

FELDMANN, F.* , SILVA Jr., J.P.+ & A.V.R. JAYARATNE#

*Institut für Pflanzenkultur, Solkau, Deutschland; +Centro Nacional de Pesquisa Agroflorestal da Amazonia, Manaus, Brasilien; #Rubber Research Institute of Sri Lanka, Agalawatta, Sri Lanka

Nutzung der arbuskulären Mykorrhiza in Baumschulen der Tropen am Beispiel des Kautschukbaumes *Hevea spp.*

Utilization of arbuscular mycorrhiza in tropical nurseries exemplarily demonstrated for the rubber tree *Hevea spp.*

Abstract

The experimental introduction of arbuscular mycorrhizal fungi into the plant production process of the rubber tree (*Hevea spp.*) pointed out the economic importance of the mycorrhizal technology as an efficient management factor in practice. Better growth of young plants, shorter growth period in nurseries, decreased plant losses in spite of the presence of root and leaf pathogens, reduction of pesticide use, higher success in budgrafting, reduced losses after planting in the field, and finally better growth in the field with the consequence of earlier crown-budding are the economically positive valuating factors.

1 Einleitung

Zahlreiche der ein- und mehrjährigen tropischen und subtropischen Nutzpflanzen werden von arbuskulären Mykorrhizapilzen besiedelt und viele sind von der Ausbildung der Symbiosen mehr oder weniger stark abhängig (JANOS, 1987). Das natürliche Vorkommen von arbuskulären Mykorrhizapilzen (AMP) wird bei der Anlage von Nutzflächen durch die begleitend angewendeten Maßnahmen stark beeinträchtigt (FELDMANN und LIEBEREI, 1994) und führt dazu, daß eine ausreichende Versorgung ausgepflanzter Nutzpflanzen mit geeigneten AMP im Feld oft nicht gewährleistet ist (FELDMANN et al. 1995a). Pflanzenbaumaßnahmen, die auf eine Verbesserung der ökologischen Situation von Anbauflächen in den Tropen gerichtet sind (z.B. Mischkulturanbau und weitgehende Belassung von Sekundärvegetation), erwiesen sich für den Aufbau wirksamer, autochtoner AMP-Populationen nützlich (FELDMANN et al., 1995b). Bevor die Nutzpflanzen ins Gelände gepflanzt werden, durchlaufen sie ihre frühe Entwicklungsphase in Baumschulen, wo - vergleichbar zu der Produktion von Jungpflanzen in den gemäßigten Breiten - vorab sterilisierte Pflanzsubstrate zum Einsatz kommen. Bei der Sterilisierung gehen im Substrat befindliche AMP zugrunde, so daß die Jungpflanzen ohne Inokulation geeigneter Symbionten nicht zur Ausbildung der für sie essentiellen Lebensgemeinschaft gelangen können.

Der Kautschukbaum *Hevea brasiliensis* ist eine Weltwirtschaftspflanze mit großer Bedeutung für die Volkswirtschaft verschiedener Länder in den Tropen. In manchen Anbauländern wird der Feldanbau durch Krankheiten der Pflanze sehr stark beeinträchtigt. In Brasilien führt das Auftreten von Blattkrankheiten, insbesondere der Südamerikanischen Blattfallkrankheit, hervorgerufen durch *Microcyclus ulei*, dazu, daß ein nachhaltiger Plantagenanbau des Kautschukbaumes in nennenswertem Umfang in der Herkunftsregion Amazonien bislang nicht möglich ist (JUNQUEIRA et al., 1988). Brasilien insgesamt ist sogar von der Einfuhr von Kautschuk abhängig. In Sri Lanka dagegen ist der Anbau von *Hevea* vor allem durch

Wurzelkrankheiten, z.B. die Weissfäule, hervorgerufen durch *Rigidoporus lignosus*, bedroht (JAYARATNE, 1982).

