

Mykorrhiza – tajemný život hub s rostlinami aneb houbový internet v půdě

Jana Albrechtová

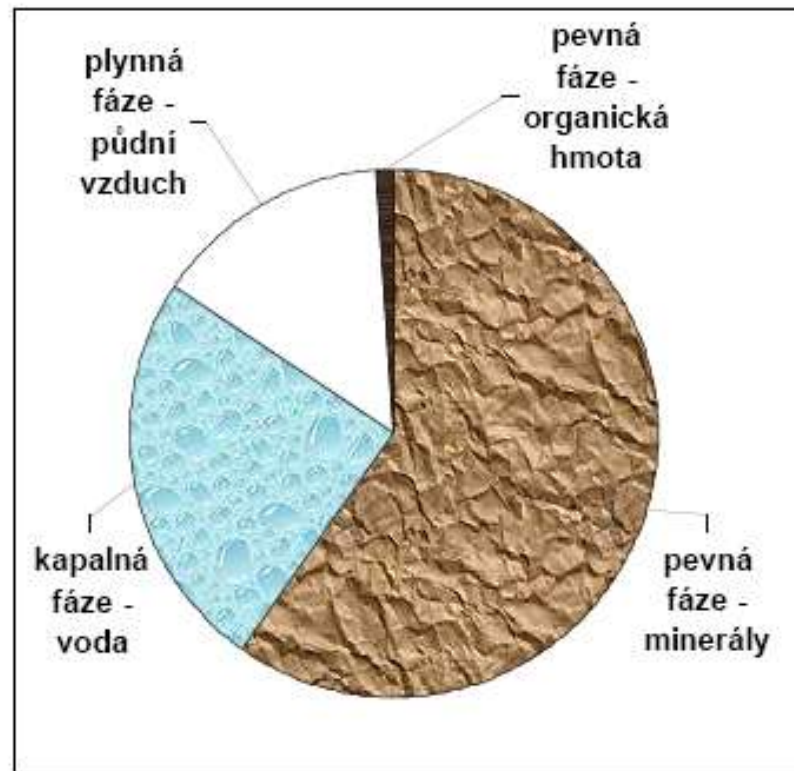
Katedra experimentální biologie rostlin PŘF UK, Praha

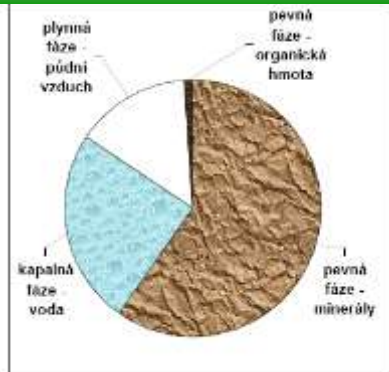
Osnova:

- 1) Složení půdy a význam mikroorganismů v ní
- 2) Charakteristika hub
- 3) Smybiozy u rostlin: mutualistická symbióza
- 4) Co je to mykorhiza? Jak funguje mykorhiza?
- 5) Jaký je význam mykorhizy?
- 6) Typy mykorhizy: Arbuskulární mykorhiza, ektomykorhiza, erikoidní mykorhiza
- 7) Společné myceliální sítě
- 8) Ekologický význam mykorhiz v ekosystému
- 9) Význam mykorhiz při praktickém pěstování rostlin

Složení půdy a význam mikroorganismů v ní

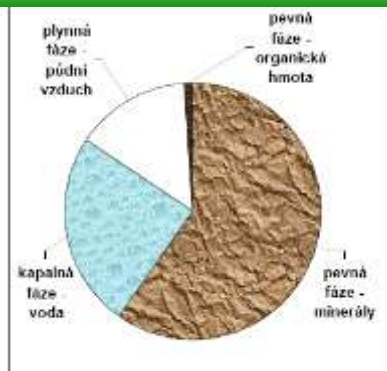
Složení půdy





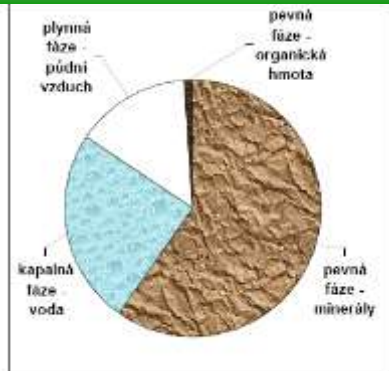
Minerály

- **O, Si, Al – celkem 89% pevné fáze**
- Tvoří až 50% objemu půdy
- Liší se chemickým složením
- Obsahují částice různých velikostí
- Mají původ v podložním materiálu



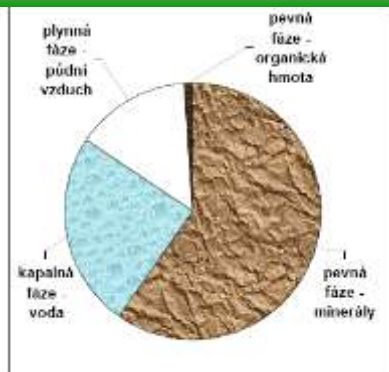
Půdní voda

- Nezbytná látka pro růst rostlin
- Základní médium pro transport látek
- Nezbytná při čištění půdního prostředí
- V půdě se vyskytuje jako:
 - chemicky vázaná a hygroskopická (obalující zrna),
 - kapilární (kapilárními silami v pórech)
 - gravitační (dočasná, odtéká po odeznění vodního zdroje – déšť, tání sněhu, záplava)



Půdní vzduch

- Prostorově a časově velmi variabilní
- Má vysokou vlhkost ($R_h \approx 100\%$)
- Vysoký obsah CO_2
- Nízký obsah O_2



Organická hmota

- Malá co do podílu hmotnosti, ale obrovský

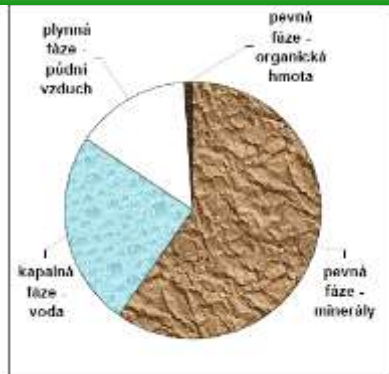
vliv na vlastnosti půdy

- Vytváří se částečně z rozpadlých rostlin a

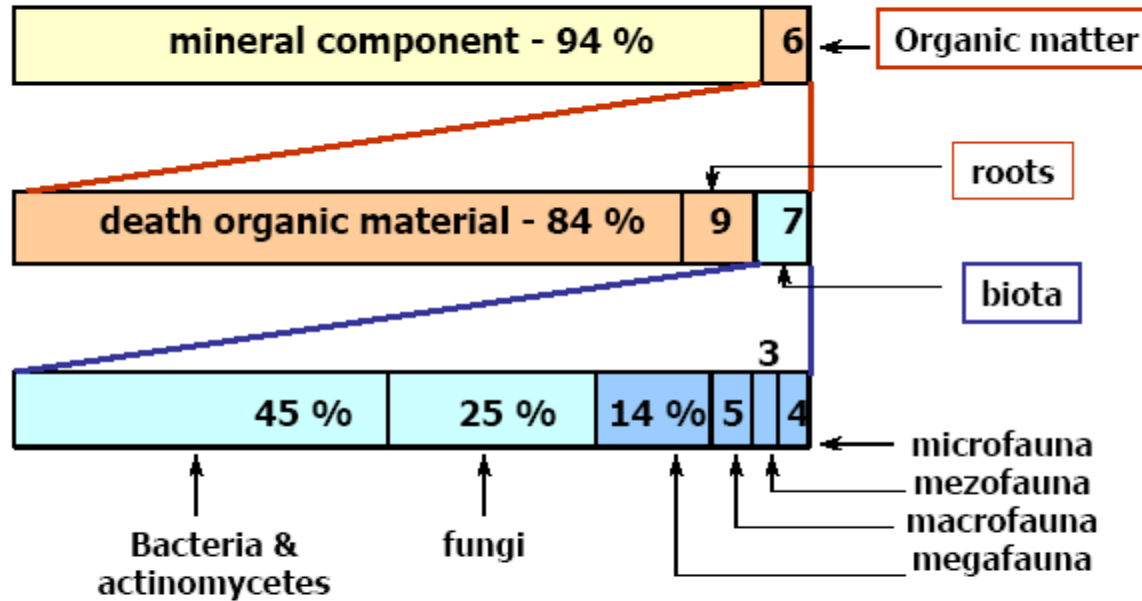
živočichů + s organickými prvky je syntetizována půdními mikroby

- Je dočasným prvkem v půdě

Půda – organická hmota



Organic matter consists of



Charakteristika hub

Říše houby

- Více než 120,000 druhů



- Houby se odlišují od jiných organismů mnoha způsoby, včetně struktury, reprodukce, získávání živin

Říše houby

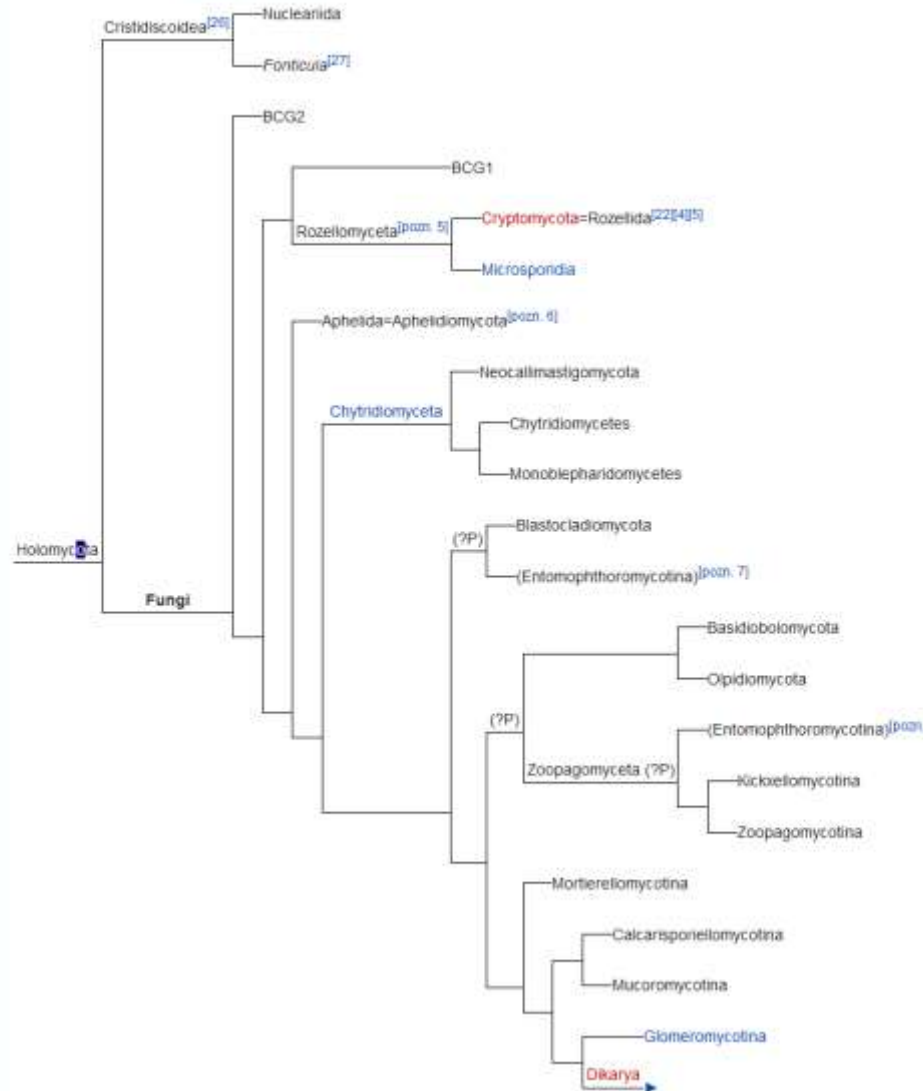
Houby (Fungi, dříve Mycophyta) představují velkou skupinu živých organismů dříve řazenou k roślinám, ale nyní vyčleněnou jako samostatnou říši. Její zástupce lze nalézt po celé Zemi a vyskytují se mezi nimi významní rozkladači, parazité či v průmyslu i potravinářství využívané druhy. Mnoho druhů náleží mezi mutualisty žijící v symbióze s cévnatými rostlinami nebo s řasami. K roku 2017 je známo kolem 120 000 druhů hub, ale předpokládá se existence až 3,8 milionů druhů.^[1] V Česku je zjištěno asi 10 000 druhů.

V užším pojetí jsou houby (Fungi) stélkaté organismy různého tvaru a velikostí, bez asimilačních barviv (tzn. bez plastidů), s heterotrofní výživou, s buněčnou stěnou chitinózní. Zásobní látkou je glykogen. Houby se rozmnožují buď vegetativně (rozpadem vlákna mycelia), nebo nepohlavními či pohlavními výtrusy.

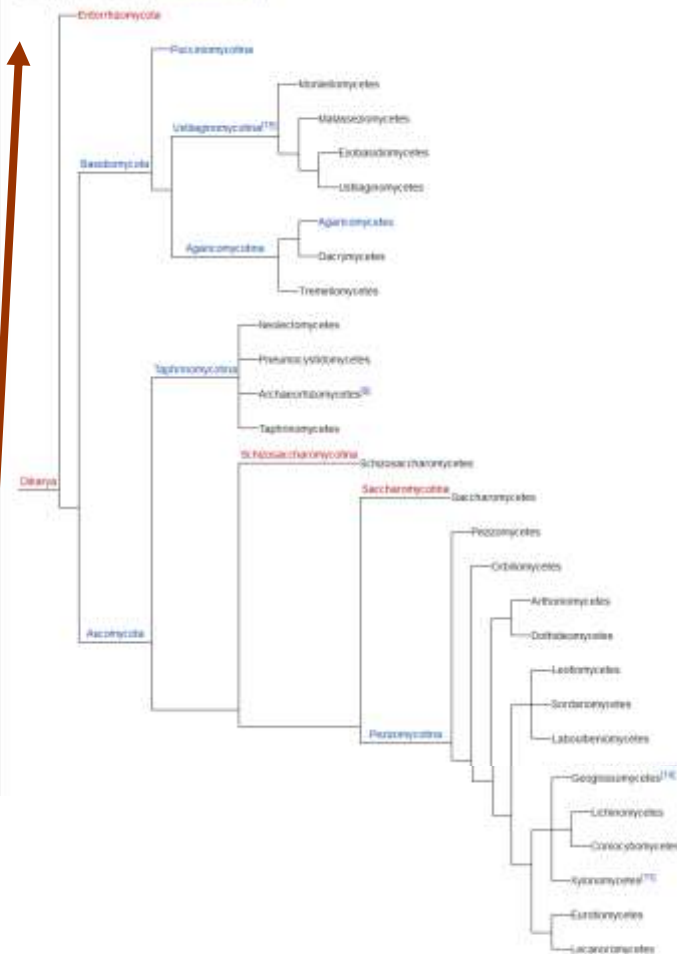
Věda zabývající se houbami se nazývá mykologie.

Říše houby

Bazální linie hub | editovat | editovat zdroj |



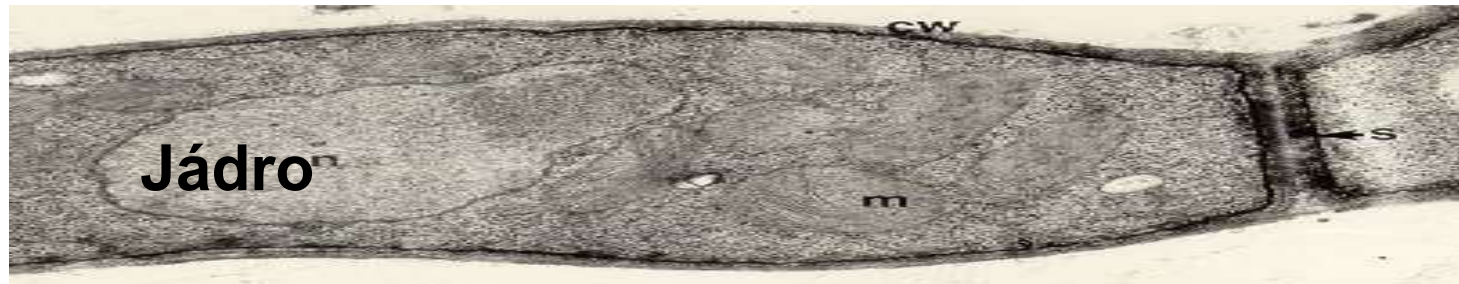
Dikarya (Neomycota) | editovat | editovat zdroj |



https://cs.wikipedia.org/wiki/Klasifikace_hub

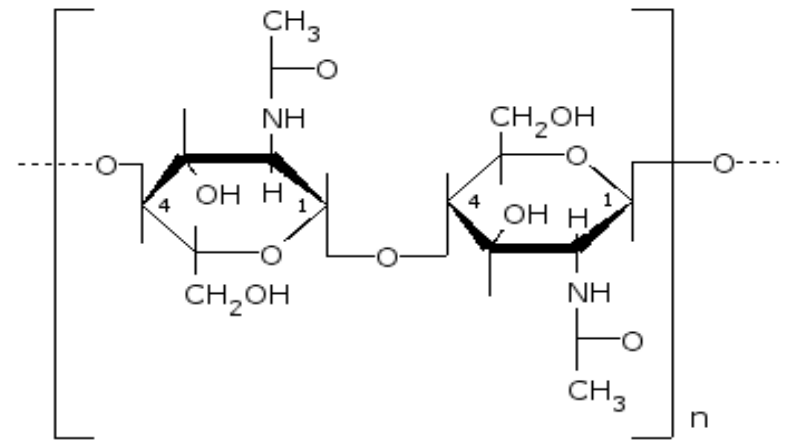
Eukaryotní, tj. mají jádro,

BS – buněčná stěna



Heterotrofní – energii absorbují z prostředí mimo své tělo which means they obtain energy from environment.

Chitin (polysacharid ve vnějších BS).



Houby: saprofyté,
parazité, nebo
symbionti.

Houby mají dlouhá vlákna – hyfy, hustě propletené



Houby versus Rostliny

Houby připomínají rostliny Fungi - kdysi klasifikovány jako rostliny. Taxonomie je třídí podle:

Houby:



- 1) Žádný chlorofyl
- 2) Nefotosyntetizující
- 3) Rozmnožování spórami
- 4) Buněčné stěny - chitin

Rostliny:



- 1) Chlorofyl
- 2) Fotosyntetizující
- 3) Rozmnožování semeny (většinou)
- 4) Buněčné stěny - cellulóza

Vztahy rostlin k organismům: druhy symbiózy

Život pospolu, v dobrém i zlém.....

Symbióza:

(sym - „spolu“ a bios - „život“)

jakékoli úzké soužití dvou a více organismů. Jedinec, který vstupuje do daného symbiotického vztahu, se nazývá **symbiont**.

Často se však termín symbióza používá pouze ve smyslu oboustranně výhodného soužití, ačkoliv **ve skutečnosti zahrnuje veškeré modely soužití mutualismem počínaje a parazitismem konče.**

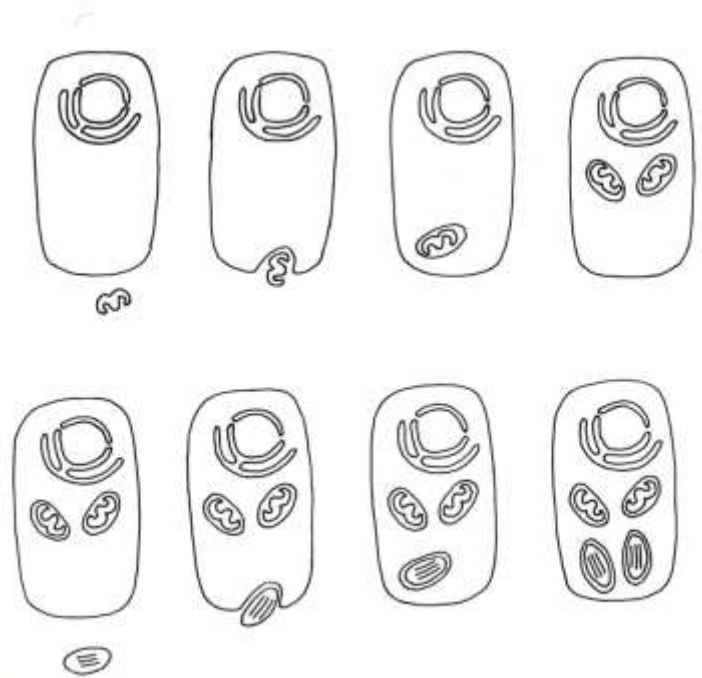
Symbiotické svazky mohou být obligátní, nebo fakultativní.

