

Ekologické skupiny hub

Houby jako heterotrofní organismy dělíme na základě způsobu získávání živin do tří skupin:

- § **Saprotrofové (saprofyti)** - získávají živiny enzymatickým rozkladem odumřelých částic rostlin nebo živočichů
- § **Paraziti** – získávají veškeré živiny od hostitele, na němž anebo v němž žijí. Vztah je jednostranný v prospěch houby. Houby mohou parazitovat na živočiších, rostlinách i jiných houbách.
Zvláštní skupinou jsou tzv. houby predátoři, tzn. dravé mikroskopické druhy.
- § **Mutualističtí symbionti** – získávají živiny od partnera, se kterým žijí, ale vztah je oboustranně prospěšný. Je známa symbióza s cévnatými rostlinami (mykorhiza), se zelenými řasami nebo sinicemi (lichenismus), s živočichy (např. *Septobasidiales*)

Mykorrhiza

§ *mykes* (houba) + *rhiza* (kořen)

§ mutualistická asociace mezi kořeny rostlin a specifickou skupinou půdních hub

§ intracelulární růst

§ houba nikdy neproniká plazmatickou membránou

§ extracelulární matrix - zdroj výživy

§ dvousměrný tok živin: uhlíkaté sloučeniny od rostliny k houbovému symbiontu; anorganické živiny ve směru opačném

Kolonizace kořenů mykorrhizními houbami ovlivňuje růst a zdravotní stav hostitelských rostlin:

§ zlepšený příjem živin

§ větší odolnost k suchu

§ k těžkým kovům

§ vyšší rezistence k patogenům

§ Výskyt u 95% rostlin

Výjimka

čel. Zingiberaceae a Burmanniaceae:

AM i v pletivech listů, oddencích, xylemu

Typy mykorhizní symbiózy

- Ektomykorhiza E

- Endomykorhiza:

Arbuskulární mykorhiza A

Erikoidní mykorhiza Er

Orchideoidní mykorhiza O

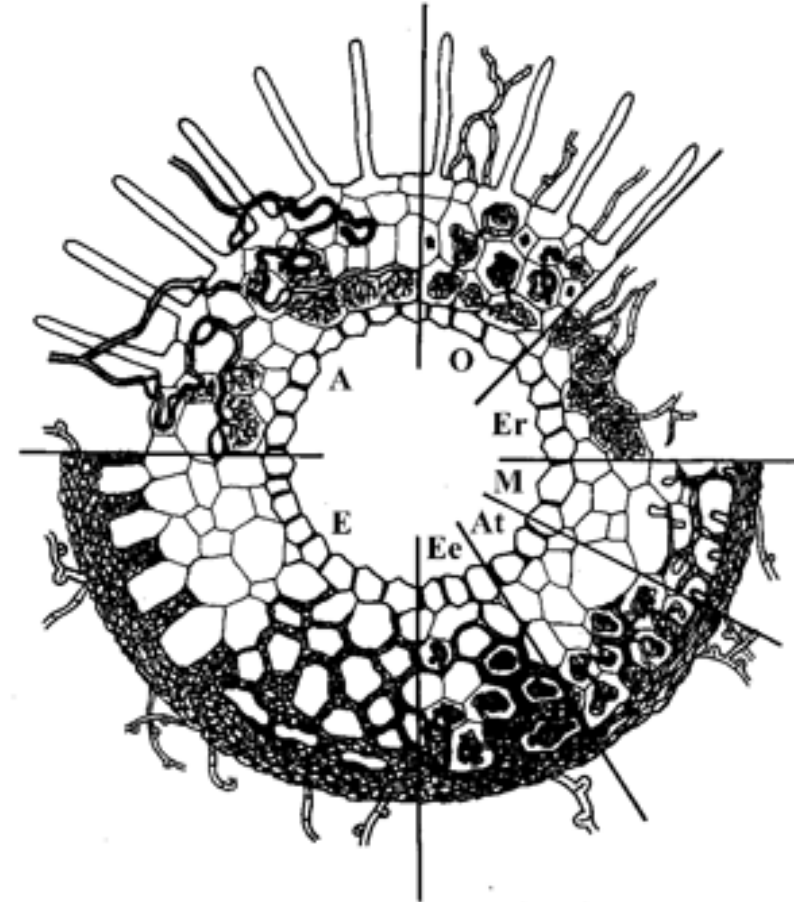
- Přechodové typy

Ektendomykorhizní symbióza Ee

Arbutoidní mykorhizní symbióza At

Monotropoidní mykorhizní symbióza M

Pseudomykorhiza



Ektomykorhiza

- § 5% rostlin - (větš. jehličnaté) dřeviny
- § intraradikální mycelium prorůstá pouze mezibuněčné prostory kořenových buněk - Hartigova síť
- § rozsáhlá síť extraradikálního mycelia mnohonásobně zvětšuje objem substrátu, ze kterého mohou hostitelské rostliny aktivně čerpat živiny a vodu. Zároveň dochází k inhibici tvorby kořenového vlášení, takže mykorhizní kolonizace kořenů je dobře patrná již pod lupou tvorbou charakteristických útvarů - ektomykorhiz

