

Mykorrhiza-Forschung unter besonderer Berücksichtigung alpiner Ökosysteme

von

Kurt HASELWANDTER *)

Mycorrhiza research with special reference to alpine ecosystems

Synopsis: The different forms and some important functions of mycorrhiza are briefly described. The symbiosis between a fungus and a higher plant has a major impact on the biology of the fungus as well as that of the host plant. This has been shown for photosynthesis and carbohydrate transfer, growth reactions, cation, especially heavy metal uptake by the plant, and the interaction with pathogens.

Following this short general introduction the occurrence of the different forms of mycorrhiza in alpine ecosystems at and above timberline is described more specifically. In the subalpine coniferous forest trees with ectomycorrhiza are dominant. The alpine dwarf shrub heath is dominated by ericaceous plants which form ericoid mycorrhiza. In the alpine grass heath and vegetation of the nival zone we find plants with vesicular-arbuscular mycorrhiza and in addition, infections by fungi with dark septate hyphae can be frequently observed. The importance of the symbiotic mycorrhizal fungi upon growth reaction and productivity of a plant in its natural environment is discussed.

Alpine Ökosysteme unterliegen in der Regel sowohl einem klimatischen als auch nährstoffbedingten Streß. Gerade ein solcher Nährstoffstreß fördert im allgemeinen die Entwicklung der Symbiose höherer Pflanzen mit Pilzen, die Mykorrhiza.

Arten der Mykorrhiza:

Es werden folgende Mykorrhiza-Formen unterschieden: die vesikular-arbuskulare (VA) Mykorrhiza, die Mykorrhiza in den Ericales, die Mykorrhiza der Orchideen und die Ektomykorrhiza (HARLEY & SMITH, 1983; MOSER & HASELWANDTER, 1983).

Die vesikular-arbuskulare Mykorrhiza ist charakterisiert durch die Bildung von Vesikeln (Bläschen) und Arbuskeln (bäumchenförmige, intrazelluläre Verzweigungen) an Pilzhyphen in der Wurzelrinde; dieses Pilzmycel steht mit einem wurzelexternen Hyphengeflecht in Verbindung, das im Boden Sporen oder Sporokarprien bilden kann. Die VA Mykorrhiza-Pilze sind als in der Regel unseptiert beschrieben und gehören zur Familie der Endogonaceae in der Ordnung der Mucorales aus der Klasse der Zygomycetes. Die VA Mykorrhiza kommt weltweit, von den Tropen bis in die Arktis/Antarktis vor, und auch in fast allen Pflanzengesellschaften, unter anderem wegen des breiten Wirtsspektrums der VA Mykorrhiza-Pilze, das viele wichtige Nutzpflanzen wie Mais, Zwiebel, Erdbeere, Apfel, Tabak u.a. umfaßt (MOSSE, 1973).

*) Anschrift des Verfassers: Univ.-Doz. Dr. K. Haselwandter, Institut für Mikrobiologie der Universität Innsbruck, Technikerstraße 15, A-6020 Innsbruck, Österreich.

Innerhalb der Mykorrhiza der *Ericales* lassen sich nach READ (1983) die ericoide Mykorrhiza (z.B. an *Calluna*, *Erica*, *Loiseleuria*, *Rhododendron*, *Rhodothamnus*, *Vaccinium* in den Ericaceae, weiters an den Epacridaceae und Empetraceae), die arbutoide Mykorrhiza (an den Ericaceae *Arbutus* und *Arctostaphylos* sowie den Pyrolaceae) und die monotropoide Mykorrhiza der Monotropaceae unterscheiden.

Die ericoide Mykorrhiza zeichnet sich aus durch die Bildung von Hyphenknäueln in den Rindenzellen feiner, haarförmiger Wurzeln. Zum Unterschied zu den VA Mykorrhiza-Pilzen lassen sich die ericoiden Endosymbionten in Reinkultur züchten. Als Perfektstadium eines solchen typischen Endophyten wurde von READ (1974) ein Ascomycet beschrieben, nämlich *Hymenoscyphus* (= *Pezizella*) *ericae*. Auch vom Hyphomyceten *Oidiodendron griseum* ist bekannt, daß dieser typische ericoide Mykorrhiza bilden kann (BURGEFF, 1961; COUTURE et al., 1983).

