

MYKORRHIZAUNTERSUCHUNGEN IN EINEM SUBAL-
PINEN FICHTENWALD

Mycorrhiza Studies in a Subalpine Spruce Forest

Recherches sur la mycorrhize dans une pessière
subalpine

Исследования микориз в субальпийском еловом насаждении

von

FRIEDERIKE GÖBL

EINLEITUNG

Forstliche Pflege- und Sanierungsmaßnahmen bauen heute auf der Erkenntnis auf, daß der Waldboden ein vielfältiges, entsprechend seiner Beschaffenheit wechselndes Pflanzen- und Tierleben beherbergt. Qualitative und quantitative Untersuchungen über Bodenfauna und Bodenflora haben bereits Einblick in Aufbau und Haushalt zahlreicher (oft artenreicher) Organismengesellschaften vermittelt.

Eine bedeutsame Rolle innerhalb der Gesamtheit der Waldbodenorganismen spielen die Mykorrhizapilze, deren Mycel den Boden mehr oder weniger intensiv durchsetzt. Als Symbionten der Baumwurzeln sind sie an der Ernährung besonders der Waldbäume wesentlich beteiligt, wie aus ernährungsphysiologischen Untersuchungen mit radioaktiven Substanzen (MELIN, HARLY u. a.) sowie aus Gefäß- und Freilandversuchen (MELIN, LOBANOW, BJÖRKMAN u. a.) eindeutig hervorgeht. Weit weniger jedoch wissen wir über die Mykorrhizen am natürlichen Standort. Unsere Kenntnis über die morphologische und anatomische Beschaffenheit, die horizontale und vertikale Verteilung sowie die ökologischen Ansprüche der verschiedenen Ausbildungsformen (= "Mykorrhizatypen") ist noch sehr lückenhaft.

MELIN (1927) verdanken wir ausgezeichnete Mykorrhiza-Beschreibungen aus verschiedenen schwedischen Waldgesellschaften. Er unterscheidet die 4 Gruppen der A, B, C und D-Mykorrhizen (A: gut entwickelte Mykorrhizen, mit Pilzmantel; B: Jugendstadien; C: Knollenmykorrhizen; D: schwarze Mykorrhizen), in denen allerdings zum Teil die verschiedensten Formen zusammengefaßt sind. Es ist bedauerlich, daß diese Gruppierung, die alle Möglichkeiten einer weiteren Untergliederung bietet, vielfach als starres Schema übernommen wurde und somit der große, durch Boden und Pilzpartner bedingte Formenreichtum der Mykorrhizen unberücksichtigt blieb.

BJÖRKMAN (1942) untersuchte an Jungpflanzen und einzelnen Wurzeln älterer Bäume die Ausbildung und Frequenz der Mykorrhizen bei Kiefer und Fichte in schwedischen Waldgesellschaften und fand in verschiedenen Waldtypen verschieden ausgebildete Mykorrhizen. An Wurzeln älterer Bäume und im allgemeinen auch bei stärkerer Beschattung war die Verpilzung vhm. schwach. Die Klassifikation erfolgt nach dem erweiterten Schema von MELIN.

MIKOLA (1962) bestimmte die qualitative Verteilung der sog. gelben Mykorrhizen (Mykorrhizabildner vermutlich *Corticium bicolor*) in verschiedenen nordischen Waldgesellschaften, wo z. B. eine üppige Ausbildung in *hylocomium*-

reichen Fichtenwäldern im Gegensatz zu Calluna-reichen Heideböden festzustellen war. (Nach mündlicher Mitteilung wurden für die Zählung Bodenstücke von 1 cm² Fläche und 10 cm Höhe ausgestochen).

Eine größere Anzahl von Untersuchungen über den Mykotrophismus von natürlichen Pflanzengesellschaften und den prozentualen Anteil der mykotrophen Arten hat DOMINIK in Polen durchgeführt. Die Verpilzung wird nach der Klassifikation von DOMINIK (1959) beurteilt (12 Untertypen, etwa 50 Gattungen), die als Einteilungsprinzip vor allem die Struktur des Pilzmantels heranzieht und der Formenmannigfaltigkeit der Mykorrhizen entspricht.

Aus den Tropen liegt eine Untersuchung von FASSI (1963) vor, der von Gilbertiodendron Dewevrei, einer Caesalpiniaceae, berichtet, daß an verschiedenen Standorten gewisse Mykorrhiza-Typen regelmäßig in bestimmten Bodenhorizonten auftreten.

Der Mykorrhiza-Besatz von Waldböden wird in erster Linie bestimmt von der Baumart, von der Pilzpopulation im Boden, von der Bodenbeschaffenheit (vor allem von Humuszustand, Durchlüftung, Feuchtigkeit, pH-Wert und Nährstoffangebot) und beeinflusst von der Bestandesdichte (Beschattung!) und der Boden- und Feldschicht der Vegetation.

Es bot sich nun die seltene Gelegenheit zu einer vergleichenden qualitativen und quantitativen Mykorrhiza-Aufnahme in zwei benachbarten Parzellen eines Fichtenwaldes, die wegen der verschiedenen Vorgeschichte ein ebenso verschiedenes Bild zeigen, obwohl sie heute unter gleichen Umweltsbedingungen stehen. (Berichte über die historische Entwicklung (BFI Zell am Ziller) und den waldbaulichen Zustand (FBVA Mariabrunn) sind in Vorbereitung und es sei darauf verwiesen.) Darüber sei im folgenden berichtet.

I. BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHUNGSFLÄCHE

Die zwei aneinandergrenzenden Parzellen dieses subalpinen Fichtenwaldes (an der Obergrenze des lokalen Buchenvorkommens) liegen in ca. 1450 m Höhe am SO-Abfall (Neigung ca. 30°) des Penken (Tuxer-Voralpen) oberhalb von Finkenberg im hinteren Zillertal, Tirol. Grundgesteine sind mineralreiche Glimmerschiefer, Quarzite, Gneise u. a. der unteren Schieferhülle. Die Böden sind Braunerden mit mehr oder weniger starker Podsolierung (pH-Wert um 4, 5).

Die Parzelle I ist Gemeindewald mit Streunutzungsrecht. Die Degradation des Bestandes und die heutige Ertragslosigkeit sind wohl vorwiegend auf die langjährige Streunutzung zurückzuführen.

Die Fichten dieses schütterten "Krüppelwaldes" sind schmalkronig und üppig mit *Usnea* bewachsen. Die Nadeln zeigen den für physiologisch trockene Standorte charakteristischen xeromorphen Bau. (Verminderung der Transpiration und der Assimilation des Kohlenstoffes! Vergl. BJÖRKMAN 1942.) Die Beschattung des Bodens ist gering.

