



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

- KURZBERICHT GESAMTPROJEKT -

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 Kurzfassung

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

Vertragspartner:

- 1) Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.
- 2) Universität Kassel, Fachgebiet Ökologische Land- und Pflanzenbausysteme in Zusammenarbeit mit:
Biogarten (Flechtdorf), Kaiser (Frankershausen), Staatsdomäne (Frankenhausen)
- 3) Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick (CH)
in Zusammenarbeit mit:
Universität Basel, Botanisches Institut
Triton Umweltschutz GmbH, Bitterfeld
Betriebe: Schwarz (Villigen), Gerber (Fehraltorf), Flammer (Ringwil), Neubauer (Erlen), Tischhauser (Sevelen), Grossenbacher (Murimoos), Allemann (Frick)

**Projektleitung: Prof. Dr.hab. Eckhard George,
Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V.**

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

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

Forschungsvorhaben BÖL/BLE beim BMVEL Nr. 02OE306

Kurzfassung

Die Basis dieses Kurzberichts sind vier Teilberichte von Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e.V. (IGZ), Universität Kassel, Fachgebiet Ökologische Land- und Pflanzenbausysteme (FÖL), Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick (FiBL CH) und der Universität Basel, Botanisches Institut (Univ. Basel).

1. Aufgabenstellung und Zielsetzung

1.1 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Im ökologischen Anbau nach VO (EWG) 2092/91 ist die Pflanzenanzucht besonders anspruchsvoll, weil weniger Hilfsstoffe wie leichtlösliche Dünger und wirksame Pestizide zur Verfügung stehen. Über die positive Wirkung von *Qualitätskomposten* in Anzuchtsubstraten auf das Wachstum und die Pflanzengesundheit ist einiges bekannt. Fragen bestehen unter anderem bezüglich des maximal möglichen Anteils an Kompost in den Substraten. Bei zu hohen Kompostanteilen als Torfersatz kann es zu Problemen mit Salzstress und physikalischen Eigenschaften des Substrates kommen, die Wasser- und Lufthaushalt und damit das Pflanzenwachstum negativ beeinflussen.

Arbuskuläre Mykorrhizapilze (AMP) bilden im ökologischen Landbau ein beachtetes Agens, weil sie unter natürlichen und naturnahen Bedingungen oft positive Wirkungen auf die Pflanzen haben. Während die Rolle dieser Wurzelsymbiosepilze für die Nährstoffaufnahme, die Steigerung der Stressresistenz und der Abwehr von Pflanzenkrankheiten mehrheitlich unter artifiziellen Bedingungen eingehend untersucht worden ist, kommt der gezielten Anwendung im mitteleuropäischen Raum bisher keine große Bedeutung zu. In kürzlich veröffentlichten Studien hat sich bestätigt, dass zwar AMP-Stämme verschiedene landwirtschaftliche und gärtnerische Kulturarten relativ unspezifisch kolonisieren, dass aber die Funktionalität der Symbiose zwischen AMP-Stamm und Wirtspflanzenart spezifisch sein kann. Zudem zeigte sich, dass die AMP-Artenzahl und das AMP-Infektionspotenzial von intensiv genutzten Böden drastisch sinkt. Dies legt nahe, Substrate und Böden mit kultivierten AMP zu impfen und nach passenden AMP-Stamm/Wirt-Kombinationen zu suchen.

In Voruntersuchungen hat sich gezeigt, dass kommerzialisierte Komposte kaum infektiöse Einheiten von AMP enthalten. Hersteller von kommerzialisierten AMP-Inokula weisen zudem darauf hin, dass Komposte wegen ihres Nährstoffgehaltes oder anderer Faktoren die Etablierung von inokulierten AMP hemmen können.

1.2 Zielsetzung

Ziel des Projektes war die Optimierung der Pflanzenanzucht unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus durch AMP-Inokulation von komposthaltigen Substraten, um einen kombinierten Nutzen dieser beiden Technologien zu erzeugen. Dazu wurden einerseits praxisanwendbare kommerzialisierte AMP-Inokula verwendet, und andererseits AMP-Stämme der Universität Basel. Letztere stammen aus unterschiedlich intensiven Anbausystemen und waren bereits auf das Wachstum verschiedener Kulturpflanzen geprüft worden. Diese sollen die Basis für neuartige AMP-Inokula sein.

Während im Vertrag nur die Prüfung kommerzieller Produkte eines Anbieters (Triton GmbH) vorgesehen war, wurde zu Projektbeginn die Prüfung von weiteren Produkten anderer Anbieter (Plantworks, Biorize) beschlossen. Das geschah, um der Praxis Empfehlungen über die Verwendung verschiedener kommerzieller Produkte abgeben zu können.

Da die erfolgreiche Inokulation mit arbuskulären Mykorrhizapilzen unter Feldbedingungen mit herkömmlichen mikroskopischen Methoden nicht direkt nachprüfbar ist, sollten die native und inokulierte AMP innerhalb der Wurzeln von Nutzpflanzen mit molekularen Identifikationsmethoden charakterisiert werden.