Zwischen 1987 und 1998 studierten wir deshalb in mehreren Forschungsprojekten die Wirkung der Mykorrhizierung von Kautschukbaum-Jungpflanzen auf ihr Resistenz- bzw. Toleranzverhalten gegenüber Blatt- und Wurzelkrankheiten, ihre Biomasseentwicklung, ihren Ernährungsstatus und den Propfungserfolg unter dem Einfluss der Symbiosen und ihre Stresstoleranz während der Produktion in der Baumschule und unmittelbar nach dem Auspflanzen ins Feld. Neben diesem intensiven Studium des Kautschukbaumes wurden im gleichen Zeitraum zahlreiche andere tropische und subtropische Nutzpflanzen auf ihre Mykorrhizierfähigkeit untersucht, um weitere potentielle Zielpflanzen und Einsatzbereiche abschätzen zu können.

2 Material und Methode

Orte der Durchführung der Experimente waren das Centro Nacional de Pesquisa Agroflorestal da Amazonia, Manaus, Brasilien, und das Rubber Research Institute of Sri Lanka, Agalawatta, Sri Lanka. Die Parameter der Pflanzenkultur und Analysemethodik zum Studium der Sämlingsentwicklung und Ernährung der Pflanzen, die Studien zur Blattresistenz und der Wurzeltoleranz gegenüber *Fusarium solani*, einem Schaderreger, der bei *Hevea* zu Wachstumsreduktionen und Blattwelke (LIYANAGE und DANTANARAYANA, 1983), aber selten zu Pflanzenausfällen führt, sind bei FELDMANN (1991) dargestellt und fanden in Brasilien statt. Als Mykorrhizapilze wurden hier verschiedene Linien von *Glomus etunicatum* eingesetzt. Das Masseninokulum wurde nach FELDMANN und IDCZAK (1994) produziert.

Alle übrigen Versuche fanden in Sri Lanka statt. Wesentliche Unterschiede zwischen dem Versuchsaufbau in beiden Ländern lagen im pH-Wert der Substrate (beides lehmige Laterite mit starkem Phosphatmangel): in Brasilien pH 4,8, in Sri Lanka pH 6,2. In Sri Lanka wurden Linien der AMP *Gigaspora margarita*, *Acaulospora spec.* und eine aus einer Plantage isolierte Mischung autochtoner Pilze, vermehrt in identischen Bodensubstrat, eingesetzt. In beiden Ländern wurden unterschiedliche Kautschukbaum-Klone verwendet: In Brasilien Unterlagen von maternal definierten Fx 25 - Samen, Edelreiser der Klone Fx 4098, Fx 3925, RRIM 600; in Sri Lanka wurden maternal definierte Sämlinge des Klones PB 86 bzw. Jungpflanzen der Klone RRIC 100 getestet.

Die Methodik der Mykorrhizaanalyse ist bei FELDMANN et al. (1999, in diesem Band) dargestellt. Alle übrigen relevanten Daten sind in den Legenden der Tabellen und Abbildungen wiedergegeben.

Wurzelproben der Nutzpflanzen aus Tab. 3 wurden im Freiland, in Botanischen Gärten oder Pflanzenproduktionsbetrieben gesammelt, zahlreiche wurden als Saatgut oder Stecklinge mit AMP inokuliert und ihre Mykorrhizierfähigkeit nach Wachstum im Gewächshaus festgestellt.

3 Ergebnisse

Entwicklung und Nährstoffaufnahme mykorrhizierter Kautschukbaum-Sämlinge

Nach Auskeimen der Samen erfolgte eine Besiedelung der Kautschukbaum-Sämlinge erst mit Eintreten einer Netto-Photosynthese-Leistung der ersten Laubblätter. In den ersten 210 Tagen nach Inokulation wurde das Wurzelsystem zu $54\% \pm 12\%$ besiedelt. In dieser Zeit veränderte sich

