

# Ökologische und experimentelle Arbeiten über Mykorrhiza in Naturwäldern Südchiles

Roberto Godoy, Rubén Carrillo & Hernán Peredo

## Synopsis

Maintenance of biological diversity above- and belowground is both important and critical in order to sustain long-term productivity of forest ecosystems. Additionally to the number of species a useful measure of diversity must include functional diversity of the key-organism groups.

In this study the mycorrhizal status of 124 species of vascular plants in 7 forest ecosystems from Southern Chile was analyzed. The type of infection in the 93 species with vesicular-arbuscular mycorrhizae was documented.

In a greenhouse assay *Nothofagus alpina* was inoculated with five species of ectomycorrhizal fungi. At the end of the experiment (20 weeks) morphometric parameters and quality index of seedlings were measured. Inoculated plants always showed significantly higher values of growth and vitality than controls.

*Pflanzengesellschaften, Symbiose, Vesikulär-arbuskuläre Mykorrhiza, Ektomykorrhiza-Inokulation*

*plant communities, symbiosis, vesicular-arbuscular mycorrhizae, ectomycorrhizal inoculation.*

## 1. Einleitung

Die fortschreitende Erschöpfung der natürlichen Ressourcen ist ein ausführlich nachgewiesener Tatbestand. Die in der letzten Zeit in der Forstwirtschaft erreichte Entwicklung ist von beträchtlicher Bedeutung für das wirtschaftliche Wachstum Chiles (CORFO-INFOR 1993). Der ökologische Preis dieser Praxis, in welcher natürliche Wälder massiv in den Produktionsprozeß einbezogen werden, besteht darin, daß die ursprünglichen Waldökosysteme vollkommen zerstört werden. Überdies werden die einheimischen, natürlichen Bestände oftmals durch Monokulturen eingeführter Arten (z.B. *Pinus radiata*, *Eucalyptus spec. div.*) ersetzt (ARMESTO 1992, LARA & VELEN 1993).

Bei der Entwicklung neuer forstwirtschaftlicher Praktiken ist während des letzten Jahrzehnts einer der hervorzuhebenden Aspekte die Erforschung der sich in der Rhizosphäre ereignenden Prozesse. Von herausragender Bedeutung ist unter diesen die My-

korrhiza (PERRY & al. 1987). Die Symbiose beeinflußt den Nährstoffkreislauf in der Pflanze wie im Biotop, das Mikrohabitat und die Menge bzw. Vitalität des Pflanzenbestandes. Hieraus leitet sich die wesentliche Rolle der Mykorrhiza in der Struktur und Stabilität von Ökosystemen ab (BRUNDETT 1991, READ 1991).

Zweck der vorliegenden Studien ist es zunächst, den Mykorrhizienstatus der Gefäßpflanzen in natürlichen Wäldern in der Küstenkordillere (Valdivia, Südchile) zu erfassen. Anhand von Experimenten sollen außerdem an Keimlingen von *Nothofagus alpina* Auswirkungen einer kontrollierten Mykorrhizierung auf das Wachstum und den Qualitätsindex demonstriert werden.

## 2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Küstenkordillere bei Valdivia, Chile (40°13' S, 73°39' W) und liegt auf einer Höhe von 300–1000 m über dem Meeresspiegel (Abb. 1). Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt 2000 bis 4000 mm (RAMIREZ 1982).

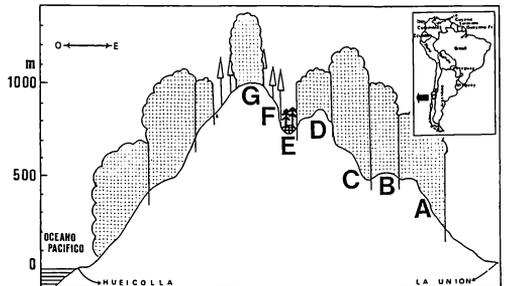


Abb. 1  
Lage des Untersuchungsgebietes in der Küstenkordillere von Südchile mit der Verteilung der Waldökosysteme (nach Ramirez 1982).

