

EKOLOGIE MIKROORGANISMŮ

4

Habitaty mikroorganismů –
atmosféra, litosféra

Atmosféra

Charakteristiky a stratifikace atmosféry:

- 79% N, 21% O₂, 0,034% CO₂ a stopy dalších plynů
- do různé míry saturovaná vodou, může obsahovat kapky vody, krystalky ledu, částice prachu

Rozdělena na oblasti definované teplotními maxima a minima:

Troposféra

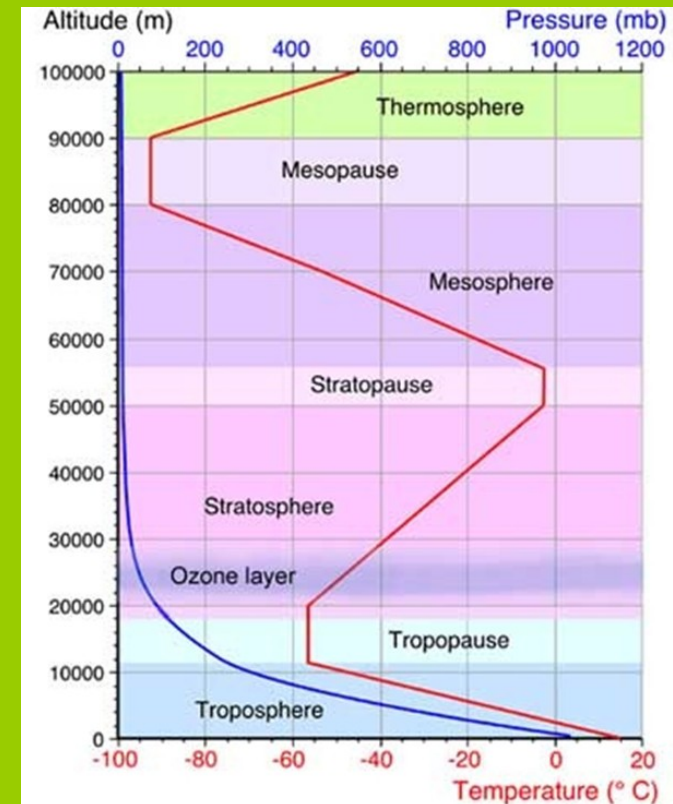
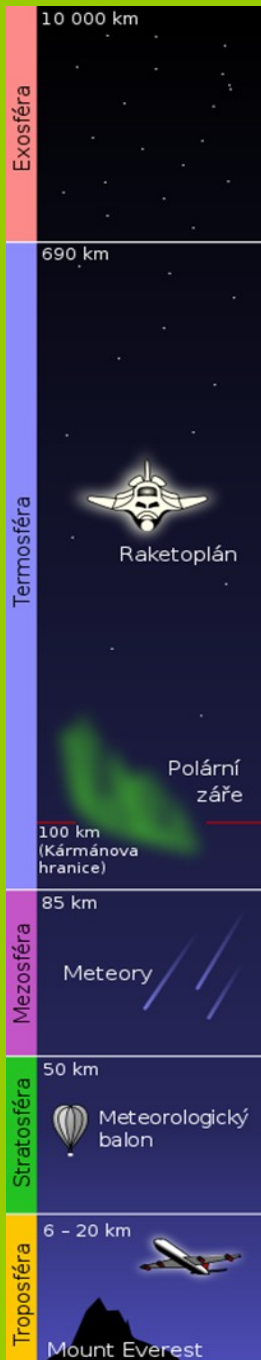
- rozhraní s hydrosférou i litosférou (9 km na pólech, 11km v mírném pasu, 17 km na rovníku)
- název pochází z řeckého slova „tropos“ – mísit
- teplota troposféry klesá s nadmořskou výškou

Stratosféra (10-50 km)

- teplota zde vzrůstá s nadmořskou výškou

Ionosféra

- v oblastech mezosféry a termosféry
- spodní okraj ionosféry je ve výšce asi 60 km (den), 95 km (noc)
- v horní části pak ionosféra ve výšce cca 700–1000 km
- obsahuje elektricky nabitě částice (ionty)
- umožňuje odraz rádiových vln



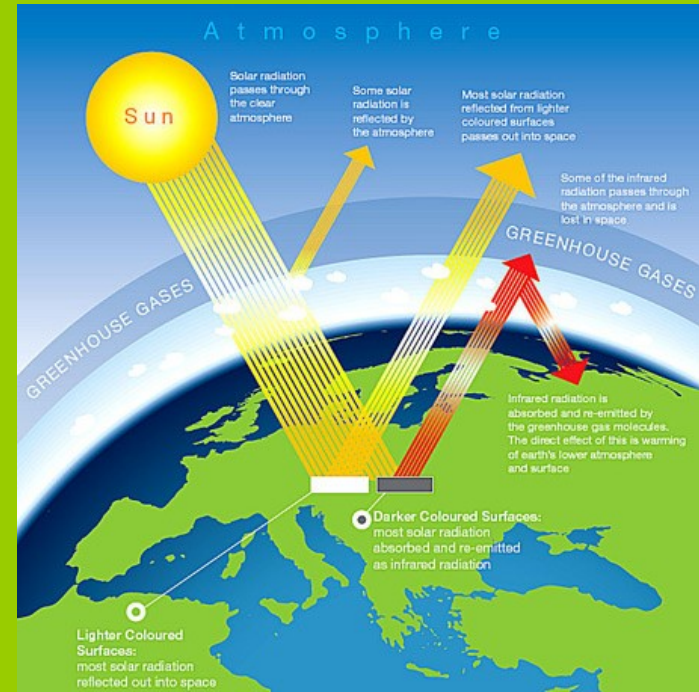
Celkově chemické a fyzikální parametry atmosféry nejsou příznivé pro růst a přežití mikrobů:

- teplota se snižuje se zvyšující se výškou v troposféře
- atmosférický tlak klesá s výškou
- koncentrace kyslíku se snižuje až na úroveň vylučující aerobní respiraci
- koncentrace organického uhlíku není dostačující pro heterotrofní růst
- dosažitelnost vody je nízká a limituje možnost autotrofního růstu
- mikrobi vystaveni intenzivnímu světelnému záření
- se zvyšující se výškou přibývá UV záření – letální mutace a smrt



Stratosféra

- vrstva ozonu (90% veškerého ozónu)
- absorpce UV záření (jen 1% dopadne na Zemi)
- fluorokarby, nadměrné hnojení (uvolnění N_2O)
- Stratosféra – bariera transportu mikrobů z a do troposféry, pomalé míchání plynů
- organismy pomalu transportovány a déle vystaveny ozónu a UV
- jen organismy chráněné proti těmto vlivům by mohly přežít cestu ze zemské atmosféry
- aerosol kyseliny sírové - oxid siřičitý a sulfan (sopečná činnost) se zapojuje do chemických reakcí ve stratosféře
 - perzistence v atmosféře 2 až 3 let
 - až desetkrát větší schopnost blokovat dopadající sluneční záření (zvyšuje odrazivost Země = vyšší ochlazování) , tzv. albedo



