

Mykorhizní symbióza

Biologie a funkčnost

Metody determinace

Praktické užití

MYKORHIZA – symbiotické soužití hub a cévnatých rostlin, přičemž interakce je realizována na kořenech a v jejich pletivech.

Houbový organismus

- Heterotrofní organismus
- Absorptivní způsob výživy
- Ascomycota, Basidiomycota, Zygomycota



Rostlina

- Autotrofní organismus
- Byliny, dřeviny, mechy



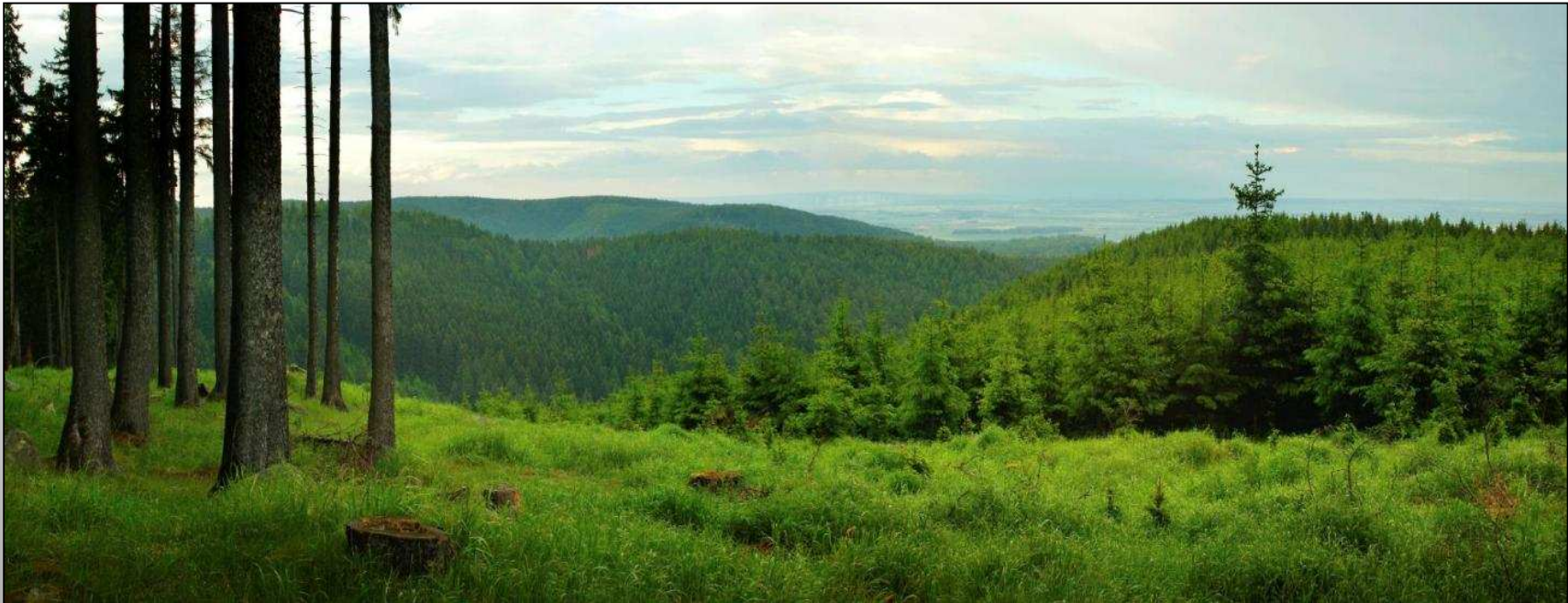
Houba poskytuje rostlině:

- Zpřístupňují minerální výživu (P,N) a vodní režim (zvyšují absorpční plochu kořene, hyfy penetrují do půdních mikropórů, vnější hyfy se koncentrují v místech, kde je vyšší obsah organického materiálu – mineralizace substrátu)
- Uchovávání zásobních látek
- Zvyšují energetický potenciál rostliny a tzv. poměr mezi kořenem:nadzemní částí
- Zvyšují rezistentní mechanismy rostlin
- Kompetiční a antibiotické interakce s patogenními houbami pro rostlinu



Rostlina poskytuje houbě:

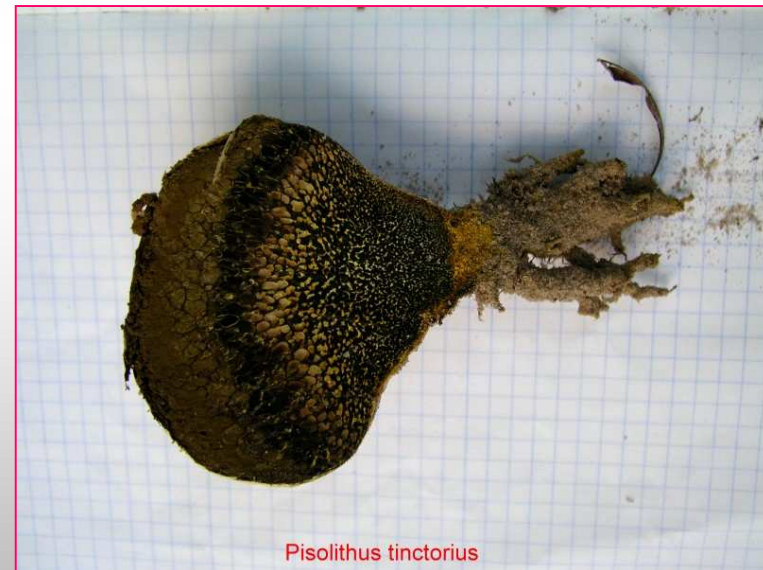
- Vodní prostředí
- Produkty fotosyntézy – C látky
- aminokyseliny

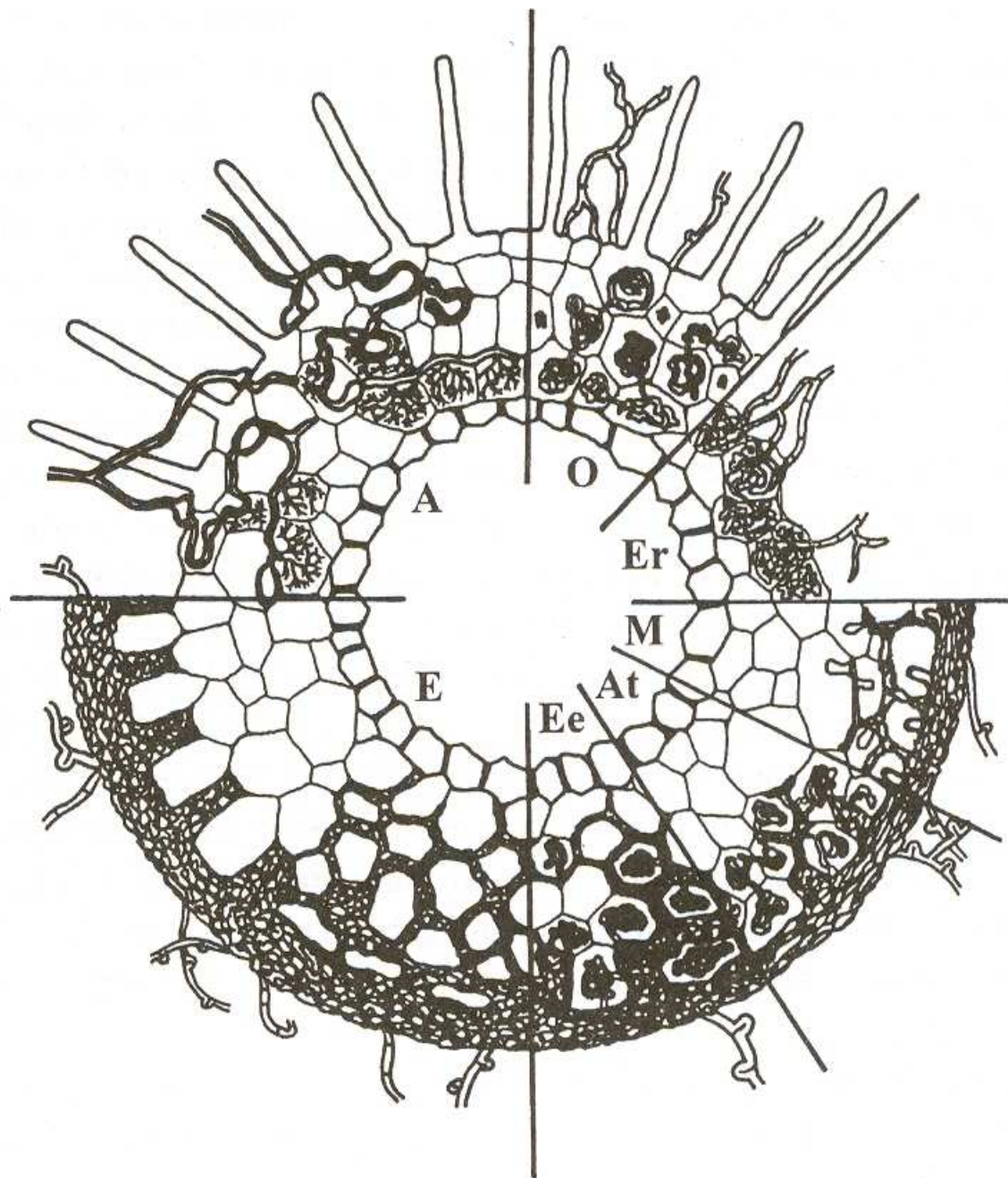


Formy mykorhiz

- **Endomykorhiza**
 - **Arbuskulární mykorhiza (vesikulo-arbuskulární) (Glomeromycota)**
 - **Erikoidní mykorhiza**
 - **Orchideoidní mykorhiza**
- **Přechodné typy**
 1. Ektendomykorhiza
 2. Arbutoidní mykorhiza
 3. Monotropoidní mykorhiza

- **Ektomykorhiza (ECM)** (Ascomycota, Basidiomycota)





