



EVROPSKÁ UNIE
Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova
Evropa investuje do venkovských oblastí
Program rozvoje venkova



PROGRAM ROZVOJE VENKOVA

Vzdělávací akce s názvem

Život v půdě

Reg.č. 16/002/01110/120/000124

Realizovaná v rámci Programu rozvoje venkova ČR na období 2014–2020

Kdy: Dne 31.3 2017, od 9:00 do 16:00 hod.

Kde: Střední škola zemědělská, Osmek 47, 750 02 Přerov (k.u. Přerov)

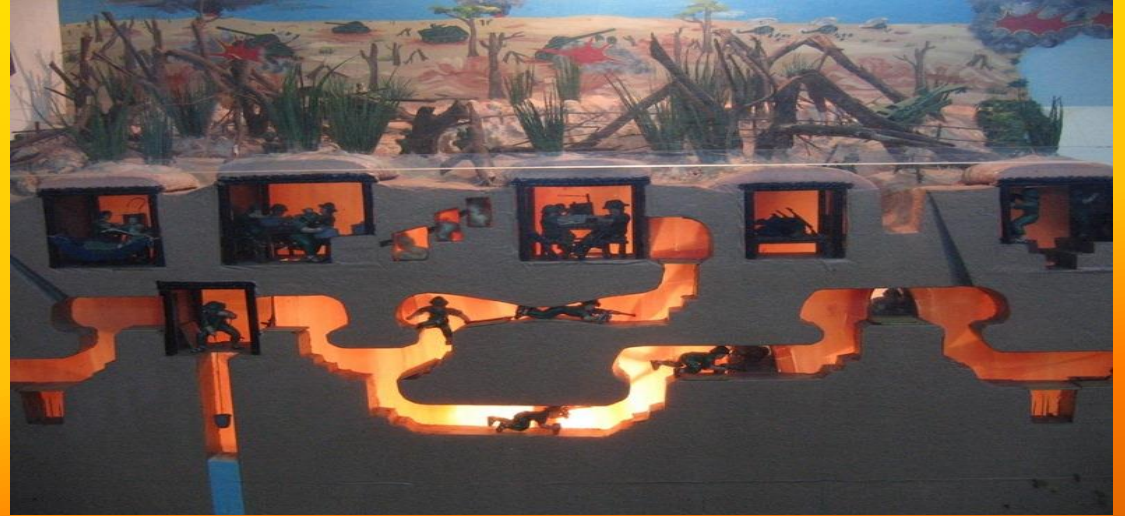


Život v půdě

Je toto život v půdě?



<https://cdn.jenzeny.cz/data/image/title/2013/08/57fe6680ba288.jpg?1476282976>

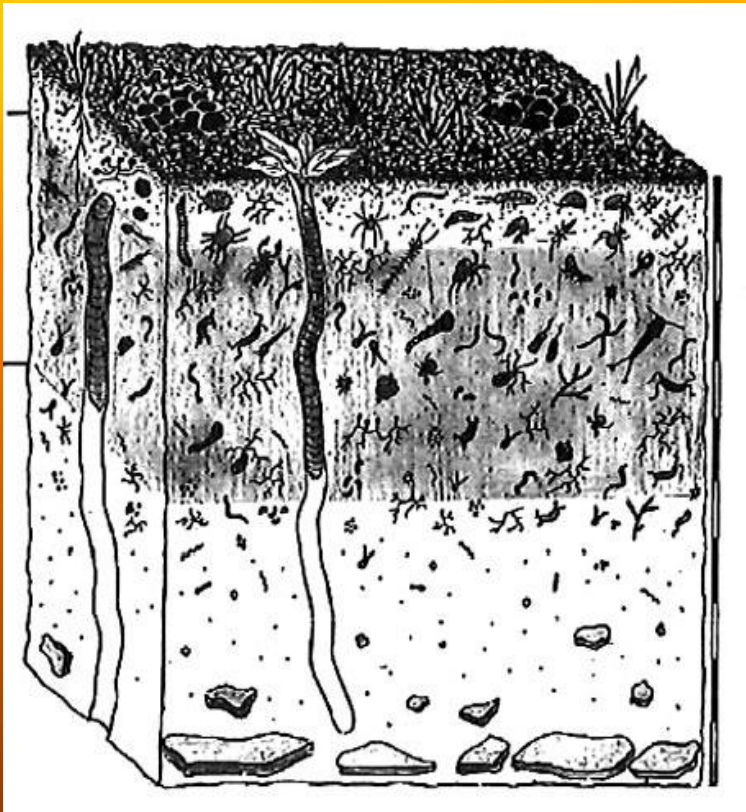
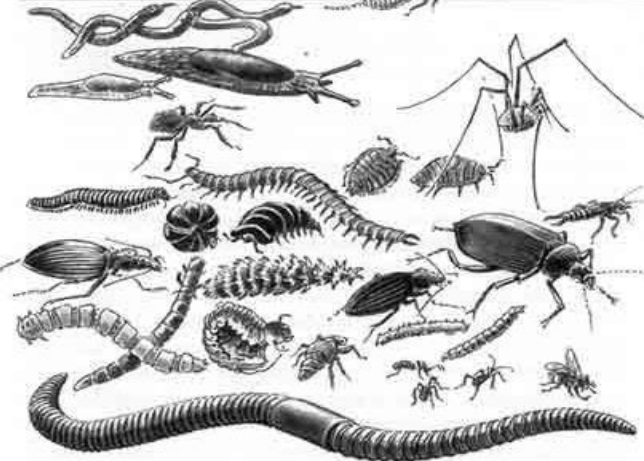
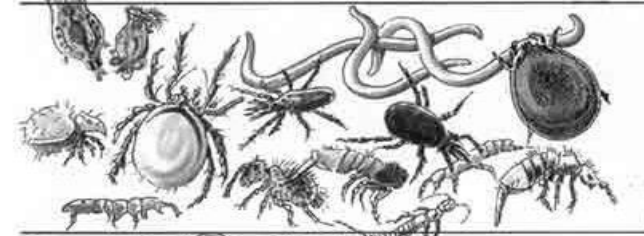
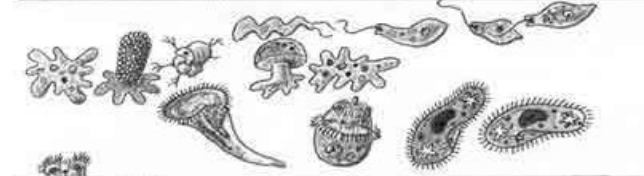
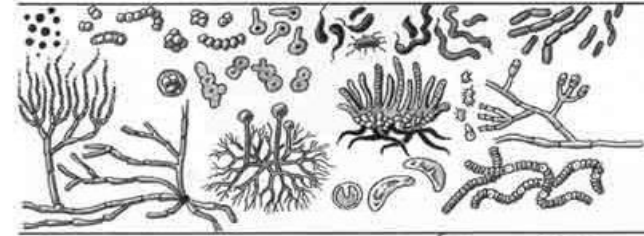


<https://cdn.jenzeny.cz/data/image/title/2013/08/57fe6680ba288.jpg?1476282976>



<https://www.google.cz/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiP8OixOerSAhVL6RQKHZ->

Je toto život v půdě?



Taxonomie

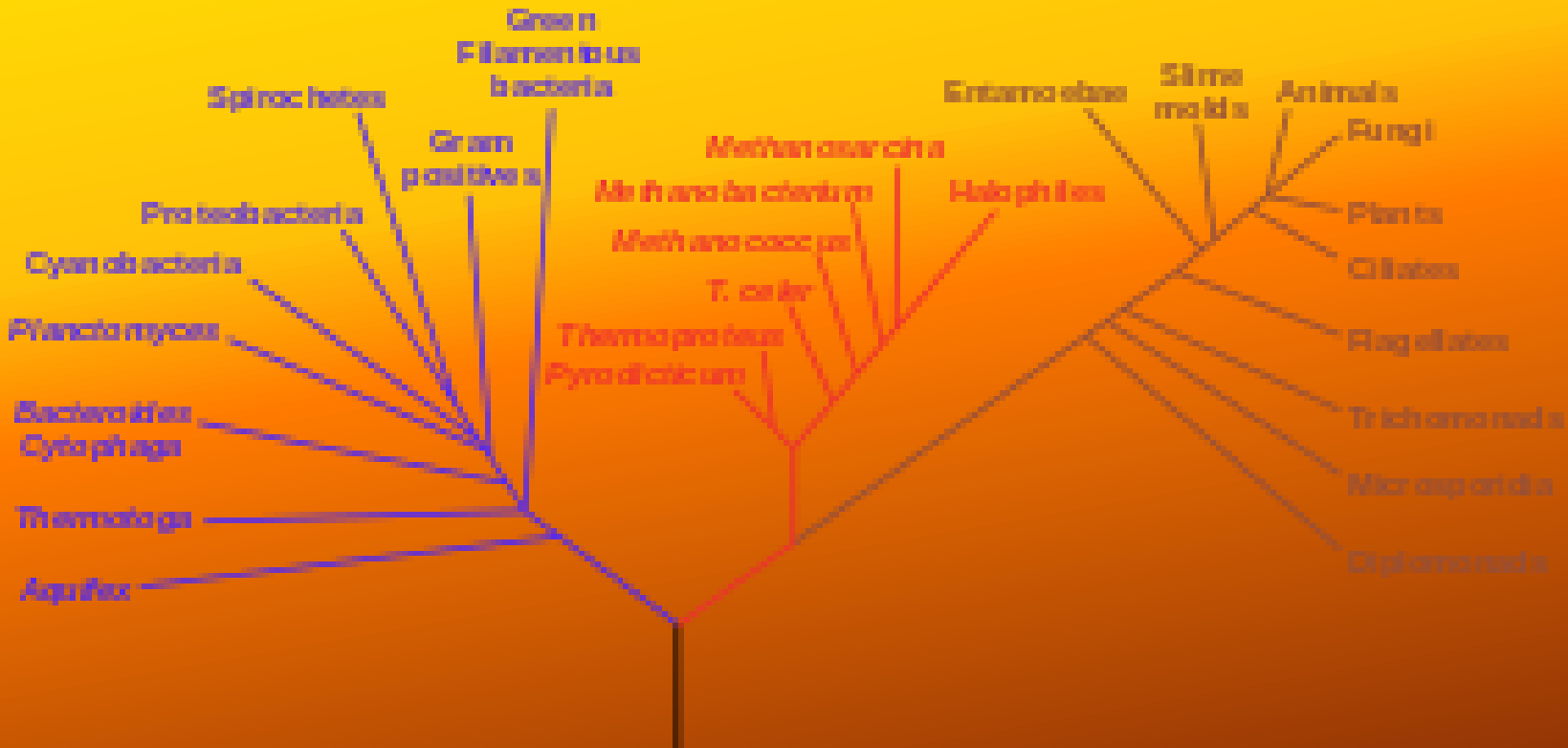
- Všechny organismy na Zemi žijící lze dnes na základě jejich evoluce roztrždit do tří nejvýše postavených taxonomických skupin, kterými jsou tzv. DOMÉNY neboli NADŘÍŠE, a to: Bakterie (Bacteria), archea (Archaea) a eukaryota (Eucaryotes).

Phylogenetic Tree of Life

Bacteria

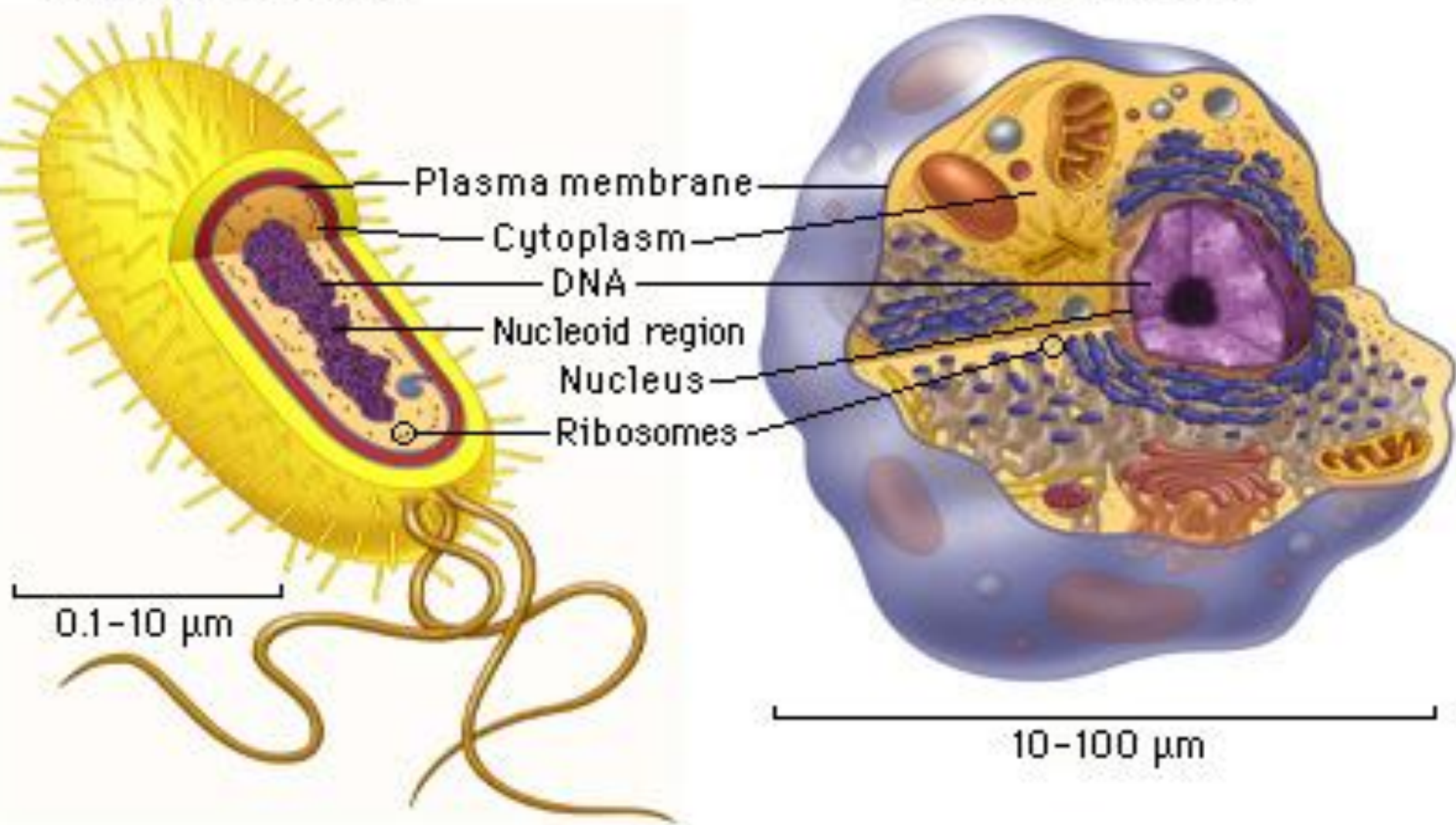
Archaea

Eukaryota



Prokaryotic cell

Eukaryotic cell



Srovnání prokaryotické a eukaryotické buňky

Prokaryota (někdy označované jako *Monera*) zahrnují domény *Archaea* a *Bacteria*. Nemají jadernou membránu, neprobíhá u nich mitotické dělení jádra a buněčná stěna obsahuje typické polymery – peptidoglykany.

Především mikroorganismy



Rozdělení mikrobů podle metabolismu

- Mikrob potřebuje:

- zdroj energie
- zdroj elektronů
- zdroj uhlíku

a také potřebuje:

- akceptor elektronů
- zdroj živin

Metabolismus : **ANABOLISMUS X KATABOLISMUS**

- Živiny – CO_2 , H_2O , NH_3 , PO_4^{3-}



- Meziprodukty metabolismu – acetyl CoA, pyruvát



- Stavební prvky makromolekul – aminokyseliny, nukleotidy



- Makromolekuly – DNA, proteiny, polysacharidy



- Supramolekulární útvary – ribozómy, cytoplazmatická membrána

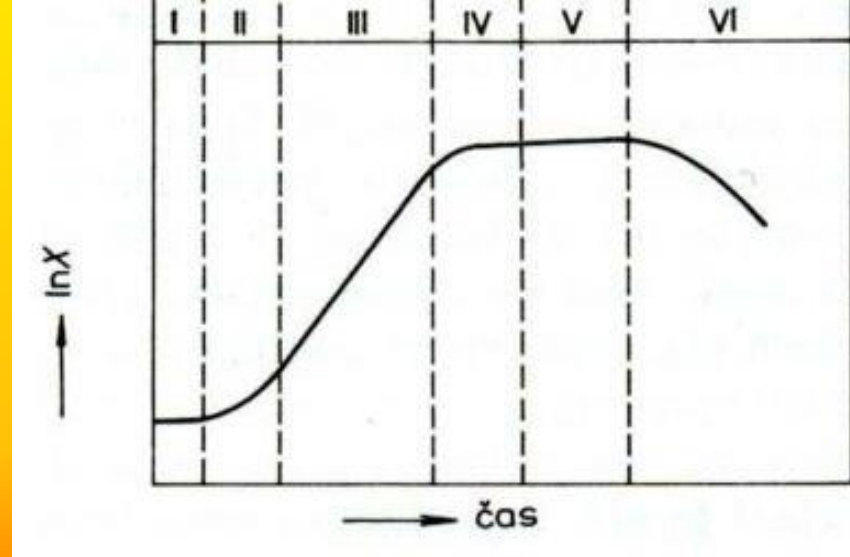


- Buňka

Tab. 5 Rozdělení mikroorganismů dle typu látkové výměny

Typ látkové výměny	Zdroje energie	Donor elektronů/vodíku	Zdroje uhlíku	Organismy
Chemoorganoheterotrofní	organické sloučeniny	organické sloučeniny, např. $C_6H_{12}O_6$, C_2H_5OH , CH_3OH	organické sloučeniny	živočichové, houby, většina bakterií
Chemoorganoautotrofní		organické sloučeniny, např. CH_3COOH , CH_3OH , $HCOOH$	CO_2	metanogenní bakterie
Chemolithoheterotrofní	anorganické sloučeniny	anorganické sloučeniny a molekuly, např. H_2	organické sloučeniny	H_2 oxidující bakterie, metanogenní bakterie
Chemolithoautotrofní		anorganické sloučeniny a molekuly, např. NH_4^+ , NO_2^- , S^{2-} , H_2S , H_2	CO_2	nitrifikační a sulfurikační bakterie, H_2 oxidující bakterie, metanogenní bakterie
Fotoorganoheterotrofní	světelné záření	organické sloučeniny	organické sloučeniny	zelené a purpurové bakterie
Fotoorganoautotrofní		organické sloučeniny	CO_2	zelené a purpurové bakterie
Fotolithoheterotrofní	světelné záření	anorganické sloučeniny a molekuly, např. H_2S , S	organické sloučeniny	bakterie (purpurové, sírné), některé řasy
Fotolithoautotrofní		anorganické sloučeniny a molekuly, např. H_2O , H_2S , H_2S	CO_2	rostliny, řasy, sinice, některé bakterie

Růstová křivka



Jednotlivé fáze růstové křivky populace mikroorganismů; I – lag fáze, II – fáze zrychleného růstu, III – exponenciální fáze, IV – fáze zpomaleného růstu, V – stacionární fáze, VI – fáze postupného odumírání (došly živiny, je příliš mnoho odpadů, nebo bakterie samy regulují svůj počet pomocí „quorum sensing“)

Speed of Multiplication

Most of the time, division occurs every 20 minutes

T_0 : 2 bacteria of *Escherichia coli*

☐ After 1 hour 16 bacteria

☐ After 4 hours 8 192 bacteria

☐ After 8 hours 33 554 432 bacteria

☐ After 12 hours 137 438 953 472 bacteria

48 h $2,5 \cdot 10^{43}$

Multiplication speed depends on:

Temperature

Environment (voda, O₂, živiny)

