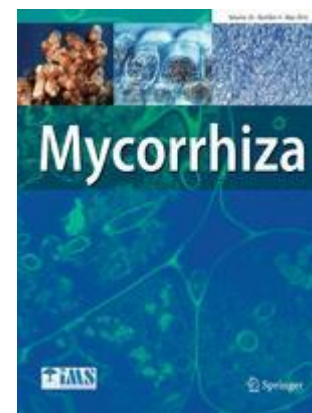
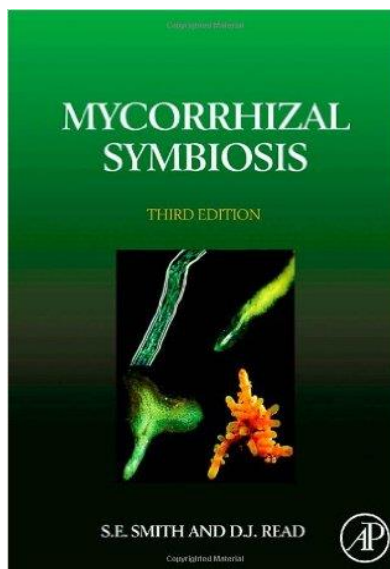


Ektomykorhiza

Zdroje:

Časopisy, kde se nejčastěji publikují práce o ektomykorhize:



Tansley review

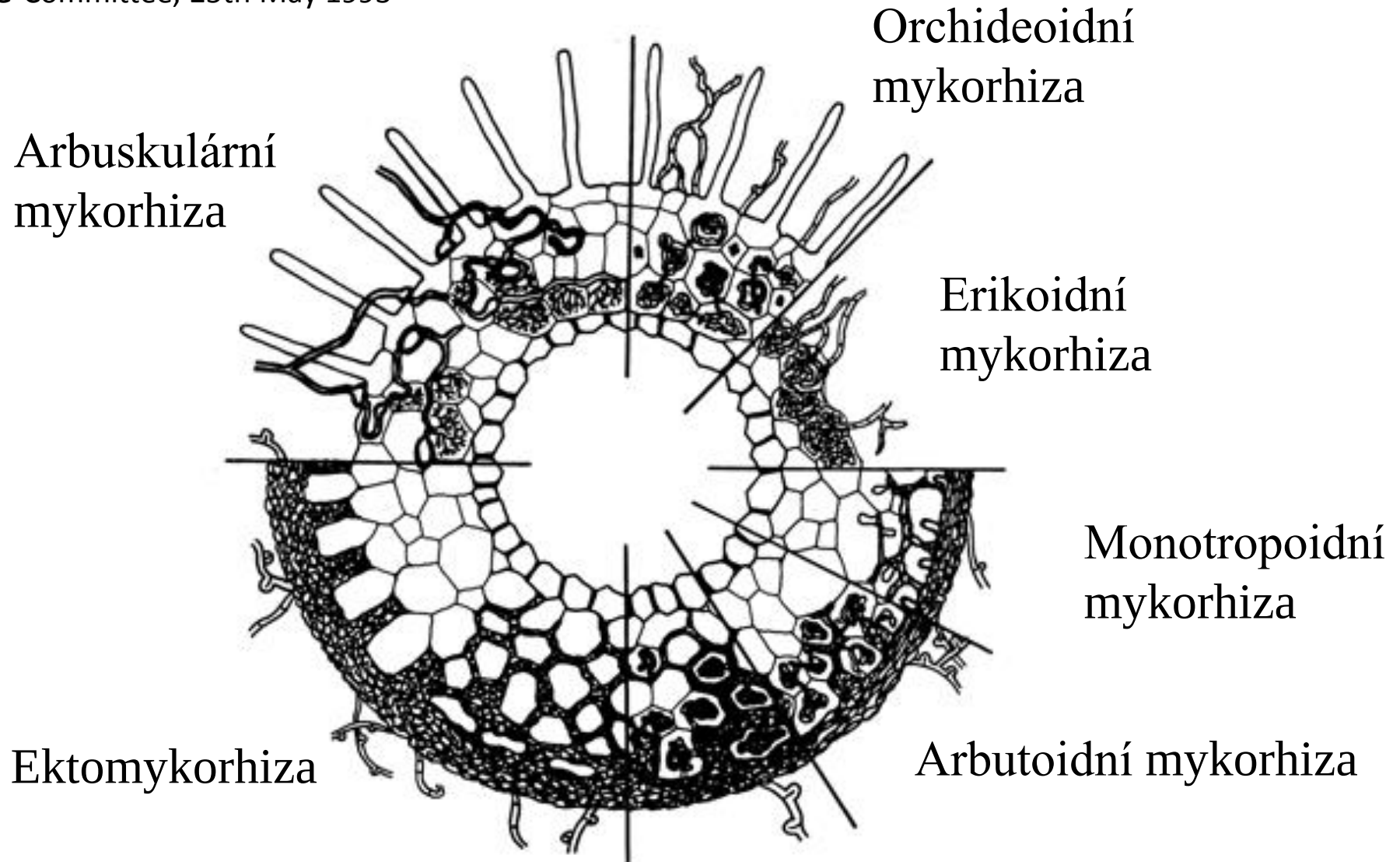
Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future

Author for correspondence:
Marcel van der Heijden
Tel: +41 58 468 7278

Marcel G. A. van der Heijden^{1,2,3}, Francis M. Martin⁴, Marc-André Selosse⁵ and Ian R. Sanders⁶

The study of plants without their mycorrhizas is the study of artefacts. The majority of plants, strictly speaking, do not have roots; they have mycorrhizas.'

BEG-Committee, 25th May 1993



Co to je?

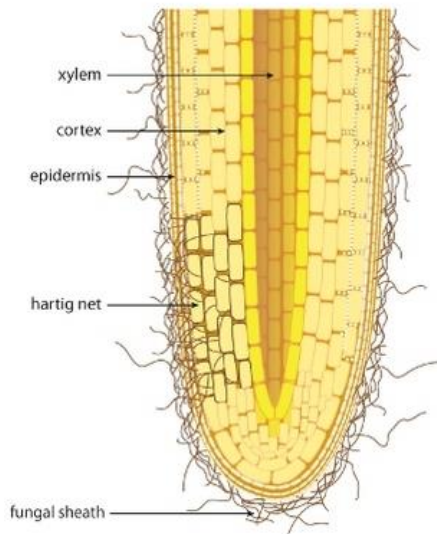
Definition of Mycorrhizas

Mycorrhizas are symbiotic associations essential for one or both partners, between a fungus (specialised for life in soils and plants) and a root (or other substrate-contacting organ) of a living plant, that is primarily responsible for nutrient transfer. Mycorrhizas occur in a specialised plant organ where intimate contact results from synchronised plant-fungus development.

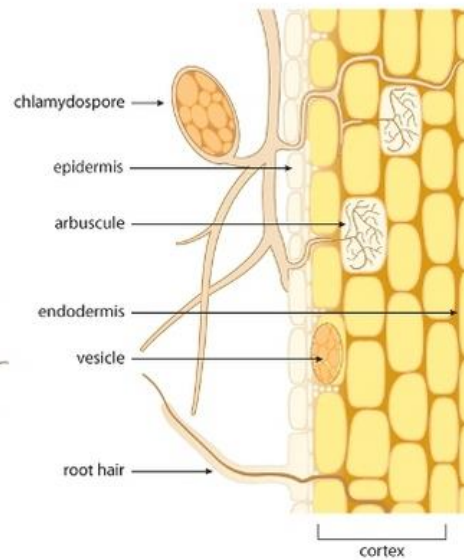
Ektomykorhiza – název pro symbiotický vztah i pro orgán

Associations with a **hyphal mantle** enclosing short lateral roots and a **Hartig net** of labyrinthine **hyphae that penetrate between** root cells.

Ectomycorrhizae

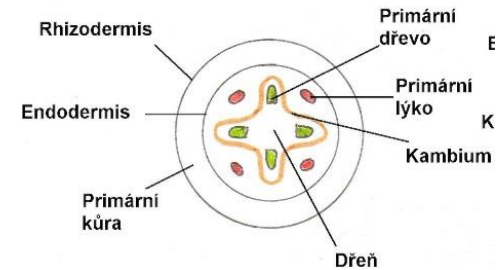


Endomycorrhizae

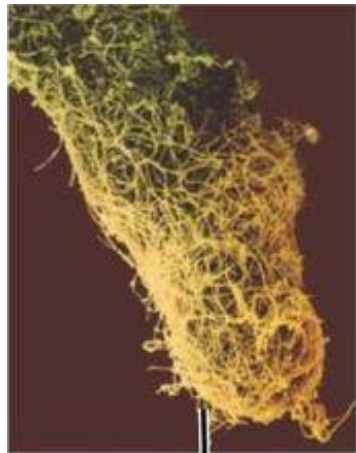


Hyfy nikdy nepronikají do buněk!

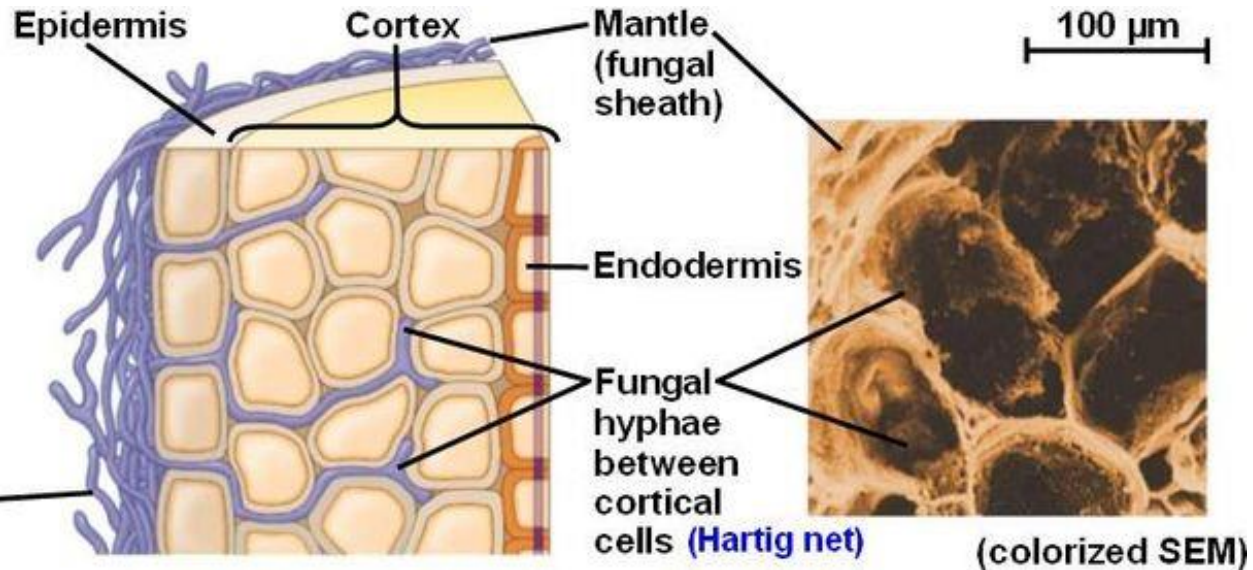
Pronikání hyf do buněk –
ektendomykorhiza