Boden und Feldschicht bilden eine dichte, geschlossene Decke; dominierende Elemente sind *Vaccinium*-Arten, *Calluna*, *pleurocarpe* *Astmoose*, *Cladonia*- und *Cetraria*-Arten, die sich allgemein nach Einstellung der Streunutzung ausbreiten. Erst unter ihrem Schutz kann sich wieder Humus entwickeln.

Diesen Verhältnissen entspricht der Bodenzustand. Durch die Streunutzung wurde dem Boden dauernd organische Substanz entzogen. Nach WITTICH ist neben dem Schwinden des Humus eine starke Stickstoffverarmung anzunehmen, die sicher eine der Ursachen für den schlechten Ertrag ist.

Seit wieder Humusbildung erfolgt, tendiert die Entwicklung bei träger Streuzersetzung zu Pilzhumus (nach HARTMANN).

Die Parzelle II war seit der gleichen Zeit in bäuerlichem Privatbesitz; die langjährige pflegliche Behandlung hat die Voraussetzungen für einen ausgezeichneten Waldzustand geschaffen. Infolge des nahezu vollständigen Kronenschlusses ist der Boden vhm. schwach belichtet.

Charakteristische Arten des ziemlich offenen Unterwuchses sind u. a. *Oxalis*, *Sanicula*, *Prenanthes* und trockenheitsempfindliche *Mnium*-Arten.

Die Hauptmasse der Streu wird (zumindest im Bereich der Untersuchungsfläche) während der Vegetationsperiode zersetzt. So bleibt ein großer Teil der Nährstoffe dem Kreislauf erhalten. Die Humusform ist ein Artropodenmoder (nach HARTMANN). Nach dem selben Autor (von MELIN übernommen) kommt auf solchen Standorten den Mykorrhizapilzen eine große ernährungsphysiologische Bedeutung zu. "Es sind dies die Standorte mit besonders gut ausgebildeten Mykorrhizawurzeln. Dort finden diese Pilze jene lebhaft Stickstoffmobilisierung in Form von Ammoniakbildung, die für eine normale und üppige Entwicklung der Mykorrhizen notwendig ist."

Bei Vergleichen mit den erwähnten grundlegenden Arbeiten schwedischer Forscher muß beachtet werden, daß die Böden (Podsole) der nordeuropäischen Untersuchungsflächen im allgemeinen über Moränen liegen und Ortsteinbildung aufweisen und nach MIKOLA (1963) "die Verhältnisse im Rohhumus und die Ursachen für sein Zustandekommen in Mittel- und Nordeuropa etwas verschiedenen sein dürften".

II. METHODIK

Arbeitsziel war eine möglichst vollständige Erfassung der Mykorrhizen dieser beiden Bestände in zwei repräsentativen 200 m² großen Flächen.

Die Freilanduntersuchungen habe ich im Oktober 1963 durchgeführt.

Qualitative Untersuchung

In Abständen von 5 m wurden Bodenziegel von 1/16 m² Fläche und 15 cm Höhe ausgestochen. Die Mykorrhizen der verschiedenen Bodenhorizonte wurden präpariert und fixiert. An Ort und Stelle notierte ich alle Besonderheiten, vor allem die Farbe.

Die Mykorrhizen wurden dann nach morphologischen und anatomischen Gesichtspunkten untersucht, wobei alle mit gleichen oder ähnlichen Merkmalen zu einem Typ gestellt werden.

Quantitative Untersuchung

Aus 1 m² Probeflächen mit weitgehend vergleichbarer Vegetation - relief- und beschattungsbedingte Varianten sind berücksichtigt (vergl. Tab. 2) wurden Bodenproben von 25 cm³ bei 1 cm Höhe mittels Stahlzylindern und -blechen mit geschärften Kanten ausgestochen: aus den nur wenige cm mächtigen A-Horizonten etwa in deren Mitte, im B-Horizont in ca. 8 cm Tiefe. Auf Grund von Stichprobenuntersuchungen darf angenommen werden, daß die Größe der Proben ausreicht, um die Verteilung der Mykorrhizen annähernd zu erfassen. Mykorrhizen sind selbstverständlich auch noch in tieferen Schichten vorhanden, doch wurde aus technischen Gründen auf eine weitere Entnahme verzichtet.

Die Wurzeln wurden möglichst rasch aus den im Kühlschrank aufbewahrten Proben ausgewaschen, präpariert und für die Auswertung fixiert.

Alle erkennbaren Mykorrhiza-Typen wurden zahlenmäßig bestimmt, außerdem aber auch alle verpilzten Wurzeln (alle älteren Mykorrhizen, die infolge stärkerer Verkorkung dunkelbraun und nicht mehr differenzierbar sind; ebenso auch mehr oder weniger abgestorbene Mykorrhizen mit noch feststellbarem Pilzmantel). Vergl. Tab. 3.

Im Vergleich zur Bodenfauna reagieren Mykorrhizen wohl nur in geringem Maße auf klimatische Schwankungen (z.B. Austrocknung). Sie bleiben zumindest 1-2 Vegetationsperioden aktiv; Neubildungen dürften auch in dieser Höhenlage im Frühjahr einsetzen und im Herbst mehr oder weniger abgeschlossen sein (eigene Beobachtungen). Nach MELIN (1923) überwintern solche Mykorrhizen und sterben im Lauf des nächsten Sommers ab.

Derselbe Autor erwähnt (1923, p. 154), daß bei Isolierungsversuchen der Pilz auch noch aus älteren Teilen der Fichtenmykorrhizen auswuchs, also am Leben war.

Im bearbeiteten Fall sind damit alle Mykorrhizen erfaßt, die in der vergangenen Vegetationsperiode als Absortionsorgane in den Nährstoffkreislauf eingeschaltet waren.⁺

Das Material einer einmaligen, gründlichen Probenahme kann einen guten Überblick über die Mykorrhiza-Verhältnisse eines Bestandes geben - unabhängig von jahreszeitlich- und witterungsbedingten Pilzaspekten. Für großräumige Vergleiche ist die Aufnahme der Pilzgemeinschaften unerlässlich.

Bisher können wir nur Vermutungen über eine Zusammengehörigkeit von einzelnen Pilzarten und Mykorrhizen aufstellen. Hyphenverbindungen zwischen Fruchtkörper und Baumwurzeln lassen sich besonders in stärker zersetzten Humushorizonten äußerst selten feststellen. Färbungsversuche haben bisher nicht den gewünschten Erfolg erbracht.

Hilfsmittel: Präparierlupe, Binokular, Mikroskop; die Fixierung der Wurzeln erfolgte in Formalin oder Bouinschem Gemisch, die Einbettung meist in Gelatine.

⁺ Zahlenmäßig nicht eigens erfaßt sind die sog. Pseudomykorrhizen, die aber nicht zu den dominanten Typen gehören (nach MELIN durch Pilzhypen verursacht, die ausschließlich innerhalb der Zellen leben).

