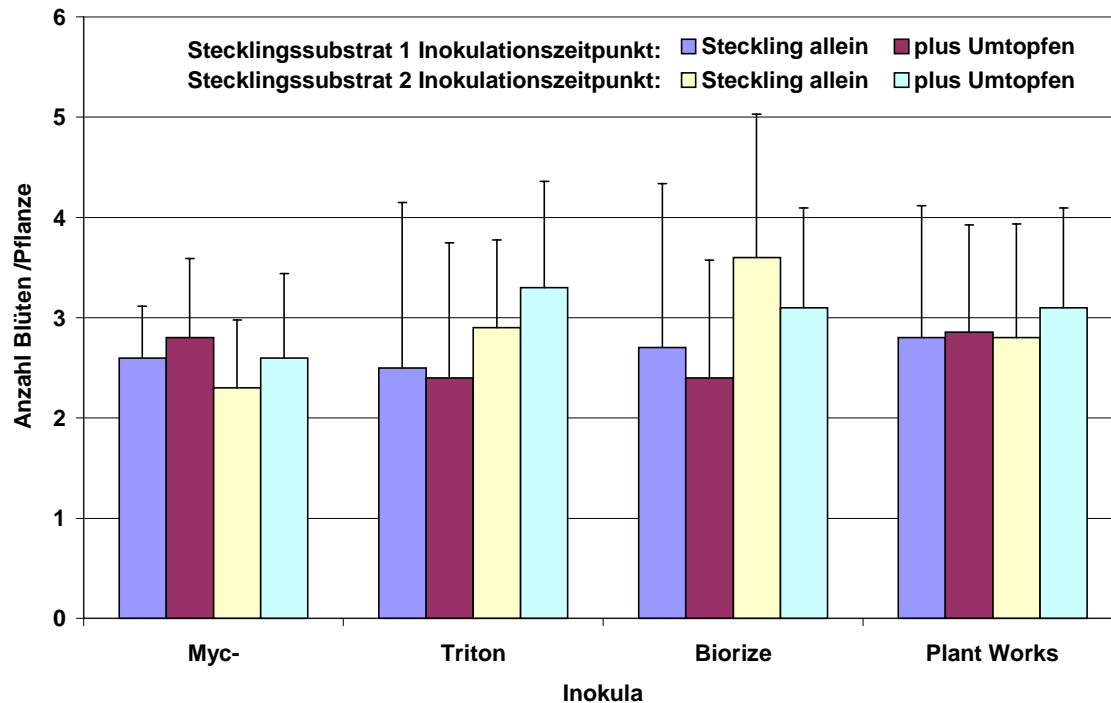


Abbildung 15: Anzahl Blütenstände von Pelargonien bei Behandlung mit kommerziellen AMP-Inokula in Abhängigkeit von Substrat und Inokulationszeitpunkt (n=10 Fehlerbalken = Standardabweichung)

Betrachtet man die Zahl der Blütenstände, so ergibt sich zwischen den Inokula kein Unterschied, jedoch in Bezug auf das Substrat zeigt sich ein annähernd signifikanter Unterschied zwischen den Inokulationssubstraten ($p = 0,073$, Anhang Tabelle 21).

Pflanzen die im Kompostsubstrat inokuliert worden sind, wiesen im Mittel 3 Blütenständen auf, das Substrat mit EE0 und Sand 2,6 Blütenstände.

3.1.3.1.2 Versuch P2

Die Ergebnisse des Versuches P 2 finden sich in den Abbildung 16 bis Abbildung 18 und im Anhang Tabelle 23 und Tabelle 24.

In Bezug auf die AM-Wurzelbesiedelung, die zu Ende des Versuches nach 16 Wochen Kulturzeit erhoben wurde, zeigte sich eine Abhängigkeit vom Inokulum. Während Triton nur im Substrat mit 20% Kompost Besiedelungsraten um 30% erzielte, konnte im Mittel für Biorize eine höhere Besiedelungsdichte mit Werten bis zu 60% ermittelt werden. Die Variante Plant Works lag nicht höher als 27%. Triton wies eine klare Abhängigkeit von der Kompostmenge mit sehr niedrigen Werten in den Varianten mit 30 und 40% Kompost auf.

Sowohl in der Anzahl Blüten als auch im Frischgewicht konnten keine Unterschiede zwischen den Behandlungen festgestellt werden. Der Kompostanteil hatte im Frischgewicht den größten Einfluß; 40% Kompostanteil bewirkten eine leichte Verbesserung in den sonst gleichmäßig gedüngten Substraten.

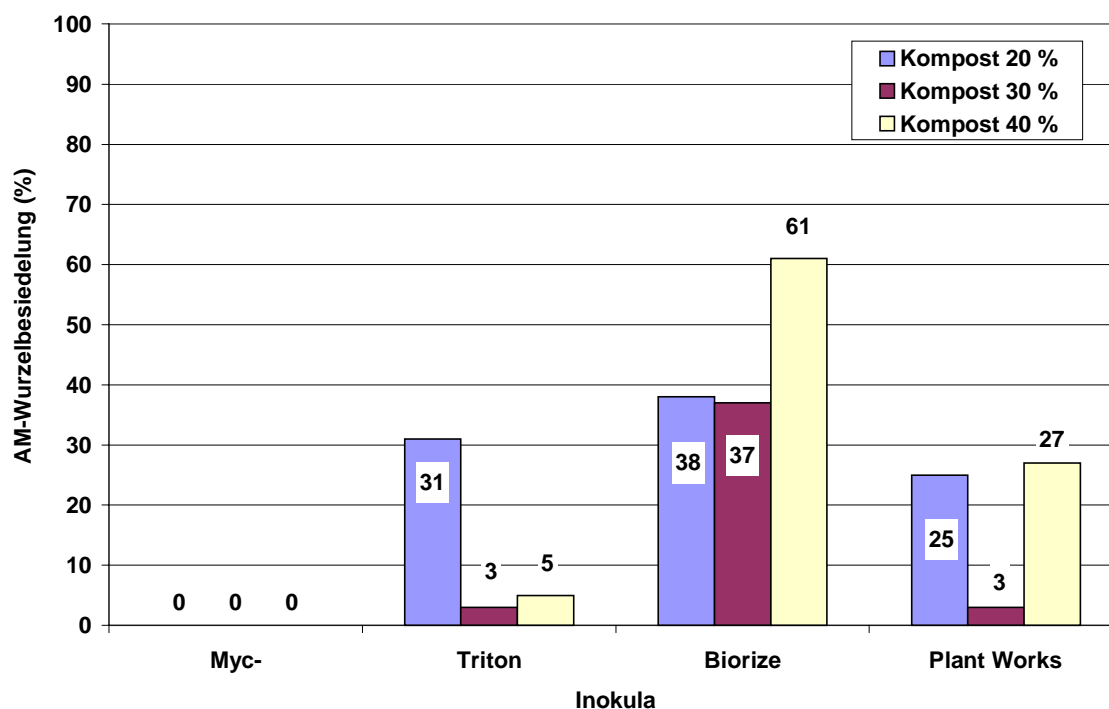


Abbildung 16: AM-Wurzelbesiedelung von Pelargonien (Mischproben) durch kommerzielle Inokula in Abhängigkeit vom Kompostgehalt im Substrat

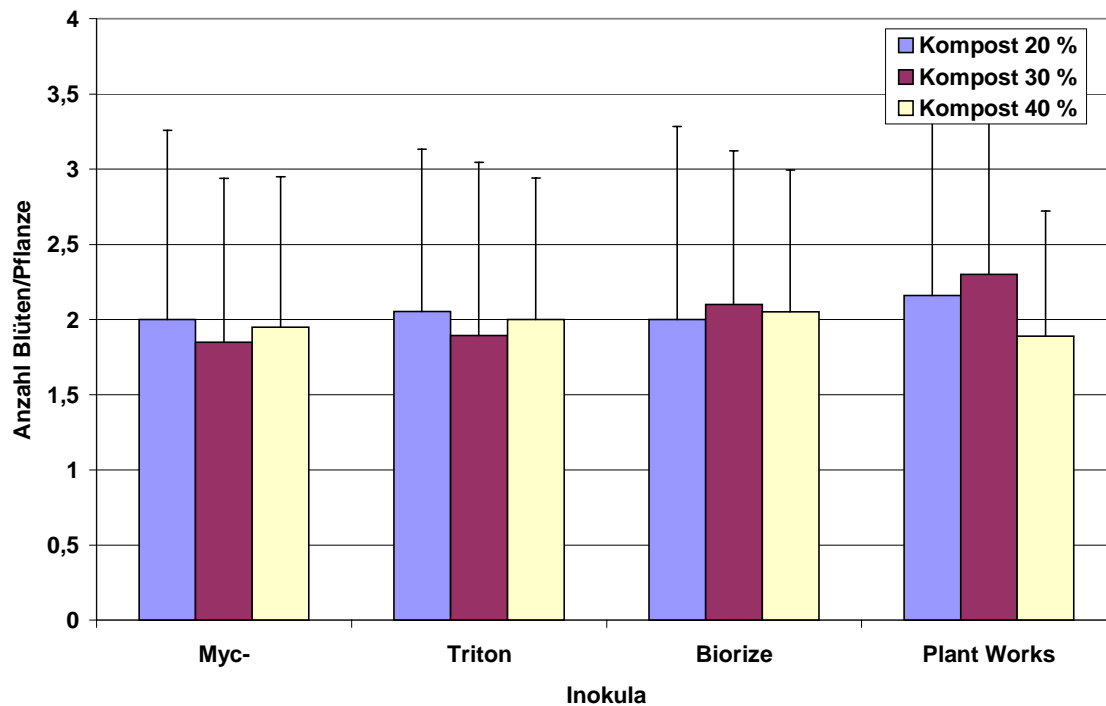


Abbildung 17: Anzahl Blütenstände von Pelargonien bei Behandlung mit kommerziellen AMP-Inokula in Abhängigkeit vom Kompostgehalt im Substrat (n=20; Fehlerbalken = Standardabweichung)