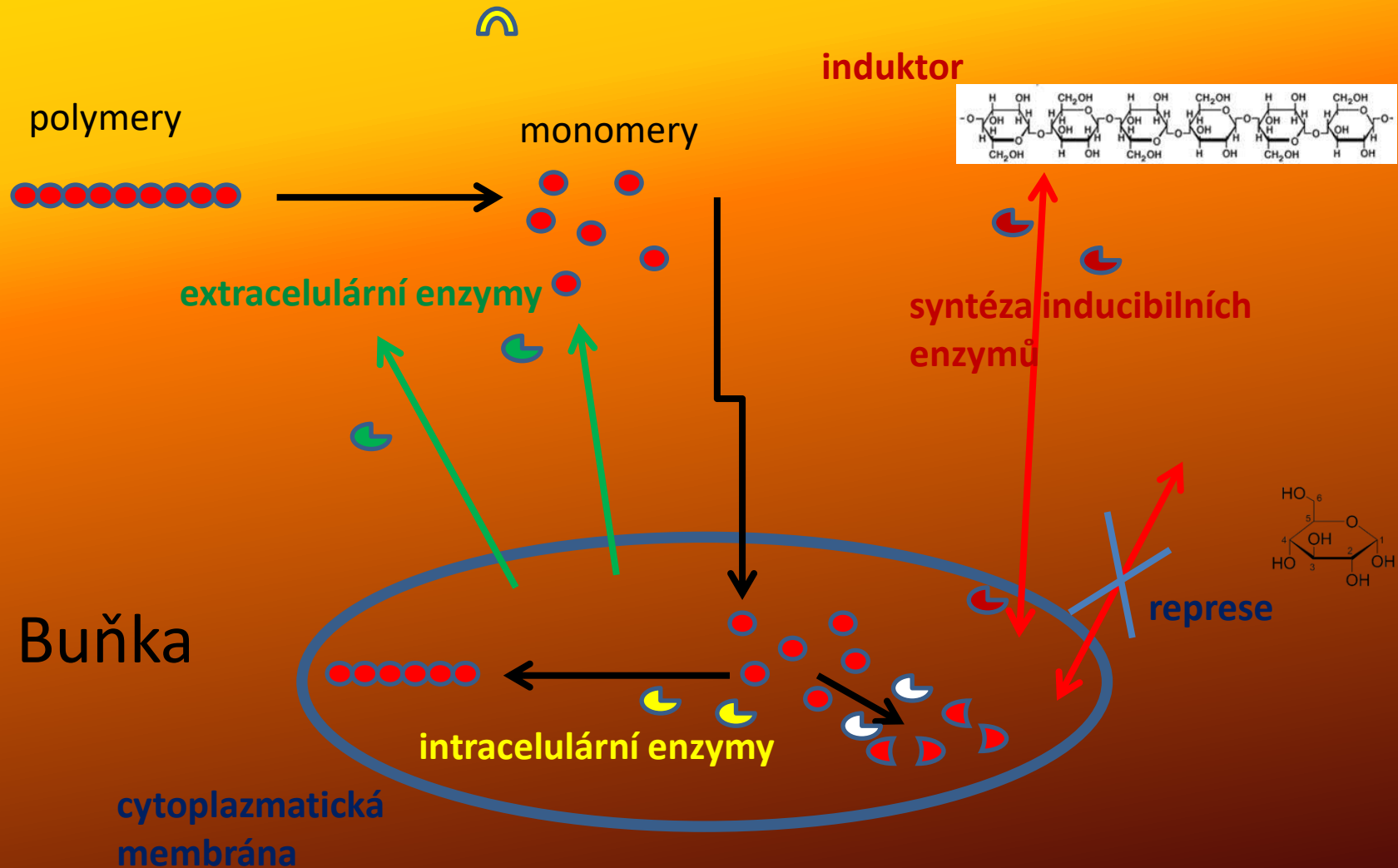
Time

Presence of antibiotics

Když se mění určité faktory

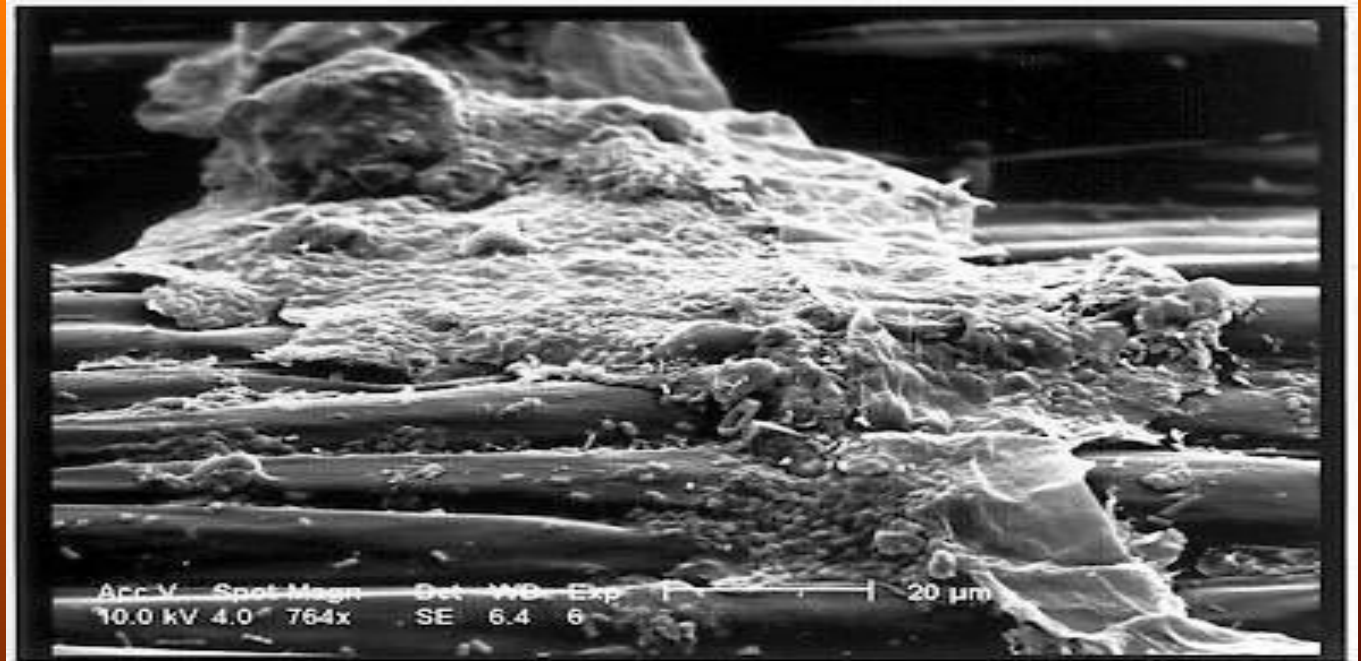


Enzymy extracelulární, intracelulární, inducibilní, konstitutivní



Mikrobiální biofilm

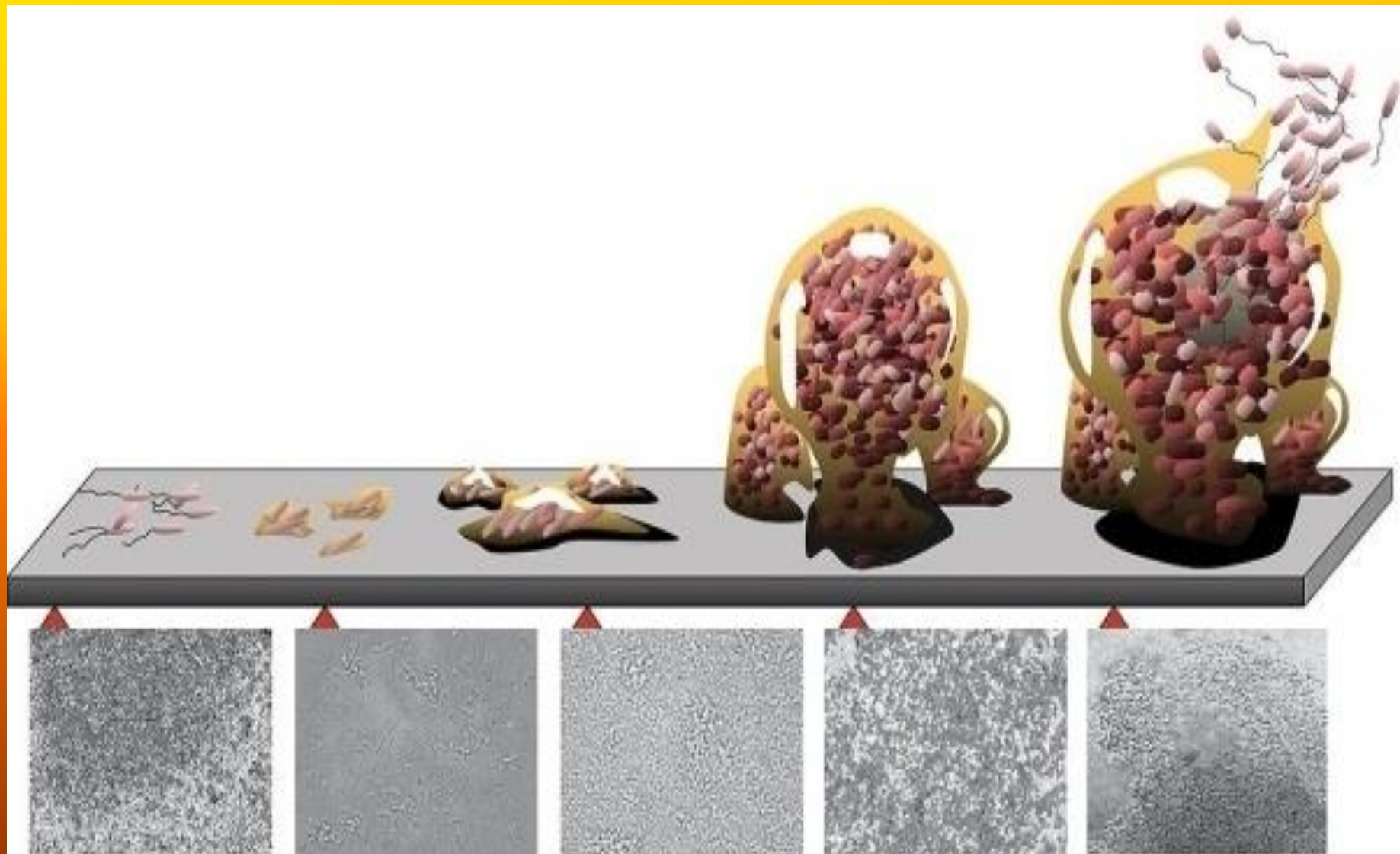
Je to forma existence mikroorganismů v přirozených ekosystémech. **Baktérie** jeví zřetelnou **tendenci přisedat k nejrůznějším povrchům** a **společně vytvářet biofilm**. Existence v biofilmu je pro baktérie z mnoha důvodů výhodnější a ve většině prostředí je také **základním způsobem jejich přirozeného výskytu**. **Biofilmové povlaky se vyskytují prakticky všude, kde jsou přítomné mikroorganismy.**



Definice

- **Biofilm** je tedy podle nejnovějších definic **přisedlé multidruhové společenstvo mikroorganismů**, charakterizované tím, že buňky které jsou ireverzibilně přichycené k podkladu nebo k sobě navzájem, jsou zapuštěné v hlenové matrici extracelulárních polymerních látek těmito buňkami produkováných, a které dále vykazují odlišný fenotyp s ohledem na rychlost růstu a expresi (vyjádření) genů.

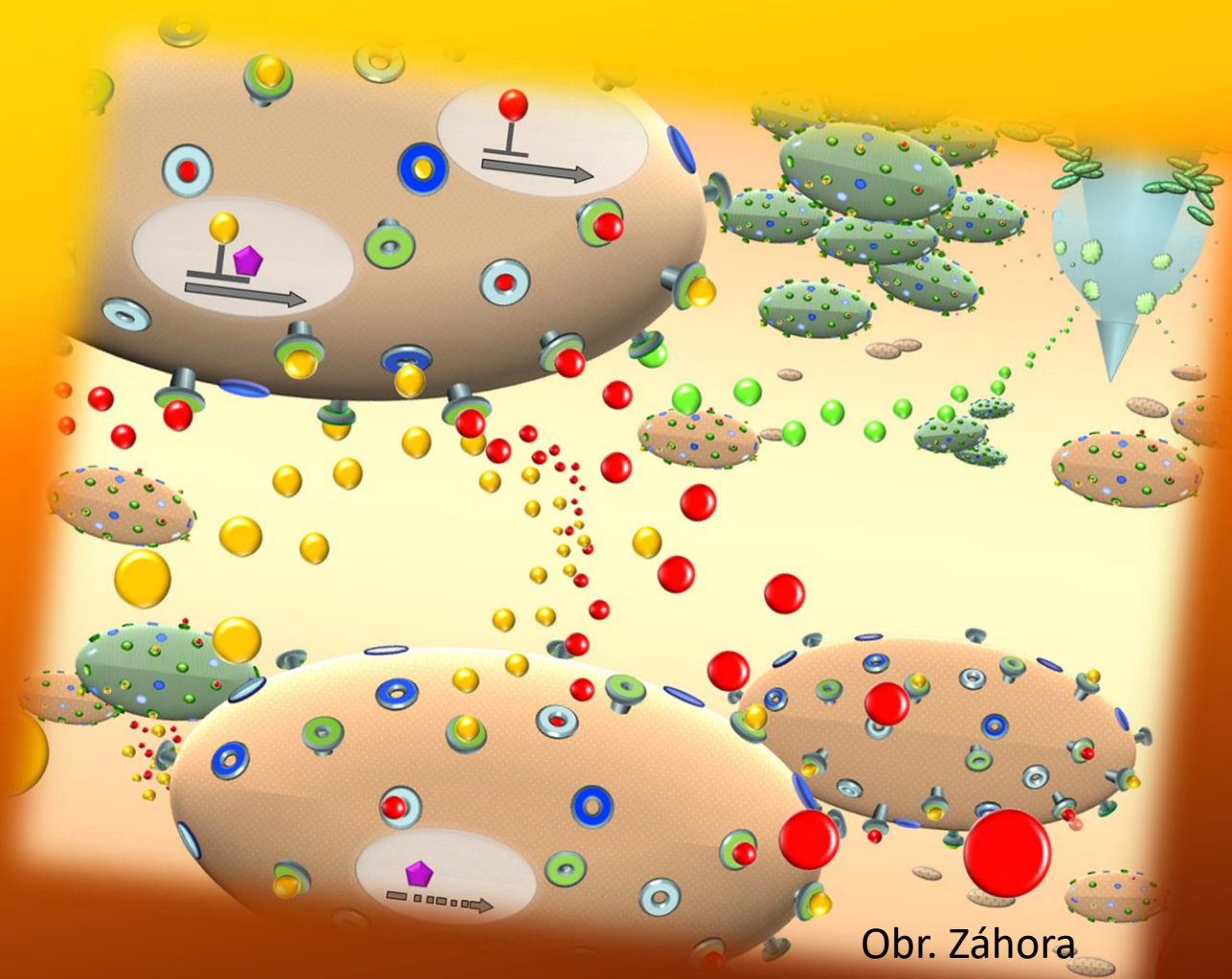
Vznik mikrobiálního biofilmu



Quorum sensing

- V určité fázi vývoje biofilmu se mohou začít některé buňky z kolonií odlučovat, měnit opět svůj fenotyp, přecházet do planktonního stavu a následně mohou kolonizovat další části povrchu. Pravděpodobnou příčinou tohoto chování je zvyšující se konkurence mezi buňkami v biofilmu.
- Jednotlivé buňky bakterií produkují **chemické signály** (informační molekuly odvozené od laktonů a peptidů např. **N-acyl-homoserin laktony**) upozorňující okolní buňky na jejich přítomnost. Okolní buňky jsou schopny zachycovat tyto chemické signály na speciálních receptorech a reagují na informaci migrací, zabraňují tak dalšímu zahušťování populace. Produkce signálních látek stoupá se zvyšující se hustotou populace a tyto látky se ve vysokých koncentracích hromadí v buňkách a jejich okolí. Tento způsob **vnitrobiofilmové komunikace** se označuje pojmem vnímání množství (**quorum sensing, QS**).
- **Quorum sensing** je tak vlastně druhem rozhodovacího procesu směřujícího ke koordinaci chování určité populace (mohou změnit své individuální chování na chování skupinové). Např. v rané fázi infekce.

Quorum sensing



Obr. Záhora

Význam pro MO

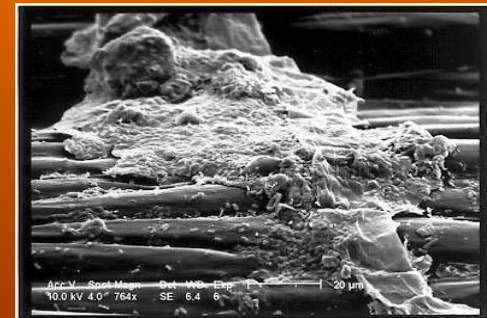
Tato forma existence mikroorganismů je pro ně velice výhodná. Oproti bakteriím rostoucím v planktonické formě (žijící volně v tekutém médiu), poskytuje biofilm buňkám, ochranu a udržuje určitý stupeň homeostázy, kdy vytvořená biofilmová vrstva obklopující buňky představuje bariéru, která izoluje mikroby od okolí. Mikroorganismy mohou mít v biofilmu vyšší odolnost vůči toxickým látkám, UV záření, mechanickému poškození nebo bakteriofágům či predátorům. Patogenní mikroorganismy v tělech hostitelů lépe odolávají působení imunitního systému nebo antibiotikům.

Mikroorganismy v biofilmu se od svých planktonických forem liší transkripcí odlišných genů a tudíž i svými fyziologickými vlastnostmi, vzniká tak určitý **biofilmový fenotyp**. Biofilmové formy mikrobů vykazují také vyšší metabolickou aktivitu ve srovnání s planktonicky žijícími mikroorganismy.

Biofilm může být tvořen jedním druhem mikroorganismu nebo se může jednat o vícepruhové společenstvo mikroorganismů. V jednom biofilmu mohou být pohromadě zástupci různých domén, např. bakterie, prvoci, mikromycety a archea. Buňky v biofilmu vzájemně metabolicky spolupracují. Takováto společenství mají velmi rozmanitou infrastrukturu, která je do značné míry obdobná organizaci tkání vyšších vícebuněčných organismů s rysy buněčné specializace a kooperace.

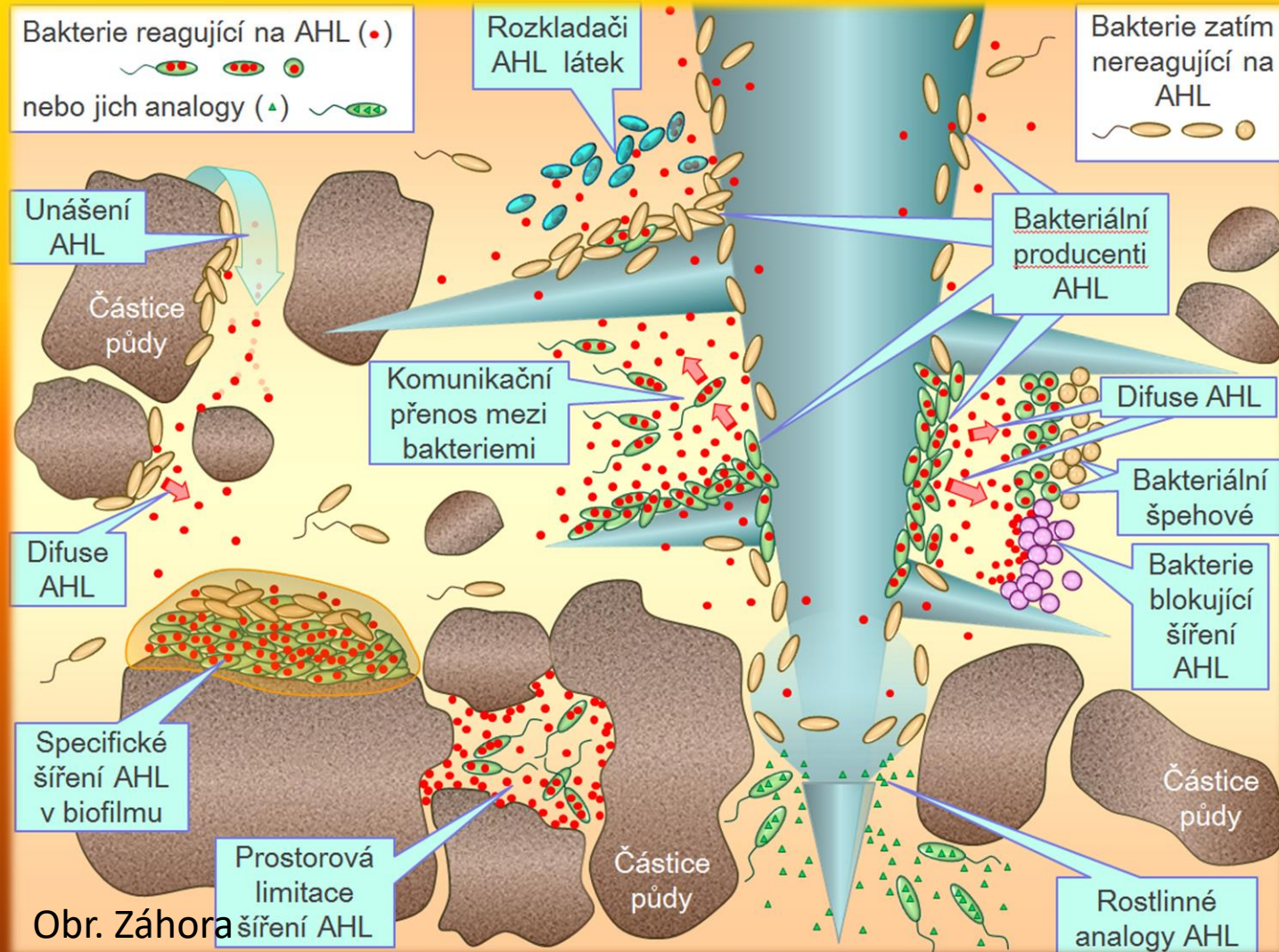
Pozitivní dopad biofilmu

- V mnoha odvětvích průmyslu, jako jsou biotechnologie, čištění odpadních vod nebo bioremediace (využití mikrobiálního metabolismu k odstraňování polutantů z vody nebo půdy), je naopak **přítomnost biofilmů žádaná** a často nezbytná.
- Velice významná je existence biofilmu v různých ekosystémech, například ve vodních prostředích, ale především v půdě kolem kořenového systému v rhizosféře, kdy jde o tzv. **rhizoplanní mikrobiální biofilm**. Na povrchu nadzemních částí najdeme **fyloplanní společenstva** mikrobů ve specifické formě biofilmu – v **bioagregátech** (lokální shluky mikrobů).



- Důležitá je existence biofilmu nativní mikroflory člověka (**mikrobiom**) například v trávicím traktu, kde nám pomáhá trávit potravu a vytváří prostředí potlačující patogeny.

Rhizoplanní mikrobiální biofilm



Půda

Z čeho se skládá půda?

- Pevná fáze
- Kapalná fáze – půdní voda, půdní roztok
- Plynná fáze – půdní vzduch



Půda = směs
složek?