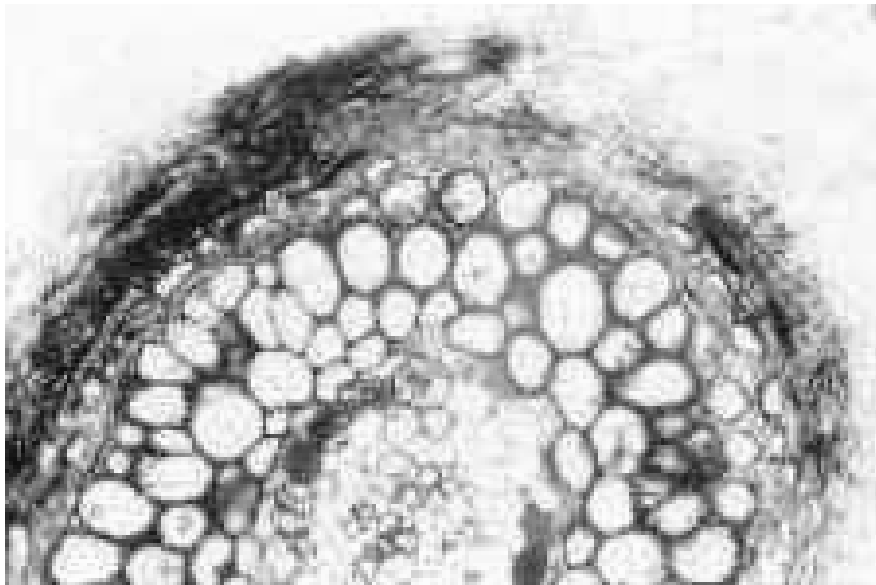


Kořenová špička *Pinus nigra*

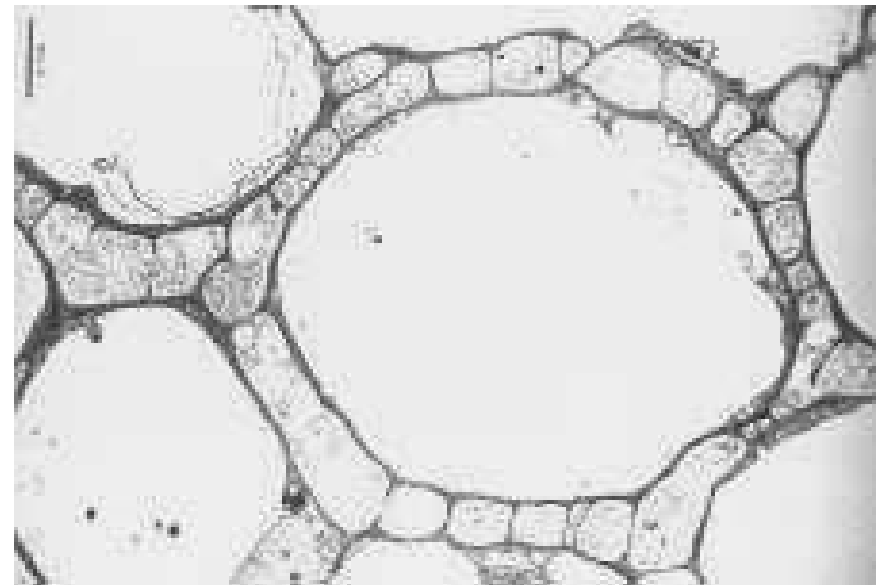
Ektomykorhiza

1-2 letý útvar, který se obnovuje

pseudoparenchymatický hyfový plášť



Hartigova síťka



Pseudotsuga menziesii + *Rhizopogon colossus*

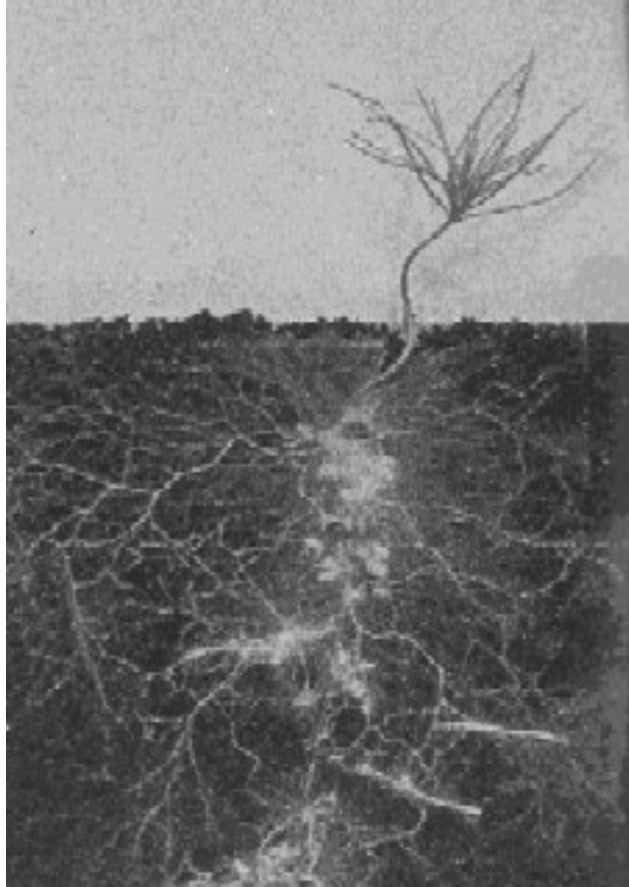
Na povrchu kořínku - hnědá „punčoška“, do mezib. prostor kořene pronikají houbové hyfy

Ektomykorrhiza

- § Druhové spektrum hub, které tvoří ektomykorrhizu je velmi velké:
- § **Basidiomycotina** - tř. **Hymenomycetes**, z asi 25 řádů, např. Agaricales (*Amanita*, *Boletus*, *Suillus*, *Tricholoma*), Russulales (*Russula*, *Lactarius*), Aphyllophorales (*Thelephora*), Hymenogastrales (*Rhizopogon*), a Sclerodermatales (*Scleroderma*)...
- § **Ascomycotina** - ř. Tuberales (*Tuber*)
- § dva druhy podtř. **Zygomycotina** (př. *Endogone lactiflua*), ačkoliv je to skupina, která daleko častěji tvoří AM
- § často jeden strom tvoří mykorrhizu s několika druhy hub současně, stejně jako jediný druh houby může být mykorrhizní s několika druhy dřevin
- § jsou ale známy i druhy výhradně vázané na jediný druh dřeviny – *Suillus grevillei* na modřín
- § některé druhy stromů z rodů *Salix*, *Prunus* a *Acacia* tvoří i ekto i endomykorrhizu (arbuskulární)