Mladý kořen - příčný řez



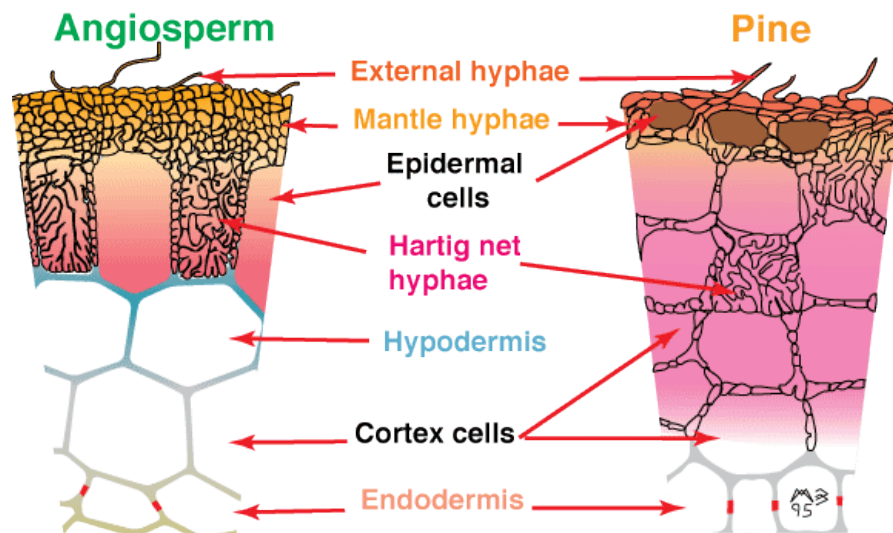
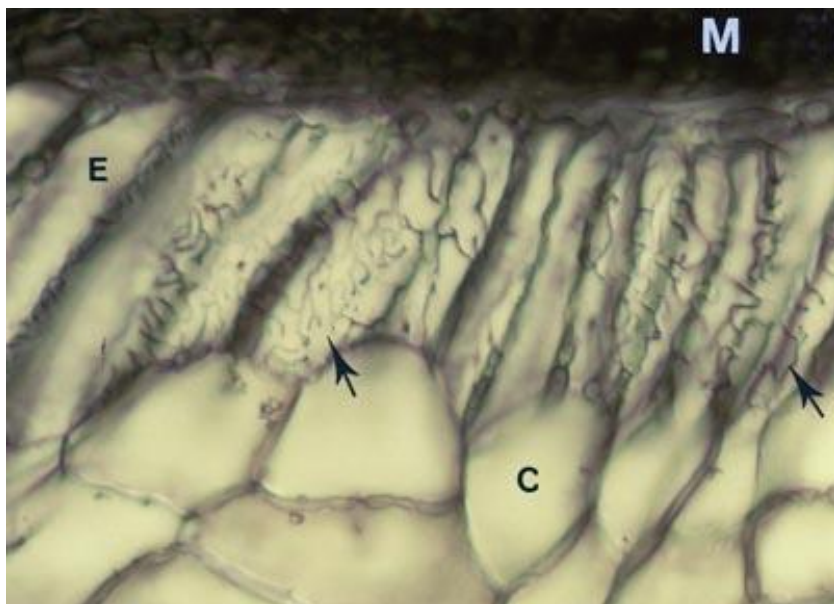
**Mantle
(fungal sheath)**



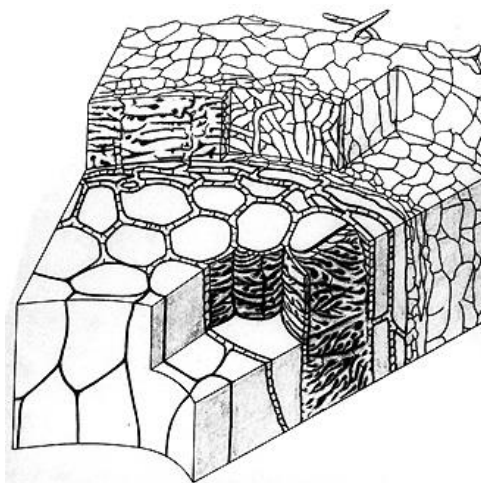
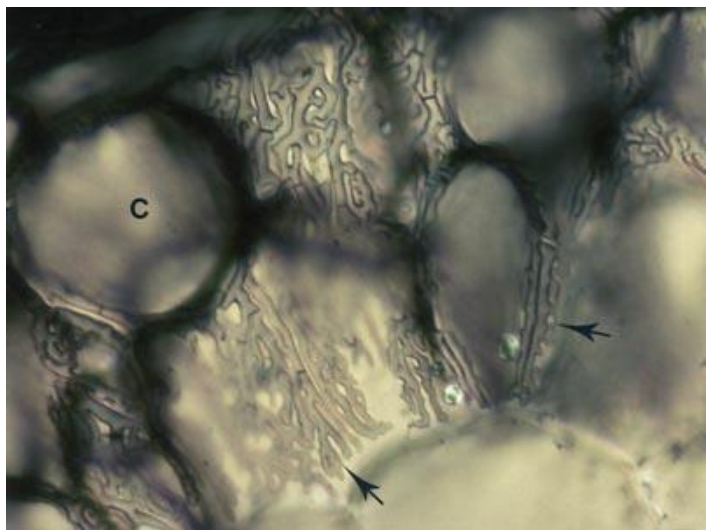
Houbový plášť

Hartigova síť

Typ epidermální Hartigovy sítě - krytosemenné



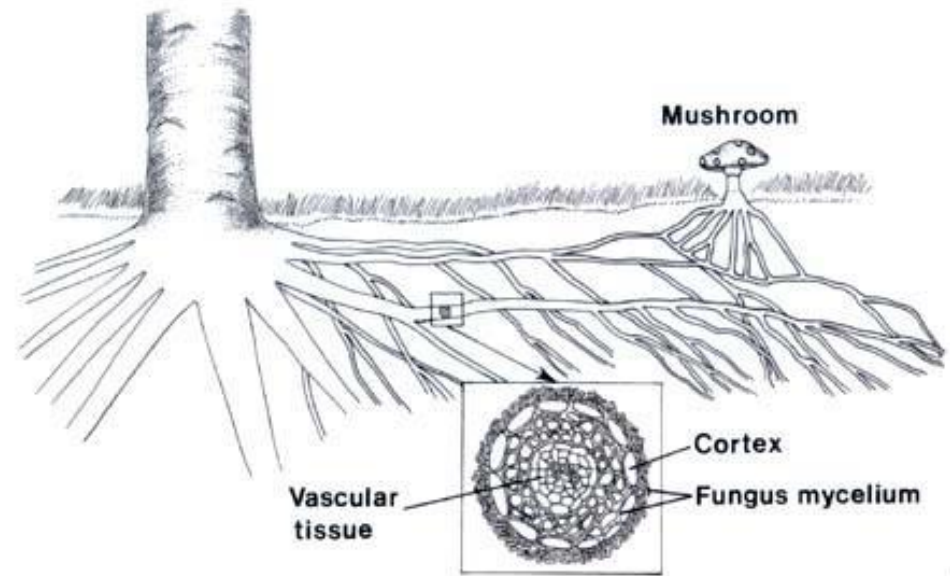
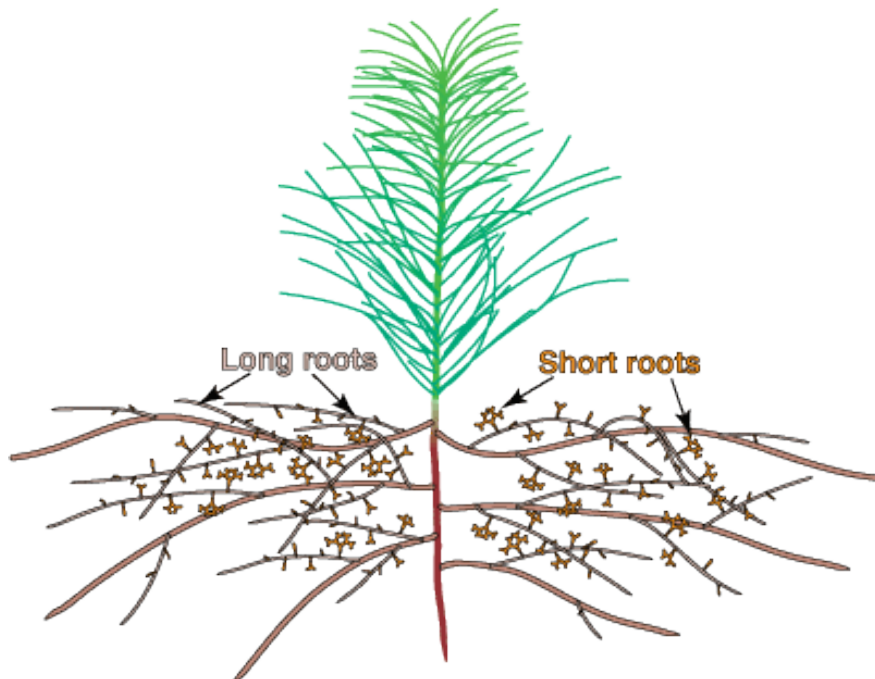
Typ kortikální Hartigovy sítě – nahosemenné, Dryas, Cistus



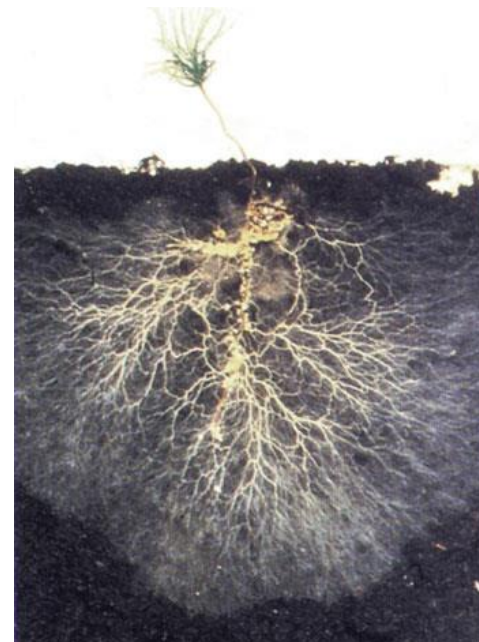
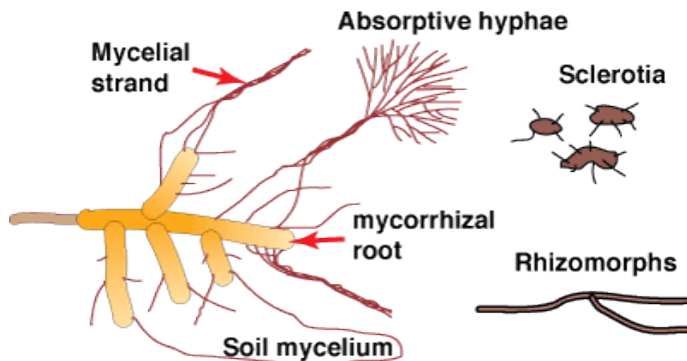
http://www.mycorrhiza-research.de/Pages/01_11Hartig.html

<http://mycorrhizas.info/ecm.html>

Jak to vypadá?



www.bioweb.uwlax.edu



Kdo se toho účastní?