Spolupráce: vzájemně prospěšné soužití

Symbiózy

Symbióza hnací motor evoluce

Symbiózy jsou v biosféře Země velice časté a existují odůvodněné předpoklady, že právě díky nim se na naší planetě vyvinul život do té podoby, jak jej známe dnes. Příkladem je samotná eukaryotická buňka. Dle



Kdy to vlastně vzniklo?

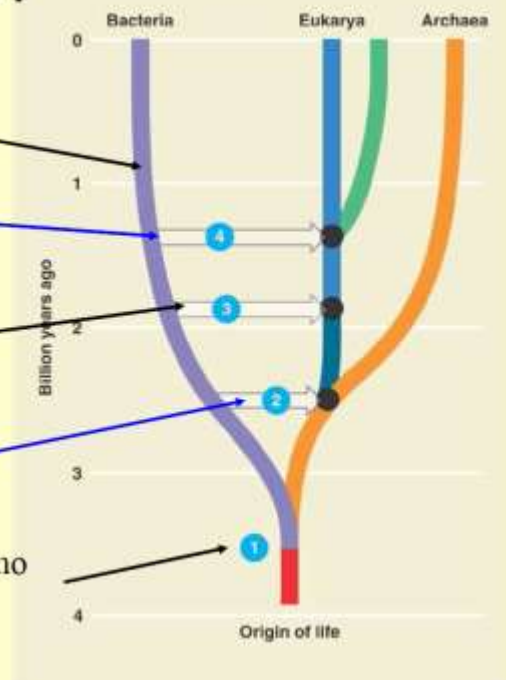
Mnohobuněčnost
(-0.75/-1.3 Ga)

Endosymbiosa
(chloroplasty, -1.6 Ga)







Endosymbiosa
(mitochondrie, -2 Ga)

Předek eukaryotních buněk
(fúze bakterií a archaeí)

Nejstarší společný předek všeho
života (-3.5 Ga)



Mezidruhové vztahy

NÁZEV	DRUH A	DRUH B	CHARAKTER VZTAHU
neutralismus	0	0	druhy žijí na stejném stanovišti, ale vzájemně se neovlivňují
kompetice (též konkurence)	-	-	oba druhy soutěží o stejný potravní zdroj, vztah má zpravidla nepříznivý vliv na populace obou druhů 
komensalismus	+	0	komensál (druh A) má ze soužití prospěch (zpravidla potravní), jeho hostitel (druh B) však není ovlivněn 
mutualismus	+	+	těsná kooperace dvou druhů, dříve označována termínem „symbióza“ 
amensalismus (např. allelopatie)	0	-	inhibitor (druh A) produkuje látky toxické pro amensála (druh B), sám většinou není ovlivněn 
parazitismus	+	-	druh A je parazitem druhu B (druh B určitou dobu přežívá, není druhem A přímo konzumován) 
predace	+	-	druh B je potravou pro druh A (výsledkem interakce je okamžitá likvidace druhu B) 

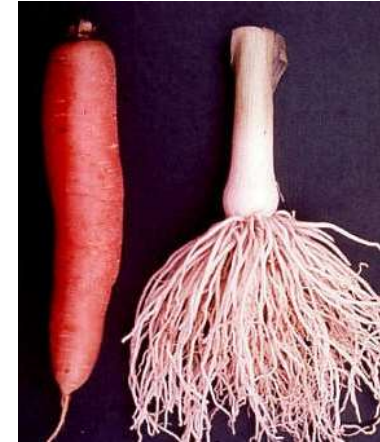
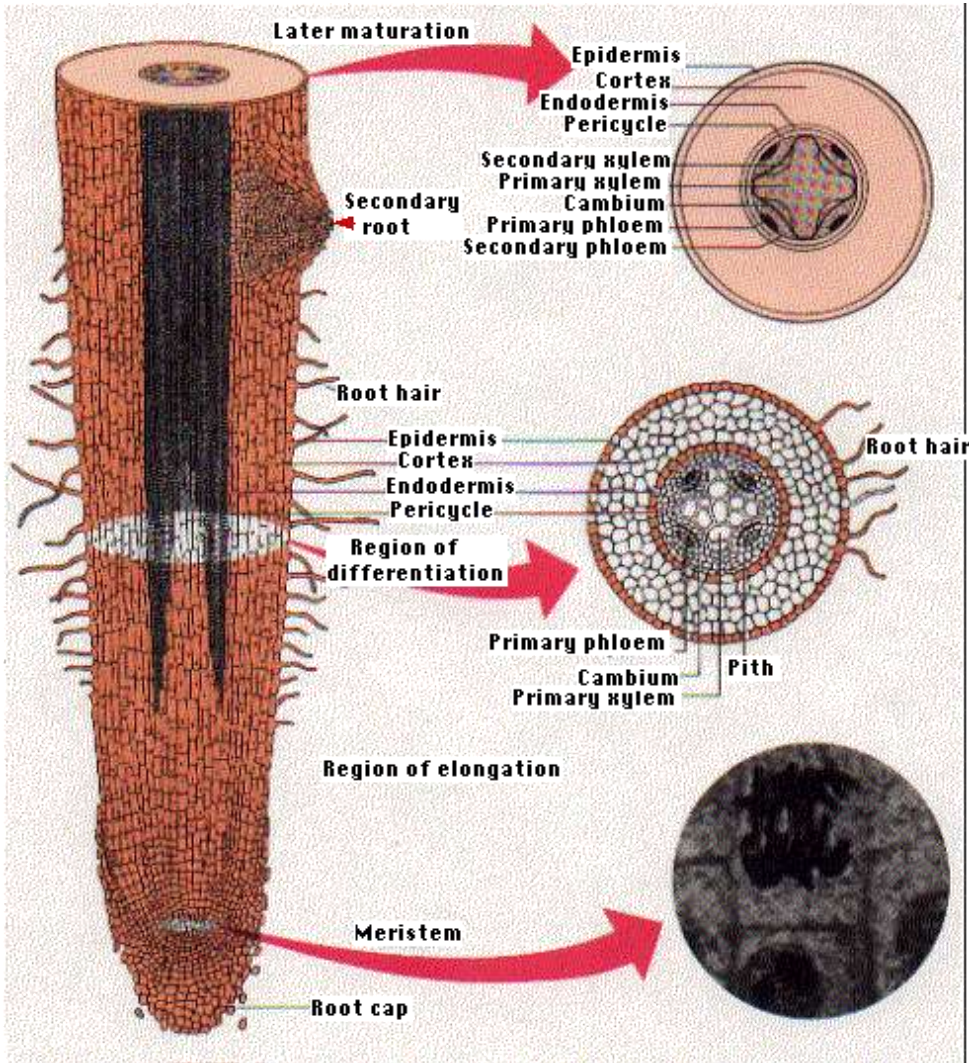
Mutualismus u rostlin

- **Řasy + houby [=lišejníky]**
- **Fotosyntetizující řasy + korály**
- **Rostliny + opylovači**
- **Rostliny + šířitelé semen**
- **Rostliny + mravenci**
- **Rostliny + N fixující mikroorganismy**
- **Rostliny + mykorhizní houby**

Mykorrhiza

Co to znamená?

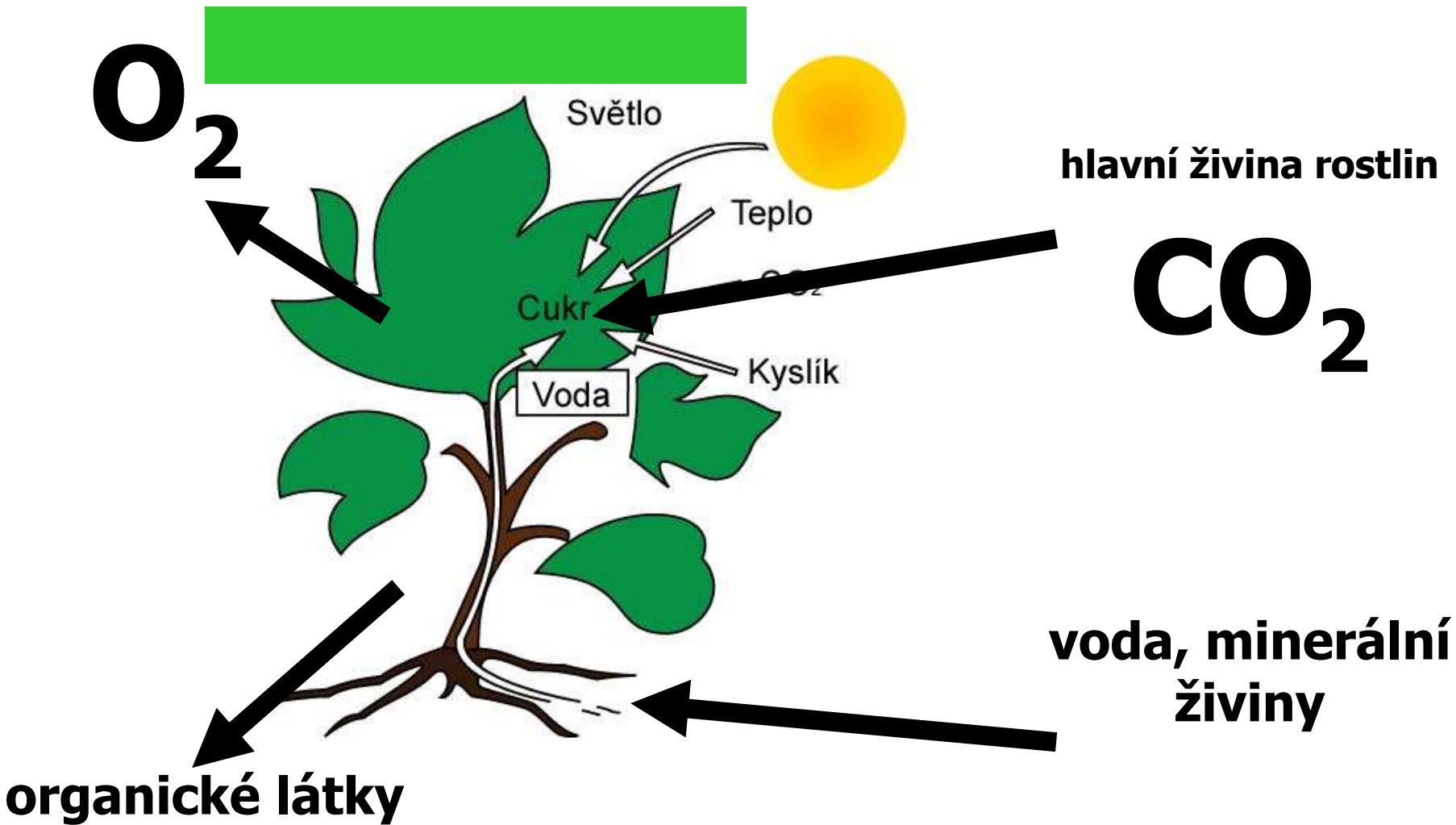
Většina rostlin má kořen(y)



Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

Kořeny slouží k čerpání vody a minerálních živin

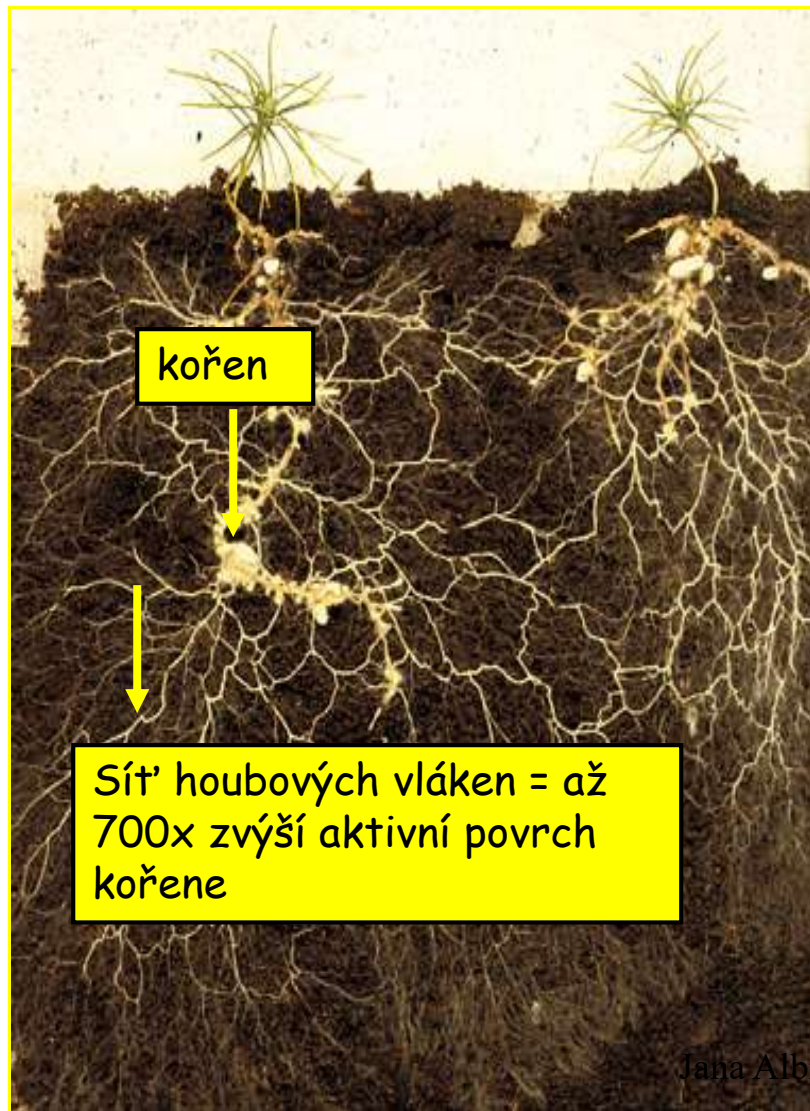
rostliny jsou fotoautotrofové a >> primární producenti



Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

Převzato od M. Vohníka

Mykorrhiza = mutualistická symbióza



- Přirozená, vzájemně prospěšná (mutualistická) symbióza mezi kořeny rostlin a půdními houbami. Pomáhá rostlinám získávat živiny (především fosfor, dusík) a vodu.
- Ze symbiózy profitují oba partneři - rostlina i houba.

Mykorrhiza = mutualistická symbióza

Mykós „houba“, riza „kořen“

Mutualistická symbióza mezi kořeny rostlin a půdními houbami.

Termín mykorrhiza se používá jak pro symbiotický vztah, tak pro orgán, který je tvořen kořenem rostliny a myceliem mykorrhizních hub.

Jeden z nejrozšířenějších symbiotických vztahů na Zemi.

80 – 90 % vyšších rostlin (cca 180 000 druhů)

tisíce druhů hub

V evoluci se vyvinulo několik typů mykorrhizní symbiózy.

Vyskytuje se ve všech terestrických ekosystémech.

rostlin houba



poskytuje uhlikaté látky
(zdroj energie)

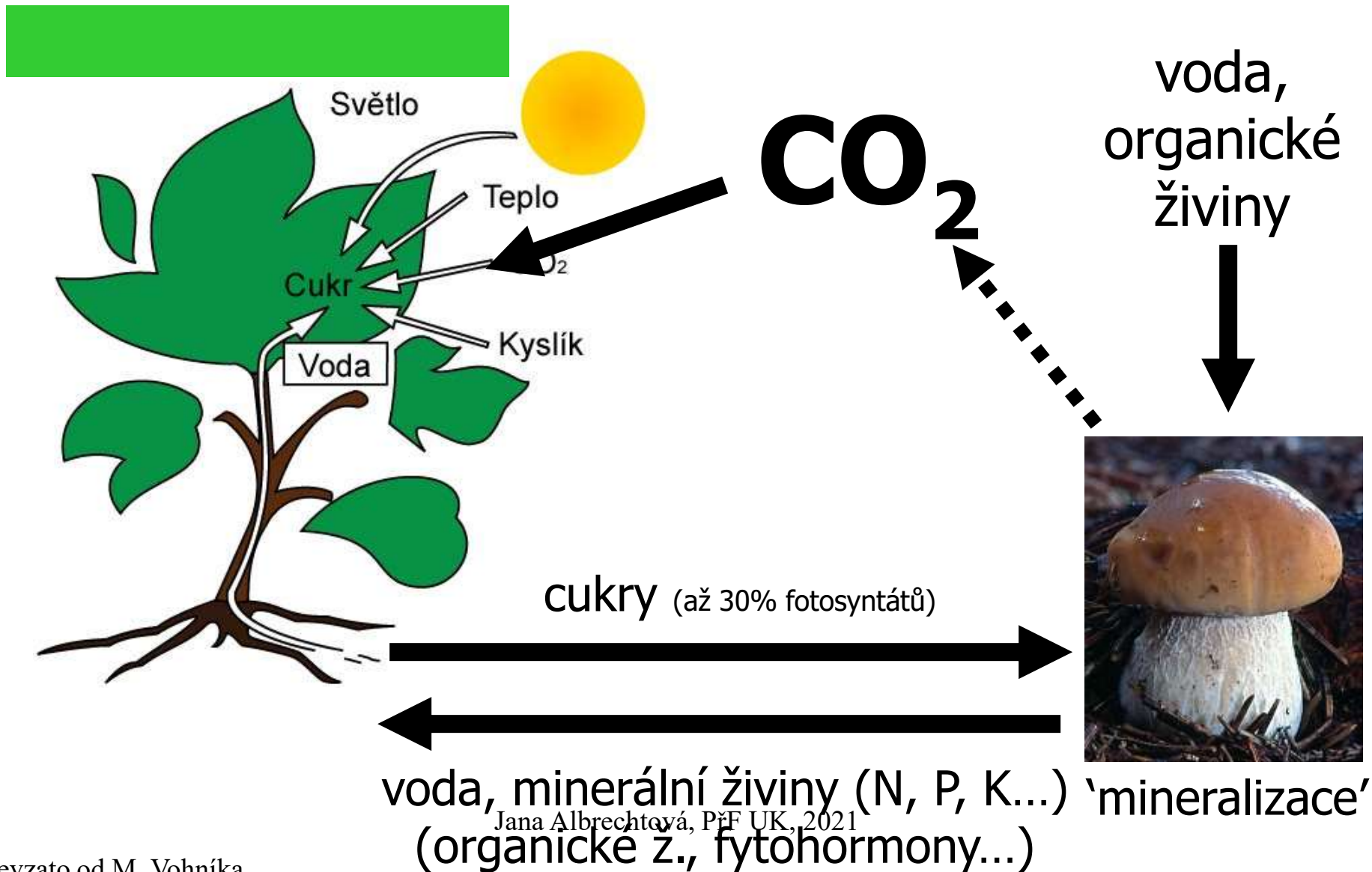
přijem minerální živiny
(především P, N, Zn)

přijem vody

ochrana proti patogenům

Mykorrhiza = mutualistická symbióza

FOTOAUTOTROFNÍ ROSTLINY & HETEROTROFNÍ HOUBY



Evoluce mykorrhizy

Houby kolonizovaly souši současně s rostlinami

První “bryophyte-like” rostliny (- 400 mil. let) – endofytická asociace, připomínající arbuskulární mykorrhizu, dokonce předtím, než se kořeny jako sorpční orgán vůbec vyvinuly.