das Wachstum der mykorrhizierten Pflanzen gegenüber der nicht-inokulierten Kontrollvariante. Es kam zu einer verstärkten Biomassebildung mykorrhizierter Pflanzen, nachweisbar auf der Ebene zahlreicher Wachstumsparameter (Abb. 1). Für die Pflanzenproduktion besonders bedeutsam erwies sich eine Vergrößerung der Pflanzenhöhe in Verbindung mit einem stärkeren Durchmesser der Pflanzen. Dadurch gelangten die Jungpflanzen sehr viel früher in das Entwicklungsstadium, das für die Pfropfung der Edelreife erlangt werden muß. Gleichzeitig vermochten die mykorrhizierten Jungpflanzen dem Substrat mehr Nährstoffe zu entziehen (Abb.1). Der Gehalt an Nährstoffen in den Pflanzengeweben war nicht signifikant erhöht; vielmehr setzten die Pflanzen die vermehrt aufgenommenen Nährstoffe in erhöhte Wachstumsleistung um.

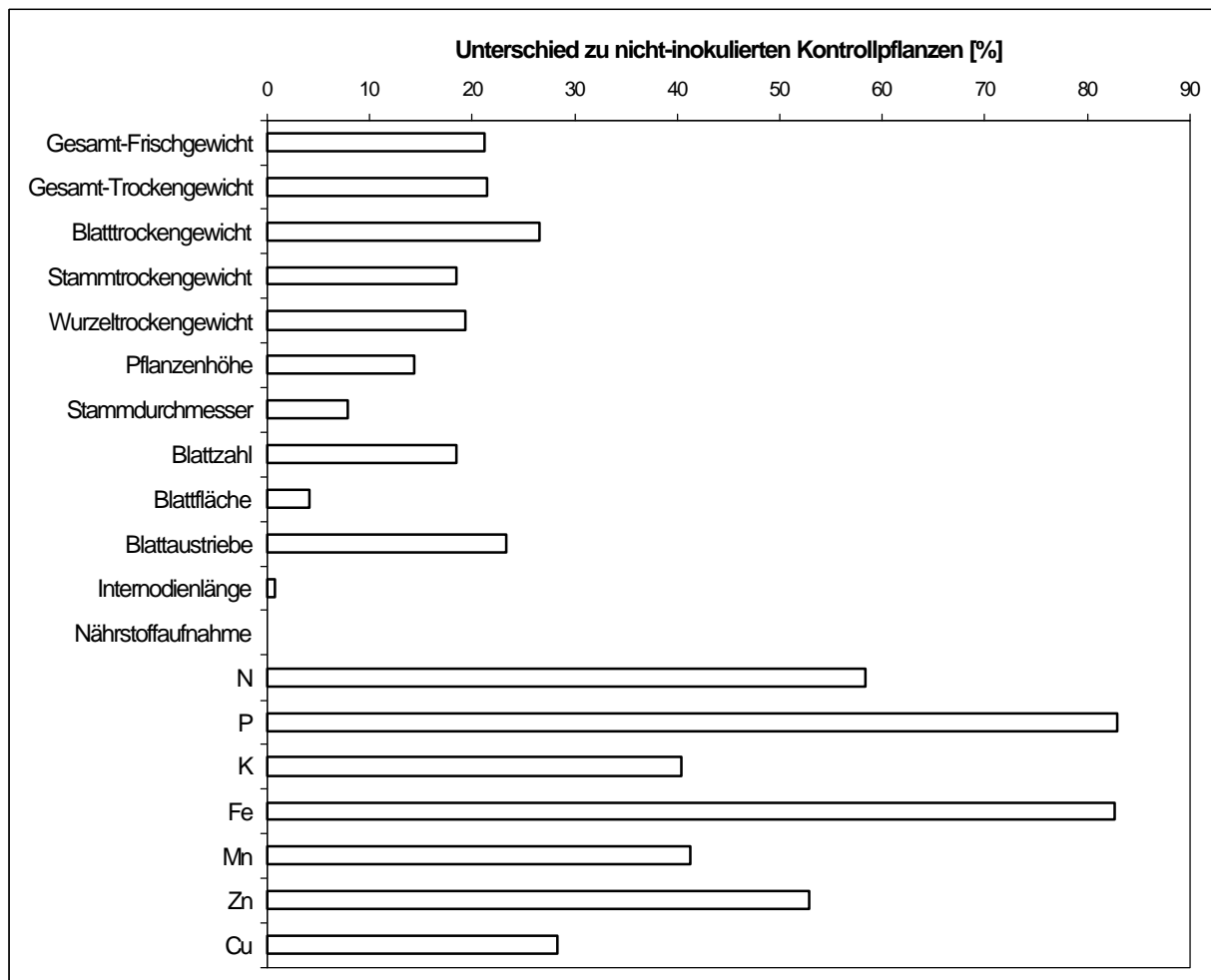


Abb. 1: Verstärktes Wachstum und verbesserte Ernährung von Kautschukbaum-Sämlingen unter dem Einfluß der arbuskulären Mykorrhiza (*Glomus etunicatum*)

Für die Untersuchungen wurden 180 Tage alte Sämlinge des Kautschukbaumes verwendet. Die Anzahl der untersuchten Pflanzen lag bei mindestens 30 pro Experiment in mindestens drei Wiederholungen. Alle dargestellten Werte über 3% sind signifikant von Kontrollpflanzenwerten unterschiedlich (Kruskal-Wallis One-way ANOVA; 95% Intervall)

In einem weiteren Experiment wurde sowohl der Durchmesser der Sämlinge als auch die Pflanzenhöhe von verschiedenen AMP-Linien unterschiedlich beeinflusst (Tab. 1). Alle drei getesteten AMP-Linien verbesserten das Wachstum signifikant gegenüber nicht-mykorrhizierten Kontrollpflanzen. Mykorrhizierte Pflanzen erreichten nicht nur die Propfreife früher, sondern