Většinou víceleté dřeviny, ca 3-5% všech druhů rostlin

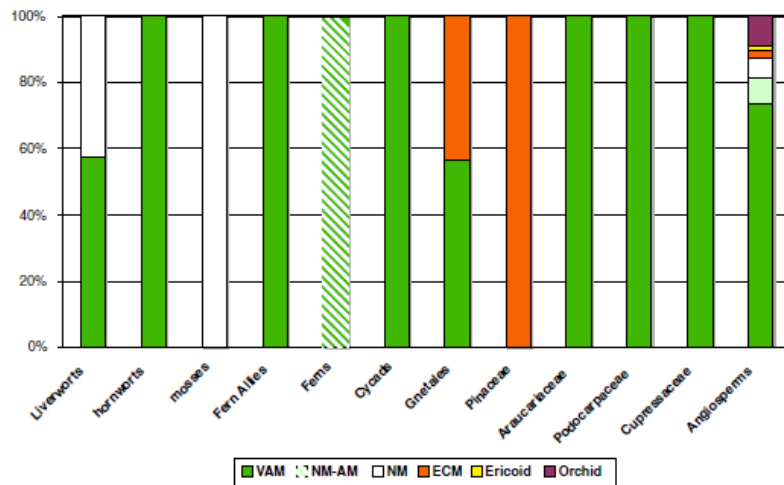


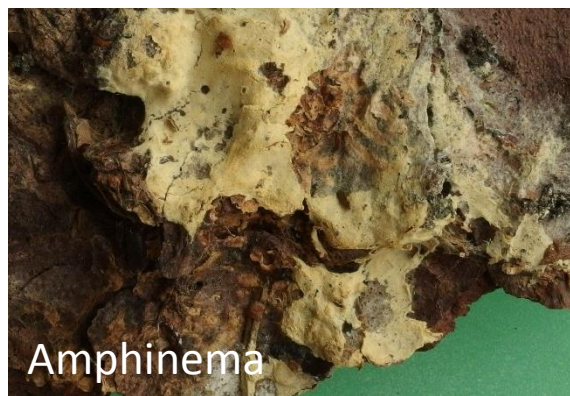
Fig. 2 The mycorrhizal status of different clades of lower plants, using data sources summarised at mycorrhizas.info and including Angiosperm data from Fig. 1 for comparison (see Fig. 1 for abbreviations) Brundrett 2009

	ECM host genera (http://mycorrhizas.info/ecm.html#hosts)
Gnetaceae	Gnetum
Pinaceae	Abies , Cathaya, Cedrus, Keteleeria, Larix , Picea , Pinus , Pseudolarix, Pseudotsuga, Tsuga
Betulaceae (inc. Corylaceae)	Alnus , Betula , Carpinus , Corylus , Ostrya, Ostryopsis
Casuarinaceae	Allocasuarina, Casuarina
Cistaceae	Cistus, Fumana, Helianthemum , Hudsonia, Lechea, Tuberaria
Dipterocarpaceae	Anisoptera, Dipterocarpus, Hopea, Marquesia, Monotes, Pakaraimaea, Shorea, Vateria, Vateriaopsis, Vatica
Ericaceae*	Arbutoid category of ECM (and ECM): Arbutus, Arctostaphylos, Cassiope, Chimaphila, Comarostaphylis, Gaultheria, Kalmia, Leucothoe, Pyrola
*Many other genera with ericoid mycorrhizas	Monotropoid category of ECM: Monotropa, Pterospora, Sarcodes, etc.
Caesalpinoideae	21 rodů
Papiloinoideae	8 rodů
Mimosoideae	Acacia, Calliandra
Fagaceae	Castanea, Castanopsis, Fagus , Lithocarpus, Quercus
Juglandaceae	Carya, Engelhardtia
Meliaceae	Owenia
Myrtaceae	Allosyncarpia, Agonis, Angophora, Baeckea, Eucalyptus, Leptospermum, Melaleuca, Tristania, Tristaniopsis
Nothofagaceae (Fagaceae)	Nothofagus
Nyctaginaceae	Guapira, Neea, Pisonia
Phyllanthaceae (Euphorbiaceae)	Uapaca, Ampera, Poranthera
Polygonaceae	Polygonum (arctic and alpine herbs), Coccoloba (tropical tree)
Rhamnaceae	Cryptandra, Pomederris, Spyridium, Trymalium
Rosaceae	Dryas (arctic and alpine herbs), Cercocarpus*, Purshia* *VAM also
Salicaceae	Populus , Salix
Sapotaceae	Manilkara
Sarcolaenaceae*	Leptolaena, Sarcolaena, Schizolaena
Tiliaceae	Tilia
Cyperaceae	Kobresia (alpine and arctic herb)

Family or Group	Epigeous, Hypogeous, Rsupinate
BASIDIOMYCOTA	
Lyophyllum	Lyophyllum*
Tricholomataceae	Leucopaxillus, Tricholoma*
Entolomataceae	Entoloma* (not all species), hypogeous: Rhodogaster, Richoniella
Amanitaceae	Amanita, Limacella, hypogeous: Ammarrendia, Torrendia
Hygrophoraceae	Gliophorus, Humidicutis, Hygrophorus*
Hydnangiaceae (Laccaria clade)	Laccaria , hypogeous: Hydnangium*, Podohydangium, Gigaspera
Cortinariaceae	Cortinarius *, Dermocybe, Naucoria*, Rozites*, hypogeous: Cortinarius, Hymenogaster (in part), etc.
Phaeocollybia clade in Hymenogastraceae	Phaeocollybia*
Hebeloma clade in Hymenogastraceae	Hebeloma*, hypogeous: Hymenogaster (in part)
Descolea clade, (in Bolbitiaceae?)	Descolea*, hypogeous. Descomyces*, Setchelliogaster
Inocybaceae	Inocybe*, Auritella
Boletes (Boletales) Includes many families	Aureoboletus, Austroboletus, Austropaxillus*, Boletellus*, Boletochaete, Boletus*, Chroogomphus*, Fuscoboletinus, Heimielia, Gomphidius*, Gyroporus*, Leccinum*, Paragyrodon, Paxillus*, Phlebopus, Phylloporus, Poryphyrellus*, Psiloboletinus, Rubinoboletus, Strobilomyces, Suillus *, Tylopilus*, Xanthoconium, Xerocomus *, etc., hypogeous: Alpova*, Austrogaster, Austrogautieria, Chamonixia*, Gastroboletus, Gastrotypilus, Gymnogaster, Gymnopaxillus, Horakiella, Hysterogaster, Melanogaster*, Mycoamaranthus, Octaviana, Rhizopogon *, Royoungia, Sclerogaster, Truncocolumella*, Timgrovea, Wakefieldia, etc.,
Boletales - Sclerodermatales	Boletoid: Gyroporus, Gasteroid: Pisolithus*, Scleroderma*, Calostoma*, hypogeous: Astaeus*, Horakiella, Scleroderma,, Velligaster
Russulales	Lactarius *, Russula *, hypogeous: Arcangeliella*, Cystangium, Gymnomyces, Leucogaster, Macowanites, Octaviana*, Stephanospora, Zelleromyces, resupinate: Byssoporia, Albatrellus*, Polyporoletus*
Gomphales & Hysterangiales	Bankera*, Boletopsis*, Clavaridelphus*, Gomphus*, Hydnum*, Hydnellum*, Phellodon*, Sarcodon*, Ramaria* (some NM?), hypogeous: Hysterangium clades: Aroramyces, Chondrogaster, Hysterangium* , Mesophelliaceae: Andebbia, Castoreum, Gummiglobus, Malajczukia, Mesophellia, Nothocastoreum, Gallaceaceae: Austrogautiera, Gallacea, etc., Phallo-gaster clade: Protrubera, Phallogaster, Trappea Ramaria clade: Gautieria*
Cantharellales	Cantharellula, Cantharellus*, Craterellus*
Rhizoctonia alliance clades	resupinate: Thanatephorus*, Sebacina*
Thelephorales	Bankera, Boletopsis, Thelephora *, Phellodon*, Sarcodon, Resupinate: Tomentella *, Pseudotomentella*, Tomentellopsis*
Clavariaceae	Aphelaria, Clavaria, Clavariadelphus, Clavicornia, Clavulina, Clavulinopsis, Ramariopsis
Atheliales	resupinate: Amphinema *, Byssocorticium *, Byssosporia*, Piloderma *, Tylospora *
ASCOMYCOTA	
Pezizales (inc. Tuberaceae, Helvellaceae, etc.)	Genea*, Geopora, Humaria*, Hydnotrya, Helvella, Leucangium*, Pachyphloeus, Pulvinula, Sarcosphaera, Sphaerosporella*, Sphaerozone*, Tirmania, Tricharina*, Wilcoxina *, Hypogeous: Choiromyces, Dingleya, Eremiomyces, Kalaharituber, Labyrinthomyces, Pachyphloeus, Reddellomyces, Tuber *, Terfezia, Turmania, Resupinate: Phialophora* (anamorph)
Eurotiales (Elaphomycetaceae)	hypogeous: Elaphomyces * Pseudotulostoma*
Melanommatales	resupinate: Cenococcum (sterile fungus)
ZYGOMYCETES	
Endogonaceae	hypogeous: Densospora, Endogone, Peridiospora, Youngiomyces

+ ca 7750 druhů hub, hl. Basidiomycota (Rinaldi et al. 2008)

Houby tvořící „resupinatní plodnice“



Houby tvořící „normální plodnice“



Houby tvořící „podzemní plodnice“



Existují rostliny s AM i ECM

Myrtaceae (*Eucalyptus coccoifera*)

Salicaceae (*Salix repens*)

Betulaceae (*Alnus*)

Dipterocarpaceae

Některé rody hub celé ECM, jiné mají různé strategie (např. *Sebacina*)



Vztah k hostitelům – specifita

skupiny druhů: *Suillus placidus* – *Pinus strobus* + *P. cembra*

rody: *Lactarius quietus* – *Quercus*, *Naucoria scolecina* - *Alnus*

čeledi: *Suillus*, *Rhizopogon* – Pinaceae, *Leccinum carpini* - Corylaceae

Generalisté (jehličnany i listnáče): *Boletus edulis*, *Boletus erythropus*, *Russula vesca*, *Russula nigricans*, *Tricholoma sulphureum*, *Cortinarius semisangiuneus*

Vyšší specifita u hostitelů raných sukcesních stádií (zvyšuje šance na setkání správné houby a omezení investic do common mycelial net)

Jak a kdy to vzniklo?