Pevná složka půdy

- Minerální podíl – přes 90% pevné fáze půdy
 - písek
 - prach
 - jíl
- Organický podíl půdy – asi do 10% pevného podílu půdy (kromě organických půd)
 - organická hmota
 - živé půdní organismy

Jíl

- hlavně jílové minerály – produkt zvětrávání primárních minerálů
- koloidní vlastnosti
- velký povrch obsahující nabitě funkční skupiny umožňuje výměnu iontů
- umožňuje zadržování vody v půdě
- stmelování půdních částic, tvorba agregátů

Organický podíl půdy

- Organická hmota
 - především zbytky odumřelých rostlin a půdních organismů a produkty jejich aktivity v různé fázi rozkladu
 - váže se na minerální částice v půdě
 - zásobárna živin
 - velký povrch a přítomnost funkčních skupin (COO^- , O^-) umožňuje výměnu iontů

Organický podíl půdy

- spolu s jílem působí jako tmel, který pomáhá vytvářet půdní agregáty
- velikost a uspořádání agregátů vytváří strukturu půdy
- společně s jílem také organická hmota vytváří sorpční komplex
- sorpční komplex je systém, který vyměňuje ionty s půdním roztokem

Sorpce – zadržování živin v půdě, je to reverzibilní proces

Struktura půdy

- Uspořádání částic v půdě do agregátů různé velikosti a různého tvaru
- Struktura půdy ovlivňuje vzdušný a vodní režim půdy
- Optimální struktura umožňuje vsakování vody do půdy a výměnu plynů
- Struktura také rozhoduje o pórovitosti půdy

Pórovitost půdy

- Póry kapilární – zadržují vodu
- Póry nekapilární – umožňují zasakování vody do půdy a výměnu plynů

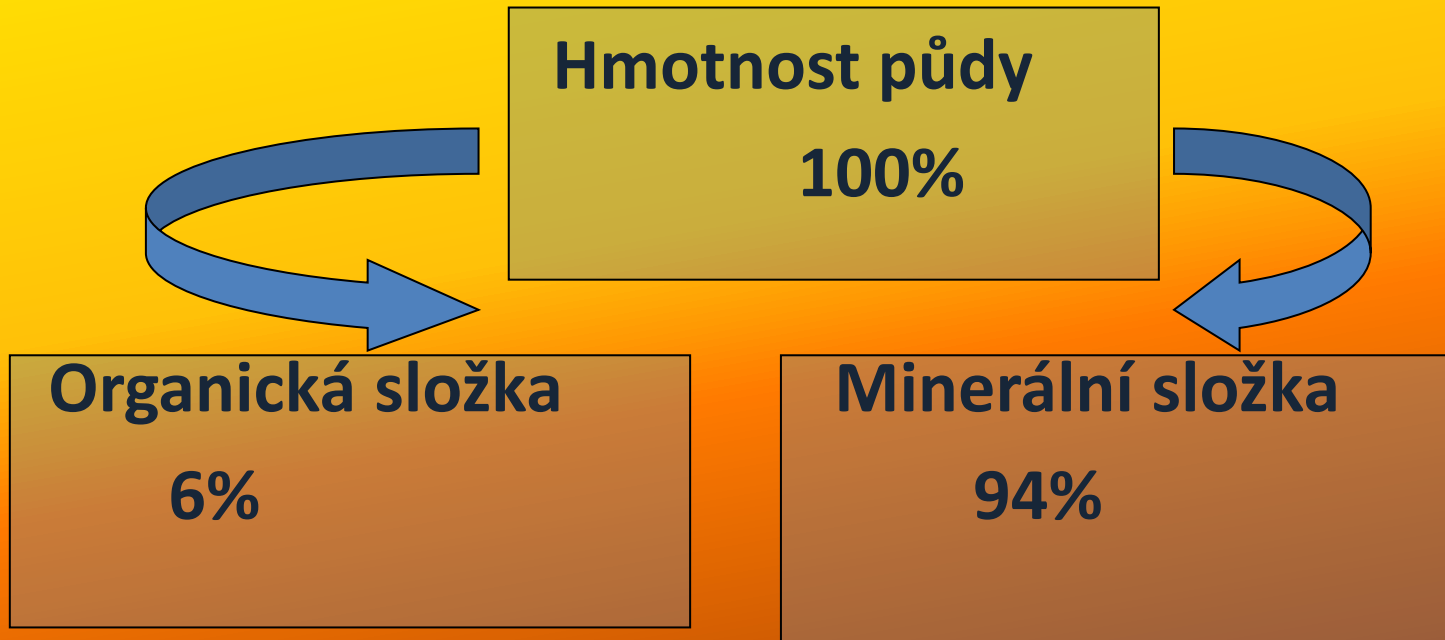
Půda

- **Neobnovitelný a nenahraditelný přírodní zdroj**
- Klíčová složka krajiny
- Základní článek potravního řetězce a cyklů prvků a látek v terestrických ekosystémech (počátek i konec).
Interakce s atmosférou a hydrosférou
- **Množství nenahraditelných funkcí v terestrických ekosystémech**

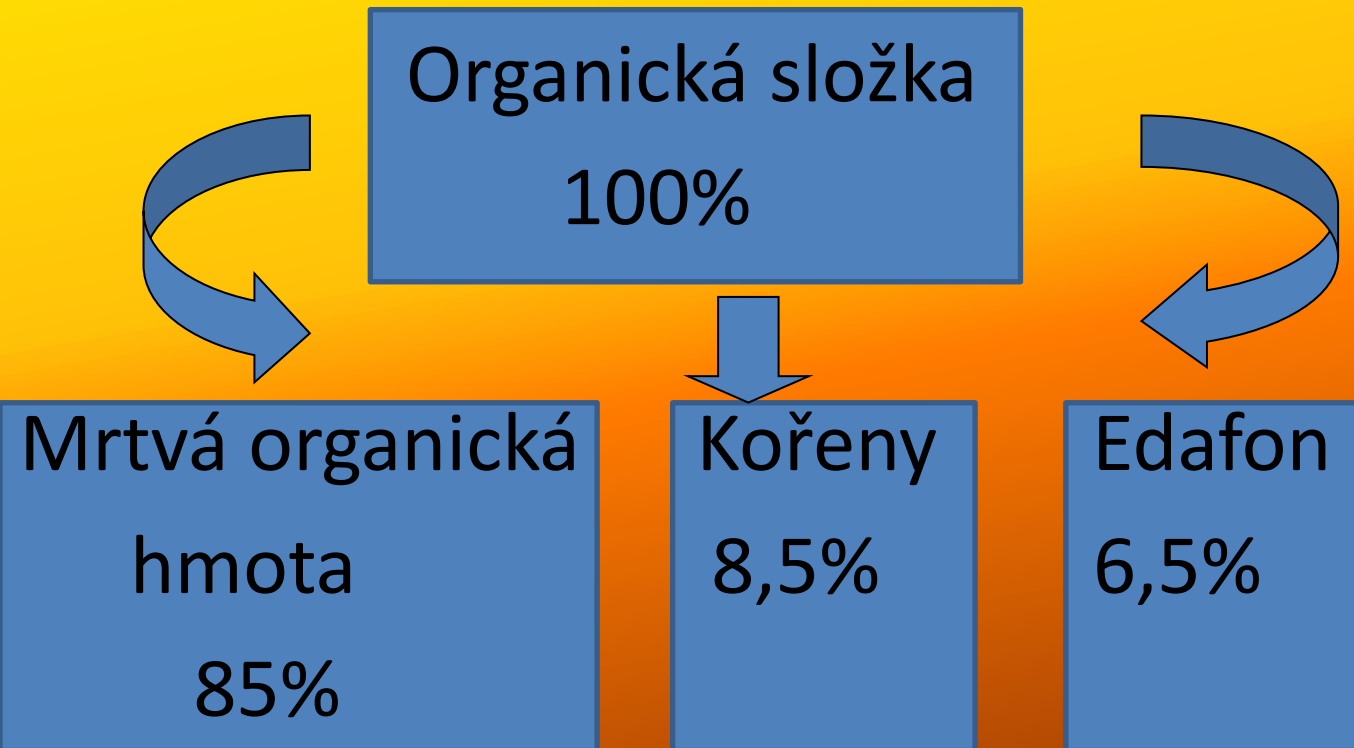
Základní funkce půdy

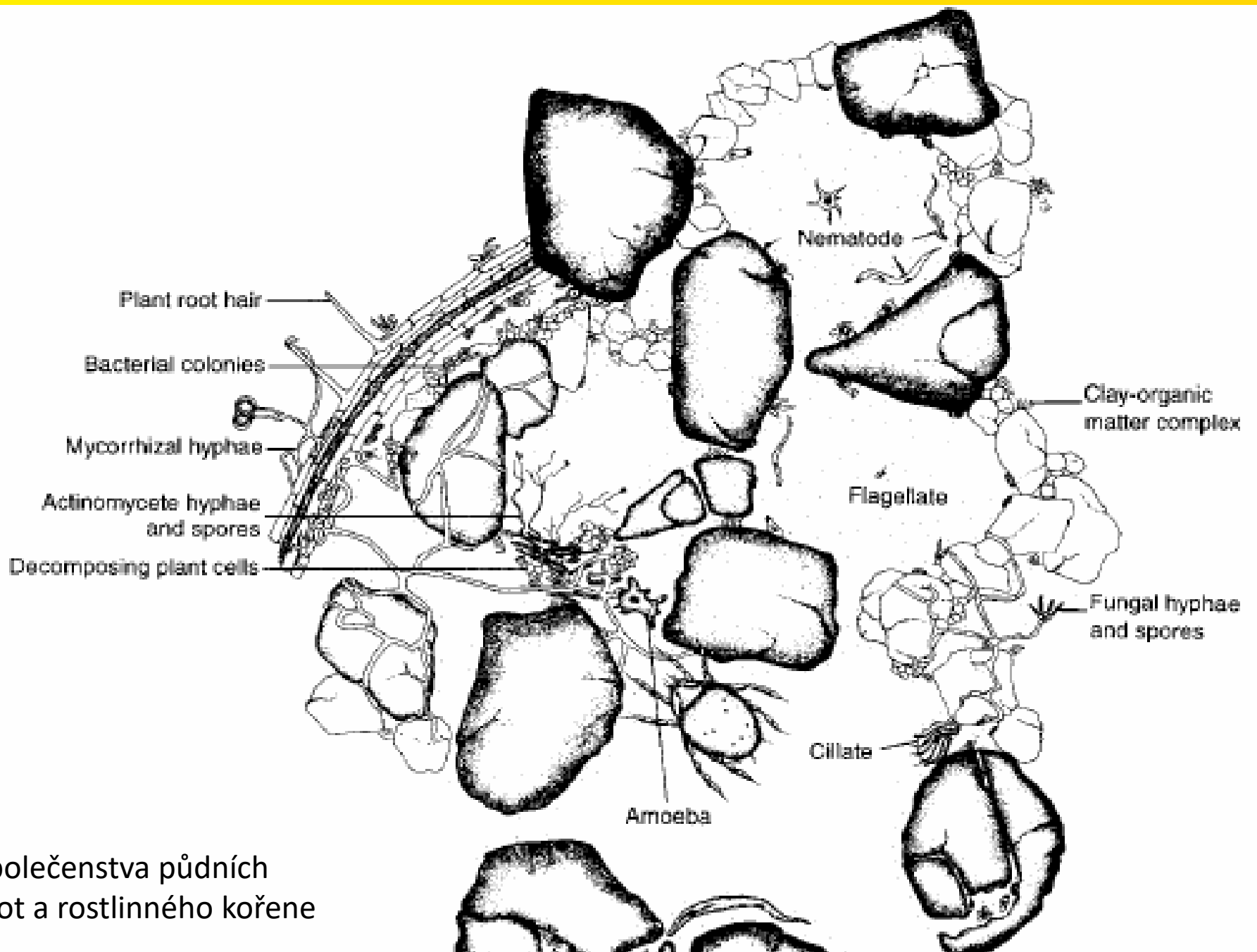
- ***Ekologické***
 - **Produkční**
 - Filtrační, pufrovací, **retence vody**
 - Hygienická
 - Prostředí pro rozvoj organismů (biodiverzita)
- ***Ostatní***
 - Fyzické medium
 - Zdroj surovin
 - Kulturní dědictví

Skladba půdy



Organická složka půdy





Společenstva půdních biot a rostlinného kořene

EDAFON
SVĚŽÍ HMOTNOST 4-20 t.ha⁻¹
SUŠINA 1-5 t.ha⁻¹

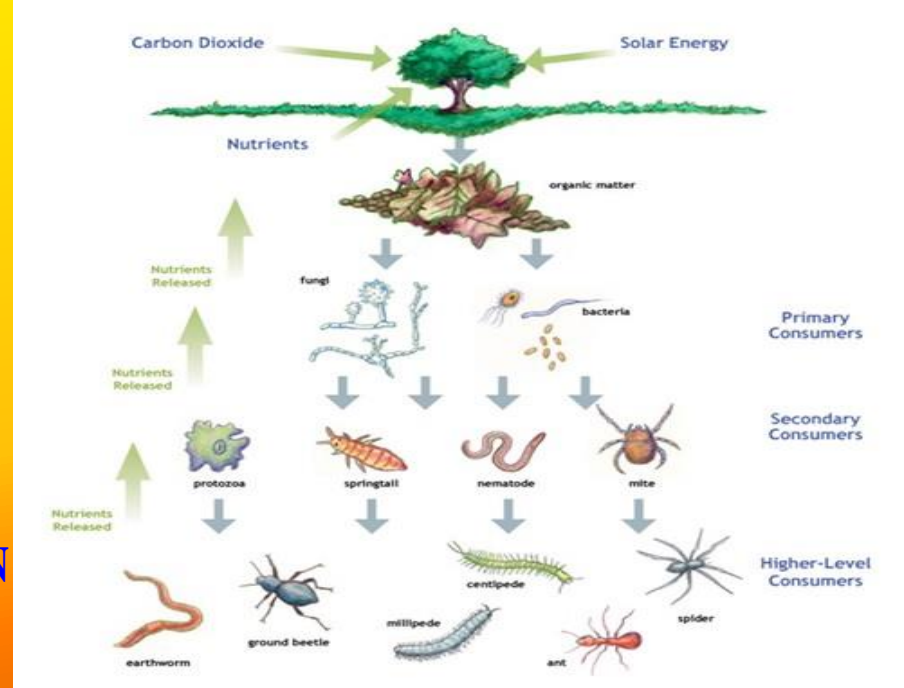
100%

FYTOEDAFON

75%

ZOOEDAFON

25%



FYTOEDAFON

100%



ZOOEDAFON

100%

BAKTERIE

4%

MIKROFAUNA

0,002-0,2 mm

12%

AKTINOMYCETY

13%

MEZOFAUNA

0,2-2,0 mm

12%



MIKROMYCETY

79%

MAKROFAUNA

2-2,0 mm

13%



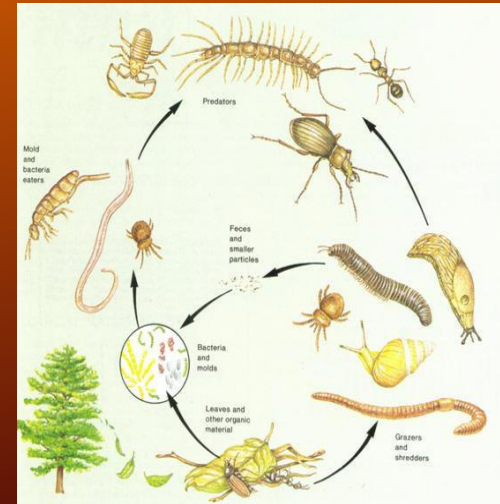
SINICE, ŘASY

4%

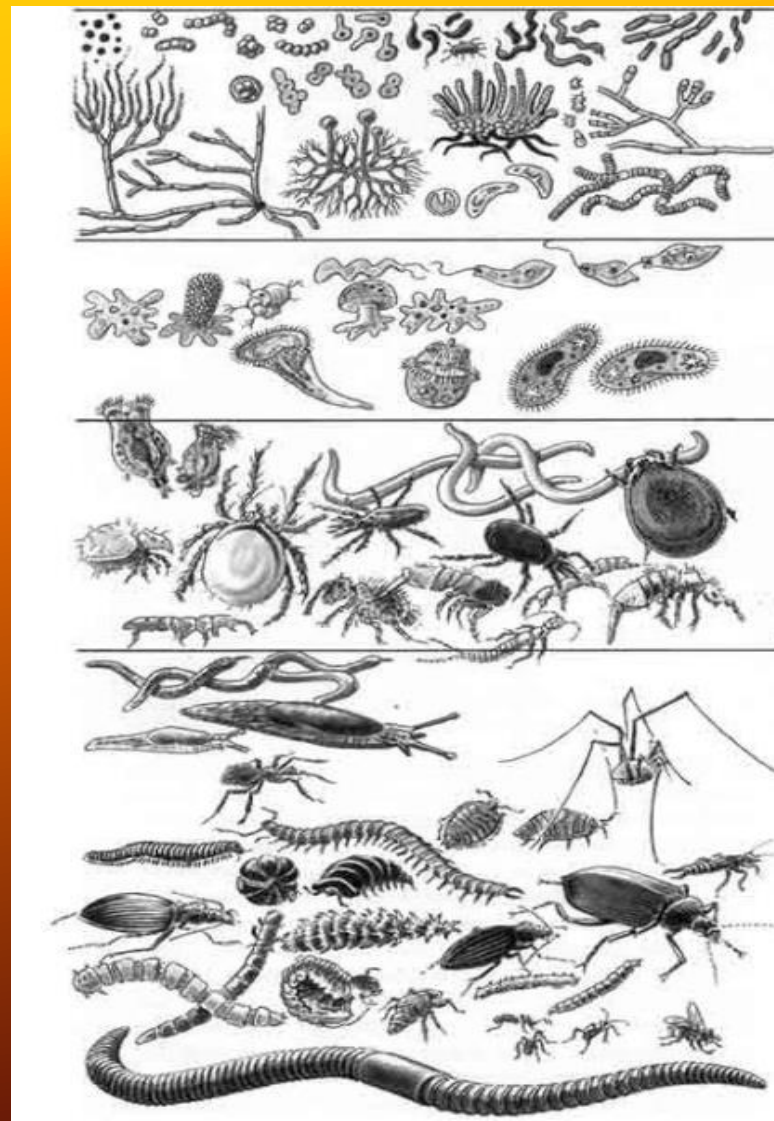
MEGAFAUNA

NAD 20 mm

63%



druh organismu	počet jedinců/m ²	hmotnost/m ²
Mikroedafon		
bakterie	1 000 000 000 000	<u>50 g</u>
aktinomycety	10 000 000 000	<u>50 g</u>
houby (plísně)	1 000 000 000	<u>100 g</u>
jednobuněčné řasy	1 000 000	1 g
bičíkovci	500 000 000 000	
Kořenonožci	100 000 000 000	<u>10 g</u>
nálevníci	1 000 000	
vířníci	25 000	0,01 g
Mezoedafon		
hlístice	100 000	1 g
roztoci	100 000	1 g
chvostokoci	50 000	0,5 g
Makroedafon		
mnohoštětinatci	10 000	2 g
plži	50	1 g
pavoukovci	50	0,2 g
svinky a stínky	50	0,5 g
stonožky a mnohonožky	300	4,5 g
brouci a jeho larvy	100	1,5 g
další hmyz a jeho larvy	250	2 g
žížaly	80	<u>40 g</u>



Specifické vlastnosti půdních mikroorganismů

Celkový povrch půdních mikroorganismů (ha.ha⁻¹. 0,3m)

Bakterie	60-600
Aktinomycety	95-190
Mikromycety	235-470

Počty a druhová bohatost půdních mikroorganismů



Mikroorganizmy	Celkový počet /g půdy	Počet druhů	
		Počet prokazatelných	v % celkového počtu
Bakterie	$10^6 - 10^{9(11)}$	10^3	10
Aktinomycety	$10^3 - 10^4$	10^2	
Sinice	$10^3 - 10^4$	10^2	
Mikromycety	$10^4 - 10^5$	10^3	65
Řasy	$10^3 - 10^4$	10^2	60
Viry	10^3	?	?4

Určení jednotlivých druhů mikroorganismů je mnohem složitější než u rostlinných či živočišných druhů. Pojetí druhu nelze použít např. u bakterií, kde dochází k rychlé výměně genů při tzv. horizontálním genetickém přenosu, a při stanovování nepřímými metodami kultivace zjišťujeme, že většinu mikroorganismů v půdě tvoří tzv. nekultivovatelné druhy (až 99 %), což ztěžuje identifikaci.

Při stanovení biologické diverzity se používají moderní metody (PCR atd.), které umožňují přibližné určení počtu vyskytujících se druhů. Při jednom stanovení při využití kinetiky asociace DNA bylo nalezeno zhruba 4 000 mikrobiálních genomů v 1 g půdy, což by mohlo odpovídat přibližně 13 000 různých druhů.