E - ektomykorhiza

A-arbuskulární
mykorhiza

O-orchideoidní

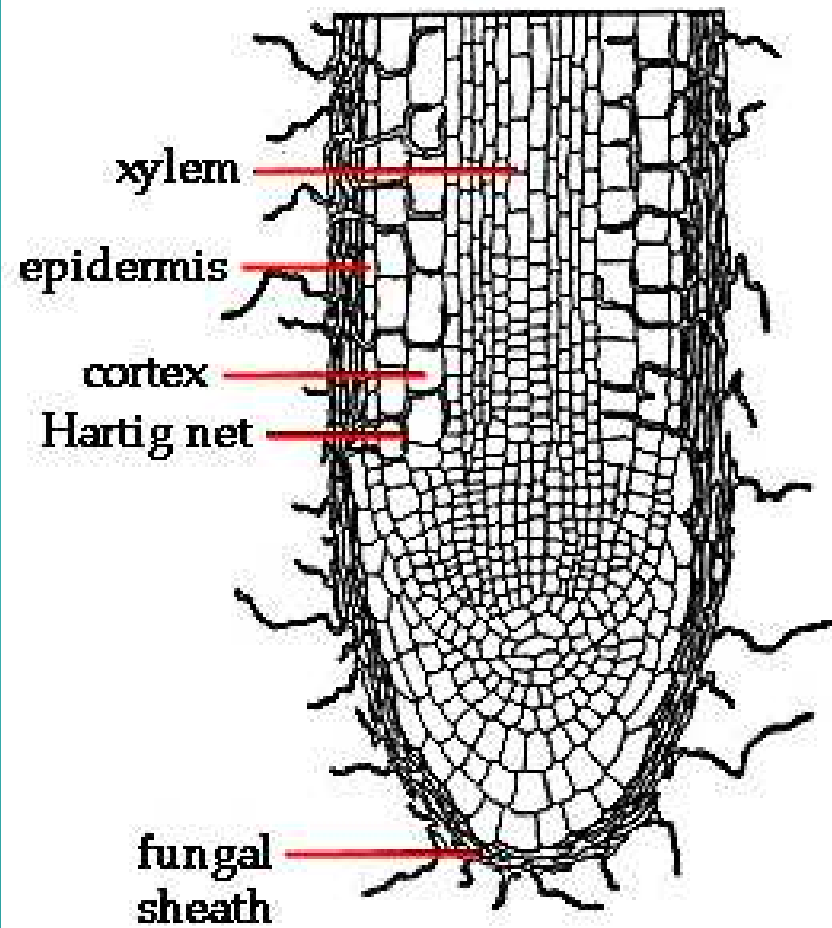
Er – Erikoidní

M- monotropní

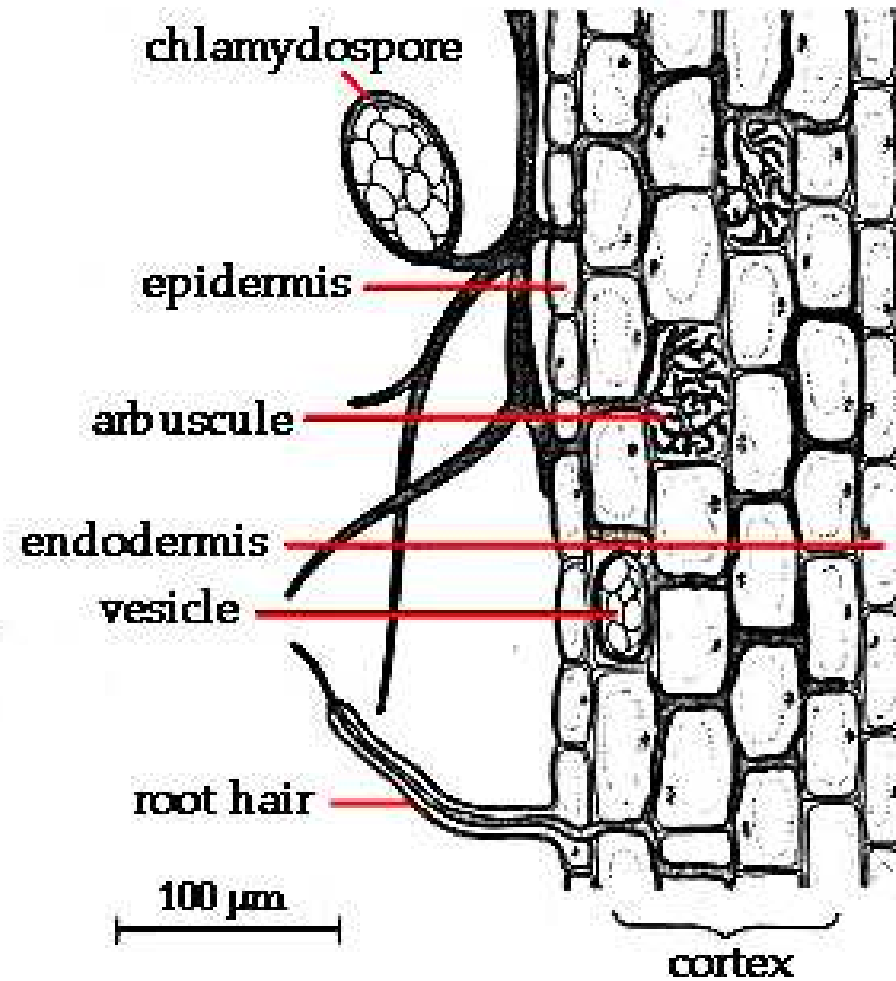
At- arbutoidní

Ee - ektendomykorhiza

Ectomycorrhizae



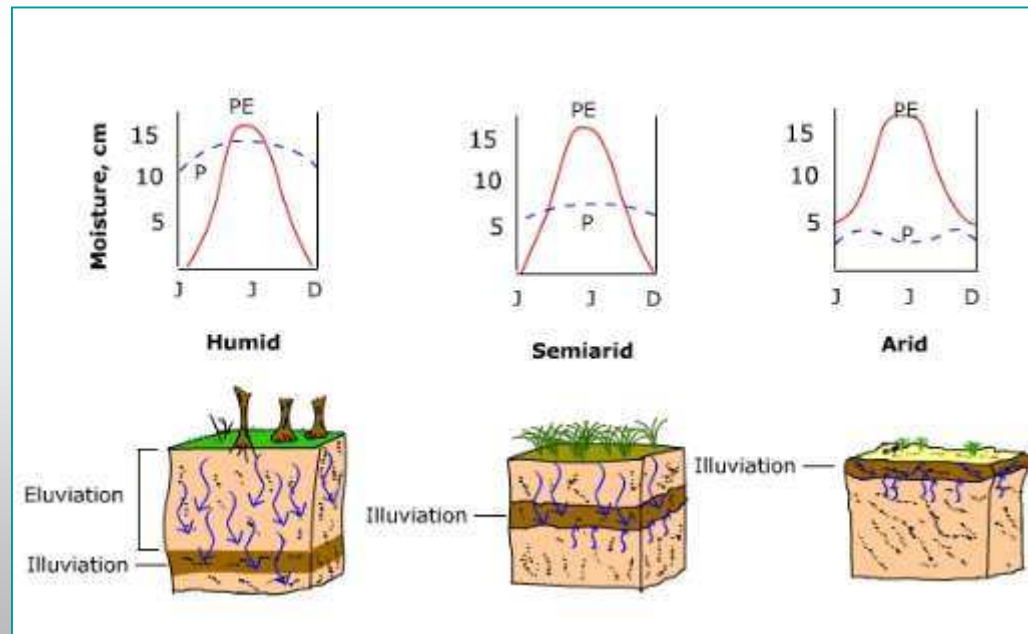
Endomycorrhizae



Půdní prostředí

Půda je značně nehomogenní prostředí (organická hmota, anorganická hmota, vzduch voda)

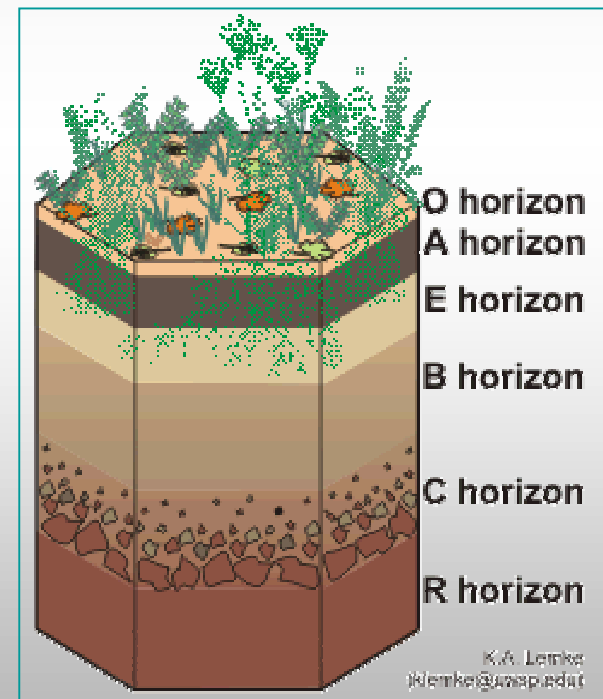
Mykorhizní houby – povrch půdy (kořeny a organická hmota) humusové a minerální horizonty



Humidní

semiaridní

aridní



Humusová vrstva

- **Mul** – hluboce rozložená organický materiál s bohatou mikroflorou a mikrofaunou – bohaté organominerální komplexy
- Travní porosty a opadavé lesy s bylinným patrem
- Hlavní mykorhizní společenstvo - **arbuskulární**
- **Moder** – pomalejší rozklad organické hmoty, chudší půdní společenstva organismů, mineralizaci zajišťuje masa hub, antibiotické účinky
- Hlavní mykorhizní společenstvo – **ektomykorhizní houby**
- **Mor** – nejchudší typ humusu, pomalý rozklad organické hmoty (jehličí, mechy, lišejníky erikoidní rostliny). Minerální živiny jsou vázané v organické hmotě.
- Hlavní mykorhizní společenstvo – **erikoidní a ektomykorhizní**

Vesikulo-arbuskulární mykorhiza

- u 95% cévnatých rostlin
 - Nejrozšířenější typ, nejméně specializovaný na hostitele
 - V půdě – ve formě klidových stádií – spór, mycelia
 - **Odd: Glomeromycota, řád: Glomales a Endogonales** (tendence k vytvoření samostatného kmene: **Glomeromycota** se čtyřmi řády Archaeosporales, Glomales, Paraglomales, Diversisporales)
1. coenocytické mnohoaderné mycelium, hyfy s krátkou životností (5-6 dní)
 2. Uvnitř buněk kořene: Apresoria, arbuskuly, vesikuly, intracelulární hyfy
 3. Vně kořene: mycelium, spóry – azygospóry a chlamydospóry, auxilární buňky, sporokarpy (*Sclerocystis* sp.)
 4. biotrófní houby
 5. Kultivace pouze v nádobách s rostlinou
- Taxonomie je postavena na morfologických a cytochemických vlastnostech spór a na molekulárních metodách

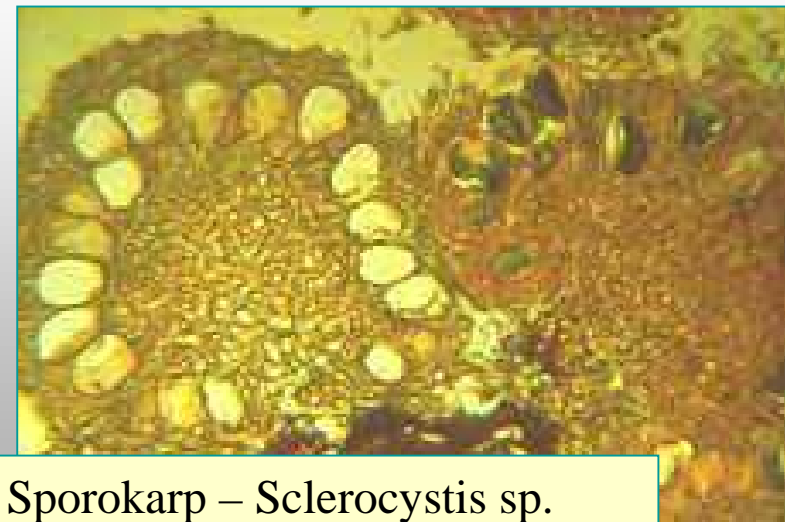
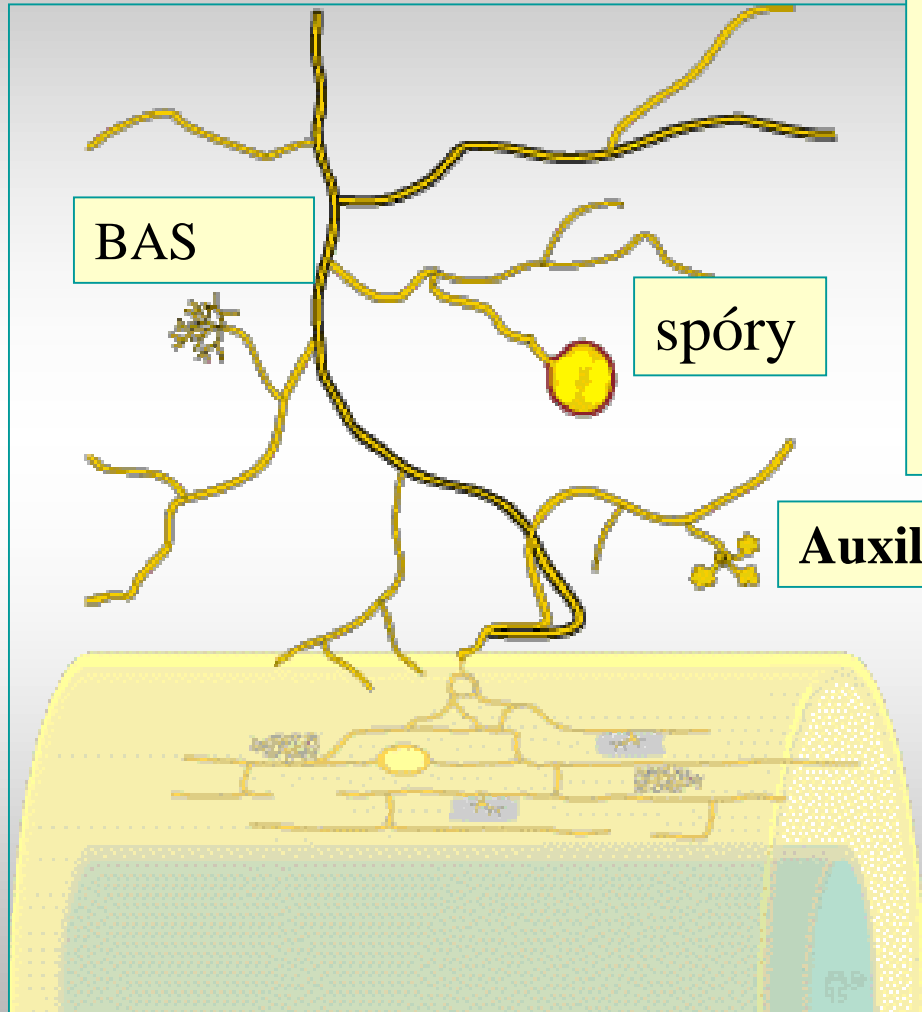
Biochemické aspekty interakce endomykorhizní houby a hostitelská rostlina

- Expresí genů u rostliny i VAM houby
- Reakce rostlina na kolonizaci: *Lycopersicon solanum* – gen Le Mi 13 / koduje skupinu proteinů –**kuliny** (regulace buněčného cyklu u rostlin)
- Nízkomolekulární peptidy –**hydrofobiny** – membránové proteiny
- Biochemické změny v kořeni rostliny: žluté zbarvení – pigment mykoradicein a blumenol C-celobiozid.
- Glykosylované deriváty cyklohexenonu – skopolin a skopoletin, blumenin (ječmen)
- Cucumis sativa* – hromadění terpenoidních látek
- Flavonoidy** – produkty sekundárního metabolismu produkované R i při kontaktu s patogenní houbou. Geny pro expresi flavonoidů se nacházejí v místech, kde jsou struktury houby.
- Rostlina je schopná rozeznat kontakt s arbuskulární mykorhizní houbou, ale i s její druh. **Nedostatek P** v půdě vyvolává v kořeni reakce, které ovlivňují mykorhizní symbiózu – produkují flavon (glykosid), který podporuje kolonizaci kořene

- Změna rovnováhy rostlinných hormonů – zvýšená koncentrace cytokininů a giberelinů
- Indukce kyseliny jasmonové – cyklus kyseliny šikimové a produkce fytoalexinů – vyskytuje se zejména v korových buňkách kořene kolonizovaného VAM houbami
- Interakce jsou podmíněny expresí genů, které reorganizují cytoskelet v rostlinných i houbových buňkách
- **Obranné reakce rostliny:** 1,3 β glukonázy a chitinázy hydrolyzují chitin a R je produkuje i proti mykorrhizním houbám. Mykorrhizní houby tyto reakce odkloní..... Začíná kolonizace tj. tvorba arbuskul a napojení na energetické zdroje R (Glyoxalátový cyklus)

Hyfy VAM hub v půdě (vnější mycelium):

- kontaktní hyfy – dlouhé, štíhlé (vyhledávají hostitele a zdroje)
- Hyfy s distribuční funkcí (Privaděče)
- Absorptivní hyfy (silné, sklerotizované)
- Rozvětvené absorptivní struktury (BAS)
- Jemné proliferační hyfy



Sporokarp – *Sclerocystis* sp.