III. QUALITATIVE UNTERSUCHUNG

Die Fichtenmykorrhizen sind ektotroph.⁺

- A) Sie sind einfach oder weisen eine mehr oder weniger regelmäßige monopodiale (racemöse) Verzweigung, z. T. mit Seitenverzweigungen bis zur 3. Ordnung auf, und dann meist einen mehr oder weniger kegelförmigen Gesamtumriß.
- B) Die Hauptachsen der Mykorrhizen sowie die Seitenverzweigungen wachsen unregelmäßig. Charakteristisch für diese Wachstumsform sind in der Regel die glänzende Oberfläche des Pilzmantels und reichlich abstrahlende Hyphenstränge (weiß, gelbbraun, zitronengelb); außerdem im Vergleich zur ersten Gruppe eine weitaus größere Zahl von vhm. zarten Wurzelspitzen (mycorrhizal points, HATSH 1937).

Unverpilzte Kurzwurzeln wurden in den untersuchten Proben kaum gefunden, ebensowenig "intrazelluläre Hypheninfektionen".

Farbe und Oberfläche des in der Regel pseudoparenchymatischen Pilzmantels weisen große Unterschiede auf.

Nach MELIN (1923, p. 84) hängt "die große Variation in der Dicke des Hyphenmantels teils damit zusammen, daß sich verschiedene Pilzsymbionten verschieden verhalten, teils damit, wie die Pilze im Boden gedeihen...".

Für einige Typen wurde die Dicke des Pilzmantels in verschiedenen Bodenhorizonten bestimmt (Tab.1):

Die rötlichbraunen Mykorrhizen mit losem, ockerfarbigem Mycel und wenigsschichtigem Pilzmantel (Typ Nr. 5) haben im A_F-Horizont eine durchschnittliche Dicke von 425 μ im A_H-Horizont von 390 μ (Aufnahme Nr. 2/II).

Diese Durchschnittszahlen zeigen, daß offenbar manche Typen in bestimmten Horizonten besonders üppig entwickelt sind. Bei Vergleichen sollten diese Unterschiede beachtet werden.

Im folgenden sind die Mykorrhizentypen, die in beiden Beständen gefunden wurden, angeführt:

⁺ Charakteristisch für ektotrophe Mykorrhizen ist ein mehr oder weniger dicker Pilzmantel und das sog. Hartig'sche Netz, das von Pilzhyphen gebildet wird, die interzellulär in die Rinde eindringen.

Tabelle 1: Dicke der Pilzmäntel einiger Mykorrhizatypen in verschiedenen Bodenhorizonten:

Typ	Bestand	Horizont	Dicke des Pilzmantels in μ
graurosa Mykorrhiza Nr. 13	I	A _H	44.5
	II	A _F	50.0
		A _H	62.5
spangrüne Mykorrhiza Nr. 18	II	A _F	19.2
		A _H	34.0
		B	33.2
schwarzbraune Mykorrhiza Nr. 2	II	A _F	11.0
		A _H	9.0

Die graurosa Mykorrhiza (Typ Nr. 13) aus Bestand I war ein zufälliger Einzelfund an schattigem Standort.

Alle übrigen Messungen sind an Mykorrhizen aus Bestand II, Probefläche 2 durchgeführt (vergl. Tab. 2).

Abkürzungen:

- M morphologische Charakteristik
 A anatomische Charakteristik
 PM Pilzmantel
 HN Hartig'sches Netz
 MØ Maschendurchmesser
 ZZ Zentralzylinder

Alle Angaben über Dicke der Pilzmäntel bzw. Hyphendurchmesser sind Durchschnittswerte aus verschiedenen Proben. (Vergleiche aber Tab.1).

A. Regelmäßig verzweigte Mykorrhizen

Schwarze Mykorrhizen:

- 1 a) M: schwarz; einfach, einfach verzweigt, borstig.
 A: braunviolette, glatte Hyphen ($\emptyset$ ca. 3.5μ , an der Basis um 5.) bilden einen mehr - bis vielschichtigen PM ($10 - 30 \mu$, variiert stark), von dessen Ofl. sie borstig ausstrahlen. Der MØ des PM nimmt von innen ($2.5 - 3.5 \mu$) nach außen zu ($- 7 \mu$), ebenso die Farbintensität. HN nahezu farblos (MØ $2 - 3.5 \mu$).
 Häufig sind auch Langwurzeln von schwarzem Mycel überzogen. Mykorrhizabildner ist vermutlich Cenococcum graniforme.

- 1 b) M: schwarz, einfach, glatt.
 A: wie 1, doch PM ohne abstrahlende Borsten.

2 Schwarzbraune Mykorrhiza:

- M: schwarzbraun, matt; einfach bis reich verzweigt, dick.
 A: der robuste, bräunliche PM ($9 - 11 (14) \mu$) ist mehrschichtig (vergl. Tab.1). MØ des PM: $3.5 - 4.5 \mu$ des HN: $2.5 - 3.5 \mu$.

3 Dunkelbraune Mykorrhiza:

- M: dunkelbronze, metallisch glänzend, mit braunwolligem starrem Hyphenmantel; einfach bis reich verzweigt, vhm. dick.
 A: Die Mykorrhizen sind von braunwolligen starren Hyphen (glatt, bräunlich, dicke Membran, $\emptyset 3.5 \mu$) dicht umhüllt. Der braune, vielschichtige und robuste PM ist ca. $18 - 27 \mu$ dick. (MØ $3.5 - 4.5 \mu$). Das robuste HN ist bräunlich, verliert zwischen den innersten Rindenzellen die Farbe. (MØ $2.5 - 3.5 \mu$).
 Mehrere Rindenzellschichten sind verkorkt, hfg. auch die Zellwände.

4 Orangebraune Mykorrhiza: (Abb. 1b)

- M: lebhaft orangebraun, glänzend; meist üppig verzweigt.
 A: der glatte, vielschichtige PM ($80 - 115 \mu$) ist innen zart (MØ etwa 3.5μ) und farblos, wird nach außen zugroßlumig (MØ $8 - 9 \mu$) und je nach Schnittdicke mehr oder weniger intensiv orangebraun. HN: zwischen den verkorkten Rindenzellen kräftig, zwischen den Parenchymzellen verhältnismäßig zart (MØ $1.3 - 2.5 \mu$). Das Pigment ist wasserlöslich.