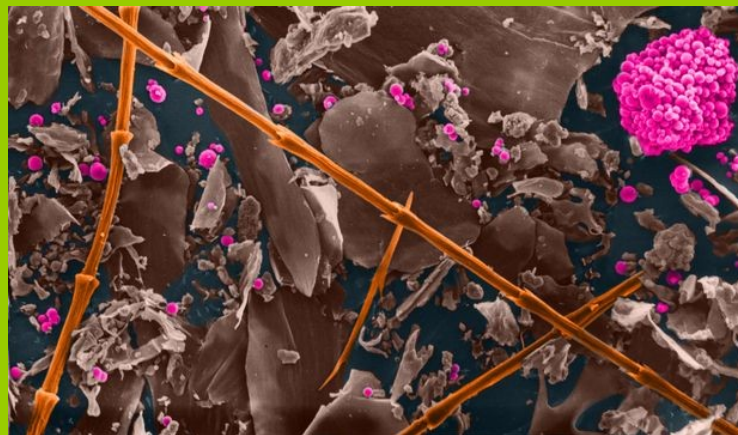
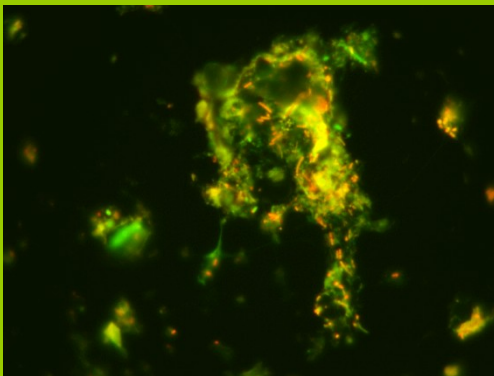
Atmosféra jako habitat a médium (prostředí) pro rozptyl mikrobů

- atmosféra nepřátelské prostředí pro mikroby, ačkoliv v nižší troposféře je značné množství mikrobů
- termální gradienty zajišťují míchání vzduchu
- pohyb vzduchem představuje významnou cestu rozptylu mikrobů
- u některých mikrobů se vyvinuly speciální adaptace pro přežití a rozptyl atmosférou
- mnoho virových, bakteriálních a houbových chorob se šíří vzduchem
- propuknutí nemoci často sleduje převládající větry



Dočasná lokalizace v troposféře může poskytnout habitat pro mikroby:

- nejčastější výskyt v aerosolu nebo na pevných částicích
- oblaka mají koncentraci vody, která umožňuje množení mikrobů
- nízké koncentrace CO_2 ve vrstvě mraků jsou dostatečné pro podporu růstu fotoautotrofních mikrobů
- kondenzační jádra mohou poskytnout některé minerály
- v průmyslových oblastech může v atmosféře dokonce být dostatečná koncentrace organických chemikálií pro růst heterotrofů
- toto vše jen teoretická možnost, chybí důkazy, že takový život v oblacích opravdu existuje a jeho význam se zdá být zanedbatelný



Aerrosol s mikroby izolované z prasečáku a slepičárny

Atmosféra – šíření mikrobů

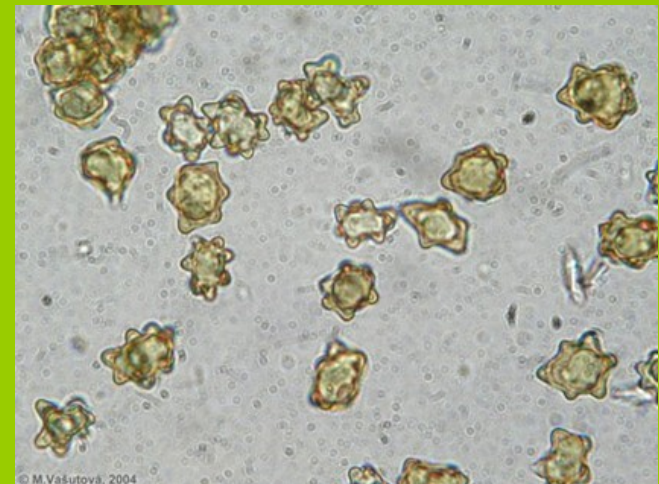
- někteří mikrobi z hydrosféry i litosféry se mohou dostat do vzduchu
- neexistují opravdoví „vzdušní“ mikrobi – jde jen o cestu do nového vodního nebo terestriálního habitatu
- někteří mikrobi se do vzduchu dostanou jako vegetativní buňky, ale častěji jako spory - soredia (lišejníky), cysty a jiné nevegetativní rezistentní struktury méně metabolicky aktivní a lépe přizpůsobené přežití v atmosféře
- spory s primární funkcí rozptýlu – xenospory (malé, šíření a okamžité klíčení)
- houby, řasy, lišejníky, některé protozoa a bakterie (zvl. aktinobakterie) produkují spory, které se objevují v atmosféře
- viry – neaktivní, vně hostitele
(pohyb a šíření atmosférou jako neaktivní částice podobně jako spory)



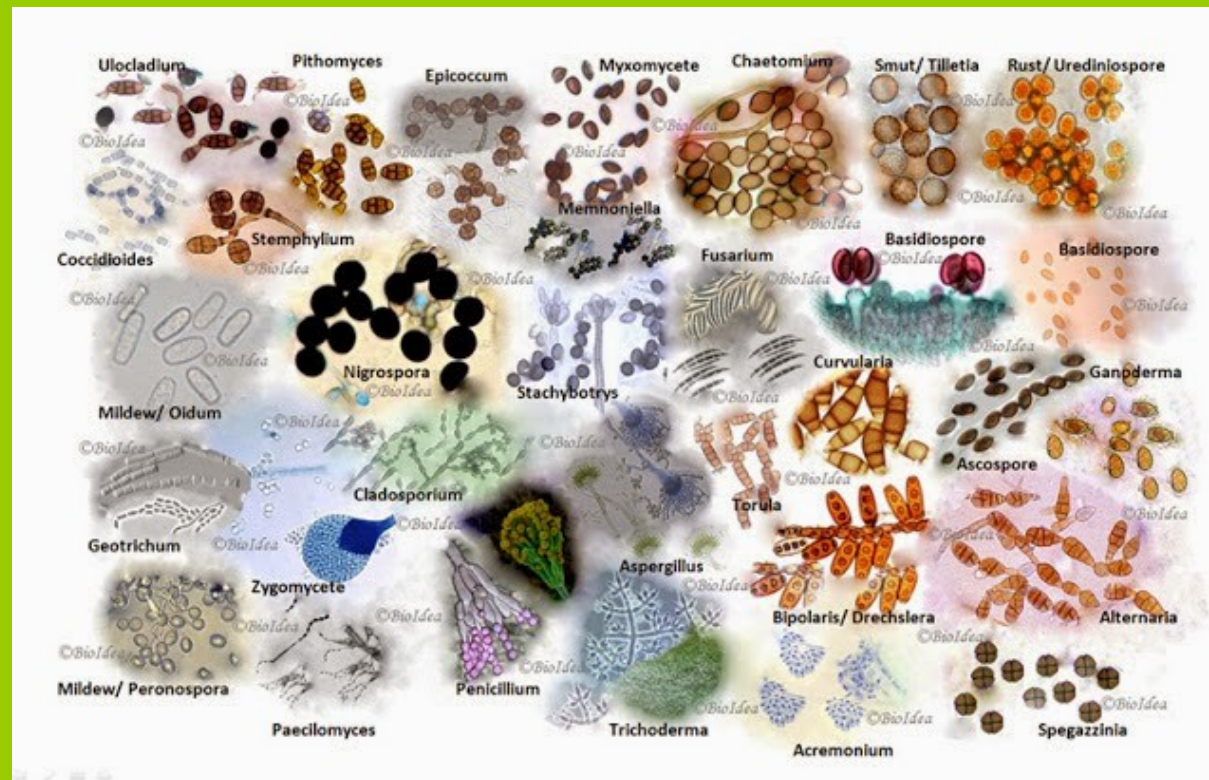
Spory

Vlastnosti spor, které přispívají k jejich schopnosti přestát transport atmosférou:

- nízká metabolická aktivita (nepotřebují externí živiny a vodu)
- produkovány ve velkých množstvích (u některých hub více jak 10^{12} spor na jednu plodnici) – přežije jen pár
- některé spory extrémně tlusté stěny – ochrana proti desikaci
- některé pigmentované – UV
- malá velikost a nízká hustota – ve vzduchu dlouho než sedimentují
- obvykle spory lehké, někdy obsahují plynové vakuoly
- různé tvary – některé aerodynamicky přizpůsobené dlouhému laterálnímu transportu v atmosféře