Ektomykorrhiza



Význam

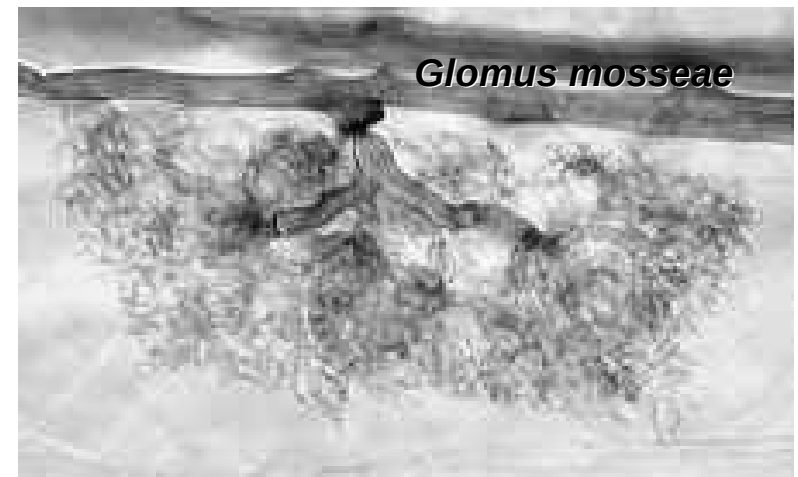
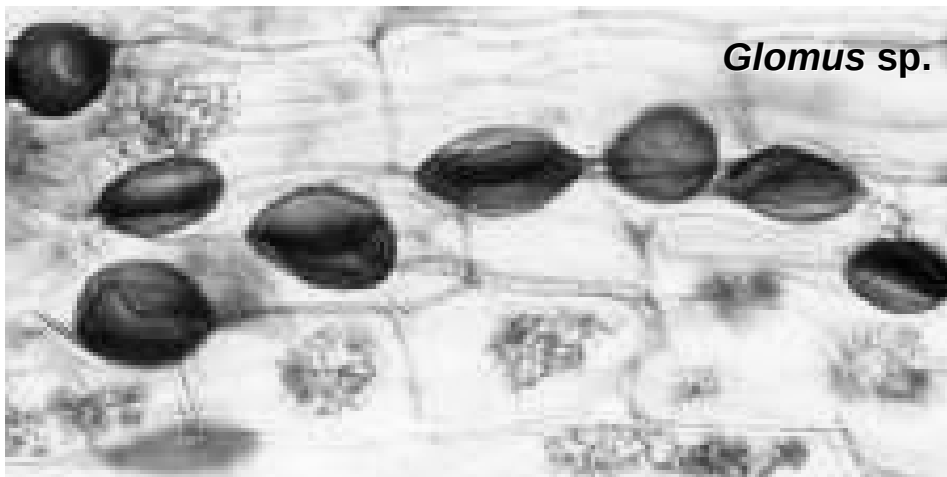
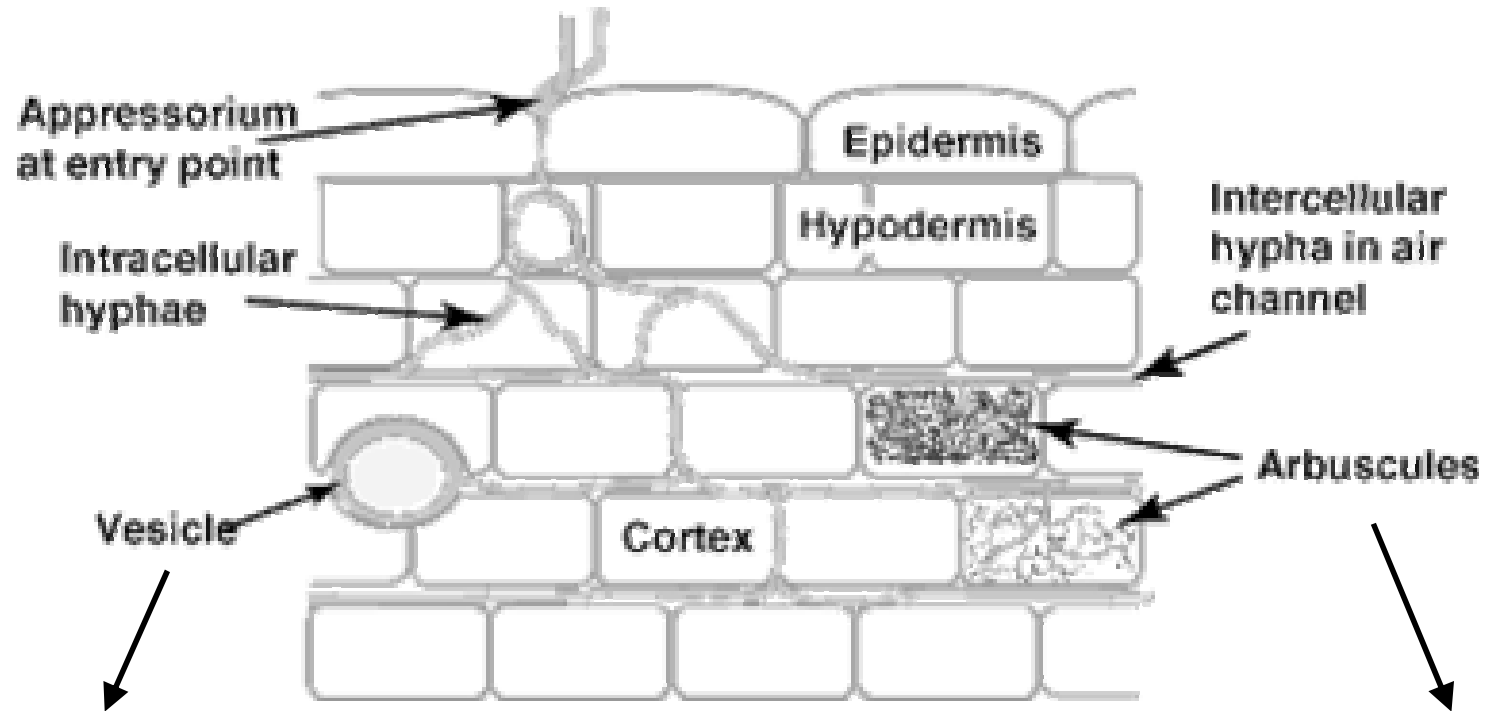
- § ochrana kořenového systému hostitelské rostliny před patogenními infekcemi
- § výměna látek a informací mezi rostlinami napojenými na síť půdního mycelia
- § obrana před inhibičním účinkem alelopatických látek v opadu, nebo vznikajících při jeho dekompozici
- § zapojení do zvětrávání a transformace minerálů (podíl hub až 0,5 %) - EM prokázáno v minerálním horizontu půdy, který se nachází bezprostředně nad horninovým podložím



Arbuskulární mykorhiza

- § obligátně symbiotické houby z oddělení ***Zygomycotina*** - ***Glomus***, ***Gigaspora***, ***Scutellospora***, ***Entrophospora***, ***Acaulospora***, ***Sclerocystis***
- § nejrozšířenější - u 80 % rostlinných druhů
- § hostitelské rostliny - od mechorostů a kaprad'orostů přes nahosemenné rostliny až k rostlinám krytosemenným
- § AM houby vstupují do kortikálních buněk kořenů hostitelské rostliny a vytvářejí zde typické útvary - arbuskuly a vesikuly
 - dříve označován jako mykorhiza vesikulo-arbuskulární, později však bylo od tohoto pojmenování upuštěno, protože některé skupiny AM hub vesikuly nevytvářejí
- § mykobiont nikdy neproniká do endodermis, cévních svazků a do kořenové čepičky
- § vzhledem se mykorhizní kořínky od nemykorhizních neliší, protože jsou zachovány kořenové vlásky
- § téměř zde neexistuje hostitelská specifita