zeigten zudem im Falle der Inokulation mit *Gigaspora margarita* eine geringere Verlustrate von Edelreisern als nicht-mykorrhizierte Propfunterlagen (Tab. 1).

Tab. 1: Spezifische Wirksamkeit verschiedener AMP-Linien auf die Entwicklung von Propfunterlagen und den Propferfolg bei Hevea-Jungpflanzen (Klon Pb 86) in tropischen Baumschulen acht Monate nach Auskeimen und gleichzeitiger Inokulation.

Werte in Spalten mit dem gleichen Buchstaben sind statistisch nicht signifikant unterschiedlich; LSD 0,05%, 5 Wiederholungen mit 10 Pflanzen)

AMP-Linie	Pflanzenhöhe [cm]	Stammdurchmesser [mm] (12cm über Boden)	Propferfolg [%]
ohne (Kontrolle)	81,1 c	69 c	81,8 b
<i>Gigaspora margarita</i>	101,9 a	90 a	93,0 a
<i>Acaulospora spp.</i>	88,9 b	79 b	83,4 b
Autochter AMP	86,3 b	76 b	84,2 b

Resistenzeigenschaften und Krankheitstoleranz mykorrhizierter Pflanzen

Die Mykorrhizasymbiose führte bei drei Kautschukbaumklonen zu einer erhöhten Resistenz gegenüber dem Blattpathogen *Microcyclus ulei*. Die Verzögerung der Pathogenentwicklung im Blatt mykorrhizierter Pflanzen führte zu einer geringeren Größe der Pathogen-Läsionen und zu einer verminderten Sporulation des Pathogens auf den Blättern (Tab. 2) mit der Folge nachhaltig veränderten epidemiologischen Verhaltens der Krankheit im Testpflanzenbestand. Die Wirksamkeit von *Glomus etunicatum* war klonspezifisch unterschiedlich, aber in allen drei pathogen-anfälligen Klonen nachweisbar. Ein vierter, pathogen-resistenter Klon (IAN 6158) wurde nicht nachteilig durch die Mykorrhizierung beeinflusst.