- mikroorganismy produkující suché spory na vzdušném mycéliu
- pasivní uvolnění spor do vzduchu proudem vzduchu (aktinobakt., houby)
- čím vyšší rychlost větru (proudění vzduchu) a nižší vlhkost vzduchu, tím větší pohyblivost spor
- šíření větrem je obzvláště důležité u mikrobů vyskytujících se na povrchu rostlin (patogeni)
- některé spory uvolněny, když se srazí vodní kapka se s plodnicí hub



Spory plísni ze vzduchu

Vstup mikrobů do atmosféry

Spory a někdy i vegetativní mikrobi vstupují do atmosféry jako aerosol z:

- rozstřík dopadající kapky deště
- sprej z tříštících se vln
- rychle se pohybující proud vody tříštící se o překážku
- pohyb plynu skrz vodní sloupec (bubliny stoupající ze sedimentů)
- proud vzduchu v čistírnách odpadních vod
- kašláním, kýcháním (patogenní bakterie, viry)
- řada adaptabilních aktivních mechanismů mikroorganismů, které uvolňují spory do atmosféry



číšeňka rýhovaná

- dešťová kapka uvolní spory do atmosféry vibrací struktury, ke které jsou spory připevněny
- „splash cups“ u hub – využívá sílu dopadající kapky k uvolnění spor
- později se z peridie uvolní spora, případně je spasena býložravci a tak se šíří dál

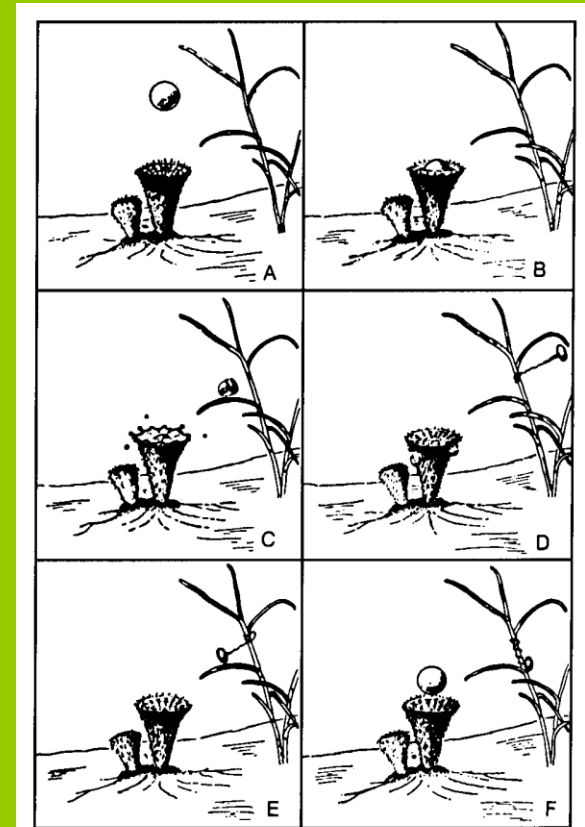
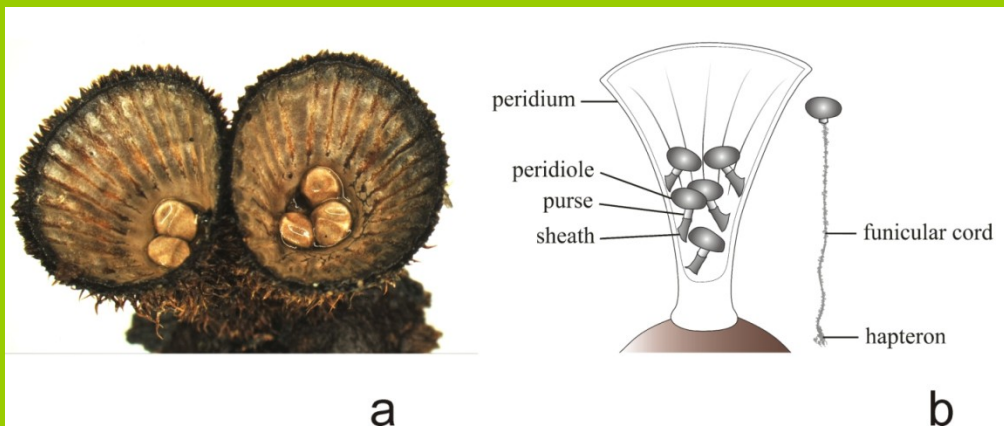
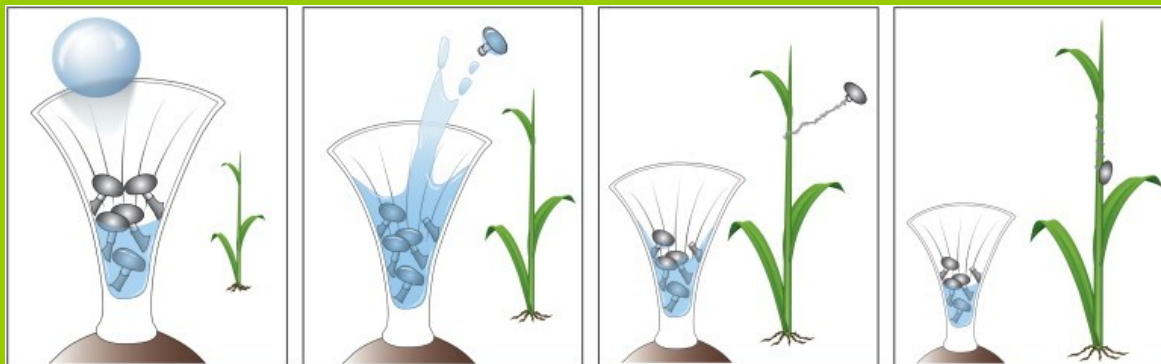
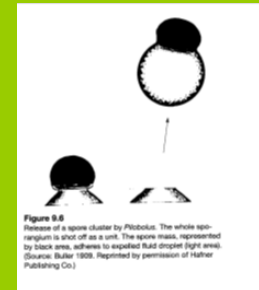


Figure 9.4
 Splashing of peridiole from a basidiocarp of *Cyathus striatus*. (A and B) Raindrop landing in cup. (C) The peridiole splashing out with hapteron extended. (D) Hapteron sticking to a plant as the peridiole is carried forward by its momentum and the funiculus is extended by a pull. (E) Peridiole jerked backward when the funiculus is extended to its full length. (F) Peridiole swinging around the plant stem as another raindrop falls. (Source: Brodie 1951. Reprinted by permission of National Research Council Canada.)