Brundrett, M. C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytologist* 154: 275-304

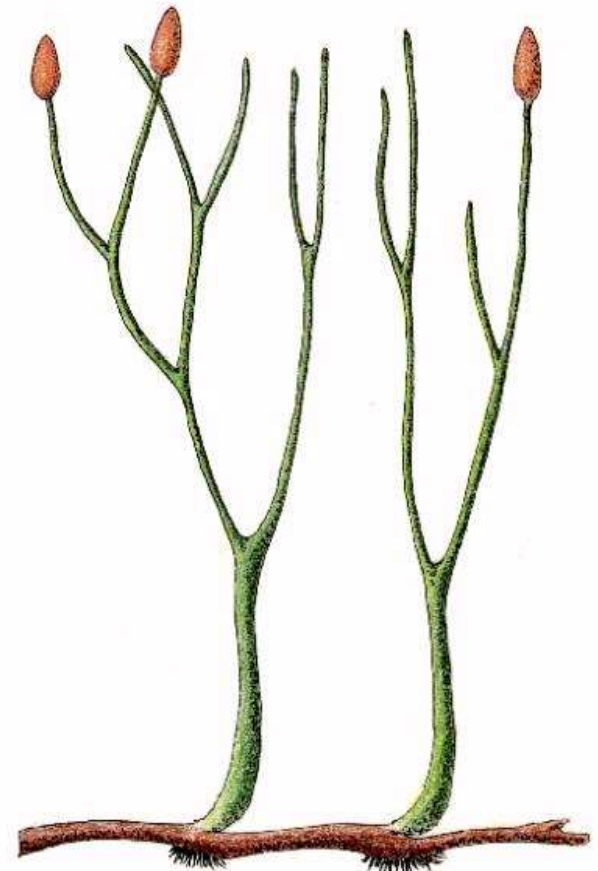
- devonské rostliny opustily vodu a rhizomy s rhizoidy sloužily pouze na uchycení v půdě (na vodu?)
- rostliny limitovány fosforem

AM – pravděpodobně parazit

- sám trpěl nedostatkem fosforu
- začal transportovat fosfor z okolní půdy
- část fosforu se přenesla do rostliny

Mykorrhizní asociace je společným znakem všech vyšších rostlin.

Jana Albrechtová, PŘF UK, 2021



http://www.palaeos.com/Plants/Rhyniophytes/Images/Aglaophyton_major.jpg

Mykorrhiza = mutualistická symbióza

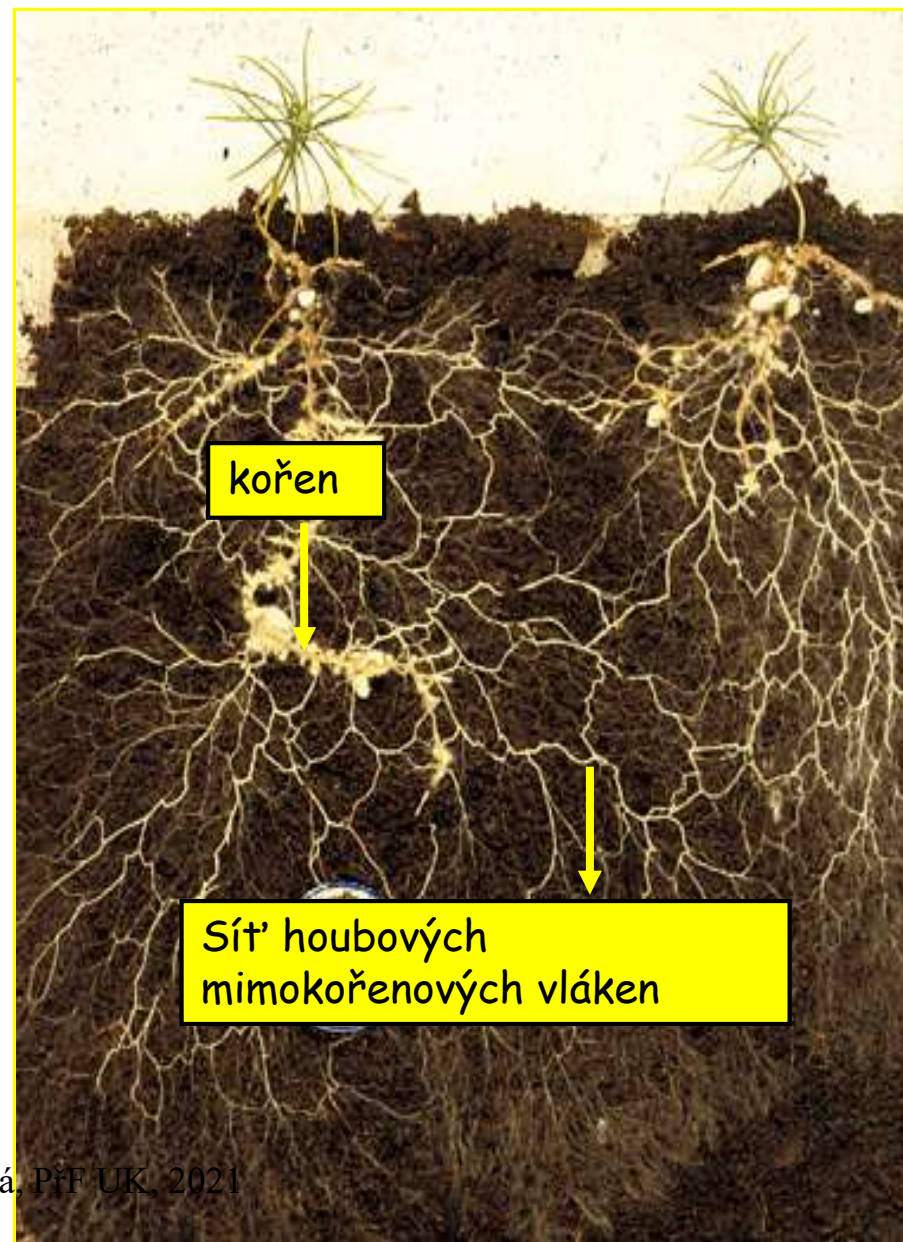
Mykorrhiza: její součásti

Orgán: kořen s houbou

Houbová vlákna – mycélium =
podhoubí

Síť houbových vláken mimo
kořen:

– mimokořenové podhoubí
extraradikální mycélium



Mykorhizní rostliny - rostliny s mykorhizou

Mykotrofní – rostliny, schopnost tvořit funkční mutualistické spojení s myceliem; lze kvantifikovat (více – méně)

Mykorhizní – houby, schopny tvořit mutualistické symbiózy s rostlinami

Mykorhiza – funkční symbióza rostliny a houby *s. l.*;

- ale i část kořenového systému rostlinného těla: místo, kde dochází k výměně látek

90 - 95 % všech druhů rostlin (225 000)

Jak mykorrhiza funguje?

Jak mykorrhiza funguje?

Jak mykorrhiza funguje?



Nešťastný strom bez mykorrhizy

...



Nešťastný strom bez mykorrhizy

...



Stále nešťastný strom bez mykorrhizy ...



Stále nešťastný strom...

ALE



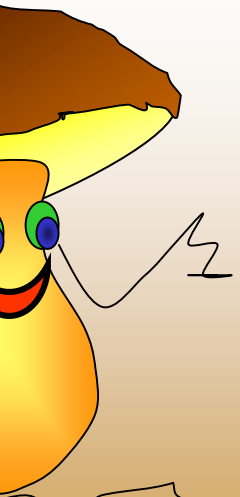
Stále nešťastný strom...

ALE



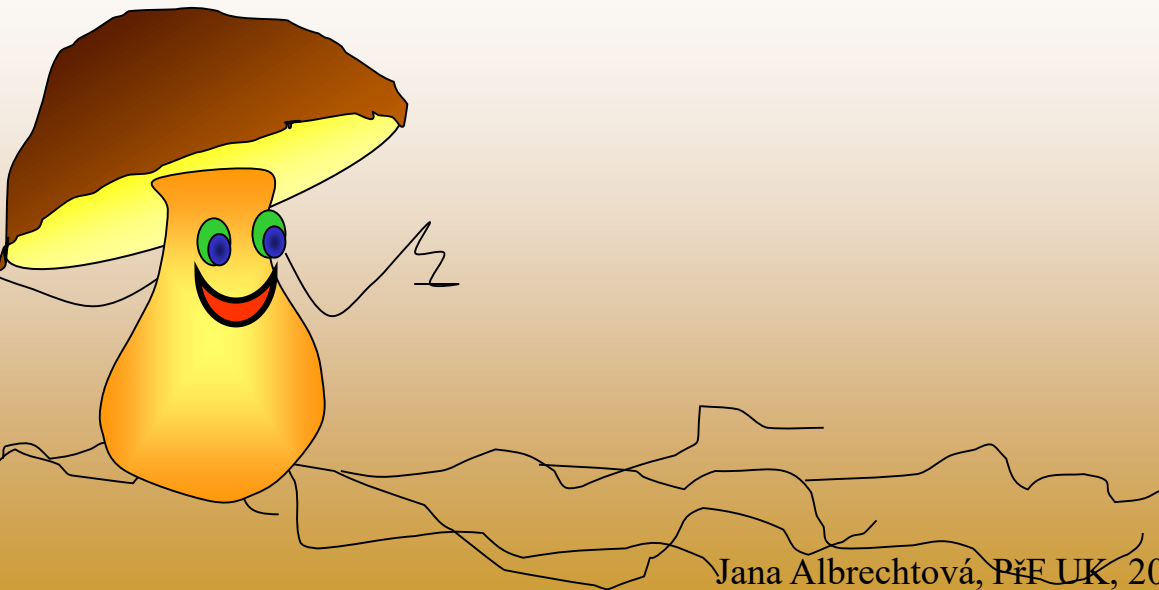
Strom v očekávání

ANO!



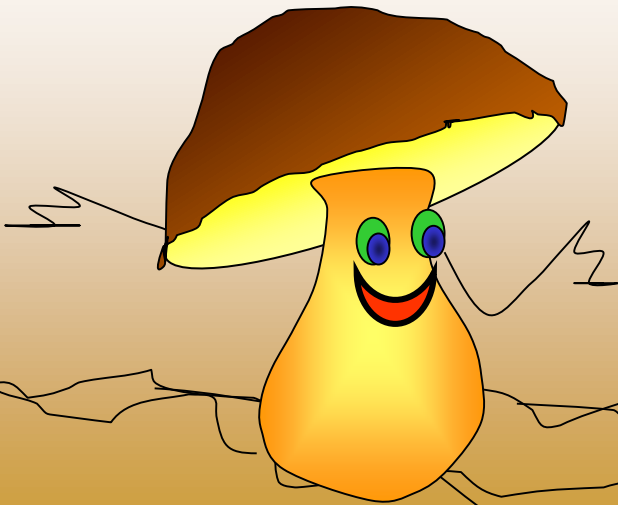
Strom - Optimista !

HOUBA



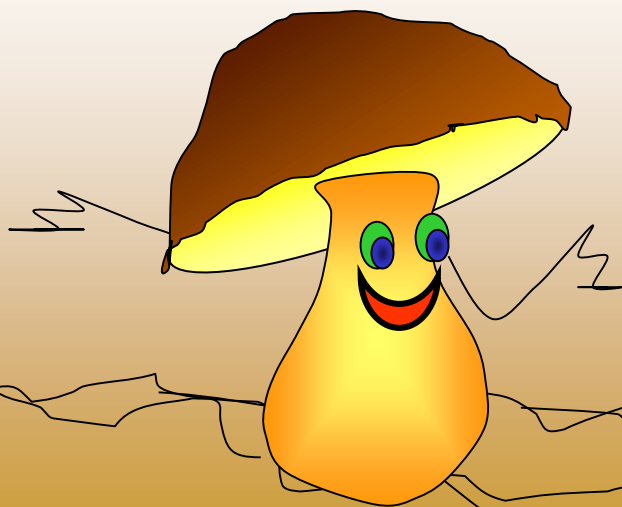
Strom - Optimista !

HOUBA



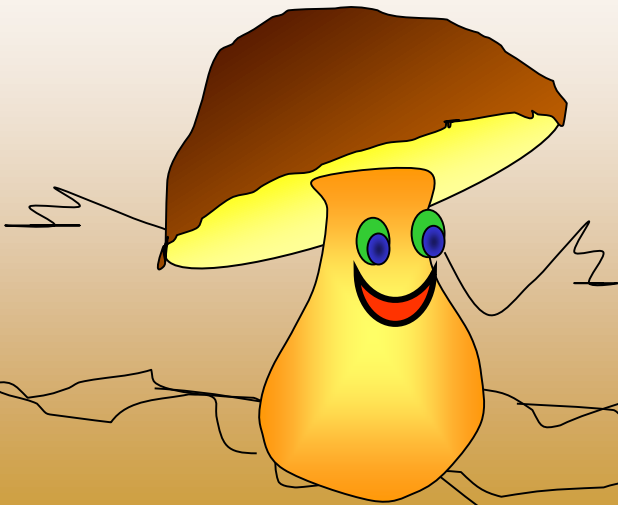
Strom - Optimista !

HOUBA



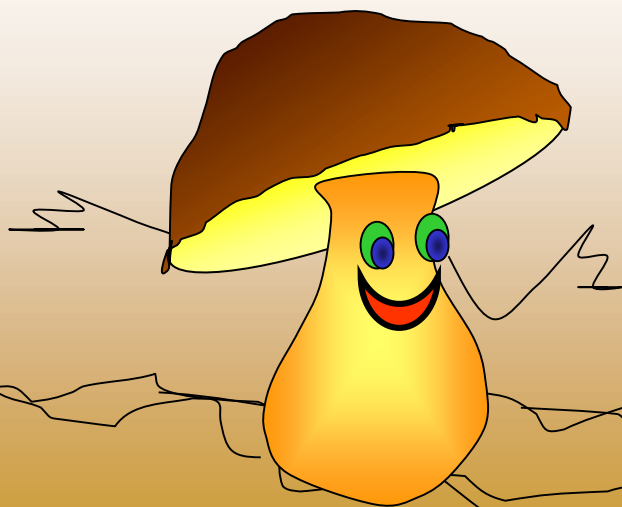
Strom - Optimista !

HOUBA



Šťastný strom s mykorrhizou

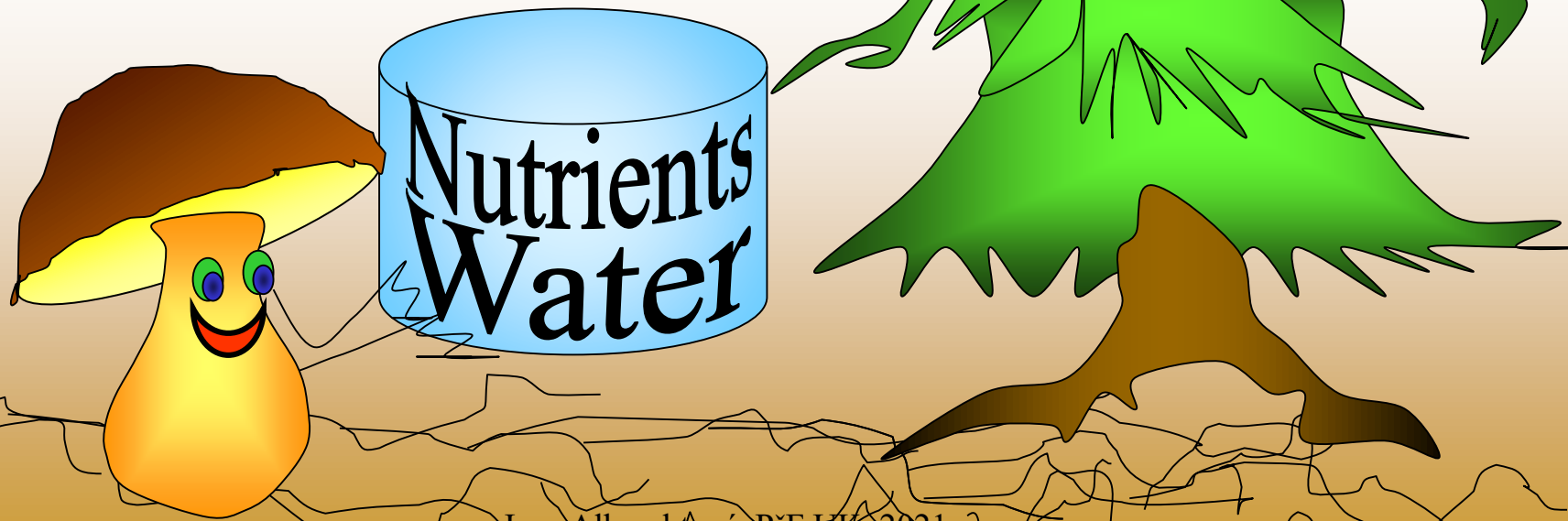
MYKORHIZA!



Šťastný strom s mykorrhizou



Šťastný strom s mykorrhizou



Šťastný strom s mykorrhizou



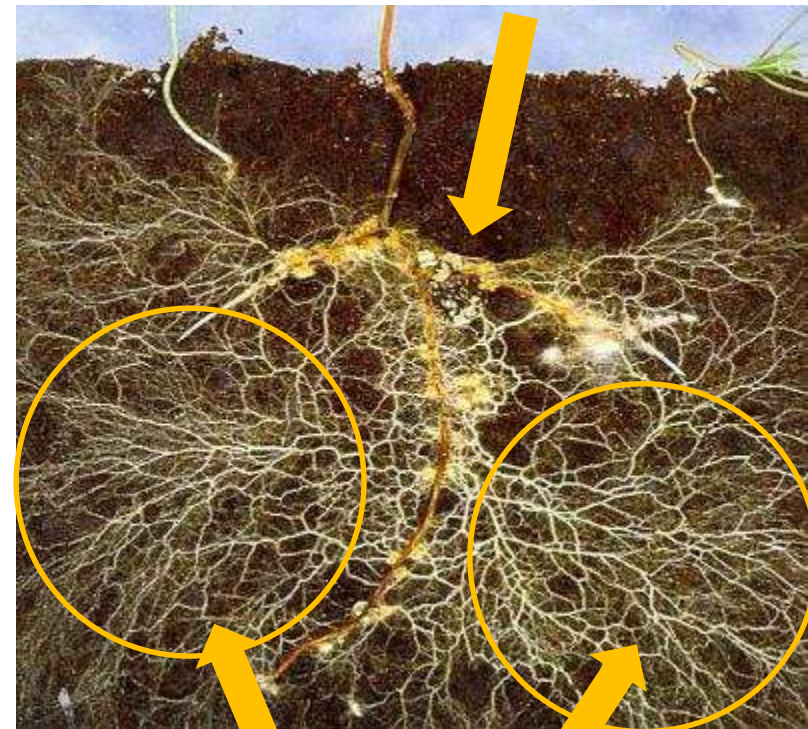
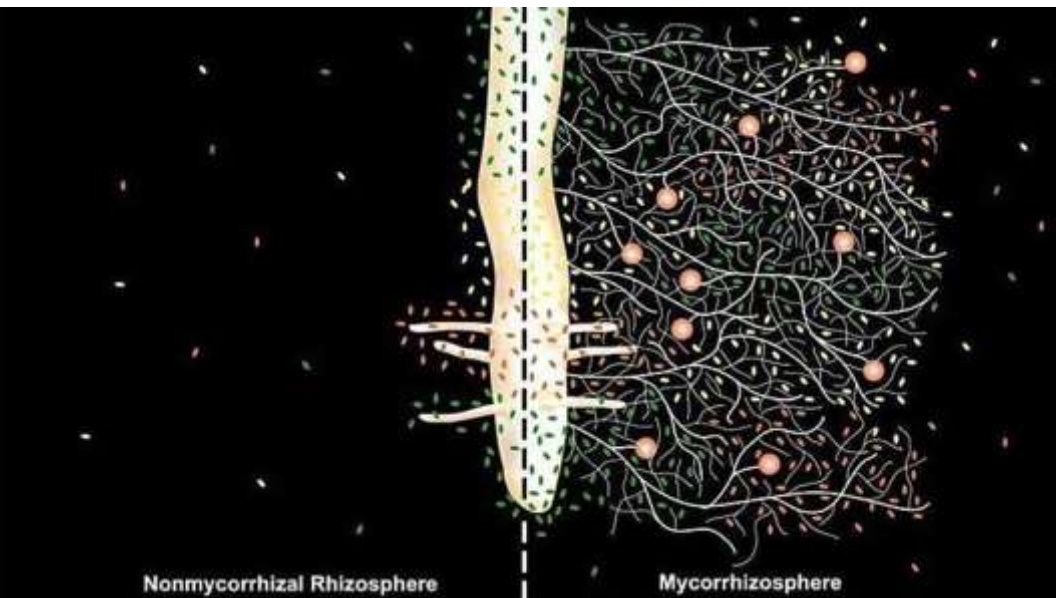
Význam mykorrhizy u rostlin

Proč je pro rostlinu mykorrhiza výhodná?