Kautschukbaumsämlinge, die mit *Fusarium solani* in Kontakt gebracht wurden, waren zwar in geringem Umfang durch das Pathogen befallen, jedoch wurde keine Reduktion des Wachstums beobachtet (Tab. 2). Zu einer vollständigen Verhinderung Pathogen-bedingter Wachstumsdepressionen kam es an Jungpflanzen, die mit dem Erreger der Weissfäule, *Rigidoporus lignosus*, beimpft wurden. An mykorrhizierten Pflanzen erfolgte hier keine Besiedelung mehr durch das Pathogen (Tab. 2).

Wachstum mykorrhizierter Pflanzen im Feld

In der Jungpflanzenproduktion des Kautschukbaumes folgt der Phase der Herstellung von Propfunterlagen aus Sämlingen und der Propfung mit Edelreisern, die nach Ertragsleistung ausgewählt werden, nach ca. sechs Monaten eine Transplantation der Baumschulpflanzen an den Bestimmungsort ins Feld. Bei diesem Umpflanzen gehen z.T. große Mengen an Jungpflanzen durch den Umpflanzstress verloren. Hinzu kommt, daß die nach der zukünftig zu erwartenden Latexmenge ausgewählten Klone solange anfällig gegen *Microcyclus ulei* sind, bis ihre Kronen durch eine erneute Propfung im Feld gegen resistente Kronen ausgetauscht werden.

Tab. 2: Wechselbeziehungen zwischen Hevea-Klonen und Schaderregern unter dem Einfluß von Mykorrhizasymbiosen

Werte in Zeilen mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich; Separater Varianz t-Test; 95% Intervall

Infizierte Organe	AMP	Pathogen	Parameter	Hevea-Klon	ohne AMP	mit AMP
Blätter	<i>Glomus etunicatum</i>	<i>Microcyclus ulei</i>	Pathogensporenzahl [n x 1000/Blatt]	Fx 4098	740a	80b
				Fx3925	590a	120b
				RRIM 600	850a	580b
				IAN 6158	0a	0a
Wurzeln	<i>Glomus etunicatum</i>	<i>Fusarium solani</i>	Trockengewicht [g]	Fx 25	8,5b	12,9a
	<i>Gigaspora margarita</i>	<i>Rigidoporus lignosus</i>	Trockengewicht [g]	PB 86	6,8b	7,7a

Das Auspflanzen mykorrhizierter Jungpflanzen war in unseren Versuchen mit einer drastischen Reduktion der Verluste verbunden: ohne Mykorrhiza-Inokulation gingen 25% der Jungpflanzen in den ersten zwei Monaten im Gelände verloren, mit Inokulation nur noch 3%. Zusätzlich entwickelten sich die überlebenden Pflanzen im Feld so vorteilhaft, daß zum Zeitpunkt der ersten Kronenpropfung (dieser ist dann gegeben, wenn ca. 70% aller zu propfenden Pflanzen, einschließlich der nicht-inokulierten Kontrollpflanzen, eine Höhe von 180cm erreicht haben) mehr als 2/3 mykorrhizierte Pflanzen gepropft werden konnten. So waren von jeweils 392 Pflanzen bereits 70 % aller AMP-inokulierten Pflanzen für die Kronenpropfung geeignet, während dies bei der nicht-inokulierten Variante nur für 30% zutraf.

Weitere potentielle Zielpflanzen

Jede mykorrhizierfähige Pflanze kann in Abhängigkeit von der jeweiligen Umwelt und den verfügbaren AMP als Zielpflanze für einen nutzbringenden Mykorrhizaeinsatz aufgefasst werden. Von 298 untersuchten Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen erwiesen sich 92% (274 Arten) als Wirte arbuskulärer Mykorrhizasymbiosen (Tab. 3). Die in Tab. 3 nicht aufgeführten Nicht-Wirte gehörten zu den Familien der *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae* und *Cyperaceae*. Zu den Wirtspflanzen gehören landwirtschaftlich angebaute Pflanzen, aber auch solche, die als Zierpflanzen in den gemäßigten Breiten gehandelt und dort im Gartenbau produziert werden.