Distribuce mikroorganismů v půdě I

Vertikální

Hloubka půdy (m)	%
0 – 0,3	75 – (90)
0,3 – 0,5	20
0,5 -	5

Distribuce mikroorganismů v půdě II

Horizontální

Uplatnění rhizosférického efektu (R/S)

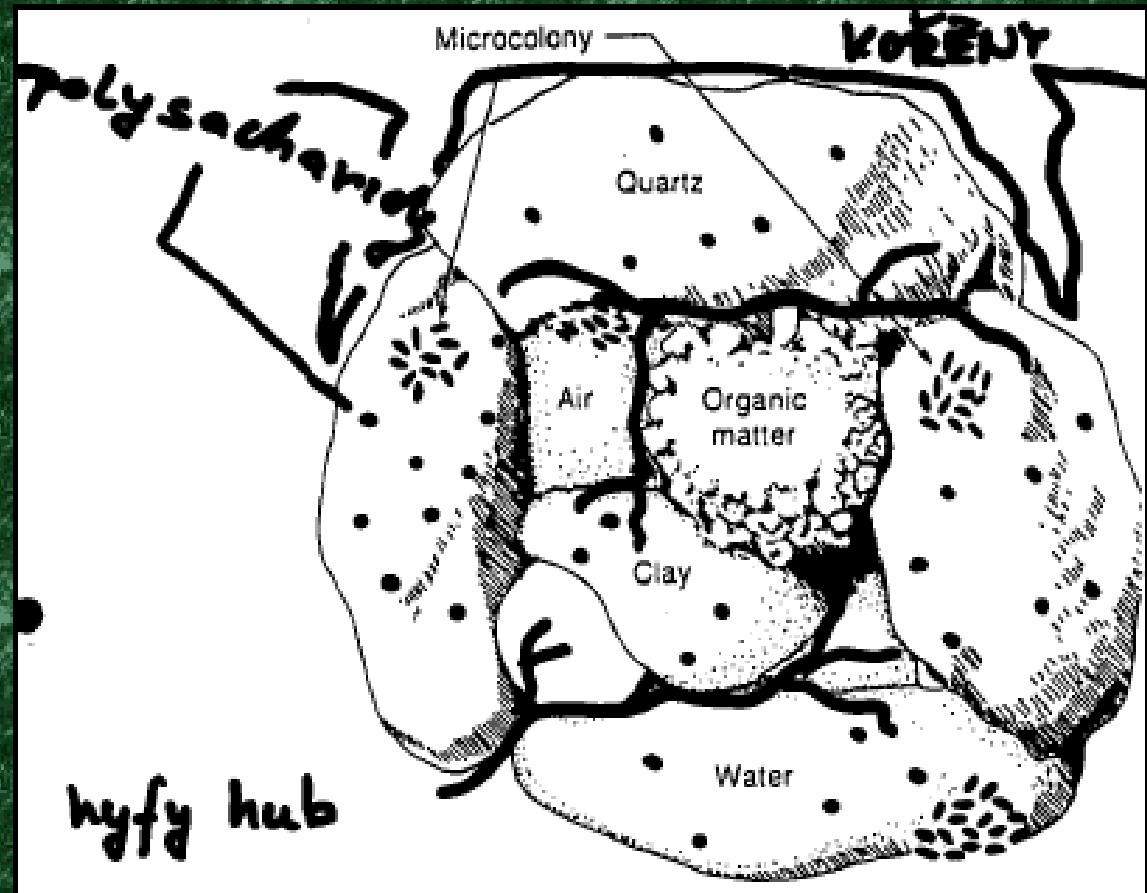
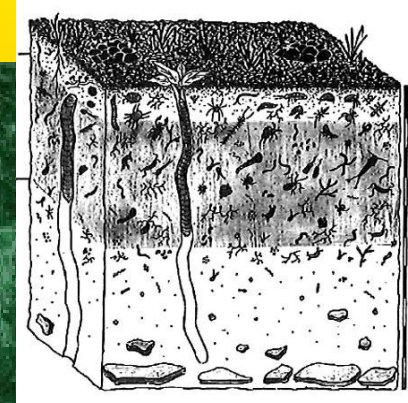
R= počet mikroorganismů v rhizosféře

S= počet mikroorganismů mimo rhizosféru

$$R : S = 2 - 90 : 1$$

Mikrobiální společenstvo půdy =

- bakterie (řetízky či kolonie)
- aktinomycéty (pseudomycelia)
- houby (hyfy)
- řasy
- prvoci
- kvasinky
- viry



Význam mikroorganismů v půdě

- stěžejní v cyklech živin a energií
- stojí na počátku potravních řetězců
- rozklad organické hmoty (mineralizace) - **dekompozice**
- syntéza nových sloučenin (immobilizace)
- tvorba humusu
- udržování půdní struktury
- prospěšný vliv na půdní úrodnost a pro růst rostlin
- vliv na vodní a vzdušný režim půdy



vznik půdy - jsou jedním z nejdůležitějších půdotvorných činitelů

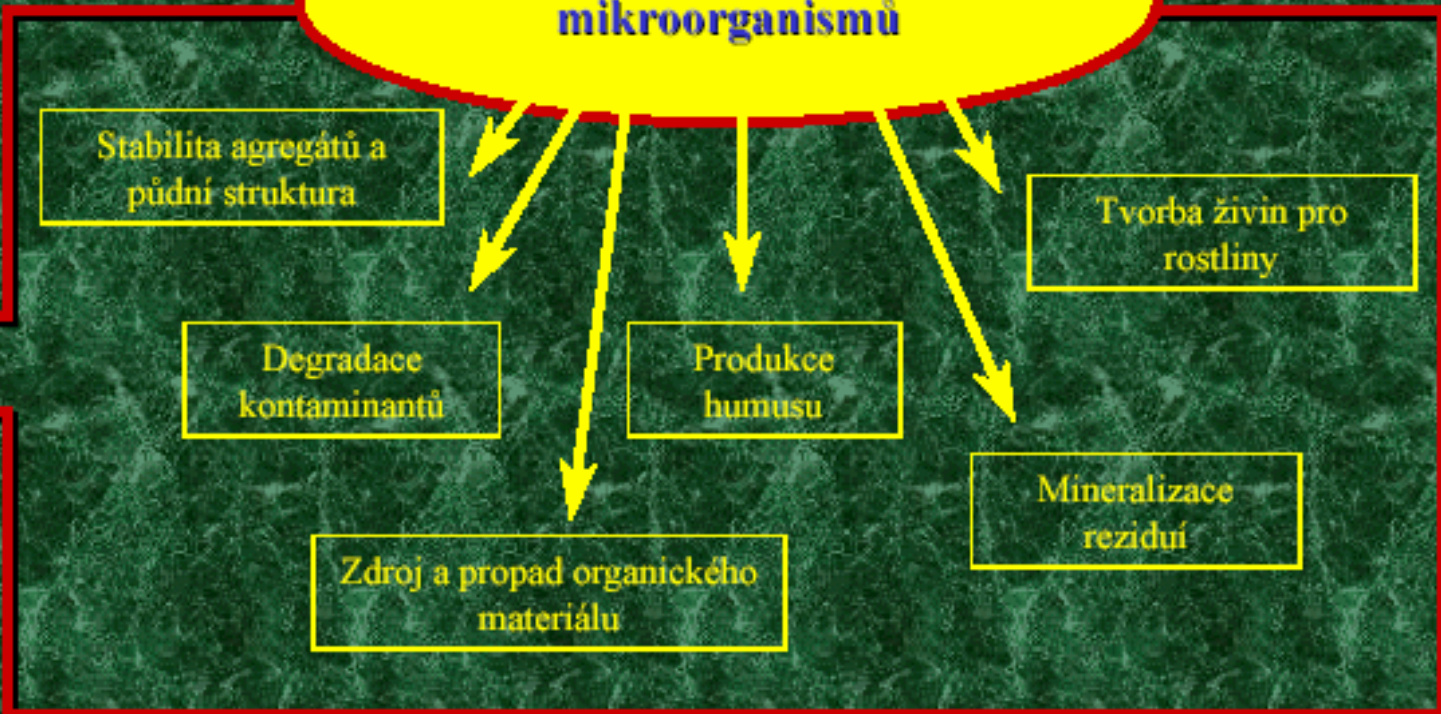
Indikátory půdní kvality:

- Fyzikální
- Chemické
- Biologické

Terestrický ekosystém



Společenstva půdních mikroorganismů



- ✓ Kvalita půdy
- ✓ Zdraví půdy
- ✓ Fungování půdy
- ✓ Úrodnost půdy

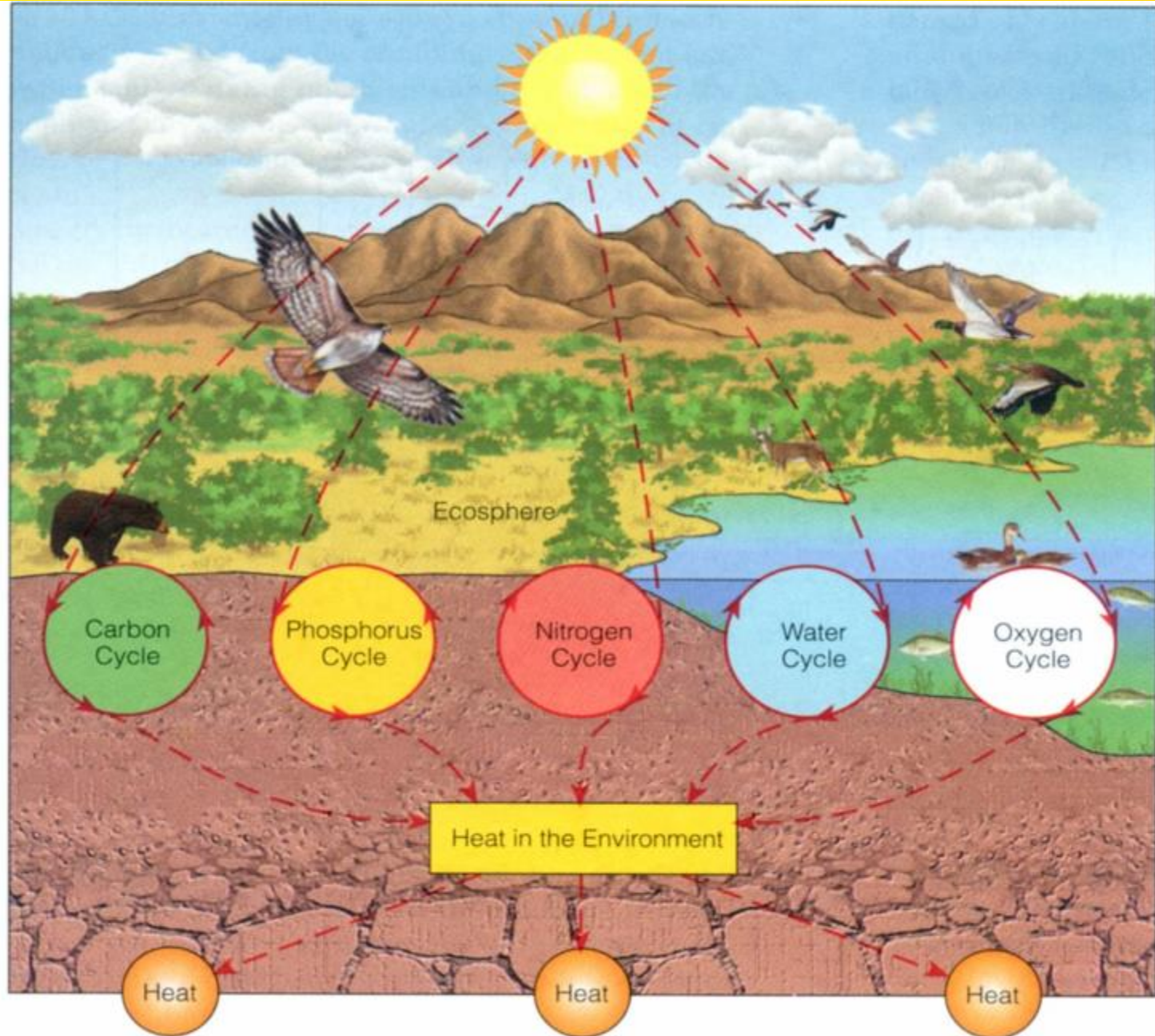
Význam mikroorganismů v půdě

- stěžejní v cyklech živin a energií
- stojí na počátku potravních řetězců
- rozklad organické hmoty (mineralizace) - **dekompozice**
- syntéza nových sloučenin (immobilizace)
- tvorba humusu
- udržování půdní struktury
- prospěšný vliv na půdní úrodnost a pro růst rostlin
- vliv na vodní a vzdušný režim půdy

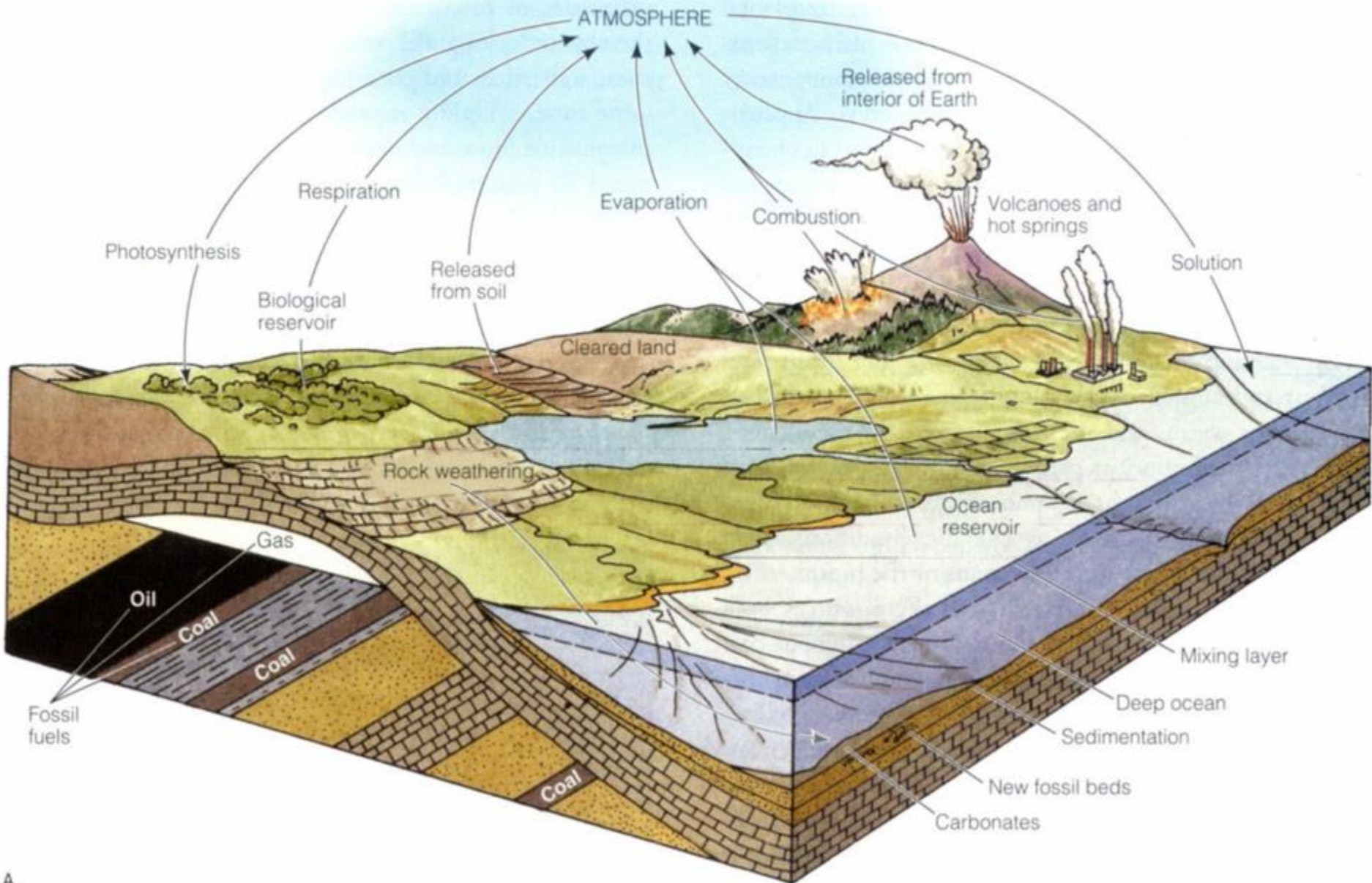


vznik půdy - jsou jedním z nejdůležitějších půdotvorných činitelů

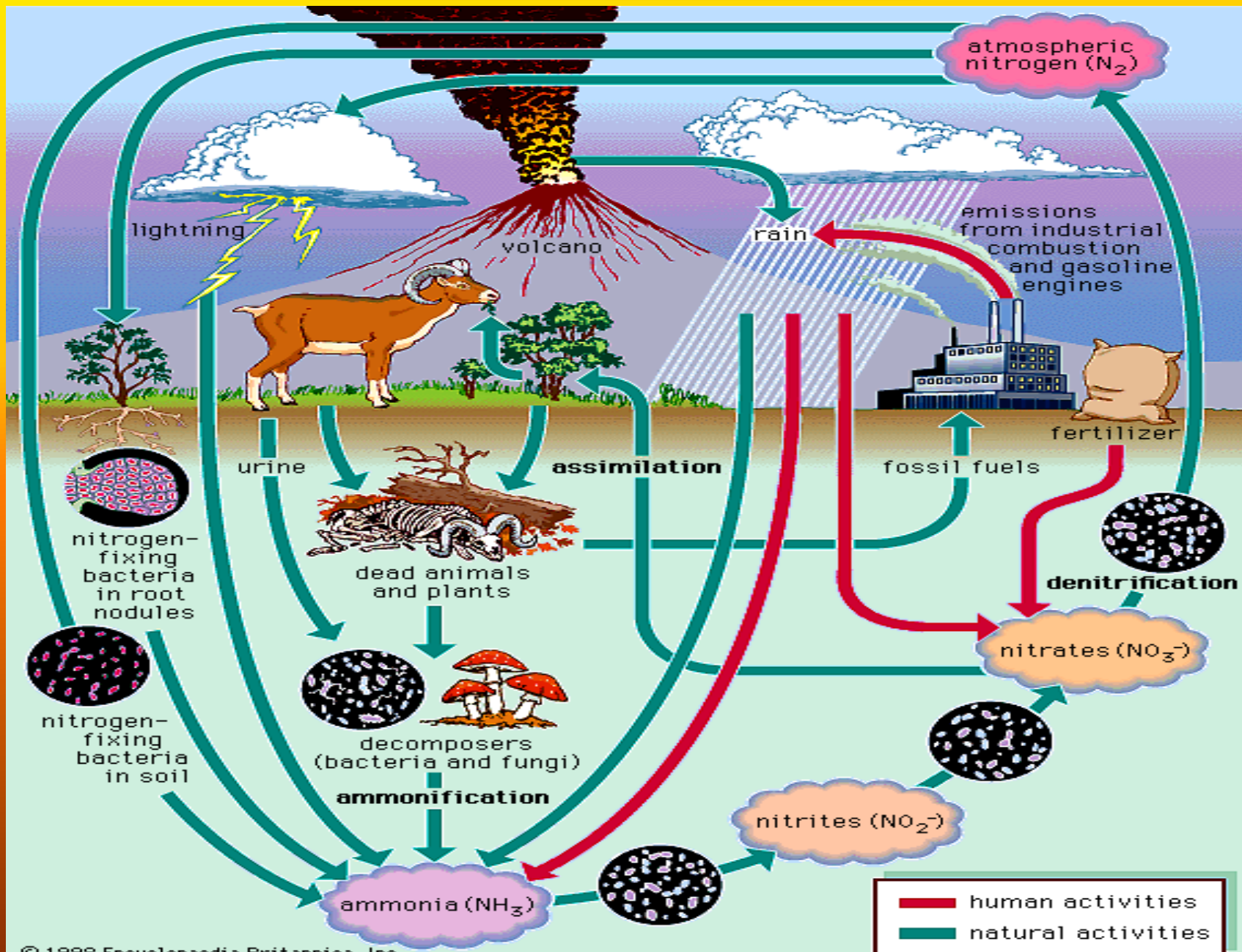
Biogeochemické cykly



Cyklus uhlíku



Cyklus dusíku



Cyklus dusíku

Aminokyseliny jsou důležitými sloučeninami všech živých organismů (–NH₂ skupiny; bílkoviny).

Dusík ve třech formách:

- plynný jako prvek N₂
- v redukované podobě jako amoniak NH₃
- v oxidované podobě jako dusičnanový NO₃⁻ ion

Pouze jako redukováný se zúčastňuje biochemických reakcí. N₂ nemůže být přímo využíván organismy. Největším rezervoárem dusíku je atmosféra:
78 %

Cyklus dusíku

Mikroorganismy jsou naprosto stěžejní:

- 1) kromě sinic a symbiotických bakterií nedovedou organismy poutat N_2
- 2) zpětné uvolňování dusíku do atmosféry
- 3) transformace forem dusíkatých sloučenin

AKTÉRIE A PROCESY ZÚČASTNĚNÉ NA KOLOBĚHU DUSÍKU.

Fixace dusíku		Oxidace sloučenin dusíku (tvorba dusitanů a dusičnanů)		Redukce dusičnanů (tvorba amoniaku a denitrifikace)		
Nesymbiotické bakterie (volně žijící bakterie)		Symbiotické bakterie (žijící symbioticky s vřesovými rostlinami)	<i>Nitrobacteraceae</i>	Jiné bakterie oxidující NO_2^- na NO_3^-	Bakterie způsobující amonifikaci bílkovin a denitrifikaci, využívající NO_2^- a NO_3^- jako akceptory vodíku	
<i>Azotobacteraceae</i>	Jiné bakterie	<i>Rhizobium</i>	Oxidace			
			NH_3 na NO_2^-	NO_2^- na NO_3^-		
<i>Azotobacter</i> <i>Azomonas</i> <i>Beijerinckia</i> <i>Derxia</i>	<i>Enterobacter</i> <i>Nocardia</i> <i>Clostridium</i> <i>Rhodospirillales</i>		<i>Nitrosomonas</i> <i>Nitrosococcus</i> <i>Nitrosolobus</i>	<i>Nitrobacter</i> <i>Nitrospina</i> <i>Nitrococcus</i>	<i>Nocardia</i> <i>Streptomyces</i>	<i>Thiobacillus denitrificans</i> <i>Pseudomonas stutzeri</i> Některé druhy rodu <i>Bacillus</i> aj.

Cyklus dusíku

Člověk:

- spalování paliv (vznik NO za vysokých teplot z N_2 a O_2), ten se dále oxiduje na NO_2 a s vodou tvoří HNO_3 (kyselý déšť)
- N_2O (skleníkový plyn) uvolňován bakteriemi ze zemědělských odpadů
- uvolňování z půdy zavlažováním, vypalováním pralesů
- hnojení a komunální odpad (sinice)

Fixace vzdušného dusíku

K **fixátorům dusíku** patří zhruba 85 rodů z domény *Archaea*, 38 rodů bakterií a aktinomycet a 20 rodů sinic.

Aktivita **nitrogenázy**, a tím intenzita fixace N_2 je ovlivňována i teplotou (aktivita nitrogenázy má optimum mezi 20 až 30 °C a kolem nuly ustává), pH a redoxpotenciálem prostředí, dostupností fosforu a jiných živin (včetně mikroprvku Mo) a nepřímo dalšími faktory prostředí, podobně jako jiné mikrobiální aktivity.

Fixátory můžeme rozdělit na **symbiotické a nesymbiotické**.