Až 700 násobné zvýšení objemu půdy, ze kterého může rostlina získávat živiny.

Rhizosféra

Mykorrhizosféra



**Extraradikální mycelium
mykorrhizní houby**

Jana Albrechtová, PŘF UK, 2021

Proč je pro rostlinu mykorrhiza výhodná?



Pinus sylvestris

Kořen *P. sylvestris*

Rhizosféra *P. sylvestris*

Mykorrhizosféra
P. sylvestris

větší objem půdy

širší spektrum zdrojů

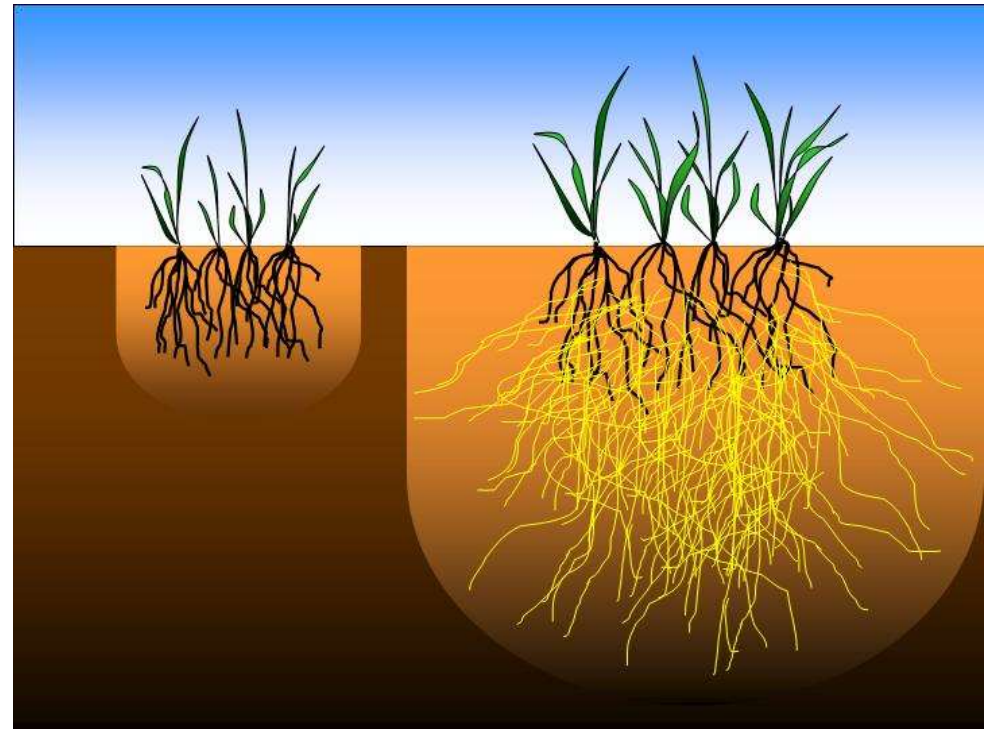
ochrana před (a)biotickými stresory

Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

Význam symbióz rostlin: mykorrhiza

Vliv mykorrhizní symbiózy

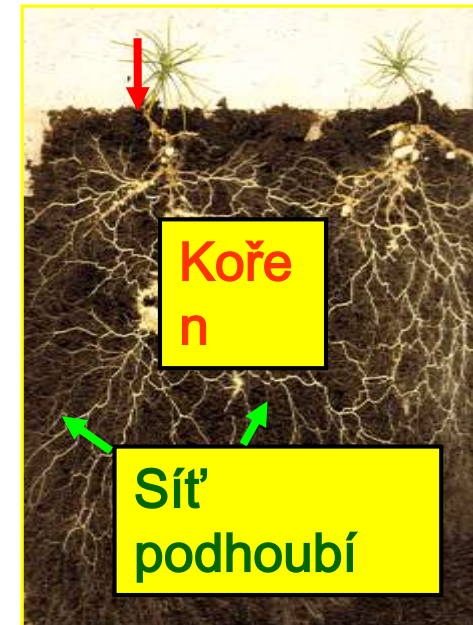
– rostliny jsou obvykle větší a kořenový systém je obalen
půdou, kořenový bal se nerozpadá



Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

VÝHODY VYTVOŘENÍ MYKORHIZNÍ SYMBIÓZY

- ✓ Zvětšení objemu půdy kolem kořenů, z kterého je rostlina schopna čerpat vodu a živiny a tím ušetření hnojiv
- ✓ Zvětšení absorpčního povrchu kořenového systému
- ✓ Zvýšení odolnosti proti některým kořenovým patogenům (Phytophthora, Fusarium, Pythium etc.)
- ✓ Zvýšení odolnosti rostliny vůči nedostatku živin, suchu a dalším stresům životního prostředí
- ✓ Agregace částic půdní organické hmoty, protierozní působení a konzervace živin v půdě
- ✓ Pozitivní změny v půdě a okolí kořenů, aktivnější mikrobiální život a zvýšená produkce organické hmoty
- ✓ Spojení kořenů rostlin v ekosystému a stabilizace a zvýšení biodiverzity rostlinného společenstva



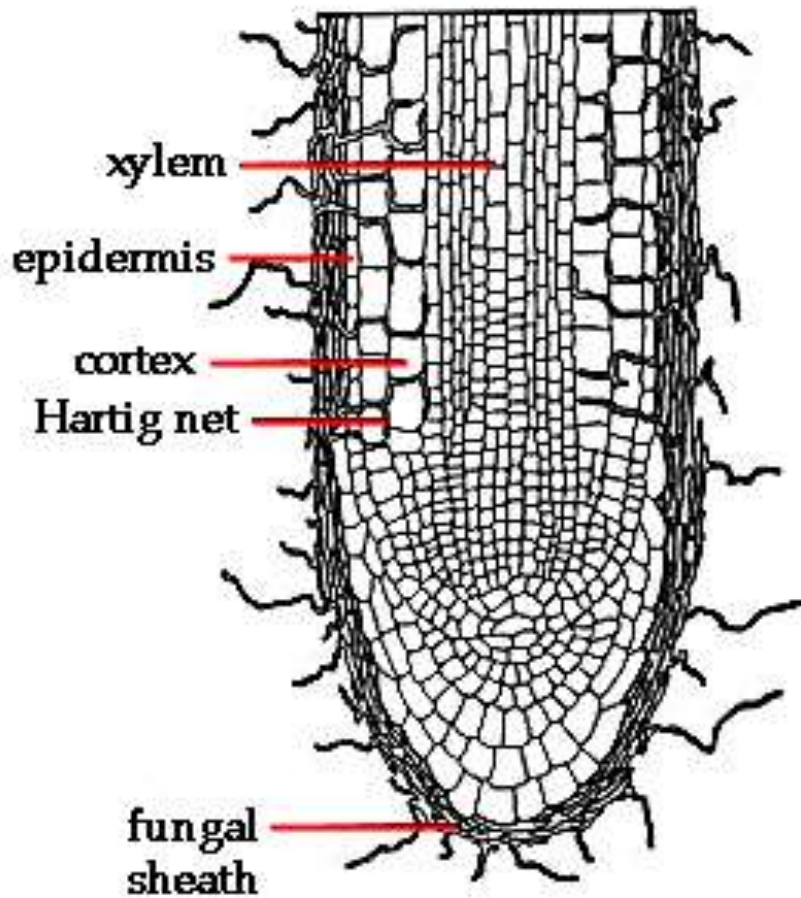
**Je mykorrhiza stejná pro
všechny druhy rostlin?**



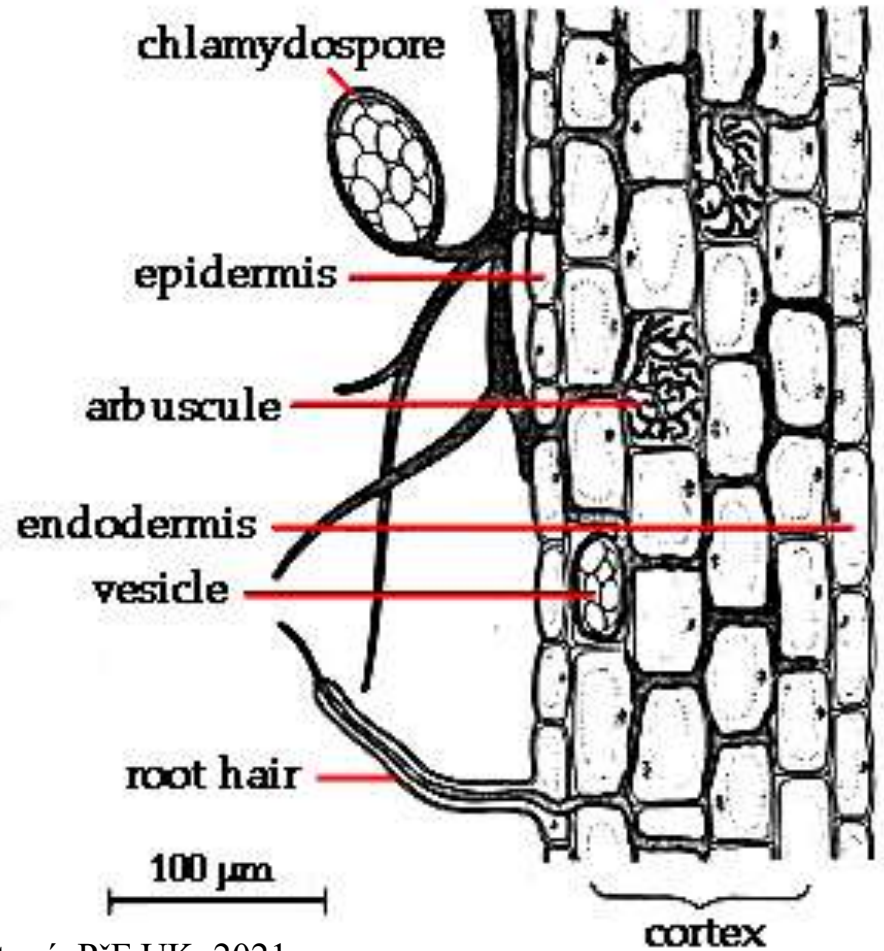
NE !

Jaké typy mykorrhiz rozlišujeme?

EKTO MYKORHIZY



ENDO MYKORHIZY



Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

Jaké typy mykorrhiz rozlišujeme?

Endomykorhiza

- 90 - 95 % všech druhů rostlin (225 000)

Nejdůležitější typ endomykorhizy: arbuskulární (AM)

- alespoň část druhů z každé větší taxonomické jednotky říše *Plantae* tvoří AM (tedy např. i játrovky, kapradiny, dřeviny, ...)

AM – patří sem i rostliny vodní (*Isoëtes*),
ruderální (*Chenopodium*) a slaništní (*Spartina cynosuroides*)

Méně genotypově specifická interakce hostitelská rostlina-houba

Erikoidní, orchidoidní – specifické endomykorhizy pro malou skupinu rostlin

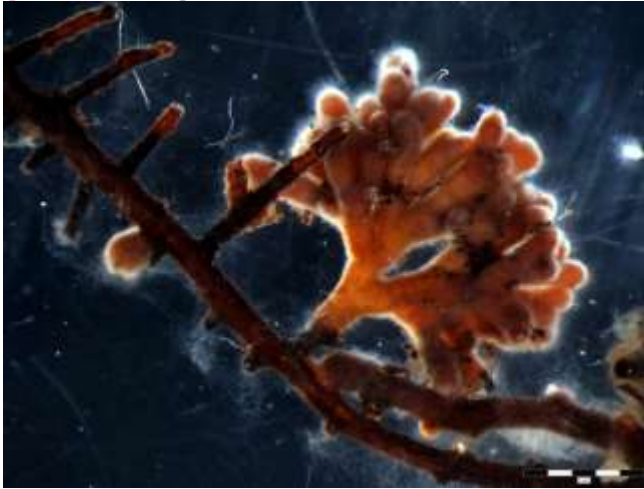
EKTOMYKORHIZA (ECM)

- asi 8.000 druhů rostlin má ektomykorhizu

Vysoce genotypově specifická interakce hostitelská rostlina-houba

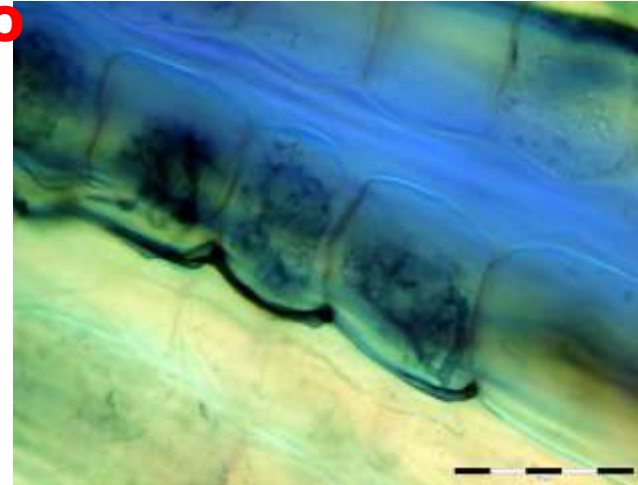
Jaké typy mykorrhiz rozlišujeme?

EKTOMYKORHIZA



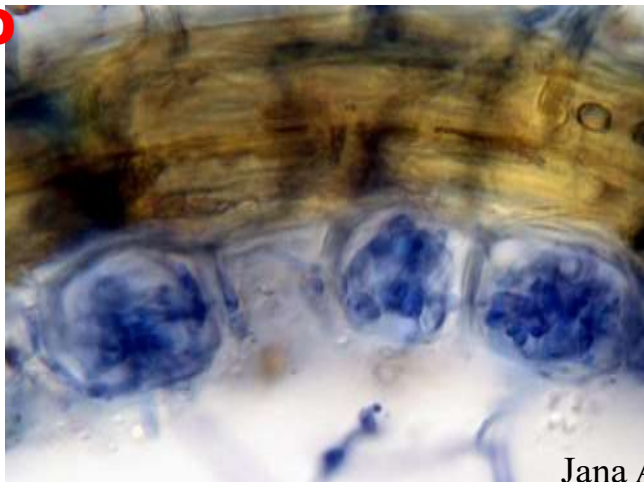
ARBUSKULÁRNÍ MYKORHIZA

ENDO



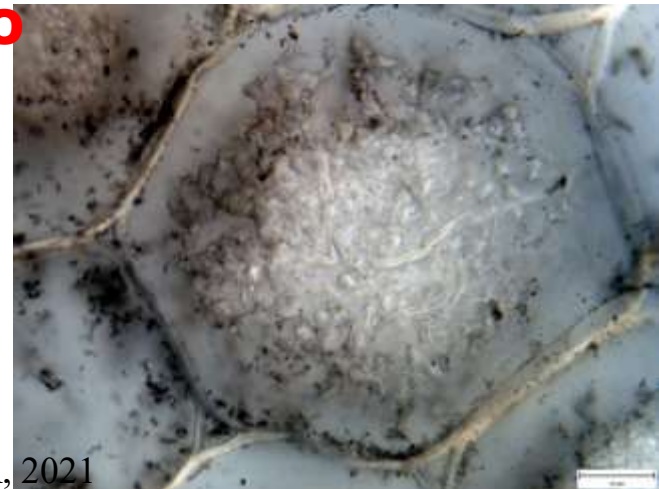
ERIKOIDNÍ MYKORHIZA

ENDO



ORCHIDOIDNÍ MYKORHIZA

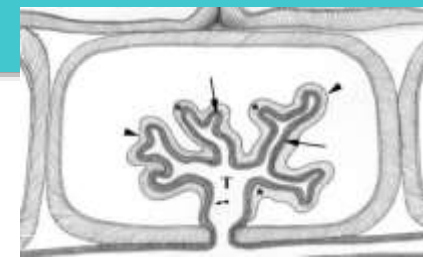
ENDO



Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

Arbuskulární mykorrhiza

(Endomykorrhiza)



arbuskule

Arbuskulární mykorrhiza (AM)

Nejrozšířenější typ – přibližně 70% všech rostlinných druhů.

Byliny, trávy a některé druhy listnatých dřevin.

Houby z oddělení Glomeromycota....

Význam v příjmu fosforu (vody, N, Zn, apod.).

Jeden z typů endosymbiózy.

Dříve známá jako vezikulo-arbuskulární symbióza

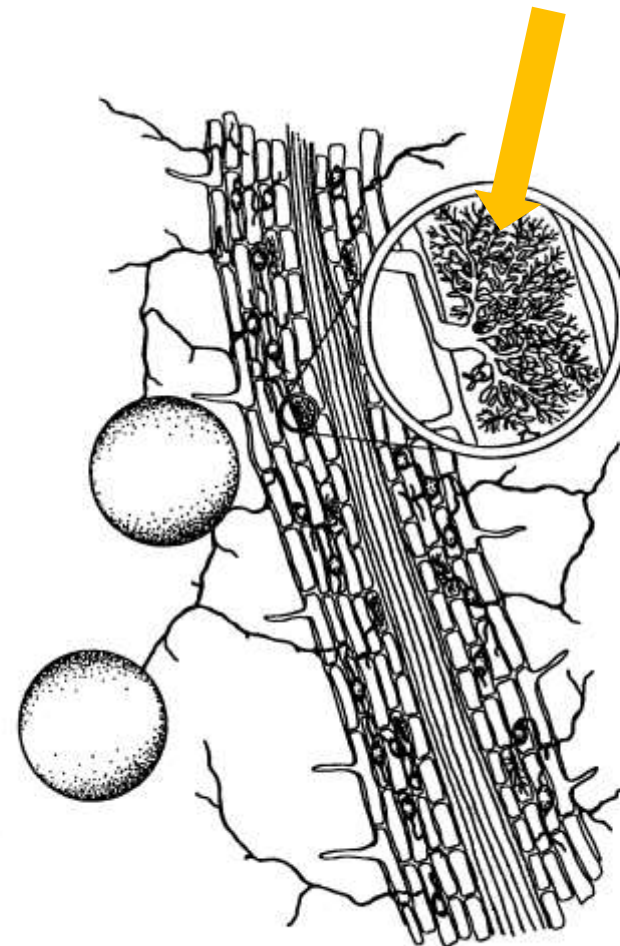


Fig. 1.