1.3 Versuchsfragen

Aus den obigen Zielen ergaben sich folgende Fragestellungen:

- Ist Kompost frei von infektiösen AMP-Propagulen?
- Lassen sich gärtnerische Kulturen, gewachsen in komposthaltigem Substrat unter Praxisbedingungen des ökologischen Landbaus, erfolgreich mit AMP kolonisieren?
- Welchen Effekt haben unterschiedliche Kompostanteile im Substrat auf das Pflanzenwachstum?
- Wie ist die Wirkung einer AMP-Inokulation mit kommerzialisierten Produkten und Baseler Stämmen auf Wachstum, Pflanzengesundheit, Blühverhalten und Nährstoffaufnahme von gärtnerischen Pflanzen in der Anzucht beziehungsweise im Feld?
- Wie groß ist die native AMP-Vielfalt an ausgewählten Versuchsstandorten und kann der Inokulationserfolg mit molekularbiologischen Methoden gemessen werden?

1.4 Planung und Ablauf

Basis der Planung bildeten der Projektantrag der Bietergemeinschaft IGZ, FÖL und FiBL vom 15.04.2002 und der Vertrag des BLE vom 17.07.2002.

An einem Vorbereitungstreffen am 17./18. Juni 2002 in Grossbeeren (DE) wurde die Detailplanung erarbeitet. Bei zwei weiteren Treffen im Februar 2003 in Frick (CH) und im September 2003 in Witzenhausen (DE) wurden die Ergebnisse der ersten und zweiten Projektphase vorgestellt und diskutiert. Zudem wurde im März 2003 an der BLE in Bonn über den Stand des Projektes berichtet und ein revidierter Arbeitsplan für das Jahr 2003 erstellt.

Das Projekt gliederte sich in folgende Teile (in Klammer stehen beteiligte Institutionen)

- Herstellung von Komposten und Substraten inkl. Qualitätskontrolle (FÖL)
- Vermehrung von Baseler AMP-Stämmen (FiBL)
- Mikroskopische Überprüfung der Baseler AMP-Stämme nach Vermehrung (UniBas)
- Gewächshausversuche mit AMP zum Wachstum, Blühverhalten und zur Nährstoffaufnahme (IGZ, FÖL, FiBL)
- Gewächshausversuche mit AMP zur Krankheitsunterdrückung (FÖL)
- Feldversuche mit AMP zum Wachstum und zur Pflanzengesundheit (FÖL, FiBL)
- Molekulare Bestimmung des AMP-Inokulationserfolgs im Feld (UniBas)

Die Gewächshausversuche wurden einerseits mit kommerzialisierten AMP-Stämmen durchgeführt, andererseits mit selektionierten Baseler Stämmen. Triton begleitete Experimente in denen ihr Inokulum verwendet wurde. Die vorgesehene Massenvermehrung von Baseler Stämmen erwies sich im Verlaufe des Projektes als nicht nötig.

2. Material und Methoden

Die Versuche wurden mit denselben Komposten des FÖL und den gleichen Chargen der kommerzialisierten und Baseler Inokula durchgeführt.

2.1 Herstellung von Komposten und Substraten inkl. Qualitätskontrolle

Komposte wurden aus geschreddertem Baum- und Strauchschnitt aus der getrennten Sammlung organischer Haus- und Gartenabfälle hergestellt. Die Komponenten verfügen über ein weites C/N-Verhältnis (40:1) und bringen geringe Nährstofffrachten zu Beginn des Kompostierungsprozesses ein. Die Rotte wurde über einen Zeitraum von maximal 9 Monaten kontrolliert; die Überwachung erfolgte in Form von dreimal wöchentlicher Temperatur-, Feuchtigkeits- und Luftsauerstoffkontrolle mit einer abgestimmten Umsetzfrequenz. Die verfügbaren Nährstoffgehalte lagen zum Anwendungszeitpunkt zwischen 150 mg N, 820 mg

P₂O₅, 1866 mg K₂O je Liter Substrat (Rottealter 9 Monate) und bis 55 mg N, 680 mg P₂O₅, 2500 mg K₂O je Liter Substrat (Rottealter 3 Monate). Mit diesen Nährstoffgehalten war ein erfolgreicher Einsatz der Substrate in Pelargonien und Poinsettien in Aufwandmengen zwischen 20 und 40% (v/v) gegeben.

2.2 Vermehrung von Baseler AMP-Stämmen

13 AMP-Stämme der Universität Basel aus dem Projekt "Indo Swiss Collaboration in Biotechnology" (ISCB) wurden 2002 und 2003 in zwei unabhängigen Zyklen in einem Terragreen(Ton)/Löss/Sand/-Gemisch auf Tagetes und Spitzwegerich im Gewächshaus vermehrt. Folgende AMP-Arten wurden vermehrt: *Glomus mosseae* (ISCB 13, 14, 17, 18, 19, 20, 22), *Glomus etunicatum* ähnlich (ISCB 34, 39), *Glomus constrictum* (ISCB 45), *Glomus lamellosum* (ISCB 47, 48, 49)

2.3 Mikroskopische Überprüfung der Baseler AMP-Stämme nach Vermehrung

Am Ende jedes Vermehrungszyklus wurden Proben gestochen. Mykorrhizasporen wurden isoliert und mikroskopisch untersucht.

