

*Role mykorrhizních symbióz
v minerální výživě rostlin*



NO

+



Model nákladů a zisků



- ekonomika; cíl: maximalizace fitness – produkce potomstva (vegetativní růst)
- typická mutualistická mykorrhizní asociace z hlediska rostliny:
 - náklady: část fotoasimilátů poskytnutých houbě (cca 10-20 % v případě AM nebo ECM; OM ?)
 - zisk: **minerální živiny**, zejména fosfátové ionty (+ NH_4^+ , N z organických forem, voda; ochrana proti kořenovým patogenům...)
- ??? mykoheterotrofní rostliny ??? – *Orchidaceae*, *Monotropaceae* – parazitismus?



Minerální živiny



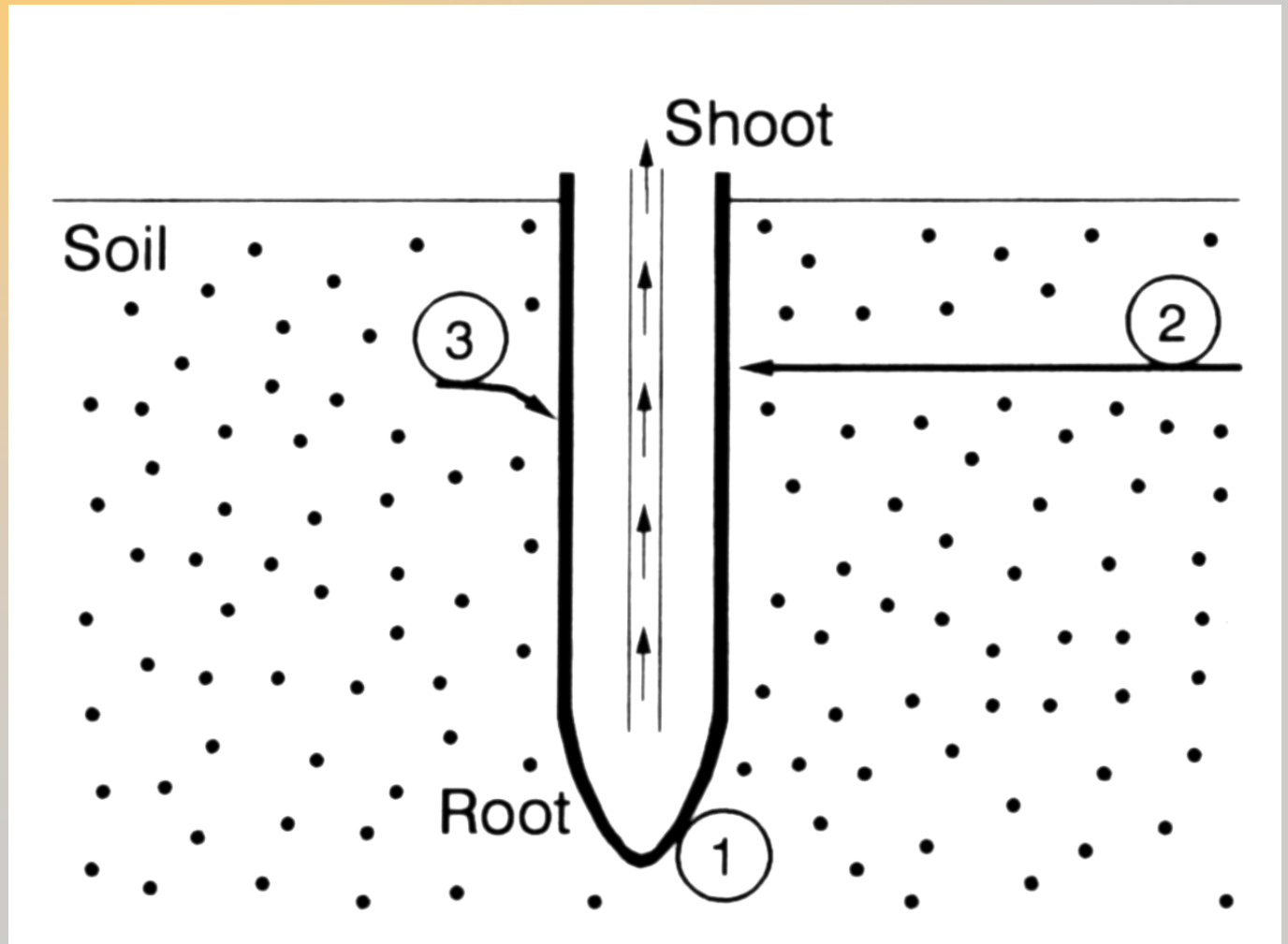
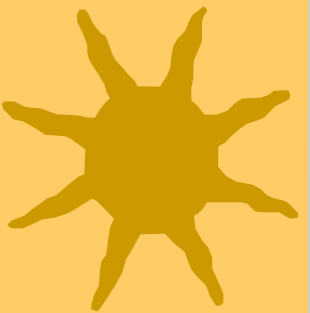
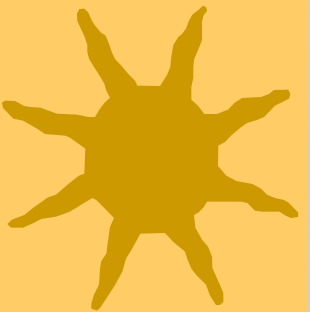
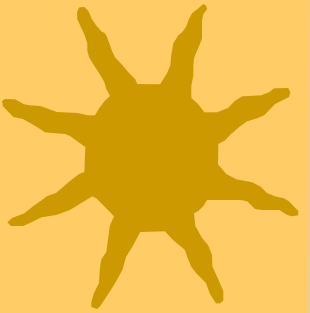
- makroživiny (N, P, K, S, Ca, Mg)
- mikroživiny (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Mo, B, Cl)