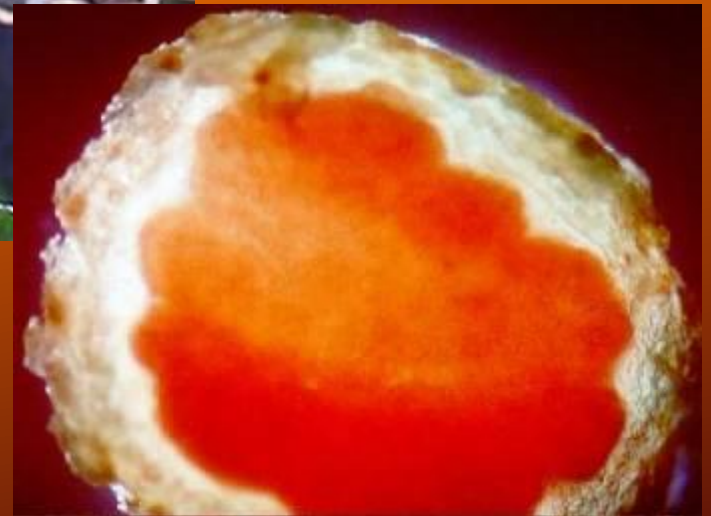
Symbiózu mezi bakteriemi fixujícími molekulární dusík a rostlinami lze rozdělit na následující typy:

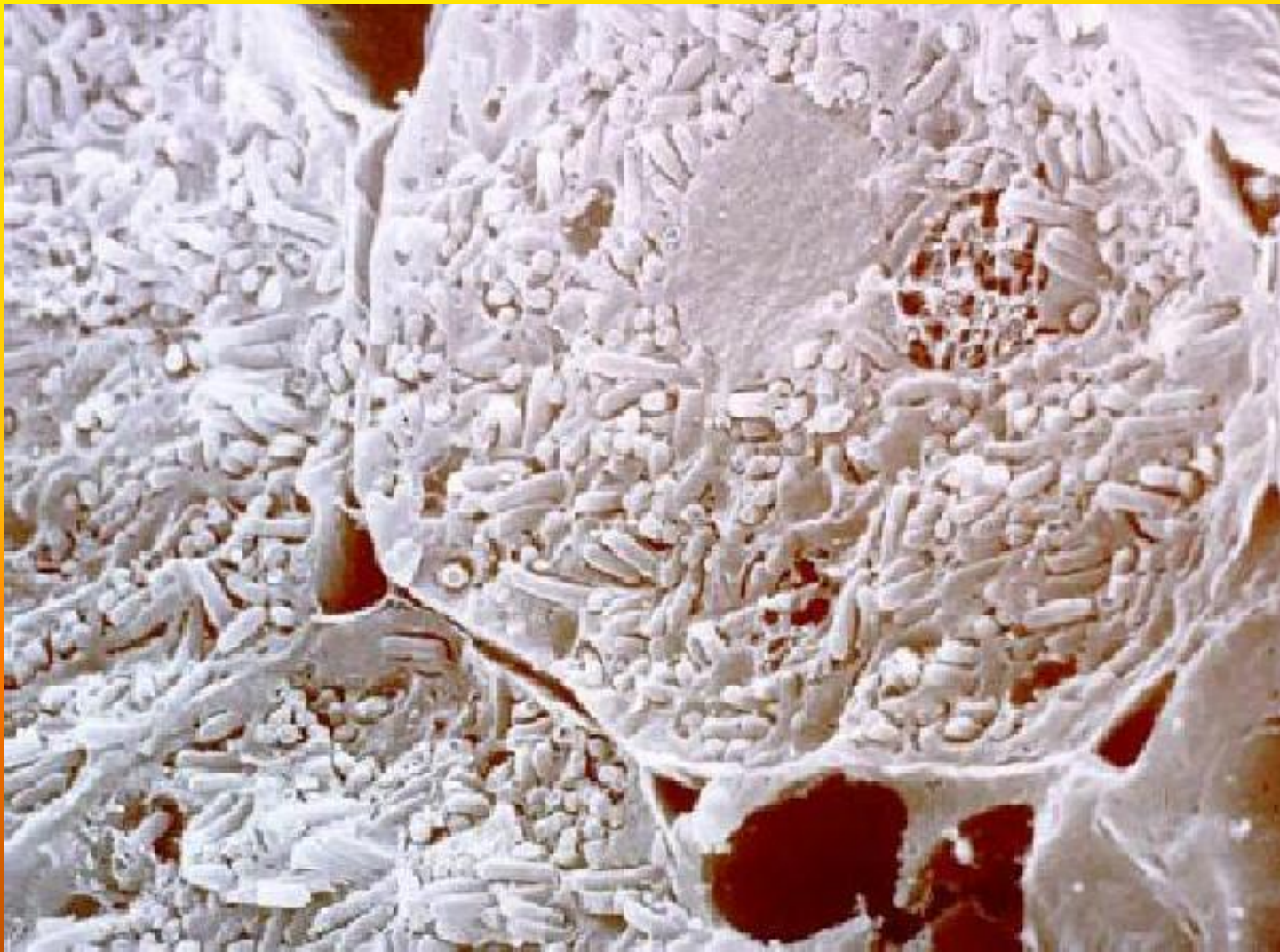
1. **nodulující symbiózu**
2. **nenodulující symbiózu (mezi sinicemi a houbami, kapradiny , mechorosty)**
3. **asociativní symbiózu (syn. Půdní bak. *Azotobacter*, *Beijerinckia*.. s kořeny trav)**

Množství dusíku fixovaného hlízkovitými bakteriemi kolísá mezi **80 až 300 kgN . ha⁻¹ za rok**, průměrně v přirozených podmínkách tedy asi **200 kg N. ha⁻¹ za rok**.

Fixace vzdušného dusíku - symbiotická

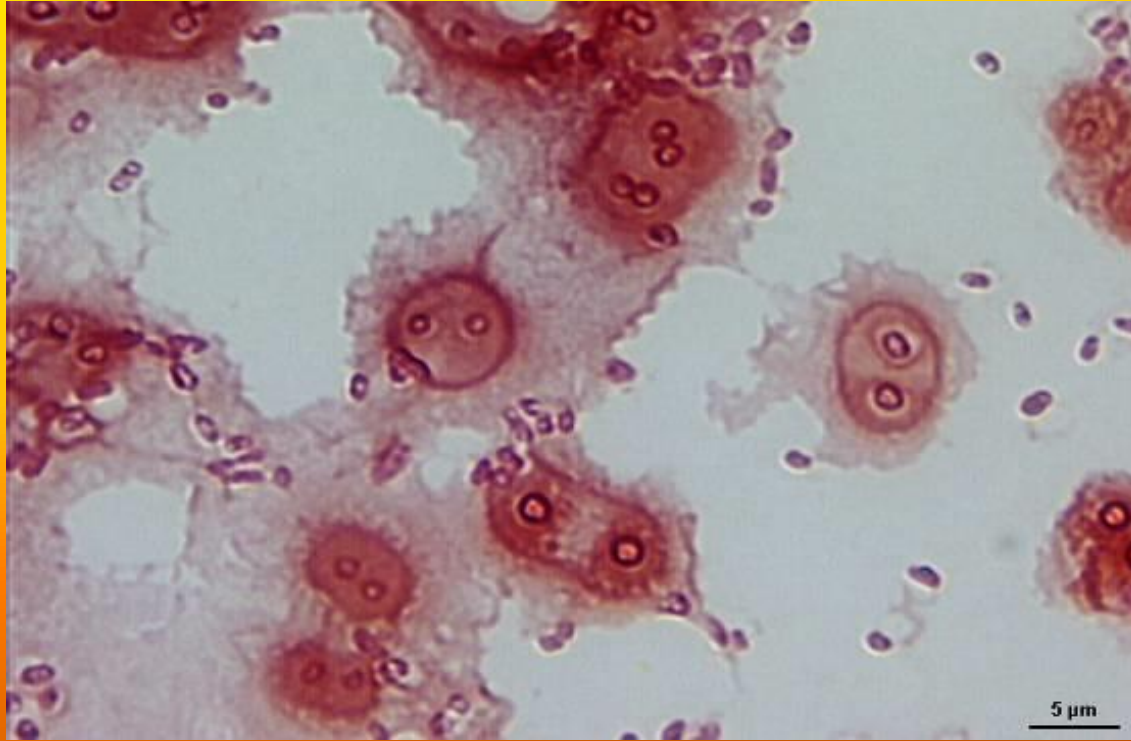
Leghemoglobin- v hlízkách bakterií rodu *Rhizobium* má pyrolovou povahu a obsahuje Fe





Scanning electron micrograph of an infected cell. The rod-like structures are the micro-symbiont, *Bradyrhizobium japonicum*. There may be up to 20,000 individual bacteroids in an infected cell!

Nesymbiotická fixace vzdušného dusíku



fixace vzdušného dusíku volně žijícími bakteriemi

Nejdůležitějšími rody jsou ***Azotobacter*** (jako heterotrof potřebuje velké množství organické hmoty v půdě jako zdroje energie a uhlíku), ***Clostridium***, ***Anabaena*** a ***Nostoc***, metanogenní ***Archea***.

V přirozených podmínkách jsou ***Azotobacter*** i ***Clostridium*** schopni fixovat v půdě **5 až 15 kg N . ha⁻¹ . rok⁻¹**

Cyklus dusíku

Mineralizace dusíkatých látek

Čistá mineralizace, tj. množství uvolněného dusíku zpřístupněné rostlinám dosahuje zhruba **50 až 300 kg N . ha⁻¹ za rok**, jak ve **formě amonné**, tak i ve **formě nitrátů**.

amonifikace

množství mikroorganismů; organický N je mineralizován na NH_4^+ hlavní zdroj dusíku pro rostliny a mikroorganismy

Imobilizace – asimilace anorganického N mikrobní buňkou. Snižuje množství N přístupného rostlinám a zabraňuje ztrátám dusíku vyplavením a volatilizací

Volatilizace – při nadbytku – únik do ovzduší

Nitrifikace – nevyužitý amoniak

nitrifikace

menší množství autotrofních bakterií;



mineralizace N je funkcí teploty, vlhkosti, provzdušnění (nitrifikace je obecně proces striktně aerobní), typu dusíkatých organických látek v prostředí a také pH

NH_4^+ se v půdě váže na částice × NO_3^- se z půdy vymývá

denitrifikace

DENITRIFIKACE

Redukce nitrátů na sloučeniny nižšího oxidačního stupně

Biologická denitrifikace – enzymatickými mechanismy

Chemodenitrifikace – chemickými reakcemi

Biologická denitrifikace – denitrifikační bakterie (fakultativně anaerobní) mají enzym **nitrátreduktasu**

Pseudomonas, Micrococcus, Achromobacter, Thiobacillus

Podmínky:

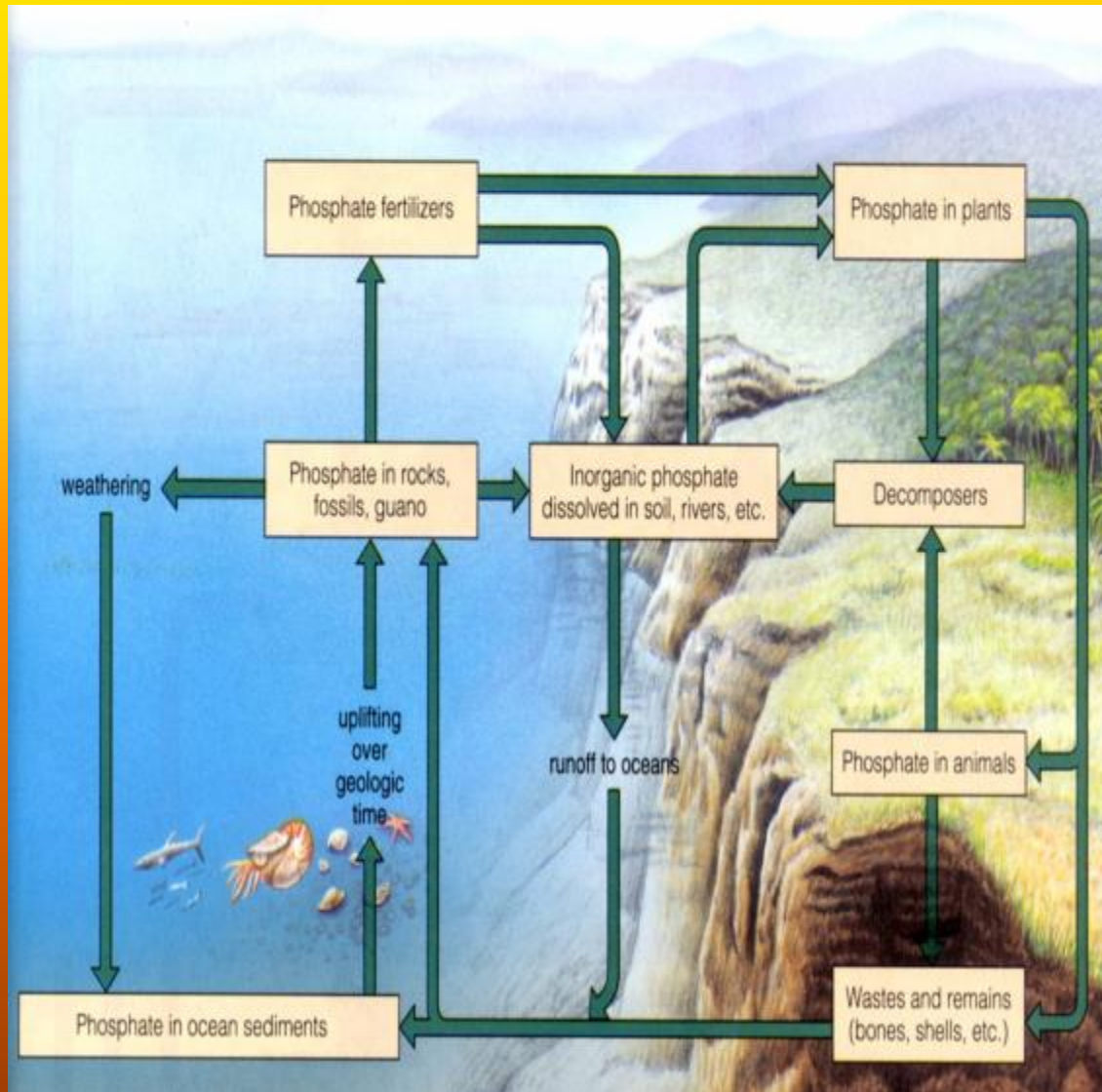
Přítomnost org. hmoty

Anaerobní prostředí – využití kyslíku z nitrátů jako akceptoru vodíku.

Teplota 25-30°C (5-65°C)

pH 7-8,5 pokles pH snižuje aktivitu denitrifikace.

Cyklus fosforu



Důležitá složka RNA, DNA a přenašečů energie (ADP, ATP)

- fosfor se jen pomalu uvolňuje z hornin (apatit ...)
- nevstupuje do atmosféry
- je většinou limitujícím faktorem růstu rostlin

Člověk:

- hnojiva a prací prostředky
- zemědělské a komunální odpady

Cyklus fosforu

Koloběh fosforu

Obsah P v půdě závisí na matečné hornině a obsahu org. látek. Je ho asi jen 0,02-0,2% (25-70% organicky vázaný).

Fosfor je většinou limitujícím faktorem růstu rostlin.

Anorganicky vázaný ve fosforečných minerálech a adsorbovaných fosforečnanech.

Organická forma v humusu a org. zbytcích.

Rostliny nejlépe přijímají aniont H_2PO_4^- , méně HPO_4^{2-}

Koloběh tvořen 3 pochody:

Mobilizace P z org. sloučenin

Mobilizace (solubilizace) P z anorg. sloučenin

Imobilizace anorg. P

Cyklus fosforu

Koloběh fosforu

Koncentrace fosforu v půdním roztoku není veliká, ale nesmírně důležitá pro příjem fosforu rostlinami i mikroorganismy. Uvádí se, že díky odběru fosforu z tohoto zdroje intenzivně rostoucími rostlinami se může obsah fosforu v půdním roztoku obnovovat za den 50 až 250krát. Rostlinami a mikroorganismy odebraný fosfor **je kontinuálně doplňován** z jiných zdrojů, jak abioticky, tak z **velké části za pomoci organismů**.

Jedná se o dva základní procesy:

mobilizace fosforu z anorganických sloučenin (solubilizace) Mikroorganismy tvoří a uvolňují i celou řadu **anorganických** (kyselina dusičná, sírová) i **organických** (kyselina octová, máselná, jantarová atd.) **kyselin**, tyto disociují a kationt H^+ působí pozitivně na rozpouštění fosfátů.

- **mobilizace fosforu z organických sloučenin**. Fosfor je uvolňován převážně přímou aktivitou enzymů zvaných **fosfatázy**.

Zásobníky

Vstupy

Výstupy

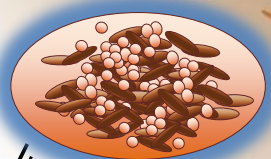
Skřízeň

Zbytky rostlin a jiné organické vstupy

Atmosférické depozice P
Minerální P - hnojiva

Povrchový odtok a eroze

Organický P
* mikrobiální,
* zbytky rostlin a živočichů,
* humus



Imobilizace
Mineralizace

Odběr rostlinou

Zvětrávání

Primární minerály (apatit)

Povrchy minerálů (jíly, oxidy Fe a Al, uhličitany)

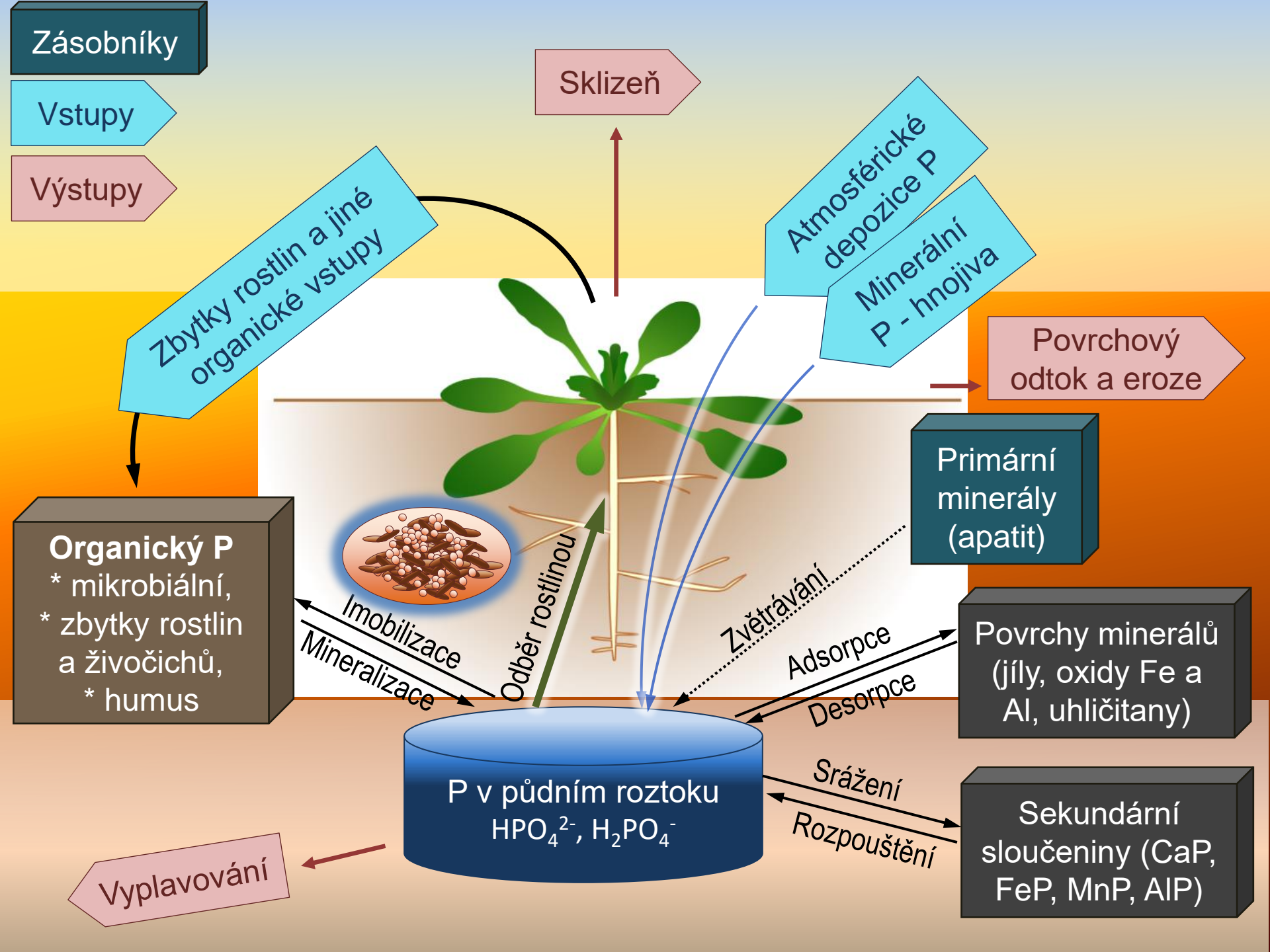
Adsorpce
Desorpce

P v půdním roztoku
 HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-

Srážení
Rozpouštění

Sekundární sloučeniny (CaP, FeP, MnP, AlP)