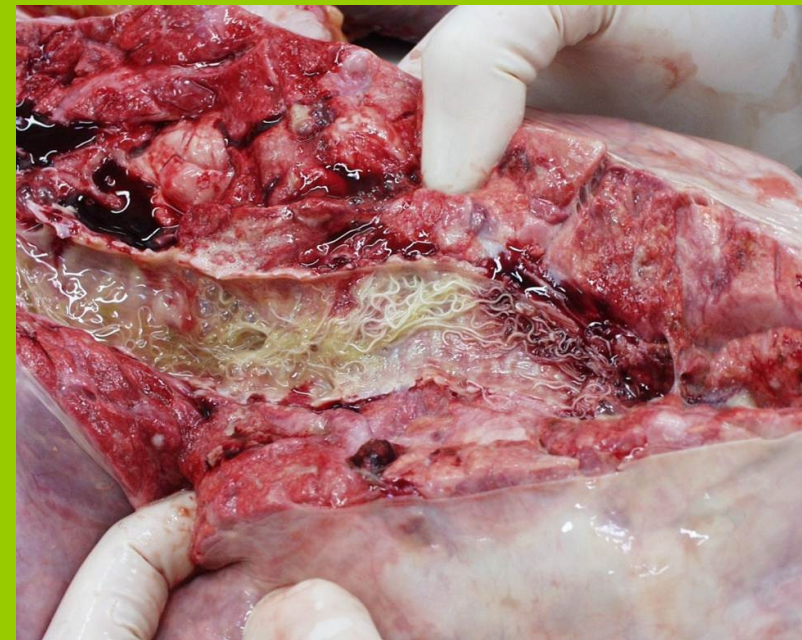
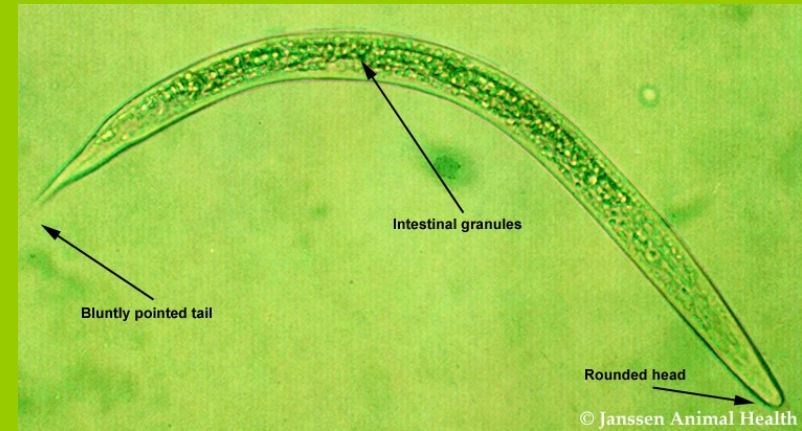
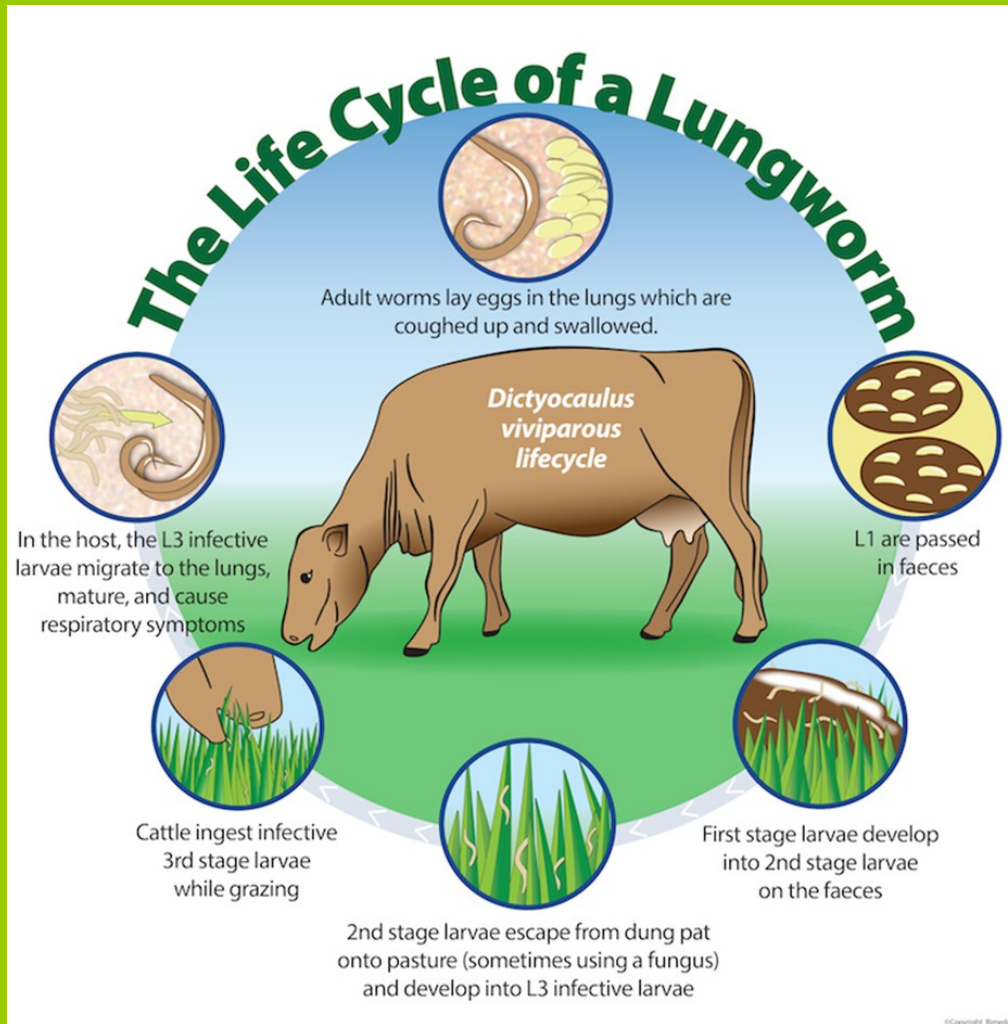


Pilobolus (Měchomršť krystalický)

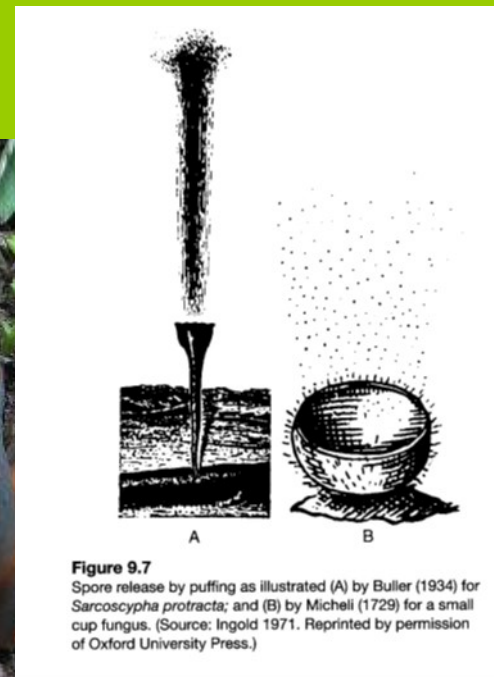
- roste na výkalech býložravců
- zachycuje vzdušnou vlhkost, natáčí se za světlem
- pod sporou se zvyšuje turgor – (často 7 atm a více)
- dojde k vystřelení sporangia – na pár centimetrů až 2 m (150-600 km/h)
- klastr spor je vystřelen, když vakuola ve sporangiu zduří při zvýšení osmotického tlaku, který způsobí prasknutí struktury
- spory jsou odnášeny pryč proudem vody a uvolněny směrem k nejvyšší intenzitě světla tedy do otevřeného vzduchu, kde je nejpravděpodobnější, že proud vzduchu způsobí další disperzi



Tento vystřelovací mechanismus je využíván parazitickými nematody (včetně plicnivek – **Dictyocaulus** – parazituji v průdušnicích a plicích různých býložravců) – larvy vyloučené jedním býložravcem vylezou na sporangia *Pilobolus* a jsou vystřelena spolu s ním...