Im Falle der arbutoiden Mykorrhiza kann an Kurzwurzeln die Ausbildung eines pseudoparenchymatischen Mantels beobachtet werden, von dem aus Pilzhyphen einerseits in den Boden hinausreichen, andererseits sich in die Wurzelepidermis und -rinde fortsetzen und dort das HARTIGsche Netz bilden. Die Hyphen dringen in die Wirtszellen ein und formen Hyphenknäuel. Die arbutoiden Mykorrhizapilze sind verschiedene Basidiomycetes, die auch als Ektomykorrhiza-Pilze bekannt sind.

Die monotropoide Mykorrhiza zeichnet sich ähnlich der arbutoiden durch die Ausbildung von Pilzmantel und HARTIGschem Netz aus, unterscheidet sich von dieser jedoch durch Haustorien, welche jenen von *Erysiphe*, dem Mehltaupilz, ähneln (DUDDRIDGE & READ, 1982). Das Pilzmycel der monotropoiden Mykorrhiza stellt eine Verbindung mit Bäumen her, die die chlorophyllosen Monotropaceae mit Kohlehydraten versorgen (DUDDRIDGE & READ, 1982).

Jede junge Orchideenwurzel wird in der Regel von Mykorrhiza-Pilzen infiziert, wobei septierte Pilzhyphen innerhalb der Rindenzellen Hyphenknäuel bilden. Diese werden von den Wirtszellen verdaut, in welche dann wieder Mykorrhiza-Pilze eindringen können. Als Mykorrhiza-Pilze der Orchideen wurden *Rhizoctonia*-Stämme isoliert, von denen zumindest einige Basidiomycetes als Perfektform haben (HADLEY, 1975).

Die Ektomykorrhiza zeichnet sich durch einen pseudoparenchymatischen Pilzmantel aus, von dem Pilzhyphen einerseits in den Boden hinausreichen, andererseits interzellulär in die Wurzel hineinreichen und dort das HARTIGsche Netz bilden. Zum Unterschied zu den vorher genannten Mykorrhiza-Formen dringen die Ektomykorrhiza-Pilze normalerweise nicht in die Wirtszellen ein. Die Ektomykorrhiza-Pilze zeigen gelegentlich Hypertrophie und es fehlen ihnen Wurzelhaare und eine Epidermis (MARKS & FOSTER, 1973). Zu den Ektomykorrhiza-Pilzen zählen verschiedene Basidiomycetes, Ascomycetes und jeweils eine Gattung aus den Zygomycetes (*Endogone*) und Deuteromycetes (*Cenococcum*). Die meisten unserer Waldbäume, Gymno- und Angiospermen, sind Ektomykorrhiza-Pflanzen.

Auswirkungen der Mykorrhizainfektionen:

Durch die Symbiose eines Pilzes mit einer höheren Pflanze wird die Biologie sowohl des Pilzpartners als auch der Wirtspflanze wesentlich beeinflußt. Die meisten Mykorrhiza-Pilze sind abhängig von einer Kohlenhydratversorgung durch die Wirtspflanze. Ein solcher Fluß von Kohlenhydraten wurde z.B. für die Ektomykorrhiza (LEWIS & HARLEY, 1965), die VA Mykorrhiza (PANG & PAUL, 1980) als auch die ericoide Mykorrhiza (STRIBLEY & READ, 1975) nachgewiesen. Andererseits können z.B. bei Gräsern durch die VA Mykorrhiza die Photosyntheserate und die Chlorophyll- sowie Phosphorkonzentration ansteigen (ALLEN et al., 1981).

Es ist seit langem bekannt, daß das Wachstum der Wirtspflanzen durch eine Mykorrhiza-Infektion gesteigert werden kann. Dies gilt z.B. für die Ektomykorrhiza (HATCH, 1937), die VA Mykorrhiza (DAFT & NICOLSON, 1966) und die ericoide Mykorrhiza (STRIBLEY et al., 1975).

Vor allem in Böden mit geringem oder unausgeglichenem Nährstoffgehalt wirkt sich die Mykorrhiza-Infektion positiv auf das pflanzliche Wachstum aus. Das Verhältnis zwischen dem wachstumsfördernden Effekt der durch den Mykorrhiza-Pilz gesteigerten Nährstoffversorgung und dem wachstumsvermindernden Effekt, welcher im Entzug von Assimilaten durch den Mykorrhiza-Pilz liegt, scheint die Wachstumsreaktion der Pflanze in ihrer Symbiose mit dem Mykorrhiza-Pilz zu bestimmen (HARLEY, 1969).