- 5 Rötlichbraune Mykorrhiza; mit losem gelblich bis ockerfarbigem Mycel:
(Abb. 1d)
M: rötlichbraun, glänzend, mit hellen keulig verdickten Spitzen, einfach und verzweigt, umgeben von lockerem gelblichen Mycel, bzw. mehr oder weniger dicken, ockerfarbigen Hyphensträngen.
A: PM wenig bis mehrschichtig, mit abstrahlenden Hyphen und Hyphensträngen (Hyphen glatt, dickwandig, reichlich mit Schnallen besetzt, Φ 2.5 - 3.5 μ , einzeln gelblich in dickeren Strängen ocker). 1 bis 2 Rindenzellschichten verkorkt, HN bis ZZ, M Φ um 2 μ .
- 6 Rötlichbraune Mykorrhiza mit losem weißem Mycel;
M: rötlichbraun, einfach oder verzweigt, Spitzen verdickt und hell, umgeben von lockerem weißem Mycel.
A: PM wenig bis mehrschichtig (15 - 30 μ), mit abstrahlenden Hyphen (glatt, farblos, dickwandig, reichlich mit Schnallen besetzt, Φ 1.8 - 2.5 μ).
1 2 Rindenzellschichten verkorkt, HN bis ZZ (M Φ ca. 2.5 μ).
- 7 Rötlichbraune Mykorrhiza mit weißem watteähnlichem Mycel:
M: Rötlichbraun, vhm. dick, meist verzweigt, von dichtem watteähnlichem Mycel umgeben.
A: PM unregelmäßig, wenig bis mehrschichtig, zart (M Φ 3.5 - 5 μ), reichlich abstrahlende Hyphen (farblos, dünnwandig vereinzelt mit Schnallen besetzt, Φ 3.5 - 4 μ).
HN dicht (M Φ 2.5 - 3 μ).
- 8 Chromgelbe Mykorrhiza:
(Abb. 1c)
M: chromgelb, bereift, Spitzen hell, glänzend, (fixierte und ältere Mykorrhizen bräunlichgelb). Meist dichte Büschel, vhm. sehr dick.
A: PM glatt vielschichtig (35 - 50 μ), nahe der Rinde fast farblos, äußerste Schichten gelb (M Φ 3.5 - 5 μ). HN zwischen den verkorkten Rindenzellen grob, im Inneren der Rinde feinmaschig (M Φ um 2.5 μ).
- 9 Senfgelbe Mykorrhiza:
M: senfgelb, glatt; z. T. reich und unregelmäßig verzweigt, dick. Der PM ist brüchig, bei diesem Typ hfg. an der Spitze von der Wurzel durchbrochen, die wenige mm weitergewachsen ist.
A: PM mehr- bis vielschichtig (17 - 25 μ), je nach Schnittdicke mehr oder weniger intensiv gelblichgrün. M Φ 3.5 - 5.5 μ . Mehrere Rindenzellschichten, z. T. auch die Zellwände verkorkt. HN bis ZZ (M Φ 11.5 - 3.5 μ).
- 10 Blaßgelbe Mykorrhiza:
M: blaßgelb, glatt, glänzend, verdickt, mehr oder weniger lang gestielt, einfach.
A: Der vielschichtige PM (45 - 70 μ) ist bei dicken Schnitten orange-gelb getönt. M Φ des PM: 2.5 - 3.5 μ , des mehrreihigen HN ca. 2.5 μ .

11 Graue Mykorrhiza:

- M: grau, mit abstrahlenden farblosen Hyphen, verdickt, sitzend oder gestielt, meist einfach.
- A: Die innere Lage des 30 $40\ \mu$ dicken PM sowie das HN (MØ 1 $2\ \mu$) werden von dkl. braunen Hyphen gebildet, die äußere Lage des PM ist farblos, prosenchymatisch; die reichlich abstrahlenden Hyphen (Ø ca. $2\ \mu$) sind dicht mit Schnallen besetzt.
Grau = optische Farbe!

12 Weißbraune Mykorrhiza:

- M: PM weiß-durchscheinend, fast bläulich schimmernd (optische Farbe!). Ofl. wollig, Spitzen rosabraun; einfach oder einfachverzweigt, mehr oder weniger gestielt.
- A: PM (ca. $50\ \mu$) im Inneren dichtgeflochten (MØ ca. $2.5\ \mu$), nach außen zu ziemlich locker, so daß einzelne Hyphen zu erkennen sind (Ø 1.3 $1.5\ \mu$).
In den Hyphen des PM stark lichtbrechende Einlagerungen. HN farblos, z.T. bis ZZ (MØ 2 $2.5\ \mu$).

13 Graurosa Mykorrhiza; mit glattem Pilzmantel:
(Abb. 1a)

- M: neu angelegte Mykorrhizen sehr hell, ältere graurosa bis grau, häufig reich und regelmäßig verzweigt, nie gekrümmt.
- A: PM vielschichtig, (ca. $50\ \mu$, vergl. Tab.1), zart, im Inneren dicht, nach außen zu locker geflochten. HN feinmaschig, bis ZZ (MØ 1.5 $2\ \mu$).

14 Graurosa Mykorrhiza mit wolligem Pilzmantel:

- M: neu angelegte Mykorrhizen rosa, ältere graurosa, mit durchscheinendem PM und makroskopisch sichtbarem Hyphenflaum, einfach oder unregelmäßig verzweigt, in d.R. gekrümmt, meist gestielt.
- A: PM vielschichtig (MØ 3.5 - $7\ \mu$), von der Ofl. strahlen reichlich farblose, glatte und schnallenlose Hyphen ab. (Ø 3 $3.5\ \mu$).
HN mehrere Zellenreihen tief.

15 Braunrosa Mykorrhiza:

- M: braunrosa, glatt, mehr oder weniger reich verzweigt, unregelmäßig. PM brüchig, bei diesem Typ häufig an der Spitze von der Wurzel durchbrochen, die wenige mm weitergewachsen ist.
- A: PM mehrschichtig, ca. $25\ \mu$ dick, großlumig (MØ 5 - $7\ \mu$), HN großlumig, bis ZZ (MØ 4 - $5\ \mu$). Wände häufig verkorkt.

16 Weinrote Mykorrhiza:

weinrot, PM glatt, mehrschichtig (MØ ca. $3.5\ \mu$), HN bis ZZ.
Sehr selten.

17 Spangrüne Mykorrhiza:
(Abb. 1f)

- M: spangrün, glatt, glänzend, einfach oder mehrfach verzweigt (die einzelnen Kurzwurzeln sind vhm. lang), dick, Spitzen rosa.

- A: PM vielschichtig, (variiert stark, vergl. Tab.1), je nach Schnittdicke blaßgrün bis intensiv spangrün. Häufig mehrere Rindenzellschichten verkorkt. MØ des PM: 2.5 bis 3.5 μ , des HN um 2.5 μ . Pigment wasserlöslich.

Selten wurden intensiv spangrüne Hyphenstränge im Boden gefunden.

B. Unregelmäßig verzweigte Mykorrhizen

18 Gelbbraune, unregelmäßige Mykorrhiza:

M: Neubildungen von gelbbraunem, ältere Formen von mittelbraunem, stark glänzendem Mycel umspinnen, das in mehr oder weniger dicken Strängen unregelmäßig abstrahlt.