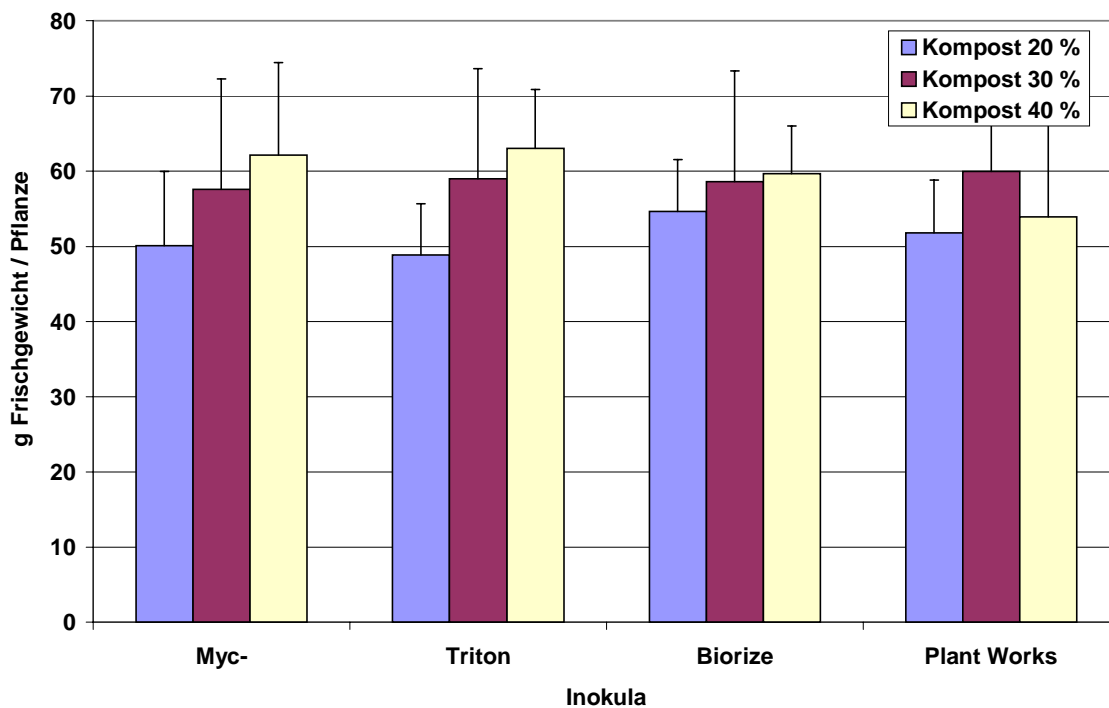


Abbildung 18: Frischgewicht von Pelargonien bei Behandlung mit kommerziellen AMP-Inokula in Abhängigkeit vom Kompostgehalt im Substrat (n = 20; Fehlerbalken = Standardabweichung)

3.1.3.1.3 Versuche P3/P4

In beiden Versuchen, die im Betrieb Biogarten Flechtdorf in Korbach stattfanden (Weißtorf/Kompost/Holzfaser P3; Weißtorf/Kompost P4), konnte kein Unterschied zwischen den Behandlungen mit den kommerziellen Inokula erzielt werden. Die Ergebnisse werden nicht dargestellt. Trotz der guten Ergebnisse aus Versuch P1 bezüglich der Wurzelbesiedelung sowie in anderen Versuchen mit Stecklingsinokulation (W1) konnten hier die Stecklinge nicht erfolgreich inokuliert werden. Das Stecklingssubstrat bestand in Übereinstimmung mit den Kollegen vom FiBL aus EE0 (75%) und Perlite (25%). Es enthielt also im Gegensatz zu P1 und W1 keinen Sand- oder Kompostanteil. Alle anderen Verfahrensschritte waren gleich wie die der anderen Versuche. Im Unterschied zu den vorhergehenden Versuchen, die trotz geringer Besiedlungsdichten nach der Bewurzelungs- und Inokulationsphase hohe Werte in den Endtöpfen aufwiesen, konnten hier auch im Endtopf bei der Endbonitur keine Besiedelung ermittelt werden. Damit sind die Versuchsergebnisse in Bezug auf die Inokulationserfolge mit AMP ähnlich den Schweizer Ergebnisse einzustufen, bei denen nur mit dem Tritoninokulum eine zufriedenstellende Kolonisierungsrate in den parallel durchgeführten Versuchen erzielt werden konnte. Insofern erhärtet sich die These, dass für erfolgreiche AMP Inokulationen in der Praxis eine Optimierung des Anzuchtsubstrats je nach Kultur sinnvoll erscheint.

Das Substrat mit Holzfasernanteil zeigte in den Versuchen gute Erfolge als Torfersatzstoff. Die Pflanzen aus den Versuchen P 3 und P 4 hatte gute Qualität, so dass alle Pflanzen ohne Ausfälle und mit Erfolg vermarktet werden konnten.

3.1.3.2 Poinsettien

Die Versuche mit Poinsettien wurden in ähnliche Weise durchgeführt wie die Versuche mit Pelargonien. Im Zusammenhang mit den Versuchen auf den Betrieben wurden Versuche zur Optimierung der Stecklingsinokulation angelegt sowie in zwei Versuchen die Kultur bis zum Verkaufszeitpunkt beobachtet.

3.1.3.2.1 Versuch W 1

In diesem Versuch fand die Inokulation von bewurzelten Stecklingen im 9er Topf statt. Nach 12 Wochen wurden die Pflanzen in einen 12er Endtopf umgetopft. Die Besiedelungsrate wurde zu 3 Zeitpunkten während der Kultur beobachtet (Abbildung 19). Es zeigte sich eine Abhängigkeit vom Inokulum sowie von der Kompostmenge im Substrat. Während Triton mit maximal 15% eine geringe Besiedelungsrate im Substrat aufwies, betrug der Mittelwert der beiden anderen Inokula 40%. Die Kolonisierung in der Plant Works – Variante zum letzten Probennahmetermin wies mit 66% einen sehr hohen Wert auf. In den Varianten mit 40% Kompost lag die Kolonisierungsrate mit max. 8% in der Biorize Variante insgesamt für alle Inokula tief. In den Varianten ohne Mykorrhiza konnten keine AM-Strukturen in den Wurzeln gefunden werden.

Sowohl zu den verschiedenen Boniturterminen (Ergebnisse nicht dargestellt) als auch in der Wuchshöhe, der Brakteenanzahl und der Frischgewichtserhebung am Ende des Versuchs (Abbildung 20 und Abbildung 21) zeigten sich im Vergleich zur Kontrolle ohne AM-Inokulation keine absicherbaren bzw. besseren Ergebnisse (siehe auch Anhang Tabelle 25 - Tabelle 27).

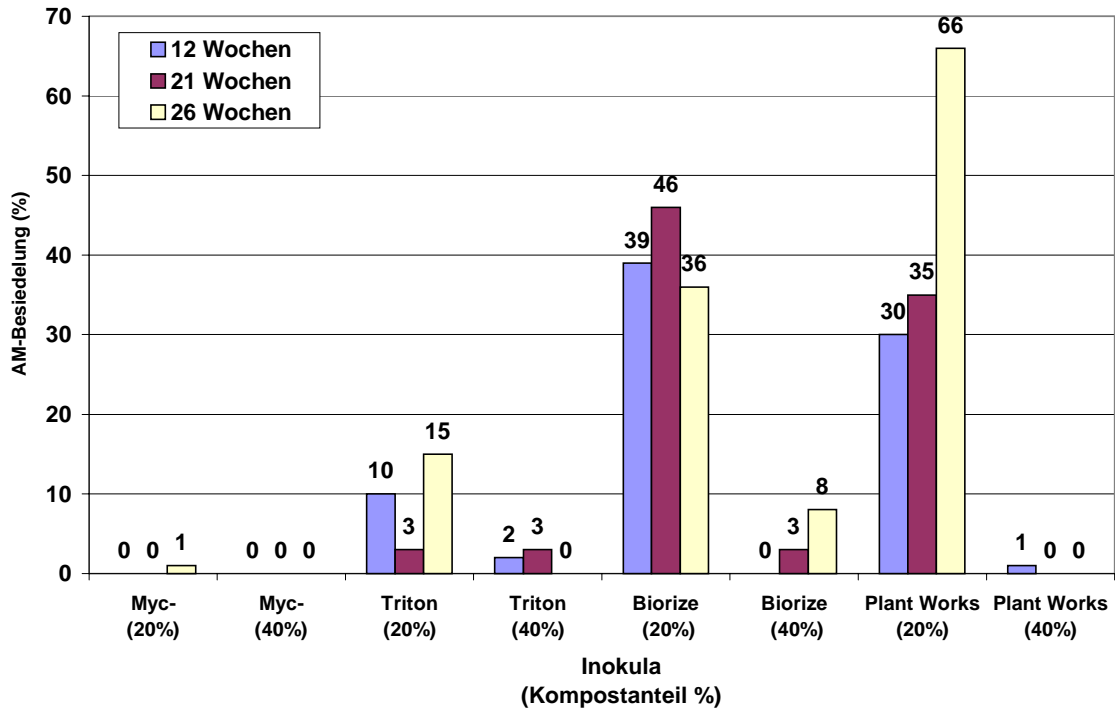


Abbildung 19: AM-Wurzelbesiedelung (%) von Poinsettien durch kommerzielle Inokula während der Vegetation (n = 10, Mischproben)