Vnitřní mycelium:

- Kořenové hyfy intercelulární
- Arbuskuly
- vesikuly

Externí hyfa

Formace apresoria

Intracelulární hyfa

vesikulus

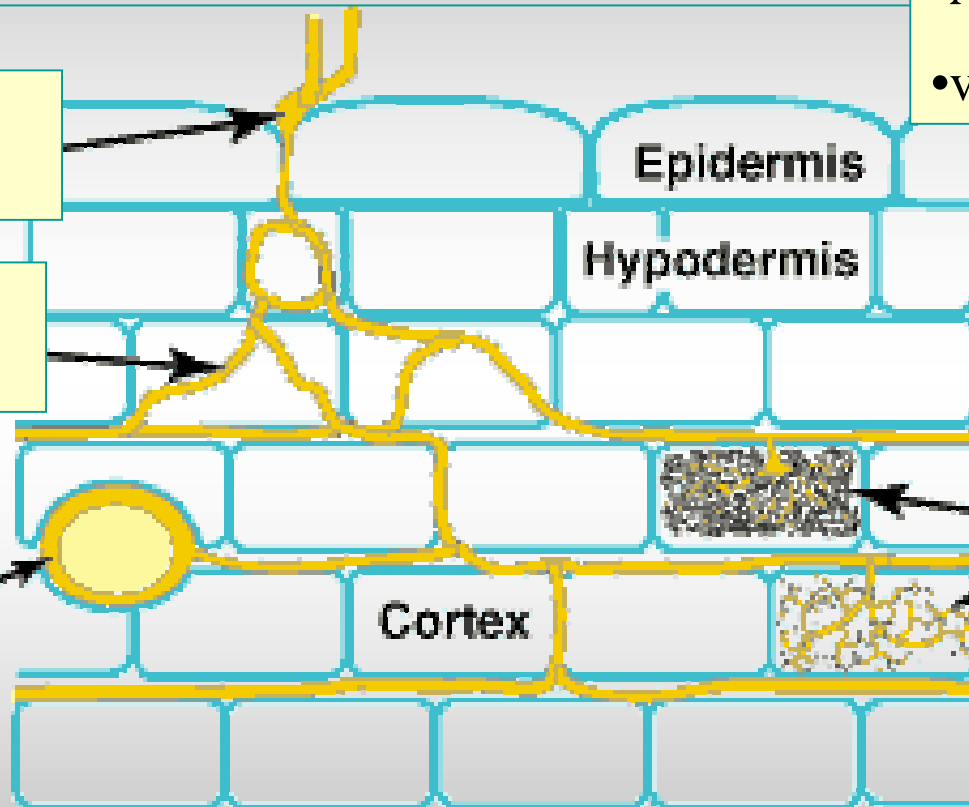
Epidermis

Hypodermis

Cortex

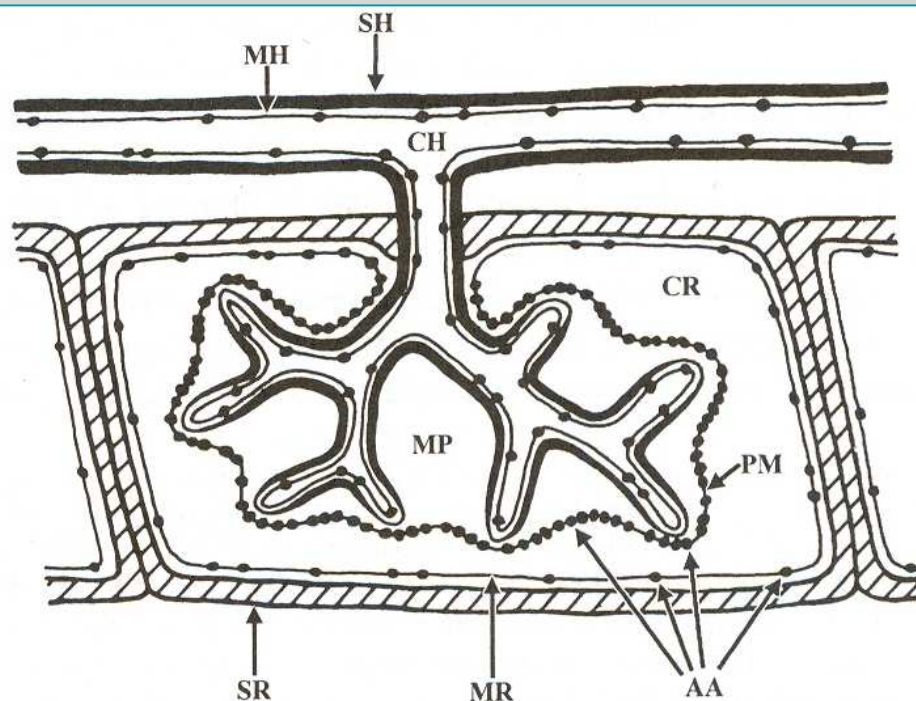
Intercelulární hyfy a vzduchové prostory

arbuskuly



Arbuskula – orgán uvnitř buňky kořenové kůry, vidličnatě větvená hyfa

Životnost arbuskuly je omezena na 10-14 dní, pak je rostlinou enzymaticky rozpuštěná



Obr. 12 Schéma arbuskuly: SR – buněčná stěna hostitelské rostlinné buňky, MR – cytoplazmatická membrána rostlinné buňky, CR – cytoplazma rostlinné buňky, CH – cytoplazma buňky houby, MH – cytoplazmatická membrána buňky houby, SH – buněčná stěna buňky houby, PM – periarbuskulární membrána (= vchlípená cytoplazmatická membrána rostlinné buňky), MP – mezilehlý prostor, AA – lokalizace ATPázové aktivity.

Morfologické typy VAM:

1.typ Arum – houba se rychle šíří v apoplastickém prostoru primární kůry kořene

Vesikuly (pokud jsou) jsou vnitrouňčné nebo mezibuněčné

Arbuskuly se tvoří v hlubších vrstvách terminálně na mezibuněčných hyfách

2.typ: Paris

Postrádá mezibuněčné hyfy, houby se šíří syplasticky, z buňky do buňky, hyfa má spoustu záhybů s četnými arbuskulami

Sclerocystis rubiformis, young sporocarp



Auxilární buňky

Scutellospora reticulata



© Yolande Dalpé
ECORC Ottawa

Scutellospora calospora



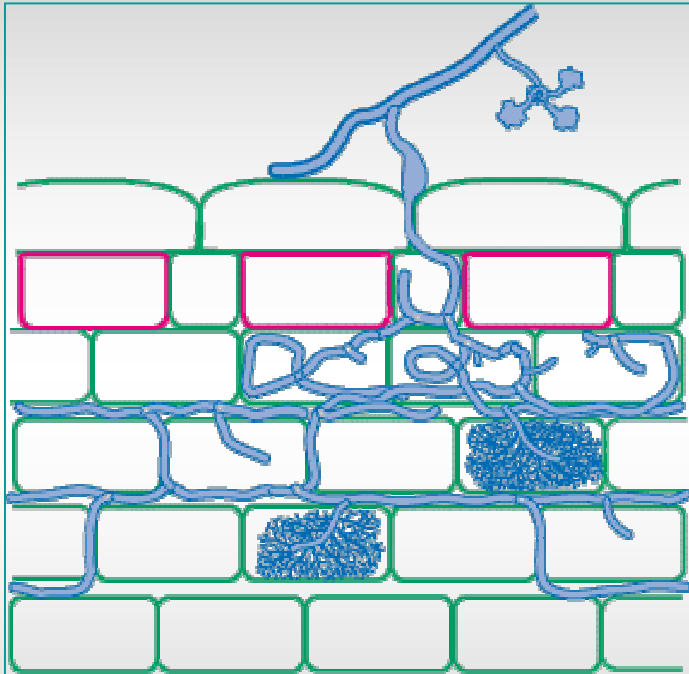
spóra

G. mosseae, young spore

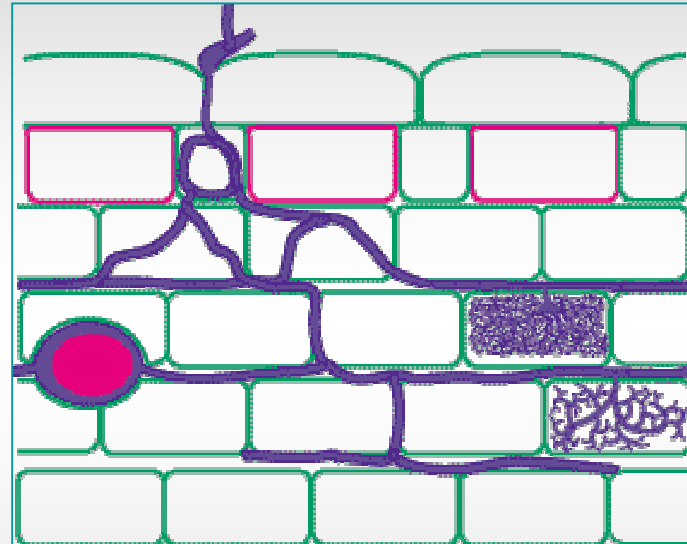


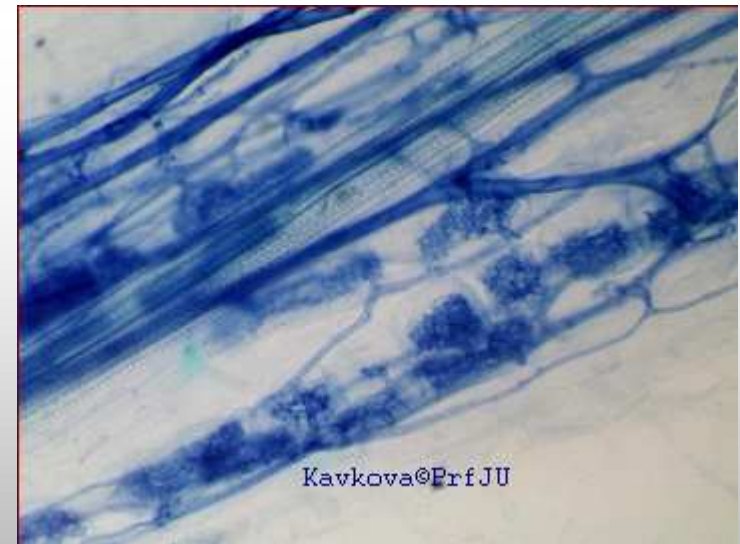
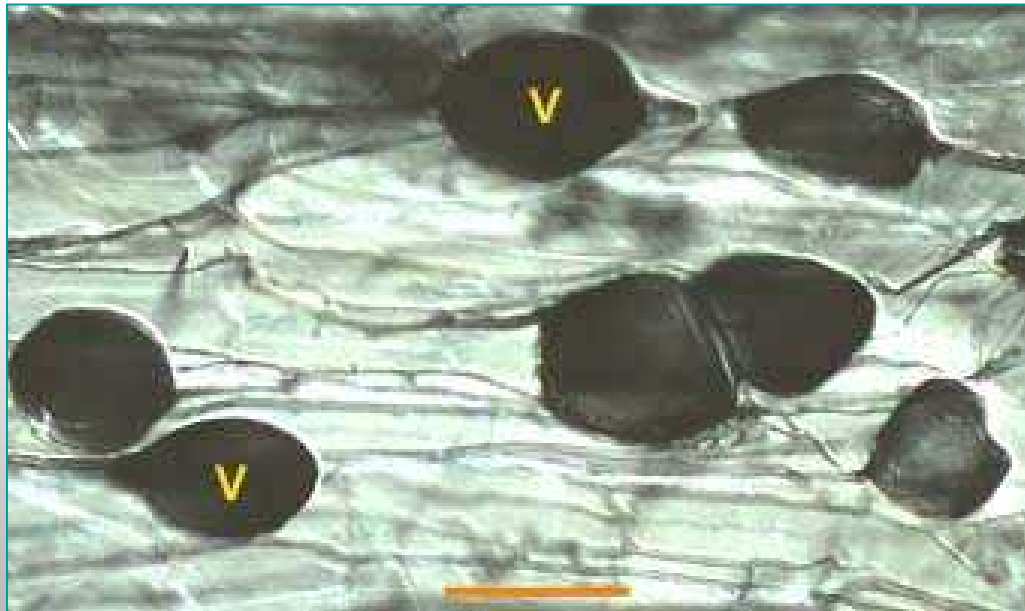
© Yolande Dalpé
ECORC Ottawa

Kolonizační vzorec pro
rod *Glomus*



Kolonizační vzorec pro
rod *Gigaspora*





Praktické využití

- Všechny plodiny – zvyšují násadu květů a plodů, intenzivní růst a větvení kořenového systému – navyšuje výnos
- Vhodné při pěstování rostlin v narušeném životním prostředí
- Použití VAM hub může částečně eliminovat požití hnojiv a pesticidů
- Zefektivnit hospodaření s vodou pro rostlinu
- Zvýšit rezistenci rostlin proti některým půdním patogenům

Pěstování VAM hub

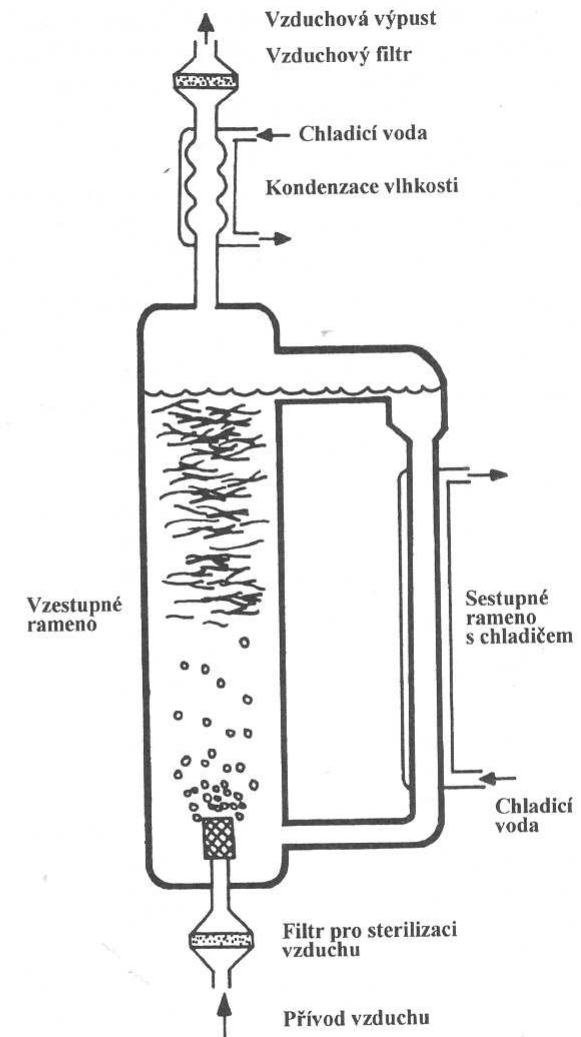


- **Trapové kultury** (kukuřice, pórek, proso, mrkev, salát) – nesterilní půda a vhodná hostitelská rostlina a-nádobové kultury se substrátem (lehké písčité půdy s nižším obsahem živin, Long Ashton-roztok), b-hydroponie c-aeroponie
- Sterilní hostitelské rostliny nebo orgánové kultury (*in vitro* kultury kořenů)
- Izolace spor z půdy a kořenů
- Kontrola intenzity kolonizace kořenů – (gridline intersect method)*
- Nelze kultivovat rod *Sclerocystis*
- Sporové inokulum získáme z půdy metodou mokrého prosívání (monosporická versus polysporická kultura)
- Inokulace trapové kultury -květináč (200 ml a 150 g sterilní půdy) , do 2 cm důlku přeneseme čtvereček membránového filtru s naklíčenou sporou – zasype se a zasadí rostlina

Kultivace na sterilních kořenových kulturách

- Media – M a MRS*
- Kořeny se povrchově vysterilují* a nařežou na plátky 5mm a přenesou sterilně na 1% agar
- Na řezu se inokulují suspenzí bakterie *Agrobacterium rhizogenes*
- Po třech týdnech – první transformované kořínky se odstříhnou a přenesou na MW* medium s antibiotikem (opakuje se několikrát až do úplného odstranění bakterií)
- Takto připravený kořínek je základem pro klonální kulturu kořenů
- jako inokulum se používají a- spory b- fragmenty kořenů s arbuskuly nebo vesikuly
- Povrchově vysterilované spory nebo koř.fragmenty se přenesou do blízkosti (0,5-1cm) aktivně rostoucího kořene
- Glomus intraradices*, *Gigaspora margarita*, *Glomus mossae*.. etc

Obr. 68 Schéma kultivačního zařízení použitého k pěstování arbuskulárních mykorhizních hub na geneticky transformovaných kořenech mrkve. Kořeny s mykorhizní houbou se vznášejí v tekutém živném médiu ve vzestupném rameni zařízení. Médium v zařízení cirkuluje díky působení vhaněného vzduchu.