Jana Albrechtová, PřF UK, 2021



arbuskule

keříčkovité
útvary
umožňující
oboustranný
přenos živin



Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

Poskytnuto Dr. Vosátkou, BÚ AVČR

arbuskule

keříčkovité
útvary
umožňující
oboustranný
přenos živin

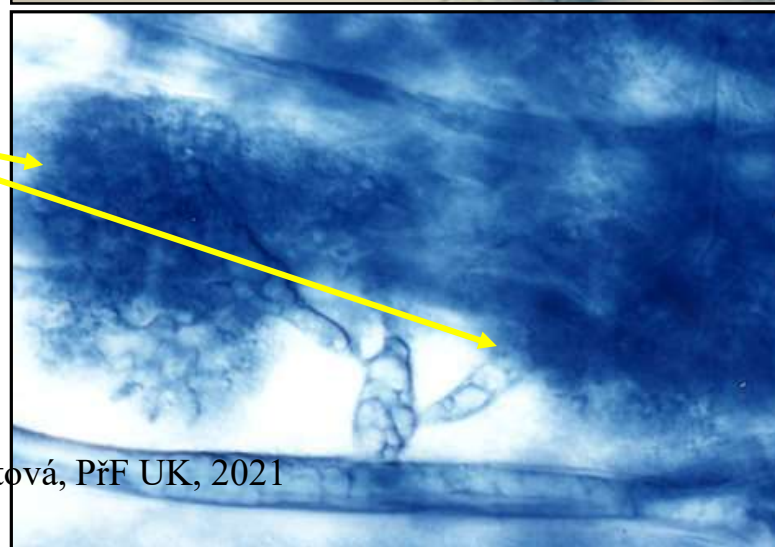
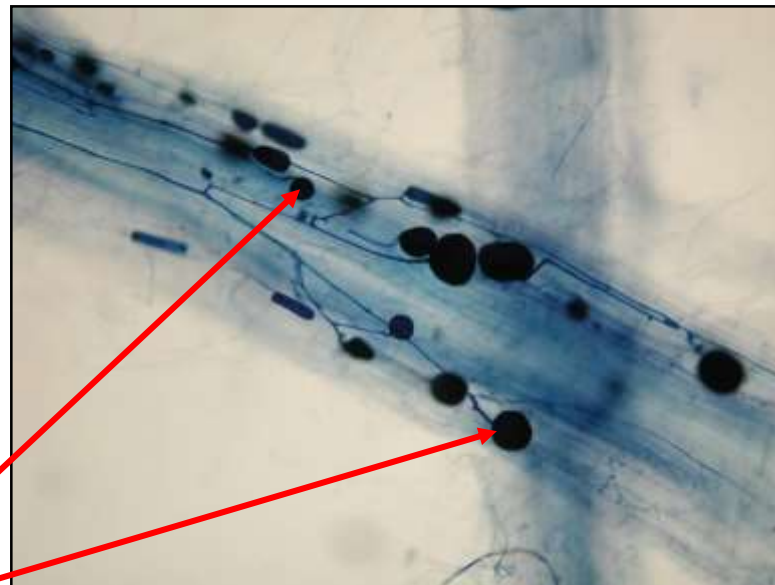


Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

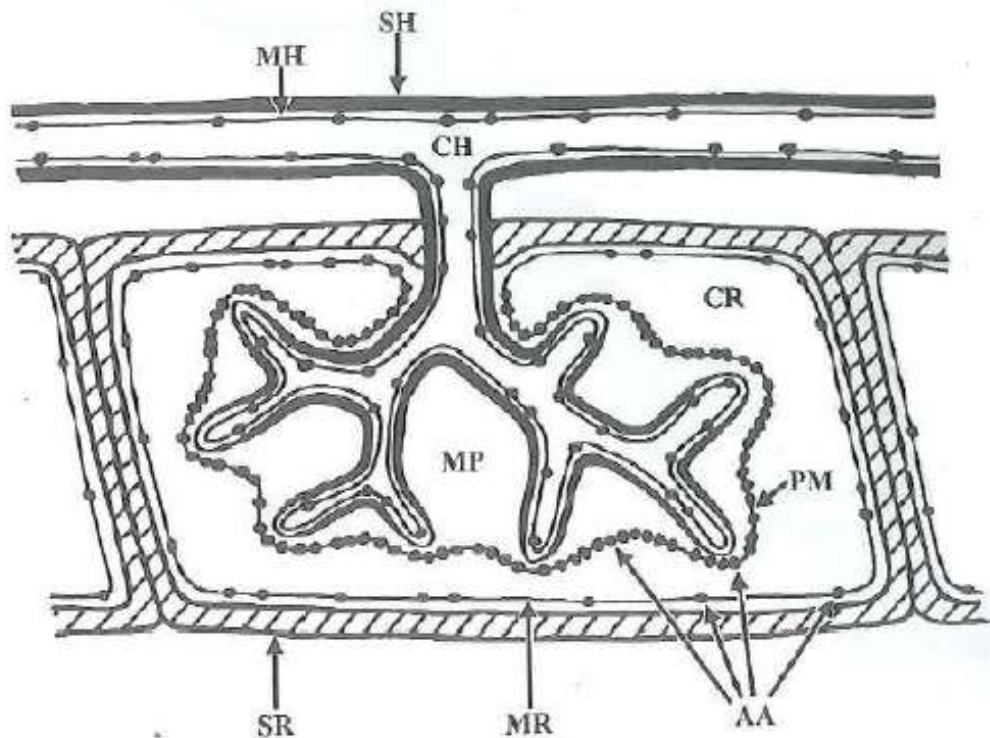
Poskytnuto Dr. Vosátkou, BÚ AVČR

Mycelium je uvnitř buněk kořenů. Kromě hyf se uvnitř buněk se tvoří

- Vezikule**
- Arbuskule**



Arbuskulární MYKORHIZA: hyfy penetrují buněčnou stěnu hostitele a jsou obklopeny interfaciální matrix (rostlinný původ) + cytoplasmatickou membránou hostitele (= perifungální membrána)



**INTERFACE
ROSTLINA -
HOUBA**

Obr. 1 Schéma arbuskuly: SR – buněčná stěna hostitelské rostlinné buňky, MR – cytoplasmatická membrána rostlinné buňky, CR – cytoplasma rostlinné buňky, CH – cytoplasma buňky houby, MH – cytoplasmatická membrána buňky houby, SH – buněčná stěna buňky houby, PM – periarbuskulární membrána (= vchlípená cytoplasmatická membrána rostlinné buňky), MP – mezibuněčný prostor, AA – lokalizace ATPázové aktivity. Gryndler 2004

Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

Arbuskulárně mykorrhizní rostliny

Arbuskulární mykorrhiza je společným znakem všech terestrických rostlin (i kapradiny či plavuně).

Geny potřebné k fungování AM najdeme i v nemykorrhizních rostlinách.

Nemykorrhizní však jsou i celé rostlinné čeledi: *Chenopodiaceae*, *Brassicaceae*, *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae*, *Juncaceae* a *Proteaceae*.

Obligátně mykorrhizní



Fakultativně mykorrhizní



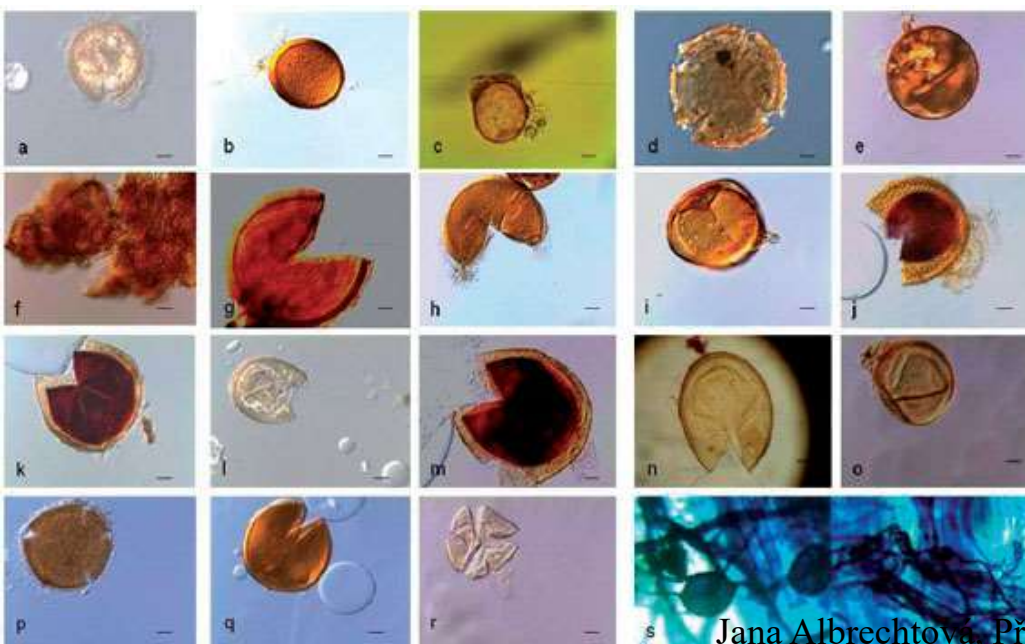
Arbuskulárně mykorrhizní houby

oddělení Glomeromycota (nedávno přeraženo do Glomeromycotina v rámci Zygomycota)

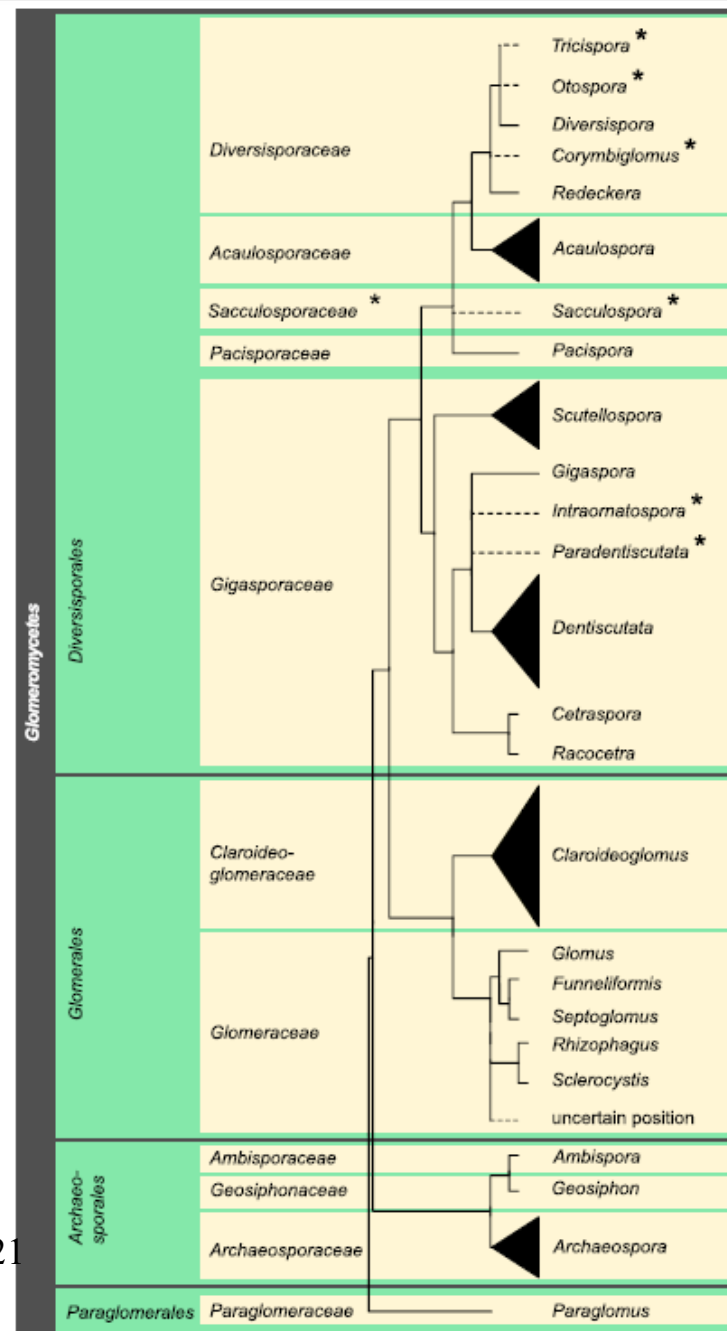
cca 250 popsanych druhů v 11 čeledích

evolučně prastará linie, pocházející někdy ze Siluru/Devonu

taxonomie založena na morfologii spor



Jana Albrechtová, PrF UK, 2021

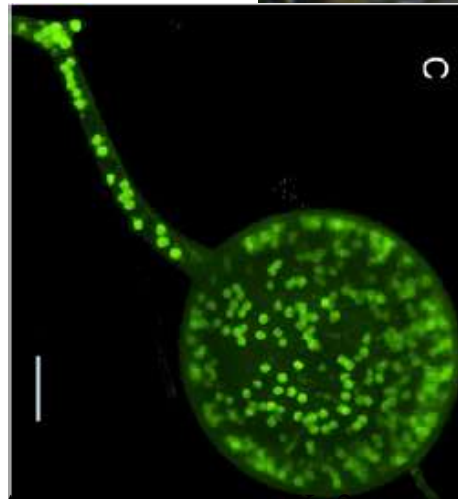
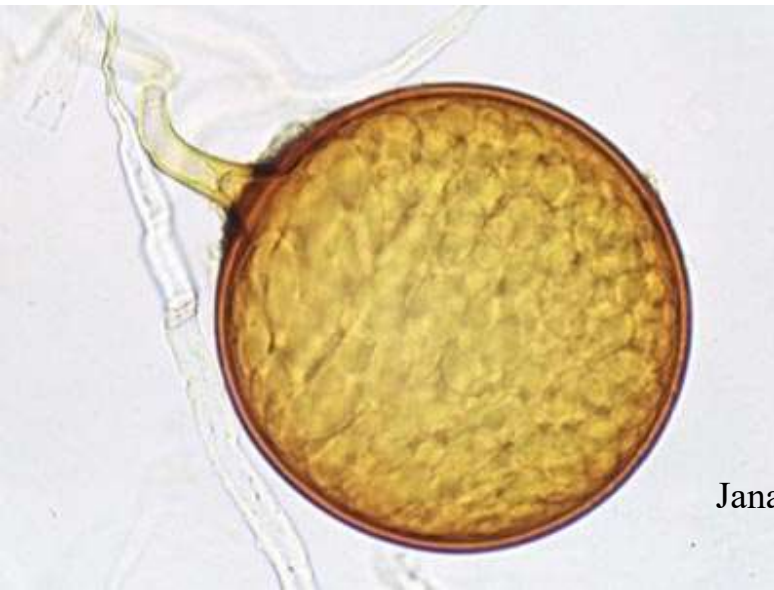


Arbuskulárně mykorrhizní houby

Mnohoaderné spory s nestejnocennými jádry

Známo pouze asexuální rozmnožování

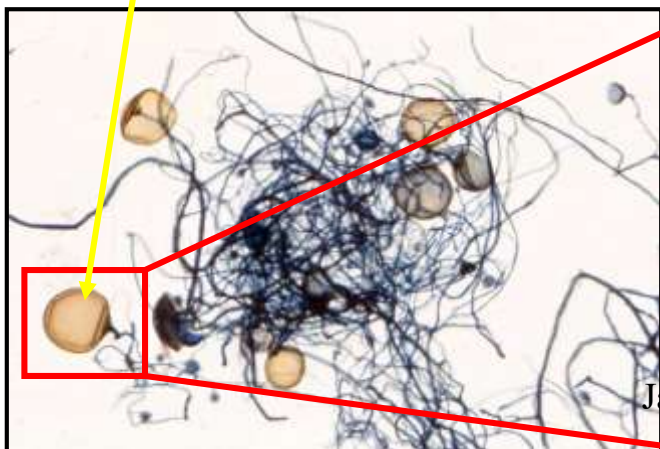
Nepřehrádkované mycelium, které tvoří anastomózy



Mycelium

prorůstá do okolní půdy

a na něm se v půdě tvoří mikroskopické
spory velikosti cca 0.2 mm



Zvětšená
spóra

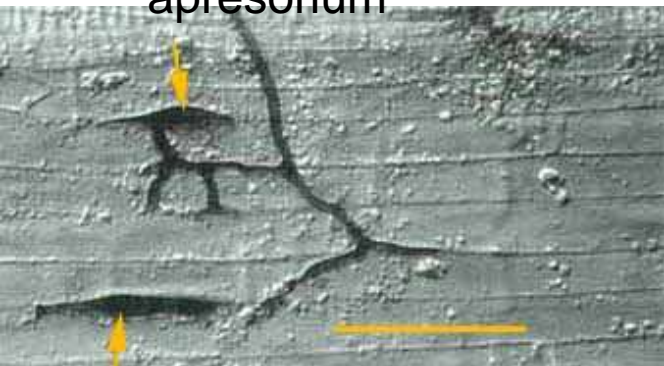


Genom AM hub

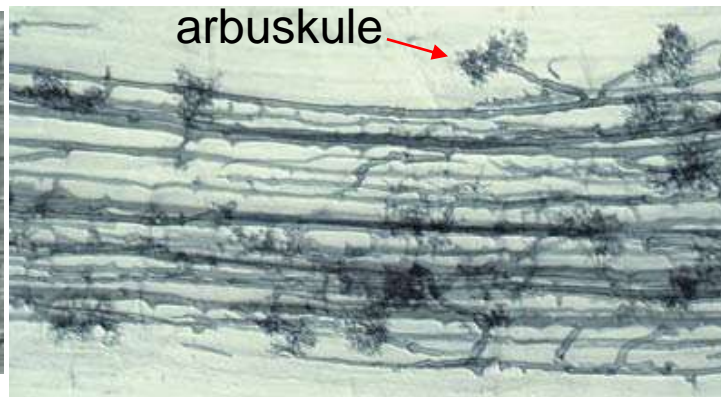
- **neobsahuje téměř žádné enzymy pro rozklad strukturních polymerů rostlin (celulóza, hemicelulóza, apod.) = s minimálními saprotrofními vlastnostmi**

Anatomie AM kolonizace

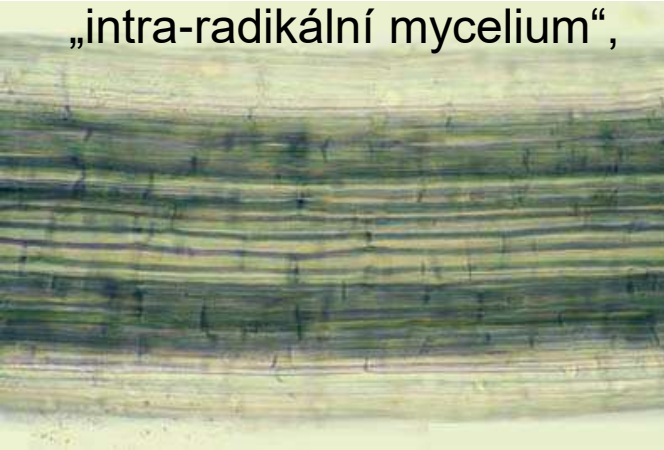
apresorium



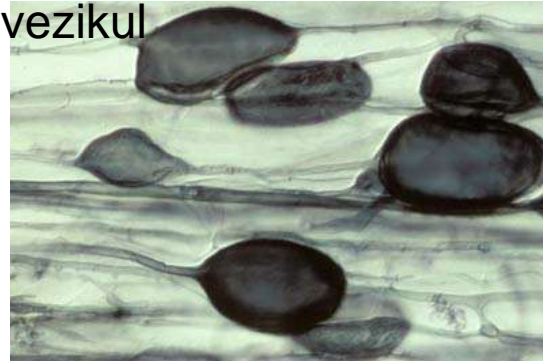
arbuskule



„intra-radikální mycelium“



vezikul



+ „extra-radikální mycelium“
– vně kořene

Souhrn

Nejrozšířenější typ – přibližně 70% všech rostlinných druhů.

Společný znak všech terestrických rostlin, u některých ale druhotně vymizel.

Nízká druhová diverzita AM hub vs. vysoká druhová diverzita AM rostlin.

AM houby téměř bez saprotrofních schopností.

AM hraje velký význam hlavně v příjmu P, vody a v ochraně proti patogenům.

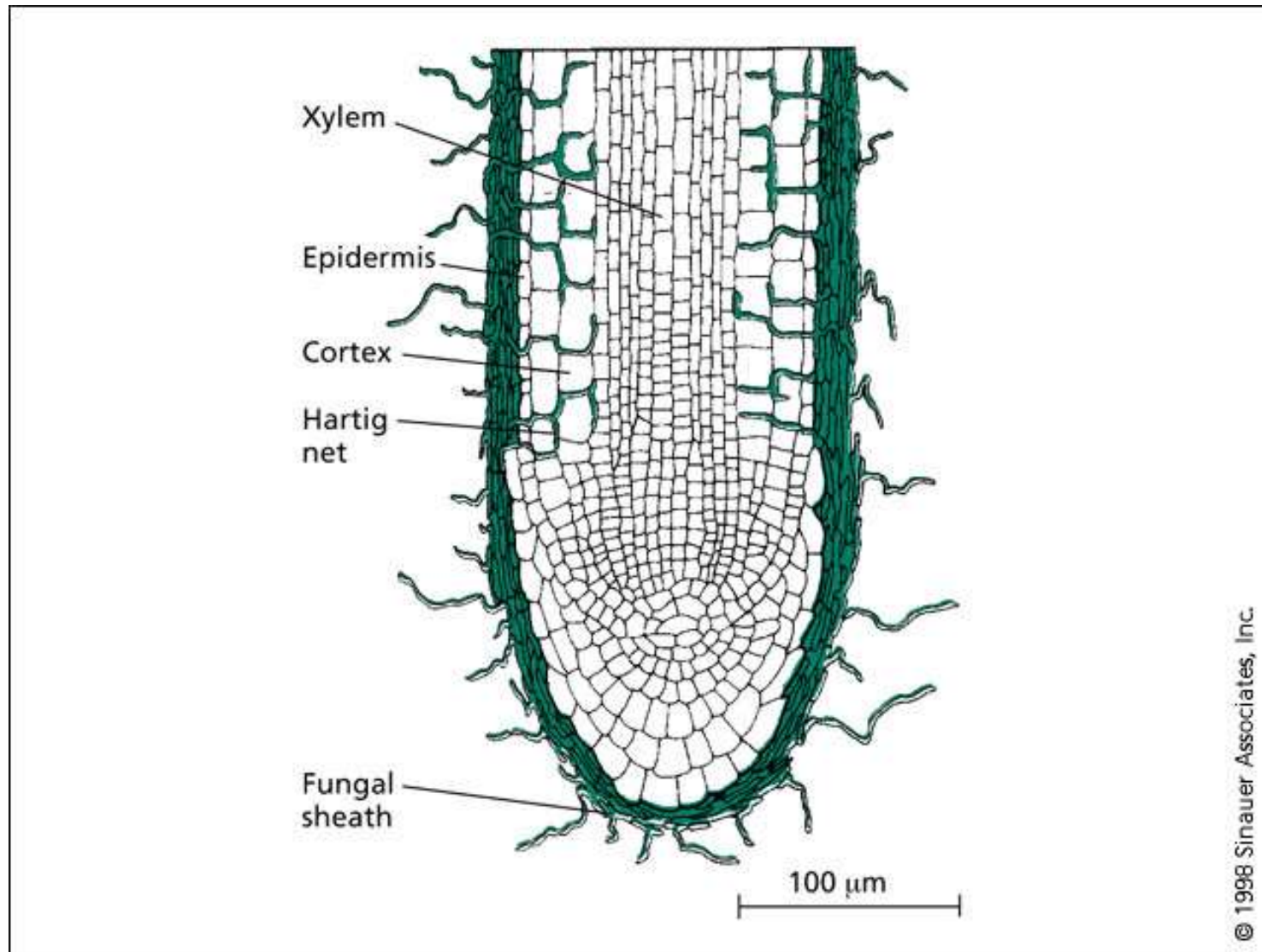
Složitý mechanismus vzájemného rozpoznávání obou partnerů, založený na signalizaci strigolaktony a chitinoooligosacharidy.