Vyplavování



Význam mikroorganismů v půdě

- stěžejní v cyklech živin a energií
- stojí na počátku potravních řetězců
- rozklad organické hmoty (mineralizace) - **dekompozice**
- syntéza nových sloučenin (immobilizace)
- tvorba humusu
- udržování půdní struktury
- prospěšný vliv na půdní úrodnost a pro růst rostlin
- vliv na vodní a vzdušný režim půdy



vznik půdy - jsou jedním z nejdůležitějších půdotvorných činitelů

Imobilizace versus mineralizace

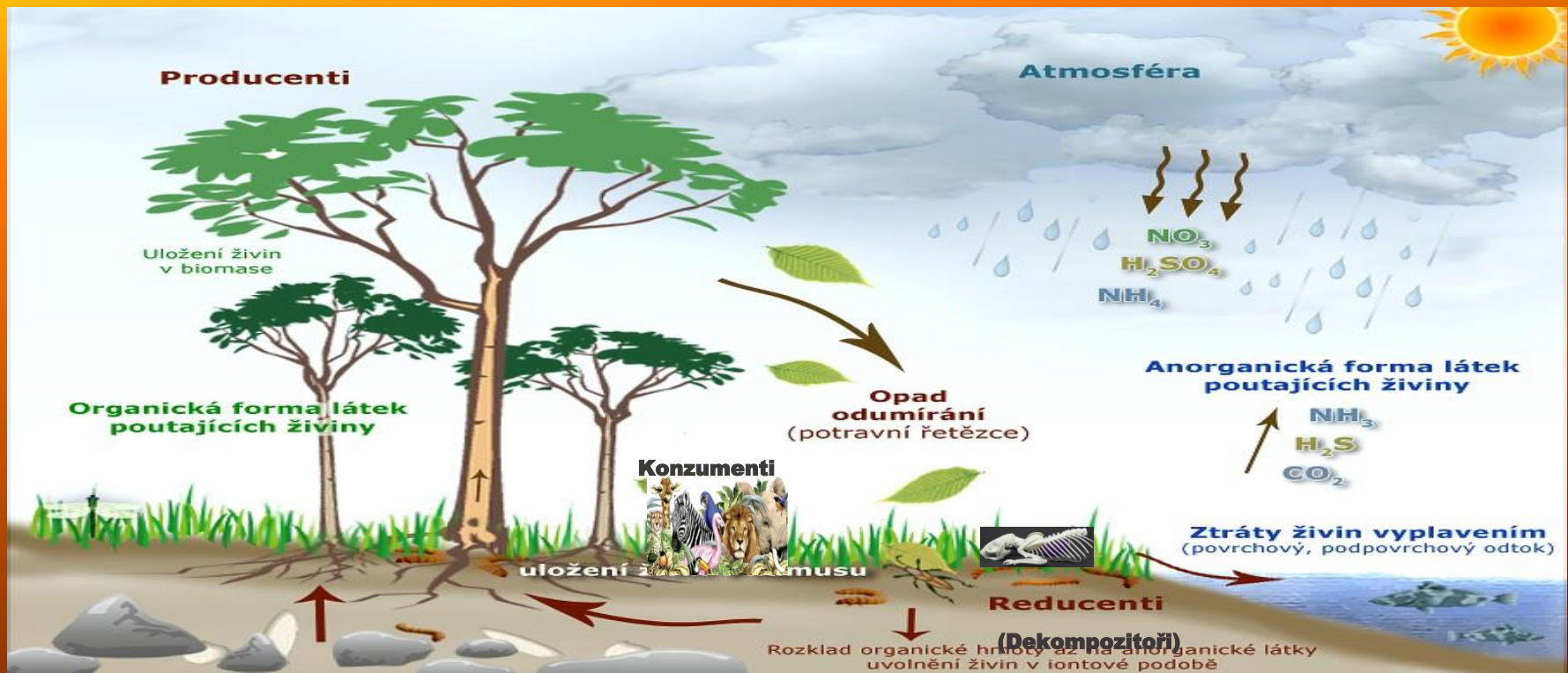
- **Imobilizace** ... proces, kdy je část minerálních živin včleněna do organické hmoty, např. při růstu zelených rostlin, ale stejně tak i při příjmu živin mikroorganismy. V biomase mikroorganismů může být v různých obdobích dočasně vázáno 5 až 15 % N, 1 až 3 % S, 2 až 5 % P z celkového množství v půdě.
- **Mineralizace** ... proces postupného rozkladu organických látek až na minerální látky **výchozí**. Nejrychleji je organická hmota mineralizována za maximálního přístupu vzduchu. poměr **C : N = 25 : 1**
- **(Humifikace)** ... neúplná mineralizace

Role půdní bioty při dekompozičních procesech je zásadní.

Půdní organická hmota

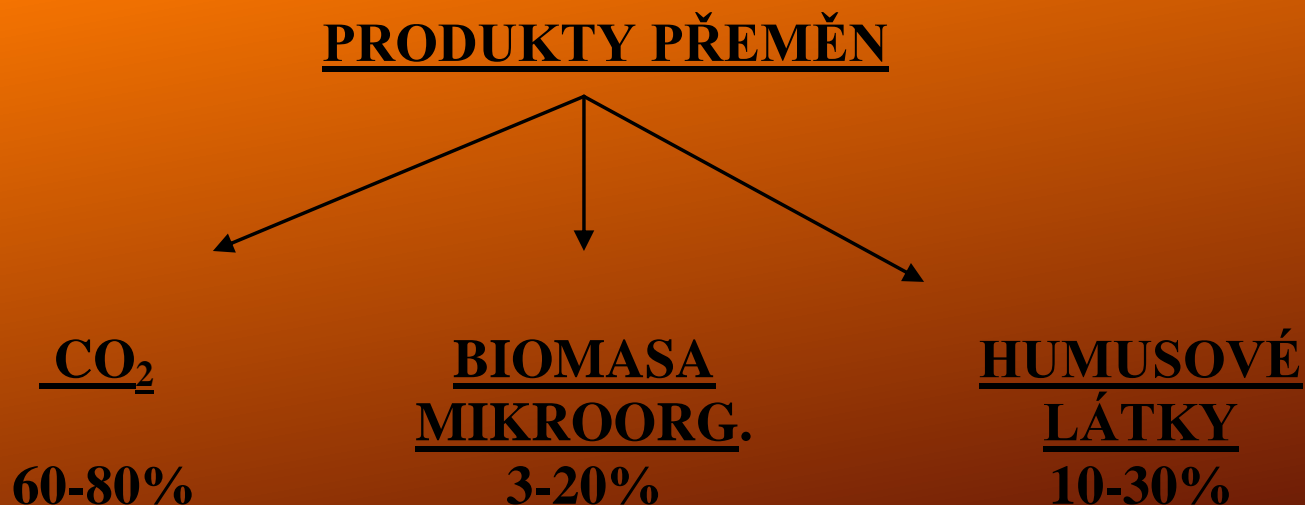


je tvořena směsí odumřelých či shořených zbytků rostlin a živočichů v **různém stádiu rozkladu**, humusem vzniklým mikrobiálními a biosyntetickými procesy z meziproductů rozkladu organických zbytků a dále živými i odumřelými buňkami půdních mikroorganismů a živočichů.



BIOLOGICKÉ PŘEMĚNY ROSTLINNÉ HMOTY

- POSTUPNÝ ROZKLAD SLOŽITÝCH LÁTEK NA LÁTKY JEDNODUŠŠÍ
(ÚPLNÝ ROZKLAD = MINERALIZACE)
- HUMIFIKACE – RESYNTÉZA A POLYMERACE MEZIPRODUKTŮ ROZKLADU ZA VZNIKU HUMUSOVÝCH LÁTEK

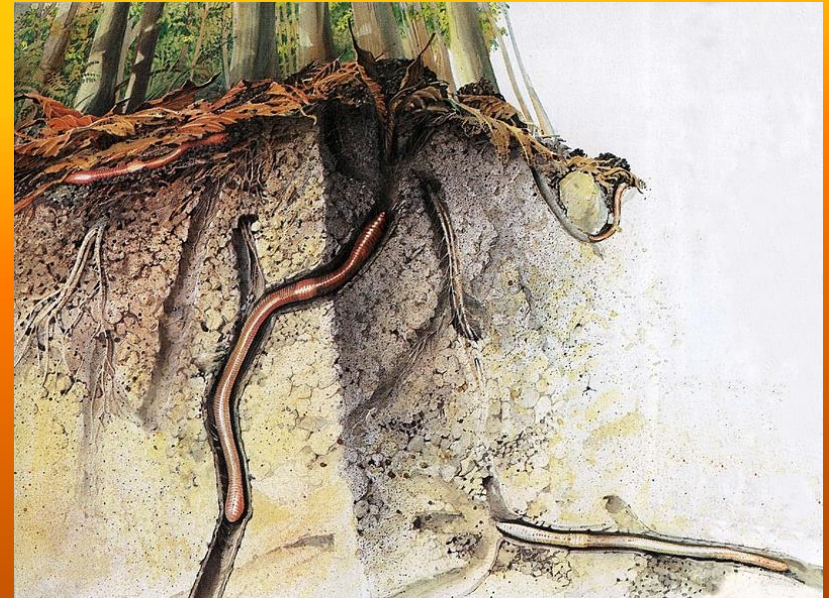
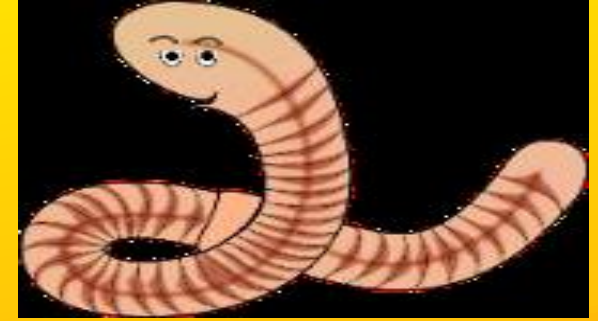


POLOČAS ROZKLADU RŮZNÝCH TYPŮ ORGANICKÝCH LÁTEK V PŮDĚ

KOŘENOVÉ EXUDÁTY	2 - 3 DNY
KOŘENOVÉ VLÁŠENÍ	1 – 3 TÝDNY
POSKLIZŇOVÉ ZBYTKY	3 – 30 MĚSÍCŮ
ZELENÉ HNOJENÍ	1 – 4 MĚSÍCE
HUMUS	
FULVOKYSELINY	2 - 40 LET
HUMINOVÉ KYSELINY	200 LET

Edafon: Žížaly

Dokonalý fermentor – tvorba trvalé organické hmoty – humusu. Vytváří chodbičky v půdě, jejichž souhrnná délka na jednom hektaru může činit až 4 000 km. Tím napomáhají lepšímu vsakování srážkové vody, ale také k většímu provzdušnění, což umožňuje lepší přístup vzduchu například k fixátorům vzdušného dusíku. Přítomnost žížal je spolehlivým indikátorem kvality půdy.



FUNKCE HUMUSU ORGANICKÉ HMOTY

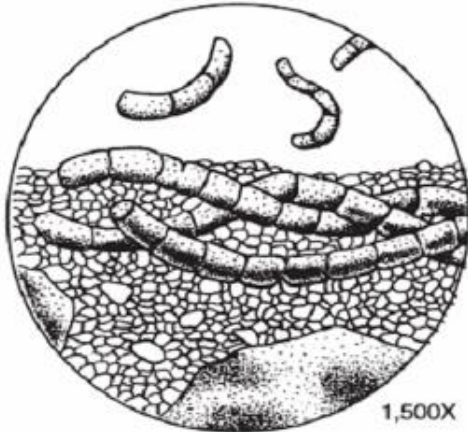
BIOLOGICKÉ

- **ZDROJ UHLÍKU, ENERGIE,
ŽIVIN A BIOLOGICKY AKTIVNÍCH
LÁTEK PRO PŮDNÍ ORGANISMY
(A ROSTLINY)**

FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ

- **TMELÍCÍ ÚČINEK, VLIV NA
PUFROVITOST, pH, TEPLITU PŮDY,
SORBCE TOXICKÝCH SLOUČENIN**

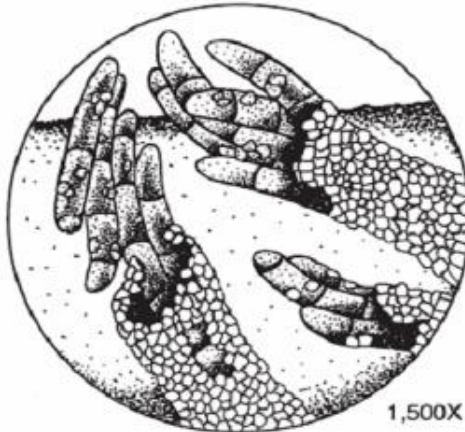
Půdní organismy – půdotvorní činitelé



1,500X

Young Cryptos: 0 to 3 Years

Cyanobacteria float through air and fall to the ground, crawl across the surface, or are carried by bugs and animals. They remain on the surface to catch sunlight and photosynthesize for their life processes.



1,500X

Mid-life Cryptos: 3 to 10 Years

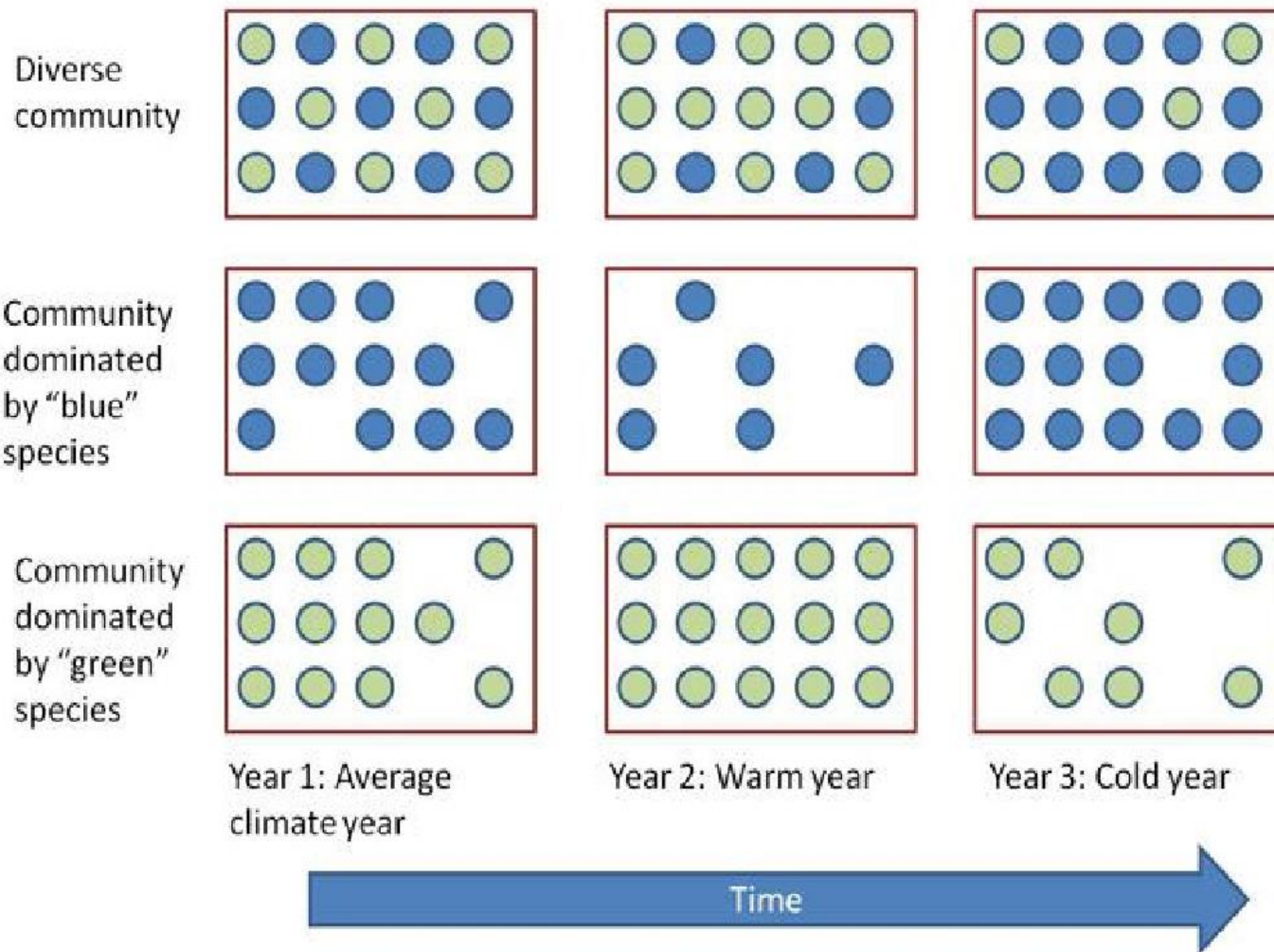
Cyanobacteria secrete sticky sheaths that stick to sand particles. When buried by soil, the cyanobacteria move to the surface. With frost heaving, sheaths form a contorted surface.



300X

Mature Cryptos: 10+ Years

Lichen, mosses, fungi grow on surface; water debris and seeds become entrapped in pockets, seeds root which further strengthen soil.

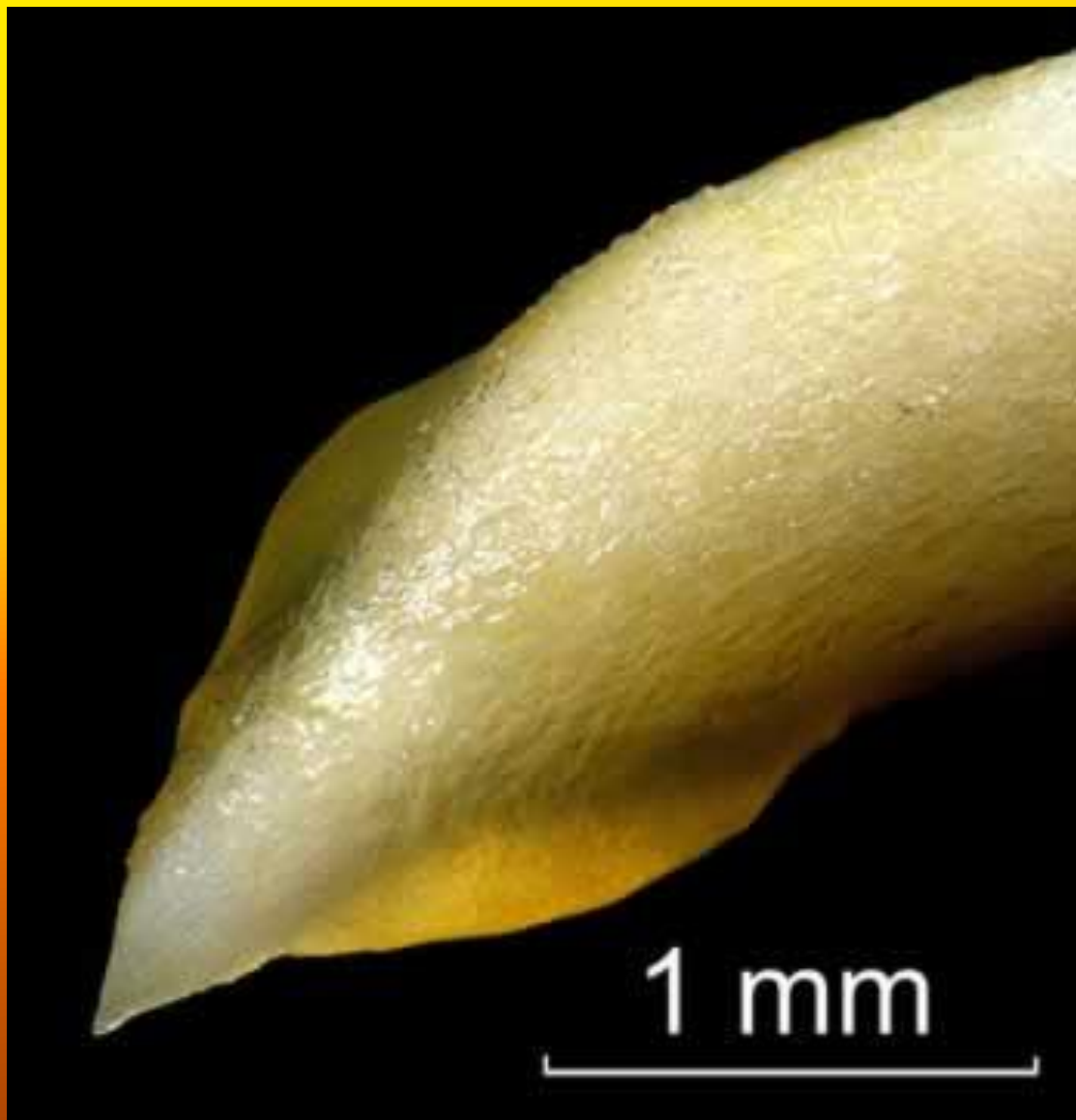


Diversity and stability: a healthy soil microbial community has many species including many rare ones; a diverse community continues to function well in changed environmental conditions because it contains many species that might grow well in the new environment.

Interakce mezi edafonem (mikroorganismy) a rostlinou (kořeny).