- celková zásoba živiny ve všech formách
× koncentrace pro rostliny dostupné formy živin
v půdním roztoku

- hromadný tok (mass flow) a difuze
 - hromadný tok: N (NO_3^-), Ca, Mg
 - difuze: P, K, NH_4^+



Intercepce (1), hromadný tok (2) a difuze (3)





Intercepce, hromadný tok a difuze



Živina	Spotřeba (kg·ha ⁻¹)	Odhadované množství (kg·ha ⁻¹) zabezpečené					
		intercepce		hromadným tokem		difuzí	
			%		%		%
N	190	2	1	150	79	38	20
P	40	1	2	2	5	37	93
K	195	4	2	35	18	156	80
Mg	115	15	13	100	87	0	0

Roční spotřeba vybraných živin monokulturou kukuřice a podíl intercepce, hromadného toku a difuze na zásobení rostlin těmito živinami (Barber 1984, sec. Marschner H.: Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition. p. 485).



Difúze



Iont	Difuzní koeficient D		průměrná hodnota D_e v půdách	mobilita v půdě ($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$)
	vodný roztok (D_1)	půda (D_e)		
NO_3^-	$1,9 \times 10^{-9}$	$10^{-10} - 10^{-11}$	5×10^{-11}	3,0
K^+	$2,0 \times 10^{-9}$	$10^{-11} - 10^{-12}$	5×10^{-12}	0,9
H_2PO_4^-	$0,9 \times 10^{-9}$	$10^{-12} - 10^{-15}$	1×10^{-13}	0,13

Difuzní koeficienty a mobilita NO_3^- , K^+ a H_2PO_4^- v půdě. Jungk (1991), sec. Marschner H.: Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition. p. 491).



Koncentrace živin v půdním roztoku



Koncentrace ($\mu\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$)								
N-NO ₃	N-NH ₄	PO ₄	K	Ca	Mg	SO ₄	Zn	Mn
3100	48	1,5	510	590	490	590	0,48	0,002

Průměrné roční koncentrace živin v půdním roztoku v orné (!) půdě (Luvisol, pH 7,7, svrchních 20 cm půdy). Data Peters (1990), převzato z Marschner H.: Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Edition. p. 487).