Tvoří mycelium u
endomycorrhizy plodnice ?



Ektomykorhiza

Ektomykorrhiza



Ektomykorhiza

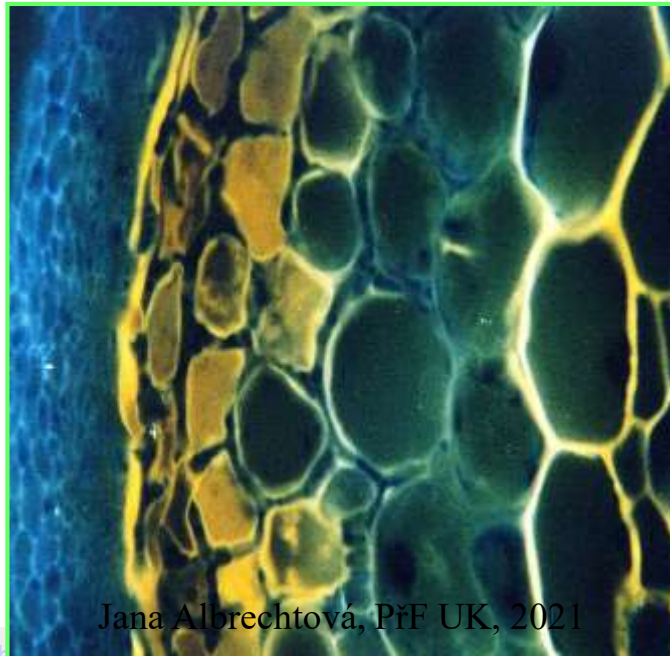
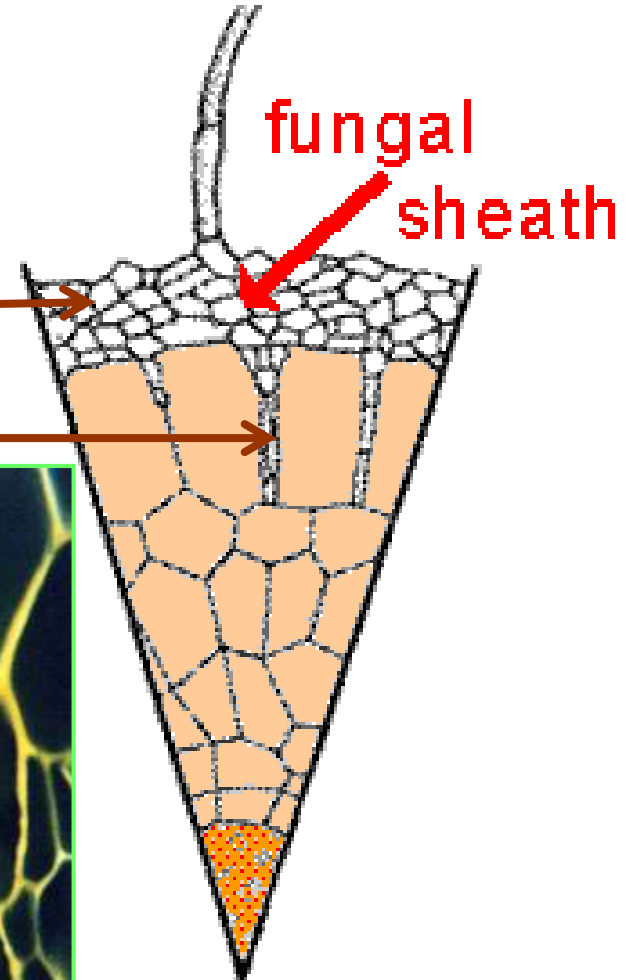
Mycelium prorůstá vně mezi buňkami kořene a na povrchu tvoří vnější houbový plášť

1 - Příčný řez kořenem:

-Hyfový plášť

-Hartigova síť

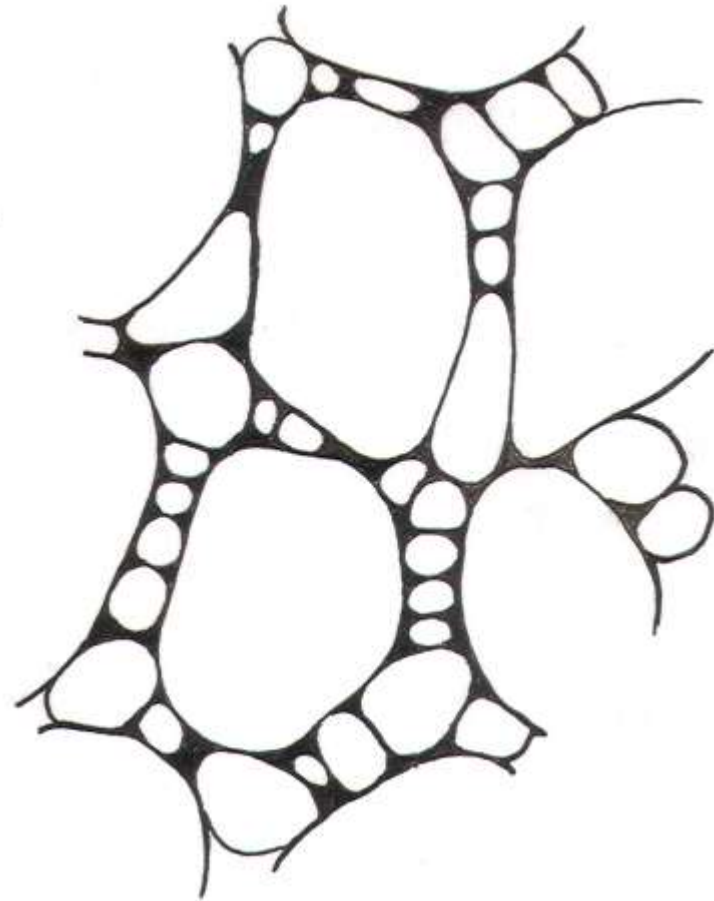
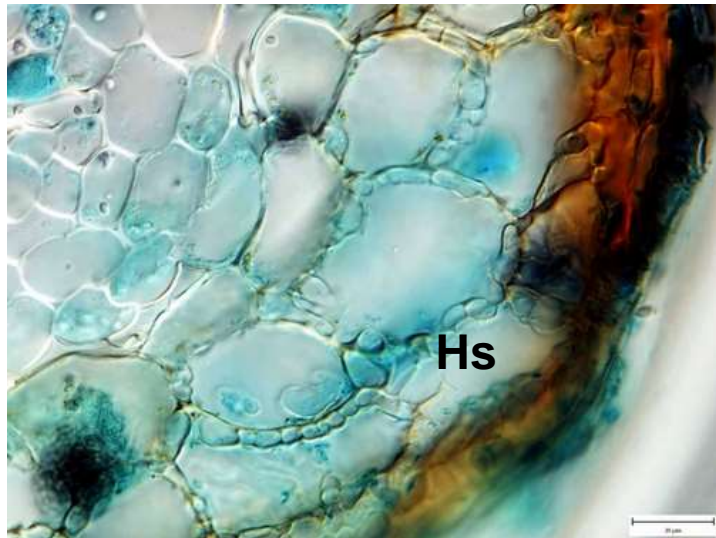
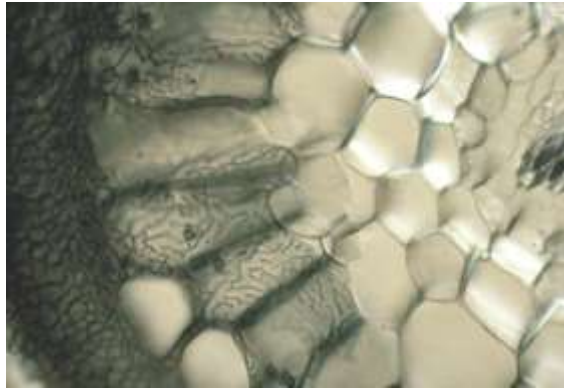
kolem buněk primární kůry kořene



Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

Ektomykorhiza

Hartigova síť



Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

Ektomykorhiza

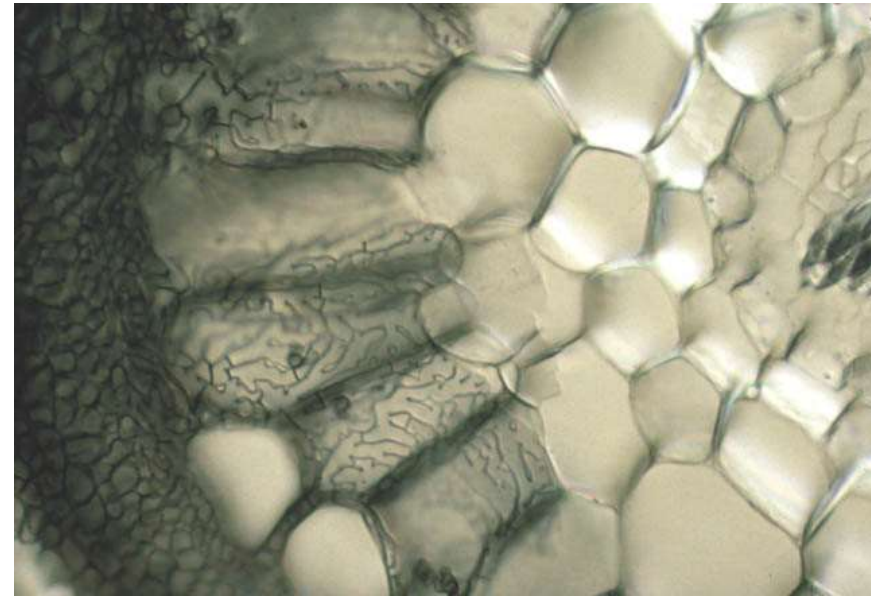
Druhý nejběžnější typ s významným ekologickým vlivem.

Dřeviny - především jehličnany

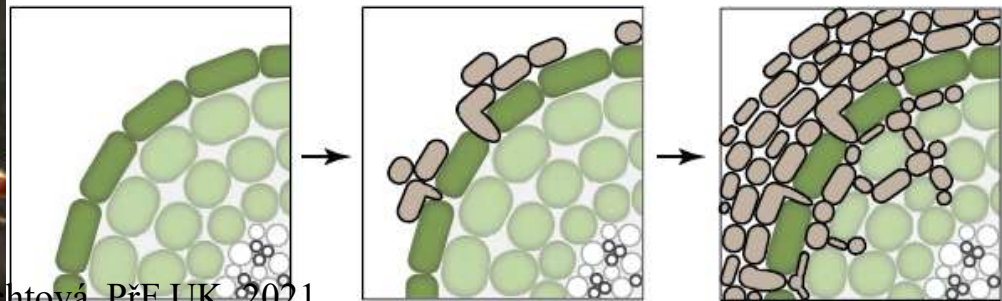
Basidiomycota, Ascomycota, Zygomycota

Význam v příjmu dusíku

EcM houby dokážou rozkládat složitější organické molekuly a získávat z nich živiny



MC. Brundrett



TRENDS in Genetics

Ektomykorhiza

Ve srovnání s AM výrazně méně druhů, ale ekosystémově velice důležitých.

Téměř všechny EcM rostliny jsou obligátně mykorhizní.

Některé rostliny tvoří AM i EcM symbiózu, tzv. duální hostitelé (vrby, topoly, olš

Většinou dřeviny mírného a boreálního pásma.

Např.: Pinaceae, Salicaceae, Betulaceae, Fagaceae



Ektomykorhizní houby

Basidiomycota, Ascomycota, Zygomycota

celkem 162 – 247 rodů, více než 10tis. druhů hub

V evoluci vznikla min. 66x – v drtivé většině z půdních saprotrofů

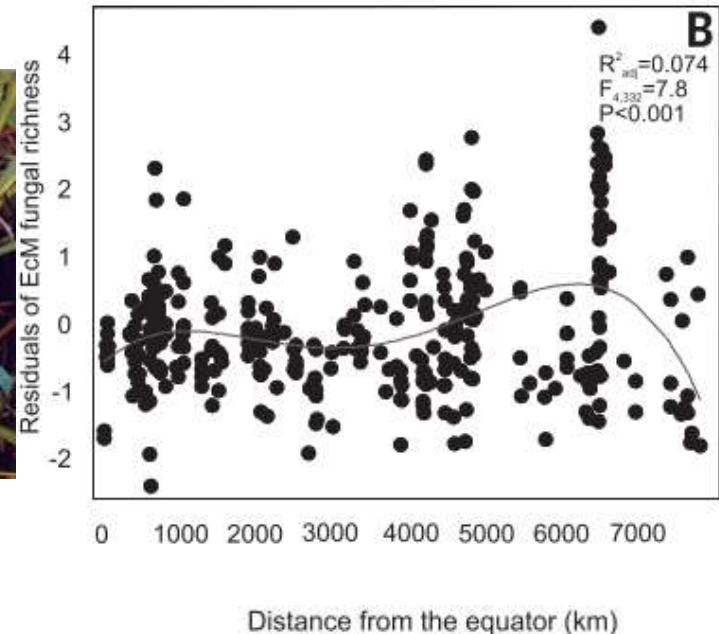
vysoká druhová diverzita v mírném pásmu

Vznik EcMF ze saprotrofa je spojen s přestavbou genomu a ztrátou mnoha enzymů.

Evoluce úzce spojena s evolucí hostitelských rostlin – především z čeledi Pinaceae.



vysoká druhová diverzita v mírném pásmu



Ektomykorrhiza



Tvoří mycelium u
ektomykorrhizy plodnice ?



Většinou
ANO !



Tvoří mycelium u ektomykorrhizy plodnice ?

Velmi úzká specifita strom –
mykorrhizní houba.....

<https://www.blesk.cz/clanek/radce-zdravi-a-zivotni-styl/485335/stromy-a-houby-si-spolu-rozumi-precete-si-ktere-druhy-hub-najdete-pod-kterym-stromem.html>

Většinou

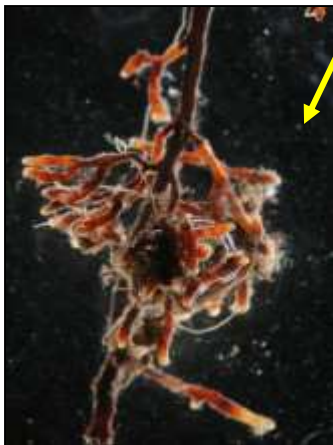
ANO !

Ektomykorhiza (ECM)

Pod plodnicí houby

Rostou houbová vlákna v půdě

a když se dostanou do kontaktu s kořenem hostitelské rostliny vytvářejí mykorhizu – orgán založený na symbióze houby a kořene rostliny.



Erikoidní mykorrhiza

Erikoidní mykorrhiza

Hostitelské rostliny pouze

Vřesovcovité

(z čeledí *Ericaceae* a
Epacridaceae)



Erikoidní mykorrhiza

Mycelium vytváří

uvnitř kořene houbové smyčky.

Mycelium může být pěstováno asepticky na agarových plotnách



Společné myceliální sítě (CMIN)

Význam v ekosystému

Role extra-kořenového mycelia ve společenstvu rostlin

Jak ovlivňuje houbové mycelium koexistenci rostlin ve společenstvu?

...přes spojení kořenů myceliem

...transportem živin myceliem

...kolonizací okolních rostlin

Společné mykorrhizní sítě (CMN): propojení rostlin

Propojování rostlin skrze společné mykorrhizní mycelium

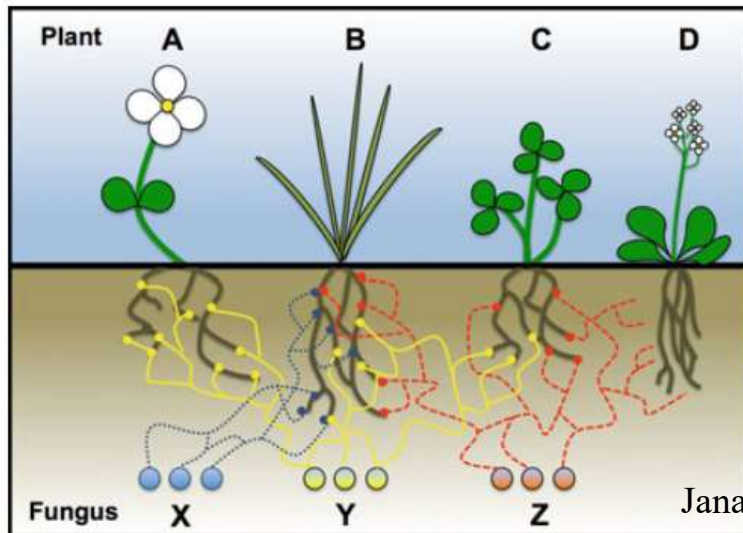
(„**common mycorrhizal or mycelial networks**“ – CMNs) – sdílené mykorrhizní sítě

CMNs mají potenciál pro výměnu látek, energií či informací mezi mykorrhizními rostlinami.

Předpoklady pro tvorbu CMNs:

Mycelium mykorrhizních hub může kolonizovat více rostlin najednou.

Nízká specifita mykorrhizních partnerů způsobuje tvorbu CMNs i mezi různými druhy rostlin.