Předpokládaný vznik ca 100-200 mil. let

- fosilní nález ca 55 mil. let – mykorhiza u Pinus (Rhizopogon?)

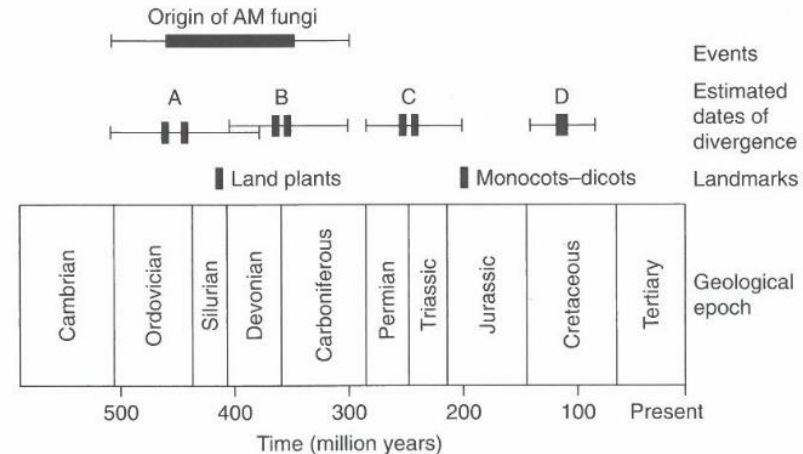


Figure 1.6 Estimated dates of origin and divergence of arbuscular mycorrhizal fungi. From Simon *et al.* (1993). Reprinted with permission from *Nature*, **363**, 67–69. Copyright McMillan Magazines Ltd.

Smith, Read 2008

několikanásobný vznik ze
saprotrofních předchůdců
(Smith et Tedersoo 2013 – 80 x)

ztráta genů rozkládajících lignin
a celulózu



Review

**Lineages of ectomycorrhizal fungi revisited:
Foraging strategies and novel lineages revealed by
sequences from belowground**



Leho TEDERSOO^{a,*}, Matthew E. SMITH^{b,**}

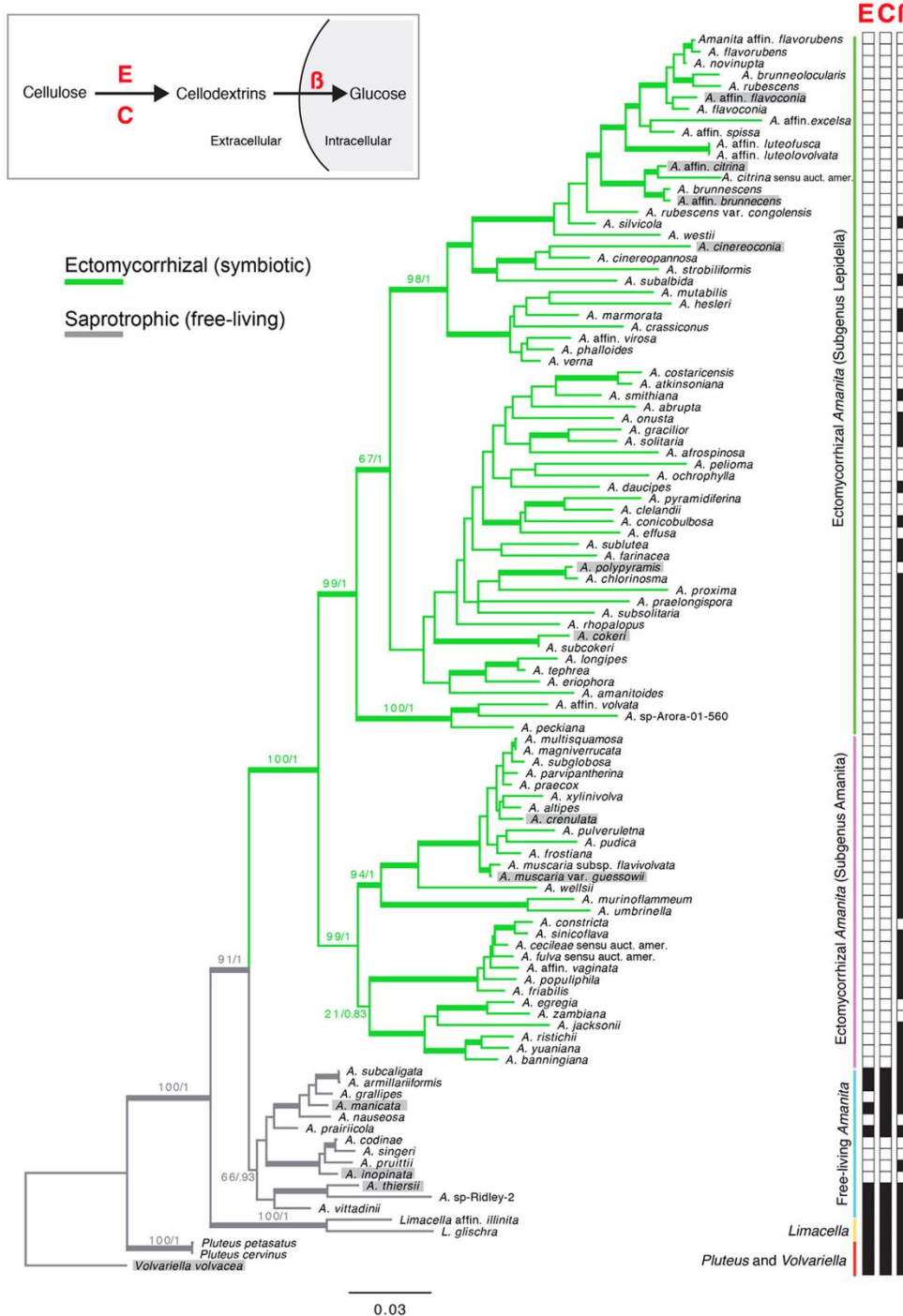


Figure 2. Maximum likelihood phylogeny of *Amanita* and closely related taxa. Support values at nodes indicate maximum likelihood bootstrap (MLB)/Bayesian posterior probability (BPP) values. Thick branches indicate branches with >90% MLB and >0.95 BPP. Boxes along right indicate presence/absence of three cellulase genes: endoglucanase (E), cellobiohydrolase (C), and beta-glucosidase (B). Black = present. White = absent. Species highlighted in grey are kept as cultures and were used for experimental assessment of saprotrophy (see text). Inset indicates putative role and location of cellulases in cellulose degradation pathway. Colors of branches are based on parsimony reconstructions of trophic status

Jak to vzniká?

Nekolonizované semenáčky a kořeny vzdálené ostatním

- Přítomnost inokula
- Rozpoznání
- Kompatibilita

Kořeny blízko již kolonizovaným kořenům

- Kolonizace Hartigovou sítí (Pinus)
- Kolonizace pomocí pláště – (Eucalyptus)

	AM symbiosis	ECM symbiosis
Early establishment	Fungal response to root exudates	
	Strigolactones	?
	Other phytohormones	
	Chitin-oligomers (LCOs/COs)	?
Late establishment	Common symbiosis pathway	?
	Fungal effectors	
	Alteration of plant defenses	
Maintenance	Reciprocal rewards (in some conditions)	?
	AM-specific plant transporters	ECM-inducible plant transporters
	Fungal transport systems in the plant-fungus interface	
		?

Garcia et al. 2015

Table 6.5 Sequence of the formation of *Eucalyptus* ectomycorrhiza obtained using the cellophane-over-agar technique (see text) after Malajczuk et al. (1990).

Time	Developmental stage	Anatomical features
0–12 h	Preinfection	Hyphal contact with the root
12–24 h	Symbiotic initiation	Fungal attachment to the epidermis
24–48 h	Fungal colonization	Initial layers of mantle Hyphal penetration between epidermal cells
48–96 h	Symbiotic differentiation	Rapid buildup of mantle hyphae Hartig net proliferation
96 h–7 days	Symbiotic function	Mantle well developed and tightly appressed to epidermal cells End of Hartig net growth

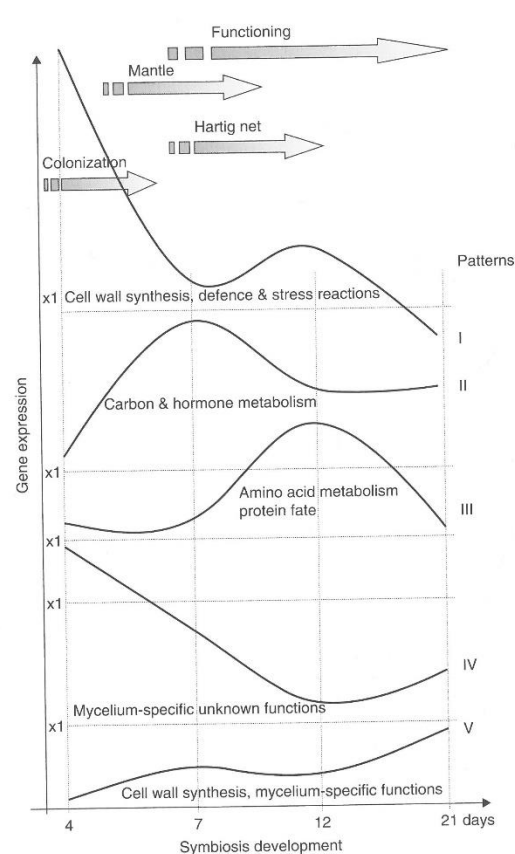


Figure 6.9 Schematic drawing describing the five major gene expression patterns of plant and fungal genes during development of the *Eucalyptus*–*Pisolithus* mycorrhiza, see text. Data from Duplessis et al. (2005).

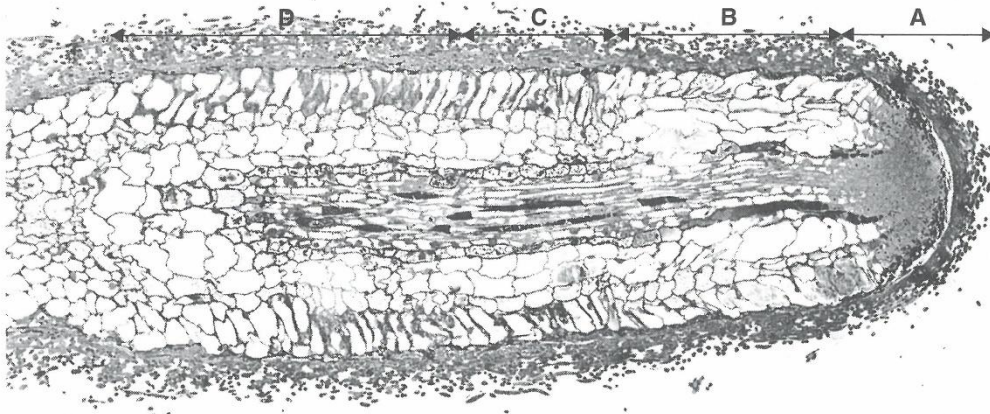


Figure 6.11 Light microscopy of mycorrhiza formed between *Eucalyptus pilularis* and *Pisolithus tinctorius*. Longitudinal section showing zonation. Zone A, root cap meristem; zone B, apposition (pre-Hartig net); zone C, young Hartig net; zone D, older Hartig net. Bar = 100 μm . From Massicotte et al. (1987b), with permission.