Fosfor (P) neboli v půdě



- malá koncentrace v půdním roztoku
- > vázána na půdní jílovité částice
- málo rozpustné Al, Fe, Ca a Mg fosfáty (efekt pH půdy)
- pomalé obnovování P_i v rhizosféře po vyčerpání (pomalá difuze)
- zejména lesní půdy: svrchní horizonty mohou obsahovat více jak > 50 % P v organických formách





Fosfor (P) neboli



- 0,3 až 0,5 % sušiny rostlin
- fytotoxicita: obsah > než 1 %
- symptomy deficiencie: redukce počtu listů, redukce rozvoje LA a nadzemních částí jako celku, snížení S/R
- často zvýšený obsah chlorofylů na jednotku LA, ovšem nižší fotosyntetická aktivita listů
- strukturní a fyziologické fce:
 - DNA, RNA
 - fosfolipidy biomembrán (např. lecitin)
 - makroergní vazby (ATP, ADP); vysoká rychlost přeměny, ale nízká koncentrace
 - fosforylace proteinů – modulace enzymatické aktivity

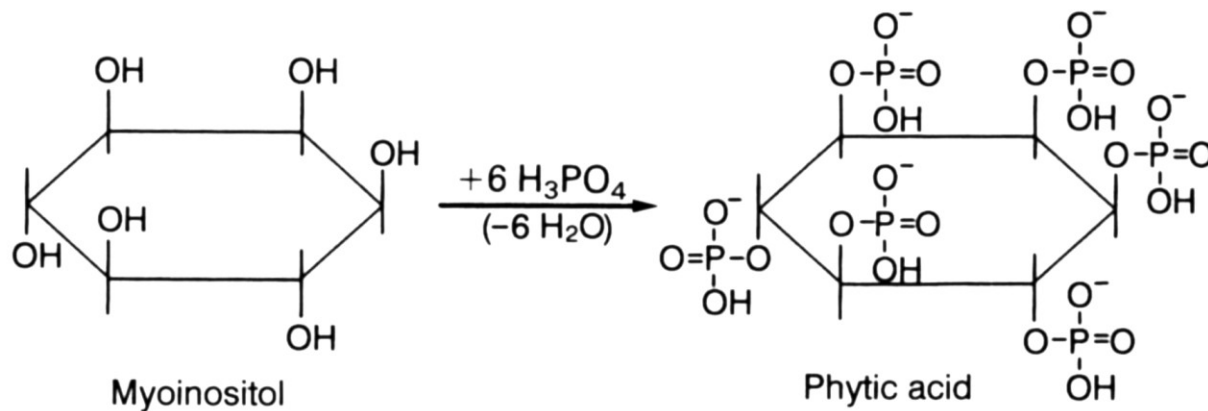


Fosfor (P) neboli



- zásobní formy v rostlinách:

- **fytáty** – typická forma P v semenech a v obilninách
- málo rozpustné Ca-Mg(-Zn-Fe) soli kyseliny fytové (esterifikací myoinositolu)
- cca 50 % celkového P v semenech leguminóz, 60-70 % celkového P v obilninách
- účast na detoxifikaci Zn, Fe, příp. těžkých kovů





Fosfor (P) neboli



- zásobní formy v rostlinách:
 - **polyfosfáty** – velmi rozšířené u hub (vč. mykorhizních!) a nižších rostlin, mnohem menší výskyt u vyšších rostlin
 - lineární polymery P_i – až přes 500 molekul P_i
 - navzájem propojeny makroergními vazbami
 - mykorhizní houby: syntéza polyfosfátových granulí, jejich transport do kořenů rostlin (příp. po předchozí hydrolýze na P_i)