Inokulované rostliny papaya (vlevo) vpravo nemykorhizní kontrola (Namibia)



Inokulované rostliny citrusů

Využití VAM hub – kde a proč?

Cílené rostliny: byliny, zelenina, ovocné keře stromy, okrasné keře listnaté i jehličnaté, traviny, subtropické a tropické druhy

Cílené plochy:

- půdy ohrožené erozí, silniční svahy a náspy, okolí novostaveb, fytoremediace půdy
 - Okrasné výsadby, ovoce viz. výše kde chceme podpořit kvetení, plodnost, zvýšit odolnost proti suchu a půdním patogenům
-

- Přidání VAM do narušené půdy může vést k umístění značné množství C pod povrchem (ca 200 tun/ha) , 1g půdy-desítka metrů houbových vláken
- Zpevnění půdních částic exudáty a produkcí glomalinu
- fytoremediace – vazba těžkých kovů a zneprístupnění pro rostliny, zamezení pohybu kovů půdou
- Intenzivní kvetení a násada plodů
- Zvýšení obsahu silic a alkaloidů u bylin, obsahu oleje u olejnin (len), cukru u cukrové třtiny



Co omezuje použití VAM hub v substrátech?

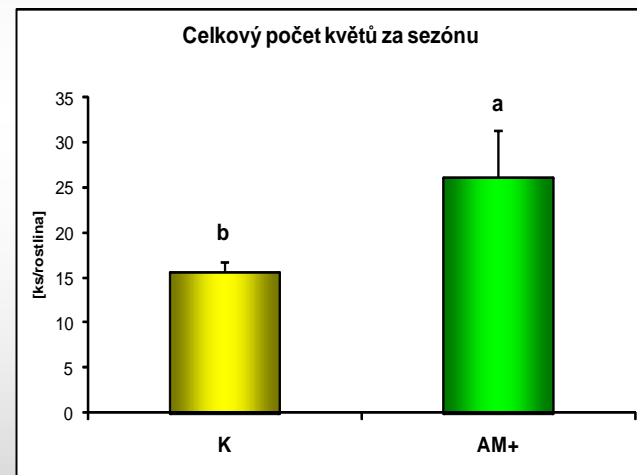
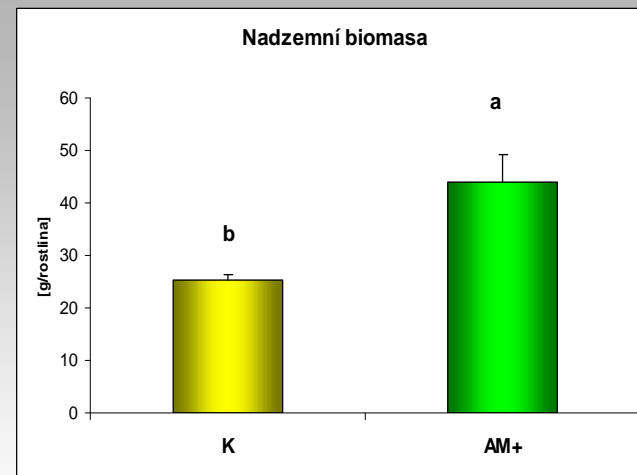
Před aplikací VAM hub je dobré znát:

- pH substrátu, chemické složení zejména P a N
- použití hnojiv
- použití fungicidních látek

pro většinu (až 80%) rostlin, např. pokojové, balkónové a truhlíkové květiny, zeleninu a ovocné stromy, keře, okrasné jehličnany, atd.



Symbivit®



Trávníky a hřiště

- ✓ aplikace při zakládání travního porostu na plochách s rozdílným režimem zavlažování
- ✓ dřívější nástup klíčení na nezavlažovaných plochách
- ✓ po 6 měsících nárůst biomasy kořenového systému (6x vyšší na ploše bez závlahy, více než 2,5x vyšší na ploše se závlahou)

1 měsíc po aplikaci přípravku

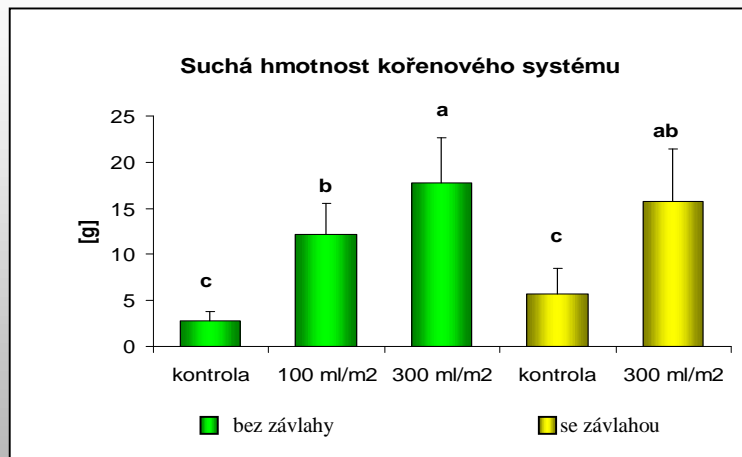


Foto: Ing. Michal Gajdoš, SK

Aplikace k rostlinám:

- Suchou cestou
- Mokrou cestou

Zamícháním do substrátu při kontejnerové výrobě



Rozmetadlem

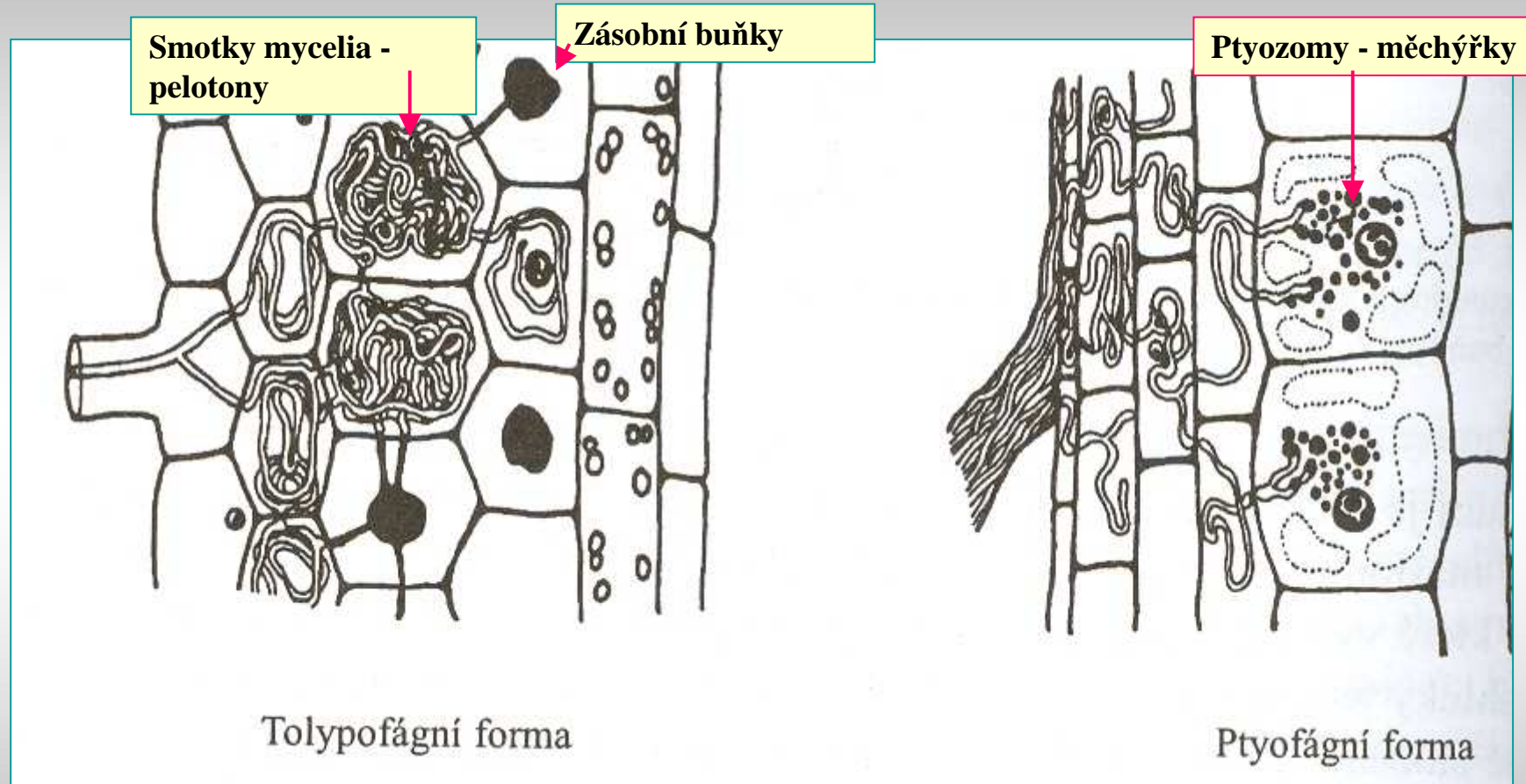


Do řádků traktorem se sečkou

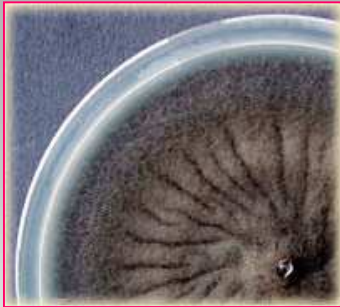


Travné kultúry

Orchideoidní mykorrhiza

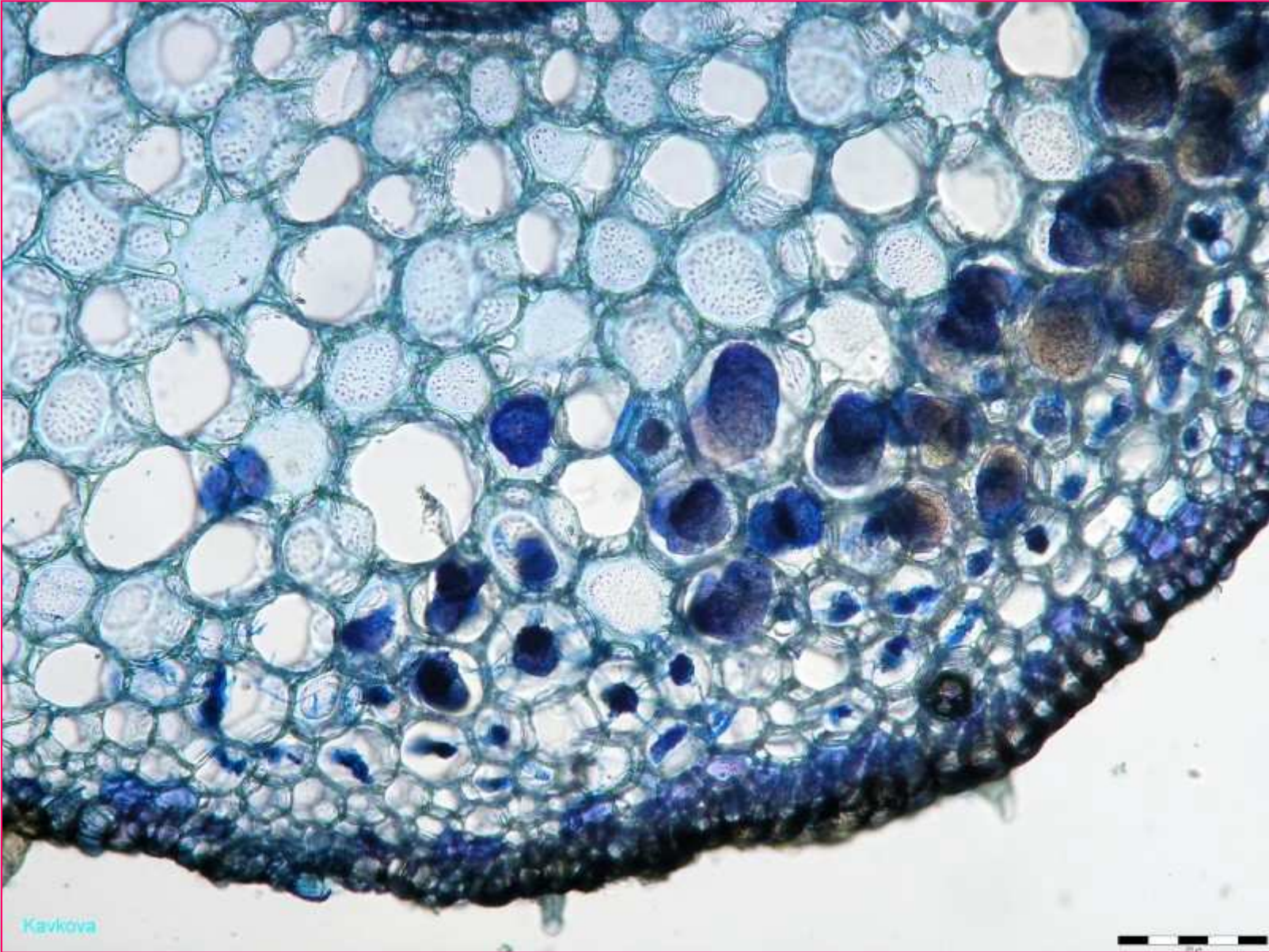


Mycelium je tvořeno přímými hyfami s četnými anastomózami a blastosporami uspořádanými v řetízku, které mohou tvořit sklerocia.