Ektomykorrhiza- und auch andere Pilze können verschiedene Kationen einschließlich Schwermetalle selektiv anreichern (MEISCH et al., 1977; SCHMITT et al., 1977; HASELWANDTER, 1977, 1978a). Es ist daher nicht verwunderlich, daß der Ektomykorrhiza-Besatz z.B. einer Kiefer den Schwermetallgehalt wesentlich beeinflußt. So fanden BERRY & MARX (1976) einen Anstieg im Zn- und eine Abnahme im Al-Gehalt der Nadeln als Folge der Mykorrhiza-Infektion von *Pinus* mit einem Mykorrhiza-Pilz (*Pisolithus tinctorius*). Genaue Kenntnisse über die Wirkung der Mykorrhiza-Infektion auf die selektive Schwermetallanreicherung könnten von großer praktischer Bedeutung sein z.B. im Zusammenhang mit der Verwendung von städtischem Klärschlamm in der Land- und Forstwirtschaft.

Eine Mykorrhiza-Infektion kann auch zu einer Herabsetzung oder Verstärkung der Infektion einer Wirtspflanze durch pathogene Organismen führen. Im allgemeinen wird die Wirtspflanze resistenter gegenüber Wurzelparasiten, empfindlicher jedoch gegenüber den Sproß befallende Organismen (SCHÖNBECK, 1979). Allerdings gibt es neuerdings auch einige Hinweise darauf, daß diese Hypothese nicht immer zutrifft.

Mykorrhiza in alpinen Ökosystemen:

Wälder in den gemäßigten Zonen werden von Bäumen mit Ektomykorrhiza dominiert (MOSER, 1967). Die obere Waldgrenze wird zum allergrößten Teil durch Ektomykorrhiza-Bäume gebildet. Die wichtigsten Waldgrenzenbildner sind *Pinus*, *Picea* und *Larix*. Die nachfolgende Tabelle gibt typische Begleitpilze der Zirbe (*Pinus cembra*) und Lärche (*Larix decidua*) wieder (nach MOSER, 1963).

Wirtspflanze	Ektomykorrhiza-Pilze
<i>Pinus cembra</i> , Zirbe	<i>Suillus plorans</i> , Zirbenröhrling <i>Suillus placidus</i> , Elfenbeinröhrling <i>Suillus sibiricus</i> , Sibirischer Röhrling <i>Gomphidius helveticus</i> , Filziger Schmierling
<i>Larix decidua</i> , Lärche	<i>Suillus flavus</i> (= <i>S. grevillei</i>), Goldröhrling <i>Suillus tridentinus</i> , Rostroter Lärchenröhrling <i>Suillus laricinus</i> (= <i>S. aeruginascens</i>), Grauer Lärchenröhrling <i>Suillus bresadolae</i> (= <i>aeruginascens</i> var. <i>bresadolae</i>), Brauner Lärchenröhrling <i>Boletinus cavipes</i> , Hohlfußröhrling <i>Lactarius pominsis</i> , Lärchenreizker <i>Hygrophorus lucorum</i> , Lärchenschneckling

Gerade für Aufforstungen an oder oberhalb der Waldgrenze kann die Beimpfung der betreffenden Pflanzen mit geeigneten Mykorrhiza-Pilzen entscheidende Vorteile bringen (MOSER, 1965). Es gibt eine Reihe verschiedener Verfahren zur Herstellung von Impfgut zur Beimpfung von Forstpflanzen mit Ektomykorrhiza-Pilzen (HASELWANDTER, 1984).

Oberhalb der Waldgrenze breitet sich in den Alpen eine Zwergstrauchheide aus, welche von Ericaceen dominiert wird. Solche Ericaceae, wie z.B. *Calluna vulgaris*, *Loiseleuria procumbens*, *Vaccinium myrtillus*, *V. uliginosum*, *V. vitis-idaea* und *Rhododendron ferrugineum* zeigen typische ericoide Mykorrhiza-Infektion (HASELWANDTER & READ, 1980). Das Ausmaß der Infektionsintensität variiert zwischen und innerhalb der Arten in Abhängigkeit von der Höhenlage des Wuchsortes; im allgemeinen nimmt die Infektionsintensität mit zunehmender Meereshöhe ab (HASELWANDTER, 1979). Es kann eine Beziehung angenommen werden zwischen der ericoiden Mykorrhiza-Infektionsintensität und der Produktivität der Ericaceae an einem bestimmten Standort. Dies ist insofern von großem Interesse, als die vorher erwähnte mögliche Wachstumssteigerung durch die Infektion einer Ericaceae mit einem geeigneten pilzlichen Endosymbionten auf im Labor durchgeführten Experimenten beruht, bei dem steril zur Keimung gebrachte Sämlinge von Ericaceae mit und ohne Beimpfung in ihrem Wachstum verglichen wurden. Das Ergebnis der oben angeführten, ökologisch ausgerichteten Untersuchung (HASELWANDTER, 1979) hat gezeigt, daß die Mykorrhiza-Infektion auch unter natürlichen Bedingungen eine ähnliche Wirkung auf das Wachstum hat.