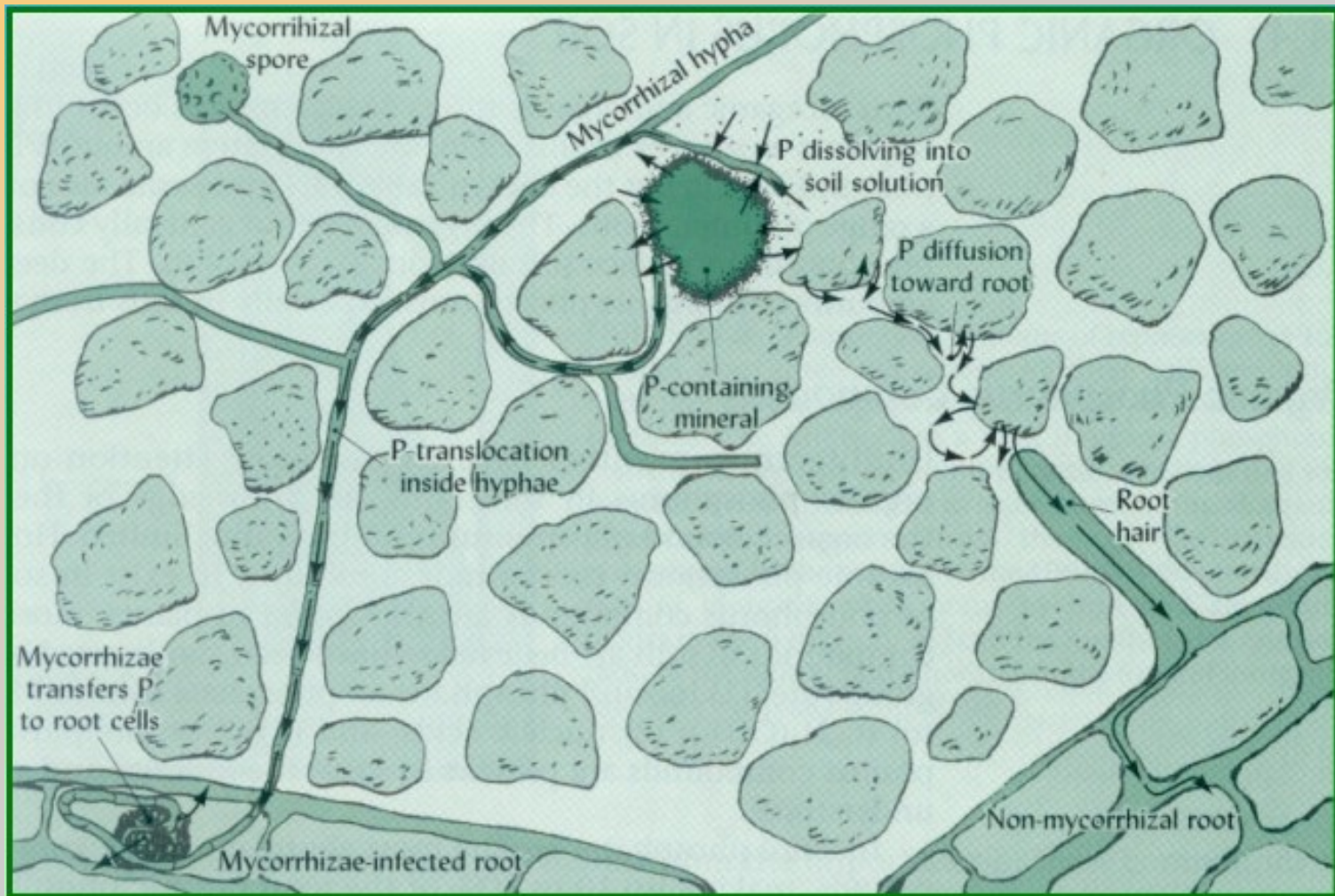
Role mykorhiz v příjmu P



- zvětšení objemu půdy pro sorpci P_i ; nižší náklady na exploraci půdy ve srovnání s kořeny
- menší průměr hyf oproti kořenům a kořenovému vlášení
- vyšší afinita vůči P_i
- produkce fosfatáz
- asociace mykorhizních hub s P-rozpouštějícími bakteriemi
- morfologie kořenového systému