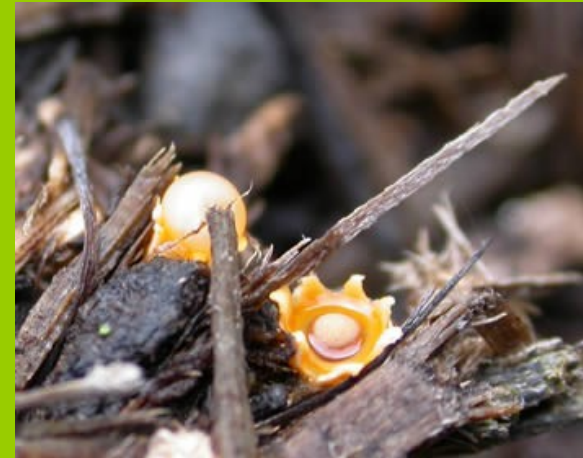
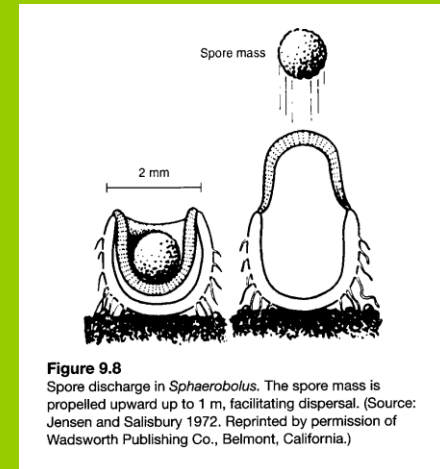


- u většiny **ascomycet** jsou askospory aktivně uvolňovány
- ascus při zrání zduří a praskne na vrcholu vystřelující spory do vzduchu
- na vzdálenost několika milimetrů až centimetrů
- prasknutí je způsobené změnou osmotického tlaku při přeměně glykogenu na cukry
- některé askomycety „bafají“ – současné rozbití velkého počtu asků (asci) s uvolněním viditelného oblaku spor
- bafnutí může být způsobeno změnami environmentálních podmínek (světlo, vlhkost, teplota)



Basidiomyceta *Sphaerobolus* (hrachovec)

- roste následně na hnoji (trusu) po *Pilobolus* a askomycetách
- basidiospory uvolněny, když vnitřní zduřelá vrstva vegetativní hyfy švihne zevnitř
- ven vystřeluje masu spor několik metrů nahoru



Přežívání ve vzduchu

- po uvolnění do vzduchu spory i vegetativní buňky bojují o přežití
- většina mikrobů přežije krátký transport atmosférou – do několika mm
- jen málo přežije delší transport – desikace (extrémního vysušení)
- někteří mikrobi mají adaptace umožňující delší expozici desikačním podmínkám
- expozice UV záření
- organismy přenášené vzduchem na prachových nebo půdních částicích mohou být chráněné pigmenty (nepigmentovaný *M. luteus* x pigmentovaný)
- (buňka nebude usmrcena za nepřítomnosti vzduchu - smrt ozářením je fotooxidační proces vyžadující kyslík)

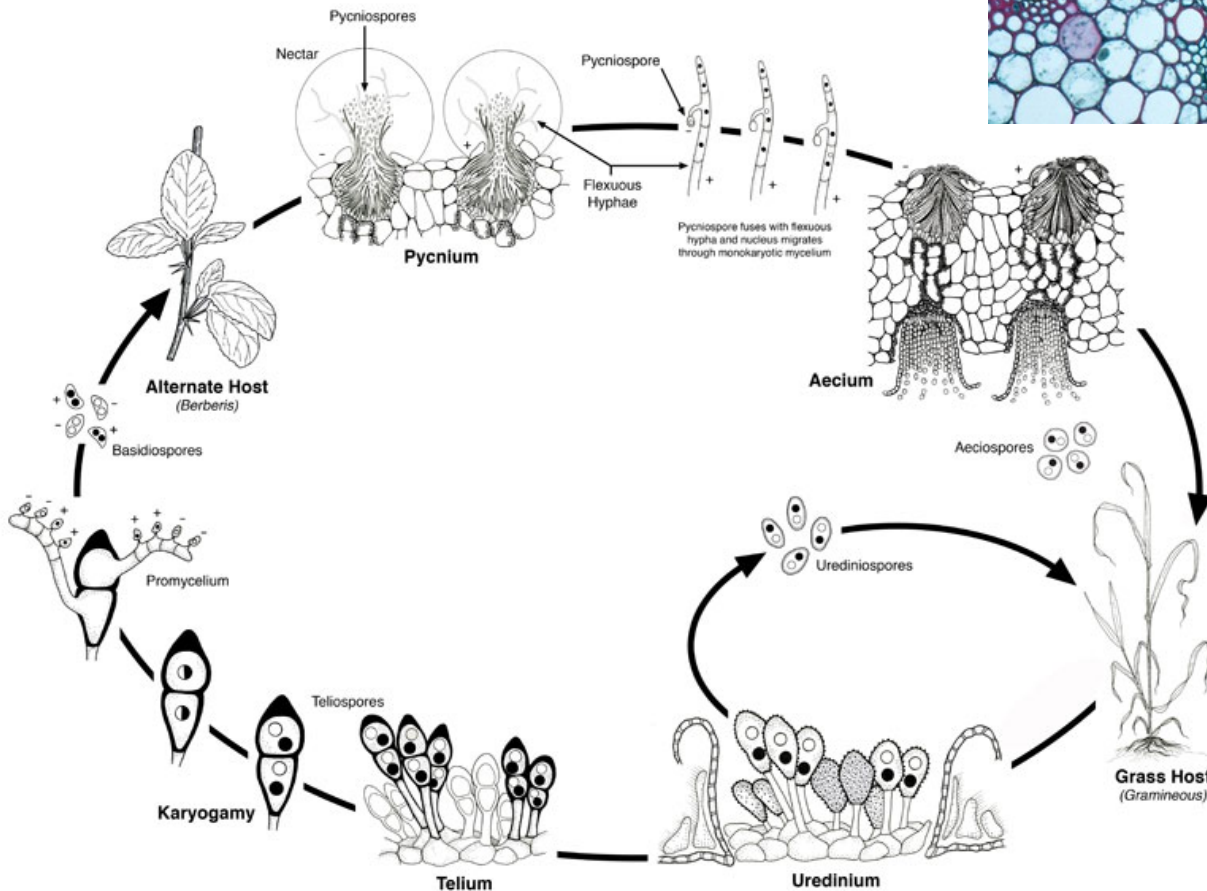
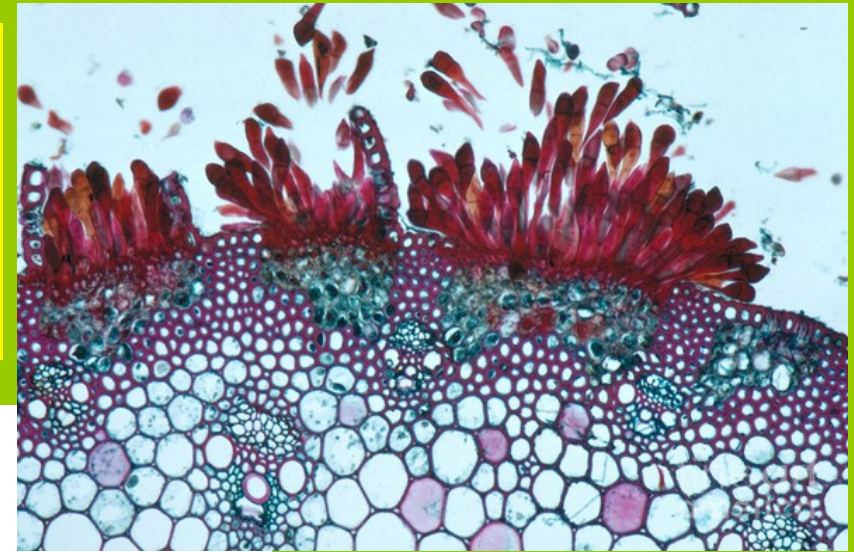


- mnohé mikroorganismy transportovány na velké vzdálenosti - *Puccinia graminis* (rez travní)
- některé viry, bakterie a houby – přežijí transport přes oceán
- to, že některé mikroorganismy jsou téměř všudypřítomné, je především z důvodu efektivního vzdušného transportu



Puccinia graminis

Houba u nás přezimuje zimními výtrusy ve slámě a na jaře vytváří basidiospory. Ty mohou napadnout pouze meziphostitele a na něm vznikají aecidiospory, které znovu přecházejí na obilniny a trávy. Uredospory, které vznikají na obilnině, jsou ihned klíčivé a přenášejí se vzdušnými proudy na velké vzdálenosti. Na zrajícím obilí se tvoří zimní výtrusy (teleutospory).



342 Chapter 9 Microorganisms in Their Natural Habitat

Table 9.4
Dissemination of *Puccinia graminis*

| Distance from source (km) | Concentration relative to source (%) |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 0 | 100 |
| 300 | 5 |
| 560 | 6 |
| 840 | 2 |
| 970 | 0.2 |

Source: Stakman and Hamilton 1939.