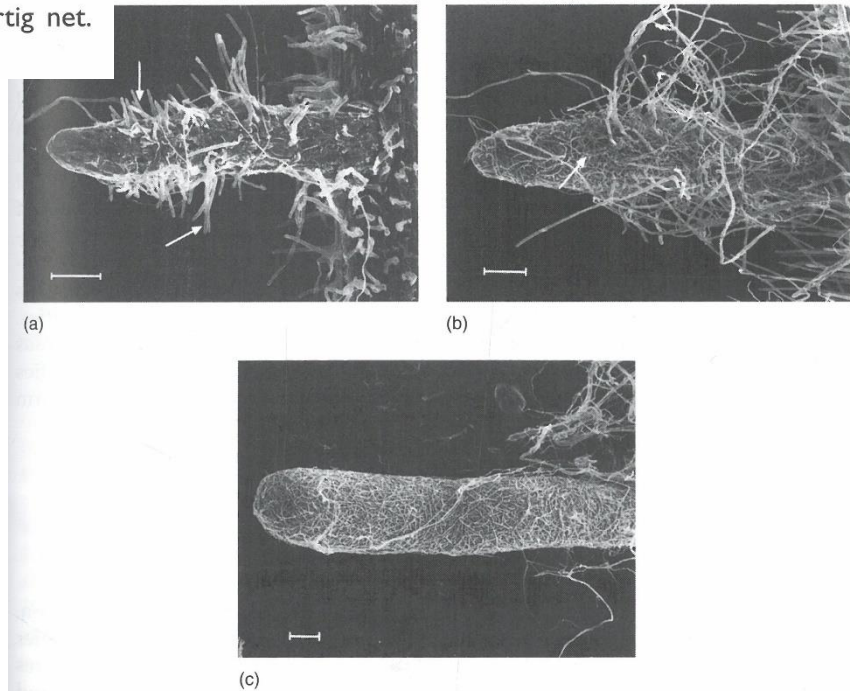


Figure 6.17 Scanning electron microscopy of mycorrhizas formed between *Betula alleghaniensis* and *Pisolithus tinctorius*. (a) Early stages of mycorrhiza formation, in which a few hyphae are present on the root surface and numerous root hairs (arrowed) are evident. (b) A thin mantle (arrowed) has been formed on the root surface. (c) A compact mantle covers the root and root hairs are no longer evident. Bars = 100 μm . From Massicotte et al. (1990), with permission.

K čemu to je?

Houby poskytují rostlinám N a P, možná ovlivňují jejich vodní režim a chrání je před patogeny.

Rostliny poskytují houbám C

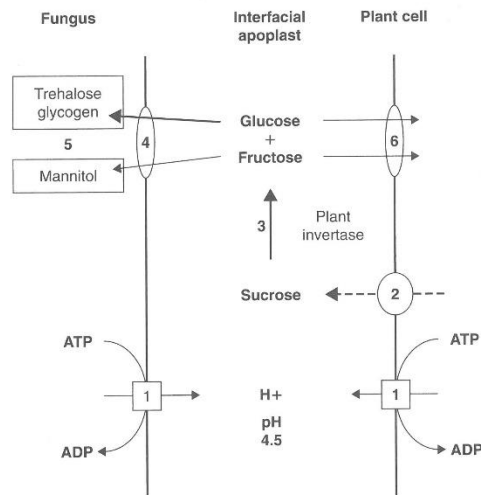


Figure 8.5 Diagrammatic representation of the plant-fungus interface in an ectomycorrhiza, showing processes likely to be important in sugar transfers between plant and fungus. (1) Activity of both plant and fungal H^+ -ATPases transfers protons to the interfacial apoplast, lowering the pH and creating proton motive force necessary for active transport. (2) Sucrose, delivered to the roots is exported from the plant cells and hydrolysed by a plant wall-bound invertase (acid pH optimum) to glucose and fructose (3). (4) Glucose is preferentially absorbed by the fungal partner via a hexose transporter (*AmMst1* and 2 in *Amanita muscaria*), which may be a proton hexose symporter: Fructose can also be absorbed, but is outcompeted by glucose. (5) Glucose is used by the fungus to synthesize large amounts of glycogen and lesser amounts of trehalose. Fructose is converted to mannitol. (6) Upregulation of a plant monosaccharide transporter *PttMST3.3* in ECM poplar roots suggests that this plant may have a means of reabsorbing some of the sugar lost to the apoplast (see Figure 8.4) (Grunze et al., 2004). However, no such upregulation of plant sugar transporter activity was found in *Betula* (Vright et al., 2000).

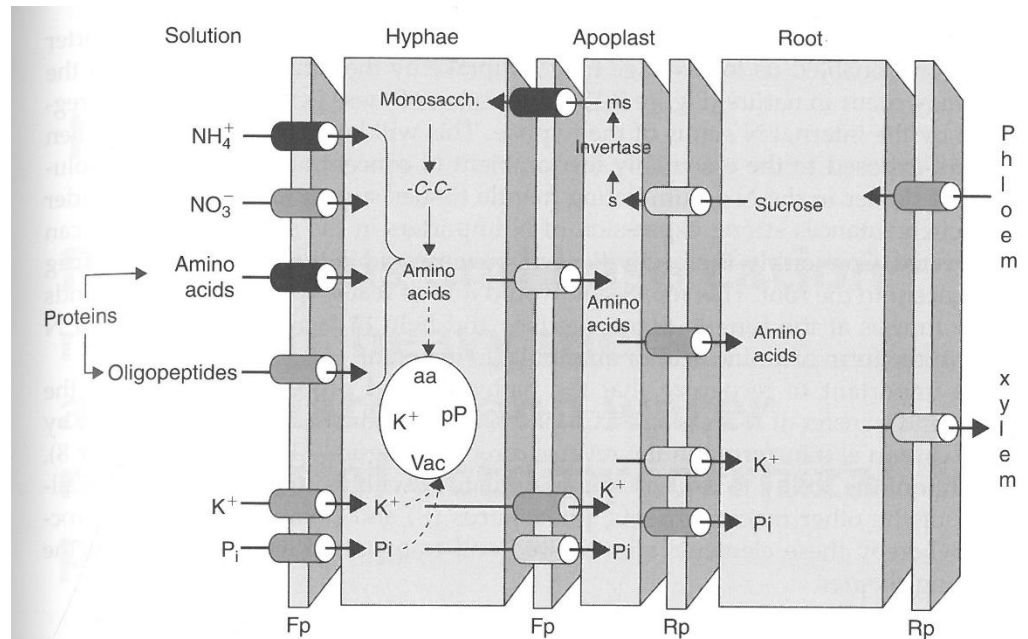


Figure 9.11 Diagrammatic representation of the current understanding of the location and function of nitrogen transporters in ectomycorrhizal tissues. Black cylinders represent structures in which at least one member of the transporter family has been fully characterized by functional complementation in a deficient strain of yeast. Dark grey cylinders represent putative transporters in which candidate genes have been identified as expressed sequence tags. Pale grey cylinders represent hypothetical transporters. The transporters putatively involved in carbohydrate transport, carboxylation of N compounds and in transfer of phosphorus (P) and potassium (K^+) ions are also shown. Fp, fungal plasma membrane; Rp, root plasma membrane; aa, amino acids; pP, polyphosphate; Vac, vacuole; s, sucrose; ms, monosaccharide; cc, carboxylation. Modified from Chalot et al. (2002), with permission.

Jaké jsou náklady?

Náklady na ECM symbionty:

laboratorní zjištění: ca 12-30% asimilovaného C

terénní měření:

- ca 3-180 kg plodnic/ha půdy/rok
 - 70 kg/ha/rok (200 m/g půdy, tj. ca 3.5 kg živého mycelia/ha/rok, turnover 1 týden), podle meshbagů až 590 kg/ha/rok
 - 172-730 kg/ha/rok plášťů ektomykorhiz
- = ca 13-15% primární produkce stanoviště (Hobbie et Hobbie až 20%)

Mohou být ECM houby částečně saprotrófní?

Ne, jsou dekompozitoři ne saprotrófové.

osud C není jasný

oxidací ligninu a humusu vzniká řada produktů od CO₂ až po nerozpustné makromolekuly (Šnajdr 2010), část asi využijí saprotrófové, část se stane nepřístupnějšími



Review



Tansley insight

Ectomycorrhizal fungi – potential organic matter decomposers, yet not saprotrophs

Author for correspondence:
Björn D. Lindahl
Tel: +46 18 671000
Email: Bjorn.Lindahl@slu.se

Björn D. Lindahl¹ and Anders Tunlid²

¹Department of Soil and Environment, Swedish University of Agricultural Sciences, Box 7014, SE-750 07 Uppsala, Sweden;

²Microbial Ecology Group, Department of Biology, Lund University, Ecology Building, SE-22 362 Lund, Sweden

Jaké jsou zisky?

ECM rostliny lépe rostou, vyšší konc. P ve srovnání s nemykorhizními

Až 80% rostlinného N a P je získáváno houbami (laboratorní studie), houby omezují ztráty N a P z půdy

Dusík

ECM houby přijímají anorganický (NO_3^- , NH_4^+) i organický N z aminokyselin, peptidů i bílkovin.

Schopnost přijímat různé formy N se liší se mezi druhy i kmeny

rostliny s ECM a rostliny bez ECM se liší ve schopnosti růst na substrátu pouze s org. N, s různými druhy ECM hub rostliny dosahují různé biomasy

ECM získávají efektivněji N z norm. substrátů v lese (pyl. zrna, nematoda, semena, atd...)

Fosfor

Akumulace v plášti, vakuoly – granule polyfosfátu, postupné uvolňování do rostliny

Získávají jej z půdy (nukleové kyseliny, fosfolipidy), spekuluje se o schopnosti získávat P z podloží (v meshbags rozkládají apatit)

Draslík

Schopnost akumulovat K a získávat z K obsahujících minerálů (biotit), neprokázáno meshbagy

Jaké jsou zisky?

Prokázán přesun **Mg**, ale neprokázala se schopnost uvolňovat jej z minerálů

Ca (?)