Große Unterschiede in der Infektionsintensität von *Vaccinium myrtillus* und *V. vitis-idaea* ergeben sich bei Vergleich von Proben aus der alpinen Zwergstrauchheide (2.000 - 2.200 m MH) mit solchen aus einem *Vaccinio-Piceetum* (1.000 m MH) (HASELWANDTER, 1978b). Auch die calcicolen Ericaceae *Erica herbacea* (= *E. carnea*) und *Rhododendron hirsutum* weisen typische ericoide Mykorrhiza-Infektion auf (HASELWANDTER & READ, 1980), ebenso wie *Rhodothamnus chamaecistus* (HASELWANDTER & READ, 1984).

Die alpine Zwergstrauchheide wird nach oben hin von der alpinen Grasheide abgelöst. Die meisten dort vorkommenden Gräser sowie viele krautige Pflanzen weisen VA Mykorrhiza auf (HASELWANDTER & READ, 1980; READ & HASELWANDTER, 1981). Ähnlich der ericoiden Mykorrhiza-Infektion in der alpinen Zwergstrauchheide nimmt auch in der alpinen Grasheide das Ausmaß der VA Mykorrhiza mit zunehmender Meereshöhe ab; dies geht einher mit einer Abnahme in der Trockensubstanzproduktion; es scheint daher auch hier eine ähnliche Beziehung zwischen Pflanzenwachstum und Mykorrhiza-Infektionsintensität zu geben (HASELWANDTER, 1985).

Das Wurzelsystem gesunder Pflanzen zeigt außerdem relativ häufig Infektionen durch dunkle, septierte Pilzhypen und unter Umständen Mikrosklerotien dieser Pilze; solche Infektionen wurden den Gattungen *Rhizoctonia* oder *Phialophora* zugeschrieben. Auch diese Art von Infektion kann zu einem Anstieg in der Trockensubstanzproduktion und im Phosphorgehalt des Sprosses führen; deshalb kann auch angenommen werden, daß die Beziehung zwischen diesen Pilzen mit den dunklen, septierten Hypen und den Wirtspflanzen eher mutualistisch als parasitisch ist, zumal keine pathologischen Symptome auftreten (HASELWANDTER & READ, 1982). Alle bisher von verschiedenen Pflanzen isolierten Stämme dieser Pilze synthetisieren pectinolytische Enzyme (Polygalacturonase und Pectinesterase) (HASELWANDTER, 1983). Dies trägt wahrscheinlich dazu bei, daß diese Pilze rasch in die pflanzliche Wurzel eindringen, was wiederum ihr häufiges Auftreten und ihre weite Verbreitung in der alpinen Grasheide und auch in der Vegetation der Nivalstufe erklären könnte.

Auch in der Nivalzone tritt die VA Mykorrhiza und die oben erwähnte Infektion mit dunklen, septierten Pilzhypen auf, wenngleich mit geringerer Intensität als in der alpinen Grasheide (READ & HASELWANDTER, 1981). Eine Analyse der Verfügbarkeit von Stickstoff und Phosphor in der Nivalstufe hat ergeben, daß das Boden- und Schmelzwasser Ammonium- und Nitratstickstoff sowie Phosphor in Mengen enthält, welche zur Ernährung der Pflanzen bei den in der Nivalstufe geringen Wachstumsraten ausreichen können (HASELWANDTER et al., 1983). Außerdem ist anzunehmen, daß die symbiontischen Pilze auf Grund der mit zunehmender Meereshöhe

abnehmenden Photosyntheseleistung nicht mehr entsprechend mit Kohlenhydraten versorgt werden und deshalb die Infektionsintensität geringer wird.