Arbuskulární mykorrhiza



Arbuskulární mykorrhiza

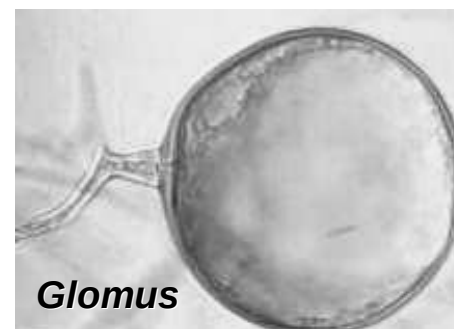
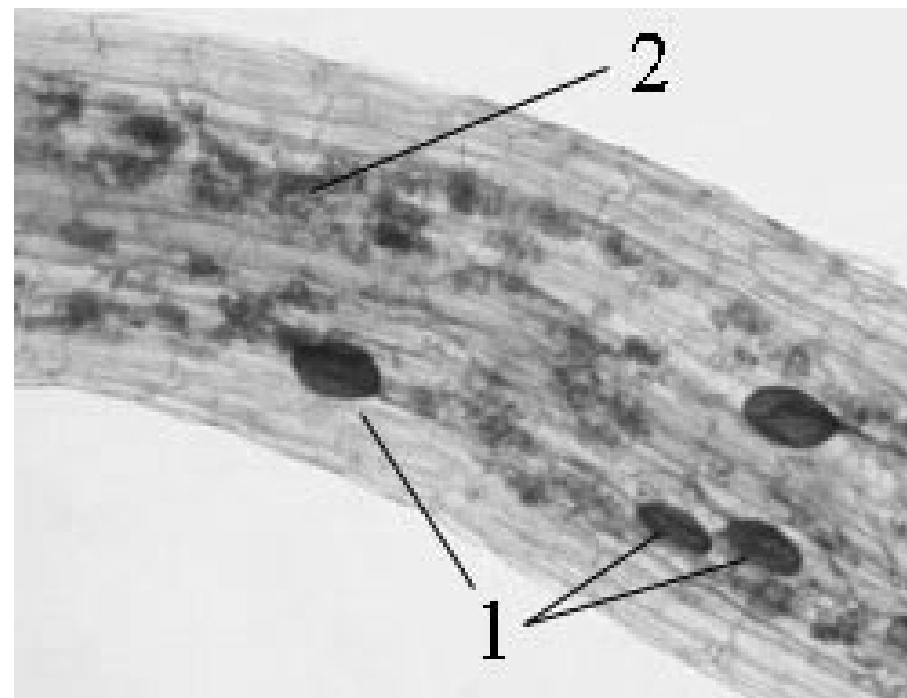
Intraradikální struktury

- § arbuskuly (krátkověké – 4-15 dní) (2) - připomínají stroměčky - intenzivní výměna živin mezi hostitelem a houbou
- § vesikuly (1) - kulovité nebo oválné ztlustliny vytvářené na koncích nebo uprostřed intraradikálních hyf - zásobní fce

Extraradikální mycelium

zasahuje mimo rhizosféru kořenů
- získávání živin, zejména P, z většího objemu půdy

Reprodukční struktury - spory
zygospory a chlamydospory - vznik diferenciací veg. hyf extraradikálního mycelia



Erikoidní mykorhiza

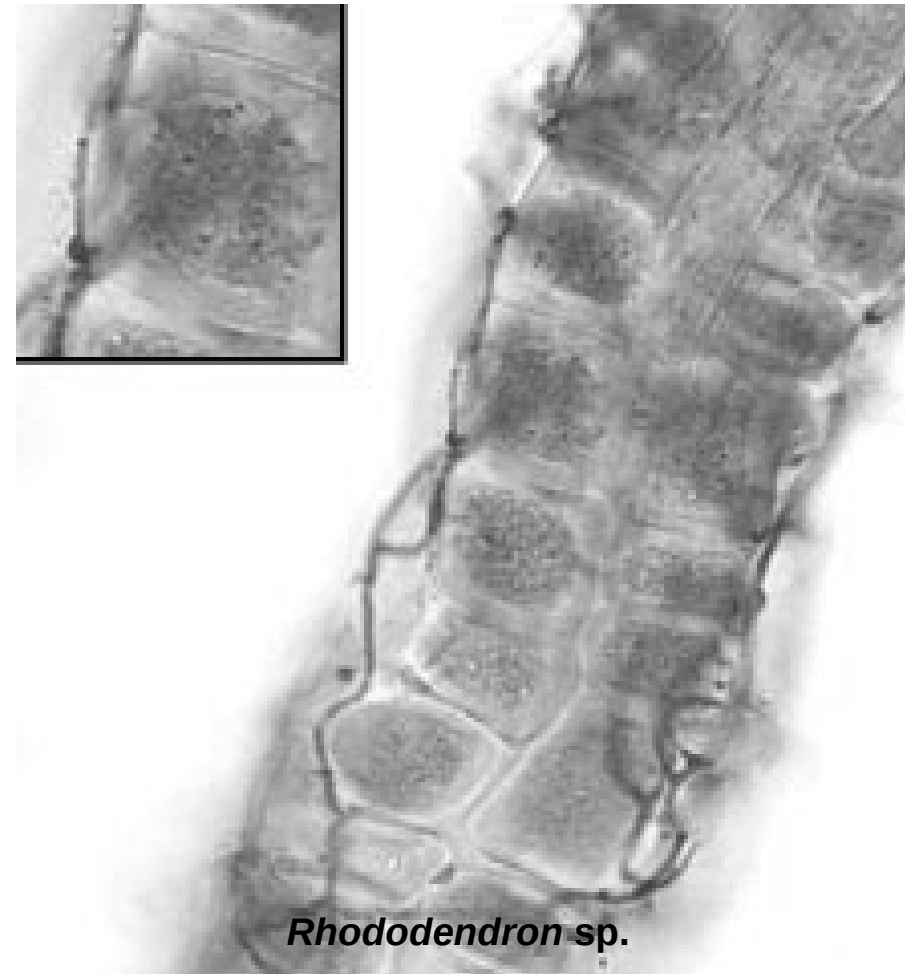
- § zástupce čeledí Ericaceae (rozšíření S polokoule - ***Calluna, Erica, Rhododendron, Azalea***), Vacciniaceae (***Vaccinium, Oxycoccus***) Empetraceae a Epacridaceae (J polokoule - ***Epacris***)
- § samy kořínky těchto druhů jsou velice primitivní, stele je obklopeno pouze 1-3 vrstvami buněk bez kořenového vlášení, hyfy hub vnikají do vnější vrstvy korových buněk kořene (nepronikají do stele), nejméně 70% hostitelských buněk je infikováno
- § charakteristickou anatomickou strukturou erikoidní mykorhizy jsou tenké efemérní kořínky erikoidních rostlin, tzv. vlasové kořeny (hair roots)
- § erikoidně mykorhizní houby kolonizují buňky těchto kořenů a tvoří typické útvary - klubka (coils) a smyčky (loops), které jsou místem výměny látek a informací mezi houbou a rostlinou
- § z kolonizovaných kořenů proniká do okolního substrátu síť extraradikálního mycelia, která mnohonásobuje objem substrátu, ze kterého může rostlina aktivně čerpat živiny a vodu