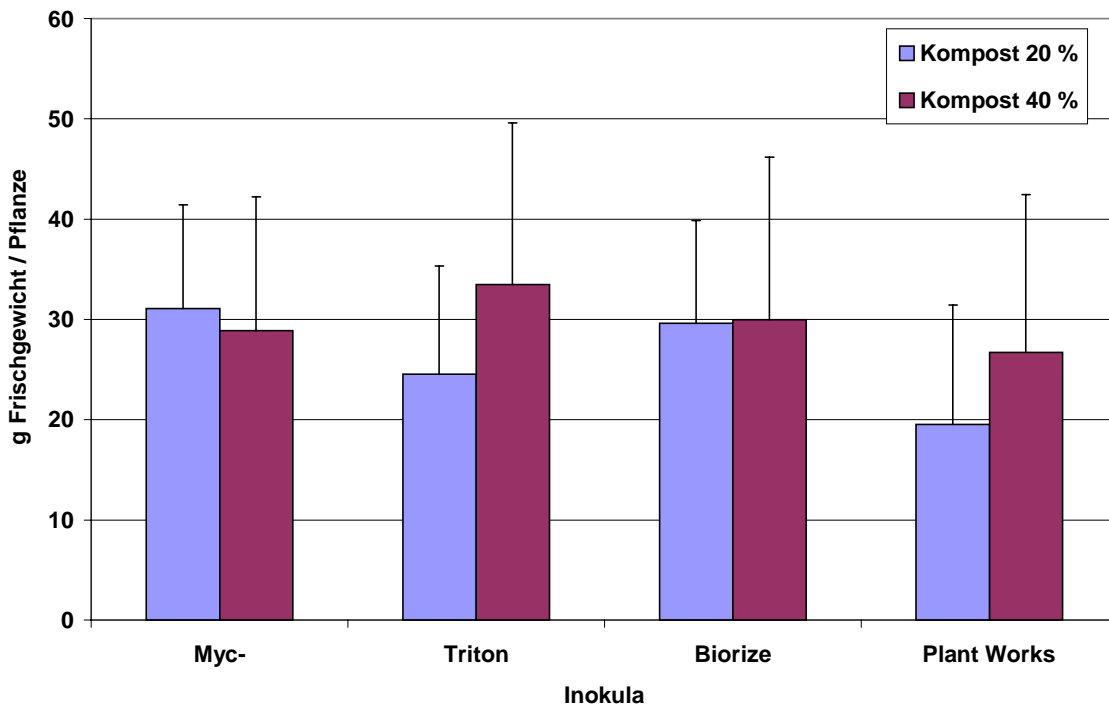


Abbildung 20: Frischgewicht von Poinsettien in einem Kompostsubstrat bei Inokulation mit kommerziellen AM-Stämmen nach 26 Wochen Kulturdauer (n = 40; Fehlerbalken = Standardabweichung)

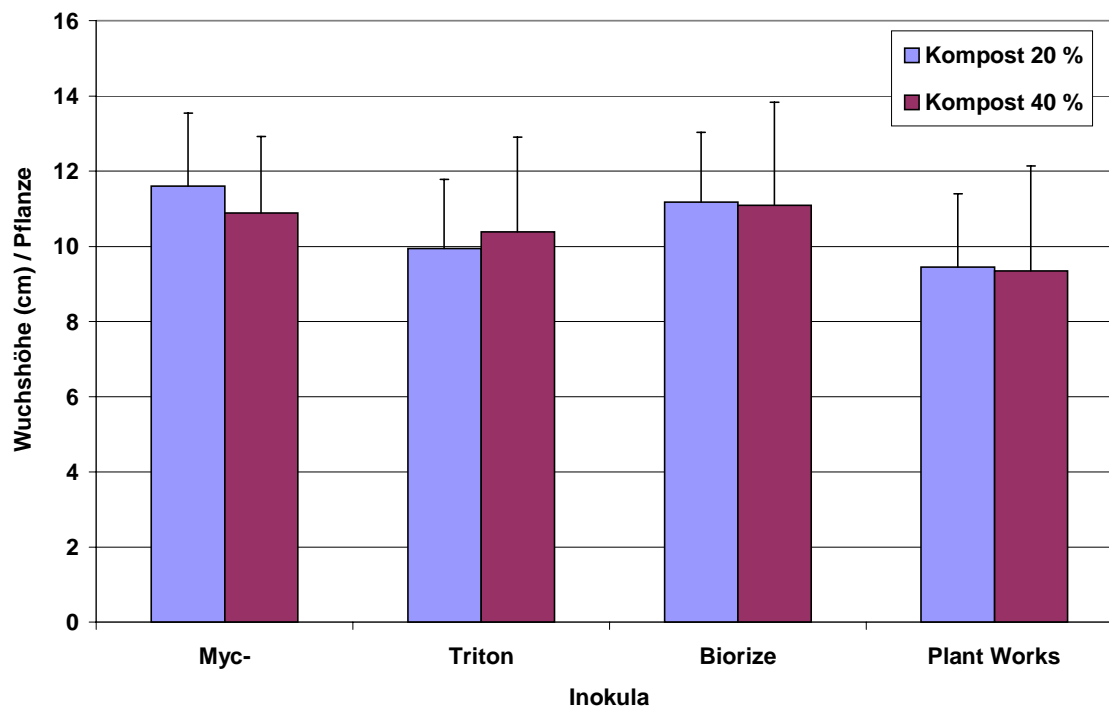


Abbildung 21: Wuchshöhe von Poinsettien in einem Kompostsubstrat bei Inokulation mit kommerzielle AM-Stämmen nach 26 Wochen Kulturdauer (n = 40)

3.1.3.2 Versuch W2

Anzuchtversuch

Dieser Versuch wurde in gleicher Weise behandelt wie der Versuch P1. Nach Abschluß der 3 Wochen währenden Stecklingsphase wurden Teilproben der bewurzelten Stecklinge auf AM-Wurzelbesiedelung sowie Sproß- und Wurzelfrischgewicht untersucht (Abbildung 22 und Abbildung 23). Die Kolonisierung der Wurzeln war in der Höhe inokulumabhängig, jedoch nur geringfügig vom Substrat (Substrat 1: mit Sand Anteil von 25% in EE0, Substrat 2 Sand und Kompost Anteil je 10% in EE0). Alle Proben wiesen eine Besiedelung zwischen 15 bis 35% in der Bewurzelungsphase auf, wobei die Tritonvarianten und Plant Works keine und Biorize eine gewisse Abhängigkeit vom Substrat aufwies. Beim Sproß- und Wurzelgewicht liessen sich keine statistisch absicherbaren Unterschiede zwischen den Varianten in Abhängigkeit von den Faktoren (Mykorrhiza oder Substrat) ermitteln. Tendenziell zeigten die Triton Varianten in Substrat 1 und das Plant Works Inokulum in Substrat 2 im Vergleich zur Kontrolle ein Steigerung des Sproß- und Wurzelgewichtes.

3.1.3.3 Versuch W3

In Versuch W2 produzierte Pflanzen wurde je Variante zur Hälfte im 9er Topf mit bzw. ohne erneute Inokulation weiterkultiviert. Die in der Weiterkultur erhobenen Daten zum Frischgewicht am Ende des Versuches zeigten keine Unterschiede zwischen den Behandlungen in Hinsicht auf die Faktoren und Faktorstufen (Abbildung 24 und Anhang Tabelle 30).

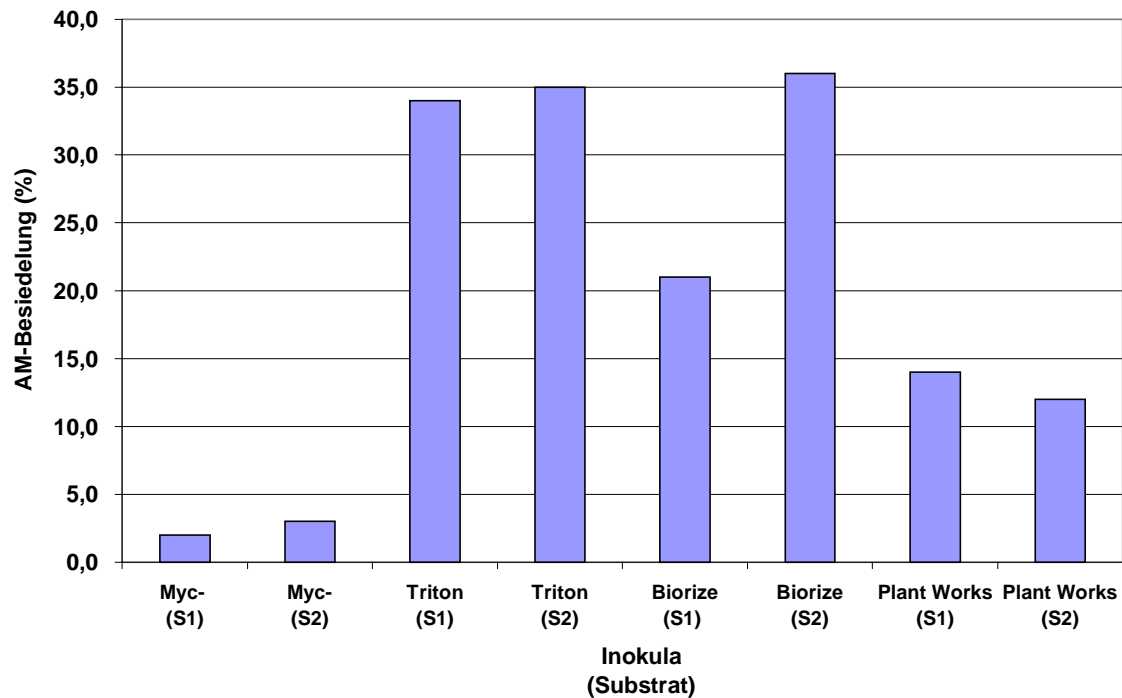


Abbildung 22: AM-Wurzelbesiedelung von Poinsettienstecklingen durch kommerzielle Inokula in Abhängigkeit vom Substrat (Stecklingssubstrat 1: 65% Einheitserde 0/ 25% Sand/ 10% Perlite; Substrat 2 (65% EE 0/ 15% Sand/ 10% Perlite/10% Kompost) (Mischproben n=10)