A: PM wenig bis mehrschichtig, unregelmäßig; die inneren Schichten sind dicht gelagert, die äußeren verhältnismäßig locker. Die abstrahlenden Hyphen (glatt, dünnwandig, bräunlich, Ø ca. 2.8 μ) sind reichlich mit Schnallen besetzt.

MØ des PM: ca. 3.5 μ , des HN 1.5 2.7 μ .

Vereinzelte intrazelluläre Hyphen!

19 Weiße unregelmäßige Mykorrhiza:

(Abb. 1e)

M: Die unregelmäßig und sehr fein verzweigten Kurzwurzeln sind von glänzend weißem Mycel umspinnen, das in mehr oder weniger dicken Strängen unregelmäßig abstrahlt.

A: PM unregelmäßig, vielschichtig, farblos, zart. MØ des PM: 2.5 4 μ , des HN: ca. 2.5 μ .

Die ausstrahlenden Hyphen sind dünnwandig (Ø 2.2 2.6 μ).

20 Zitronengelbe Mykorrhiza:

einfach oder wenig verzweigt, unregelmäßig, von glänzendem zitronengelbem Mycel umspinnen, das in mehr oder weniger dicken Strängen abstrahlt.

Selten.

Die bisher angeführten Typen wurden in den Humus-Horizonten gefunden.

Im B-Horizont sind die Mykorrhizen vielfach dünn und dunkelbraun oder aber dick und mehr oder weniger gedrunken (PM z. T. schwach ausgebildet; MEYER 1962). Häufig sind auch Formen mit abstrahlendem losem Mycel, das die Bodenteilchen verfestigt.

Die Schwarzen Mykorrhizen (Typ Nr. 1a und 1b) sind auch für den Mineralboden typisch. Auch die Spangrüne Mykorrhiza (Typ Nr. 17) wurde gefunden.

Auffallende Typen des B-Horizontes sind:

21 Braungrüne Mykorrhiza:

M: braungrün, glänzend, dicht von starrem, grauem Mycel umhüllt, einfach oder mehrfach verzweigt.

A: PM (15 - 20 μ) an dicken Schnitten gelbgrün (MØ 1.7 - 3 μ), mehrere Rindenzellschichten sind verkorkt. Optische Farbe. HN bis ZZ (MØ 2.5 - 3 μ).

Die grauen Hyphen (Ø etwa 3.5 μ) umhüllen die Wurzel, dringen aber nicht in den PM ein.

22 Grauweiße Mykorrhiza:

M: grauweiß - grau, glatt, mehr oder weniger reich verzweigt, nicht gestielt.

A: PM mehrschichtig (10 - 20 μ), HN bis ZZ (MØ ca. 2.5 μ). Mehrere Rindenzellschichten verkorkt.

Im B-Horizont wurden regelmäßig reichlich bis massenhaft Sklerotien von Cenococcum (= Mykorrhizabildner der Schwarzen Mykorrhizen) gefunden. Ihre Größe variiert (Ø 1/2 - 5 (6) mm ca).

In 2 cm³ Boden wurden bis zu 82 kleine Sklerotien gezählt.

Verschiedenartige Mykorrhizen können dicht nebeneinander an einer Langwurzel sitzen. An älteren Kurzwurzeln ist häufig ein sekundärer Befall durch Cenococcum zu beobachten.

Mit zunehmendem Alter verlieren die Pilzmäntel der Mykorrhizen an Farbintensität; außerdem sind dann in der Regel die Wände der Rindenzellschichten mehr oder weniger stark verkorkt.

Die von manchen Mykorrhizen ausstrahlenden Hyphenstränge liegen in der Regel lose im Substrat. Nur wenige Mycelien sind kompakt und scharf abgegrenzt, wie z. B. jene die in Verbindung mit den weißen, unregelmäßigen Mykorrhizen (Typ Nr. 19) gefunden wurden und deren Durchmesser oft nur 10 - 15 μ beträgt.

IV QUANTITATIVE UNTERSUCHUNG

Die Tabelle 2 zeigt die Verteilung der angeführten Mykorrhiza-Typen in den A_F- und A_H-Horizonten. Ihre Anzahl ist in der Untersuchungsfläche I geringer als in Fläche II, außerdem zeichnet sich für jeden der beiden Standorte - vermutlich bedingt durch die verschiedenen ökologischen Bedingungen - eine Gruppe spezifischer Typen ab!

Die Verzweigung der Mykorrhizen ist in Fläche II im allgemeinen üppiger; in beiden Flächen ist sie in den A_F-Horizonten weniger dicht als im A_H (vergl. Tab. 2).

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die quantitative Verteilung der gesamten Mykorrhizen in den A_F-, A_H- und B-Horizonten.

Tabelle 2: Vegetation der Boden- und Feldschicht und Verteilung der Mykorrhizotypen in den A_P- und A_H-Horizonten:

Aufnahmenummer:	Parzelle I, streuengünstiger Wald									Parzelle II, Bauernwald								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Blechnum spicant</i>				2	1					2-3	2-3	2-3	2		2	1		
<i>Athyrium filix femina</i>										+		1-2						
<i>Lycopodium clavatum</i>																		
<i>Deschampsia flexuosa</i>																		
<i>Lorula silvatica</i>																		
<i>Calamagrostis villosa</i>																		
<i>Carex spec.</i>																		
<i>Calluna vulgaris</i>																		
<i>Vaccinium vitis idaea</i>																		
<i>Vaccinium myrtillus</i>																		
<i>Melampyrum silvaticum</i>																		
<i>Oxalis acetosella</i>																		
<i>Prenanthes purpurea</i>																		
<i>Hieracium Lichenalii</i>																		
<i>Hamogone alpina</i>																		
<i>Sanicula europaea</i>																		
<i>Phyteuma spec.</i>																		
<i>Veronica officinalis</i>																		
<i>Oxallum rotundifolium</i>																		
<i>Viola silvatica</i>																		
<i>Pirola secunda</i>																		
<i>Hylocomium splendens</i>																		
<i>Pleurozium Schreberi</i>																		
<i>Dicranum undulatum</i>																		
<i>Barbillophasia Floerkei</i>																		
<i>Brachythecium spec.</i>																		
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>																		
<i>Hypnum cupressiforme</i>																		
<i>Rhodoprium roseum</i>																		
<i>Mnium cuspidatum</i>																		
<i>Cladonia furcata</i>																		
<i>Cladonia silvatica</i>																		
<i>Cladonia spec.</i>																		
<i>Cetraria islandica</i>																		
<i>Peltigera cf. canina</i>											1	1	1					

Mykorrhizatypen im A_P-Horizont:

	Typ Nr.
Schwarze My, borstig. PM	1 a
Schwarze My, glatter PM	1 b
Weiß, unregelm. My	19
Schwarzbraune My	2
Dunkelbraune My	3
Rötbr. My, ockerfg. Ml	5
Graurosa My, glatter PM	13
Spangrüne My	17
Chromgelbe My	8
Senfgelbe My	9
Zitronengelbe My	20
Orangebraune My	4
Rötbr. My, weißes Ml	6
Gelbbraune, unregelm. My	18
Graurosa My, wollig. PM	14
Braunrosa My	15
Rötbr. My, wattenhnl. Ml	7
Graue My	11
Blaugelbe My	10

Mykorrhizatypen im A_H-Horizont:

	Typ Nr.
Schwarze My, borstig. PM	1 a
Schwarze My, glatter PM	1 b
Weiß, unregelm. My	19
Gelbbraune, unregelm. My	18
Rötbr. My, wattenhnl. Ml	7
Schwarzbraune My	2
Dunkelbraune My	3
Rötbr. My, ockerfg. Ml	5
Graurosa My, glatter PM	13
Spangrüne My	17
Chromgelbe My	8
Senfgelbe My	9
Orangebraune My	4
Weißbraune My	12
Zitronengelbe My	20
Weißrote My	16
Rötbr. My, weißes Ml	6
Braunrosa My	15
Graurosa My, wolliger PM	14
Blaugelbe My	10
Graue My	11

Probestückengröße: 1 m²

Schätzung des Deckungsgrades nach BRAUN-BLANQUET.

Proben für die zahlenmäßige Bestimmung der Mykorrhizatypen: 25 cm³.

Die Anordnung der Mykorrhizatypen in der Tabelle ist im A_P- und im A_H-Horizont der Übersicht wegen verschieden.

Abkürzungen:

My = Mykorrhiza

PM = Pilzmantel

Ml = Mycel

Parzelle II, Bauernwald:

Kräuterreiche Variante (Nr. 1 - 3):

A_L 1 cm, A_P -2 cm, A_H 3 cm, A_E fehlt oder Spuren.

te mit *Peltigera canina* (Nr. 4 - 6):

A_L 1 cm, A_P 2 cm, A_H 3 cm, A_E 1

Hylocomiumreiche Variante (Nr. 7 - 9):

A_L 1 cm, A_P 2 cm, A_H 3 - 4 cm, A_E fehlt oder Spuren.

Sowohl in den A_P als auch in den A_H-Lagen nahezu aller Proben wurden einzelne Sclerotien von *Cenococcum graniforme* (Mykorrhizabildner der schwarzen Mykorrhizen) gefunden; ihre Größe variiert (Ø 1/2 - 5 cm).

Durchschnittswerte für die bei der Probenahme festgestellte Horizontmächtigkeit:

Parzelle I, streuengünstiger Wald:

Mooereiche Variante (Nr. 1 - 3):

A_L 1 - 2 cm, A_P 2 - 3 cm, A_H 1

Flechtenreiche Variante (Nr. 4 - 6):

A_L Spuren, A_P -1 cm, A_H 1.5 - 2 cm, A_E 3 cm.

Hylocomiumreiche Variante mit *Vacc. myrt.* (Nr. 7 - 9):

A_L 1 cm, A_P 2 cm, A_H 2 - 3 cm, A_E 1

Im streugenutzten Fichtenwald wurden in der A_F -und A_H -Schicht zusammen durchschnittlich um 40 % weniger Mykorrhizen gezählt als im Bauernwald.

Ihre Verteilung wird von der Bodenvegetation beeinflusst (z.B. Flechten und *Calluna*-reiche Variante)! Ein verhältnismäßig großer Anteil der Mykorrhizen, in der *Hylocomium*-reichen Variante mit *Vaccinium myrtillus* sogar der größere, liegt in der A_F -Schicht (um ca. 10 % mehr als im A_H). Dabei ist in dem schütterten Bestand der Boden vhm. stark der Austrocknung ausgesetzt!

Die flache Wurzelentwicklung kann durch die Wurzelkonkurrenz im A_H , der auch von den *Vaccinien* und von *Calluna* stark durchwurzelt ist, beeinflusst sein; außerdem ist der A_E -Horizont ungünstig für die Wurzelausbreitung.

Nach WITTICH wäre solch eine flache Wurzelentwicklung zu erklären mit einer "Suche nach aufnehmbarem Stickstoff - vielleicht auch noch anderen lebenswichtigen organischen Stoffen -, die die degradierten Rückstände des Bodenhumus nicht mehr in genügender Menge anzubieten haben und die deshalb die Wurzeln in den an der Oberfläche verbliebenen Streuresten suchen" (Chemotropismus).

Im gutwüchsigen, geschlossenen Bestand wurde erwartungsgemäß die wesentlich größere Anzahl verpilzter Wurzelspitzen festgestellt.

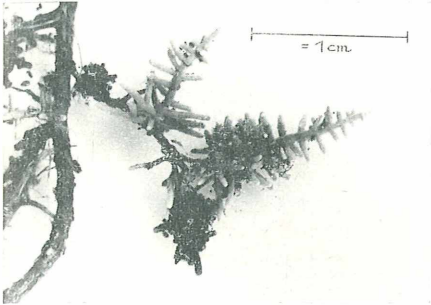
In diesem Zusammenhang erscheint die Tatsache von Interesse, daß in verschiedensten CAJANDERSCHEN Waldtypen mit zunehmenden Stickstoffvorräten im Boden und mit steigendem N-Gehalt der Nadeln eindeutig die Besiedlungsstärke durch Pilze⁺ und Bakterien zunimmt (aus MAYER - KRAPOLL 1963).

Die Hauptmasse der Mykorrhizen liegt im A_H . Nach F. MEYER (1962) dürfte die vhm. geringe Anzahl der Kurzwurzeln im A_F -der beschattet ist, wohl kaum austrocknet und einen höheren Nährstoffgehalt aufweist als der A_F -Horizont des Bestandes I eine Folge der raschen Zersetzung des Bestandesabfalles sein. Da er nur kurze Zeit in dieser Schicht verbleibt, kann sie nur wenig durchwurzelt werden.

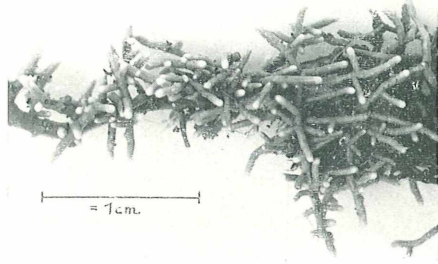
In der kräuterreichen Variante scheinen die nur teilweise zersetzten Blattreste der Farne eine üppigere Mykorrhiza-Entwicklung zu hemmen. Die vhm. hohe Zahl verpilzter Wurzelspitzen (besonders im A_F , auch im A_H) von Aufnahme Nr. 6 ist auf das fast ausschließliche Vorkommen der sog. weißen, unregelmäßigen Mykorrhizen (Typ Nr. 19) zurückzuführen.

⁺ bezieht sich nicht ausdrücklich auf die Mykorrhizapilze.