ECM houby umožňují růst ECM hostitelů v půdách s vys. obsahem Al, Cd, Ni, Cu, Zn (nelze oddělit efekt lepší výživy a ochrany před negativními účinky těžkých kovů)

Účinnější „ochranu“ poskytují druhy s větším EM myceliem

Voda

ECM houby v kultuře se liší ve schopnosti snášet sucho

vlivem sucha se mění složení ECM hub (dominuje *Cenococcum*)

vlivem sucha dochází ke změně exprese genů pro aquaporiny

Není jasný transport

Těžko oddělit toleranci k suchu od lepší výživy poskytované ECM houbami

Myceliální síť

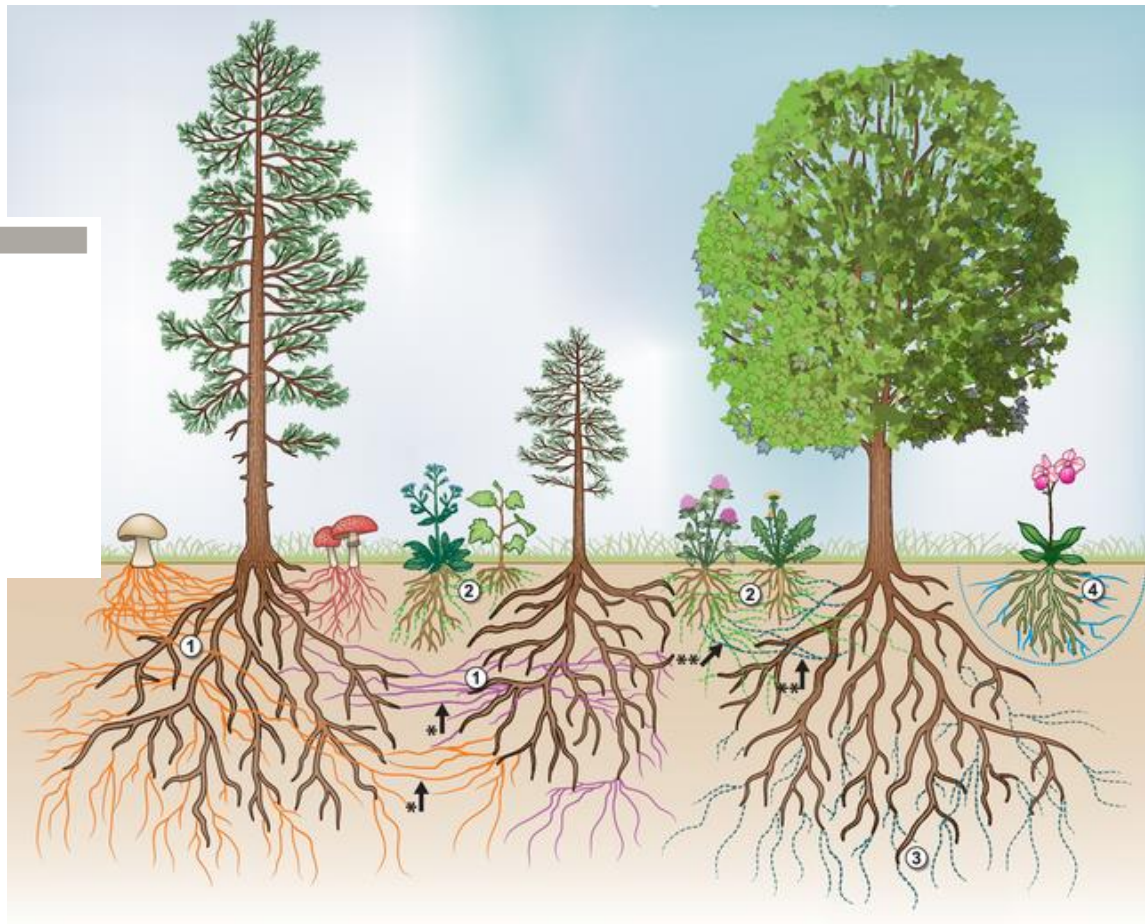
Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field

Suzanne W. Simard^{*}, David A. Perry[†],
Melanie D. Jones[‡], David D. Myrold[§],
Daniel M. Durall[‡] & Randy Molina^{||}

až 40% C v kořenových špičkách 1
stromu pochází z fotosyntézy
souseda...

(Klein, T., Siegwolf, R. T., & Körner, C. (2016).
Belowground carbon trade among tall trees in a
temperate forest. *Science*, 352(6283), 342-344)

Hubs (uzly) + „odkláněči“

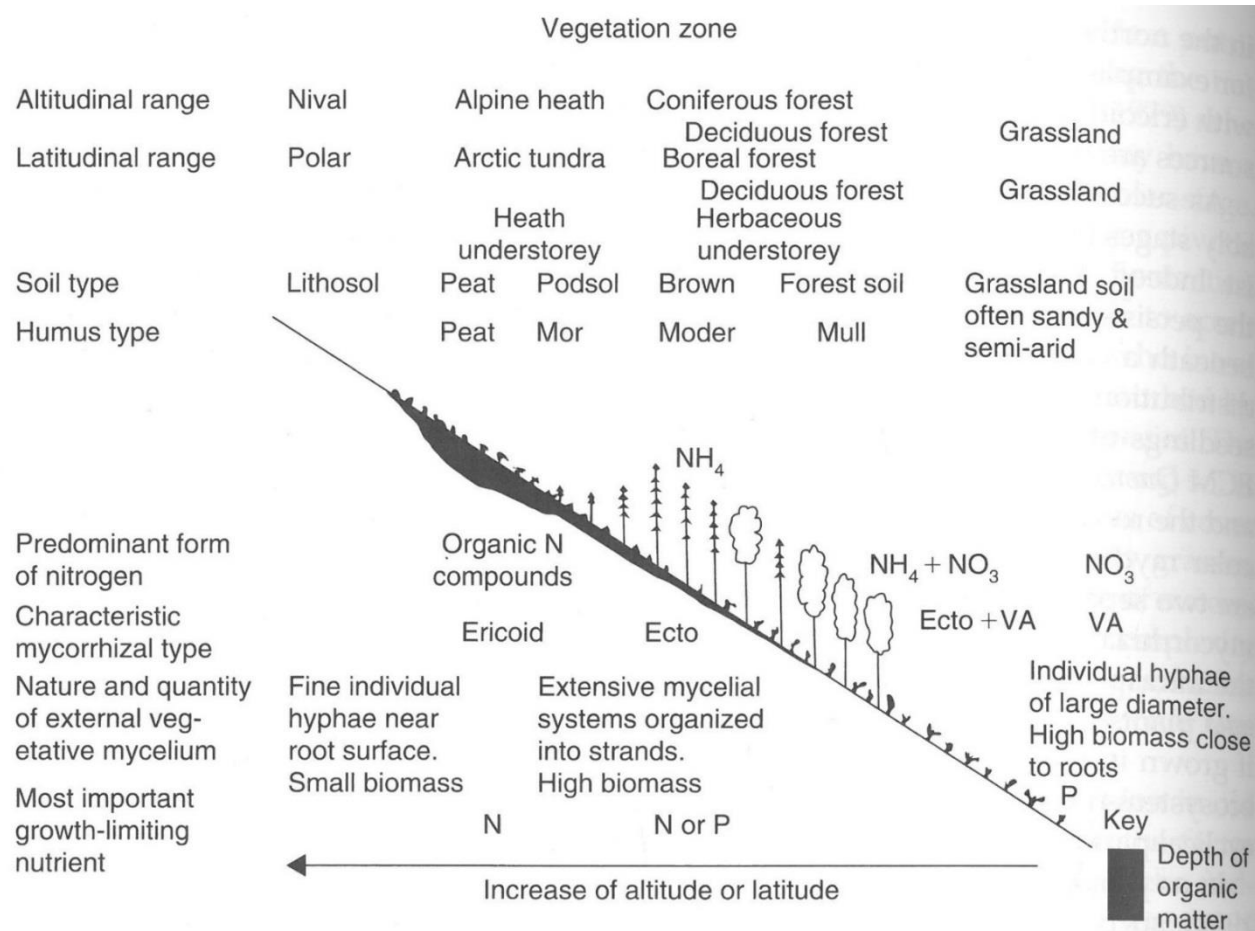


- (1) Trees forming networks with ectomycorrhizal (EM) fungi (solid thin lines) are interconnected (see arrow*)
 - (2) various plant species and a tree (3) form arbuscular mycorrhizal (AM) networks and are also interconnected (see dashed lines, arrow**)
 - (4) an orchid forms a third underground network.
- Van der Heijden 2015

Může se rostlina vyhnout symbióze?

10% studií – mykorhizy redukovaly růst rostlin, mohou některé houby podvádět?

Jak ovlivňuje ektomykorhiza život lučního botanika/ekologa?



Nijak, pokud mu na louce nezačnou růst semenáčky ECM dřevin a nezaloží si pokus blízko lesa....

Figure 15.5 Diagrammatic representation of the postulated relationship between latitude or altitude, climate, soil and mycorrhizal type, together with the development of vegetative mycelium associated with mycorrhizas. VA = arbuscular (AM). From Read (1984), with permission.

Otázky, které se aktuálně řeší

1. Tok látek (geny, enzymy)
2. Genomy ECM hub
3. Evoluce rodů (ektomykorhiznosti)
4. Biologie druhů (NGS data?), populace – neznámá velikost jedince
5. Fungal traits, funkční diverzita
6. Specifita interakcí, common mycelial network
7. Drivers, gradienty (obtížná interpretace, korelace všeho se vším.....), sukcese
8. Co se stane, když..... - management, global change, sucho
9. Nejasné asociace (DSE, etc...)
10. Potravní řetězce (food webs)
11. Ekosystémové služby (ecosystem services)

Jak to studovat?

V laboratoři, skleníku

Syntéza za kontrolovaných podmínek

Výhody:

Geneticky homogenní materiál
„čistý pokus“, replikace atd....

Nevýhody:

Studovaná situace v přírodě téměř
nenastává.....

Limitovaný výběr ECM hub (*Laccaria*,
Hebeloma, *Piloderma*, *Suillus*,
Thelephora....), většina ECM hub nejde
kultivovat

Pracuje se se semenáčky....

V lese

Studium plodnic, ektomykorhiz,
mycelií.....

Výhody:

Studium reálné situace
Dospělé stromy, dominantní houby,
myceliální síť

Nevýhody:

Popisné
Omezení počtem vzorků
Neznámá velikost studovaných
organismů
Mnoho korelujících známých i
neznámých faktorů prostředí

Co studovat?

PLODNICE

Metodika: 3-6 návštěv ročně, 2-3 roky; plochy 500-2500 m², zaznamenávání substrátu (hostitele), počítání plodnic, odhad biomasy atd....

situace pod zemí je jiná než nad zemí!

K čemu ty plodnice jsou? Zábava pro amatéry?