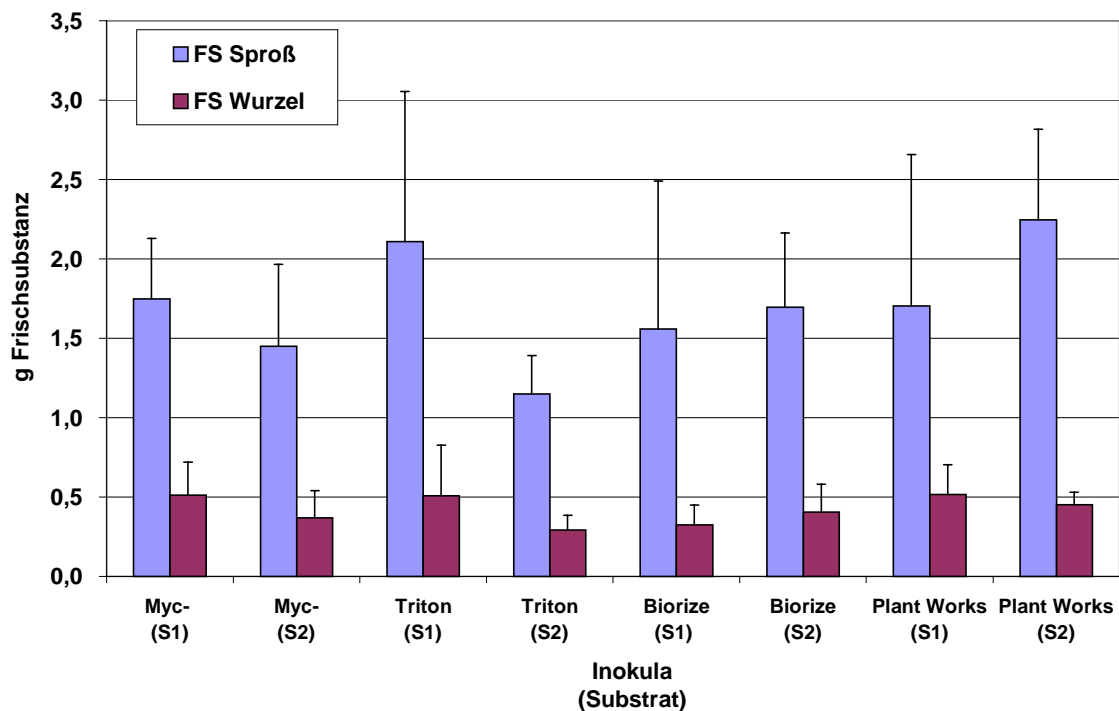


Abbildung 23: Sproß- und Wurzelfrischgewicht von Poinsettienstecklingen in Abhängigkeit vom Stecklingssubstrat (siehe Abbildung 22) bei Inokulation mit kommerziellen AM-Stämmen (n=10; Fehlerbalken = Standardabweichung)

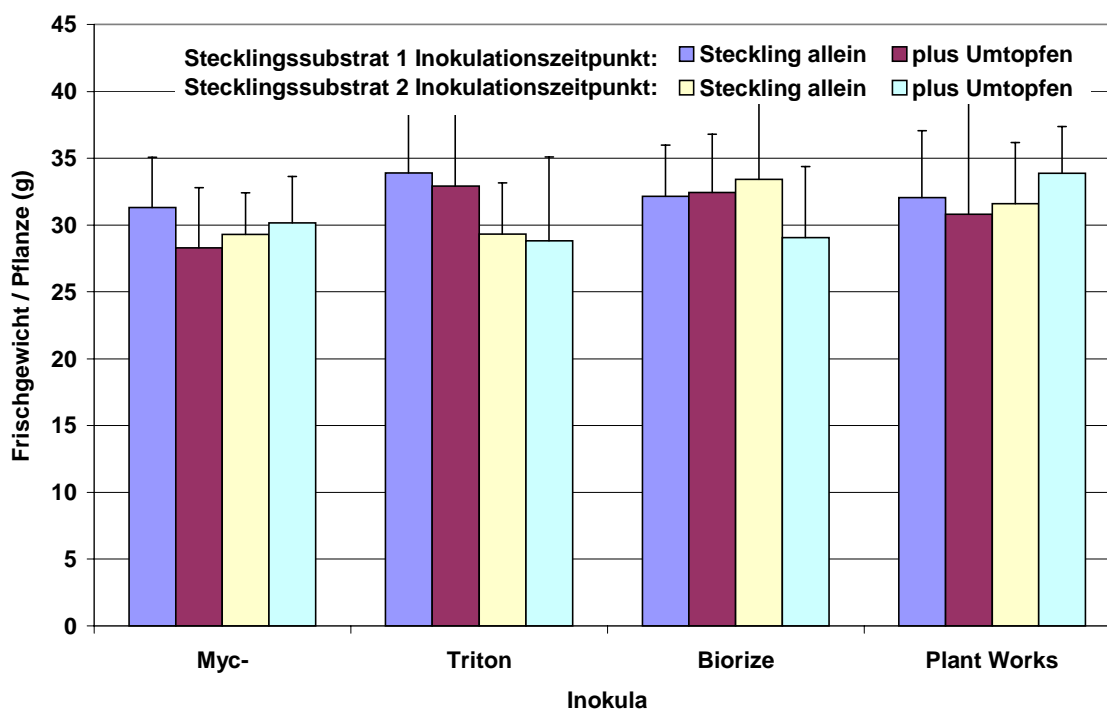


Abbildung 24: Sproßfrischgewicht von verkaufsfertigen Poinsettien kultiviert in einem Substrat mit 30 % Kompost in Abhängigkeit von Stecklingssubstrat und Inokulationszeitpunkt bei Inokulation mit kommerziellen AM-Stämmen (W3) (n=20, Fehlerbalken = Standardabweichung)

3.1.3.4 Porree

Der Porreeversuch (Winterlauch) auf der Staatsdomäne Frankenhausen ergab keine absicherbaren Ergebnisse, die auf einen Einfluß auf Wachstum und Ertrag durch die Inokulation mit den AM-Stämmen schließen lassen könnte (Tabelle 12.; Anhang Tabelle 31, Tabelle 32). Insgesamt litt der Versuch sowohl durch verspätete Pflanzung aufgrund des hohen Regenaufkommens Anfang August 2002, durch anschließende lange Trockenheit bis in den November 2002 sowie im Winter 2002/2003 unter extremen Frösten bis in den März/April 2003.

In der Anzucht im Klasman Traysubstrat konnte nach Pflanzung von halbfertigen Pflanzen, die weitere 6 Wochen in Multitopfplatten kultiviert wurden, weder eine erfolgreiche Inokulation mit den 3 kommerziellen Inokula noch eine Steigerung von Sproß- und Wurzelgewicht nachgewiesen werden (Ergebnisse nicht dargestellt). Nach Probenahme im Feld zum Abschluß des Versuches ließ sich jedoch eine Besiedelung der Wurzeln nachweisen, die für die Inokula von Biorize und Plant Works zumindest eine Tendenz erkennen lassen, dass es sich um eine Kolonisierung aufgrund der künstlichen Inokulation im Vergleich zu den Werten für die Kontrollvarianten handeln könnte. Der Phosphatgehalt des Standortes sollte in diesem Zusammenhang auch beachtet werden, der aufgrund seiner Höhe nicht als besonders förderlich für eine erfolgreiche Inokulation mit AMP angesehen werden kann (25 mg /100 g TS). Im Hinblick auf die Wachstumseffekte lassen sich weder aus den Daten zur Erhebung zum Schaftdurchmesser eingangs des Winters noch aus den Ertragsdaten aus dem April positive Einflüsse der Faktoren AM-Inokulation und Düngung ableiten. In dieser Hinsicht sind unsere Ergebnisse mit den Ergebnissen aus der

Schweiz vergleichbar, die auch auf relativ gut versorgten Standorten keine deutlichen Ertrags- bzw. Qualitätsverbesserung an Porree feststellen konnten.

Tabelle 12: Ertragsdaten und AM-Wurzelbesiedelung an Porree im Feldversuch auf der Staatdomäne Frankenhausen (Winterlauch) in Abhängigkeit vom AM-Inokulation und Düngung (D 0 = ohne zusätzliche N-Düngung, D 1 = 80 kg N als Hommehl)

	Kontrolle	Triton	Biorize	Plant Works
Düngestufe	Schaftdurchmesser (cm) (7.11.02)			
D 0	1,1	1,1	1,0	1,1
D 1	1,1	1,0	1,1	1,1
	Gewicht / Pflanze (g) (23.4.03)			
D 0	22,6	23,5	19,1	23,9
D 1	21,7	22,8	19,9	21,3
	AM-Besiedelung (%) (23.4.03)			
D 0	27	16	51	34
D 1	29	31	30	51

3.1.3.5 Erdbeere

Der Feldversuch auf dem Betrieb Kaiser mußte nach einer 2. Frühjahrsbonitur im Mai 2003 abgebrochen werden, da sowohl bereits im Winter durch die hohen Fröste als auch durch starken Frost im April der Bestand so stark geschädigt war, dass nur noch 3 Parzellen auswertbar gewesen wären.