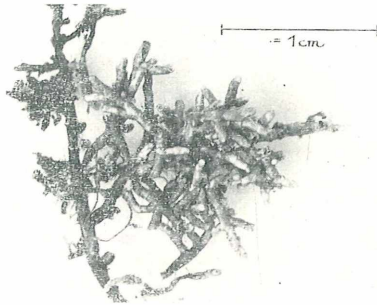
Abb. 1. Verschiedene Mykorrhizatypen des subalpinen Fichtenwaldes bei Finkenberg/Zillertal, Tirol:



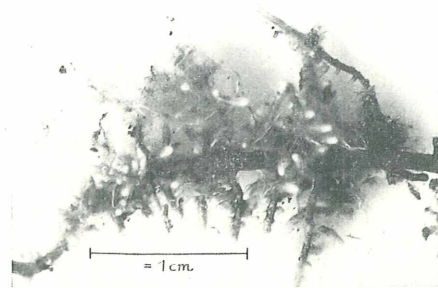
Graurosa Mykorrhiza mit glattem Pilzmantel (Typ Nr. 13)



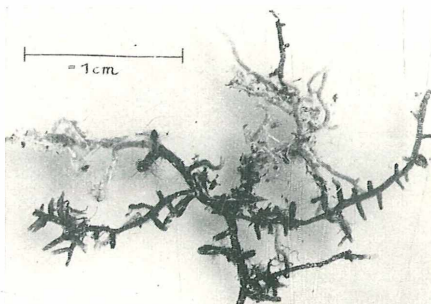
Orangebraune Mykorrhiza (Typ Nr. 4)



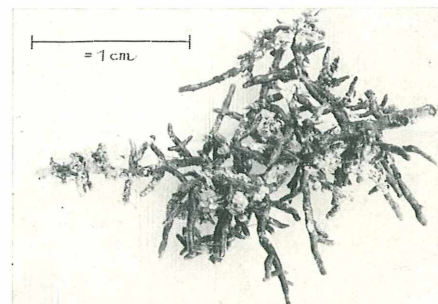
Chromgelbe Mykorrhiza (Typ Nr. 8)



Rötlichbraune Mykorrhiza mit loseem, ockerfarbigem Mycel (Typ Nr. 5)



Weißer unregelmäßige Mykorrhiza (Typ Nr. 19). An derselben Wurzel sind Schwarze Mykorrhizen mit abstrahlenden Hyphen zu erkennen



Spangrüne Mykorrhiza (Typ Nr. 17). Die abgebildete Wurzel wurde aus dem B-Horizont präpariert

Im Gegensatz zum streugenutzten Wald ist in der Hylocomium-reichen Variante des Bauernwaldes die A_F-Schicht relativ schwach durchwurzelt, während in der A_H-Schicht im Durchschnitt um ca. 70 % mehr Mykorrhizen liegen.

Der B-Horizont ist im Vergleich zu den Humushorizonten schwach durchwurzelt; dem entspricht eine geringe Anzahl von Mykorrhizen und ihre ungleichmäßige Verteilung.

Tabelle 3: Verteilung der gesamten Mykorrhizen in den A_F-, A_H- und B- Horizonten:

Parzelle I, streugenutzter Wald:

Horizont	Moosreiche Variante mit Calluna			Flechten- u. Calluna-reiche Variante			Hylocomium-reiche Variante mit Vaccinium myrtillus		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A _F	81	921	1076	0	0	0	1827	2193	1979
A _H	912	1615	1210	1441	1912	2079	1591	1982	1886
B	70	47	400	820	17	8	55	10	235

Parzelle II, Bauernwald:

Horizont	Kräuterreiche Variante			Variante mit Peltigera canina			Hylocomium-reiche Variante		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A _F	736	1215	687	423	799	2065	1016	1299	1150
A _H	2674	1747	2618	3546	3120	3800	3700	4162	3936
B	304	537	306	164	175	150	276	77	

Die Aufnahmeummern entsprechen jenen der Tabelle 2. Die Proben für die Gesamt-Mykorrhiza-Bestimmung (25 cm³) sind mit jenen der Tabelle 2 identisch.

ZUSAMMENFASSUNG

- 1) In zwei Fichtenbeständen verschiedener Qualität (als Folge der Bewirtschaftung) wurde der Mykorrhiza-Besatz, getrennt nach Horizonten, ermittelt.
- 2) Die qualitative Untersuchung ergab, daß im gutwüchsigen Bestand ein größerer Formenreichtum an Mykorrhizen auftritt als im schlechtwüchsigen.
- 3) Für jeden der beiden Bestände war eine Anzahl von sog. Mykorrhiza-Typen spezifisch.
- 4) Die quantitative Auswertung der Proben eines bestimmten Volumens ergab für den gutwüchsigen Bestand um ca. 40 % mehr verpilzte Wurzelspitzen im A_F - und A_H -Horizont zusammen als für den schlechtwüchsigen, außerdem war die Verteilung der Mykorrhizen in den Horizonten verschieden.

Die Untersuchungen waren einerseits von theoretischem Interesse, da über die Verteilung der Mykorrhizen in Beständen kaum exakte Angaben vorliegen.

Andererseits sollte eine Methode erprobt werden, die es ermöglicht, die Mykorrhizen qualitativ und quantitativ zu erfassen, um Unterschiede in der Mykorrhizausbildung in verschiedenen Beständen feststellen zu können, aber auch eventuelle Veränderungen als Folge von Meliorationsmaßnahmen.

Allein die Tatsache, daß in 100 ccm Humus ($A_F + A_H$) in der Versuchsfläche II durchschnittlich an die 8500 verpilzte Wurzelspitzen liegen, - die wohl zumindest während eines Abschnittes der Vegetationsperiode an der Nährstoffaufnahme der Waldbäume beteiligt sind - sollte genügen, daß man der Mykorrhiza die Beachtung schenkt, die ihr als einem wesentlichen Glied der Lebensgemeinschaft Wald zukommt.

S U M M A R Y

- 1) In two forest-stands of storied structure and of different quality (due to management), mycorrhiza attacks were recorded separately according to horizons.
- 2) Qualitative analysis showed that in the vigorous stand a greater diversity of mycorrhiza forms appeared than in the poor one.
- 3) For either of the two stands a number of so-called mycorrhiza types was specific.
- 4) Quantitative analysis of samples for a certain volume rendered for the vigorous stand about 40 % more root-tips affected with mycorrhiza taking the total of the A_F and A_H horizons than for the poor one. Besides, the distribution of mycorrhizas varied from one horizon to another.

These studies were, on the one hand, of theoretical interest since there are hardly any accurate data available on the distribution of mycorrhizas in stands. On the other hand, a method was to be tested recording the mycorrhizas both qualitatively and quantitatively, and thus to state differences in the development of mycorrhiza in different stands, but also changes, if any, as a result of meliorations.