2.4 Pflanzenversuche mit AMP zu Wachstum, Blühverhalten und Nährstoffaufnahme

Als kommerzialisierte Inokula wurde Triton (DE), Plant Works (UK) und Biorize (FR) verwendet, die mit 3 bzw. 5% (v/v) nach Herstellerangaben ins Substrat gemischt wurden. Zudem wurden Versuche mit Baseler AMP-Stämmen durchgeführt (3% (v/v)). Die Versuche zur Unterdrückung von Wurzelpathogenen erfolgten mit 30% (v/v) Inokulationsstärke AMP in einer speziellen Schicht..

Am IGZ wurden 7 Experimente mit 3-4 Wochen alten Jungpflanzen von *Pelargonie*, *Poinsettie*, *Porree*, *Erdbeere* und *Salat* (direkt im inokulierten Topf gekeimt) durchgeführt. Die Experimente erfolgten über einen Zeitraum von ca. 8 Wochen *unter kontrollierten Bedingungen* im Gewächshaus oder in der Klimakammer. Nach der Ernte wurden AMP-Wurzellängenkolonisation, Wachstum, Blühverhalten und Nährstoffgehalte der Trockenmasse (N, P, K, Zn, Cu) untersucht.

FiBL und FÖL führten 20 Versuche (FiBL 14, FÖL 6) mit den gleichen Testpflanzen (ohne Salat) *auf Praxisbetrieben* durch. Pelargonien- und Poinsettienversuche enthielten 20 und 40% Kompostanteil im Substrat. Bei Porreeversuchen variierte die Düngungsintensität im Feld, Erdbeerversuche liefen mit zwei Sorten. Die Substrate wurden vor dem Stecken oder Eintopfen der Zierpflanzen, der Saat von Porree und vor dem Bewurzeln beziehungsweise Topfen der Erdbeeren mit AMP-Inokula beimpft. In einem Versuch mit Erdbeeren betrug die Inokulationsstärke von Triton, Biorize und Plantworks 1, 2, 4 und 8% (v/v). Zusätzlich wurden Erdbeerversuche mit 14 Baseler Stämmen durchgeführt. Die praxisorientierten Versuchen erfolgten ohne Nährstoffanalysen, hingegen wurden Krankheiten und Schädlinge erfasst.

2.5 Versuche zur krankheitsunterdrückenden Eigenschaften von AMP und Komposten

Drei Versuche im System Erbse – *Pythium ultimum* dienten mit 3 kommerziellen Mischinokula, 13 Baseler Stämmen (ISCB 13, 14, 17, 18, 19, 20, 22, 34, 39, 45, 47, 48, 49) sowie den Baseler Stämmen 20, 22, 47 in Kombination mit suppressiven Komposten zur Bestimmung des krankheitsunterdrückenden Potentials der verwendeten AMP-Inokula und –Stämme.

2.6 Molekulare Bestimmung des AMP-Inokulationserfolgs im Feld (Univ. Basel)

Von 10 *Baseler ISCB-Mykorrhizastämmen* wurden DNA-Fingerprints erstellt. Dazu wurden aus den jeweiligen Sporen DNA-Fragmente durch *nested PCR* erhalten, die die rDNA Internal Transcribed Spacers (ITS) sowie Teile der 18S-rDNA-Untereinheit umfassten. Diese wurden mit den Restriktionsenzymen *Mbol* und *Hinfl* geschnitten und auf Agarosegels aufgetrennt, um charakteristische Fragmentmuster zu erhalten. Daneben wurde aus jedem Isolat eine ITS-Region sequenziert und phylogenetisch ausgewertet.

Unmittelbar vor der Ernte wurden *Wurzelproben in einem Feldversuch* mit Sommerporree genommen, in dem ISCB13, 44, 45 und 49, sowie die kommerziellen Inokula von Triton, Biorize und Plant Works inokuliert worden waren. Mit den oben angeführten Methoden wurde die in diesen Wurzeln vorhandene AMP charakterisiert. Insgesamt wurden aus zwei Feldwiederholungen jeweils zwei Wurzelproben analysiert, die mit ISCB 13, 44, 45 und 49 inokuliert worden waren. Daneben wurden aus vier Kontroll-Plots jeweils zwei Wurzelproben untersucht, um die native AM-Population zu charakterisieren. Insgesamt wurden aus 20 Wurzelproben PCR-Produkte erhalten.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse und Diskussion

3.1.1 Kompostherstellung und Kompostqualität

Die im Projekt erzeugten Grünabfallkomposte aus Baum- und Strauchschnitt zeigten hervorragende Qualität. Sie lagen im Bereich der Richtwerte für Makronährstoffe, pH und Pflanzenverträglichkeit und unterschritten deutlich die Grenzwerte für Chlorid, Natrium und Schwermetalle des RAL Gütezeichen 251 für Substrat-Komposte sowie die für Bioanbau geltenden AGÖL Richtwerte. Alle verwendeten Komposte konnten in Anteilen von 20 bis 40% (v/v) als Zuschlag zu Weißtorf eingesetzt werden und lagen im Vergleich zu den kommerziellen Substraten von der Fa. Klasmann (Bio-Traysubstrate, Ökosubstrat mit 20% Kompostanteil) vergleichbar oder besser.