Eine AM-Wurzelbesiedelung der Jungpflanzen war nach 4 Woche Bewurzelungsschritt im Klasmann Bio-Traysubstrat nicht erfolgreich nachzuweisen. Zur Probenahme im Feld Anfang April 2003 konnten Werte zwischen 3 (Triton) 4 (Plant Works) bzw. 14% (Biorize) Wurzelkolonisierung ermittelt werden. In den Pflanzen der Kontrollparzellen konnten keine Besiedelung festgestellt werden.

4 Nutzen und Verwertbarkeit (Projektbereich FÖL)

Die unter Praxis- und Laborbedingungen durchgeführten Versuche hatte zum Ziel:

- Die Wirkung von AM-Stämmen, inokuliert in Substrate mit hohem Kompostanteil, die im ökologischen Landbau zugelassen sind, auf Wachstum, Blühverhalten, Ertrag und Qualität von Pelargonien, Poinsettien, Porree und Erdbeeren zu überprüfen,
 - die Abhängigkeit der AM-Wurzelbesiedelung vom Anzuchtsubstrat sowie vom Inokulationszeitpunkt bei Poinsettien und Pelargonien festzustellen (zusätzlicher Aufgabenbereich, der sich im Laufe des Projektes ergab und sinnvoll ist, da eine frühstmögliche Inokulation kostengünstig ist und arbeitstechnische Vorteile bietet) und
 - AMP Behandlungen und die Wirkung von suppressiven Komposten in Kombinationsversuchen zu überprüfen.
1. Von unmittelbarer Bedeutung für praktische Belange ist, dass Substrate, die hohe Kompostanteile (bis zu 40 % Grünabfallkomposte aus der getrennten Sammlung organischer Abfälle) enthielten, richtlinienkonform sowohl bei den Partnern und auf den Betrieben eingesetzt werden konnten, gute Qualität in den Zierpflanzenkulturen zu produzieren waren und die Pflanzen ohne Probleme vermarktbar waren. Die inokulierten Substrate haben zu beträchtlicher Besiedelung der Wurzeln an Zierpflanzen geführt, so dass davon auszugehen ist, dass durch diese Substrate trotz hoher Nährstofffrachten eine Besiedelung nicht grundsätzlich verhindert wird. Dies ist umso bedeutsamer, da die hier verwendeten Komposte nicht nativ mit AMP besiedelt waren. Jedoch muß eingeräumt werden, dass für weitergehende Empfehlungen in Bezug auf die AMP-Besiedelung von wertvollen, mehrjährigen und mycotrophen Kulturen, die in Freiland gepflanzt werden sollen, Optimierungsbedarf besteht (z. B. Ziergehölze, Containerkulturen). Die AMP-Besiedelung hat in den überprüften Zierpflanzenkulturen nicht zu signifikant besseren Wachstums- oder Qualitätseffekten geführt. Jedoch zeigte die leichte Verbesserung der Blühneigung bei Pelargonien interessante Tendenzen für Qualitätssteigerungen auf. Für eine gesicherte Bestätigung und Empfehlung aber müssten längerfristige Beobachtungen dienen, die gewissermaßen die „Außenbedingungen“ für Pelargonien im Pivathaushalt simulieren.
 2. Die Versuche zur Optimierung der Anzuchtsubstrate und des Inokulationszeitpunktes von AMP zeigen sowohl bezüglich der Kosten, die eine Inokulation mit AMP verursacht (in Stecklingssubstraten werden nur geringe Menge an Substrat benötigt), als auch hinsichtlich der Praktikabilität einen weiteren Nutzenaspekt auf (nach der Stecklingsphase wird in der Praxis vielfach in den Endtopf getopft). Sowohl Pelargonien als auch Poinsettienstecklinge waren erfolgreich in Stecklingssubstraten zu inokulieren. Eine erneute Inokulation war nicht notwendig. Vielmehr waren frühe Inokulationen bei einzelnen Stämmen günstiger. Bedeutsam ist die Tatsache, dass Abhängigkeiten von der Qualität der Stecklingssubstrate in Bezug auf den Inokulationserfolg ermittelt wurden, die noch in der Weiterkulturphase zu sichern waren. Bei Substraten mit Sandanteilen bzw. Sand- und Kompostanteilen waren Besiedelungserfolge zu verzeichnen. In kommerziellen Substraten gab es unterschiedliche Ergebnisse bzw. Mißerfolge in den verschiedenen Kulturen. Jedoch besteht insgesamt noch Forschungs- und Optimierungsbedarf, ehe endgültige Empfehlungen ausgesprochen werden können.
 3. Die Kombination von suppressiven Komposten und AMP haben vielversprechende Ergebnisse geliefert. Unseres Wissens nach erstmalig wurden signifikante

Wechselwirkungen zwischen Komposten und AMP gegenüber Wurzelpathogenen ermittelt, die eindeutig in Modellsystemen zu synergistischen Effekten geführt haben. Dabei haben sich besonders die kommerziellen Inokula aber auch tendenziell ISCB Stämme bewährt. Die Ergebnisse zur Krankheitsunterdrückung müssen aber weiter abgesichert werden und stellen einen wichtigen System-Forschungsansatz dar. So wäre es auch interessant, Zusammenhänge zwischen dem Komposteinsatz und nativer AMP auf ökologisch bewirtschafteten Standorten hinsichtlich der suppressiven Effekt zu erforschen. Mittelfristig zeichnet sich aber als ein interessanter Ansatz ab, die Verbindung zwischen suppressiven Komposten, AMP Inokulation und schwer kontrollierbaren bodenbürtigen Krankheiten bei mycotrophen, mehrjährigen Kulturen, die von wirtschaftlichem Interesse für den Ökolandbau sind, systematisch zu untersuchen. Erdbeeren bieten hier vor dem Hintergrund der interessanten Ergebnisse mit den ISCB Stämmen in den Untersuchungen des FIBL ein wichtiges Beispiel für einen solchen Ansatz.

5 Zusammenfassung

Problemstellung

Mykorrhizapilze bilden ein beachtetes Agens im ökologischen Landbau. Während vielfach schon prinzipiell die Rolle der AM-Pilze für die Nährstoffaufnahme, die Steigerung der Stressresistenz und der Abwehr von Pflanzenkrankheiten untersucht worden ist, kommt der gezielten Anwendung im mitteleuropäischen Raum bisher keine große Bedeutung zu. Daher war es im Rahmen dieses Projektes zu klären, ob kommerziell verfügbare Stämme und aus ökologischen Flächen stammende Stämme, die durch das Botanische Institut der Universität Basel selektiert worden waren, in verschiedenen gartenbaulichen Kulturen einsetzbar sind und dort zu Steigerung von Nährstoffeffizienz und Krankheitsunterdrückung gegenüber bodenbürtigen Schaderregern beitragen können.

Zielsetzung

Die Arbeiten am FÖL hatten zum Ziel:

1. Herstellung von Komposten und Substraten zur Verwendung in der Anzucht von Jungpflanzen und der Weiterkultur von Zierpflanzen für die Versuche mit AMP am IGZ, FIBL und FÖL.
2. Praxisorientierte Feldversuche mit Lauch, Erdbeeren, Pelargonien und Poinsettien zur Testung von kommerziellen AM-Inokula zur Steigerung von Ertrag und Qualität der Kulturpflanzen
3. Testung von kommerziellen AM-Stämmen sowie von AM-Stämmen der Universität Basel (ISCB Stämme) auf Krankheitsunterdrückung gegenüber bodenbürtigen Schaderregern am Beispiel von *Pythium ultimum* an Erbsen im Vergleich und in Wechselwirkung mit suppressiven Komposten.

Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die im Projekt erzeugten Grünabfallkomposte aus Baum- und Strauchschnitt zeigten hervorragende Qualität und unterschritten die Grenzwerte für Substratkomposte deutlich. Alle verwendeten Komposte konnten in Anteilen von 20 und 40 vol.% als Zuschlag zu Weißtorf eingesetzt werden und lagen im Vergleich zu den kommerziellen Substraten von Klasmann vergleichbar oder besser (siehe dazu auch Berichte der anderen Partner).

Kommerzielle Inokula der Firmen Triton, Biorize und Plant Works wurden in den Kulturen Porree (Winterlauch) und Erdbeeren bei der Jungpflanzenanzucht in Mischungsanteilen von 3 bis 5% (vol.) eingesetzt. In beiden Kulturen gestaltete sich eine erfolgreiche Besiedlung mit den Mykorrhizapilzen als sehr schwierig. Unterschiede zwischen den Behandlungen konnte nach Abschluß der Jungpflanzenphase nicht beobachtet werden. Zum Eingang des Winters 2003 ließen sich beim Lauch keine gesicherten Unterschiede zwischen den Varianten feststellen (Schaftdurchmesser). Auch bei der Ernte im April setzte sich dieser Trend bezüglich anderer Kriterien fort. Tendenziell zeigten die Mykorrhizavarianten eine deutlich höhere AMP-Wurzelbesiedlungsdichte als die Kontrollvarianten. Der Versuch mit Erdbeeren konnte aufgrund frostbedingter Ausfälle im Winter 2002/2003 nicht ausgewertet werden.