Fig. 1  
Investigation area with typical transect of forest communities

- A = Coigue-Ulmo (*Dombeyo-Eucryphietum*)
- B = Raulí (*Nothofagetum procerae*)
- C = Tepa-Tineo (*Laurelio-Weinmannietum*)
- D = Coigue de Chiloé (*Nothofagetum nitidae*)
- E = Ciprés (*Pilgerodendronetum*)
- F = Alerce (*Fitzroyetum*)
- G = Coigue de Magallanes (*Nothofagetum betuloidis*)

Tab. 1:  
Bodenparameter der untersuchten Waldökosysteme  
(Bezeichnung der Waldökosysteme siehe Abb. 1)

Parameter	Waldökosysteme – forest types						
	A	B	C	D	E	F	G
pH (in H <sub>2</sub> O)	4,27	4,81	4,88	4,01	4,23	4,15	4,11
C org. (%)	10,98	9,10	10,99	14,77	6,30	7,91	8,71
N total (%)	0,43	0,58	0,68	0,92	0,19	0,50	0,39
C/N	25,5	15,7	16,2	16,0	33,2	15,8	22,3
P verfügbar (ppm)	7,40	2,70	1,00	8,30	1,00	20,30	16,70

Tab. 1:  
Soil parameter in the investigated forest ecosystems  
(further explanation see Fig. 1)

Tab. 2:  
Zahl der Gefäßpflanzenarten mit Mykorrhiza in den untersuchten Waldökosystemen Südchiles (Bezeichnung der Waldökosysteme siehe Abb. 1)

Mykorrhizaform mycorrhiza type	Waldökosysteme – forest types						
	A	B	C	D	E	F	G
VAM	37	36	40	24	17	10	13
Ektomykorrhiza	1	2	1	1	0	1	1
Ericoide Mykorrhiza	2	1	0	1	2	0	1
Orchideoide Mykorrhiza	1	1	1	0	0	0	0
Nicht mykorrhiziert	9	7	9	5	6	6	3
<b>Gesamt</b>	<b>50</b>	<b>47</b>	<b>51</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>17</b>	<b>18</b>

Tab. 2:  
Number of cormophyt species with mycorrhiza in Chilean forest ecosystems (forest types according to fig. 1)

Tab. 3:  
Durchschnittliche Meßwerte (n = 19) und Qualitätsindex der Kontrolle und der inokulierten *Nothofagus alpina* Pflanzen mit Ektomykorrhiza.

A = Durchmesser des Wurzelhalses (mm)  
B = Sproßlänge (cm)  
C = Wurzellänge (cm)  
D = Sproßfrischgewicht (g)  
E = Wurzelfrischgewicht (g)  
F = Sproßtrockengewicht (g)  
G = Wurzeltrockengewicht (g)  
\* Signifikanz  $p = 0,05$

Tab. 3:  
Mean values (n = 19) and quality index of untreated and inoculated *Nothofagus alpina* plants with ectomycorrhiza.

A = diameter of rootcollar (mm)  
B = shoot length (cm)  
C = root length (cm)  
D = shoot fresh weight (g)  
E = root fresh weight (g)  
F = shoot dry weight (g)  
G = root dry weight (g)  
\* significance  $p = 0,05$

	Parameter							Index
	A	B	C	D	E	F	G	
Kontrolle	2,59	13,56	16,25	1,47	1,00	0,43	0,22	0,012
<i>Amanita spec.</i>	3,56*	19,90*	24,15*	2,66*	1,66*	0,69*	0,30*	0,017*
<i>Lactarius spec.</i>	3,59*	20,25*	23,40*	2,59*	1,76*	0,69*	0,30*	0,017*
<i>Pisolithus spec.</i>	4,21*	22,46*	26,18*	3,58*	2,39*	1,02*	0,41*	0,026*
<i>Suillus spec.</i>	4,46*	23,25*	21,21*	3,98*	2,55*	1,07*	0,42*	0,028*
<i>Laccaria spec.</i>	4,14*	24,46*	21,21*	3,75*	2,24*	1,03*	0,45*	0,024*

Die Topographie ist durch sanfte Hügel charakterisiert. Das geologische Ausgangsmaterial bilden vor allem metamorphe Gesteine aus dem Paläozoikum und Präkambrium (BRÜGGEN 1950). Angaben zum Boden sind Tab. 1 zu entnehmen.