Die geprüften Komposte und Substrate enthielten keine infektiösen AMP-Einheiten. Dies kann als notwendige Voraussetzung für einen sinnvollen Einsatz von AMP-Inokula in der Pflanzenanzucht unter den Verhältnissen des ökologischen Landbaus angesehen werden.

3.1.2 Vermehrung und Qualitätskontrolle der Baseler AMP-Inokula

In beiden Versuchsjahren wurden je 20 L Inokulum hergestellt. Die Reinheit des Inokulums wurde überprüft und war mit einer Ausnahme gegeben.

3.1.3 AMP-Kolonisierung der inokulierten Kulturpflanzen

Inokulierte Pelargonien wurden am IGZ und FÖL gut kolonisiert. Bemerkenswert war dabei, dass eine Inokulation im Stecklingssubstrat des IGZ für eine ausreichende Besiedlungsrate in der Weiterkultur in Substraten mit 40 % Kompostanteil ohne einen weiteren Zusatz an Mykorrhiza genügte. Am FiBL war die Inokulation hingegen nur erfolgreich, wenn das Inokulum beim anschließenden Topfen zugegeben wurde. Poinsettien wurden in allen Versuchen intensiv mit AMP besiedelt. Der Erfolg der Inokulation von Porree war abhängig von Standort und Versuch. Bei Erdbeeren war es in einigen Versuchen schwierig AMP-Strukturen zu detektieren.

3.1.4 Auswirkungen von AMP und Qualitätskomposten auf das Pflanzenwachstum, das Blühverhalten und die Pflanzengesundheit

Pelargonie

Die Inokulation von Pelargonien führte in zahlreichen Experimenten zu einem besseren Wachstum und zu verstärkter Blütenbildung. Am IGZ konnte einmal die Knospenbildung durch das Plantworks Inokulum und einmal durch das 40% Kompost-Substrat gesteigert werden. Am FÖL zeigten sich nach einer Kulturdauer von 4 Monaten bei Pflanzen, die in einem Stecklingssubstrat mit 10 % Kompostanteil vorgezogen worden waren, signifikant höhere Sprossgewichte und Blütenzahlen als bei Pflanzen, die in einem Substrat ohne Kompost bewurzelt wurden. Am FiBL wurde durch die Anwendung von kommerzialisierten AMP-Inokula und von Baseler Stämmen (ISCB 13 und 49) in frühen Wachstumsstadien das Wurzelwachstum von Pelargonien und in geringerer Masse auch das Sprosswachstum gefördert. Insbesondere mit ISCB 13 war der Effekt stärker als mit dem kommerzialisierten Produkt.

Poinsettie

In Abhängigkeit von Substrat und Versuch führte eine AMP-Inokulation zu unterschiedlichen Ergebnissen. In Versuchen am IGZ wurde auf den Kompost-Substraten das Wachstum und damit die Sprosslänge durch die Inokulation von Triton, Plantworks und Biorize Inokula reduziert. Auf Klasmannsubstrat wurde die Knospenbildung durch Triton und Plantworks erhöht. Auf die Trockenmasse hatte die unterschiedlichen Wirt- und Inokulumkombinationen keinen entscheidenden Einfluss. In manchen Fällen bewirkte jedoch das 40% Kompost-Substrat eine Steigerung des Wurzel- und Sprosswachstums. Beim Screenen der Baseler Stämme auf Vermikulit-Sand Substrat mit Rohphosphatdüngung zeigten nach 10 Wochen die mit den Inokula Plantworks, ISCB 14, 17, 34 und 47 behandelten Varianten erhöhte Sprosstrockenmassen.

Am FÖL liess keiner der erhobenen Messgrößen (Brakteenansatz, Frisch-, Trockengewicht, Wuchshöhe, Allgemeinzustand) Schlüsse auf eine positive Mykorrhizawirkung zu. Von Bedeutung war, dass Stecklinge erfolgreich mit Mykorrhiza in einem Zeitraum von 4 Wochen infiziert werden konnten. Jedoch hatte dies in der Weiterkultur in den verwendeten Substraten keine Auswirkung auf eine Verbesserung der Qualität der Pflanzen.

Am FiBL wurde die Poinsettien-Jugendentwicklung durch kommerzielle AMP teilweise signifikant gefördert. In einem Fall war das Wurzelwachstum bei Anwendung von Triton und Biorize stark erhöht. Die Spross- und Wurzelmasse zum Zeitpunkt der Ernte wurden durch AMP nicht beeinflusst.

Zusammenfassend ergibt sich eine geringe Wirkung von AMP auf die Entwicklung von Poinsettien.

Porree

Am IGZ wurden auf Sand höhere Sprosslängen unter dem Einfluss von Triton, Biorize und Plantworks hervorgerufen. Beim Testen der 13 Baseler Stämme auf einem Vermikulit-Sand Substrat waren die Sprosse durch Plantworks Inokulum und die Baseler Inokula ISCB 13, 14, 17, 19, 20, 34, 39, 47, 48 und 49 signifikant verdickt.