Erikoidní mykorrhiza

- § EM je fyziologicky aktivní velmi krátkou dobu, (asi 3-4 týdny), pak houba proniká do nových buněk, což souvisí s tvorbou nových kořínků
- § mykobionty - vřeckovýtrusé houby *Pezizella* /*Hymenoscyphus*/ *ericeae* (voskovnička vřesovcová) *Oidiodendron* (anam.), neidentifikovaní zástupci čel. Leotiales a Helotiales a některé bazidiomycety - *Clavaria* (kuřátka) a *Tulasnella* sp.
- § Erikoidně mykorrhizní houby mají značné saprotrfní schopnosti, dokáží přežívat dlouhou dobu bez hostitelské rostliny. Produkují speciální enzymy (proteázy, chitinázy apod.), které jim umožňují čerpat látky z komplexních organických zdrojů pro rostliny nepřístupných (peptidy, proteiny, chitin z houbového mycelia nebo odumřelého hmyzu atd.)

Erikoidní mykorrhiza

- § Erikoidní rostliny dominují v přírodě na zvláštních stanovištích - rašeliništích, slatinách, vřesovištích
- § Mezi faktory, které negativně ovlivňují dynamiku rostlinného společenstva v těchto habitatech, patří nízká dostupnost živin, vysoký poměr C:N v opadu a s tím související pomalý koloběh živin v půdě nebo nízké pH způsobující vysokou hladinu volných iontů těžkých kovů
- § erikoidní mykorrhiza umožňuje erikoidním rostlinám vyrovnat se s těmito nepříznivými podmínkami a úspěšně obstát v konkurenci s ostatními rostlinami



Orchideoidní mykorrhiza

- § charakteristické extenzivní intracelulární mycelium, u zástupců čeledi *Orchidaceae*
- § Mykorrhizní houby izolované z kořenů orchidejí patří převážně mezi stopkovýtrusé (*Basidiomycetes*) - nejčastěji rod *Rhizoctonia* (teleomorfní stádia - *Tulasnella*, *Sebacina*, *Thanatephorus*, *Ceratobasidium*, *Armillaria*, *Fomes*, atd.)
- § napojení OM hub na ektomykorrhizy v okolí – u heterotrofních orchidejí – *Neottia*, *Cephalanthera austinae*, *Aphyllorchis* spp. (ne *Rhizoctoniaceae*)
OM houby saprotrofie – celulasy, pektinasy, fenoloxidasy
- § Zcela mykotrofní jsou nezelené heterotrofní orchideje (např. *Neottia nidus-avis*) a klíčící stádia všech druhů orchidejí. Vývin klíčící rostliny je možný pouze po infekci mykorrhizní houbou, protože semena obsahují omezené množství rezervních látek a jsou proto závislá na přísunu uhlíkatých látek od houbového endofyta (= mykotrofie)
- § Dvojitá kolonizace – protokorm, kořen

Orchideoidní mykorrhiza

Mykobiont

Ceratobasidium – *C. bicornis*, *cornigerum*

Oliveonia – *O. pauxilla*

Thanatephorus – *T. cucumeris* (= *R. solani*)

Piriformospora indica

Tulasnella – *T. calospora*, *T. irregularis*

Sebacina – *S. vermifera*

Russulaceae – *Russula* sp.

Erythromyces – *E. crocicreas*

Thelephoraceae sp. - *Thelephora*

Armillaria – *A. jezoensis*, *mellea*

Mycena - *M. orchidicola*

Ascomycetes:

Tuber sp.