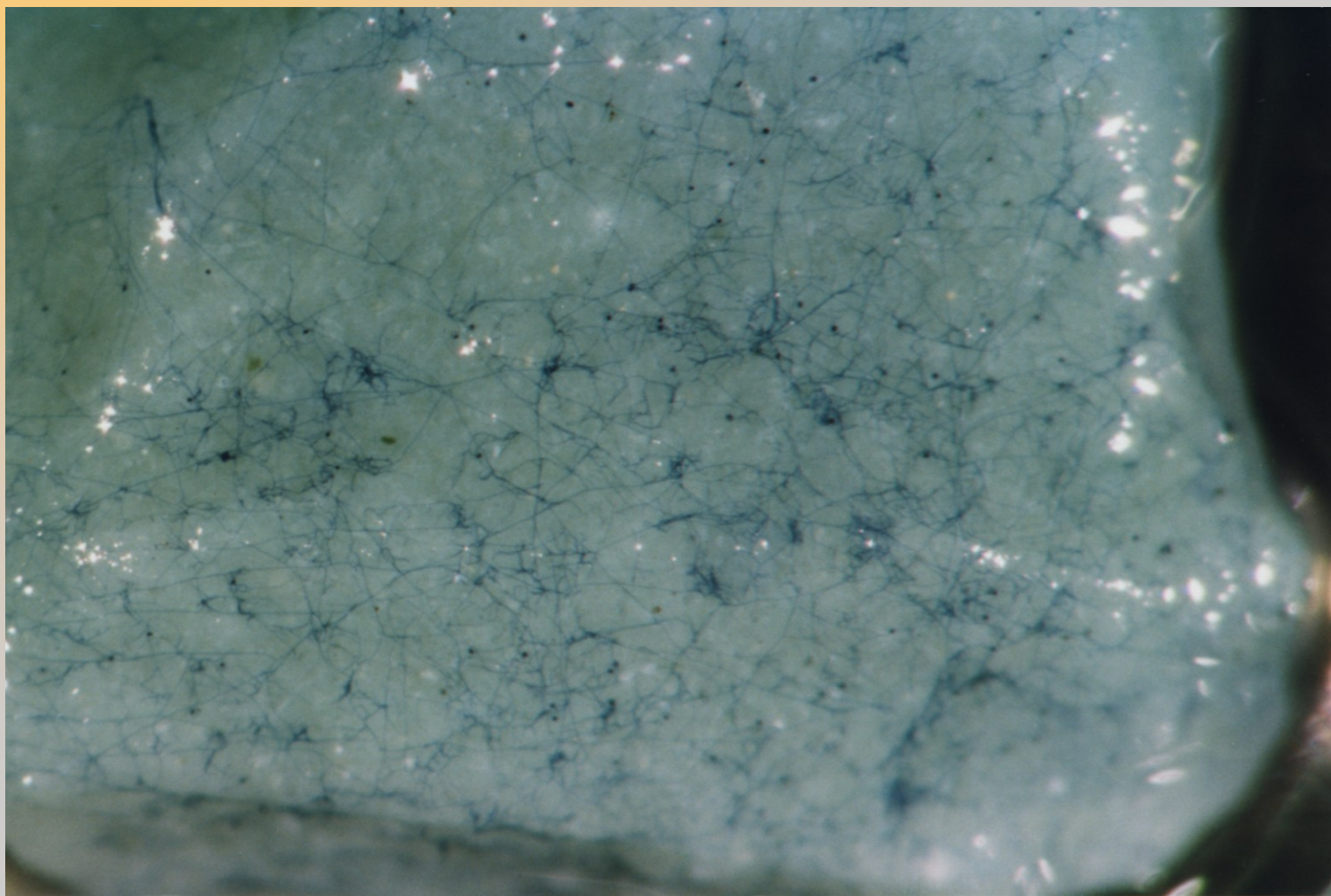


Využití většího půdního objemu



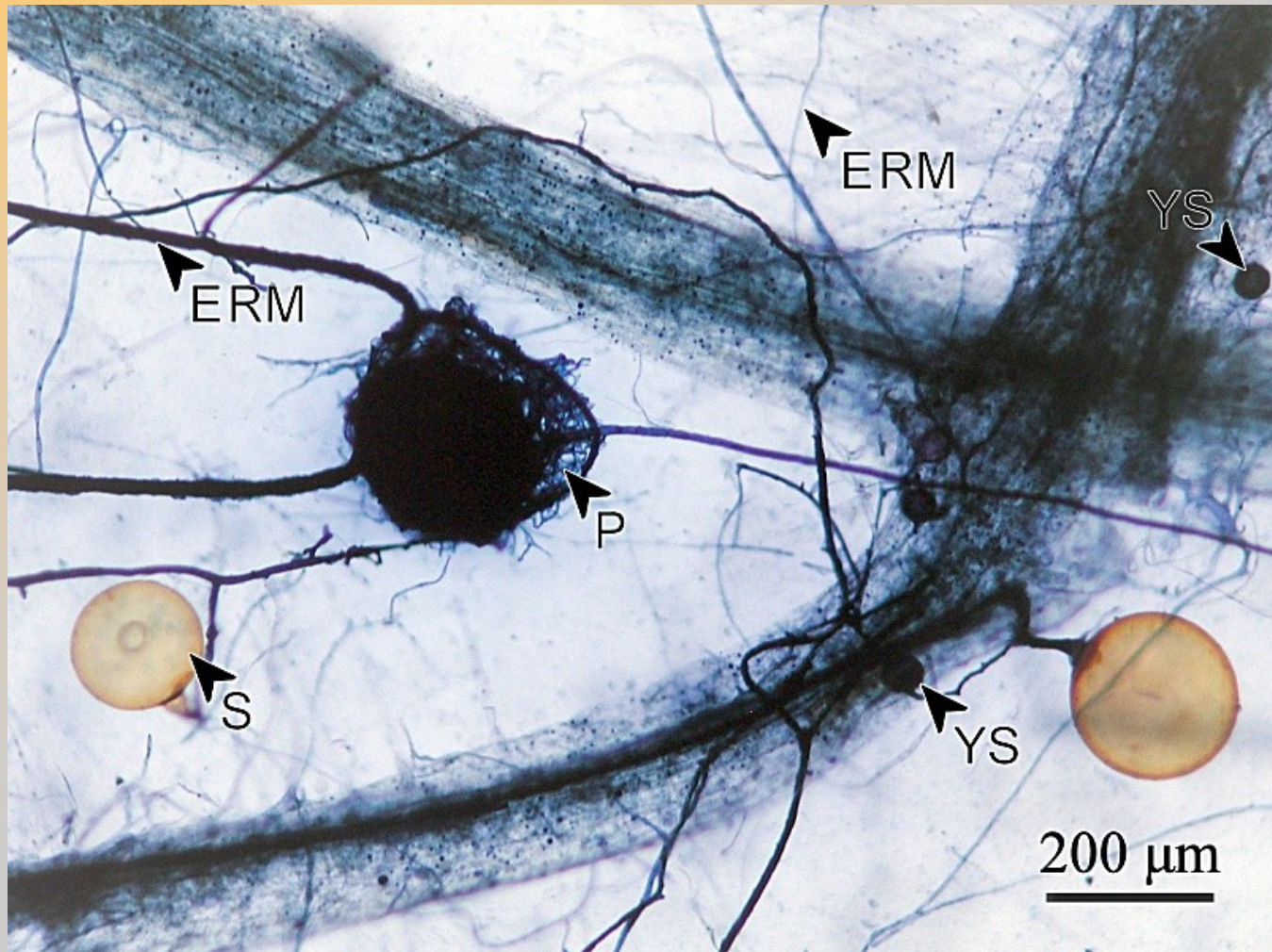
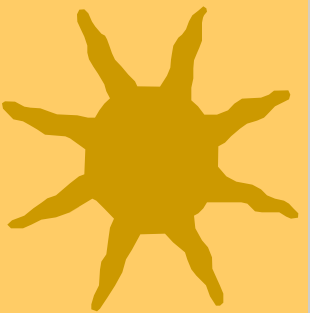
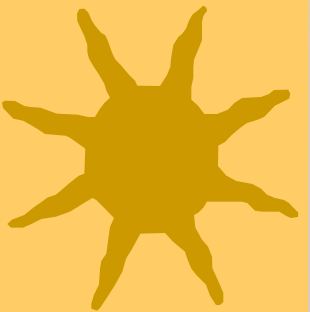


Využití většího půdního objemu





Průměr hyf vs. průměr kořenů





Vliv morfologie kořenového systému



Cirsium canum

Calamagrostis epigejos