Am FÖL konnten nach Abschluß der Jungpflanzenphase vor dem Auspflanzen ins Feld keine Unterschiede zwischen den Behandlungen beobachtet werden. Auch zum Eingang des Winters ließen sich beim Porree keine gesicherten Unterschiede zwischen den Varianten feststellen (Schaftdurchmesser). Bei der Ernte im April setzte sich dieser Trend fort.

Am FiBL wurde die Jugendentwicklung von Porree durch die geprüften Baseler-Stämme ISCB 13, 44, 45 und 49 positiv beeinflusst. Tendenziell wurde durch AMP-Inokulation der Tripsbefall reduziert, in einem Versuch signifikant. Weder die kommerzialisierten Produkte noch die Baseler Stämme beeinflussten den Porree-Ernteertrag.

Erdbeeren

Der Erdbeerertrag in Versuchen des FiBL wurde je nach Sorte, Standort und Inokulum-Produkt teils gefördert, teils vermindert. Bei der auf Wurzelkrankheiten empfindlichen Sorte Elsanta wurde der Ertrag durch Triton und Biorize gesteigert. Auf einem schlechten Standort wiesen gegenüber der Kontrolle alle drei geprüften kommerziellen AMP-Produkte einen deutlichen Mehrertrag auf. Die optimale Inokulationsstärke war dabei produktabhängig und entsprach weitgehend den Herstellerangaben. Infolge großer Streuungen der Wiederholungen waren die Unterschiede gegenüber der Kontrolle nicht signifikant, obwohl die Mittelwerte sich drastisch unterschieden (zwischen 50 und 120 %). Einige der geprüften 13 Baseler AMP-Stämme hatten einen fördernden Effekt auf die Jugendentwicklung, das Wachstum im Feld (Bonitur) und den Ertrag von Erdbeeren. Der Baseler-Stamm ISCB 47 wirkte sich in zwei unabhängigen Versuchen positiv auf das Jungpflanzenwachstum und den Erdbeerertrag aus.

3.1.5 Unterdrückung von Wurzelkrankheiten durch Kompost und Mykorrhiza

Sehr interessante Ergebnisse wurden in den Versuchen mit Erbsen als Testpflanzen zur Krankheitsunterdrückung erzielt. Bei Anlage von dreifaktoriellen Versuchen (Infektion *Pythium*

ultimum, Sand + 30 % Kompost (v/v) oder Sand als Substrat, Mykorrhiza) konnte eine signifikante Erhöhung des Spross- (frisch, trocken) und des Wurzelgewichtes (frisch) festgestellt werden. Dabei konnte die bereits durch den hoch suppressiven Kompost erzielte signifikante Wirkung gegenüber dem Erreger durch alle drei kommerziellen Inokula noch einmal signifikant verbessert werden. Es bestand eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Komposten und der Mykorrhiza. Allein das Inokulum der Fa. Plantworks bewirkte eine signifikante Verbesserung der Pflanzengesundheit im Sandsubstrat. Bei Verwendung von 13 Baseler ISCB Stämmen konnten diese Effekte nur tendenziell gezeigt werden, da durch extreme Hitze im Sommer 2003 die Temperatur in den Gewächshauskabinen nicht mehr entsprechend kontrollierbar war. Mit drei ausgewählten Stämmen (ISCB 20, 22, 47) wurden im gleichen Design - jedoch mit einer zusätzlichen höheren *Pythium*-Inokulation - wiederum signifikante Effekte durch die Komposte beobachtet. Der Mykorrhizaeinsatz zeigte aufgrund des hohen *Pythium*-Infektionsdruckes eine schwächere Wirkung in beiden Substraten, jedoch keine signifikante Wechselwirkung zwischen Substrat und Mykorrhiza. Tendenziell wurden durch die Stämme ISCB 20 und 22 das Sprossgewicht in den Sand-Varianten der hohen *P. ultimum*-Inokulation erhöht.

3.1.6 Nährstoffkonzentration und -gehalt in Spross und Wurzel

Die Ernährung der Pflanzen erfolgte hauptsächlich über die Wurzeln, die dem gut versorgten Kompost-Substrat Nährstoffe entzogen. Deshalb konnte nur in einigen Versuchsgliedern die N-, P-, K-, Zn- und Cu-Konzentrationen durch Mykorrhizierung erhöht werden. Der Nährstoff, dessen Konzentrationen und Gehalte vorwiegend erhöht wurde, war P, insbesondere auf Sand.

3.1.7 Charakterisierung der Baseler Stämme und Inokulationserfolg mit molekularbiologischen Methoden

Wie erwartet, gruppieren Sequenzen der Baseler ISCB Stämme in Stammbäumen mit anderen Sequenzen von *Glomus constrictum* (Isolat ISCB 45), *Glomus mosseae* (Stämme ISCB 13, 14, 17, 19, 20, 22) beziehungsweise in der *Glomus etunicatum*-Gruppe (*Glomus lamellosum* und ähnliche Isolate: ISCB 34, 39, 48, 49). Innerhalb der letzteren beiden Isolat-Gruppen wiesen alle Isolate identische Restriktionsmuster auf.