4 Diskussion

Der experimentelle Einsatz von arbuskulären Mykorrhizapilzen in der Pflanzenproduktion des Kautschukbaumes erwies sich unter Praxisbedingungen als ökonomisch sehr sinnvolle Pflanzenbaumaßnahme. Besseres Wachstum der Jungpflanzen und damit kürzere Standzeiten in

Tab. 3: Wirte arbuskulärer Mykorrhizapilze unter wichtigen Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen

Wurzelproben der aufgeführten Pflanzenarten wurden als mykorrhiziert betrachtet, wenn sowohl Mykorrhizamycel als auch Vesikel deutlich erkannt wurden. Arbuskel waren nicht in jedem Fall vorhanden. Die Liste ergänzt die Liste von Weissenhorn und Feldmann (1999, in diesem Band).

Abelmoschus esculentus
Acacia senegal
Amaranthus caudatus
Anacardium occidentale
Annona cherimola
Anthemis tinctoria
Arachis hypogaea
Artocarpus heterophyllus
Astragalus gummifer
Aucuba japonica
Bactris gasipaes
Bertholletia excelsa
Bixa orellana
Cajanus cajan
Canavalia ensiformis
Cannabis sativa
Carica papaya
Carya illinoensis
Cicer arietinum
Cichorium intybus
Cinnamomum verum
Citrullus lanatus
Cocos nucifera
Cola verticillata
Coriandrum sativum
Cuminum cyminum
Curcuma longa
Cydonia oblonga
Cynara cardunculus
Cynara scolymus
Cyphomandra betacea
Cyrtostachus lacka
Dioscorea bulbifera
Diospyros ebenum
Diospyros kaki
Dolichos lablab
Echinochloa frumentacea
Elaeis guieensis
Elettaria cardamomum
Eleusine coracana
Enterolobium cyclocarpum
Eugenia caryophyllata
Eupatorium rebaudianum
Glycine max

Hevea brasiliensis
Hippophae rhamnoides
Ipomoea batatas
Lens culinaris
Leucaena leucocephala
Licania rigida
Luffa aegyptiaca
Magnifera indica
Malpighia glabra
Manihot esculenta
Metroxylon sagu
Nephelium lappaceum
Ochroma pyramidale
Orbignya speciosa
Paullinia cupana
Pennisetum americanum
Persea americana
Phaseolus lunatus
Pistacia vera
Pisum sativum
Psidium guajava
Saccharum officinarum
Schefflera arboricola
Schizolobium amazonicum
Scorzonera hispanica
Sechium edule
Sesamum indicum
Sorghum bicolor
Sorghum saccharatum
Stephanotis floribunda
Sterculia urens
Swietenia macrophylla
Tamarindus indica
Tectona grandis
Terminalia superba
Theobroma cacao
Theobroma grandiflorum
Vigna angularis
Vigna mungo
Vigna radiata
Vigna sinensis
Vigna unguiculata

den Baumschulen, geringere Verluste trotz Krankheitserregern, potentielle Einsparungen bei Pflanzenschutzmitteln, Verringerung der Auspflanzverluste nach Ausbringung der Pflanzen ins Feld und schließlich besseres Wachstum im Feld mit der Folge früherer Propfung mit Pathogen-resistenten Baumkronen können ökonomisch bilanziert werden gegen einen geringen Mehraufwand an Handarbeit zum Zeitpunkt der Inokulation (Mischung des Substrates mit dem AMP-Inokulum) und die Kosten des Inokulums. Diese Kosten lagen inklusive der notwendigen Investitionen (Pflanzkästen) bei maximal 10% der Kosten für erfolgreich okulierte Jungpflanzen. Allein die Reduzierung der Auspflanzverluste machten deshalb in diesen Versuchen den Mykorrhizaeinsatz bereits rentabel. Unsere Ergebnisse führten dazu, daß die Berücksichtigung der Mykorrhiza im Integrierten Pflanzenschutz des Kautschukbaumes proklamiert und umgesetzt wird (LIEBEREI et al., 1989; FELDMANN et al., 1989; FELDMANN et al., 1995).