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Mykorrhiza-Status

Der Mykorrhiza-Status der sieben Waldgesellschaften ließ sich beschreiben, indem über verschiedene Höhenstufen ein Transekt gelegt und die Mykorrhizierung ermittelt wurde.

Die untersuchten Wälder gehören zu folgenden pflanzensoziologischen Einheiten (RAMIREZ 1982, Abb. 1): *Coigüe-Ulmo* (*Dombeyo-Eucryphietum*), *Rauli* (*Nothofagetum procerae*), *Tepa-Tineo* (*Laurelio-Weinmannietum*), *Coigüe Chilóe* (*Nothofagetum nitidae*), *Ciprés de las Guaitecas* (*Pilgerodendronetum*), *Alerce* (*Fitzroyetum*) und *Coigüe de Magallanes* (*Nothofagetum betuloidis*).

Die Gesamtheit der Gefäßpflanzenflora in jeder Waldgesellschaft wurde nach MARTICORENA & QUEZADA (1985) bestimmt und registriert. Endotrophe Mykorrhizen ließen sich nachweisen, indem das Material nach KOSKE & GEMMA (1989) fixiert, gefärbt und danach im Mikroskop untersucht wurde. Für die ektotrophen Arten eignete sich die bei AGERER (1992) beschriebene Methode bestens.

#### 3.2 Inokulation von *Nothofagus alpina*

Keimlinge von *Nothofagus alpina*, die unter sterilen Bedingungen angezogen worden waren, wurden in 1-Liter-Gefäße überführt. Als Substrat wurde mit Methylbromid begaste und somit sterilisierte Erde der natürlichen Wälder verwendet. Bodenparameter sind in Tab. 1 angeführt (Waldtyp B). Die Keimlinge wurden mit folgenden Arten von Ektomykorrhiza-Pilzen inokuliert *Amanita spec.*, *Lactarius spec.*, *Pisolithus spec.*, *Suillus spec.* und *Laccaria spec.*. Als Inokulum diente myceldurchwachsendes Vermiculit. Ausführlichere Angaben zur Methode machen MARX & KENNEY 1982. Es wurden 19 Parallelen für jede Behandlung sowie eine Kontrolle eingesetzt. Nach 20 Wochen wurden folgende Parameter bestimmt: Durchmesser des Wurzelhalses, Sproß- und Wurzellänge, Frisch- und Trockengewicht von Sproß und Wurzeln sowie der Qualitätsindex nach RITCHIE (1984). Die Ergebnisse wurden mittels Varianzanalysen und TUKY-Test statistisch abgesichert.

### 4. Ergebnisse und Diskussion

#### 4.1 Mykorrhiza-Status

Insgesamt wurden über die Länge des Transekts in der Küstenkordillere 124 Arten von Gefäßpflanzen

registriert, von denen 93 eine Mykorrhiza aufwiesen. Diese Ergebnisse stimmen mit den auf globaler Ebene erstellten Berechnungen von NEWMAN & REDELL (1987) überein.

Die Auswertung nach systematischen Hauptgruppen von Gefäßpflanzen (Abb. 2) ergab: 12 der 18 untersuchten Pteridophyten verfügen über eine vesikulär-arbuskuläre Mykorrhiza (VAM). Ähnliche Ergebnisse erlangten NEWMAN & REDELL (1982). Alle fünf dort untersuchten Gymnospermen weisen ebenfalls eine VAM auf, wie schon GODOY & MAYR (1989) konstatierten. Die Ergebnisse über die 101 Arten der Angiospermen sind nicht einheitlich, doch dominiert die VAM mit 64 Wirtsarten unter den Formen der Endomykorrhiza. Außerdem fanden sich sechs Arten mit einer Ektomykorrhiza sowie fünf ericoid bzw. zwei orchideoid mykotrophe Arten. In Pflanzen aus 24 Taxa fand sich keine Mykorrhiza. Zu etwa übereinstimmenden Ergebnissen gelangten bereits CARRILLO & al. (1992).