Table 9.2

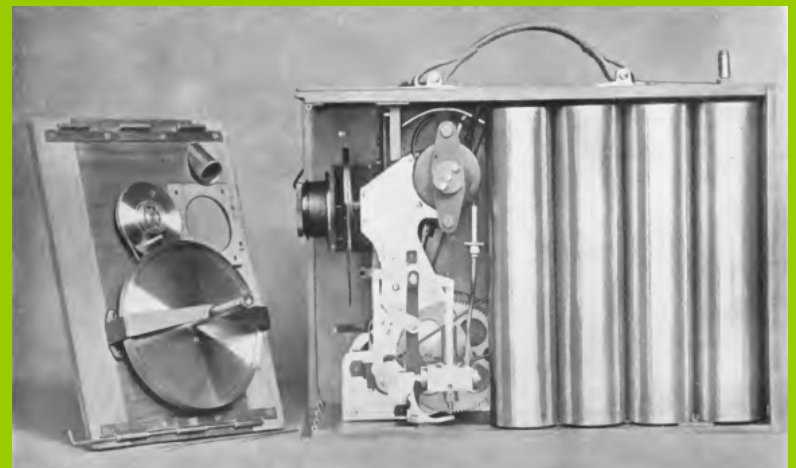
Survival times of some bacterial and archaeal species in the air-dried state

| Survival time | Organism |
|--|---|
| 10 ⁶ years | Coryneforms, gram-positive non-spore-forming bacilli, cocci |
| 10 ⁴ –10 ⁵ years | Cocci, actinomycetes, gram-negative bacilli, spore-forming bacteria |
| 10 ³ years | <i>Gloeocapsa</i> , <i>Hormathonema-Gloeocapsa</i> , <i>Chroococcidiopsis</i> |
| 200 years | <i>Bacillus</i> sp., <i>Clostridium</i> sp. |
| 140 years | <i>Nostoc commune</i> |
| 10–70 years | <i>Bacillus anthracis</i> |
| 15 years | <i>Thermoplasma acidophilum</i> |
| 3 years | <i>Listeria monocytogenes</i> |
| 0.6–1.5 years | <i>Nocardia asteroides</i> |
| 1.1 years | <i>Haloarcula</i> sp., <i>Halobacterium</i> sp., <i>Sulfolobus</i> sp., <i>Halococcus</i> sp., <i>Haloferax</i> sp. |
| 120–200 days | <i>Streptococcus pyogenes</i> , <i>Mycoplasma mycoides</i> , <i>Corynebacterium diphtheriae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Brucella suis</i> , <i>Franciscella tularensis</i> |
| 60 days | <i>Mycobacterium avium</i> |
| 40–50 days | <i>Coxiella burnetti</i> |
| 12–40 days | <i>Campylobacter fetus</i> , <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> , <i>Pasteurella multocida</i> , <i>Proteus morgani</i> |
| 3.8–10 days | <i>Serratia marcescens</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , <i>Mycoplasma agalactiae</i> , <i>Moraxella bovis</i> |
| 12–48 hours | <i>Streptococcus salivarius</i> , <i>Cowdria ruminatum</i> , <i>Eperythrozoon coccoides</i> , <i>Neisseria gonorrhoeae</i> , <i>Pasteurella multocida</i> , <i>Escherichia coli</i> |
| 2–4 hours | <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Neisseria meningitidis</i> |
| 18–40 minutes | <i>Treponema pallidum</i> , <i>Leptospira interrogans</i> |
| 6–10 minutes | <i>Salmonella typhi</i> |
| 2–6 minutes | <i>Vibrio cholerae</i> |

Source: Potts 1994.

Kvantifikace mikroorganismů ve vzduchu

- buď kultivace na miskách – zvyhodňuje bakterie, kvasinky a některé houby
- nebo přímé počítání (mikroskopické sklo s lepkavým povrchem na letadle při proletu atmosférou) – zvyhodňuje spory hub
- filtrování určitého objemu vzduchu přes filtry s póry 0,5 um a méně - přímý počet mikrobů
- Impingerová metoda -prosátí vzduchu tryskou ponořenou do kapaliny, v níž dochází k zachycení mikroorganismů obsažených ve vzduchu



- Pro kultivační metody - filtr vložit na vhodné médium a kultivace
- časté je *Cladosporium*
- typicky – do výšky 3000m je $10^1 - 10^4$ mikrobů/m³

Sezónní změny:

- v severní hemisféře – houby čtenější červen – srpen
- bakterie dominují na jaře a na podzim

Mikrobi odstranění z atmosféry různými způsoby:

- usazení z důvodu gravitace
- odstranění deštěm nebo jinými srážkami (po bouřce redukce mikrobů ve vzduchu)



Litoekosféra

- skály/horniny, půdy, sedimenty
- půda – habitat pro organismy
- skály – vyvřelé (žula, čedič), sedimentární (vápenec, pískovec, břidlice), metamorfované (para/ortorula, mramor)
- povrch poskytuje vhodný habitat pro omezené množství mikrobů
- bakterie, řasy, houby a lišejníky kolonizují povrch skal
- mnohé rozpouští minerály působením organických kyselin a chelatačními činidly
- bakterie a houby často ve štěrbinách zadržujících vodu
- na pobřežních skalách sinice a řasy

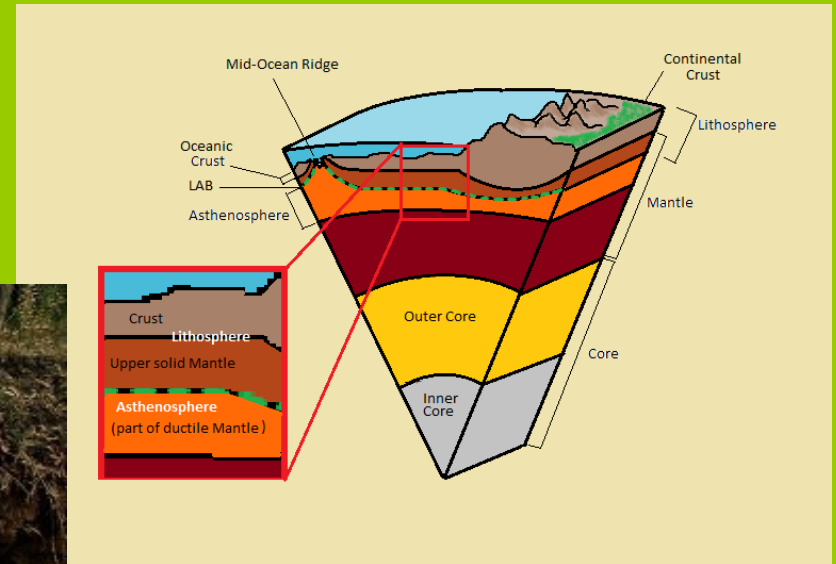


Půda

- vytváří se z matečné horniny (podkladový skalní masív) fyzikálními, chemickými a biologickými silami - zvětráváním
- nejprve se vytvoří regolit (nezpevněný horninový materiál) a pak půda