Zusammenfassung: Die verschiedenen Mykorrhiza-Formen sowie einige wichtige, damit verbundene Funktionen werden vorgestellt. Durch die Symbiose eines Pilzes mit einer höheren Pflanze wird die Biologie sowohl des Pilzpartners als auch der Wirtspflanze ganz wesentlich beeinflusst. Dies wird aufgezeigt für die Photosynthese und den Kohlenstofftransfer, Wachstumsreaktionen, die Kationen-, insbesondere Schwermetallaufnahme in die Pflanze, und die Wechselwirkung mit pathogenen Organismen.

Im Anschluß an diese kurze allgemeine Einführung wird das Auftreten der verschiedenen Mykorrhiza-Formen in alpinen Ökosystemen an und oberhalb der Waldgrenze beschrieben. Im subalpinen Nadelwald dominieren Bäume mit Ektomykorrhizen. Die alpine Zwergstrauchheide wird dominiert von Ericaceen mit ericoider Mykorrhiza-Infektion. In der alpinen Grasheide und in der Vegetation der Nivalstufe finden wir Pflanzen mit vesikulär-arbuskularer Mykorrhiza; daneben werden in diesen Pflanzengesellschaften Infektionen durch Pilze mit dunklen, septierten Hyphen häufig beobachtet. Die Bedeutung der symbiotischen Mykorrhiza-Pilze für das Wachstum bzw. die Produktivität einer Pflanze in ihrer natürlichen Umgebung wird diskutiert.

Literatur:

- ALLEN, M.F., SMITH, W.K., MOORE, T.S., CHRISTENSEN, M. (1981): Comparative water relations and photosynthesis of mycorrhizal and non-mycorrhizal *Bouteloua gracilis*. — *New Phytol.*, **88**: 683 - 693.
- BERRY, C.R., MARX, D.H. (1976): Sewage sludge and *Pisolithus tinctorius ectomycorrhizae*: Their effect on growth of pine seedlings. — *For. Sci.*, **22**: 351 - 358.
- BURGEFF, H. (1961): Mikrobiologie des Hochmoores. — Stuttgart, 197 pp.
- COUTURE, M., FORTIN, J.A., DALPE, Y. (1983): *Oidiodendron griseum* Robak: an endophyte of ericoid mycorrhiza in *Vaccinium* spp. — *New Phytol.*, **95**: 375 - 380.
- DAFT, M.J., NICOLSON, T.H. (1966): Effect of Endogone mycorrhiza on plant growth. — *New Phytol.*, **65**: 343 - 350.
- DUDDRIDGE, J., READ, D.J. (1982): An ultrastructural analysis of the development of mycorrhizas in *Monotropa hypopitys*. — *New Phytol.*, **92**: 203 - 214.
- HADLEY, G. (1975): Fine structure of orchid mycorrhiza. — In: Endomycorrhizas, F.E. SANDERS, B. MOSSE, P.B. TINKER, (eds.), London, p. 335 - 351.
- HARLEY, J.L. (1969): The Biology of Mycorrhiza. — 2nd Edition, London, 334 pp.
- HARLEY, J.L., SMITH, S.E. (1983): Mycorrhizal Symbiosis. — London, 483 pp.
- HASELWANDTER, K. (1977): Radioaktives Cäsium (Cs 137) in Fruchtkörpern verschiedener Basidiomycetes. — *Ztsch. Pilzkunde*, **43**: 323 - 326.
- (1978a): Accumulation of the radioactive nuclide ¹³⁷Cs in fruitbodies of Basidiomycetes. — *Health Physics*, **34**: 713 - 715.
- (1978b): Quantification of mycorrhizal infection in Ericaceae. — *Proc. IUFRO Symp. on Root Physiology and Symbiosis*, Nancy, France, 11-15 September 1978, Riedacker, A., Gagnaire-Michard, J., (eds.), p. 477 - 485.
- (1979): Mycorrhizal status of ericaceous plants in alpine and subalpine areas. — *New Phytol.*, **83**: 427 - 431.
- (1983): Pectic enzymes produced by fungal root associates of alpine plants. — *Phyton (Austria)*, **23**: 55 - 64.
- (1984): Die Herstellung von Impfgut zur Beimpfung von Forstpflanzen mit Ektomykorrhizapilzen. — *Allgem. Forstzeitschrift*, **9/10**: 229 - 230.
- (1985): Mutualistische Pilzinfektionen in alpinen Ökosystemen. — *Öst. Forsch. Zentr. Seibersdorf Ber.*, No. **4316**: 59 - 71.
- HASELWANDTER, K., HOFMANN, A., HOLZMANN, H.P., READ, D.J. (1983): Availability of nitrogen and phosphorus in the nival zone of the Alps. — *Oecologia (Berlin)*, **57**: 266 - 269.
- HASELWANDTER, K., READ, D.J. (1980): Fungal associations of roots of dominant and sub-dominant plants in high-alpine vegetation systems with special reference to mycorrhiza. — *Oecologia (Berlin)*, **45**: 57 - 62.
- (1982): The significance of a root-fungus association in two *Carex* species of high-alpine plant communities. — *Oecologia (Berlin)*, **53**: 352 - 354.