In Tab. 2 sind die Typen der nachgewiesenen Mykorrhizen in den sieben untersuchten Waldgesellschaften zusammengefaßt. Zwar geht die Artenzahl der Gefäßpflanzen mit zunehmender Höhenstufe zurück, doch ändert dies nichts an dem gleichbleibend dominanten Anteil der VAM-Wirte. Die restlichen Formen der Mykorrhiza sind in der dortigen Flora kaum präsent. Der Anteil nicht mykorrhizierter Arten ist in allen Waldgesellschaften etwa gleich groß und wird von Mitgliedern der *Proteaceae*, *Juncaceae* und *Cyperaceae* gestellt, also Familien, die bekanntermaßen kaum Vergesellschaftungen mit Mykorrhizapilzen eingehen (BRUNDRETT 1991). Die hier für südchilenische Wälder dargestellten Ergebnisse ähneln in den prozentualen Verhältnissen der Mykorrhizierformen zueinander den für temperate Waldökosysteme beschriebenen Verhältnissen (BRUNDRETT 1991).

#### 4.2 Inokulationsversuche

Im Experiment waren alle eingesetzten Stämme von Ektomykorrhiza mit *Nothofagus alpina* kompatibel. Es wurde ein positiver Effekt der Mykorrhizierung auf morphometrische Parameter und die Biomasse der Wirte festgestellt. Dieser war gegenüber der Kontrolle statistisch signifikant (Tab. 3).

Auch am Qualitätsindex (Tab. 3) läßt sich ein Effekt der Inokulation ablesen: Behandlungen mit *Pisolithus spec.*, *Laccaria spec.* und *Suillus spec.* verdoppelten die Durchschnittswerte gegenüber der Kontrolle.

Wie schon in manchen anderen Ländern praktiziert (READ 1991), weisen die Ergebnisse auf die Möglichkeit hin, auch in den gestörten Waldökosystemen Südchiles durch gezielte Inokulationen mit ausgewählten Mykorrhizapilzen eine Restaurierung der ursprünglichen Baumschicht zu unterstützen.

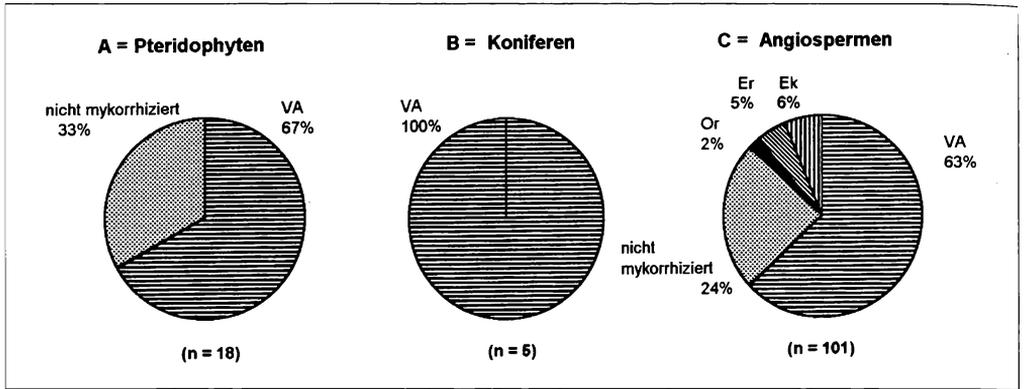


Abb. 2

Anteil mykorrhizierter Kormophytenarten in systematischen Hauptgruppen (Pteridophyten, Koniferen und Angiospermen) in Waldökosystemen von Südchile

Fig. 2

Cormophytes with mycorrhiza classified to systematical groups in the forest ecosystems of southern Chile

### Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die entgegengebrachte Hilfe durch das Projekt Fondecyt 1940849, DIDUACH S-94-07 und die Mitwirkung der CONAF. Die Autoren danken dem DAAD für finanzielle Hilfe und Dr. W.-D. Däging für die Durchsicht des Manuskriptes.