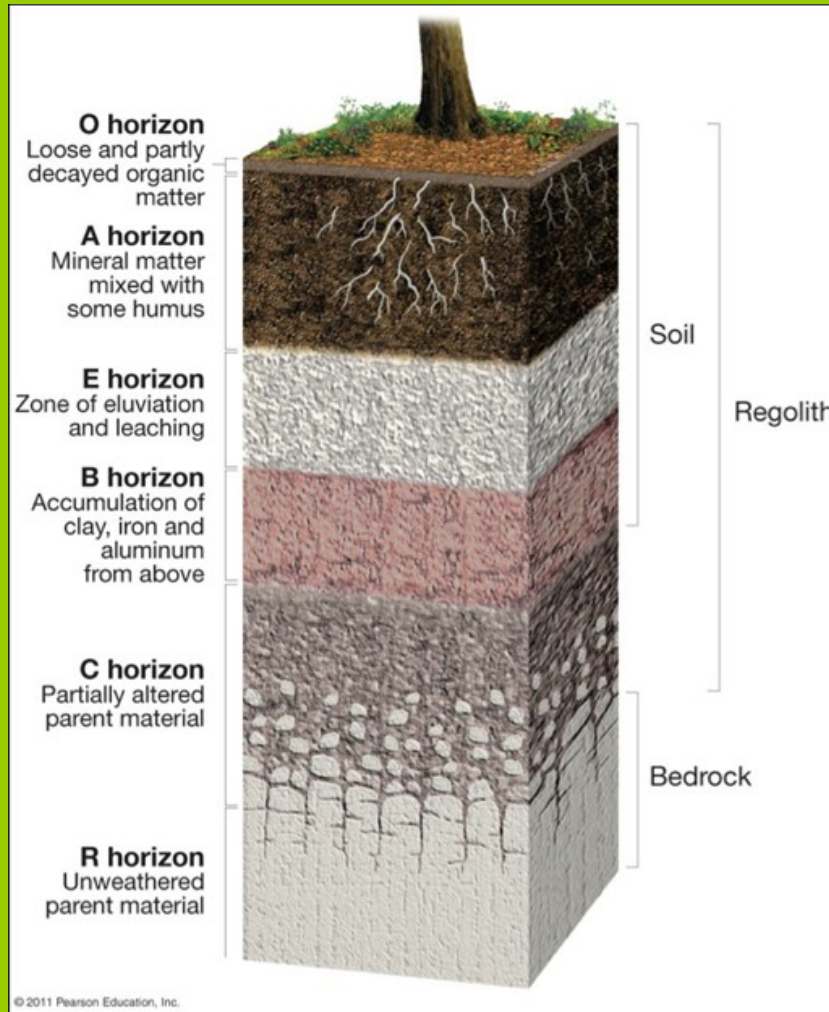
5 faktorů uplatňujících se na vytváření půdy:

- matečný materiál/hornina
- klima
- topografie
- biologické aktivity
- čas



Fyzikální vlastnosti půdy

- při vývoji z regolitu se vytváří oddělené horizonty:



- O – organický horizont nad minerální půdou – humus
- O1 – zbytky rostlin a živočichů jsou rozeznatelné
- O2 – už nerozeznatelné
- A1 – minerální složka promíchána s humusem
- A2 – maximální vymývání křemičitých jílů
- A3 – přechod do spodního B horizontu
- E – eluviální horizont – minerální horizont blízko povrchu půdy, maximální vymývání/vyluhování
- B - iluviální horizont – místo depozice, maximální akumulace oxidů železa, hliníku a křemičitých jílů
- C horizont – není příliš ovlivněn biologickou aktivitou – možná akumulace Ca/MgCO_3
- Pod C je regolit a matečná hornina

Půda - složení

- bez ohledu na horizonty půda obsahuje různé množství **jílových, prachových a písčitých částic**
- **textura půdy** – významná vlastnost pro ekologii mikroorganismů
- určuje povrchovou plochu, která je k dispozici jako habitat pro růst mikrobů
- půdy s větším obsahem jílu mají mnohem větší povrchovou plochu než písčité půdy

Table 9.8

Comparison of size range, particle number, and surface area per gram of sand, silt, and clay. The calculations assume spherical particles with the maximum diameter within the size range.

| Soil component | Diameter (mm) | No. of particles/g | Surface area (cm ² /g) |
|----------------|---------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Sand | 2.00–0.05 | 90 | 11 |
| Silt | 0.05–0.002 | 5.78×10^6 | 454 |
| Clay | 0.002 | 9.03×10^{10} | 8,000,000 |

Jílové částice

- důležitá je ale i povaha jílových částic – jílové koloidy se značně liší fyzikálními a chemickými vlastnostmi
- toto rozhoduje kolik a jakých druhů mikrobusů může okupovat daný půdní habitat

Table 9.9
Selected properties of major clay colloids

| Property | Montmorillonite | Illite | Kaolinite |
|---|-----------------|---------|-----------|
| Size (μm) | 0.01–1.0 | 0.1–2.0 | 0.1–5.0 |
| Surface (m^2/g) | 700–800 | 100–200 | 5–20 |
| Cation exchange capacity ($\text{mEq}/100\text{g}$) | 80–100 | 15–40 | 3–15 |

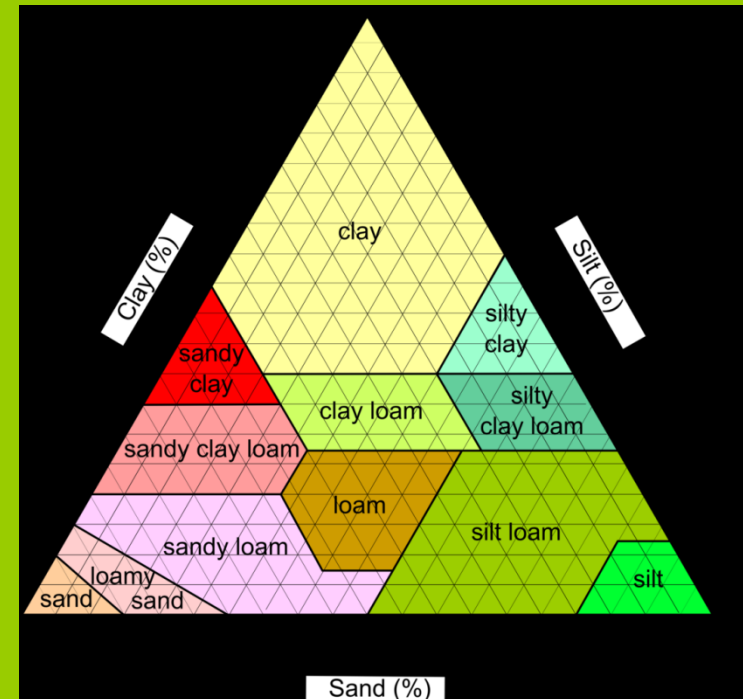


- vliv na půdní strukturu má také složení půdních koloidů
- půdní koloidy jsou tvořeny jílovými částicemi a humusovými látkami
- jílové minerály i humusové látky mají rozdílné schopnosti oddisociovat vodík



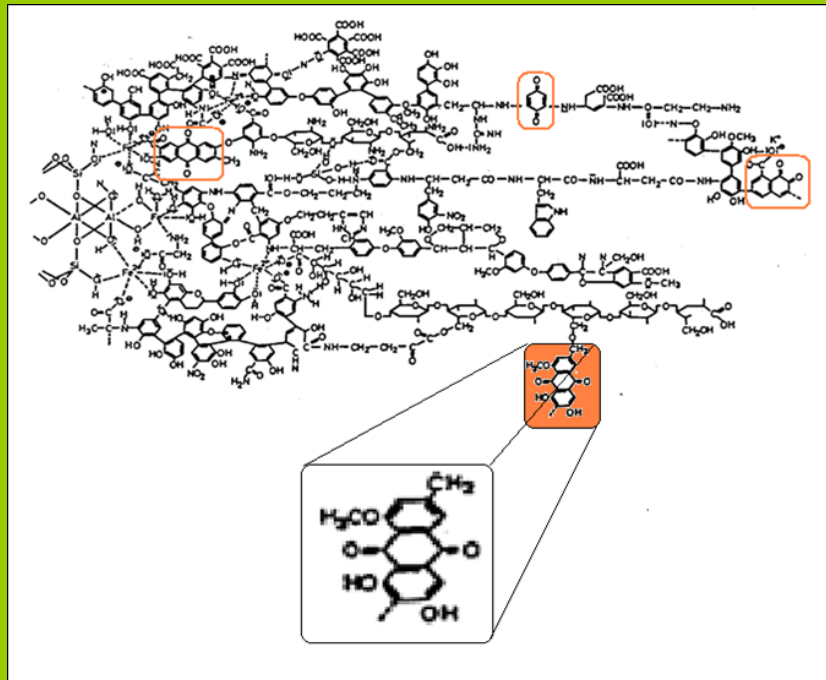
Textura půdy

- důležitá pro rostliny i mikroby
- půdy s dominancí jílových částic mají vysokou vodní kapacitu (maximální a polní /kapilární/ vodní kapacita) a kationtovou výměnnou kapacitu (ion exchange capacity)
- těžké půdy – tendence k zamoření a anoxickým podmínkám
- naopak u písčitych půd
- ovlivňováno obsahem SOM- soil organic matter (mikrobiální biomasa, litter, humus)
- permanentní rezervoár organického C a chemicky vázaných živin
- SOM – určována jako úbytek hmotnosti při žíhání