Charakteristiky orchideoidní mykorhizy

- Orchideoidní mykorhiza může přecházet do parazitismu a naopak
- Tvoří kořenové i mimokořenové mycelium
- Tolyfógní forma – protokormy i dospělé orchideje, mycelium je v parenchymatických buňkách primární kůry kořenech nichž se větví a vytváří smotky – **pelotony**. Smotky asi po měsíci degradují, zplošťují se a rozpadají (hostitelské buňky se pak nazývají – stravovací)
- *Rhizoctonia sp.* (*R. repens*, *Rh.mucoroides*), *Sebacina* (an. *Epulorhiza*)
Thanatephorus (*Moniliopsis*) a další
- Houby tvořící OM mají schopnost saprofytického růstu



Kavkova





Kavkova



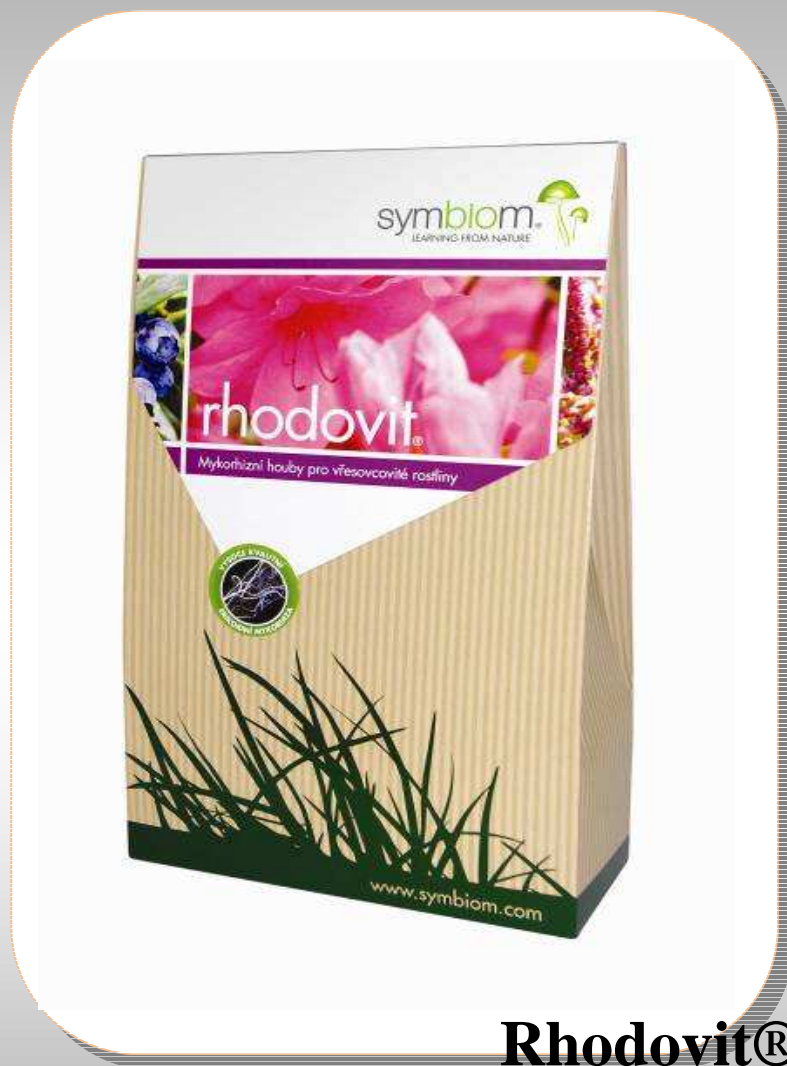




Erikoidní mykorhiza



- Rostliny ř. Ericales (vřesovcotvaré)
- **Ascomycota** : *Hymenoscyphus ericae*, houby řádů Leotiales a Helotiales, imperfektní stádium rodu *Oidiodendron* sp. *Phialocephala phortinii*... etc.
- Erikoidní mykorhiza je typická pro kyselá biotopy – vřesoviště a rašeliniště s vysokým poměrem C:N
- Houby tvořící erikoidní mykorhizu jsou schopné přežívat na stanovišti jako saprofyt dlouhou dobu
- Kořenové vlášení u vřesovištních rostlin je nahrazeno jemnými hyfami mykorhizních hub. Uvnitř rhizodermis nebo v korových buňkách tvoří hyfy peletony (smotky)
- Vůči jiným rostlinám se jmenované druhy mohou chovat paraziticky



Rhodovit®

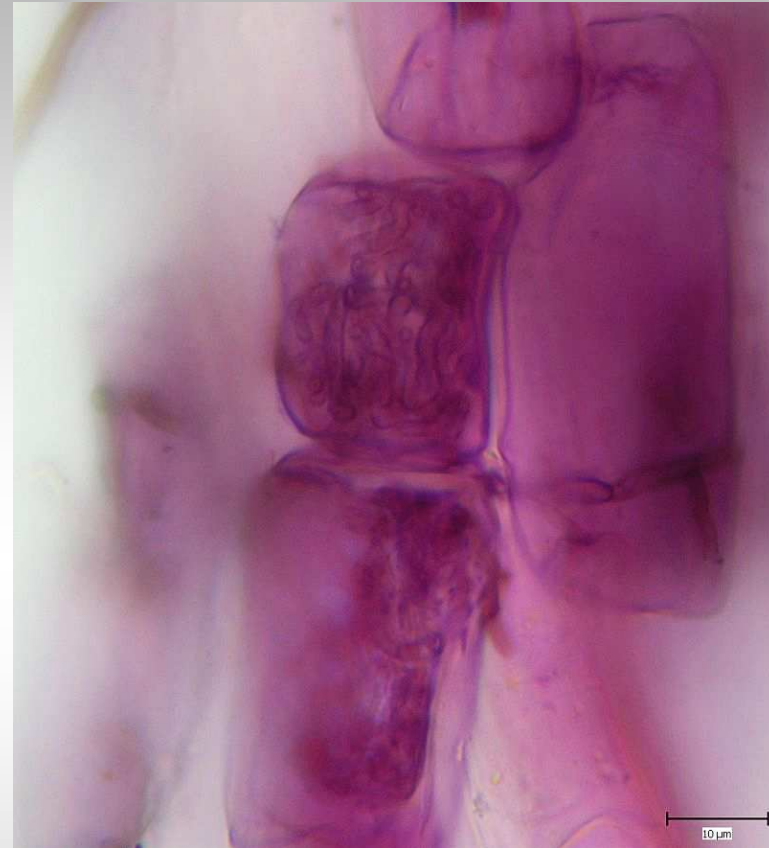
pro vřesovcovité rostliny, např. pro rododendrony, azalky, vřesy, borůvky, brusinky aj.



**Konvenční
ošetření**



**Organické
ošetření**



- Kořenové vlášení u vřesovištních rostlin je nahrazeno jemnými hyfami mykorhizních hub. Uvnitř rhizodermis nebo v korových buňkách tvoří hyfy peletony (smotky) (manitol a trehalóza)
- Vůči jiným rostlinám se jmenované druhy mohou chovat paraziticky

Arbutoidní mykorrhiza

- Endomykorrhiza, při které dochází ke změně tvaru kořene a připomíná pak spíše ektomykorrhizu
- U některých rostlin řádu Ericales (*Arbutus menziensii*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Pyrola sp.*)
- Basidiomycota i Ascomycota
- Houba tvoří na povrchu kořene Hartigovu síť a prostupuje do rhizodermis

Monotropoidní mykorhiza

- Č: Ericaceae –podčeleď: Monotropeae – nefotosyntetizující druhy, které získávají výživu výhradně prostřednictvím houbových symbiontů
- Houby, tvořící monotropoidní mykorhizu jsou z odd: Ascomycota a Basidiomycota (u jiných rostlin tvoří ECM)
- Struktury: Hyfový plášť a Hartigova síť, hyfové výrůstky (kolíčkovitá haustoria)
- Houby obsahují antibiotické látky

Ektomykorhizní symbióza

listnáče

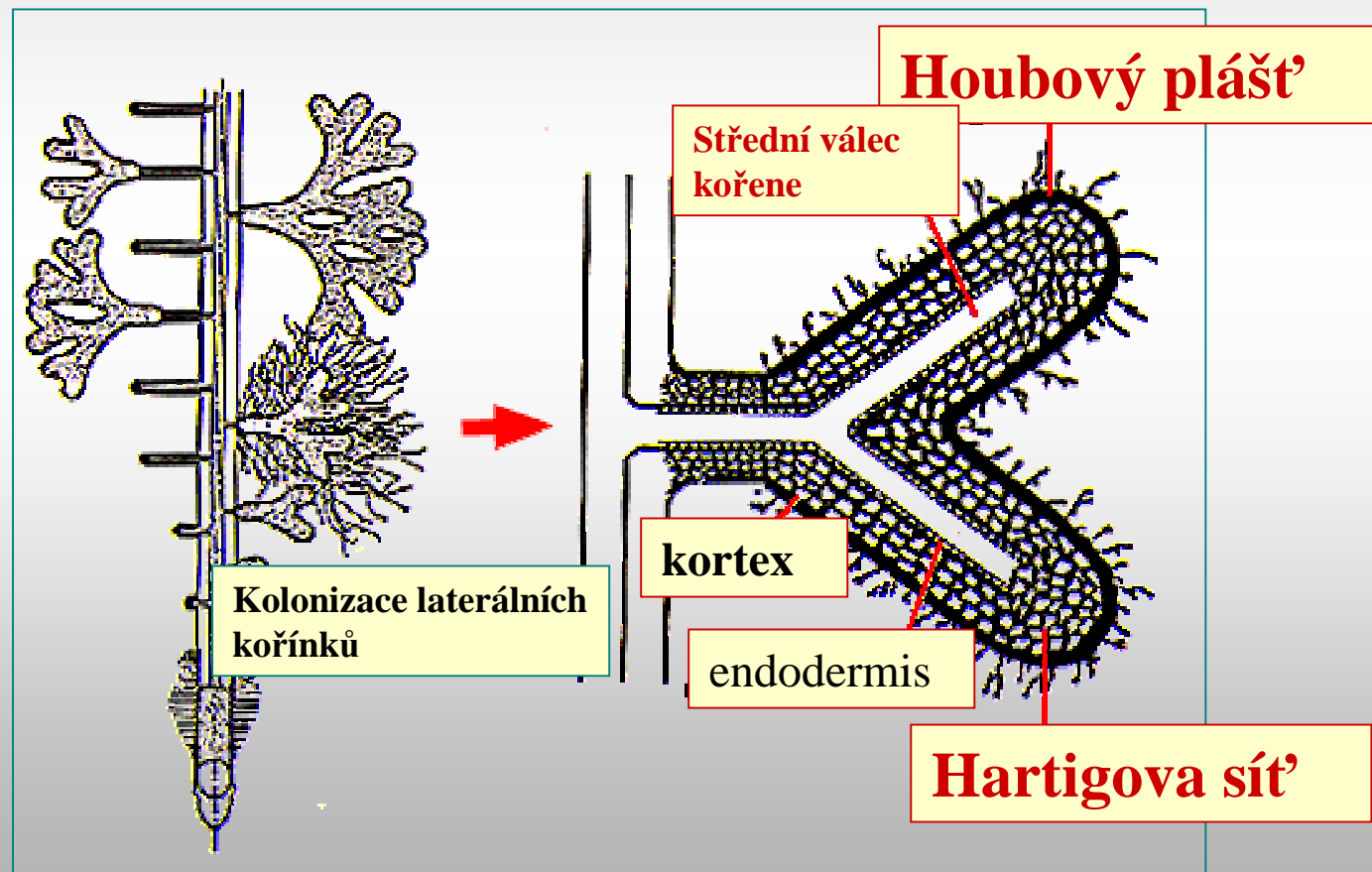
jehličnany



Kořenový systém

Co to je ektomykorhiza?

- Symbiotické spojení mezi houbou a rostlinou
- Formuje se na fyziologicky aktivních laterálních kořínkách dřevin
- Ektomykorhiza je morfologická formace, na jejímž vzhledu se podílí jak rostlina tak houba



- Houba kolonizuje úsek laterálního kořínku tak, že hyfami proniká do primární kůry kořene a v mezibuněčných prostorech tvoří myceliární síť nazývanou „**Hartigova síť**“.

- **Hartigova síť**: u gymnospermních rostlin se formuje kolem a mezi buňkami kortexu (ale nepenetrují), angiospermních rostlin i u epidermálních buněk.

Na povrchu kořene se z hyf utvoří kompaktní povlak – **hyfový plášť**, který změní morfologii, anatomii a celkový vzhled kolonizovaného kořínku.

- Ostatní struktury: extramatrikální hyfy, sklerocia, rhizomorfy, laktifery, cystidia...

- Vyskytuje se, až na výjimky, výhradně u dřevin



Je známo:

cca: 2.000 druhů rostlin, které tvoří ektomykorhizu

(Betulaceae, Dipterocarpaceae, Fagaceae , Myrtaceae, Pinaceae, Salicaceae)

Cca 5.000 druhů hub, které tvoří ektomykorhizu

Odd: Basidiomycota

Agaricales:

Russulales:

Boletales:

Gomphales:

Cantharellales:

Polyporoid:

Hymenochaetales:

Thelephorales:

příklad:

Amanita sp.

Russula sp., Lactarius sp.

Boletus sp., Paxillus sp.

Ramaria sp.

Cantharellus sp.

Polyporus sp., Sistotrema sp.,

Coltricia sp.

Thelephora sp.