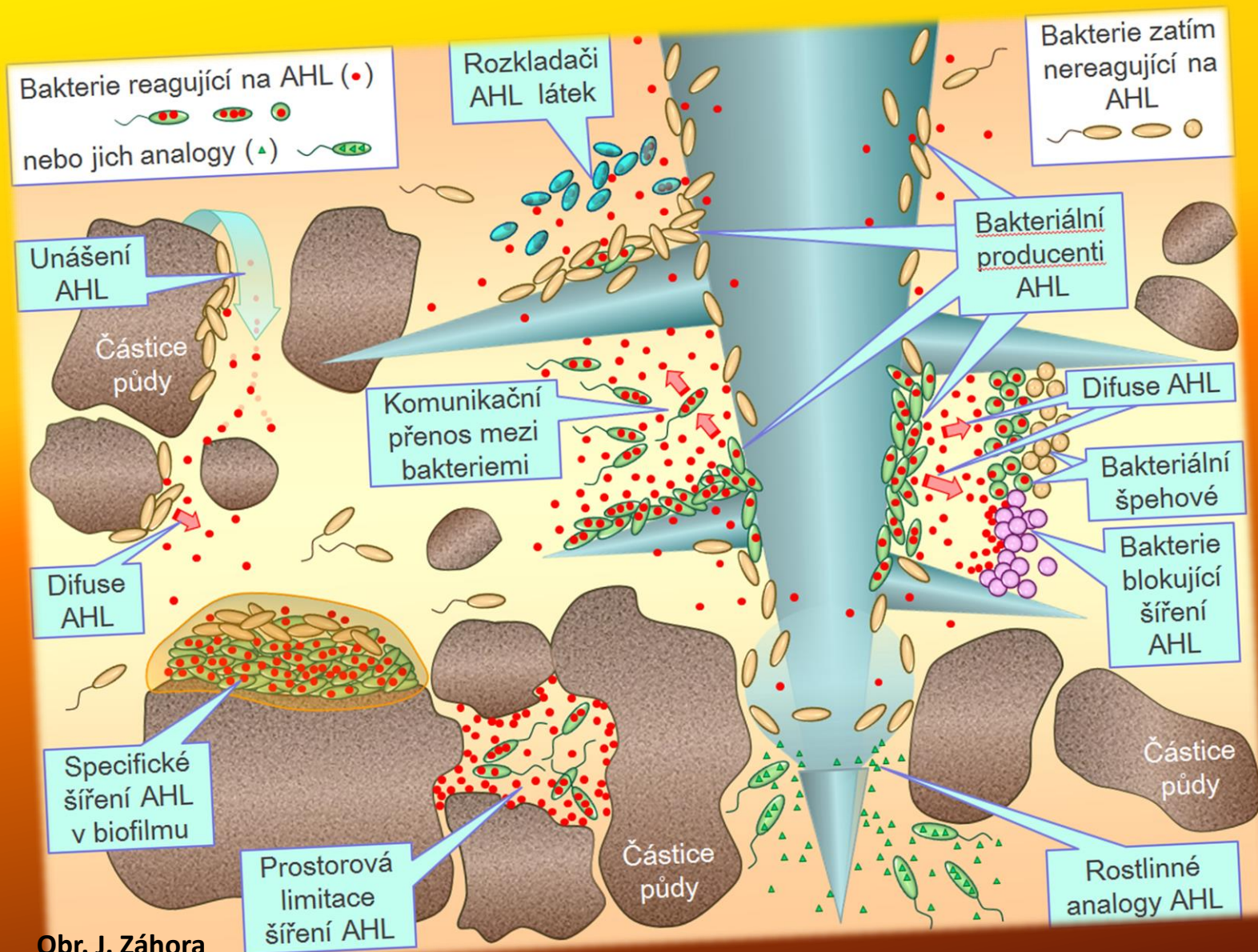
Co se děje ve rhizosféře

- Vzniká zde směs polysacharidů a glykoproteinů původem z **rhizodepozic** rostlin a produkovaných i rhizosférními mikroorganismy, kterému říkáme souhrnně **mucigel**, který je materiálním základem tvorby mikrobiálního biofilmu na povrchu kořenů. Tato mikrobiální konsorcia, vytvářející organizovaná společenstva s kolektivní funkcí tzv. **biofilmu**, v němž se rozvíjí složité vzájemné vazby a vztahy. Tyto společenstva naopak **zprostředkují kořenům rostlin příjem důležitých, často nedostatkových živin**. Mikroorganismy produkují i další pro rostliny aktivizující látky a stimulanty, jako jsou např. auxiny, gibereliny, etylen, různá antibiotika atd.
- Dochází k produkci tzv. **informačních molekul**, pomocí kterých dochází k vzájemné komunikaci mezi rostlinou a mikroorganismy.
- V rhizosféře **dochází také vlivem působení rhizosférních mikroorganismů k inhibici růstu půdních patogenů napadajících rostliny** (např. *Fusarium*) a naopak ke stimulaci klíčení spor a růstu hyf hub, které jsou antagonisty patogenních organismů.
- **Produkcí rhizodepozic stimulují rostliny množení rhizosférních mikroorganismů a i jejich aktivitu vedoucí k větší produkci enzymů důležitých pro dekompozici a uvolňování stěžejních živin z půdy**. To znamená, že pro rostlinu není tak důležité „vyživovat“ kořeny pro jejich aktivitu a vlastní růst, ale „vykrmovat“ si rhizosférní mikroorganismy. Obecně se uvádí, že se takto do půdy dostává asi 20 až 40 %, někdy až 60 % uhlíku fixovaného fotosyntézou.

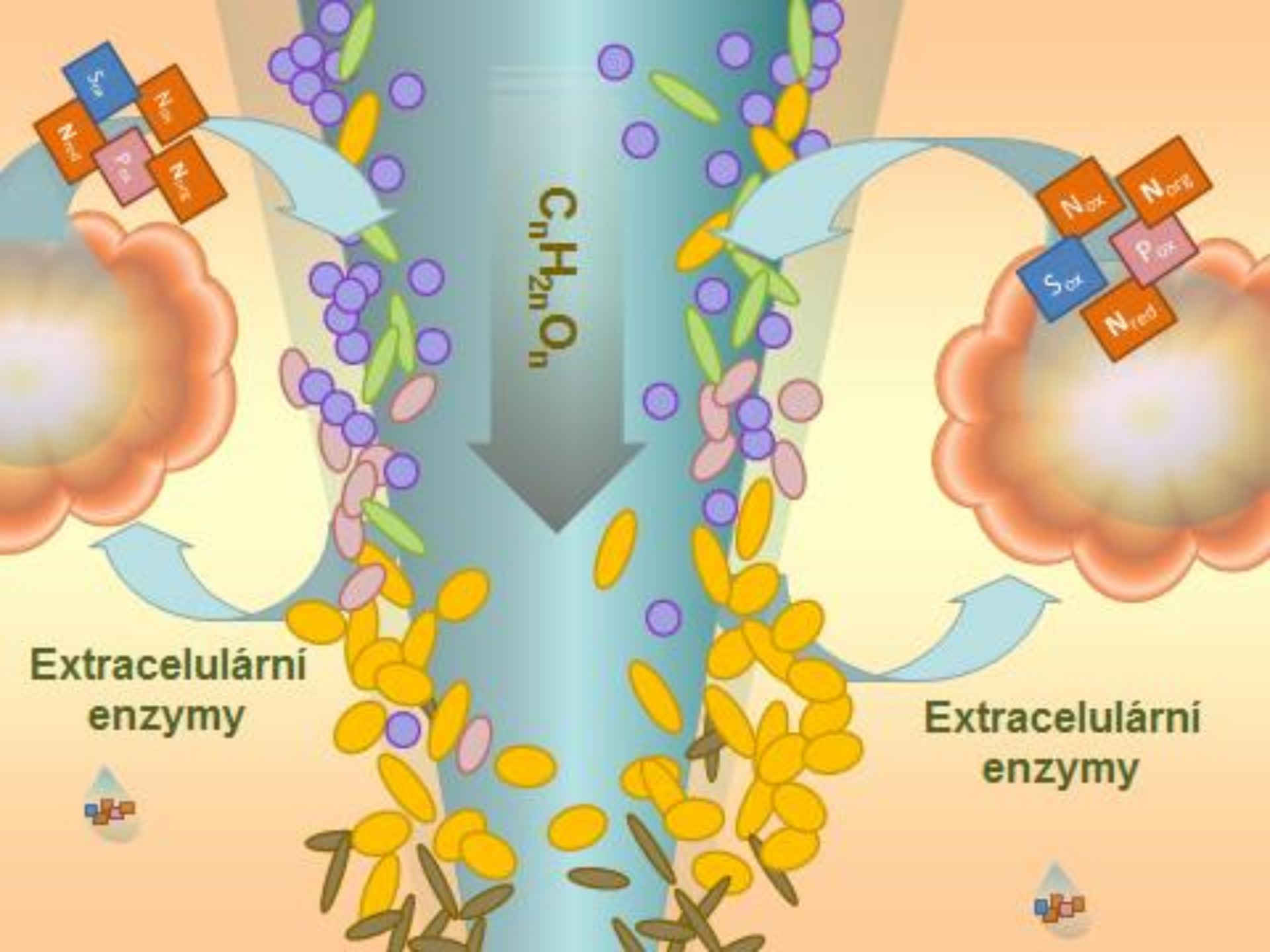


Mikrofotografie kořenové čepičky s mucilagem (kukuřice)

(Zdroj: V. Sobolev, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture - ARS USDA)



Obr. J. Záhora



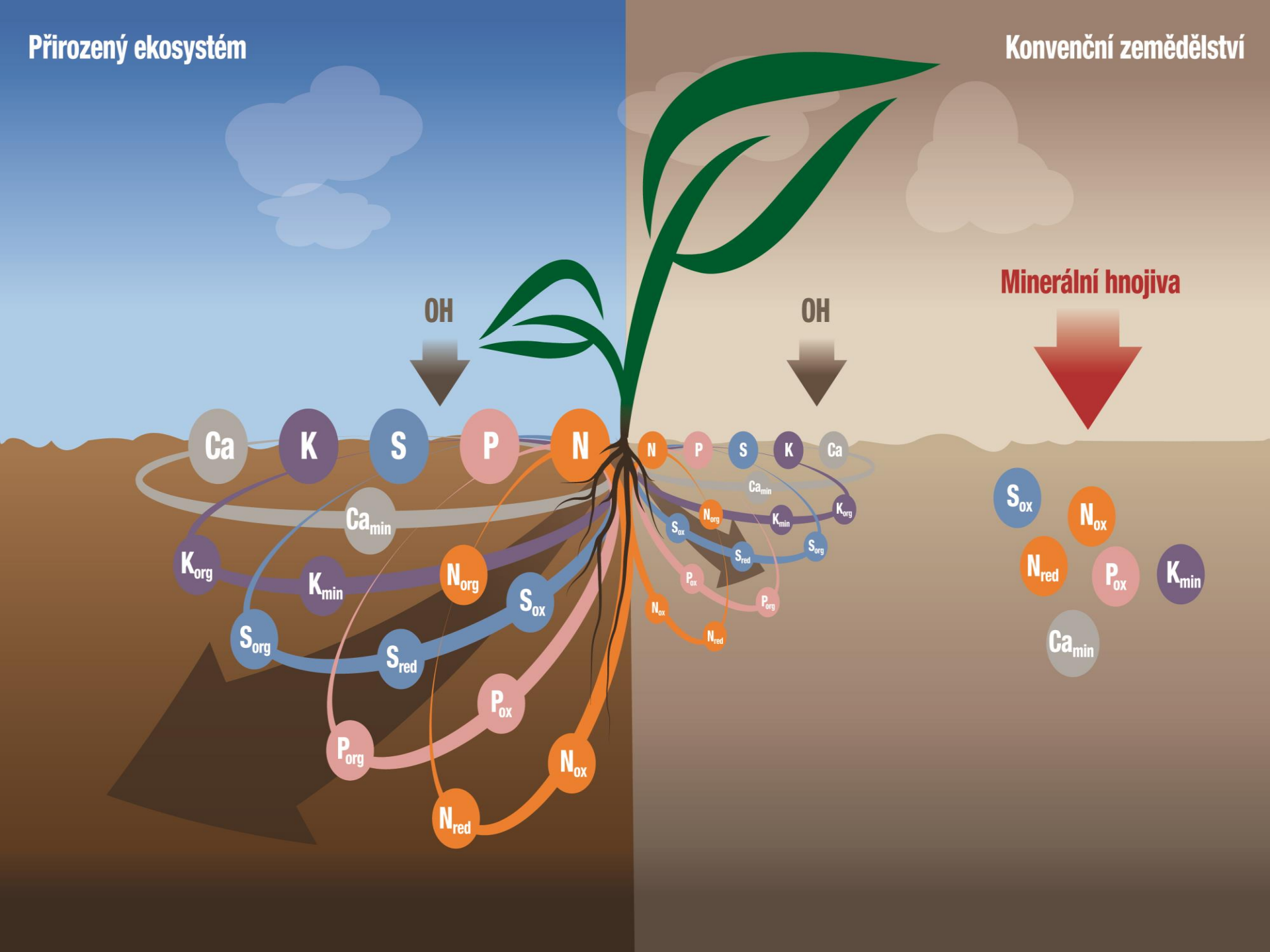
Extracelulární enzymy

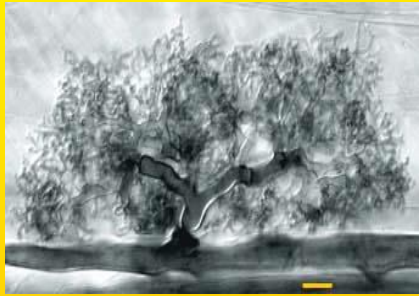
Extracelulární enzymy



Přirozený ekosystém

Konvenční zemědělství





Mykorhizní symbiózy

Termínem **mykorhiza** (z řeckého *mycés* – houba, *rhizó* – kořen) označujeme symbiotický vztah, který se vytváří mezi kořeny vyšších rostlin a půdními mikroskopickými houbami.

Hlavním rysem látkové výměny v mykorhizních symbiózách je zvýšený příjem minerálních živin (zejména fosforu) a vody mykorhizními houbami a tok karbohydrátů z rostliny do houby.

Mykorhizní symbiózy

Charakteristické znaky:

- obecná rozšířenost (90 % cévnatých rostlin)
- rozvoj v kořenech hostitelských rostlin je omezen nejvýše na kořenovou primární kůru
- tvorba sítě mimokořenového mycelia
- Mykorhizní houby
 - stopkovýtrusé (*Basidiomycotina*), vřeckovýtrusé (*Askomycotina*), spájivé (*Zygomycotina*)
- Nemykorhizní rostliny
 - např. brukvovité (*Brassicaceae*),

Mykorrhiza(Frank 1885)

Soužití houbového mycelia a kořenů vyšších rostlin většinou jde o mutualistický vztah, někdy ze strany rostlin parazitický rostlina zpravidla dodává uhlíkaté látky, energii, houba živiny

Typy mykorrhiz

Endomykorrhiza:

Mykorrhizní houby kolonizují buňky primární kůry kořene (proniká přes BS, ale nikoliv přes cytopl. membránu). Patří sem **arbuskulární mykorrhiza(AM), orchideoidní a erikoidní mykorrhiza.**

Ektomykorrhiza:

Rozvoj houby omezen na mezibuněčné prostory primární kůry, kde tvoří tzv. Hartigovu síť; hyfy houby vytvářejí obal kořene, jenž je morfologicky změněn.

Přechodové typy:

„Ektendomykorrhiza“, **arbutoidní a monotropoidní mykorrhiza.** Houba kolonizuje buňky primární kůry, zároveň však znaky typické pro ektomykorrhizu (zkrácené a ztlustlé kořeny s „punčoškou“).

V lesních ekosystémech má zásadní význam ektomykorrhiza, dalším důležitým typem je arbuskulární mykorrhiza. V boreálních lesích s účastí erikoidních keříků je významná erikoidní mykorrhiza.

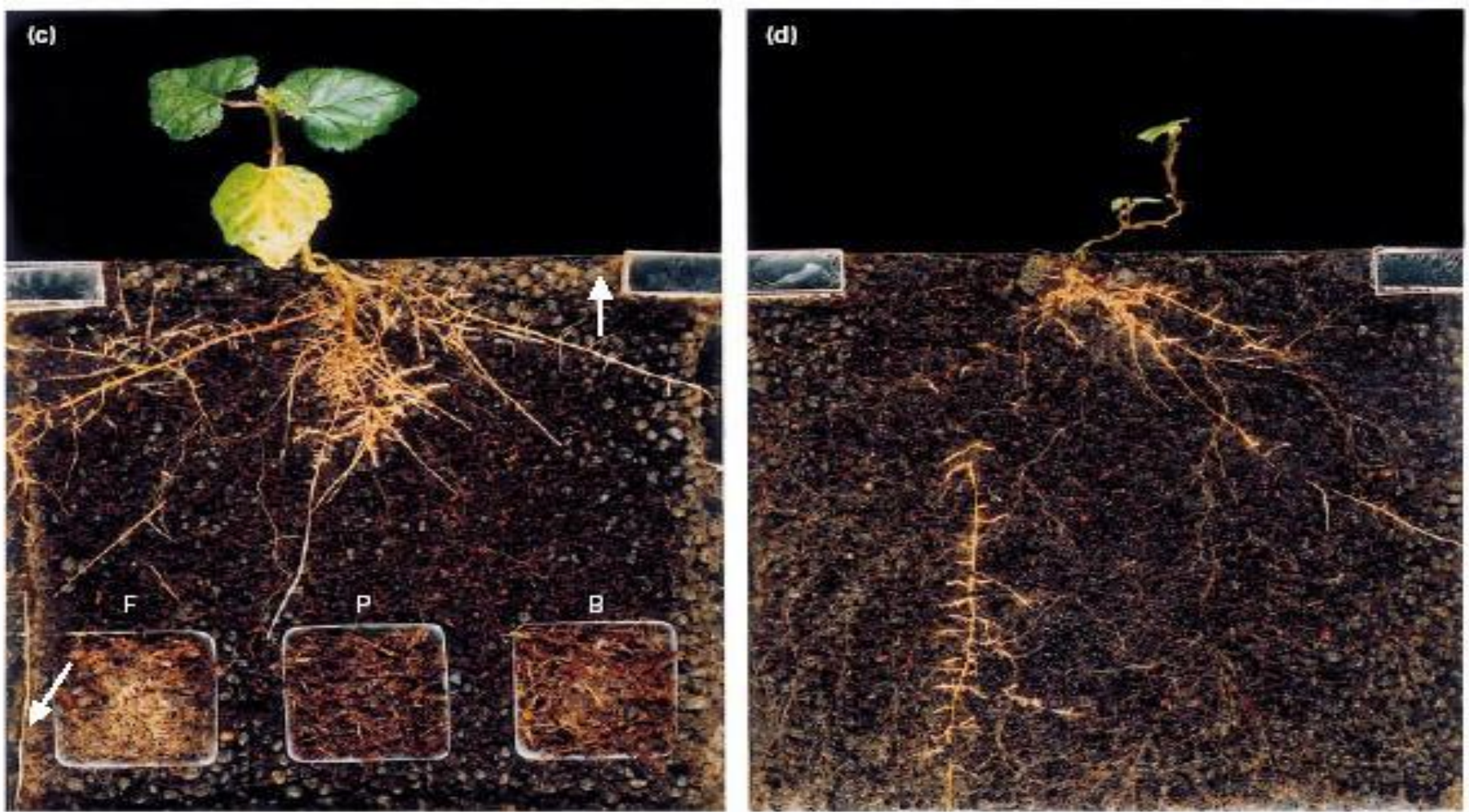
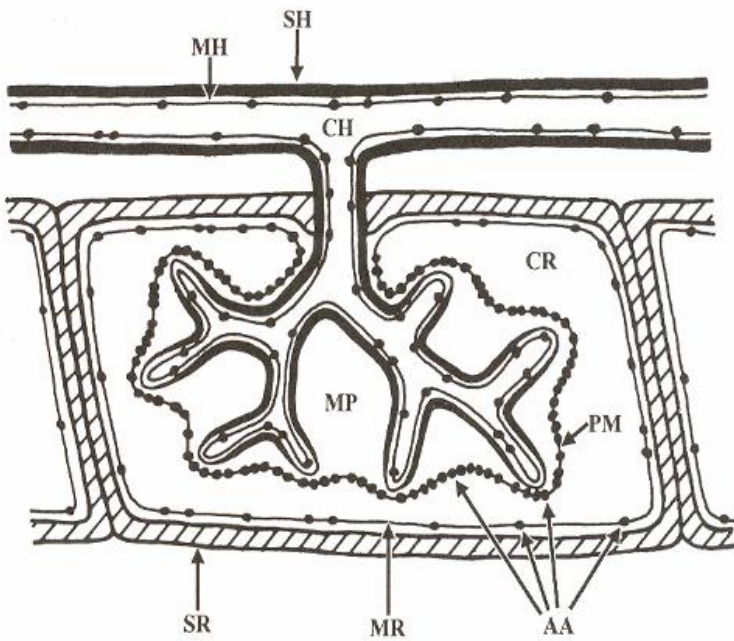


Fig. 1. Growth of mycorrhizal *Betula pendula* after 90 days with litter added (left) and without. From Moreno and Read ([2000](#)). In the arbuscular mycorrhizae world, research has demonstrated that the fungal partner may account for as much as 80% of the P absorbed by the mycorrhizal roots. More detailed analyses show that the AM hyphae are better than the plant roots at competing for phosphorus in the open soil against other soil microorganisms. And, much like in ectomycorrhizae, AM fungi appear to be able to utilize organic P sources that would be otherwise unavailable to the plant. ([Smith and Read 1997](#))

Význam mykorrhizních symbióz

- zlepšují příjem vody a živin do rostlin (P, N, K)
- podporují růst a vývoj rostlin Přítomnost houby navíc stimuluje mikrobiální život v rhizosféře, z čehož rostlina obvykle také těží. Je experimentálně i z praktických pokusů prokázáno, že po vzniku mykorrhízy se oběma symbiontům lépe daří.
- omezují napadení rostlin kořenovými patogeny (*Pythium ultimum*, *Fusarium oxysporum*)
- omezují vstup těžkých kovů do rostlin
- podporují tvorbu strukturních půdních agregátů - glomalin
- zvyšují odolnost rostlin proti působení biotických a abiotických stresových faktorů Houbové mycelium funguje vlastně jako prodloužení rostlinných kořenů, přičemž toto prodloužení je mnohonásobné ve srovnání s kořenem rostliny.
- **hyfový internet** Mycelium lesních hub může mít délku i v řádech kilometrů a může fungovat fakticky jako „potrubí“ a transportovat živiny z jednoho konce lesa na druhý, či jako internet a přenášet informace např. o výskytu škůdců.