Der Erfolg der Inokulation wurde in einem Sommerporreefeld bestimmt. In den Wurzeln der Pflanzen aus Negativ-Kontrollen wie aus inokulierten Pflanzen dominierten *Glomus intraradices* (65% aller Proben) und *Glomus mosseae* (50% aller Proben) aus der sogenannten *Glomus*-Gruppe A. Vereinzelt fand sich aus derselben Gruppe *Glomus geosporum* (15% aller Proben). *Glomus mosseae* war in nahezu sämtlichen Parzellen vorhanden, inclusive der Negativkontrollen. *Glomus constrictum* wurde mittels eines speziell konstruierten PCR-Primers in mehreren inokulierten und nicht-inokulierten Parzellen nachgewiesen. Sequenzen mit starker Ähnlichkeit zu *Glomus lamellosum* (ISCB49, *Glomus*-Gruppe B) wurden in einer der beiden analysierten Parzellen nachgewiesen, die mit dieser Art inokuliert worden waren.

Keine PCR-Produkte wurden von den Gigasporaceae, Acaulosporaceae, Paraglomaceae oder Archaeosporaceae erhalten, so dass sich die native Population weitgehend auf *Glomus* Gruppe A zu beschränken scheint.

3.2 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse für den ökologischen Landbau

- Die künstliche Inokulation von Substraten mit AMP macht Sinn, da die geprüften Komposte fast frei von nativen infektiösem AMP-Material waren.
- Ein Kompostanteil von bis zu 40% ist für gärtnerische Kulturen zu empfehlen. Das 40% Kompost-Substrat hatte eine höhere maximale Wasserhaltekapazität als das Substrat mit 20% Kompost. Diese Erkenntnis ist eine wichtige Voraussetzung zur weiteren Reduktion des Torfanteils in Substraten für den ökologischen Landbau, wie sie von der EU erwogen wird. Ein Merkblatt zur Kompostanwendung in Substraten wird gegenwärtig fertiggestellt.

- Sollte der Gärtner an einer Mykorrhizierung von Jungpflanzen interessiert sein, so ist dies trotz hoher Nährstoffgehalte der Komposte möglich. Bei den bisher geprüften Komposten trat keine AMP-Unterdrückung durch andere Komponenten wie Holzfasern auf.
- Für die Praxis könnte die durch AMP verbesserte Jungpflanzenentwicklung insbesondere von Pelargonie und die induzierte Knospenbildung ein Grund sein, Inokula einzusetzen. Jedoch müsste in weiteren Experimenten die Reproduzierbarkeit der Effekte gezeigt werden. Die vergleichsweise geringen Effekte im Feld könnten mit der relativ hohen Artenzahl von nativen AMP-Arten und den vergleichsweise hohen Nährstoffgehalten an den untersuchten Feldern zusammenhängen.
- Die teilweise deutlich erhöhten Erdbeererträge (bis 100%) könnten für den Ökolandbau wirtschaftlich relevant sein. Auch diese Ergebnisse müssten zuerst bestätigt werden.
- Einige Baseler Stämme zeigten gegenüber kommerziellen Inokula eine bessere Wirkung auf die Pflanze. In Zukunft könnten diese Stämme eine wichtige Quelle für kommerzialisierte Produkte sein.
- Es ist möglich, dass einige der Baseler Inokula beim Angebot unterschiedlicher ökologischer Dünger eine Steigerung der Trockenmasse und der Nährstoffkonzentration bewirken. In weiteren Versuchen zusammen mit kommerzialisierten Inokula sollte dies überprüft werden.
- Eine Inokulation von Porree führte gegenüber nicht inokulierten Kontrollfeldern zu keiner nennenswerten Verschiebung des AMP-Artenspektrums in der Wurzel. Dies zeigt, dass durch AMP-Inokulation keine drastischen Verschiebungen in der AMP-Population eines Standortes zu erwarten sind. Die DNA-Fingerprints ermöglichen eine Wiedererkennung der Inokula in kolonisierten Wurzeln nur, sofern nicht dieselbe oder nah verwandte Spezies im Boden bereits vorhanden sind.
- Die Ergebnisse zur Krankheitsunterdrückung gegenüber Wurzelpathogenen in Kombination zwischen Komposten und Mykorrhiza zeigten deutliche additive Effekte durch die eingesetzten kommerziellen Mischinokula. Die Ergebnisse weisen auf ein hohes Optimierungspotential bei der Auswahl der Substrate und Substratkomponenten sowie bei den Kulturen und Inokula hin, die bei geeigneter Kombination zur Verbesserung der Pflanzengesundheit und Kulturstabilisierung ökologisch angebaute Kulturen beitragen können.