Odd: Ascomycota

Tuberales: *Tuber sp., Terfezia sp.*

Pezizales: *Morchella sp., Genea sp., Helvella sp., Gyromitra sp.*

Elaphomycetales: *Elaphomycetales sp.*

Deuteromycetes: Mycelia sterila: *Coenococcum sp.*

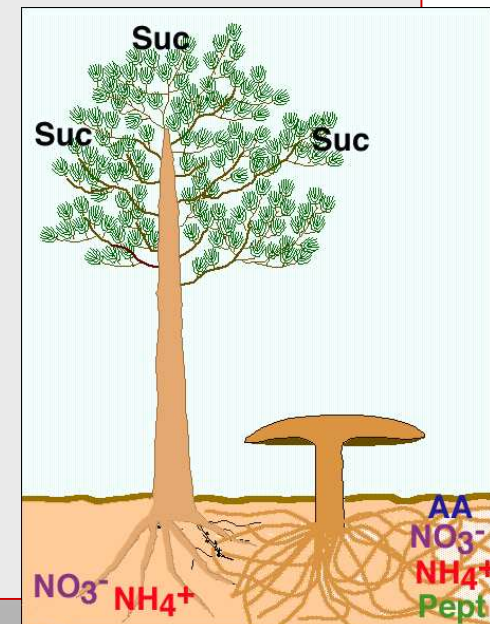
Proč?

Rostlina poskytuje houbě:

- sacharidy: udává se, že rostliny investují až 10% fotosyntetických produktů do svého mykobionta
- glukóza je enzymaticky houbou přeměněna na trehalozu, manitol a glykogen
- pro houby jsou to zásobní látky a látky nezbytné ke klíčení spór

Houba poskytuje rostlině:

- fosfor, vápník, draslík, mikroprvky
- vodu
- ochrana proti půdním patogenům
- Zvyšuje aktivní povrch kořenů
- Produkuje auxiny a gibereliny (rostlinné hormony)



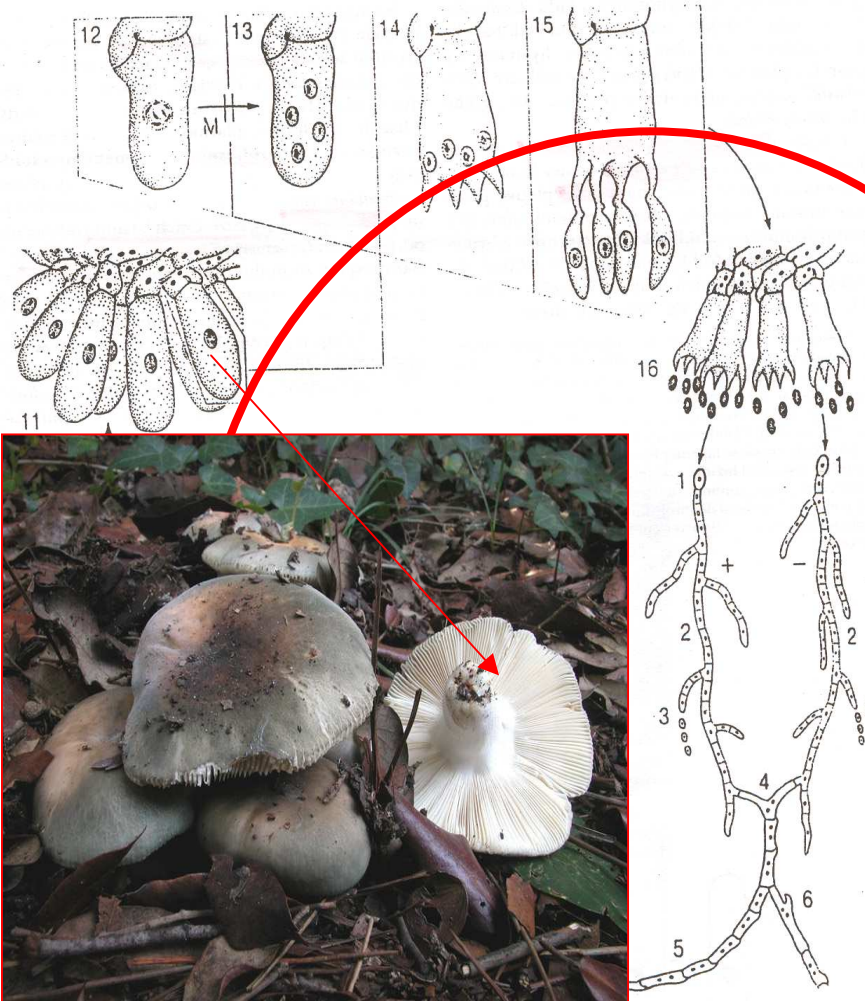
Jak se ektomykorhiza vytvoří ?

- Vztah mezi houbou a rostlinou je dán geneticky, podílely se na něm evoluční procesy
- vztah je založen na synchronizovaném růstu kořenů a houby tj. na růstu a diferenciaci hyfy



Rhizopogon sp.





Obr. 68: Životní cyklus stopkovýtvarné houby *Lepiota procera* (Basidiomycetes).

- 1 - klíčící bazidiospory,
- 2 - primární (haploidní) mycelium,
- 3 - tvorba konidií,
- 4 - somatogamie mezi dvěma kompatibilními primárními mycelii,
- 5, 6 - sekundární (dikaryotické) mycelium,
- 7 - bazidiokarp, v detailu plektenchymatická struktura (terciální mycelium),
- 8 - lupeny s hymeniem,
- 9 - detail průřezu lupenů s hymenoforem,
- 10 - mladá dikaryotické bazidie,
- 11 - karyogamie,
- 12 - mladá diploidní bazidie,
- 13 - bazidie po meiozi,
- 14 - počátek tvorby sterigmat a migrace jader,
- 15 - mladá bazidiospory na sterigmatech,
- 16 - uvolňování bazidiospor (podle LLIMONA et al.)

- Ze spór vyklíčí monokaryotické mycelium (Basidiomycety), které se mění (fúze a přezky) na dikaryotické (morfogeneze) aktivní mycelium, které aktivně (růstové tropismy) vyhledává hostitele, čerstvé aktivní kořínky.
- Hyfa kontaktuje povrch, enzymaticky a mechanicky rozrušuje povrchové buňky a tvoří **hyfální plášť**. Tento proces je doprovázen řadou biochemických reakcí, jak ze strany houby tak ze strany rostliny.
- Z hyfálního pláště se pak pojí množství externích hyf s půdním okolím kořínku vytváří **tzv. aktivní zónu** (několik mm kolem kořínku)
- Hyfa penetruje a kolonizuje prostor kortexu (jehličnany) a epidermálních buněk (listnáče) a formuje Hartigovu síť
- Rostliny po dobu formace ektomykorhizního spojení produkují polyfenoly a sekundární metabolity, jenž zvyšují jejich rezistenci proti půdním patogenům – houbám, bakteriím i hmyzu.
- Houba sama o sobě má ještě tzv. **bakteriální pomocníky** (helper bacteria), které usnadňují kolonizaci kořene
- Ektomykorhizní spojení na 1 laterálním kořínku je časově i prostorově omezené. Závisí na stáří a fyziologii laterálního kořínku. Hartigova síť postupně odumírá a hyfální plášť mění na základě metabolitů barvu a postupně odumírá (jedná se ale o jeden jediný morfortyp a současně se vždy tvoří mnoho nových současně s růstem dalších laterálních kořínků).

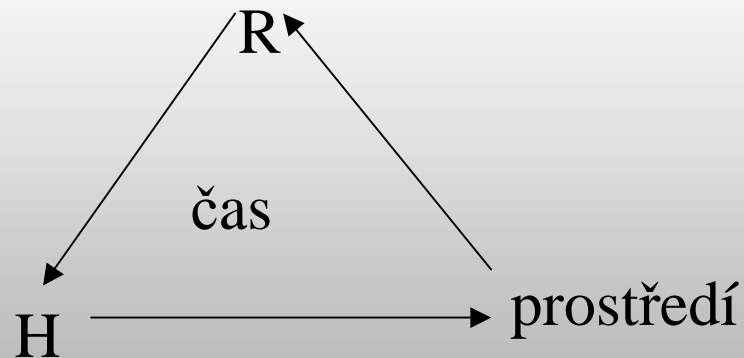
Výsledkem je:

- že na kořeni 1 stromu se tvoří , je a odumírá množství ektomykorhiz, tvořené rozmanitými druhy hub
- Kořínek může houbu přerůst a často bývá kolonizován více druhy ECMf
- Na základě toho, jak jsou ECM houby dominantní v prostoru a čase rozlišujeme
- Ranně sukcesní druhy, pozdně sukcesní druhy a multisukcesní (early, late, & multi-stage)
- Tvorba plodnic nesouvisí s tvorbou ECM, nemusí ovlivňovat dominanci druhu na kořenech dané dřeviny
- Na základě biologické specifičnosti druhu (metabolity, biochemické aktivity, morfologie) je ektomykorhiza formovaná každým konkrétním rodem morfologicky odlišná – pozměňuje tvar a barvu kořínku – **ektomykorhizní morfortypy**



Na čem závisí druhové spektrum ektomykorhizních hub?

1. Rostlina- druh, věk, fyziologický stav
2. Houba – druh, specifická vazba na hostitele, nutriční požadavky
3. Prostředí- typ půdy (moder - ektomykorhizní, mor – ekto, ektendo-, erikoidní), okolní vlivy – hnojení, sešlap, spady.. Etc.
Počasí – období vegetačního klidu pro dřeviny – omezená tvorba ektomykorhizních špiček, tenčí hyfální plášť apod.



Jak určím o kterou ektomykorhizní houbu se jedná?

•Plodnice

- Morfologické charakteristiky
- Anatomické charakteristiky
- Molekulární metody



Hebeloma crustuliniforme



Řád: *Thelephorales* (plesňákotvaré)

- Plodnice mohou být resupinátní až pileátní
- Hymenofór – hladký, zubatý, porovitý
- Monomitický systém
- Hyfy jsou tmavé, pigmentované
- Zástupci jsou lignikolní druhy nebo mykorhizní





Aplikovaná mykologie
Kavkova@PrfJU

Metody identifikace ektomykorhiz

- a. Binolupa + mikroskop
- Kvalitativní určení – rod (druh) houby
 - Kvantitativní určení – procentické zastoupení druhu na celkové mykorhizaci, frekvence 1 druhu na definovanou délku kořene



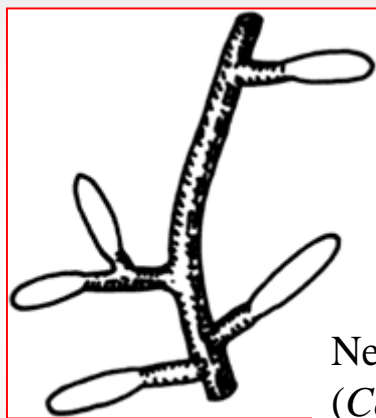
Aplikovaná mykologie Kavkova@PrfJU



Laccaria laccata morphotype
Kavkova@PrfJU

Morfologie ECM špiček – morfotypy: určujeme pod binolupou, propláchnuté kořínky jsou zcela ponořené ve vodě v Petriho misce!

1. Větvení, délka, abundance, průměr mykorhizních špiček

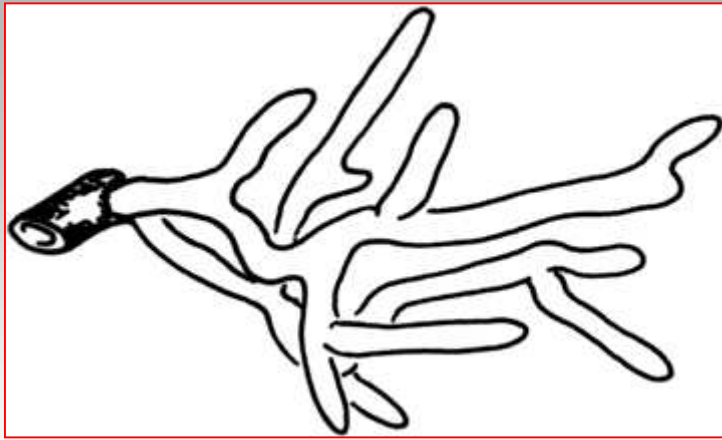


Nevětvené solitérní špičky
(*Coenococcum* sp.)

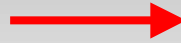


Monopodiálně pinátní (*Russula nigricans*)

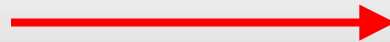






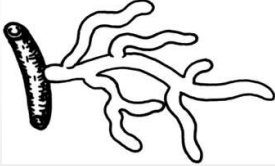


Nepřavidelně větvené (*Thelephora* sp.)



Koraloidní
(*Rhizopogon* sp.)