- HASELWANDTER, K., READ, D.J. (1984): Die Mykorrhizainfektion von *Rhodothamnus chamaecistus* (L.) Rehb., einer ostalpinen, calcicolen Ericaceae. — *Sydowia*, **36**: 75 - 77.
- HATCH, A.B. (1937): The physical basis of mycotrophy in the genus *Pinus*. — *Black Rock For. Bull.*, **6**: 1 - 168.
- LEWIS, D.H., HARLEY, J.L. (1965): Carbohydrate physiology of mycorrhizal roots of beech. III. Movement of sugars between host and fungus. — *New Phytol.*, **64**: 256 - 269.
- MARKS, G.C., FOSTER, R.C. (1973): Structure, morphogenesis, and ultrastructure of ectomycorrhizae. — In: *Ectomycorrhizae*, G.C. MARKS, T.T. KOZLOWSKI (eds.), London, p. 1 - 41.
- MEISCH, H.U., SCHMITT, J.A., REINKE, W. (1977): Schwermetalle in höheren Pilzen. Cadmium, Zink und Kupfer. — *Ztsch. Naturforsch.*, **32c**: 172 - 181.
- MOSER, M. (1963): Förderung der Mykorrhizabildung in der forstlichen Praxis. — *Mitt. forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn*, **60**: 691 - 720.
- (1965): Künstliche Mykorrhiza-Impfung und Forstwirtschaft. — *Allgem. Forstzeitschrift*, **1/2**: 2 pp.
- (1967): Die ektotrophe Ernährungsweise an der Waldgrenze. — *Mitt. forstl. Bundesversuchsanstalt Wien*, **75**: 357 - 380.
- MOSER, M., HASELWANDTER, K. (1983): Ecophysiology of mycorrhizal symbiosis. — In: *Encyclopedia of Plant Physiology*, New Series, Berlin, **12C**: 391 - 421.
- MOSSE, B. (1973): Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. — *Ann. Rev. Phytopathol.*, **11**: 171 - 196.
- PANG, P.C., PAUL, E.A. (1980): Effects of vesicular-arbuscular mycorrhiza on ¹⁴C and ¹⁵N distribution in nodulated fababeans. — *Can. J. Soil Sci.*, **60**: 241 - 250.
- READ, D.J. (1974): *Pezizella ericae* sp. nov., the perfect state of a typical mycorrhizal endophyte of Ericaceae. — *Trans. Br. mycol. Soc.*, **63**: 381 - 383.
- (1983): The biology of mycorrhiza in the Ericales. — *Can. J. Bot.*, **61**: 985 - 1004.
- READ, D.J., HASELWANDTER, K. (1981): Observations on the mycorrhizal status of some alpine plant communities. — *New Phytol.*, **88**: 341 - 352.
- SCHMITT, J.A., MEISCH, H.A., REINLE, W. (1977): Schwermetalle in höheren Pilzen. II. Mangan und Eisen. — *Ztsch. Naturforsch.*, **32c**: 712 - 723.
- SCHÖNBECK, F. (1979): Endomycorrhiza in relation to plant diseases. — In: *Soil-borne Plant Pathogens*, B. SCHIPPERS, W. GAMS (eds.), New York, p. 271 - 280.
- STRIBLEY, D.P., READ, D.J. (1975): Some nutritional aspects of the biology of ericaceous mycorrhizas. — In: *Endomycorrhizas*. F.E. SANDERS, B. MOSSE, P.B. TINKER (eds.), London, p. 195 - 207.
- STRIBLEY, D.P., READ, D.J., HUNT, R. (1975): The biology of mycorrhiza in the Ericaceae. V. The effects of mycorrhizal infection, soil type and partial soil-sterilization (by gamma-irradiation) on growth of cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.). — *New Phytol.*, **75**: 119 - 130.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: [73](#)

Autor(en)/Author(s): Haselwandter Kurt

Artikel/Article: [Mykorrhiza-Forschung unter besonderer Berücksichtigung alpiner Ökosysteme. 223-228](#)