Die Ergebnisse, die hier am Kautschukbaum dargestellt wurden, können mit großer Sicherheit auf zahlreiche andere mehrjährige und einjährige Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen übertragen werden (SIEVERDING, 1991; FELDMANN et al., 1995b; Tab. 3). Die regelmäßige und breite Einführung der Mykorrhizatechnologie in die Praxis der Pflanzenbauproduktion Brasiliens und von Sri Lanka allgemein scheitert bislang vor allem an der Bereitstellung von adäquatem AMP-Inokulum und dessen Verbreitung. Für die Bereitstellung von AMP-Inokulum muß das im Land befindliche Know-how zentriert und in einer Anfangsphase nicht-kommerziell organisiert werden - ähnlich wie es in der Anfangsphase der Einführung der Mykorrhizatechnologie auch in europäischen Ländern über die Universitäten gewährleistet war. Eine Verteilung des AMP-Inokulums und die Schulungen, damit in geeigneter Weise umzugehen, müssen zweifellos von landwirtschaftlichen Beratungsstellen geleistet werden.

Nicht organisatorisch, sondern biologisch begründete Schwierigkeiten bei der Bereitstellung von Inokulum liegen in den Auswahlverfahren für die AMP für bestimmte Kulturen. Wie oben dargestellt sind spezifische Wechselwirkungen zwischen Pilzlinie und Pflanzensorte ein Haupthindernis für die nutzbringende Umsetzung eines geplanten Einsatzes. Auch für die Überwindung dieser Schwierigkeiten ist es in beiden Ländern unumgänglich, die genannte Institutionalisierung der Inokulumproduktion und die enge Zusammenarbeit zwischen diesen Einrichtungen und den genannten Beratungsstellen in den Mittelpunkt der Bemühungen zu stellen. Auf diese Weise könnte das aufgezeigte Nutzungspotential der natürlichen Symbiosen insbesondere von den Bevölkerungsteilen ausgeschöpft werden, die sich teuren Mineraldünger nicht leisten können. Orientiert man die Ergebnisse zur mykorrhizabedingten Zunahme des Phosphor-Entzuges (Tab. 1) in den vorliegenden stark P-fixierenden Böden an den Analysen von PEREIRA et al. (1988), so kann eine vergleichbare Steigerung des P-Gehaltes in nicht-mykorrhizierten Kautschukbäumen nur durch eine Erhöhung der P-Düngung von 150kg/ha auf 1200kg/ha erreicht werden. Eine Vernachlässigung der Mykorrhizatechnologie hieße hier, sich gegen den wirtschaftlichen Anbau von *Hevea* zu entscheiden.

5 Zusammenfassung

Der experimentelle Einsatz von arbuskulären Mykorrhizapilzen in der Pflanzenproduktion des Kautschukbaumes erwies sich unter Praxisbedingungen als ökonomisch sehr sinnvolle Pflanzenbaumaßnahme. Besseres Wachstum der Jungpflanzen und damit kürzere Standzeiten in den Baumschulen, geringere Pflanzenverluste in Gegenwart von Krankheitserregern, potentielle Einsparungen bei Pflanzenschutzmitteln, Verringerung der Auspflanzverluste nach

Ausbringung der Pflanzen ins Feld und schließlich besseres Wachstum im Feld mit der Folge früherer Propfung mit Pathogen-resistenten Baumkronen können ökonomisch bilanziert werden gegen einen geringen Mehraufwand an Handarbeit zum Zeitpunkt der Inokulation (Mischung des Substrates mit dem AMP-Inokulum) und die Kosten des Inokulums. Diese Kosten lagen inklusive der notwendigen Investitionen (Pflanzkästen) bei maximal 10% der Kosten für erfolgreich gepropfte Jungpflanzen. Allein die Reduzierung der Auspflanzverluste machten deshalb in diesen Versuchen den Mykorrhizaeinsatz bereits rentabel.