In mehreren Versuchen mit den kommerziellen Inokula in den oben erwähnten Substraten konnte an Poinsettien insbesondere im Substrat mit 20% Kompost erfolgreich eine Infektion mit den Mykorrhizapilzen induziert werden, die im Verlauf der Kultur zunahm. Keine der erhobenen Parameter (Brakteenansatz, Frisch-, Trockengewicht, Wuchshöhe, Bonitur) ließ aber Schlüsse auf eine positive Mykorrhizawirkung zu. Von

Bedeutung war, dass unbewurzelte Stecklinge während der Bewurzelungsphase in einem Zeitraum von 4 Wochen erfolgreich mit Mykorrhiza infiziert werden konnten, jedoch hatte dies in der Weiterkultur in den verwendeten Substraten keine Auswirkung auf eine Verbesserung in der Qualität der Pflanzen.

Desgleichen wurden Pelargonien behandelt. Bemerkenswert war dabei, dass eine Inokulation im Stecklingssubstrat eine ausreichende Besiedlungsrate in der Weiterkultur in Substraten mit 30% Kompostanteil ohne einen weiteren Zusatz an Mykorrhiza verursachte. Nach einer Kulturdauer von 4 Monaten zeigte sich bei Pflanzen, die in einem Stecklingssubstrat mit 10% Kompostanteil vorgezogen worden waren, signifikant höhere Werte im Sproßgewicht ($p = 0,003$) und eine annähernd signifikant ($p = 0,073$) höhere Zahl von Blütenständen als bei Pflanzen, die in einem Substrat ohne Kompost bewurzelt wurden.

Mit Abstand die interessantesten Ergebnisse wurden in den Versuchen zur Krankheitsunterdrückung erzielt. Bei Anlage von 3-faktoriellen Versuchen (Infektion *P. ultimum*, Substrat, Mykorrhiza) konnten signifikante Verbesserungen der Parameter Sproßgewicht (FG, TG) und Wurzel-FS durch den Einsatz der AM-Stämme festgestellt werden. Dabei konnten die signifikanten Kompostwirkungen durch alle drei kommerziellen Stämme/Inokula signifikant verbessert werden. Folglich bestand eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Komposten und der Mykorrhiza. Allein das Inokulum der Fa. Plant Works bewirkte eine signifikante Verbesserung der Pflanzengesundheit im Sandsubstrat, jedoch synergistische Effekte in Kombination mit Komposten mit allen Inokula. Bei Verwendung von 13 ISCB Stämmen konnten diese Effekte nur tendenziell gezeigt werden, da durch extreme Hitze des Sommers 2003 die Gewächshauskabinen nicht mehr entsprechend kontrollierbar waren. Mit drei ausgewählten Stämmen (20, 22, 47) wurden im gleichen Design - jedoch mit einer zusätzlichen höheren *Pythium* Stufe - wiederum signifikante Effekte durch die Komposte beobachtet, jedoch keine signifikante Wechselwirkung zwischen Substrat und Mykorrhiza ermittelt. Hingegen sind die Ergebnisse mit dem Stamm 22, der sowohl im reinen Sandsubstrat als auch im Kompostsubstrat trotz des hohen Befallsdruckes deutlich erkennbar den Befall im Vergleich zu den Kontrollen steigerte, als vielversprechend anzusehen.

6 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten und tatsächlich erreichten Ziele

- Die nachstehende Tabelle zeigt schematisch einen Vergleich zwischen geplanten und erreichten Zielen mit entsprechender Berücksichtigung der Aufgaben des FÖL (in Tabelle **fett**) und der *Zielveränderung* (in Tabelle *kursiv*) während des Projektes (siehe auch Kap. 1.1)

Geplant nach Forschungsantrag	Erreicht nach 17 monatigem Projekt
Ziel 1: Vermehrung von neuen Mykorrhizastämmen und Charakterisierung kommerzieller Stämme unter kontrollierten, der Praxis angenäherten Bedingungen auf Wachstum, Nährstoffaufnahme und Krankheitsunterdrückung in ausgewählten Gemüse-, Obst- und Zierpflanzenkulturen zur Selektion von Superelitestämmen	<p>Kommerzielle Produkte aus dem In- und Ausland wurden in den Zierpflanzen in verschiedenen Substraten getestet. Eine Einschätzung bezüglich des Inokulationserfolgs in richtlinienkonformen Substraten sowie der Möglichkeiten und Grenzen der getesteten AMP bei Pelargonien und Poinsettien ist möglich. Der Erdbeerversuch mußte witterungsbedingt abgebrochen werden (Auswinterringsschäden); der Porreeversuch ergab wahrscheinlich aufgrund des Phosphatgehaltes des Standortes keine Aussage zur Eignung der AMP Stämme.</p> <p>Charakterisierung krankheitsunterdrückender Wirkungen erfolgt: In Modellsystemen mit Erbsen /<i>P. ultimum</i> konnten sie durch die kommerziellen Produkte sowie durch den ISCB Stamm 22 nachgewiesen werden. Synergistische Effekte mit suppressiven Komposten nachgewiesen.</p>
Ziel 5: Erarbeitung von praxisrelevanten Informationen für die schnelle Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis des ökologischen Gartenbaus	Merkblatt zum Substrat- und Komposteinatz für den Gartenbau und die Jungpflanzenanzucht erstellt

7 Literaturverzeichnis

- Barea, J. M., Andrade, G. Bianciotto, V., Dowling, D., Lohrke, S., Bonfante, P. O'Gara, F. and Aguilar, A., 1998: Impact on arbuscular mycorrhiza formation of *Pseudomonas* strains used as inoculant for biocontrol of soil borne fungal plant pathogens. *Applied and Environmental Microbiology*, 64: 2304-2307
- BGK, 1998 (Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.): Methodenbuch zur Analyse von Komposten, 4. ergänzte und überarbeitete Auflage, Verlag Abfall Now, Stuttgart
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell B., Grave, T., Malajczuk, N. (1996) Working with Mykorrhizas in forestry and agriculture. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research Monograph 32
- Brunner-Keinath, S. und E. Seemüller (1993): Infektionsversuche mit *Phytophthora*-Arten an Himbeere und Untersuchungen zum Einfluß von Komposten und Vorfrüchten auf den Befall durch *P. fragariae* var. *rubi*. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 45, 1-6
- Bruns, C. (1998): Suppressiv Effekte von Bioabfallkompost und Rindermistkompost gegenüber bodenbürtigen Schaderregern - Wirkungen und Einflußfaktoren der mikrobiellen Ökologie der Komposte. Dissertation, Universität Gesamthochschule Kassel, Pahl Rugenstein Verlag, Bonn, Hochschulschriften 293
- Bruns, C. und C. Schüler, 2002: Suppressiv effects of composted yard wastes against soil borne plant diseases in organic horticulture. In: Michel, F. C. jr., Rynck, R., Hoitink, H. A. J. (Eds.): *Compost and Compost Utilization, Proc.*, CD www.composting2002.org, www.jgpress.com JGPress Inc., Emmaus PA, USA
- Bruns, C. und F. Waldow, 2003: Einsatz von suppressiven Komposten zur Kulturstabilisierung gegenüber bodenbürtigen Schaderregern in ökologisch geführten Gartenbaubetrieben (Abschluß BLE Projekt 98UM122, unveröffentlicht)
- Cordier, C., Pozo, M.J., Barea, S., Gianinazzi, S. and Gianinazzi-Pearson, V., 1998: Cell defense responses associated with localised and systemic resistance to *Phytophthora parasitica* induced in tomato by arbuscular mycorrhizal fungus. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 11 (10), 1017-1028
- Dehne, H. W. 1987: Zur Bedeutung der vesikulär-arbuskulären (VA) Mykorrhizafür die Pflanzengesundheit. *Habilitationsschrift Universität Hannover*
- Diedhiou, P. M., 2001: Untersuchungen zum Auftreten und zur Bedeutung der arbuskulären Mykorrhizapilze für die Pflanzengesundheit und -vitalität. *Dissertation Universität Bonn*
- Giovannetti M, Mosse B (1980) An evaluation of techniques for measuring arbuscular Mykorrhizal infection in roots. *New Phytol* 84:489-500
- Goswami, M. G. und Jamaluddin, 2001: A note on vesiculär-arbuscular mycorrhiza development in *Albizia procera* in root trainers. *Mycorrhiza-News*, 13, 21-22.
- Hoitink H. A. J., and Boehm, M.J. (1999): Biocontrol within a context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. *Ann. Rev. Phytopathol.* 37, 427-446.
- Hoitink, H. A. J. und M. E. Grebus (1994): Status of biological control of plant diseases with composts. *Compost Science & Utilization*, Spring, 6-12
- Hoitink, H.A.J. und P.C. Fahy (1986): Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts.. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 24, 93-114
- Koske, R.E., Gemma, J.N. (1989) A modified procedure for staining roots to detect VA Mykorrhiza. *Mycol. Res.* 4, 486-488
- Kuter, G. A., H. A. J. Hoitink und W. Chen (1988): Effects of municipal sludge compost curing time on suppression of *Pythium* and *Rhizoctonia* diseases of ornamental plants. *Plant Disease* 72, 751-756
- Lewis, J. A., R. D. Lumsden, P. D. Millner und A. P. Keinnath (1992): Suppression of damping-off of peas and cotton in the field with composted sewage sludge. *Crop Protection*, 11, 260-266
- Linderman, R. G. und E. A. Davis, 2001: Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth to soil amendment with composted grape pomace or its water extract. *Hort. Technology*, 11, 446-450.
- Lumsden, R. D., J. A. Lewis und P. D. Millner, (1983): Effect of composted sewage sludge on several soilborne pathogens and diseases. *Phytopathology*, 73, 1543-1547
- Lumsden, R. D., P. D. Millner und J. A. Lewis, (1986): Suppression of lettuce drop caused by *Sclerotinia minor* with composted sewage sludge. *Plant Disease*, 70, 197-201
- Oehl, F. 2002: mündliche Mitteilung