Studium diverzity společenstev
Životní strategie ECM hub
Nezanedbatelný zdroj živin

Species diversity and distribution of biomass above and below ground among ectomycorrhizal fungi in an old-growth Norway spruce forest in south Sweden

Anders Dahlberg, Lena Jonsson, and Jan-Erik Nylund



available at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/funeco



Climate variation effects on fungal fruiting

Lynne BODDY^{a,*}, Ulf BÜNTGEN^{b,c}, Simon EGLI^b, Alan C. GANGE^d,
Einar HEEGAARD^e, Paul M. KIRK^f, Aqilah MOHAMMAD^d,
Håvard KAUSERUD^g



EKTOMYKORHIZY

Metodika:

Semenáčky

Dospělé stromy – sondy (3-6 cm průměr) n. krychle půdy ca 10 x 10 cm (jednotlivé stromy n. trvalé plochy (500m² n. 50 x 50 m)

Udržovat v chladu



Celý kořenový systém nebo vybrat 3 fragmenty kořenů o ca 150 špičkách



Vymýt opatrně pod tekoucí vodou



Dočistit pinzetou



Nafotit



Vybrat vzorky (morfortypy) na identifikaci pomocí DNA
(možnosti uchovávání: zamrazit -20°C, 70% alkohol, CTAB)
+ duplikáty na morfologické studium (glutaraldehyd, Farmerova fixáž)

Přehled morfortypů

www.deemy.de

Nomenklatura morfortypů s neidentifikovanou houbou podle dřeviny (např. *Piceirhiza bicolorata*)

Znaky na plášti (9 typů plektenchymu, 7 pseudoparenchymu)

6 typů rhizomorf

Otázka taxonomického citu!

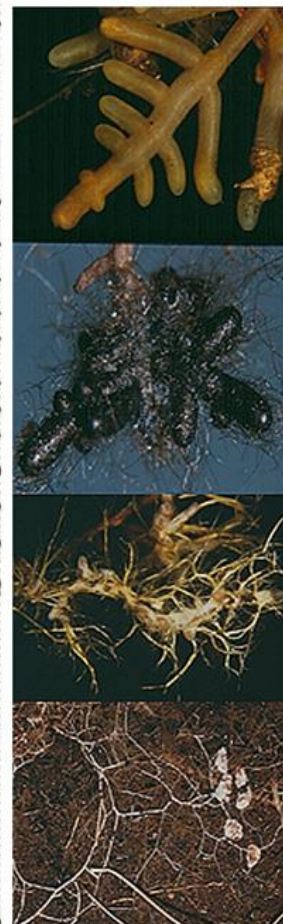
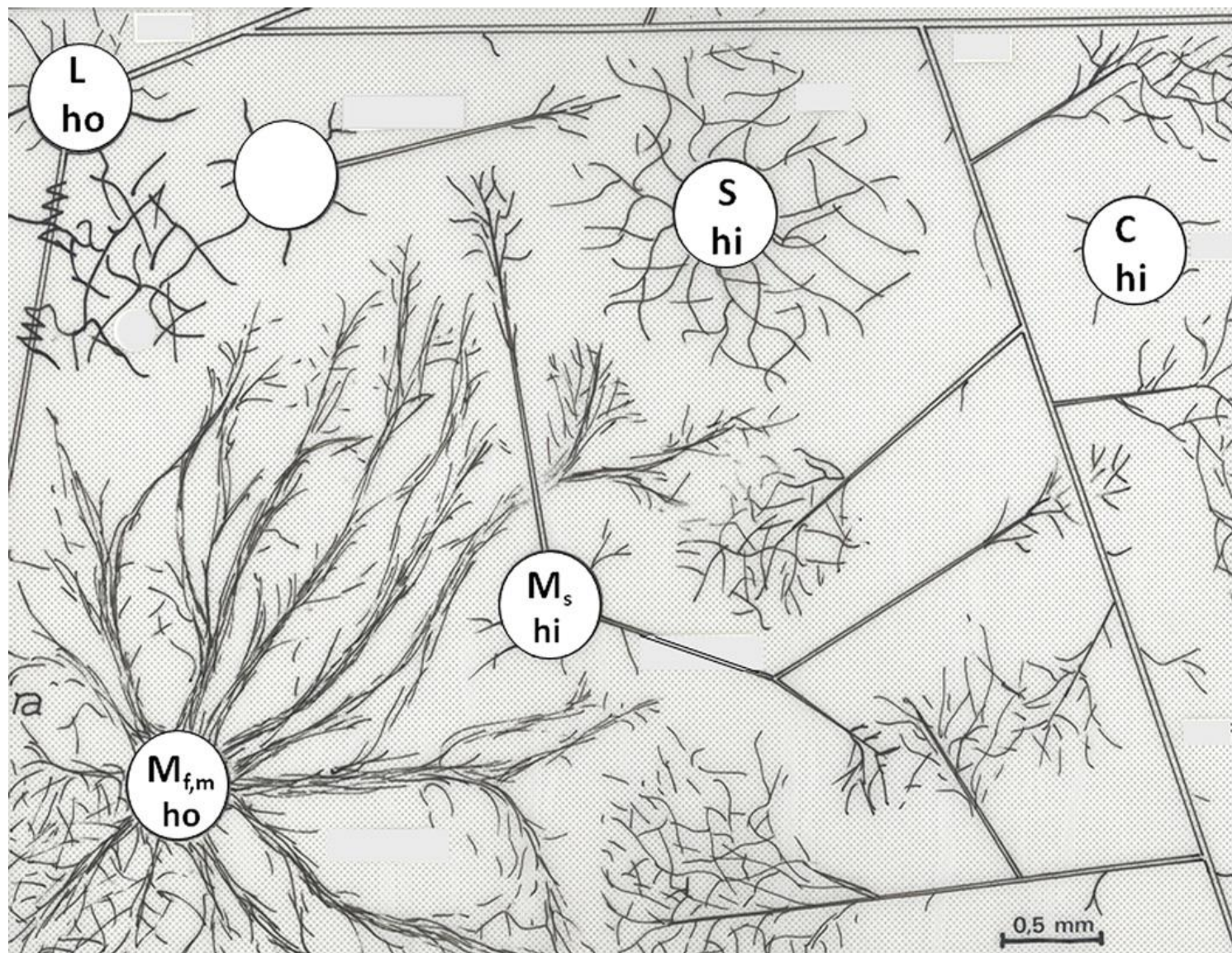
Dřevina ovlivňuje vzhled ektomykorhizy

Picea abies

Pinus mugo



Třídění do exploračních typů ektomykorhiz



Reinhard Agerer

Exploration types of ectomycorrhizae

A proposal to classify ectomycorrhizal mycelial systems according to their patterns of differentiation and putative ecological importance

Contact type: hladký plášť a velmi málo hyf, špička má těsný kontakt se substrátem, hydrofilní (holubinka, ryzec, vatička, lanýž)

Short distance: objemný obal z vycházejících hyf, hydrofilní (vatička, Tylospora, sluka, vláknice, jelenka, lanýž, Cenococcum...)

Medium distance fringe: vějíře hyf + větvcí se rhizomorfy (hl. typ A), hydrofobní, nesnáší vysoké obsahy N, hydrofobní (Amphinema, Piloderma, pavučinec, Laccaria atd...)

Medium distance mat: nediferencované rhizomorfy, hydrofobní (Piloderma, Ramaria, Sarcodon,...)

Medium distance smooth: nediferencované rhizomorfy (hl. typ B), hladký plášť, pár hyf, hydrofilní (Amanita, Thelephora, Tricholoma, Tomentella,)

Long distance: hladké ektomykorhizy, rizomorfy (hl. typ F) + boletoidní, hydrofobní (hřibovitě)





Exploration type-specific standard values of extramatrical mycelium – a step towards quantifying ectomycorrhizal space occupation and biomass in natural soil

Rosemarie B Weigt · Stefan Raidl · Rita Verma · Reinhard Agerer

FUNGAL ECOLOGY 4 (2011) 174–183



ELSEVIER

available at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/funeco



FUNGAL EC



ELSEVIER

available at



journal homepage:

Conservation of ectomycorrhizal fungi: exploring the linkages between functional and taxonomic responses to anthropogenic N deposition

E.A. LILLESKOV^{a,*}, E.A. HOBBIE^b, T.R. HORTON^c

Rethinking ectomycorrhizal succession: are root density and hyphal exploration types drivers of spatial and temporal zonation?

Kabir G. PEAY^{a,b,*,1}, Peter G. KENNEDY^{c,1}, Thomas D. BRUNS^{b,1}

^aDepartment of Plant Pathology, University of Minnesota, St. Paul, MN 55108, USA

^bDepartment of Plant and Microbial Biology, University of California, Berkeley, CA 94720, USA

^cDepartment of Biology, Lewis and Clark College, Portland, OR 97219, USA

Studium enzymů

Enzyme secretion by ECM fungi and exploitation of mineral nutrients from soil organic matter

Karin Pritsch • Jean Garbaye



Profiling functions of ectomycorrhizal diversity and root structuring in seedlings of Norway spruce (*Picea abies*) with fast- and slow-growing phenotypes

Sannakajsa M. Velmala¹, Tiina Rajala¹, Jussi Heinonsalo², Andy F. S. Taylor^{3,4} and Taina Pennanen¹

¹Finnish Forest Research Institute – Metsä, PO Box 18, 01301 Vantaa, Finland; ²Vitki Biocenter, Department of Food and Environmental Sciences, Faculty of Agriculture and Forestry, PO Box 56, 00014 University of Helsinki, Finland; ³The James Hutton Institute, Craigiebuckler, Aberdeen AB15 8QH, UK; ⁴Institute of Biological and Environmental Sciences, University of Aberdeen, Cruickshank Building, St Machar Drive, Aberdeen AB24 3UU, UK

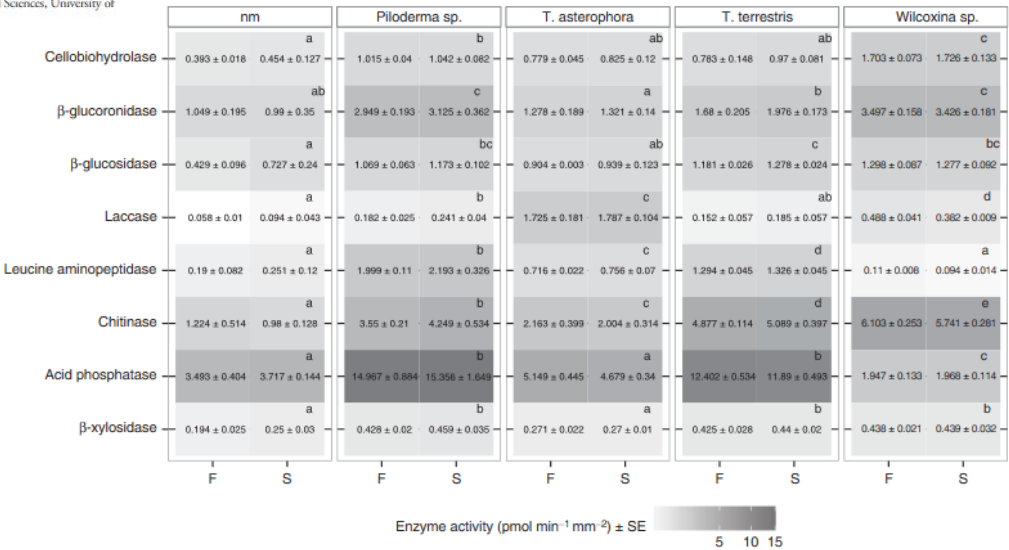


Fig. 4 Mean (± 1 standard error) of potential activities of cellobiohydrolase, β-glucuronidase, β-glucosidase, laccase, leucine aminopeptidase, chitinase, acid phosphatase and β-xylosidase of single root tips in fast- and slow-growing Norway spruce seedlings when nonmycorrhizal (nm) and colonized with *Piloderma* sp., *Tylospora asterophora*, *Thelephora terrestris*, and *Wilcoxina* sp. Potential enzyme activities did not differ between fast (F)- and slow (S)-growing seedlings. Different letters in the corners of each polygon show the ECM fungi that differed in their potential enzyme activity based on pairwise comparisons.