The fact alone that in 100 cu.cm. of humus ($A_F + A_H$), in the experimental plot II, there is an average of about 8500 root-tips affected with mycorrhiza--- doubtlessly partaking in the nutrient absorption of the forest-trees during at least a part of the growing season,--- should suffice for paying the appropriate attention to mycorrhiza as an essential member of the community of forest life.

RÉSUMÉ

1° Dans deux peuplements étagés de qualité différente (par suite de l'aménagement) le degré de mycorrhization a été examiné séparément pour les horizons.

2° L'analyse qualitative a démontré que dans le peuplement vigoureux il y a une plus grande variation de formes parmi les mycorrhizes que dans le peuplement peu vigoureux.

3° Pour chacun des deux peuplements un nombre de ce qu'on est convenu d'appeler "types de mycorrhizes" est spécifique.

4° L'analyse quantitative des échantillons d'un volume défini a permis d'observer, pour le peuplement vigoureux, un nombre de bouts de racines mycorrhizés, dans l'ensemble des horizons $A_F + A_H$, supérieur dans une proportion de 40 % à celui du peuplement peu vigoureux.

Les recherches ont été, d'une part, d'un intérêt théorique, étant donné que nous ne disposons guère de données exactes sur la distribution des mycorrhizes dans les peuplements. D'autre part il s'agissait d'éprouver une méthode qui permettrait de considérer les mycorrhizes de façon qualitative et quantitative dans le but de pouvoir constater des différences dans la conformation des mycorrhizes dans des peuplements divers, mais aussi des changements éventuels par suite de travaux d'amélioration.

Le fait seul que dans 100 cm^3 d'humus ($A_F + A_H$), dans la placette d'essai II, il y a en moyenne environ 8500 bouts de racines mycorrhizés participant à l'absorption des matières nutritives par les arbres forestiers pendant au moins une partie de la période végétative - devrait suffire pour qu'on prêtât à la mycorrhize l'égard qui lui est dû en tant que membre essentiel de la forêt comme communauté de vie.

РЕЗЮМЕ

1. В двух ярусных насаждениях разного качества (как следствие обработки) было обнаружено существование микориз, разделённое горизонтам.
2. Качественное исследование установило, что встречается большее богатство форм микориз в успешно растущем насаждении, чем в плохо растущем.
3. Для каждого из обоих насаждений было специфично число, так называемых, типов микориз.
4. Количественный подсчёт проб определённого объёма составил приблизительно на 40 % больше пораженных грибами корневых кончиков в A_F и A_H - горизонтах вместе в успешно растущем насаждении, чем в плохо растущем насаждении. Кроме того распределение микориз было различно по горизонтам.

С одной стороны исследования имели лишь теоретический интерес, так как насчёт распределения микориз в насаждениях имеются только неточные данные. С другой стороны, следует испытать метод, который позволит охватить микоризы в качественном и количественном отношении, чтобы установить разницу в развитии микориз в разных насаждениях, а кроме того, и установит возможные изменения, как следствие мероприятий мелорации.

Уже должно быть достаточно того факта, что в 100 с с м г у м у с а ($A_F + A_H$) на пробной площади № 2 находится, в среднем, около 8500 пораженных грибами корневых кончиков, которые участвуют в усвоении питательных веществ, по меньшей мере в течение фазы вегетационного периода. Поэтому микоризам следует уделять то внимание, которое подобает ему, как существенному члену того симбиоза, каким является лес.

LITERATURVERZEICHNIS

- BJÖRKMAN E. 1942: Über die Bedingungen der Mykorrhizabildung bei Kiefer und Fichte. Symb.bot.upsal. 6, 2, 1 - 190
- BJÖRKMAN E. 1949: The ecological significance of the ectotrophic mycorrhizal association in forest trees. Svensk. Bot. Tidskr. 43, 223 - 262
- DOMINIK T., A. NESPIAK und R. PACHLEWSKI 1954: Untersuchungen über den Mykotrophismus der Pflanzenassoziationen der höchsten Teile der Fichtenwälder im Tatragebirge. (Poln., deutsch. Zus.) Acta Soc. bot. Polon. 23, 487 - 504
- DOMINIK T. 1959: Synopsis of a new classification of the ectotrophic mycorrhizae established on morphological and anatomical characteristics. Mycopathologia et myc. appl. 11, 359 - 367
- DOMINIK T. 1961: Studien über den Mykotrophismus der Fichte - *Picea excelsa* (Lam.) Lk. in Polen (Poln. deutsch. Zus.) Prace Inst. Bad. Le sn. 209, 1 - 44
- FASSI B. 1963: Die Verteilung der ektotrophen Mykorrhizen in der Streu und in der oberen Bodenschicht der Gilbertiodendron-Dewevrei (Caesalpiniaceae)- Wälder im Kongo. Int. Mykorrh. Symp. Weimar 1960
- HARTMANN F. 1952: Forstökologie. (G. Fromme) Wien
- HATSH A.B. 1937: The physical basis of mycotrophy in the genus *Pinus*. The Black Rock For. Bull. 6, 168 pp
- MAYER KRAPOLL H. 1963: Der Einfluß einer Düngung mit Handelsdüngemitteln auf die Kleinlebewelt forstlich genutzter Böden. Die Phosphorsäure 23, 4
- MELIN E. 1923: Experimentelle Untersuchungen über die Konstitution und Ökologie der Mykorrhizen von *Pinus silvestris* L. und *Picea Abie* (L.) Karst. Mykolog. Untersuchungen und Berichte (Rich. Falk) Bd. 2, 73 - 331
- MELIN E. 1927: Studien über die Entwicklung der Nadelbaumpflanze in Rohhumus II. Die Ausbildung der Mykorrhize bei der Kiefernnpflanze in verschiedenen Rohhumusformen. (Schwed., deutsch. Zus.). Meddel. Stat. Skogsförs. anst. 23, 433 - 494
- MEYER F. 1962: Die Buchen - und Fichtenmykorrhiza in verschiedenen Bodentypen, ihre Beeinflussung durch Mineraldünger sowie für die Mykorrhizabildung wichtige Faktoren. Mitt. d. Bundesforschungsanstalt f. Forst- und Holzwirtschaft, Reinbeck b. Hamburg 54

- MIKOLA P. 1962: On the bright yellow mycorrhizal fungus in raw humus.
13. JUFRO Kongreßbericht, 2. Teil, Bd. 1, Wien
- MIKOLA P. 1963: Beziehungen der Mykorrhizen zu forstlichen Humus-
typen. Int. Mykorrhiz. Symp. Weimar 1960
- WITTICH W. 1954: Die Melioration streugennutzter Böden. Fw. Cbl. 73,
211 - 232

Anschrift des Verfassers:

Dr. Friederike Göbl
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Außenstelle für subalpine Waldforschung
Imst/Tirol, Langgasse 64