Fytobiont z čel. Orchideaceae

Platanthera obtusata

Dactylorhiza purpurella

D. purpurella, *D. incarnata* (protokormy)

D. maculata (kořeny)

Dactylorhiza majalis

Platanthera orbiculata, *Neottia nidus-avis*

Aus- Microtis, *Eriochilus cuculatus*

Corallorhiza maculata

Corallorhiza mertensiana

Galeolea altissima

Cephalanthera austinae

Gastrodia elata

Cymbidium sinense

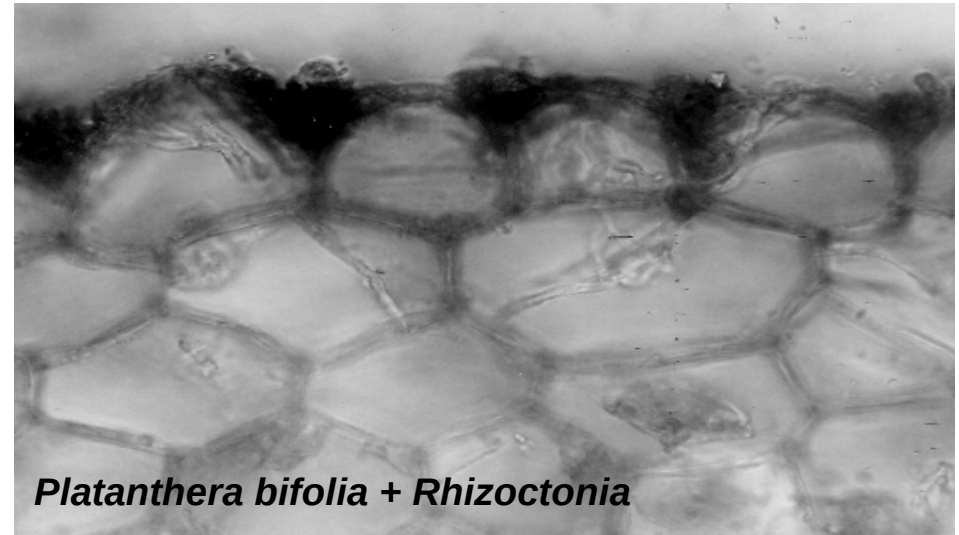
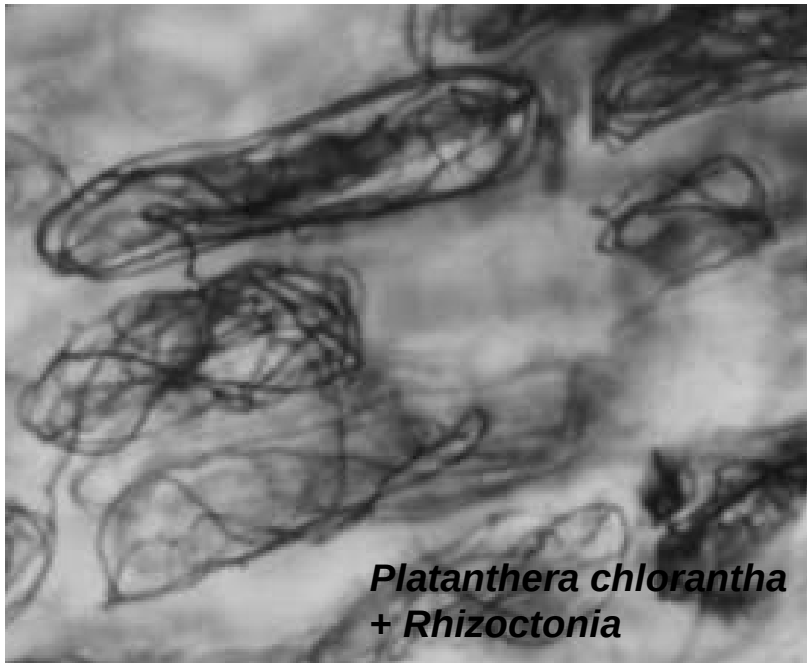
Epipactis microphylla

Orchideoidní mykorrhiza

Infikované buňky kořenů – různá stadia soužití

§ Průchozí b.

- exodermis, příp. mezodermis,
hyfy prorůstají z b. ven



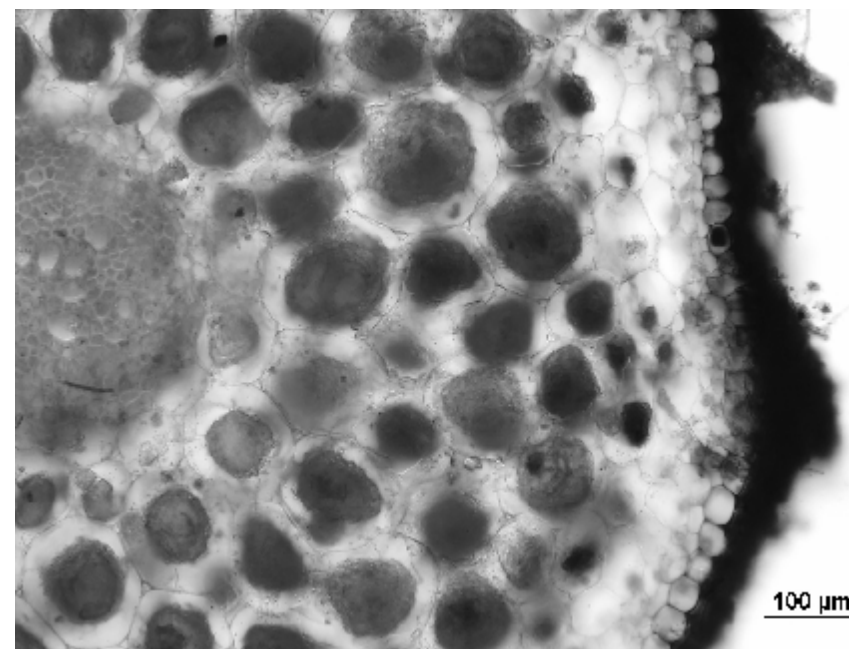
§ Trofocyty (Hostitelské b.)

- v b. primární kůry kořene plně
rozvětvené hyfy – klubíčka
(pelotony)
- po vývinu hyfy (mykobiont čerpá
asimiláty) prorůstají dál z b.

Orchideoidní mykorrhiza

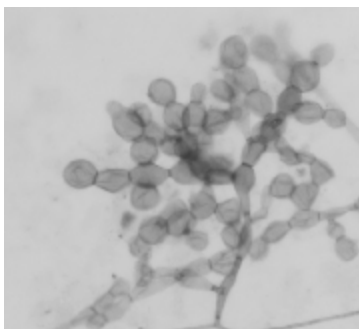
§ Fagocyty (Stravující b.)

- mykobiont začíná odumírat – amorfní h. partikule
- mohou být znovu rekolonizovány



§ Extraradikální mycelium

- monilioidní buňky
- anastomozní hyfy



**Hlubší vrstvy mezodermis,
endodermis a pletiva středního
válce nebývají houbou
infikovány**

Orchideoidní mykorrhiza

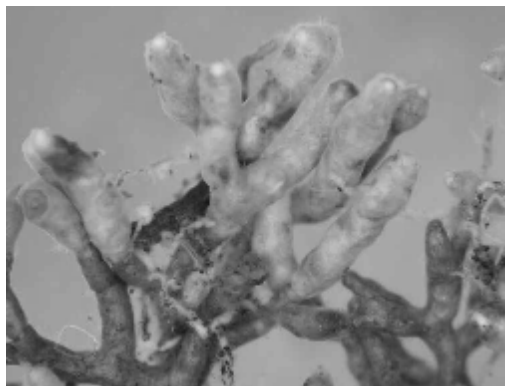
Význam

- § lepší zásobení živinami, vodou a sacharidy
- § přenos uhlíkatých látek z houby do pletiv hostitelské rostliny může probíhat dvojím způsobem:
 - 1) přes membránu živých hyfových klubíček (ve stádiu trofocyta)
 - 2) fagocytózou kolabovaného houbového endofyta (ve stádiu fagocyta)
- § V současnosti je získáváno stále více důkazů pro první z těchto možností, přičemž kolaps hyfového klubíčka je považován za obranný mechanismus hostitelské buňky proti přílišnému rozvoji houbové infekce, která se může stát patogenní. Přenos uhlíkatých látek z rostliny do houby stále zůstává nepotvrzen, i když některé experimenty jej naznačují
- § Tolypofagie
- § Ptyofagie (x monotropoidní m.)