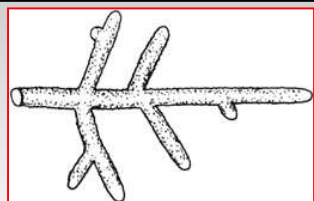


2. Zakončení nevětvených částí morfotypů:

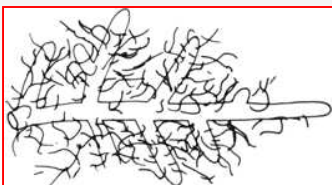
	rovné
	ohnuté
	vlnité
	kroucené
	smáčknuté mezi mladší a starší částí



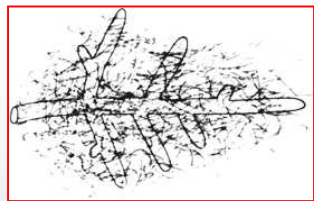
3. Povrch houbového pláště + barva



Hustě zrnatý nebo
bradavičnatý



Silně vlnatý



ochmýřený



Hladký lesklý

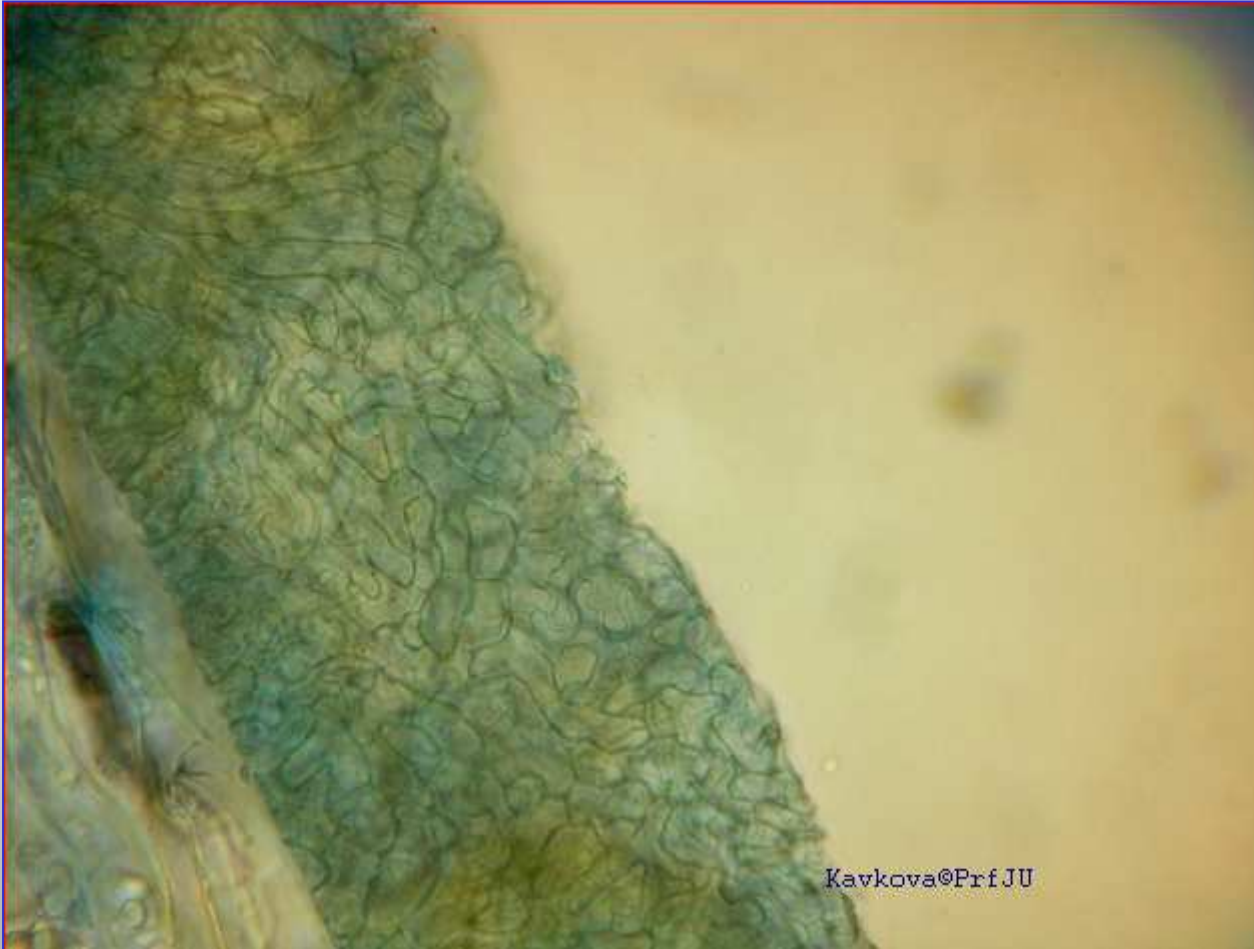
Toментella sp.

4. Přítomnost ostatních struktur – rhizomorfy, extramatrikální hyfy (morfologie), cystidia, sklerocia, laktifery.



Amphinema byssoides: *Thelephorales*

5. Anatomie morfortypu: Hartigova síť a uspořádání buněk
hyfálního pláště. – mikroskop



Anatomie pláště a Hartigovy sítě

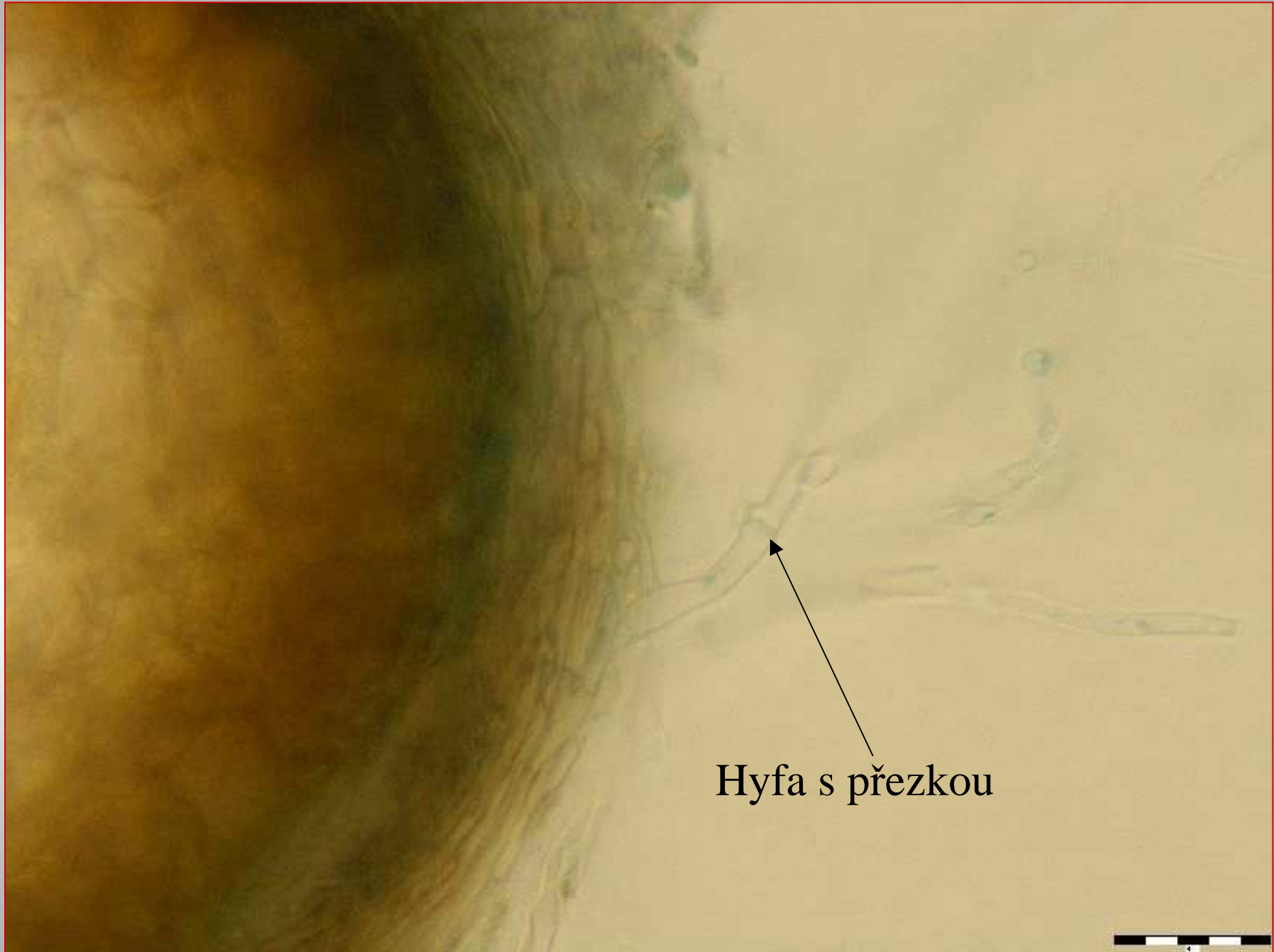
1. Celková anatomie mykorhizy
2. Anatomie laktifer, hyf (přítomnost přezek, anatomóz, napojení hyf etc.)
3. Jednotlivých vrstev houbového pláště
4. Tvar a uspořádání buněk

(parenchymatické, pseudo parenchymatické)

1. Přítomnost chlamydospór, haustorií



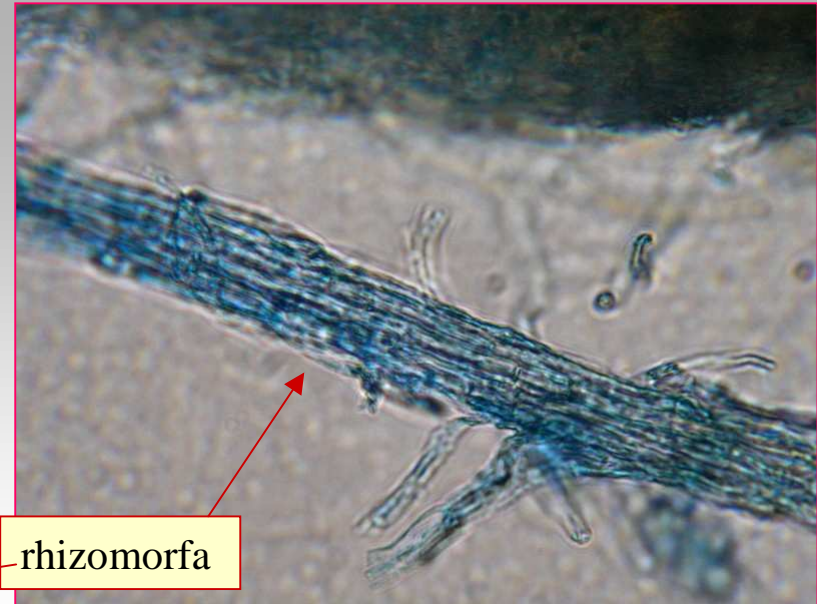
Paxillus involutus - Hartigova síť



Hyfa s přezkou



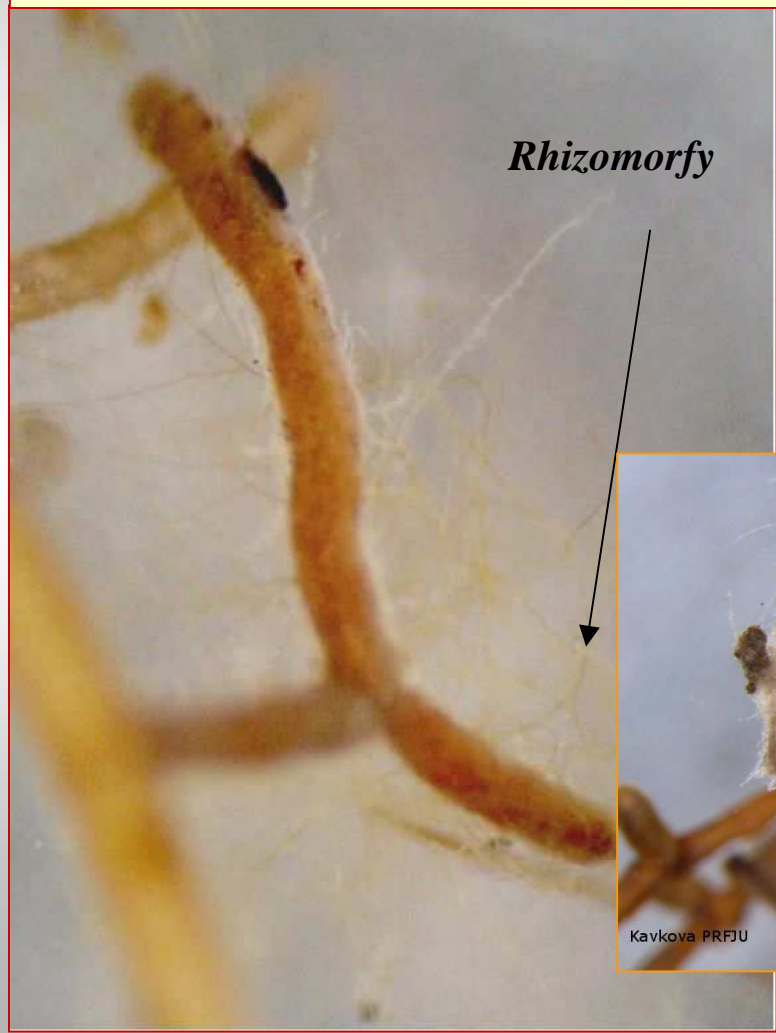
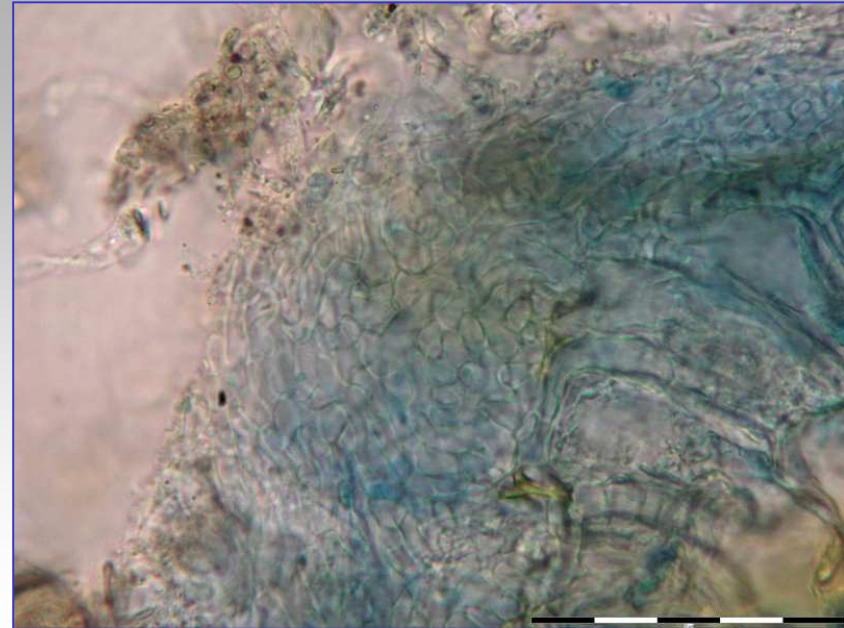
Scleroderma citrinum
(Basidiomycota: Sclerodermatales)



rhizomorfa



***Laccaria* sp.**
Basidiomycota: Agaricales
(*Quercus robur*)



Laccaria amethystea





Paxillus involutus
Boletales: Homobasidiomycetes: Basidiomycota
(Quercus robur)