4. Zusammenfassung

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

Forschungsvorhaben BÖL/BLE beim BMVEL Nr. 02OE306

Zum erfolgreichen Einsatz von Qualitätskomposten und arbuskulären Mykorrhizapilzen (AMP) in einer anspruchsvollen Jungpflanzenanzucht im ökologischen Anbau muss u.a. geklärt werden:

- Wie hoch darf der maximale Kompostanteil im Substrat sein?
- Wie lassen sich Jungpflanzen in komposthaltigem Substrat mit AMP kolonisieren?
- Welche Wirkungen haben AMP-Inokulation auf Wachstum, Gesundheit, Blühverhalten und Nährstoffaufnahme gärtnerischer Kulturen in der Anzucht bzw. im Feld?
- Wie groß ist die native AMP-Vielfalt an ausgewählten Versuchsstandorten und wie hoch ist der Inokulationserfolg nach einer AMP-Anwendung?

Die im Projekt erzeugten Komposte enthielten keine infektiösen AMP-Einheiten. Als Zuschlag zu Weißtorf in Anteilen von 20 bis 40 % (v/v) war ihre Wirkung auf Pflanzenwachstum und -gesundheit gleich oder besser als herkömmliche Anzuchtsubstrate (Klasmann). Verschiedene kommerzielle AMP (Fa. Triton, Plantworks, Biorize) und AMP der Universität Basel wurden auf Kompost-Substraten und im Feld geprüft. Es zeigte sich, dass

- eine Infektion von Pelargonie, Poinsettie, Porree, Erdbeeren und Kopfsalat möglich ist,
- Wachstum (Porree, Erdbeere, Pelargonie, Poinsettie) und Blühverhalten (Pelargonie) verbessert wird,
- die Nährstoffgehalte (P, N, K, Zn, Cu) teilweise erhöht werden,
- eine Krankheitsunterdrückung von *Pythium ultimum* bei Erbsen (Modell) erfolgte und additive signifikante Effekte durch AMP-Stämme in komposthaltigem Substrat induziert werden konnten,
- im Feld keine nennenswerte Verschiebung des nativen AMP-Artenspektrums auftrat,
- ausgewählte Baseler AMP-Stämme eine bessere Wirkung auf das Pflanzenwachstum erzielten als kommerzielle Präparate.

Die positiven Effekte waren abhängig von den jeweils eingesetzten AMP und nicht an allen Standorten (IGZ, FÖL, FiBL,) reproduzierbar.

Von 10 AMP der Universität Basel wurden DNA-Fingerprints hergestellt und aus jedem Isolat eine ITS-Region sequenziert. Diese gruppierten in Stammbäumen mit anderen Sequenzen von *Glomus constrictum*, *Glomus mossae* bzw. *Glomus etunicatum*. Die aus einem Screening ermittelten 5 besten Baseler AMP-Stämme wurden vermehrt und stehen als Quelle für weitere Versuche und kommerzielle Produkte zur Verfügung. Zukünftige Untersuchungen sollten auf frühe Phasen des Pflanzenwachstums fokussieren, weil dort die grössten AMP-Effekte aufgetreten sind. Dabei ist die kombinierte Wirkung verschiedener Einzelstämme von besonderem Interesse.

4. Summary

Use of mycorrhizal fungi and high quality composts for seedling production in organic vegetable and ornamental farming

Research project BÖL/BLE at BMVEL no. 02OE306

To introduce high quality composts and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) for exacting seedling production in organic farming the following main questions have to be answered:

- What is an optimum share of compost in a substrate?
- Is a colonisation of seedlings in compost substrate with AMF possible and how can it be done successfully?
- How do AMF affect growth, health, flowering and nutrient uptake of vegetable and ornamental plants during seedling production and in the field?
- What is the diversity of native AMF in selected experimental plots and how can we assess the success of an AMF inoculation in the field?

Composts produced during project work did not contain infectious AMF. When added to white peat at 20 to 40 % (v/v), the effect on plant growth and health was better or at least the same compared with common horticultural substrates (Klasmann). Different commercial AMF (comp. Triton, Plantworks, Biorize) and AMF of the University of Basel were used and tested in compost substrates and in the field. As a result, it became obvious that

- an infection of Pelargonium, Poinsettia, leak, strawberry and lettuce is possible,
- growth (leak, strawberry, Pelargonium, Poinsettia) and flowering (Pelargonium) were improved,
- nutrient contents (P, N, K, Zn, Cu) increased partially,
- *Pythium ultimum* disease in peas (model) was successfully suppressed and compost induced an additional significant reduction of the disease
- in the field no significant shift of the spectrum of the native AMF species was detected after AMF inoculation,
- selected AMF strains of the Basel University promoted plant growth better than commercial products.

Positive effects depended on the specific AMF used. They were not reproducible at all locations (FiBL, FÖL, IGZ).

DNA-fingerprints were produced from 10 strains of the Basel University and from each isolate an ITS-region was sequenced. In phylogenetic trees these isolates grouped together with other sequences of *Glomus constrictum*, *Glomus mossae*, and *Glomus etunicatum*, respectively. Ten AMF strains from Basel were screened and five were multiplied. They are now available as a source for subsequent experiments and commercial products. Since AMF effects were most pronounced in early seedling stages, this time frame should be investigated more seriously applying combined AMF strains.