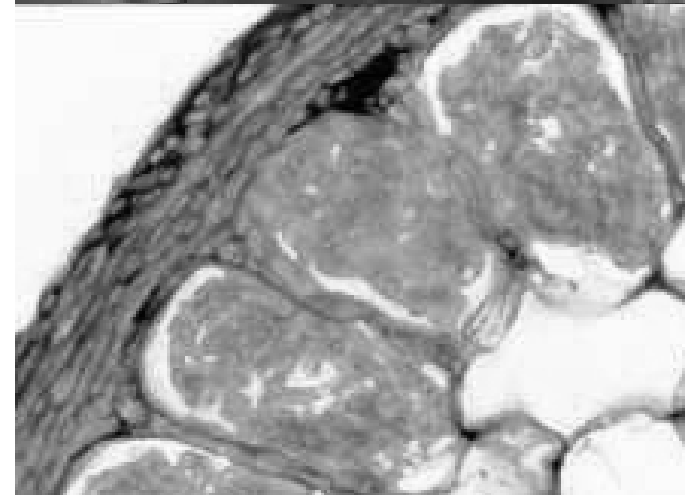
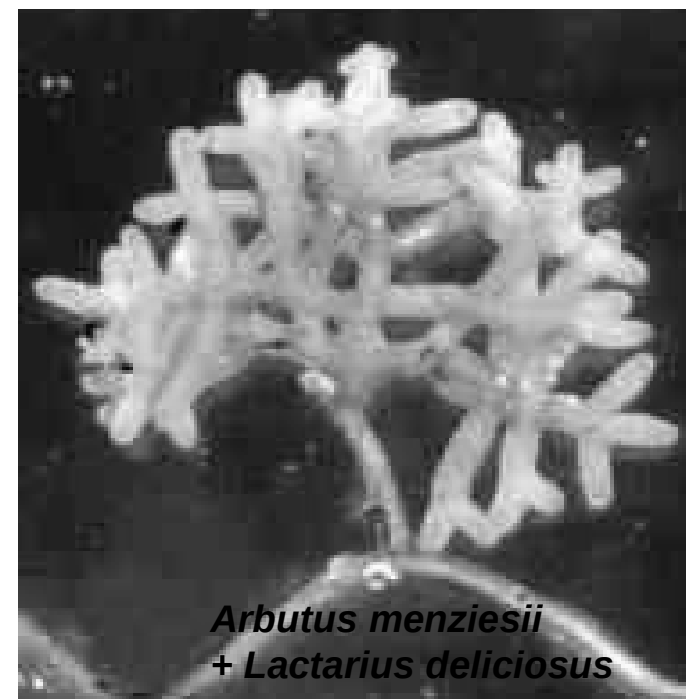
Ektendomycorhiza

- § odvozený typ ektomykorhizy
- § intermediální skupina, její klasifikace je obtížná
- § na povrchu kořínků vytvořen houbový plášť, avšak současně hyfy prorůstají do buněk
- § někdy může být vyvinutá Hartigova síťka a „punčoška“, někdy chybí. Typicky vyvinutá je u semenáčků jehličnatých dřevin (*Pinus*, *Larix*) a mykobionti jsou zřejmě houby pododd. Ascomycotina a Basidiomycotina



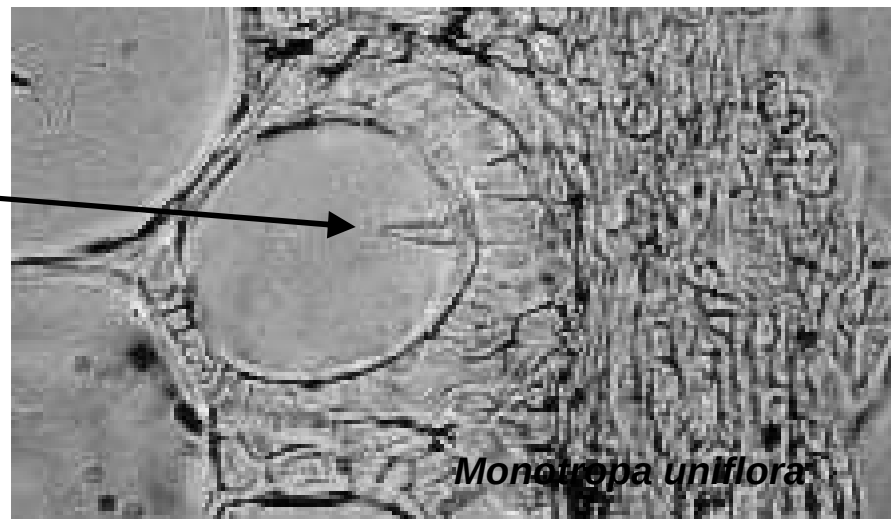
Arbutoidní mykorrhiza

- § r. *Arbutus*, *Arctostaphylos* (Ericaceae) a čel. Pyrolaceae
- § kořeny tlustší než u erikoidní mykorrhizy
- § infikované kořínky kratší, vidličnatě větvené, silná vnější houbová „pochva“, uvnitř vyvinutá Hartigova síťka. Houba také penetruje buňky vnější části kůry a tvoří tam klubka houbových vláken – zvýšený počet mitochondrií, ER, ribozomů – výměna metabolitů
- § houbovými partnery jsou zástupci **Basidiomycotina**, např. *Cortinarius zakii*, *Cenococcum graniforme*. Houby, které tvoří arbutoidní mykorrhizu často tvoří ektomykorrhizu s jinými druhy
- § význam: obdoba EM



Monotropoidní mykorrhiza

- § čel. Monotropaceae (ř. Ericales) zahrnuje byliny, které ztratily chlorofyl a které jsou tak úplně závislé na svém houbovém partnerovi v získávání uhlíku. Kořeny hniláku (*Monotropa hypopitys*) tvoří klubko, které je kolonizováno houbou; houbové mycelium je také ve spojení s kořeny okolních stromů (př. EM *Tricholoma* u *Salix*, *Pinus*)
- § během aktivní fáze mykorrhizy je vytvořena i houbová pochva okolo kořínků i Hartigova síťka. Úzký kontakt s korovými buňkami kořene zajišťuje houbové vlákno neboli „bodec“, které proniká do buněk.
- § Posléze je obsah tohoto houbového vlákna uvolněn do buňky, což rostlině poskytuje živiny nutné k růstu.
- § houbovými partnery jsou zástupci pododd. **Basidiomycotina**