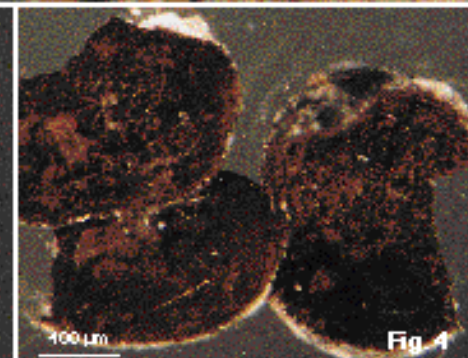
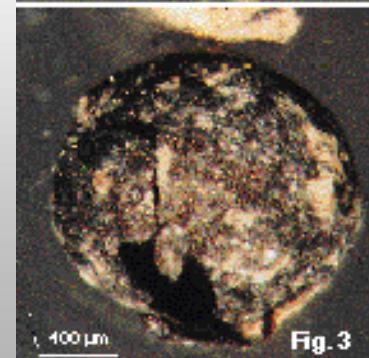
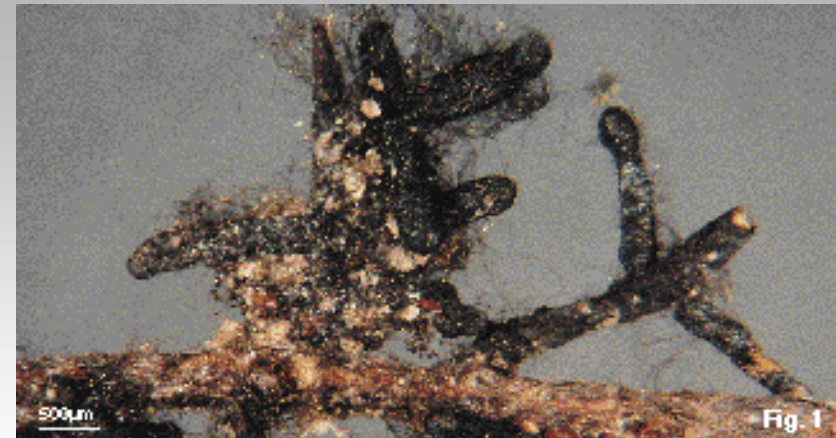
Coenococcum geophilum:

Ř: Mycelia sterila:

č: Deuteromycetes:

Kmen: Ascomycota

(melanizovaný povrch, R-strategové)

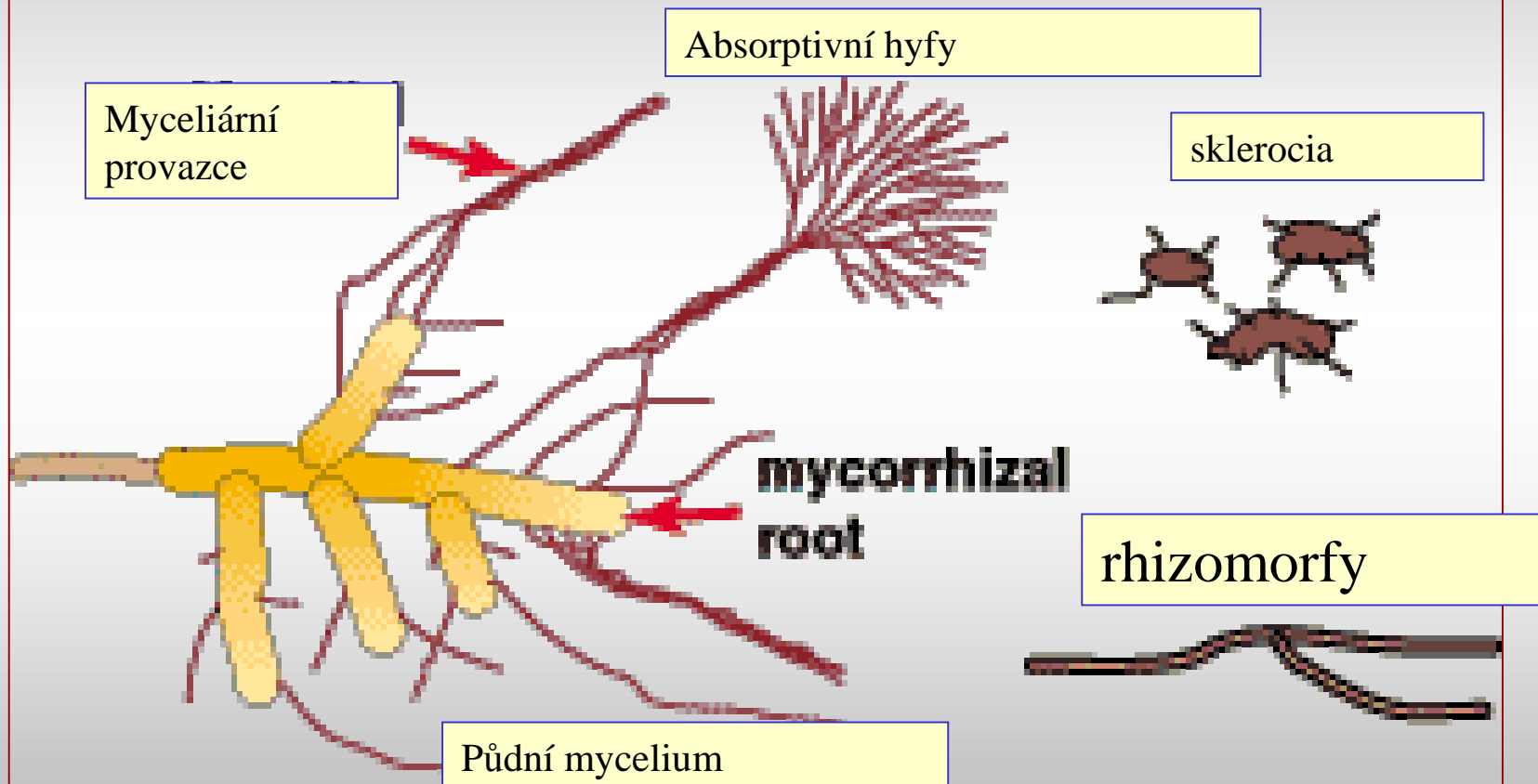


6. Využití autofluorescence v určité vlnové délce (UV filtr)

7. Chemické reakce (Fuchsin, anilin, síran železitý, Melzerovo reagens, sulfovanilin etc.)



Struktury ECM hub v půdě

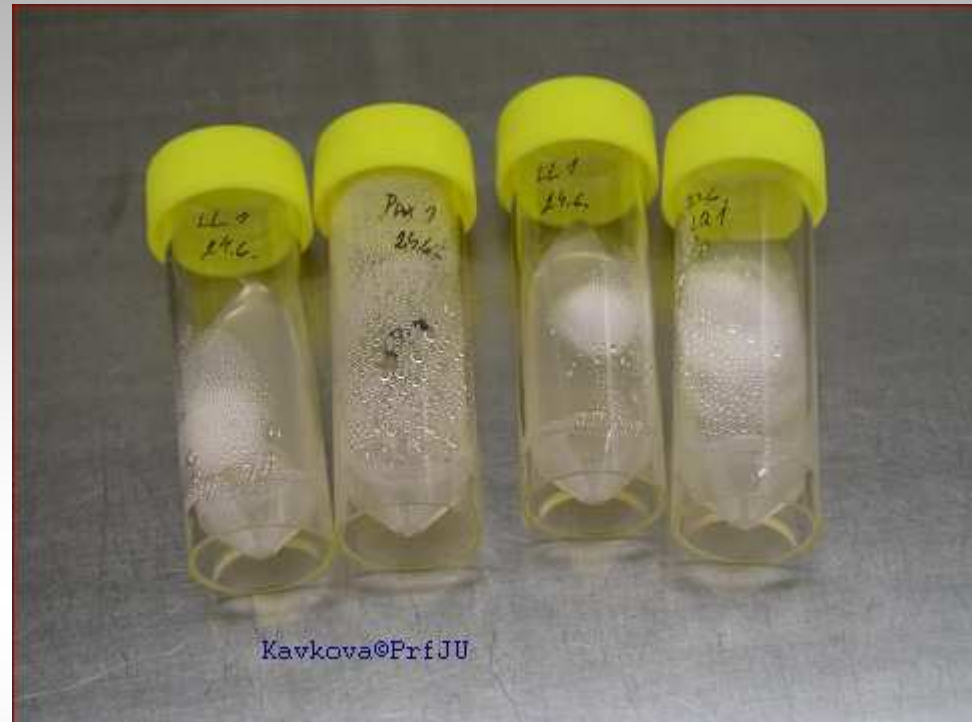






Kavkova@PrfJU

Pevné kultury (MNM, BAF agar)



Kavkova@PrfJU

Sbírkové kultury na šikmém agaru



Výroba ektomykorhizního preparátu

1. Izoláty z plodnic *in vitro* (nebo z ektomykorhizních špiček, nebo ze spór z plodnic)
2. Hodnocení růstu *in vitro* (rychlost kolonizace substrátu)
3. Biotesty- hodnocení schopnosti kolonizovat zpětně kořeny živých dřevin (je třeba brát v potaz ekologii izolátu, původ, podmínky ve kterých provádíme inokulaci, je vždy vhodné testovat několik na sobě nezávislých ploch včetně provozních podmínek)
 1. **Forma** : ektomykorhizní inokulum připravíme jako čistou kulturu na agaru, jako kulturu na směsi vysterilované rašeliny a perlitu, jako alginátové pelety ve formě mycelia. U některých druhů hub- *Scleroderma* lze použít k přímé inokulaci spóry z plodnic. (pestřce)
 2. **Inokulace**: **a.** předem do substrátu, **b.** s výsevem nebo výsadbou dřeviny, **c.** po výsevu či výsadbě
 3. **Hodnocení**: hodnotí se **A.** mykorhizace tj. podíl kolonizovaných rostlin na variantu , podíl kolonizovaných kořenů (%) všemy ECM houbami v půdě (podle morfotypů), počet kořenů kolonizovaných introdukovaným druhem (konkurenceschopnost) a četnost introdukovaného druhu na 1 cm kořenové délky. **B.** vliv na růst a vývoj rostliny (výška, průměr kořenového krčku, sušina, větvení etc.)



Využití ECM hub – kde, proč a jak?

- Lesní školky
- Okrasné školky
- Výsadby na plochách ohrožených erozí, extrémními podmínkami
- Zalesňování půd
- Pěstování rychle rostoucích dřevin
- Ochrana starých stromů



Aplikace ECM hub ve školkařství: PROČ

- Urychluje dobu pěstování dřevin
- Měřené hodnoty u listnáčů - výška a kořenový krček dosahovali po roce pěstování hodnot tříletých sazenic
- Sazenice mají vyrovnanější růst
- Lepší ujímavost při vysazování
- Lepší adaptabilita na stresové podmínky
- Houby zůstávají v substrátu!!!



Aplikace ECM hub ve školkařství: JAK?



Ectovit®

- Pod semeno do sadbovačů na lince
- Vmísením do výsevního substrátu
- Obohacení substrátu na obalovanou sadbu

pro většinu jehličnatých a některé listnaté dřeviny např. dub, buk, lípa, habr, olše, habr, topol aj.

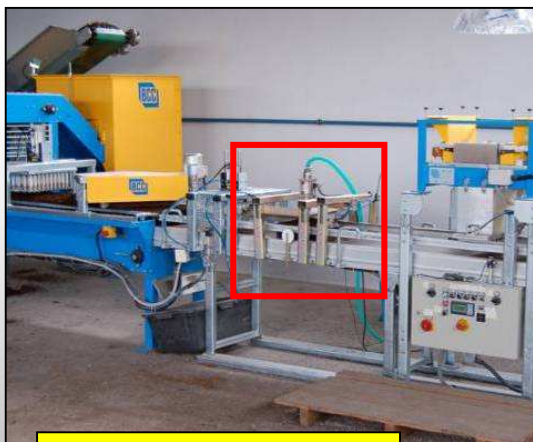
Ručně



Prostokořenná sadba



Krytokořenná sadba



**Aplikace při
produkcí sadby**



Přímá aplikace



Hydroosev

školkařství

- ✓ Snížení mortality
- ✓ Zlepšení růstu

(produkce jehličnatých a listnatých dřeví)



Kontrola

Mykorrhiza



Mykorrhiza



Kontrola



Mykorrhiza



Kontrola

Mykorrhiza



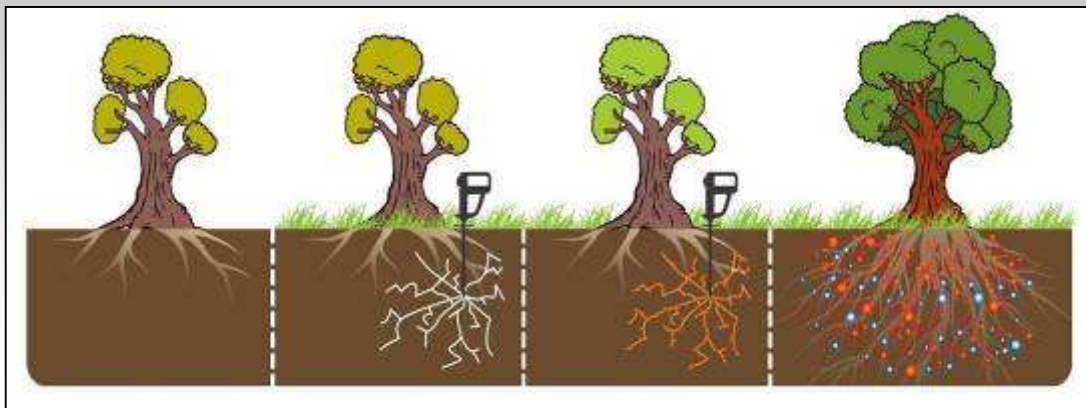
Kontrola

Inokulace při výsadbách

- ✓ Výsadba 5.000 ks sazenic *Pinus pinaster* předinokulovaných v lesní školce (2006)
- ✓ Horská oblast Portugalska poničená požárem
- ✓ Ošetřené sazenice vykazovaly o 20 % větší průměr kořenového krčku a počet přeslenů, o 40 % větší počet brachyblastů než kontrolní, neošetřené sazenice



Aplikace Injektáží



- ✓ Jehla zavedena do půdy (hloubka 40-60 cm) v okolí stromu pomocí pneumatického kladiva
- ✓ Provzdušnění půdního profilu ca. 1,5 MPa, nakypření půdy
- ✓ Vstřikování produktu do vzniklých trhlin/dutin



Zdroje informací:

In Vitro Culture of Mycorrhizas (2005) Declerk S., Strullu D-G., Fortin A. (Eds) Springer
388 pp

Gryndler M. a kol. (2004) Mykorhizní symbióza 366 pp

Agerer A. (1995) Color Atlas of Ectomycorrhizae

<http://www.deemy.de/>

<http://www.izmb.de>

Internetové zdroje