5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten und der erreichten Ziele

Nachstehende Tabelle zeigt einen Vergleich der im Forschungsantrag genannten Projektziele mit den tatsächlich erreichten Zielen. Die Überarbeitung der Aufgaben aus dem Projektantrag der Bietergemeinschaft IGZ, FÖL, FiBL vom 15.04.2002 erfolgte am 27.03.2003 und wurde hier bereits berücksichtigt. Die überarbeitete Fassung bezieht neben den ursprünglich geplanten ausschliesslichen Untersuchungen von Produkten der Fa. Triton die Untersuchung zusätzlicher kommerzieller Produkte der Fa. Plantworks und Biorize ein. Diese erweiterten Untersuchungen erfolgten, um der Praxis die Ergebnisse verschiedener kommerzieller Produkte vorstellen zu können.

Geplant nach Forschungsantrag	Im 17monatigen Projekt erreicht
<p>Ziel 1 Vermehrung von neuen Mykorrhizastämmen und Charakterisierung unter kontrollierten, der Praxis angenäherten Bedingungen auf Wachstum, Nährstoffaufnahme und Krankheitsunterdrückung in ausgewählten Gemüse-, Obst- und Zierpflanzenkulturen zur Selektion von Superelitestämmen</p>	<p>Die Vermehrung von 13 Mykorrhizastämmen war erfolgreich. Die Charakterisierung dieser Stämme ist in ausgewählten Kulturen erfolgt und Superelitestämme für diese Kulturen sind ausgewählt. Bisher sind aber die Ergebnisse in verschiedenen ähnlich aufgebauten Versuchen noch nicht konsistent.</p>
<p>Ziel 2 Optimierung von Inokulationsmethoden erfolgreicher Stämme an Erdbeeren</p>	<p>Die optimale AMP-Konzentration im Hinblick auf eine Erdbeerertragssteigerung wurde ermittelt. Eine Optimierung der Inokulationsmethode drängt sich insbesondere für Pelargonien auf.</p>
<p>Ziel 3 Kontrolle der Inokulumreinheit und Überprüfung der ökologischen Auswirkungen auf die selektierten Superelitestämme in Hinblick auf die Konkurrenz autochtoner Mykorrhizapopulationen und ihrer Diversität</p>	<p>Die Inokulumreinheit wurde in zwei Vermehrungszyklen durchgeführt. Die Konkurrenz zwischen selektierten Superelitestämmen in Hinblick auf die Konkurrenz autochtoner Mykorrhizapopulationen und ihrer Diversität wurde in einer Modellkultur durchgeführt.</p>
<p>Ziel 4 Verifizierung der Wirkung der selektierten Superelitestämme unter Praxisbedingungen auf mehreren ökologisch geführten Gartenbaubetrieben</p>	<p>Auf mehreren Betrieben wurde die Wirkung einzelner Superelitestämme unter Praxisbedingungen durchgeführt.</p>
<p>Ziel 5 Erarbeitung von praxisrelevanten Informationen für die schnelle Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis des ökologischen Gartenbaus</p>	<p>Ein Entwurf eines Merkblatts zum Einsatz von Qualitätskomposten in der Jungpflanzenanzucht als Basis für eine erfolgreiche Etablierung für Mykorrhiza liegt vor.</p>

Zukünftige Untersuchungen sollten sich auf die Jungpflanzenentwicklung fokussieren. Insbesondere die Baseler-Stämme hatten teilweise einen positiven Effekt auf Wachstum und auf das Blühverhalten von Pelargonie, Poinsettie, Porree und Erdbeeren. Diese Ergebnisse müssen aber breiter abgestützt werden und es sollten mehr Baseler-Stämme geprüft werden. Von grossem Interesse ist auch die kombinierte suppressive Wirkung von Komposten und AMP.

6. Bisherige Projektoutputs

6.1 Publikationen

Mäder, P., Vieweger, A., Bruns, C., Perner, H. und George, E., 2003: Einsatz von Mykorrhizapilzen bei der Anzucht von Jungpflanzen im ökologischen Gemüse- und Zierpflanzenbau. Tagung der Deutschen Gartenbaulichen Gesellschaft. Weihenstephan, 26.-28.2.2003.

Oehl, F., Sieverding, E., Mäder, P., Dubois, D., Boller, T. und Wiemken, A.: Impact of conventional and organic farming on the arbuscular mycorrhizal fungi. Oecologia, eingereicht. Diese Publikation entstand in Verbindung mit dem OecoMyc Projekt.

Koller et al.: Merkblatt: Herstellung und Verwendung von Substraten mit Qualitätskomposten für die ökologische Jung- und Zierpflanzenproduktion.

6.2 Vorträge

P. Mäder et al.: Einsatz von Mykorrhizapilzen bei der Anzucht von Jungpflanzen im ökologischen Gemüse- und Zierpflanzenbau. Tagung der Deutschen Gartenbaulichen Gesellschaft. Weihenstephan, 26.2.2003.

E. George, E., et al. stellen die Ergebnisse des Oeco Myc an der nächsten Tagung der deutschen Gartenbaulichen Gesellschaft vor.

P. Mäder et al. sind von Mycosym (Triton) eingeladen worden, die Mykorrhiza-Anwendungsversuche an einem Mycosym Symposium in Bitterfeld vorzustellen (19.11.2003).