6 Danksagungen

Teile der vorgestellten Arbeiten wurden finanziert aus Mitteln des deutschen BMBF+T über das Programm SHIFT, aus Mitteln des Institutes für Angewandte Botanik, Universität Hamburg, des CPAA/EMBRAPA, Manaus, Brasilien, des RRISL, Agalawatta, Sri Lanka, über Stipendien des Landes Niedersachsen, des DAAD und der brasilianischen CAPES.

7 Literaturverzeichnis

- FELDMANN, F., 1991: Die Mykorrhiza des Kautschukbaumes *Hevea spec. Müell. Arg.*: Vorkommen am Naturstandort, Auswirkung auf das Resistenzverhalten, Nutzung im Plantagenbau. Dissertation, TU Braunschweig, 1991
- FELDMANN, F., IDCZAK, E., 1994: Inoculum production of VA-mycorrhizal fungi. In: NORRIS, J.R.; READ, D.J., VARMA, A.K. (eds.): *Techniques for mycorrhizal research*, Academic Press, San Diego, 799-817
- FELDMANN, F., IDCZAK, E., MARTINS, G., NUNES, J., GASPAROTTO, L., PREISINGER, H., MORAES, V.H.F., LIEBEREI, R., 1995a: Recultivation of degraded, fallow lying areas in central Amazonia with equilibrated polycultures: Response of useful plants to inoculation with VA-mycorrhizal fungi. *Angewandte Botanik*, 69, 111-118
- FELDMANN, F., IDCZAK, E., NUNES, C.D.M., 1995b: A importancia dos fungos micorrizicos no manejo de sistemas agricolas na Amazonia. In: KANASHIRO, M., PAROTTA, J.A. (eds): *Manejo e rehabilitacao de areas degradadas e florestas secundarias na Amazonia*; USDA, Puerto Rico, USA, S. 57-65
- FELDMANN, F., JUNQUEIRA, N.T.V., LIEBEREI R., 1989: Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhiza as a factor of integrated plant protection. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 29, 131-135
- FELDMANN, F., LIEBEREI, R., 1994: Vesicular-arbuscular mycorrhiza in rubber tree monocultures. *Mycorrhiza News (New Delhi)* 5 (4), 1-6
- JANOS, D.P., 1987: VA mycorrhizas in humid tropical ecosystems. In: SAFIR, G.R. (ed.): *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 107-134
- JAYARATNE, A.H.R., 1982: Endomycorrhizas of rubber growing soils of Sri Lanka. *J. Rubb. Res. Inst. Sri Lanka* 60, 47-57
- JUNQUEIRA, N.T.V.; CHAVES, G.M.; ZAMBOLIM, L.; ALFENAS, A.C., GASPAROTTO, L., 1988: Reacao de clones de Seringueira a varios isolados de *Microcyclus ulei*. *Pesq. Agropec. Bras.* 23(8), 877-893
- LIEBEREI, R., JUNQUEIRA, N.T.V., FELDMANN, F., 1989: Integrated disease control in rubber plantations in South America. *Proceedings of the '89 Integrated Pest Management*, February 8-15, 1989, Bad Dürkheim, FRG, 445-456
- LIYANAGE, A. de S., DANTANARAYANA, D.M., 1983: Association of *Fusarium solani* with root lesions of rubber showing leaf wilt in Sri Lanka. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 80(3), 565-567
- PEREIRA, E.B.C.; PEREIRA, A.V.; DA SILVA, S.E. L., 1988: Niveis de N, P, K, e Mg para viveiro de Seringueira em latossolo amarelo de textura muito argilosa. *R. Bras. Ci. Solo* 12, 143-146
- SIEVERDING, E., 1991: Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. GTZ, Eschborn, Deutschland