### Literatur

- AGERER, R., 1992: Characterization of ectomycorrhiza. – *Methods in microbiology*, Academic press **23**: 25–73
- ARMESTO, J., 1992: Mitos y realidades del bosque nativo chileno. – *Revista Chilena de Historia Natural* **65**(2): 173–176.
- BRÜGGEN, J., 1950: Fundamentos de la Geología de Chile. – Instituto Geográfico Militar, Santiago, Chile: 374 páginas.
- BRUNDRETT, M., 1991: Mycorrhizas in natural ecosystems. – *Advances in Ecological Research* **21**: 171–313.
- CARRILLO, R., R. GODOY & H. PEREDO, 1992: Simbiosis micorrizica en comunidades boscosas del Valle Central de Chile. – *Bosque* **13**(2): 57–67.
- CORFO-INFOR, 1993: Exportaciones forestales chilenas (Enero-Diciembre 1992). – *Boletín Estadístico* **27**: 1–177.
- GODOY, R. & R. MAYR, 1989: Caracterización morfológica de micorrizas vesículo-arbusculares en coníferas del Sur de Chile. – *Bosque* **10**(1-2): 89–98.
- KOSKE, R. & J. GEMMA, 1989: A modified procedure for staining root to detect MVA. – *Mycological Research* **92**(4): 486–488.
- LARA, A. & T. VEBLÉN, 1993: Forest plantations in Chile: a successful model – In: A. MATHER (ed.): *Afforestation policies – planning and progress*. – Belhaven Press, London-Florida: 118–139.
- MARX, D. & D. KENNEY, 1982: Production of ectomy-

- corrhizal fungus inoculum. – In: SCHENCK, R. (ed.): *Methods and principles of mycorrhizal research*. – American Phytopathology Society: 131–146.
- MARTICORENA, C. & M. QUEZADA, 1985: Catálogo de la flora vascular de Chile. – *Gayana* **42** (1–2): 1–157.
- NEWMAN, E. & P. REDDELL, 1987: The distribution of mycorrhizas among families of vascular plants. – *New Phytologist* **106**: 745–751.
- PERALTA, M., M. IBARRA & E. OYANEDEL, 1982: Suelos del tipo forestal Alerce. – *Fac. Cs. Forestales, Universidad de Chile* **2**: 39–51.
- PERRY, D., R. MOLINA & M. AMARANTHUS, 1987: Mycorrhizae, mycorrhizospheres and reforestation: current knowledge and research needs. – *Canadian Journal of Forest Research* **17**: 929–940.
- RAMIREZ, C., 1982: La *Vegetación nativa del Sur de Chile*. – *Creces* **3**(6–7): 40–45.
- READ, D. J., 1991: The role of the mycorrhizal symbiosis in the nutrition of plant communities. – in: D.J. READ (ed): *Ecophysiology of ectomycorrhizae of forest trees*. – The Marcus Wallenberg Foundation, Symposia Proceeding N° 7: 27–53.
- RITCHIE, G., 1984: Assessing seedlings quality. – In: D. MURVEA & T. LANDIS (eds.): *Forest Nursery Manual – production of bareroot seedlings*. – Junk, The Hague: 243–259.

### Adressen

Dr. Roberto Godoy, Instituto de Botánica, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

Mag. Rubén Carrillo, Instituto de Botánica, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile

Dr. Hernán Peredo, Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [24\\_1995](#)

Autor(en)/Author(s): Godoy Roberto, Carrillo Rubén, Peredo Hernán

Artikel/Article: [Ökologische und experimentelle Arbeiten über Mykorrhiza in Naturwäldern Südchiles 619-622](#)