Mycorrhizal networks: a review of their extent, function, and importance¹

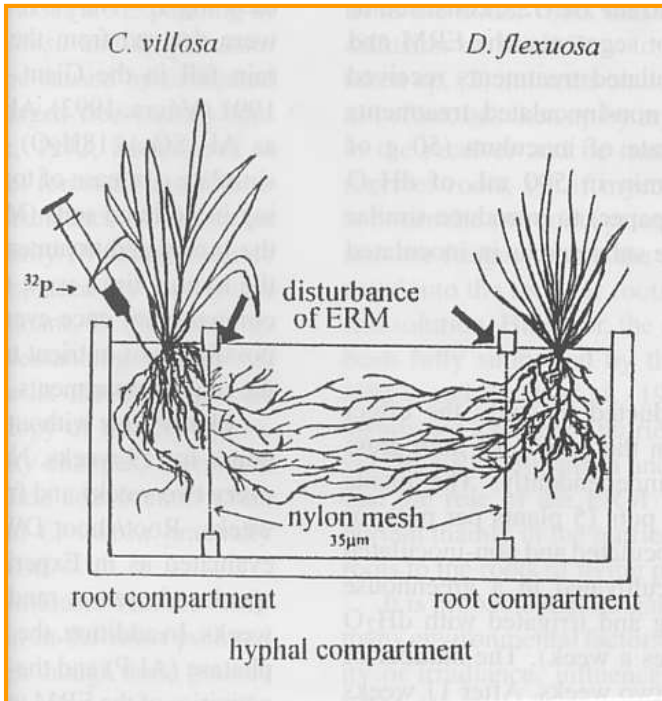
Suzanne W. Simard and Daniel M. Durall

Společné mykorrhizní sítě (CMN): propojení rostlin

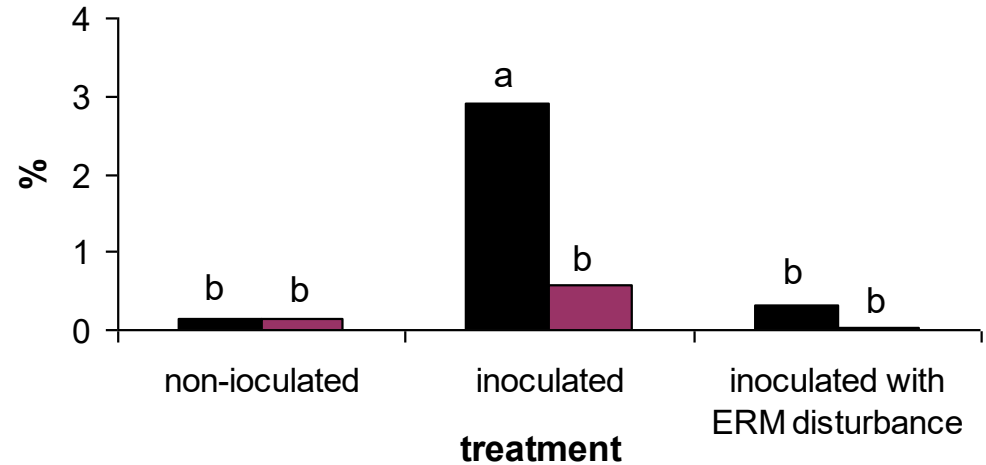
CMN: ERM jako prostředník přenosu živin, signálů

Dva druhy trav (*Calamagrostis villosa* and *Deschampsia flexuosa*) kompetující v lesním ekosystému ovlivněném kyselým deštěm:

experiment v rhizoboxech za účelem vyhodnocení role arbuskulární mykorrhizy v kompetici



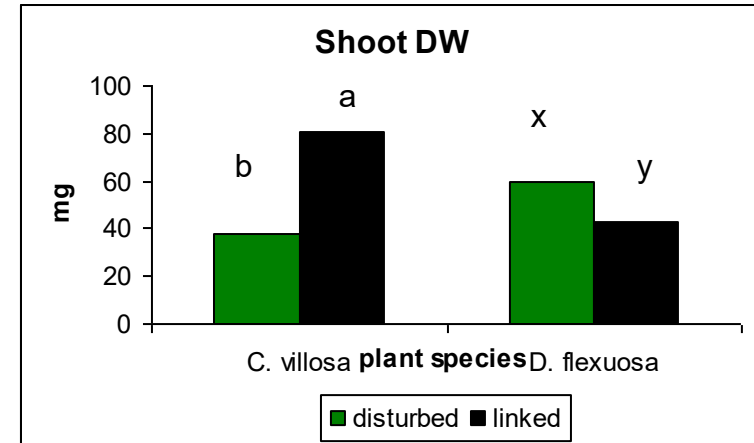
Percentage of total ^{32}P applied to the rhizosphere of donor plants transported into the shoots of receiver plants



receiver plant: ■ *Calamagrostis villosa* ■ *Deschampsia flexuosa*

- Propojení extra-kořenového mycelia umožňovalo transfer fosforu (^{32}P) mezi oběma druhy.
- Přerušení mycelia vyústilo ve významný pokles transportovaného izotopu ^{32}P .
- Dva druhy trav se lišily ve schopnosti získávat ^{32}P od „dárcovské“ rostliny

Společné mykorrhizní sítě (CMN): propojení rostlin



The presence of ERM links between two grasses (*Calamagrostis villosa*/*Deschampsia flexuosa*) changed significantly the outcome of plant competition (difference between growth of both species when plant chambers linked via ERM or when ERM links disturbed)

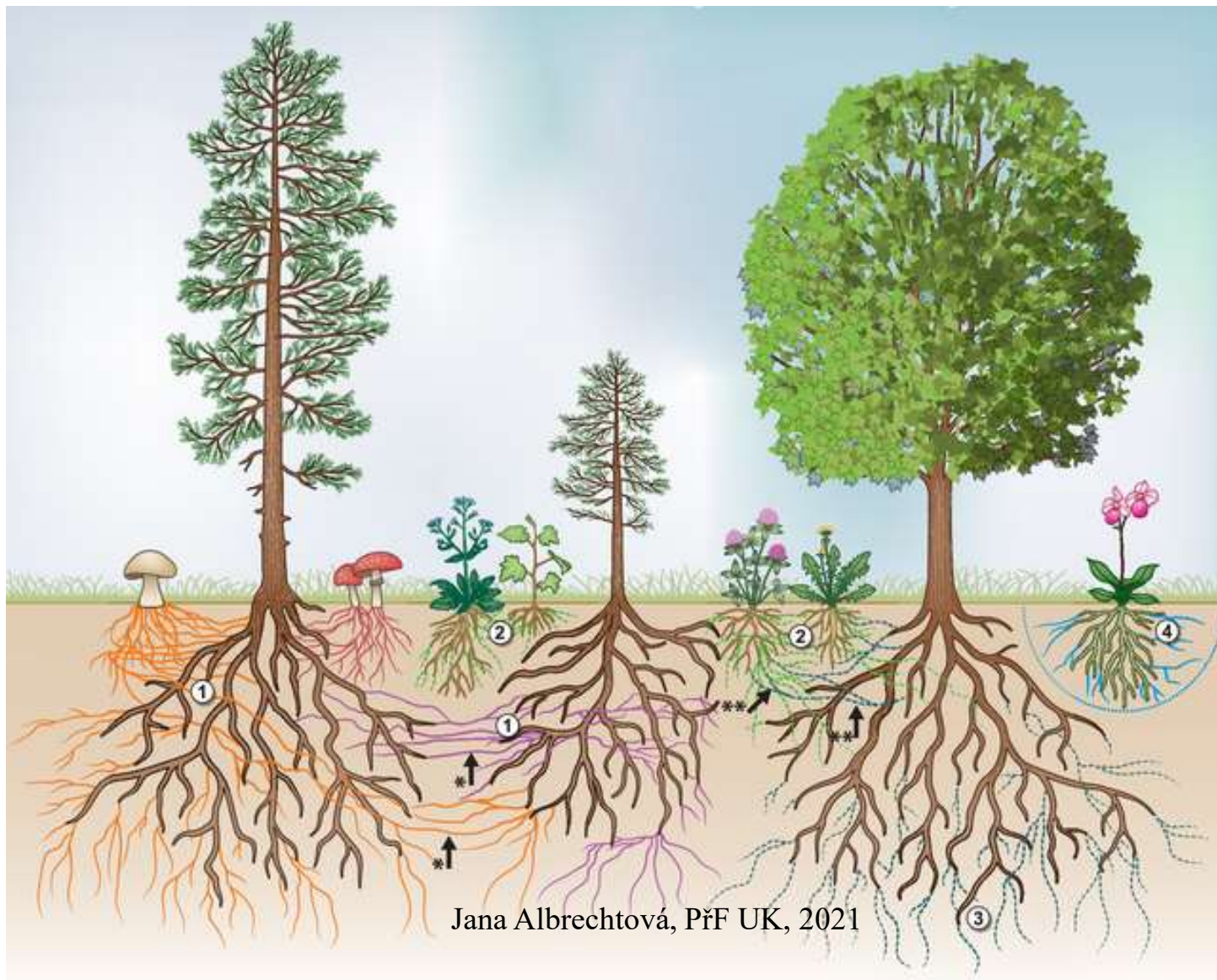
Vosatka and Dodd (Plant and Soil, 1998)

ERM jako prostředník kompetice rostlin

Jana Albrechtová, PrF UK, 2021

Význam mykorhiz v ekosystému

Význam mykorhiz v ekosystému



Mykorhiza – význam v ekosystému

Journal of Experimental Botany, Vol. 58, No. 5, pp. 1115–1126, 2008
doi:10.1093/jxb/ern059

Journal of Experimental Botany

SPECIAL ISSUE REVIEW PAPER
Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium

Roger D. Finlay*
Department of Forest Mycology and Pathology, Uppsala BioCenter, SLU, Box 7026, Uppsala SE-750 07, Sweden

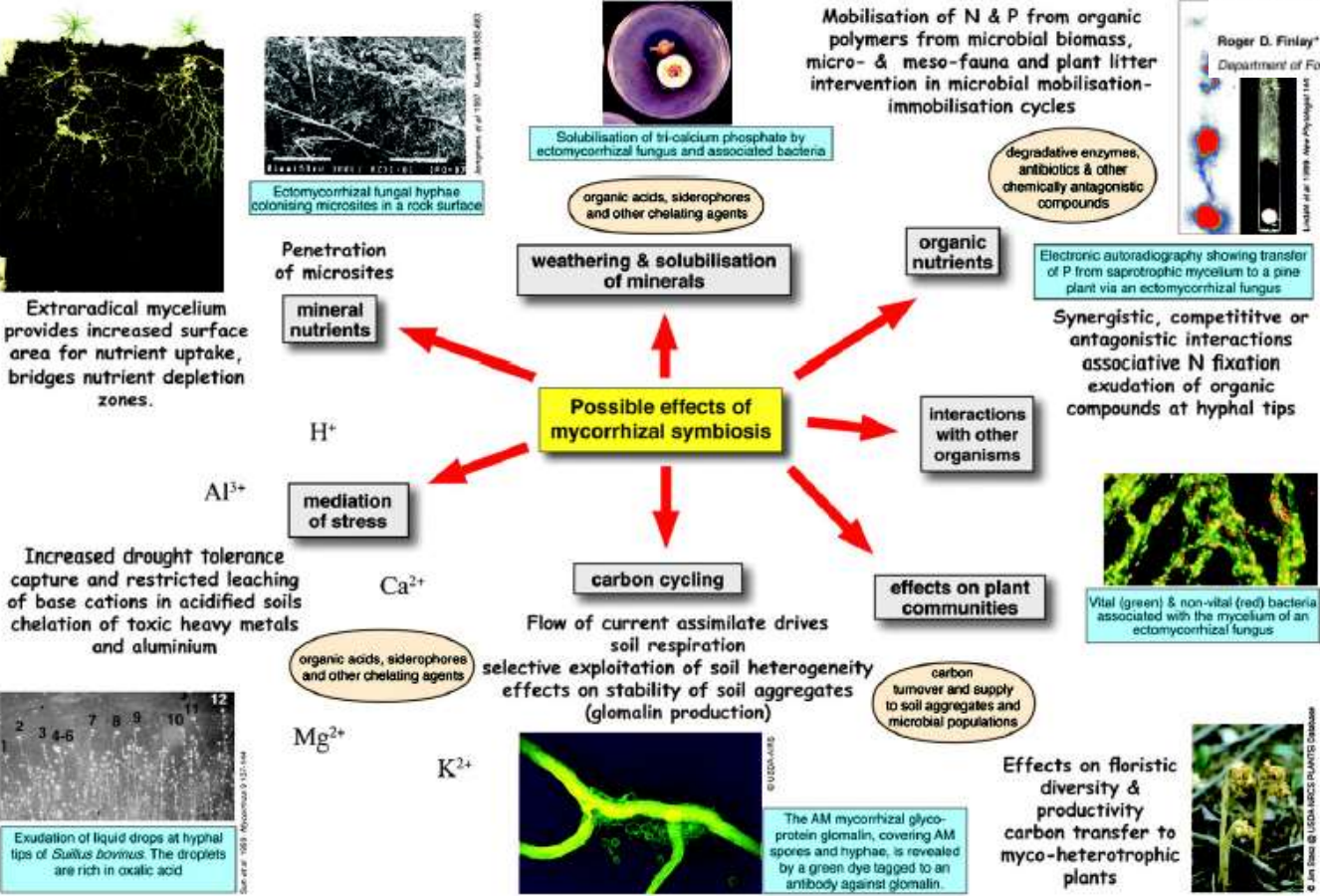
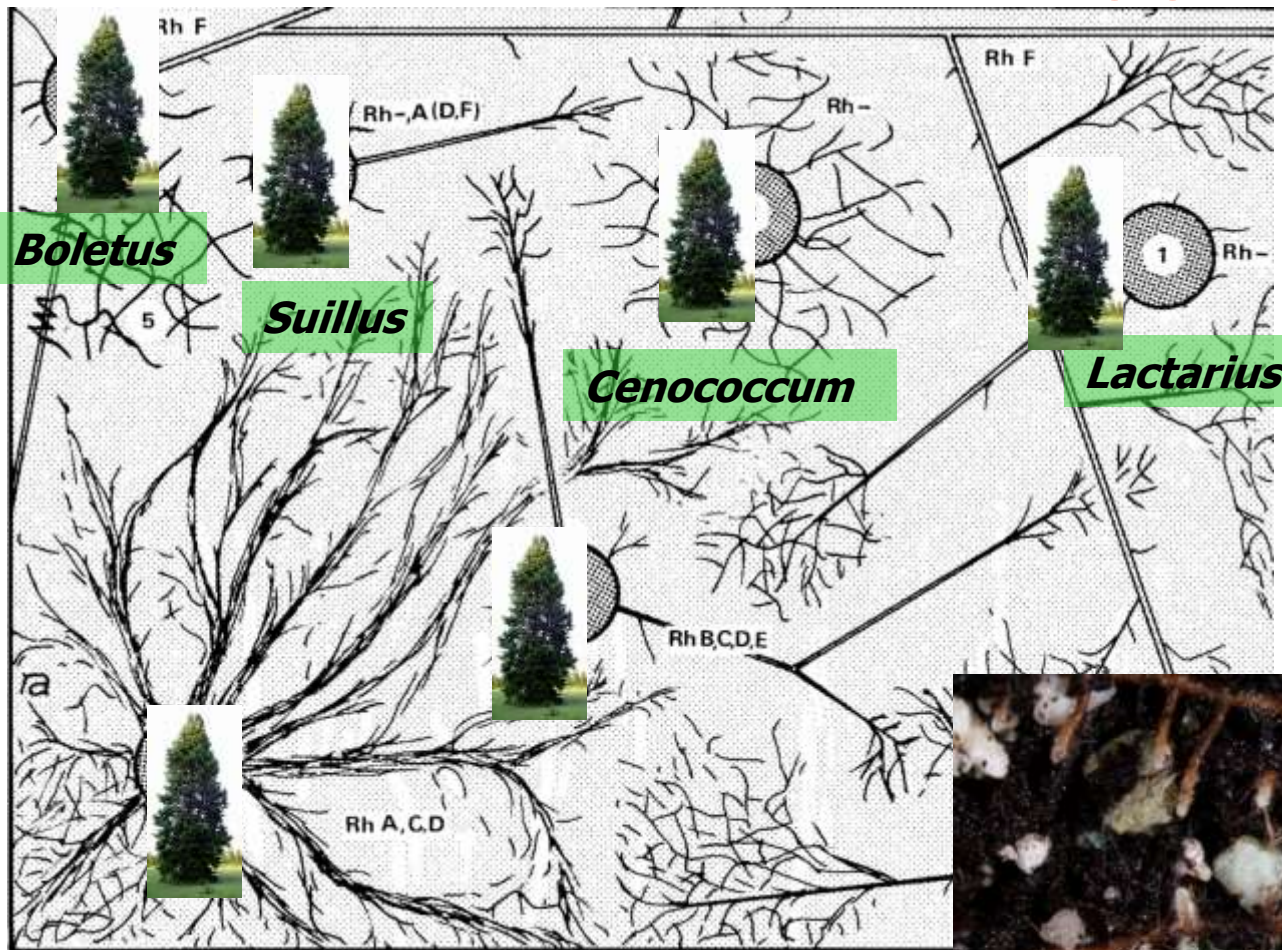


Fig. 1. Schematic representation indicating the diversity of possible interactions involving the extraradical mycelia of mycorrhizal associations. Adapted with permission from Macmillan Publishers Ltd: *Nature* 389, 682–683, copyright 1999. *Mycorrhiza* 9, 137–144. Sun *et al.* with kind permission from Springer Science and Business Media. From Lindahl *et al.*, 1999, *Journal of Experimental Botany*, 50, 1033–1042.

Mykorhiza – význam v ekosystému

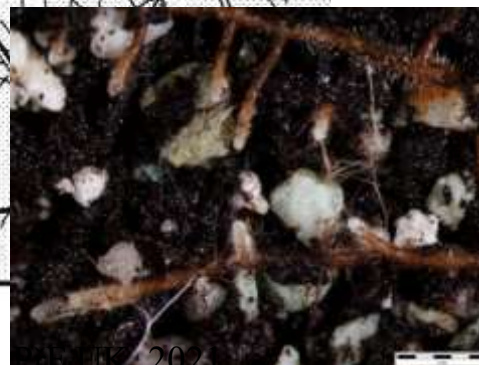
CMN

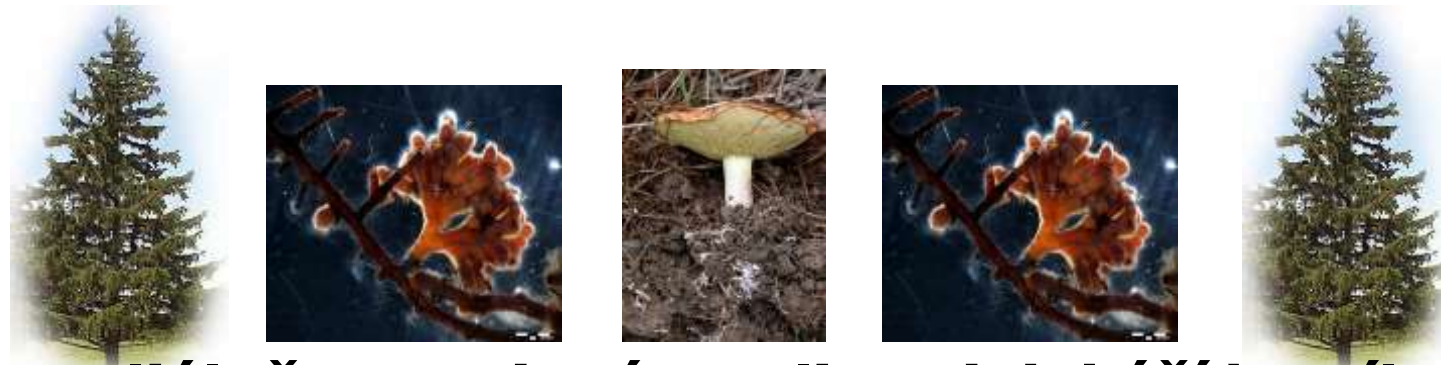
...nebo také **WWW- WOOD WIDE WEB!**



transport

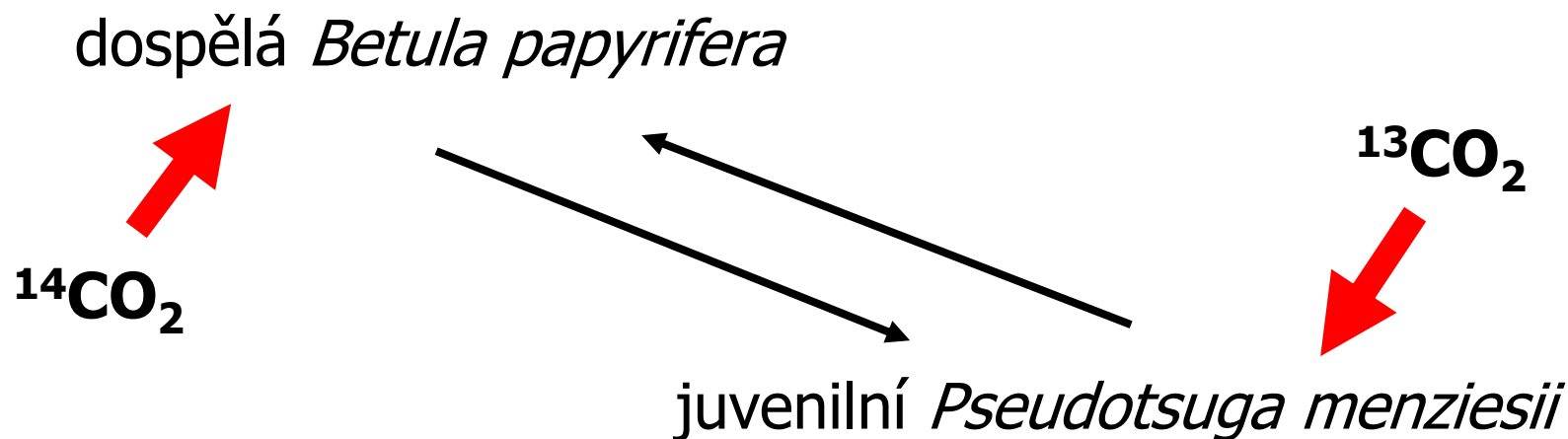
- živin
- uhlíku
- signálů?