ECM MYCELIA

Proč je studovat?

„tělo“ houby

Extramatrikální mycelium
300-8000 m/m kořene semenáčku
(ve skleníkových experimentech)

Biomasa – objem ergosterolu v půdě, PFLA (phospholipid fatty acid 18:2 ω 6,9)

Problém – nelze rozlišit ECM a saprotrofní houby (jsou si příbuzné, v současnosti nelze vyvinout mol. marker)

MESH BAGS – nylonové pytlíky s pískem (Wallander et al. 2001)

(vizuální semikvantitativní hodnocení, ergosterol, PFLA),
odhad ročně 125-200 kg ECM mycelia/ha, pravděpodobně daleko víc....

„Grindling experimenty“ (stromům se poškodí vodivá pletiva, ECM houby by měly začít odumírat) – zjistil se, že ca 1/3 veškeré mikrobiální biomasy v půdě je ECM

FUNGAL ECOLOGY 6 (2013) 1–11



available at www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

journal homepage: www.elsevier.com/locate/funeco



Estimation of fungal biomass in forest litter and soil

Petr BALDRIAN*, Tomáš VĚTROVSKÝ, Tomáš CAJTHAML, Petra DOBIÁŠOVÁ, Mirka PETRÁNKOVÁ, Jaroslav ŠNAJDR, Ivana EICHLEROVÁ

Institute of Microbiology of the ASCR, Vítězná 1083, 14220 Praha 4, Czech Republic

Druhové složení – NGS (next generation sequencing) houbové DNA (ITS2 DNA) z půdy

databáze ověřených sekvencí ECM hub <https://unite.ut.ee/index.php>

RESEARCH ARTICLE SUMMARY

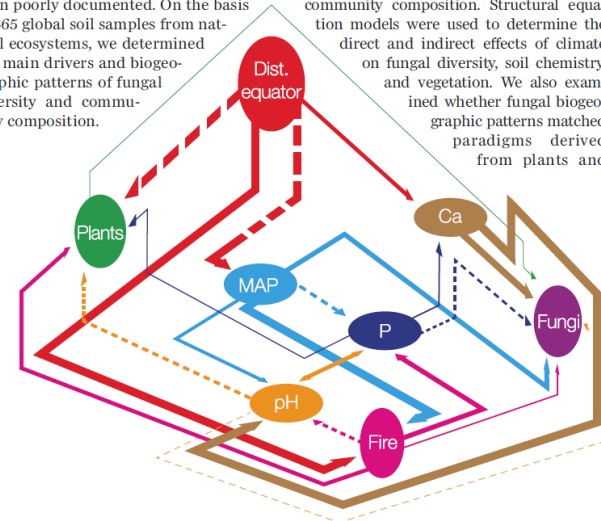
FUNGAL BIOGEOGRAPHY

Global diversity and geography of soil fungi

Leho Tedersoo,*† Mohammad Bahram,† Sergei Põlme, Urmas Kõljalg, Nourou S. Yorou, Ravi Wijesundera, Luis Villarreal Ruiz, Aída M. Vasco-Palacios, Pham Quang Thu, Ave Suija, Matthew E. Smith, Cathy Sharp, Erki Saluveer, Alessandro Saitta, Miguel Rosas, Taavi Riit, David Ratkowsky, Karin Pritsch, Kadri Põldmaa, Meike Piepenbring, Cherdchai Phosri, Marko Peterson, Kaarin Parts, Kadri Pärtel, Eveli Otsing, Eduardo Nouhra, André L. Njouonkou, R. Henrik Nilsson, Luis N. Morgado, Jordan Mayor, Tom W. May, Luiza Majuakim, D. Jean Lodge, Su See Lee, Karl-Henrik Larsson, Petr Kohout, Kentaro Hosaka, Indrek Hiiesalu, Terry W. Henkel, Helery Harend, Liang-dong Guo, Alina Greslebin, Gwen Grelet, Jozsef Geml, Genevieve Gates, William Dunstan, Chris Dunk, Rein Drenkhan, John Dearnaley, André De Kesel, Tan Dang, Xin Chen, Franz Buegger, Francis Q. Brearley, Gregory Bonito, Sten Anslan, Sandra Abell, Kessy Abarenkov

365 ploch (kruhové plochy 2500 m², 40 sond)
ca 1 milion sekvencí
94 tis. OTU
pouze 4353 OTU 98% podobnost s hečáróvými
položkami nebo popsánými kulturami
nedostatečně známy houby subtropů a tropů

species, phyla, and functional groups has been poorly documented. On the basis of 365 global soil samples from natural ecosystems, we determined the main drivers and biogeographic patterns of fungal diversity and community composition. floristic parameters on fungal diversity and community composition. Structural equation models were used to determine the direct and indirect effects of climate on fungal diversity, soil chemistry, and vegetation. We also examined whether fungal biogeographic patterns matched paradigms derived from plants and



Direct and indirect effects of climatic and edaphic variables on plant and fungal richness. Line thickness corresponds to the relative strength of the relationships between the variables that affect species richness. Dashed lines indicate negative relationships. MAP, mean annual precipitation; Fire, time since last fire; Dist. equator, distance from the equator; Ca, soil calcium concentration; P, soil phosphorus concentration; pH, soil pH.

Nejlepším prediktorem houbové bohatosti jsou prům. roční srážky (+) a koncentrace Ca²⁺ (+)

Druhová bohatost ECM hub odpovídá pozitivně diverzitě hostitelů a půdnímu pH

Nejlepším prediktorem druhové bohatosti saprotrofů jsou prům. roční srážky (+)

ORIGINAL ARTICLE

Active and total microbial communities in forest soil are largely different and highly stratified during decomposition

Petr Baldrian¹, Miroslav Kolařík¹, Martina Štursová¹, Jan Kopecký², Vendula Valášková¹, Tomáš Větrovský¹, Lucia Žifčáková¹, Jaroslav Snajdr¹, Jakub Rídl³, Čestmír Vlček³ and Jana Voříšková¹

¹Laboratory of Environmental Microbiology, Institute of Microbiology of the ASCR, v.v.i., Vídeňská, Praha, Czech Republic; ²Crop Research Institute, Drnovská, Praha, Czech Republic and ³Institute of Molecular Genetics of the ASCR, v.v.i., Vídeňská, Praha, Czech Republic

Stratifikace půdy a společenstev hub

Research

New
Phytologist



Production of ectomycorrhizal mycelium peaks during canopy closure in Norway spruce forests

Håkan Wallander¹, Ulf Johansson², Erica Sterkenburg³, Mikael Brandström Durling³ and Björn D. Lindahl³

¹Department of Microbial Ecology, Lund University, SE-223 62 Lund, Sweden; ²Swedish University of Agricultural Sciences, Tönnersjöheden Experimental Forest, PO Box 17, SE-31038 Simlångsdalen, Sweden; ³Department of Forest Mycology and Pathology, Swedish University of Agricultural Sciences PO Box 7026, SE-750 07 Uppsala, Sweden

Sukcese hub ve smrkových lesích
(použití meshbagů)

New
Phytologist

Research

Carbon sequestration is related to mycorrhizal fungal community shifts during long-term succession in boreal forests

Karina E. Clemmensen¹, Roger D. Finlay¹, Anders Dahlberg¹, Jan Stenlid¹, David A. Wardle² and Björn D. Lindahl³

¹Department of Forest Mycology and Plant Pathology, Uppsala BioCenter, Swedish University of Agricultural Sciences, Box 7026, SE-75007 Uppsala, Sweden; ²Department of Forest Ecology and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, SE-901 83 Umeå, Sweden; ³Department of Soil and Environment, Swedish University of Agricultural Sciences, Box 7014, SE-75007 Uppsala, Sweden

Vliv společenstev hub na ukládání C

Ektendomykorhiza

- Wilcoxina + Pinus a Larix – tenký plášť, Hartigova síť, intracelulární hyfy!
- dark septate (DS), dark septate endophytes (DSE) - Helotiales
 - Phialocephala
 - Phialophora (Cadophora) Hymenoscyphus ericae
 - Chloridium pauciflorum
 - Leptodontidium orchidicola (Dermataceae)

Saprotrofové nebo konec kontinua mutualismus x parasitismus



RESEARCH ARTICLE

The Potential of Dark Septate Endophytes to Form Root Symbioses with Ectomycorrhizal and Ericoid Mycorrhizal Middle European Forest Plants

Tereza Lukešová^{1,2}, Petr Kohout^{1,2,3}, Tomáš Větrovský⁴, Martin Vohník^{1,2*}

1 Department of Plant Experimental Biology, Faculty of Science, Charles University in Prague, Prague, Czech Republic, **2** Department of Mycorrhizal Symbioses, Institute of Botany ASCR, Prhonice, Czech Republic, **3** Department of Botany, Institute of Ecology and Earth Sciences, University of Tartu, Tartu, Estonia, **4** Laboratory of Environmental Microbiology, Institute of Microbiology ASCR, Prague, Czech Republic

* vohnik@ibot.cas.cz



Arbutoidní mykorrhiza

- *Arbutus*, *Arctostaphylos*, několik rodů *Pyrolaceae*
- Mantel, Hartig Net, penetrace intracelulárními hyfami

DSE fungi + Basidiomycota



Erikoidní mykorrhizní symbióza

- Ericales
- intracelulární, tvorba vlasových kořenů, houba zde tvoří klubka a smyčky, převážně v pokožce kořene (rhizodermis)
- houby *Rhizoscyphus ericae* agg. – voskovička vřesovcová, anamorfní r. *Oidiodendron*, jsou schopni žít saprotrófně
- živinami chudá stanoviště s vysokým poměrem C:N (rašeliniště, vřesoviště)