- Phillips, J.M., Hayman, D.S. (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular Mykorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans Brit Mycol Soc* **55**,158-161
- Schüler, C., J. Pikny, M. Nasir und H. Vogtmann (1993): Effects of composted organic kitchen garden waste on *Mycosphaerella pinodes* (Berk. et Blox) Vesterg., causal organism of foot rot on peas (*Pisum sativum* L.). *Biol. Agric. Hortic.*, 9, 353-360
- Schüler, C., J. Biala, C. Bruns, R. Gottschall, S. Ahlers und H. Vogtmann (1989): Suppression of root rot on peas, beans and beetroots caused by *Pythium ultimum* and *Rhizoctonia solani* through the amendment of growing media with composted organic household waste. *J. Phytopathology* 127, 227-238
- Szczzech, M., W. Rodomanski, M. W. brzeski, U. Smolinska und J. F. Kotowski (1993): Suppressive effect of a commercial earthworm compost on some root infecting pathogens of cabbage and tomato. *Biological Agriculture and Horticulture*, 10, 47-52
- Tuiter G. und G. J. Bollen (1996): The effect of composted vegetable, fruit and garden waste on the incidence of soilborne plant diseases. In: Bertoldi, M. de, P. Sequi, B. Lemmes und T. Papi (Hrsg.) *The science of composting, Part 2*, 1365-1369, Chapman & Hall, London (1996)
- van Os, G. J. und W. J. M. van Gulik (1996): Possibilities for biological control of *Pythium* root rot in ornamental bulb culture with composted organic household waste. In: Bertoldi, M. de, P. Sequi, B. Lemmes und T. Papi (Hrsg.) *The science of composting, Part 2*, 1374-1375, Chapman & Hall, London (1996)
- VDLUFA (1991) *Methodenbuch Bd. 1*, Verlag VDLUFA, Darmstadt
- VDLUFA (1997) *Methodenbuch Bd. 1*, Verlag VDLUFA, Darmstadt

8 Anhang

Versuch Erbs1

Tabelle 13: ANOVA Tabelle Erbsen Frischgewicht Wurzel (g) (Erbs1)

Abhängige Variable Frischgewicht Wurzel

Quelle	SQ	FG	MQ	F	p
Konstante	21473,46	1	21473,46	1788,045	0,000000
Substrat	411,92	1	411,92	34,300	0,000000
Mycor	135,88	3	45,29	3,771	0,013186
PultSt	1813,63	2	906,82	75,509	0,000000
Substrat*Mycor	146,28	3	48,76	4,060	0,009221
Substrat*PultSt	373,20	2	186,60	15,538	0,000001
Mycor*PultSt	90,79	6	15,13	1,260	0,283309
Substrat*Mycor*PultSt	195,66	6	32,61	2,715	0,017725
Fehler	1140,90	95	12,01		

Tabelle 14: Mittelwertvergleichstest nach Tukey ($p \leq 0,05$).Wurzelfrischgewicht (g) (Erbs1) (Varianten mit gleichen Buchstaben sind statistisch nicht unterscheidbar)

	Substrat	Mycor	PultSt	Wurzel FS (g)	
1	K	Ko	0	20,102	fg
2	K	Ko	1	10,882	abcde
3	K	Ko	2	9,712	abcd
4	K	Tr	0	18,340	efg
5	K	Tr	1	17,050	def
6	K	Tr	2	15,372	cdef
7	K	Bior	0	17,308	def
8	K	Bior	1	14,455	bcdef
9	K	Bior	2	13,438	abcdef
10	K	PI W	0	17,352	def
11	K	PI W	1	14,702	cdef
12	K	PI W	2	14,994	cdef
13	S	Ko	0	18,090	ef
14	S	Ko	1	8,336	abc
15	S	Ko	2	7,724	abc
16	S	Tr	0	16,736	def
17	S	Tr	1	7,642	abc
18	S	Tr	2	6,348	ab
19	S	Bior	0	16,948	def
20	S	Bior	1	7,762	abc
21	S	Bior	2	5,638	a
22	S	PI W	0	26,316	g
23	S	PI W	1	10,232	abcde
24	S	PI W	2	7,238	abc

Tabelle 15. ANOVA Tabelle Erbsen Gesamtfrischgewicht Sproß/Wurzel (g) (Erbs1)

Abhängige Variable Gesamtfrischgewicht Sproß/Wurzel

	SQ	FG	MQ	F	p
Konstante	184027,9	1	184027,9	3926,531	0,000000
Substrat	10441,9	1	10441,9	222,796	0,000000
Mycor	2370,5	3	790,2	16,859	0,000000
PultSt	6817,9	2	3409,0	72,736	0,000000
Substrat*Mycor	758,1	3	252,7	5,392	0,001805
Substrat*PultSt	1852,1	2	926,1	19,759	0,000000
Mycor*PultSt	291,5	6	48,6	1,037	0,406619
Substrat*Mycor*PultSt	536,3	6	89,4	1,907	0,087506
Fehler	4452,4	95	46,9		

Tabelle 16: Mittelwertvergleichstest nach Tukey ($p \leq 0,05$). Gesamtfrischgewicht Sproß/Wurzel (g) (Erbs1) (Varianten mit gleichen Buchstaben sind statistisch nicht unterscheidbar)

	Substrat	Mycor	PultSt	GesFSSpW	
1	K	Ko	0	52,59000	hij
2	K	Ko	1	39,14600	defghi
3	K	Ko	2	31,38400	bcdef
4	K	Tr	0	53,23400	hij
5	K	Tr	1	52,50400	hij
6	K	Tr	2	49,58000	ghij
7	K	Bior	0	51,22600	hij
8	K	Bior	1	48,97500	ghij
9	K	Bior	2	43,97600	fghij
10	K	PI W	0	57,07600	j
11	K	PI W	1	52,28800	hij
12	K	PI W	2	52,91200	hij
13	S	Ko	0	41,81200	efghij
14	S	Ko	1	20,45800	abc
15	S	Ko	2	19,77400	abc
16	S	Tr	0	38,31400	defgh
17	S	Tr	1	20,52600	abc
18	S	Tr	2	16,44600	ab
19	S	Bior	0	48,04200	ghij
20	S	Bior	1	23,16800	abcd
21	S	Bior	2	14,78200	a
22	S	PI W	0	55,32400	ij
23	S	PI W	1	34,73200	cdefg
24	S	PI W	2	26,47200	abcde

Versuch Erbs3**Tabelle 17: ANOVA Tabelle Erbsen Frischgewicht Sproß (g) (Erbs3)****Abhängige Variable Frischgewicht Sproß**

Quelle	SQ	FG	MQ	F	p
Konstante	30827,61	1	30827,61	3685,999	0,000000
Substrat	1655,40	1	1655,40	197,934	0,000000
PythiumStufe	5137,94	2	2568,97	307,167	0,000000
Myc	72,32	3	24,11	2,882	0,039798
Substrat*PythiumStufe	538,06	2	269,03	32,167	0,000000
Substrat*Myc	13,82	3	4,61	0,551	0,648688
PythiumStufe*Myc	63,16	6	10,53	1,259	0,283777
Substrat*PythiumStufe*Myc	74,67	6	12,45	1,488	0,190387
Fehler	802,89	96	8,36		

Tabelle 18: Mittelwertvergleichstest nach Tukey ($p \leq 0,05$).Sproßfrischgewicht (g) (Erbs3) (Varianten mit gleichen Buchstaben sind statistisch nicht unterscheidbar)

	Substrat	Pythium Stufe	Myc	FS Spross	
1	K	0	Ko	26,84200	f
2	K	0	ISCB 20	26,50800	f
3	K	0	ISCB 22	26,22000	f
4	K	0	ISCB 47	24,34600	ef
5	K	1	Ko	18,69800	cde
6	K	1	ISCB 20	16,02000	bcd
7	K	1	ISCB 22	17,79800	bcde
8	K	1	ISCB 47	17,25600	bcd
9	K	2	Ko	16,68400	bcd
10	K	2	ISCB 20	15,33200	bc
11	K	2	ISCB 22	16,65200	bcd
12	K	2	ISCB 47	14,55000	b
13	S	0	Ko	26,92400	f
14	S	0	ISCB 20	21,95200	cdef
15	S	0	ISCB 22	26,72400	f
16	S	0	ISCB 47	22,50200	def
17	S	1	Ko	6,34600	a
18	S	1	ISCB 20	6,84200	a
19	S	1	ISCB 22	6,76200	a
20	S	1	ISCB 47	6,72200	a
21	S	2	Ko	3,69400	a
22	S	2	ISCB 20	7,43200	a
23	S	2	ISCB 22	7,58000	a
24	S	2	ISCB 47	4,28600	a

Versuch P1**Tabelle 19: ANOVA Tabelle Pelargonien Frischgewicht Sproß (g) (P1)**

Abhängige Variable: Frischgewicht Sproß (g)

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	1679,962(a)	15	111,997	1,387	,162
Intercept	695653,146	1	695653,146	8613,221	,000
MYC	238,947	3	79,649	,986	,401
SUBS	733,528	1	733,528	9,082	,003
INOK	22,164	1	22,164	,274	,601
MYC * SUBS	162,265	3	54,088	,670	,572
MYC * INOK	338,077	3	112,692	1,395	,247
SUBS * INOK	26,883	1	26,883	,333	,565
MYC * SUBS * INOK	186,539	3	62,180	,770	,513
Fehler	11387,969	141	80,766		
Gesamt	715899,270	157			
Korrigierte Gesamtvariation	13067,931	156			

a R-Quadrat = ,129 (korrigiertes R-Quadrat = ,036)