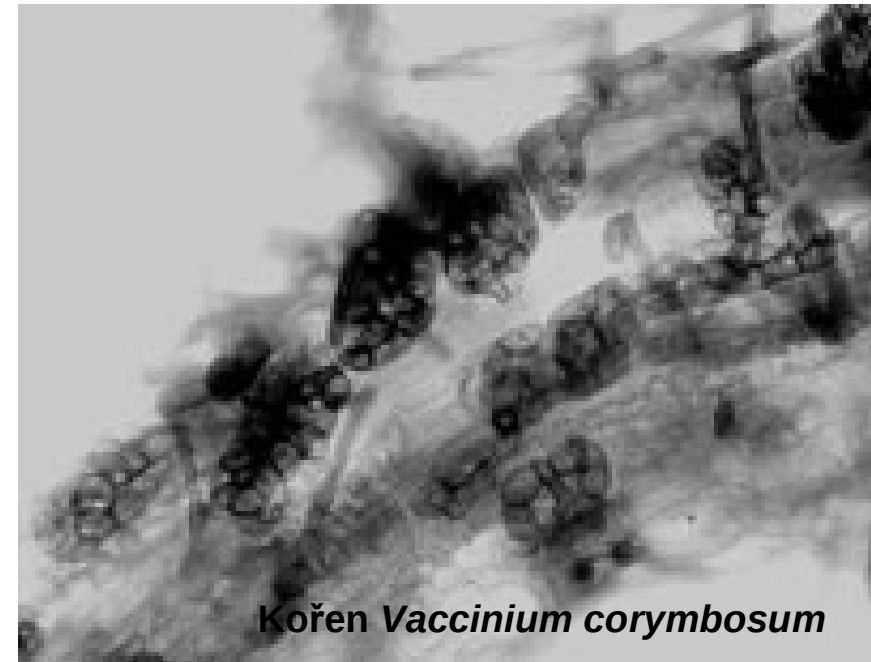


Pseudomykorhiza - DSE asociace

- § pseudomykorhiza (nazývaná také DSE-asociace, z angl. Dark Septate Endophytes) je forma soužití specifického typu vláknitých hub (DSE, typickým zástupcem je *Phialocephala fortinii*) a širokého spektra většiny vyšších rostlin
- § studována zejména u konifer (většina prací na rodu *Pinus*) a erikoidních rostlin
- § výskyt pseudomykorhizních hub limitován extrémními podmínkami prostředí, DSE houby se nevyskytují ve vodních, popř. podmáčených ekosystémech, byly ale nalezeny např. v půdních vzorcích sebraných na Antarktickém poloostrově
- § nejméně prozkoumaný typ symbiózy kořeny vyšších rostlin-houby. Dlouhou dobu byla prezentována pouze jako příklad mírného parazitismu houby na rostlině (*pseudomykorhiza*)

Pseudomykorhiza - DSE asociace

- § plasticita reakcí rostliny na kolonizaci DSE houbou při různých podmínkách
- § mykorhizní charakter - v určitém prostředí při specifických podmínkách se může opět změnit na neutrální až mírně parazitický
- § DSE houby mají tlusté, melanizované hyfy s přepážkami, které často tvoří hustou síť okolo hostitelského kořene
- § často tvoří apresoria, pronikají do pletiv kořene, prorůstají podél kořenové stéle
- § uvnitř jednotlivých (nejčastěji rhizodermálních) buněk tvoří typické struktury, tzv. mikrosklerocia



Shrnutí

	Arbuskulární	Ekto mykorhiza	Ektendo mykohiza	Arbutoidní	Monotropoidní	Erikoidní	Orchideoidní
Taxony endofytických hub	<i>Zygomycetes</i>	<i>Basidiomycetes</i> <i>Ascomycetes</i>	<i>Basidiomycetes</i> <i>Ascomycetes</i>	<i>Basidiomycetes</i>	<i>Basidiomycetes</i>	<i>Ascomycetes</i>	<i>Basidiomycetes</i> (<i>Ascomycetes</i>)
Taxony hostitelských rostlin	<i>Bryophyta</i> <i>Pteridophyta</i> <i>Gymnospermae</i> <i>Angiospermae</i>	<i>Gymnospermae</i> <i>Angiospermae</i>	<i>Gymnospermae</i> <i>Angiospermae</i>	<i>Ericales</i>	<i>Monotropaceae</i>	<i>Bryophyta</i> <i>Ericales</i>	<i>Orchidaceae</i>
Septa v hyfách	-	+	+	+	+	+	+
Vnitrobuněčná kolonizace	+	-	+	+	+	+	+
Houbový plášť „punčoška“	-	+	+/-	+	+	-	-
Hartigova síť	-	+	+	+	+	-	-
Hyfální klubíčka v buňkách	+	-	+	+	-	+	+
Vesikuly (měchýřky)	+ (nebo-)	-	-	-	-	-	-

Upraveno podle **Smith S.E., Read D.J. (1997)**: Mycorrhizal Symbiosis. 2nd edition. Academic Press, London.

Doporučená literatura

- § Gryndler M. a kol. (2004): Mykorhizní symbióza. Academia, Praha.
- § Klán J. (1989): Co víme o houbách. SPN, Praha.
- § Baláž M., Vosátka M. (2001): A novel inserted membrane technique for studies of mycorrhizal extraradical mycelium. *Mycorrhiza* 11: 291-296.
- § Internet

Odd. mykorhizních symbióz BÚ AVČR Průhonice – M. Vosátka a kol.
<http://www.ibot.cas.cz/mykosym/mykorhiza.html>

MBÚ AVČR Praha-Krč - M. Gryndler a kol.
<http://mgryndler.webpark.cz/mykorhiz.htm>

Laboratoř mykorhiz - Poznań
http://www.idpan.poznan.pl/zakladypracownie/mikoryza/mikoryza_eng.html

Mykorhizní symbiozy – KFR MU Brno – M. Baláž
<http://www.sci.muni.cz/~mykorghi/>

Základy anatomie cévnatých rostlin (KB PřF UP Olomouc) – V. Vinter
<http://botany.upol.cz/atlas/anatomie/index.html>

Poděkování

Fotografie orchideoidní mykorhizy ze své práce poskytli
Mgr. A. Látr a Mgr. M. Čuříková (KB PřF UP Olomouc)