1. Myceliálně propojené rostliny si dokáží 'posílat' uhlík

Simard SW, Perry DA, Jones MD, Myrold DD, Durall DM, Molina R 1997 Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field. Nature 388: 579-582

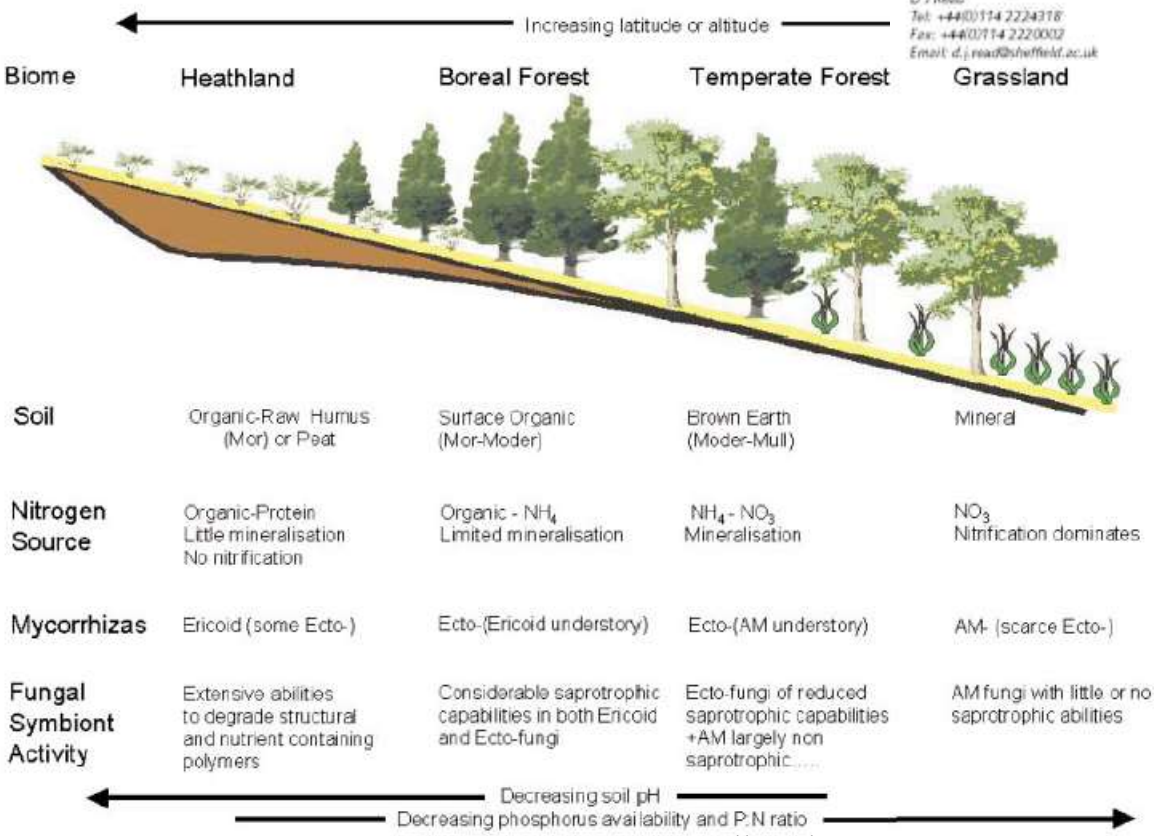


Oboustranný transfer uhlíku, čistý zisk *P. menziesii* představoval 6% celkového zisku izotopu během fotosyntézy; vliv zastínění – vztah source-sink

Research review

Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems – a journey towards relevance?

Research review



Author for correspondence:
D J Read
Tel: +44(0)114 2224318
Fax: +44(0)114 2220032
Email: d.j.read@sheffield.ac.uk

D. J. Read¹ and J. Perez-Moreno²
¹Department of Animal & Plant Science, University of Sheffield, Sheffield, S10 2TN, UK;
²Colegio de Posgraduados, Microbiología Edafología e Insectos, Montecillo, Tlaxcala, CP 96320, Mexico

© New Phytologist (2003) 157: 475–492

Fig. 10. The proposed relationships, on a northern hemisphere based global scale, between the latitudinal gradients and the roles of the prevailing mycorrhizal association in facilitation of N and P capture by the characteristic functional groups of plant.

Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

Globální koloběhy, cykly látek a energie

Biogeochemický cyklus

Koloběh vody – Hydrologický cyklus

Koloběh kyslíku

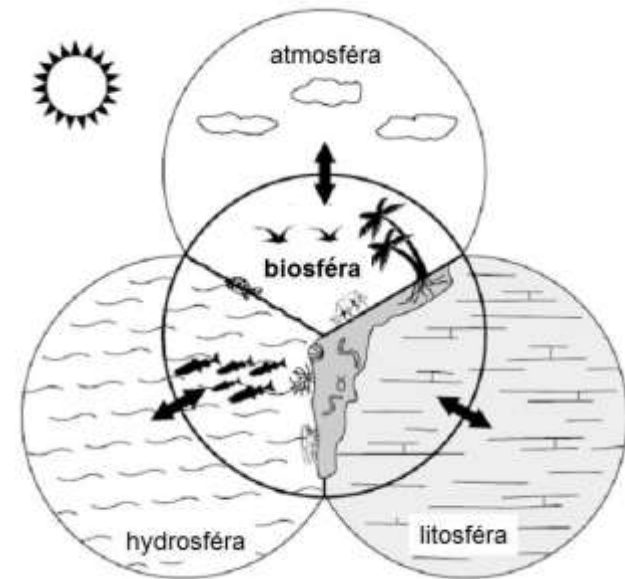
Koloběh dusíku

Koloběh uhlíku

Koloběh síry

Koloběh fosforu

Koloběh vodíku

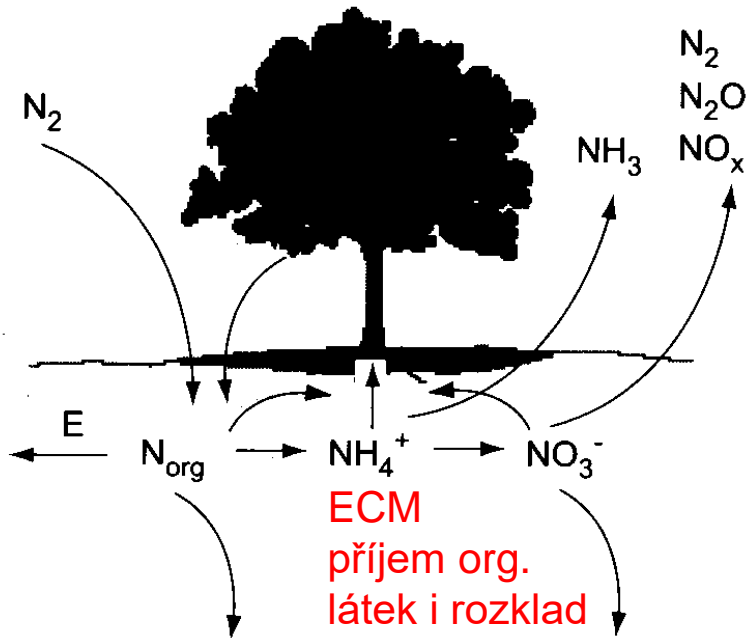


**Rostliny významnou součástí všech cyklů,
mykorhizy též....**

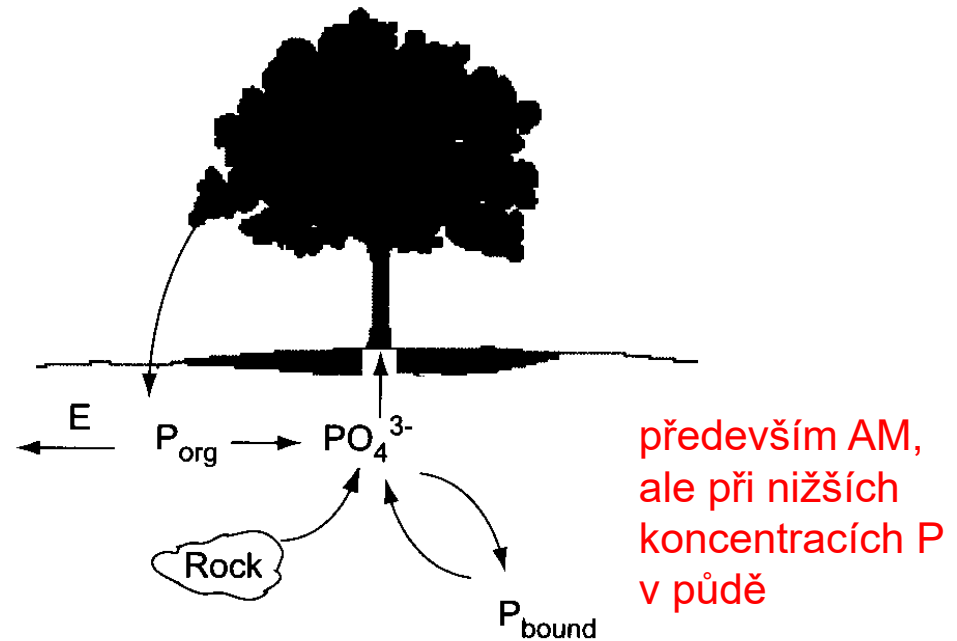
Globální význam mykorhiz

Globální koloběhy, cykly látek a energie

Cyklus N



cyklus P



E = eroze a odnos

Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

Převzato od H. Šantrůčkové, JU

Význam mykorrhizy

Při pěstování rostlin

Příklady ze zemědělské výroby, zahradnictví, lesnictví

Význam mykorrhizy v zemědělské výrobě

- ✓ Zvyšuje biologickou hodnotu rostlinného materiálu a jeho odolnost vůči nepříznivým vlivům stresů životního prostředí
- ✓ Ekologizuje produkci a výsadbu rostlin snížením dávek hnojiv nezbytných pro kvalitní rozvoj rostlin
- ✓ Snižuje náklady na dlouhodobý management zeleně



.... pro převážnou většinu rostlin je mykorrhizní symbióza přirozeným způsobem přijímání výživy z půdy

Význam mykorrhizy v zemědělské výrobě

Zahradnictví a školkařství

- ✓ Inokulace zahradnických substrátů - snížení mortality a zvýšení kvality zahradnických kultur, urychlení růstu a kvetení
- ✓ Zvýšení odolnosti vůči patogenu *Cryptocline cyclaminis* u bramboříků po inokulaci AM houbami a *Trichoderma harzianum* (Výzkumný ústav okrasného zahradnictví Průhonice).

Dubský et al. (Plant production, 2002)

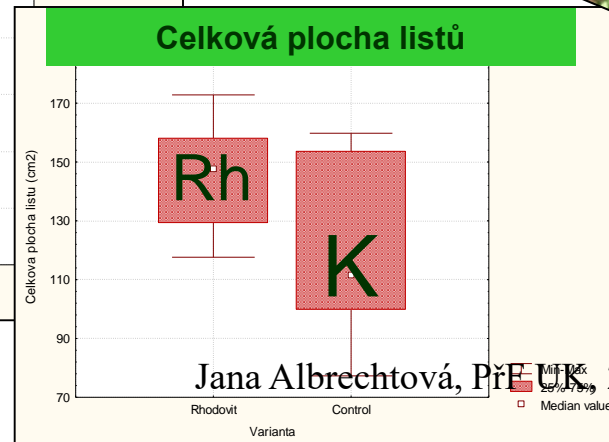
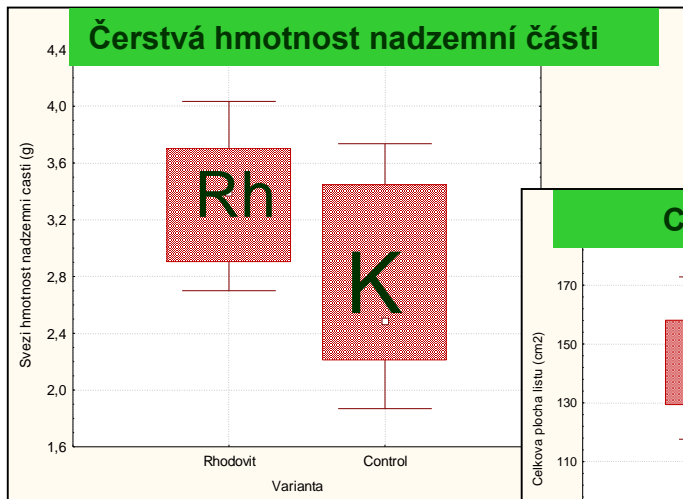


Význam mykorrhizy v zemědělské výrobě

Zahradnictví a školkařství

Očkování rhododendronů a Azalek

Aplikace erikoidně mykorrhizního preparátu
Rhodovit (Rh) – firma Symbiom K - kontrola



Význam mykorrhizy v zemědělské výrobě

Zahradnictví a školkařství

Očkování vinné révy

- ✓ Snížení mortality semenáčků vinné révy
(Vinařský dům Bacchus, Mělník)



Význam mykorrhizy v zemědělské výrobě

Zahradnictví a školkařství

Očkování vinné révy

- ✓ Mykorrhizní inokulace vinné révy v oblasti Porto, Portugalsko. (PlantWorks)
- ✓ Dvojnásobná sklizeň hroznů odrůdy Huxelrebe, dva roky po očkování mykorrhizou a trojnásobná sklizeň u odrůdy Bacchus. (PlantWorks Ltd.)



Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

vinař Ray Newman, Dover, Velká Británie

Význam mykorrhizy v zemědělské výrobě

Využití mykorrhizních inokulací pro omezení chemického hnojení a vstupu těžkých kovů do zeleniny.



Jana Albrechtová, IFF UK, 2011

Snížení koncentrace toxického kadmia v salátu až o 70%.

Význam mykorrhizy v zemědělské výrobě



Snížení infekce háďátkem u očkovaných brambor a rajčat

Jana Albrechtová, PřF UK, 2021



Význam mykorrhizy v zemědělské výrobě

očkování rostlin při produkci – „pojistka“ pro špatné podmínky



Jana Albrechtová, PřF UK, 2021

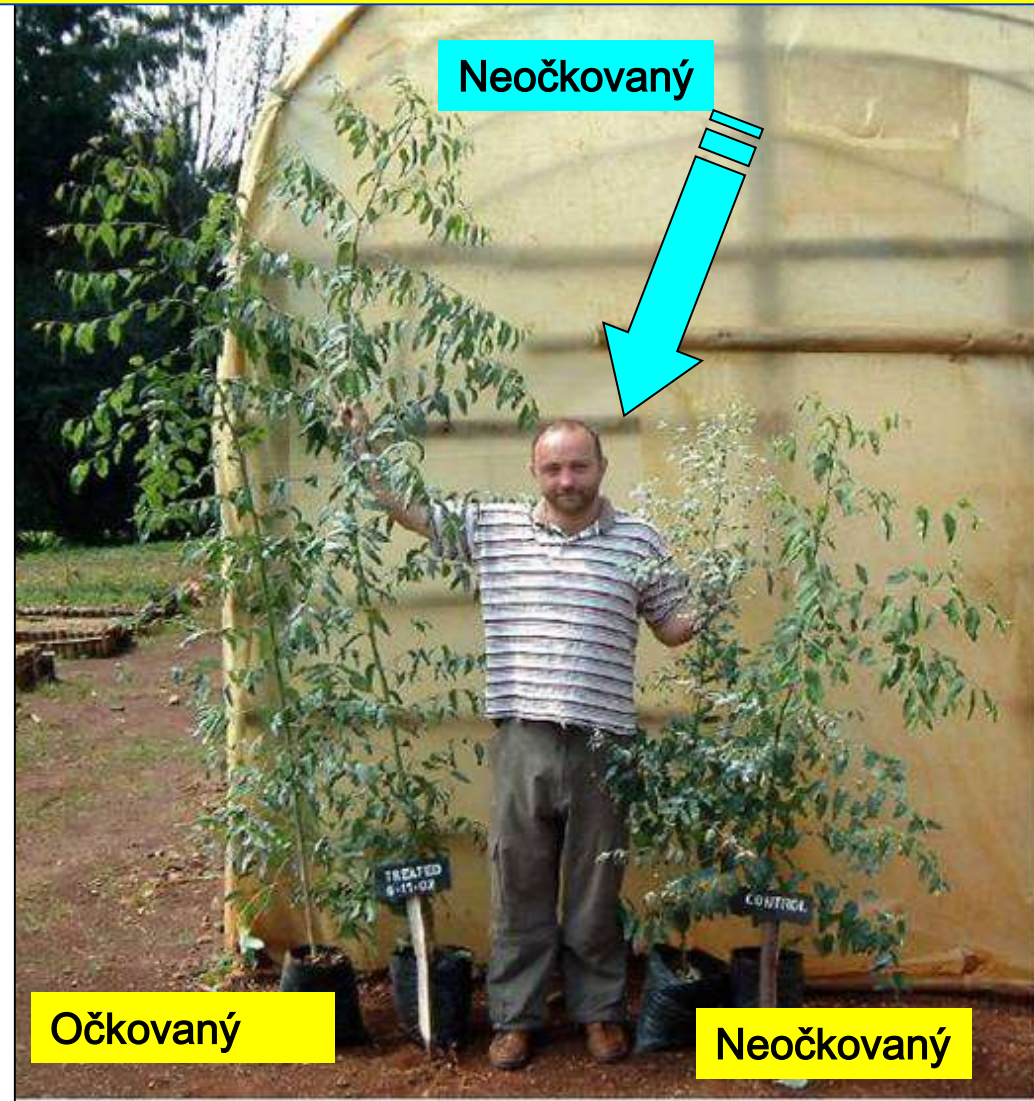
Organické pěstování čajovníku v Keni

Mykorhiza má význam v živinově chudých půdách, v aridních suchých oblastech

Zvýšení růstu Eukalyptů po inokulaci (Keňa)

Inokulace mykorrhizními houbami ve školkách – **velmi úspěšné v substrátech chudých na fosfor**

Dr. Vosátka,
Botanický ústav
AV ČR,
www.ibot.cas.cz



Závěry:

Mykorhiza je vzájemně prospěšná symbióza mezi kořeny rostlin a mykorhizními houbami.

Mykorhizy vznikly při přechodu rostlin na souši.

Mykorhizy jsou pro většinu rostlin přirozeným způsobem získávání živin.

Mykorhiza může fungovat jako propojení rostlin v půdě skrze houbová vlákna. Rostliny si mohou skrze houbové propojení posílat či „loupit“ živiny.

Mykorhizy mohou fungovat jako „pojistka“ pro stresové podmínky.

V zahradnictví, školkařství při používání různých zahradnických substrátů mohou mít mykorhizy významné uplatnění.

Mykorhizy jsou velmi důležité v zemědělství v živinově chudých půdách (např. tropy).

Poděkování

Poděkování za podklady:



Kohout, Petr

MB130P67

Symbiózy mezi rostlinami a
mikroorganismy

MB130P93

Mykorhizní symbióza

Poděkování

- Miroslav Vosátka

(Oddělení mykorhizních symbióz BÚ AVČR,
www.ibot.cas.cz/MYKOSYM)



- Některé dokumentační materiály převzaty od firmy Symbiom – biotechnologická firma produkující mykorhizní preparáty podporující růst rostlin . www.symbiom.cz