Shrnutí nynějšího stavu

Půda jako nenahraditelný zdroj obživy lidstva je od počátku lidské civilizace využíván, ale též zároveň degradován a znečišťován. Zejména od průmyslové revoluce. **V posledních desetiletích se však ještě na Zemi intenzita procesů degradace zemědělské půdy velmi zvýšila. To má zásadní vliv na další oblasti společného zájmu, jako je ochrana vody, lidského zdraví, změna klimatu, ochrana přírody a biologické rozmanitosti a bezpečnost potravin.** Proces degradace zemědělské půdy probíhá i v České republice. Na **jednoho obyvatele ČR připadá v průměru 0,41 ha zemědělské půdy** (z toho 0,29 ha orné půdy). Od roku 1927 jsme ztratili jednu pětinu veškeré zemědělské půdy a přitom **polovina ze zbývajících půdy je ohrožena erozí, kontaminací či jiným způsobem.**

Vývoj

Počátky zemědělství – využití přirozených mechanismů obnovy půdní úrodnosti, ale také hnojení

Rostoucí intenzita – trojpolní systém: ozim, jařina, úhor

Další vývoj – střídání plodin - jetelovina – ozimá obilnina – hnojená okopanina – jarní obilnina

Dnešní stav – úbytek zvířat a jetelovin, nedostatek organických hnojiv

Organická hmota se významně podílí na tvorbě agregátů, udržování struktury půdy, zadržování vody a živin

Živé organismy organickou hmotu neustále transformují, rozkládají a doplňují, zpřístupňují živiny rostlinám

Proto mají biologické procesy transformace organické hmoty značný dopad na vlastnosti a funkce půdy



Dodáme-li půdě pouze syntetické hnojivo, půdním životem opovrhujeme, ale výnosy budeme mít nadprůměrné. Povzbuzené rostliny budou sice trochu choulostivé, ale díky nám a k radosti dodavatelů agrochemikálií budeme zajišťovat prosperitu tohoto oboru. Buďme si ale vědomi, že povzbuzení rostlin ke tvorbě nadzemní hmoty neznamená v minerálně hnojené půdě odpovídající nárůst tvorby podzemní hmoty jak po kvantitativní stránce, tak i po stránce kvalitativní. Jednoduše řečeno, rostliny nejsou nuceny stimulovat půdní prostředí dodáváním organických látek aby si prostřednictvím „mikrobiálního transformátoru“ pomohly k uvolňování živin ze sorpčního půdního komplexu.

Minerální hnojiva povzbudí mimo cílových rostlin především půdní mikroorganismy dosud tlumené nedostatkem některých prvků. Ke svému životu potřebují nezbytně organickou hmotu jako zdroj C a energie **a když ji nemají od rostlin rozkládají zbytkovou organickou hmotu v půdě a tato stále ubývá**. A tak je povzbuzení aktivity půdních mikroorganismů dodáním minerálních živin doprovázeno zvýšeným úbytkem půdní organické hmoty. **A nakonec se z půdy, ztrácí se půdní život, ubývá půdních živočichů - „razičů“ půdních chodeb a chodbiček, narůstá obsah reziduí pesticidů, ubývá velkých, nekapilárních půdních pórů, vzrůstá měrná hmotnost půdy a ta se zhutňuje**. Novodobý sedlák přidá pár pojezdů těžkou technikou v nevhodnou dobu po promáčené půdě a a voda se vsakuje méně. Dříve uzavřené koloběhy živin se ve zhutnělé půdě rozevírají.

Přehnojení dusíkem:

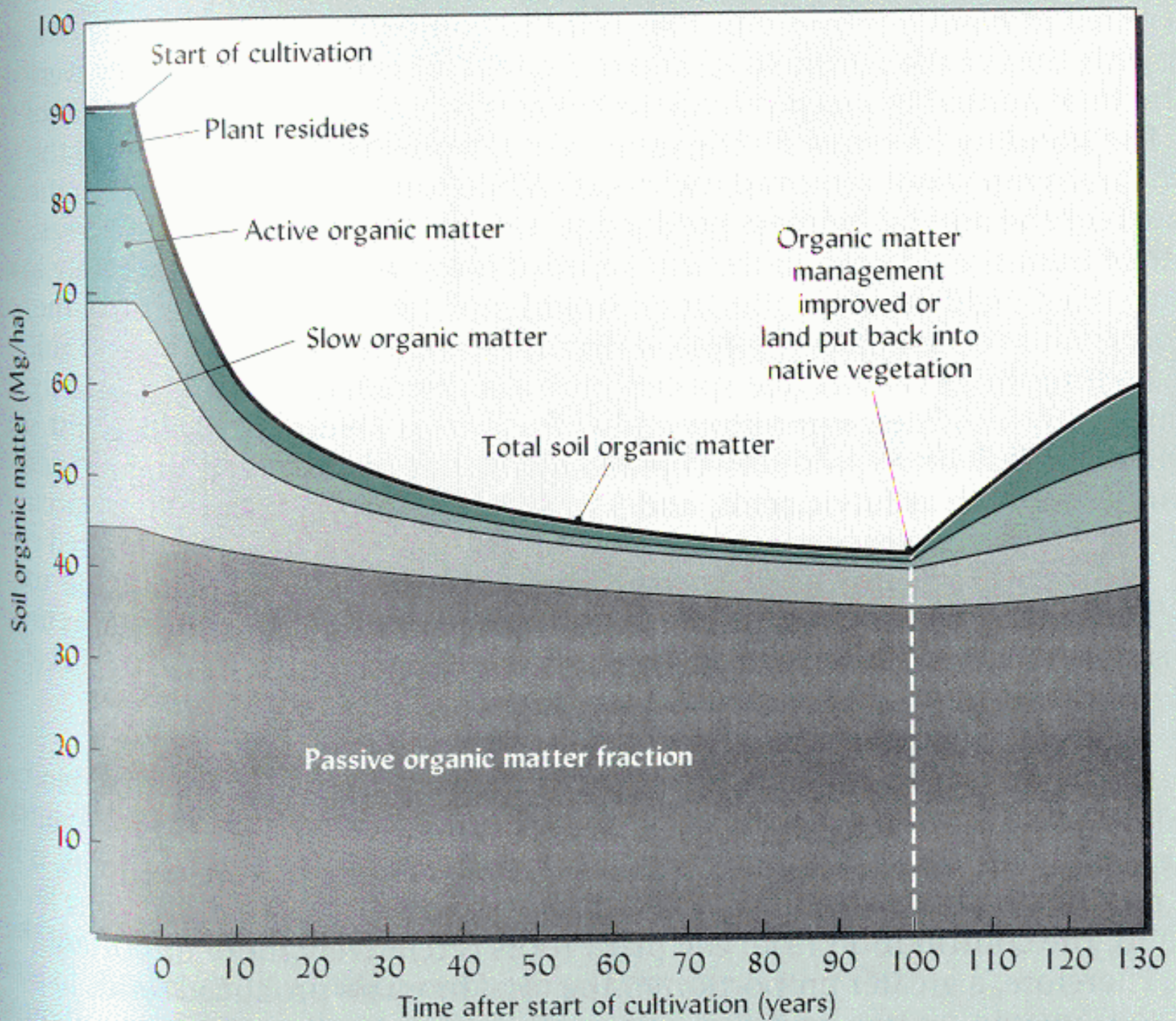
Vyplavování NO_3^-

Spolu s NO_3^- jsou vyplavovány kationty – K^+ , Ca^{2+}

Vyplavování NO_3^- způsobuje znečištění zdrojů vody

Dopady na rostliny – příliš bujný růst, fyziologické poruchy, poléhání – zvýšené množství aplikovaných pesticidů

Dopady na biologickou aktivitu půdy



Úbytek půdní organické hmoty vede k **degradaci půdy**.

Za posledních padesát let se v půdách mírného pásu v důsledku kultivace snížil obsah uhlíku v organických látkách o 20 až 40 %. Správná agrotechnika by měla tedy směřovat k tomu, aby se alespoň zachoval obsah organické hmoty, lépe však k tomu aby se zvyšoval její obsah.

Bez dostatečného množství organické hmoty v půdě, bez půdního života, bez obnovování velkých nekapilárních pórů většími půdními organismy se propojení ornice a podorničí ztrácí. Déletrvající déšť zůstává „viset“ v kapilárních pórech ornice, neodtéká do podorničí a nedovolí vsáknutí ani části následujícího přívalového deště.

Vodní eroze ohrožuje více než polovinu ploch zemědělské půdy. Podle Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy se odhaduje, že je poškozeno kolem 1,4 mil. ha, z toho je přibližně 450 tis. ha poškozeno výrazně. Různým stupněm větrné eroze je v Čechách ohroženo potenciálně 23 %, na Moravě a ve Slezsku 41 % orné půdy.

Zhutněním je ohroženo kolem 30–50 % všech zemědělských půd. Ve zranitelných oblastech se nachází 44 % z celkové výměry zemědělské půdy v ČR (49 % z orné půdy).

Velká část půd v ČR náleží do kategorie půd s velmi nízkou a nízkou retenční vodní kapacitou (dle: Situační a výhledová zpráva MZe, 1999; Národní strategický plán rozvoje venkova ČR za období 2007–2013).







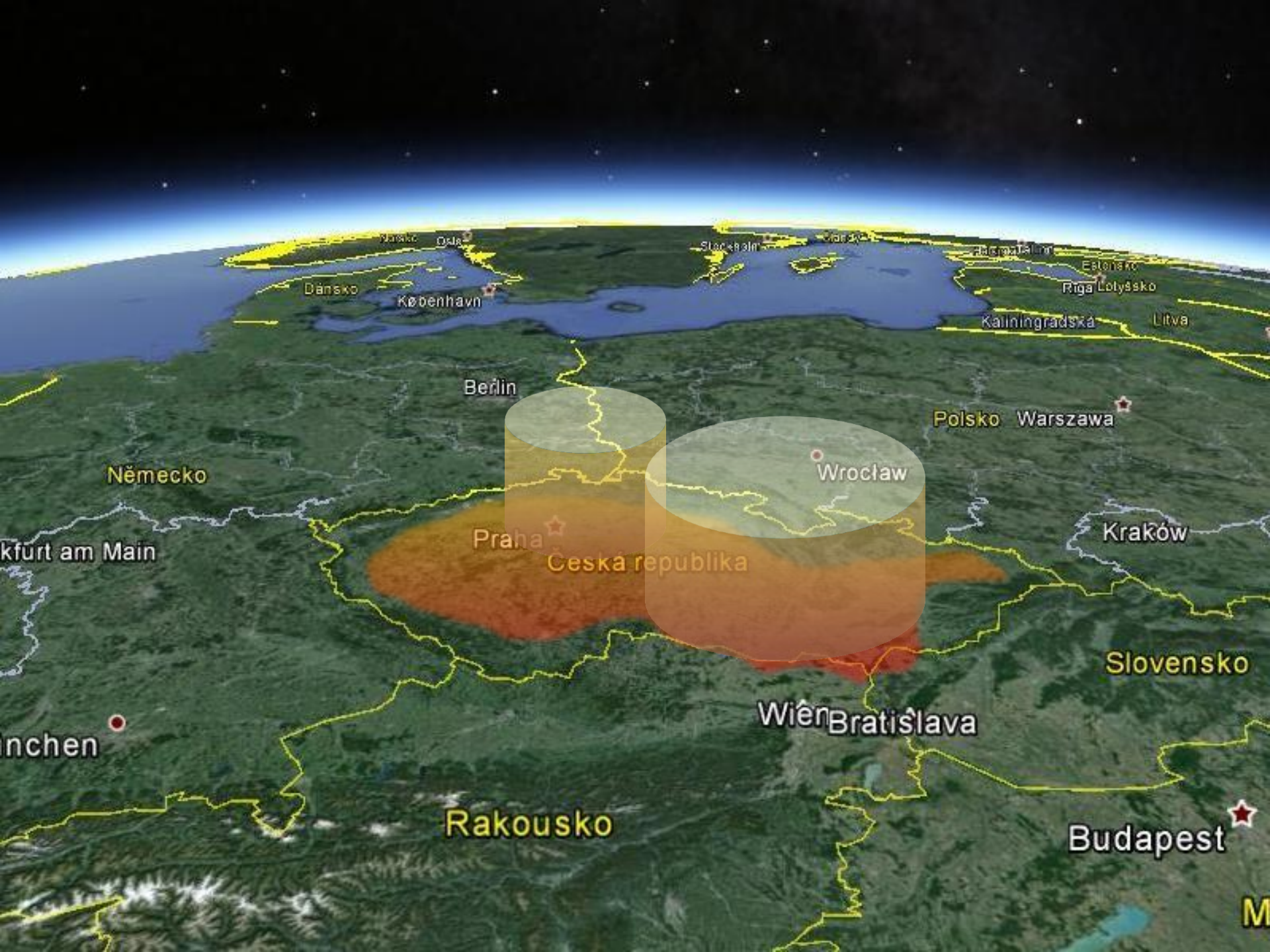


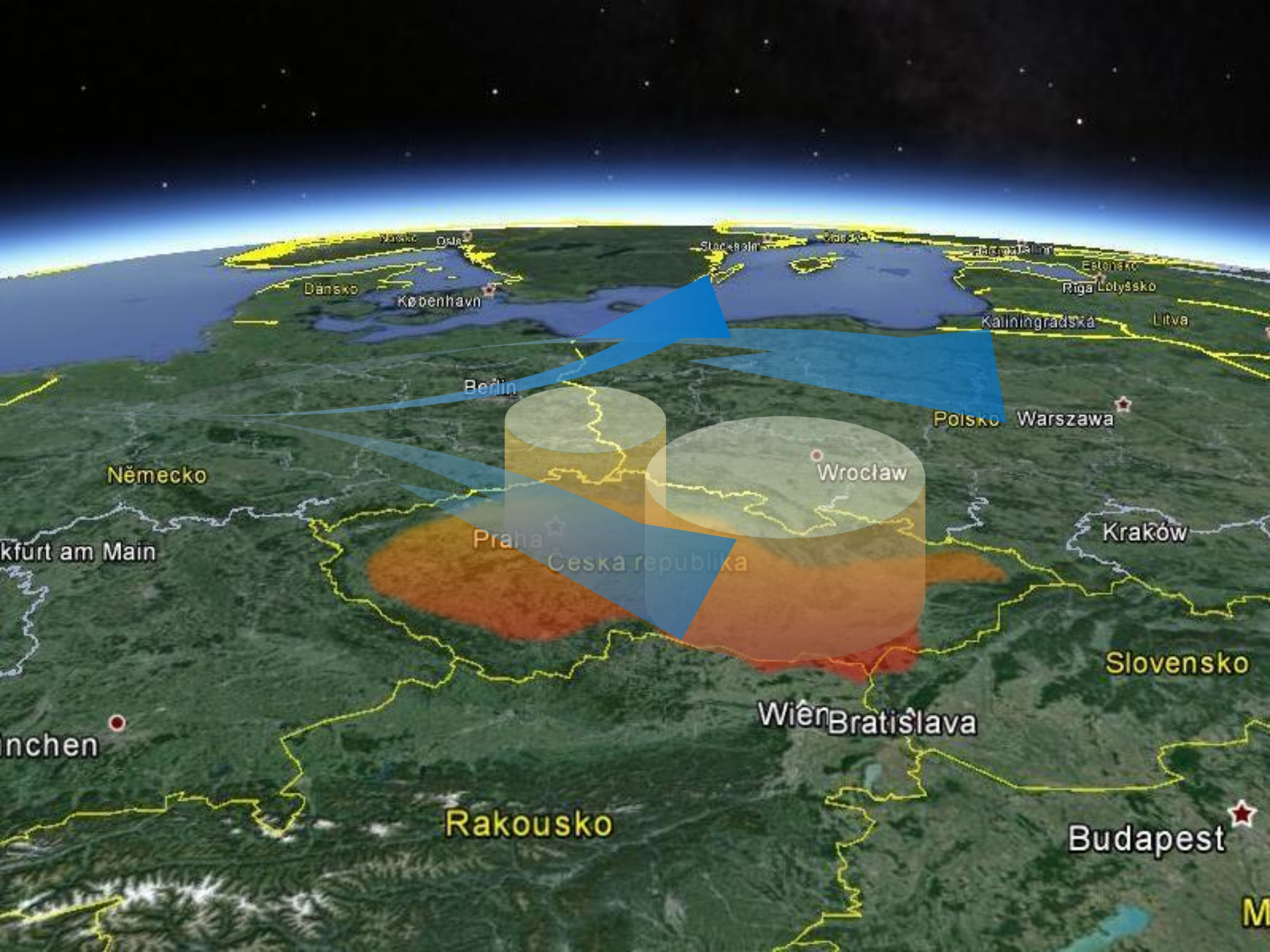












„Zemědělci si zvykli hospodařit v krajině v podstatě společensky nebezpečným způsobem.“ (Petr Havel, agrární analytik a novinář, 10.07.2009)

Přestože by půda měla představovat pro jednotlivé společnosti jejich národní bohatství a pouto mezi jednotlivými generacemi, je dnes často považována jen za nutný mezičlánek mezi člověkem a produkcí rostlin, v horším případě jako parcela k zastavění.

Ochrana půdy a bioty v ní:

Je jedním z primárních cílů vyspělé trvale udržitelné společnosti

JAK LZE PŮDU CHRÁNIT ?

Politika

Legislativa

Výzkum Výchova, vzdělávání, komunikace

Ochrana půdy musí být zakotvena v mezinárodní i národní politice a legislativě

Bez spravedlivého vyčíslení nákladů na současný provoz zemědělské prvovýroby nelze očekávat změnu.

VODA

NENÍ SAMOZŘEJMOST

Zásady pro zemědělství a lesnictví:

- 💧 Vpravujte organickou hmotu do půdy.
- 💧 Při osevu širokořádkovými plodinami používejte meziplodiny.
- 💧 Po pozemcích jezděte po stejných trasách v kolejových řádcích, aby zůstaly nezhutněné pásy půdy.
- 💧 Na svazích provádějte orbu po vrstevnicích a osévejte pásy travních porostů.
- 💧 Střídejte bezorebné hospodaření s šetrnou orbou ke vhodným plodinám.
- 💧 Na vhodných místech obnovujte nebo udržujte mokřady.
- 💧 Budujte rybníky, retenční nádrže a vhodné zasakovací plochy.
- 💧 Zřizujte remízky a větrolamy.
- 💧 Pro práci v lesích volte příznivé období a vhodnou techniku v technologiích šetrných k lesní půdě.
- 💧 Vysazujte a obnovujte smíšené lesy místo monokultur jehličnanů.

Zpracováno praktiky a odborníky Mendelovy univerzity v Brně a Ústavu výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.

VODA PATŘÍ DO PŮDY

Nejúčinnějším opatřením je zadržení vody v půdě

V České republice se nachází více než 23 tisíc nádrží a rybníků, které zadržují vodu. I přesto není voda k dispozici všude, kde by byla potřeba. Voda chybí především v zemědělství, ubývá jí v některých podzemních zdrojích a v nádržích. **Nejrychlejší, nejúčinnější, nejlevnější a přírodě nejbližší je zadržení vody v půdě.** Odtud se postupně dostane do podzemních zdrojů, je k dispozici zemědělcům a také se dostane do nádrží a rybníků, kde ji pro své využití čerpají lidé. A pro zadržení vody v půdě a pro lepší hospodaření s vodou může každý z nás něco udělat už dnes.

NATUR EXPO BRNO 2017 je začátkem nového přístupu k vodě

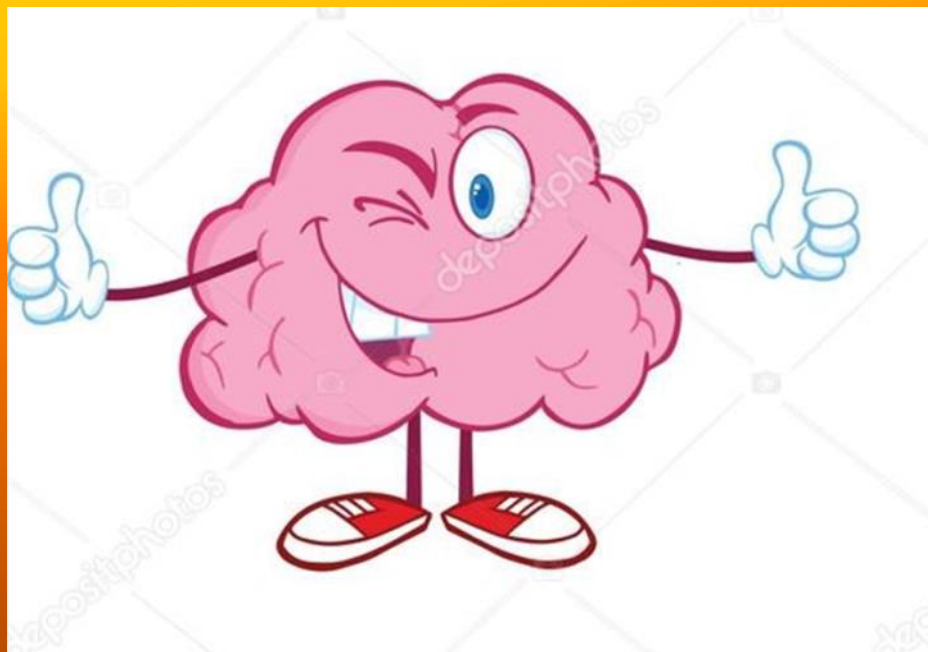
Veletrh NATUR EXPO BRNO 2017 je první komunikační aktivitou s větším dosahem, která informuje veřejnost o stavu vody v České republice a dává všem zainteresovaným cílovým skupinám konkrétní návod k tomu, jak tento stav zlepšit. Koncept veletrhu byl vytvořen s profesními asociacemi, akademickými a výzkumnými institucemi. Na veletrhu NATUR EXPO BRNO 2017 se představí veřejnosti, zemědělcům, lesníkům a představitelům obcí konkrétní řešení, která se dají použít pro zadržení vody v půdě a pro lepší hospodaření s vodou.

Zemědělec roku: Vyhrál jsem díky zdravému selskému rozumu



Soukromý podnikatel Václav Hrabě razí jasnou zásadu: „Zemědělství je každodenní spojení s přírodou“. Pochází ze staré zemědělské rodiny a cítí morální odpovědnost vůči předkům.

Kam se poděl



.....zdravý selský rozum?



MY JSME Z CENTRÁLNÍCH ÚŘADŮ. NEVIDĚL JSTE TĀDY, STREJDO, POBĪHAT SELSKEJ ROZUM ?

VODA

NENÍ SAMOŽŘEVNÁ

Zásady

Kam se poděl zdravý selský rozum?

Půdu mít stále pokrytu vegetací.

Státní dotace jenom těm, kteří na jeden aplikovaný minerální dusík přidají nejméně desetkrát více uhlíku.

...na vhodnou techniku v technologiích šetrných k lesní půdě.
...novujte smíšené lesy místo monokultur jehličnanů.

Zpracováno praktiky a odborníky Mendelovy univerzity v Brně a Ústavu výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.

Otázky:

1. Co nebo kdo je edafon?
2. Co to je mykorhiza?
3. Jaká opatření může pomoci degradované půdě a biotě v ní?