Tabelle 20: Homogene Gruppen nach Mittelwertvergleichstest (Tukey) für Pelargonien Frischgewicht (P1) im Faktor Mykorrhiza

Tukey-HSD

MYC	N	Untergruppe
		1
Plant Works	37	64,935
Myc-	40	66,993
Triton	40	67,540
Biorize	40	68,015
Signifikanz		,430

Die Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt. Basiert auf Typ III Quadratsumme. Der Fehlerterm ist "Mittel der Quadrate (Fehler) = 80,766".

a Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 39,205

b Die Größen der Gruppen ist ungleich. Es wird das harmonische Mittel der Größe der Gruppen verwendet. Fehlerlevels für Typ I werden nicht garantiert.

c Alpha = ,05

Tabelle 21 ANOVA Tabelle Pelargonien Blütenstände/Pflanze (P1)**Abhängige Variable: AnzBlüt0603**

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	18,321(a)	15	1,221	,940	,522
Intercept	1219,340	1	1219,340	938,686	,000
MYC	3,234	3	1,078	,830	,480
SUBS	4,252	1	4,252	3,273	,073
INOK	,078	1	,078	,060	,807
MYC * SUBS	6,989	3	2,330	1,793	,151
MYC * INOK	2,671	3	,890	,686	,562
SUBS * INOK	,252	1	,252	,194	,661
MYC * SUBS * INOK	,637	3	,212	,164	,921
Fehler	183,157	141	1,299		
Gesamt	1429,000	157			
Korrigierte Gesamtvariation	201,478	156			

a R-Quadrat = ,091 (korrigiertes R-Quadrat = -,006)

Tabelle 22: Homogene Gruppen nach Mittelwertvergleichstest (Tukey) für Pelargonien Anzahl Blütenstände (P1)

Tukey-HSD

MYC	N	Untergruppe
		1
Myc-	40	2,58
Triton	40	2,77
Plant Works	37	2,89
Biorize	40	2,95
Signifikanz		,466

Die Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt. Basiert auf Typ III Quadratsumme Der Fehlerterm ist "Mittel der Quadrate (Fehler) = 1,299".

a Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 39,205

b Die Größen der Gruppen ist ungleich. Es wird das harmonische Mittel der Größe der Gruppen verwendet. Fehlerleveln für Typ I werden nicht garantiert.

c Alpha = ,05

Versuch P2**Tabelle 23: ANOVA Tabelle Pelargonien Frischgewicht Sproß (g) (P2)****Abhängige Variable: FS0703**

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	2875,285(a)	11	261,390	2,088	,025
Intercept	461335,280	1	461335,280	3684,859	,000
MYC	114,602	3	38,201	,305	,822
KOM_ANT	2012,965	2	1006,483	8,039	,001
MYC * KOM_ANT	747,717	6	124,620	,995	,431
Fehler	16526,075	132	125,198		
Gesamt	480736,640	144			
Korrigierte Gesamtvariation	19401,360	143			

a R-Quadrat = ,148 (korrigiertes R-Quadrat = ,077)

Tabelle 24: ANOVA Tabelle Pelargonien Blütenstände/ Pflanze (P2)

Abhängige Variable: AnzBlüt0703

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	3,401(a)	11	,309	,266	,991
Intercept	945,533	1	945,533	814,187	,000
MYC	1,103	3	,368	,317	,813
KOM_ANT	,277	2	,138	,119	,888
MYC * KOM_ANT	1,950	6	,325	,280	,946
Fehler	255,491	220	1,161		
Gesamt	1207,000	232			
Korrigierte Gesamtvariation	258,892	231			

a R-Quadrat = ,013 (korrigiertes R-Quadrat = -,036)

Versuch W1**Tabelle 25: ANOVA Tabelle Poinsettien Frischgewicht Sproß (g)**

Abhängige Variable: FG060103

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	2495,768(a)	7	356,538	2,023	,056
Intercept	121816,798	1	121816,798	691,163	,000
MYC	1222,025	3	407,342	2,311	,079
KOMPOST	495,253	1	495,253	2,810	,096
MYC * KOMPOST	826,368	3	275,456	1,563	,201
Fehler	26084,838	148	176,249		
Gesamt	150492,920	156			
Korrigierte Gesamtvariation	28580,606	155			

a R-Quadrat = ,087 (korrigiertes R-Quadrat = ,044)

Tabelle 26: Homogene Gruppen nach Mittelwertvergleichstest (Tukey) für Poinsettien Frischgewicht (W1)

Tukey-HSD

MYC	N	Untergruppe
		1
Plant Works	38	23,121
Triton	38	28,763
Biorize	40	29,768
Myc-	40	29,968
Signifikanz		,108

Die Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt. Basiert auf Typ III Quadratsumme. Der Fehlerterm ist "Mittel der Quadrate (Fehler) = 176,249".

a Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 38,974

b Die Größen der Gruppen ist ungleich. Es wird das harmonische Mittel der Größe der Gruppen verwendet. Fehlerleveln für Typ I werden nicht garantiert.

c Alpha = ,05

Tabelle 27: ANOVA Tabelle Poinsettien Wuchshöhe (cm) (W1)**Abhängige Variable: WH 051202**

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	171,602(a)	7	24,515	4,867	,000
Intercept	30536,854	1	30536,854	6063,176	,000
MYC	158,778	3	52,926	10,509	,000
KOMPOST	,914	1	,914	,182	,670
MYC * KOMPOST	11,607	3	3,869	,768	,513
Fehler	1359,840	270	5,036		
Gesamt	32097,000	278			
Korrigierte Gesamtvariation	1531,442	277			

a R-Quadrat = ,112 (korrigiertes R-Quadrat = ,089)

Tabelle 28: Homogene Gruppen nach Mittelwertvergleichstest (Tukey) für Poinsettien Wuchshöhe (W1)

Tukey-HSD

MYC	N	Untergruppe		
		1	2	3
Plant Works	69	9,39		
Triton	69	10,16	10,16	
Biorize	70		11,13	11,13
Myc-	70			11,24
Signifikanz		,184	,055	,991

Die Mittelwerte für Gruppen in homogenen Untergruppen werden angezeigt. Basiert auf Typ III Quadratsumme. Der Fehlerterm ist "Mittel der Quadrate (Fehler) = 5,036".

a Verwendet Stichprobengrößen des harmonischen Mittels = 69,496

b Die Größen der Gruppen ist ungleich. Es wird das harmonische Mittel der Größe der Gruppen verwendet. Fehlerleveln für Typ I werden nicht garantiert.

c Alpha = ,05

Versuch W2**Tabelle 29: ANOVA Tabelle Poinsettien Frischgewicht Sproß (g) (W2)****Abhängige Variable: FS Spr**

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	3,420(a)	7	,489	1,172	,350
Intercept	99,445	1	99,445	238,651	,000
MYC	,792	3	,264	,633	,600
SUBSTRAT	,179	1	,179	,431	,517
MYC * SUBSTRAT	2,496	3	,832	1,997	,137
Fehler	11,668	28	,417		
Gesamt	120,560	36			
Korrigierte Gesamtvariation	15,087	35			

a R-Quadrat = ,227 (korrigiertes R-Quadrat = ,033)

Versuch W3**Tabelle 30: ANOVA Tabelle Poinsettien Frischgewicht Sproß (g) (W3)****Abhängige Variable: FS g**

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	453,814(a)	15	30,254	1,166	,307
Intercept	129104,018	1	129104,018	4975,939	,000
MYCOR	103,526	3	34,509	1,330	,268
SUBSTRAT	34,949	1	34,949	1,347	,248
INOKUL_Z	23,439	1	23,439	,903	,344
MYCOR * SUBSTRAT	134,705	3	44,902	1,731	,164
MYCOR * INOKUL_Z	31,356	3	10,452	,403	,751
SUBSTRAT * INOKUL_Z	5,169	1	5,169	,199	,656
MYCOR * SUBSTRAT * INOKUL_Z	106,228	3	35,409	1,365	,257
Fehler	3191,316	123	25,946		
Gesamt	140946,772	139			
Korrigierte Gesamtvariation	3645,131	138			

a R-Quadrat = ,124 (korrigiertes R-Quadrat = ,018)

Versuch Porree (L1)**Tabelle 31: ANOVA Tabelle Porree Schaftdurchmesser (cm) (L1)****Abhängige Variable: Schaftdurchm**

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	,086(a)	7	,012	,837	,564
Intercept	55,728	1	55,728	3785,514	,000
MYC	,034	3	,011	,762	,522
DÜ	,001	1	,001	,041	,840
MYC * DÜ	,052	3	,017	1,176	,331
Fehler	,589	40	,015		
Gesamt	56,403	48			
Korrigierte Gesamtvariation	,675	47			

a R-Quadrat = ,128 (korrigiertes R-Quadrat = -,025)

Tabelle 32: ANOVA Tabelle Porree Gewicht/Pfl. (g) (L1)

Abhängige Variable: Gewicht/Pfl

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Korrigiertes Modell	120,861(a)	7	17,266	,801	,591
Intercept	22929,594	1	22929,594	1064,063	,000
MYC	95,176	3	31,725	1,472	,237
DÜ	8,007	1	8,007	,372	,546
MYC * DÜ	17,677	3	5,892	,273	,844
Fehler	861,963	40	21,549		
Gesamt	23912,418	48			
Korrigierte Gesamtvariation	982,824	47			

a R-Quadrat = ,123 (korrigiertes R-Quadrat = -,031)