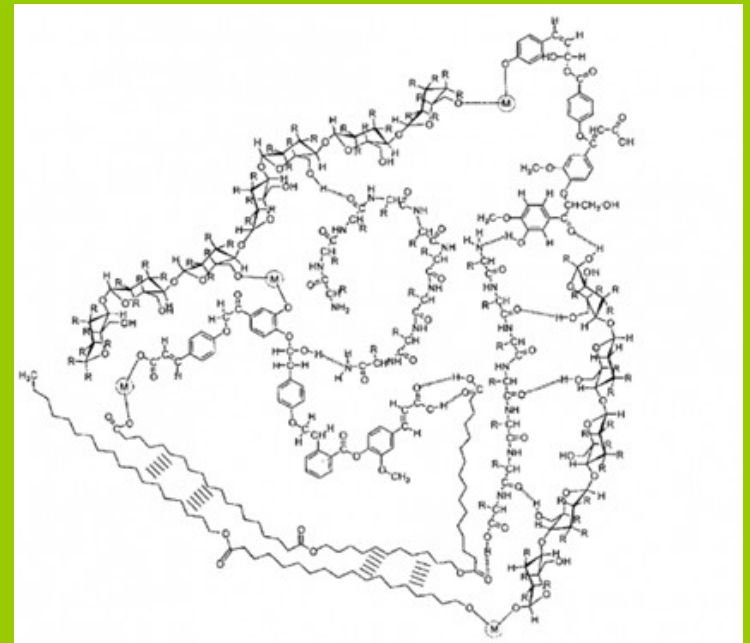


Chemické vlastnosti půd

- důležité pro mikroby
- půdní organická hmota (SOM) – ze zbytků živočichů, rostlin a mikrobus
- huminové látky – org. hmota doznala takových změn, že původní materiál je nerozeznatelný – v minerálních půdách je to méně než 10 hm. % - jde o náhodné polymery
- aromatické jádro sestávající z jednoduchých a kondenzovaných aromatických, heterocyklických a chinonových kruhů spojených C-C pomocí étero-, amino- a azo- vazeb

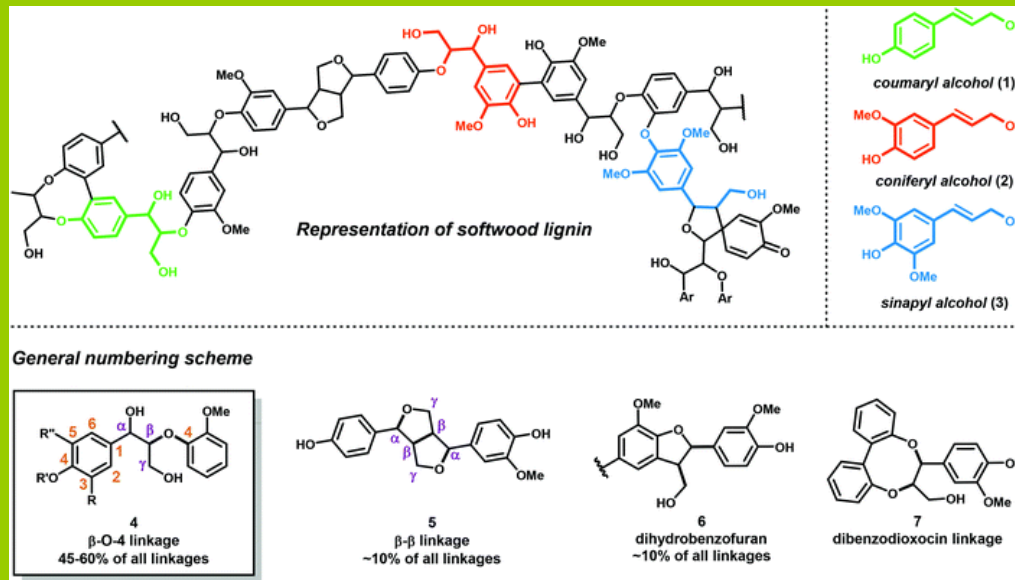


- Na kruzích jsou rozmanité **funkční skupiny**, zejména karboxylové, fenolické hydroxily a karbonylové skupiny
- K tomuto základu jsou připojené AK, peptidy, cukry, fenoly – vše je zesíťované
- **3D houbová struktura**, která lehce váže vodu, ionty, a organické molekuly
- může **chemicky vázat** vhodné komponenty ke svým reakčním funkčním skupinám
- organické sloučeniny včetně většiny chemických látek vytvořených člověkem se můžou navázat nebo být absorbovaná na huminové substance
- dokonce byly získány z huminových látek aktivní enzymy



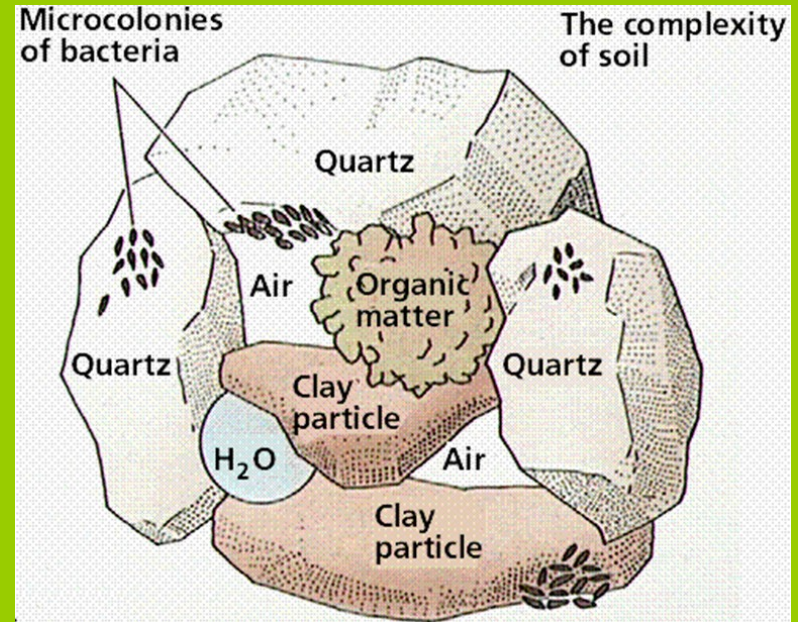
Geneze huminových látek

- dvoustupňový proces zahrnující především **mikrobiální degradaci organických polymerů na monomery** a následnou polymerizaci spontánními chemickými reakcemi
- autooxidací a **oxidací katalyzovanou mikrobiálními enzymy** jako lakázy polyfenoloxidázy a peroxidázy
- struktury aromatických kruhů, které slouží jako stavební bloky **jádra huminových kyselin** mohou být odvozeny z **mikrobiální degradace ligninu**, nebo mohou být syntetizovány různými mikroorganismy z jiných C substrátů
- huminové materiály jsou ve stavu **dynamické rovnováhy**, kde je jejich postupná degradace kompenzována jejich syntézou
- půdy obsahují velmi rozdílná množství chemických forem organického C, organického a anorganického N a přístupného anorganického P

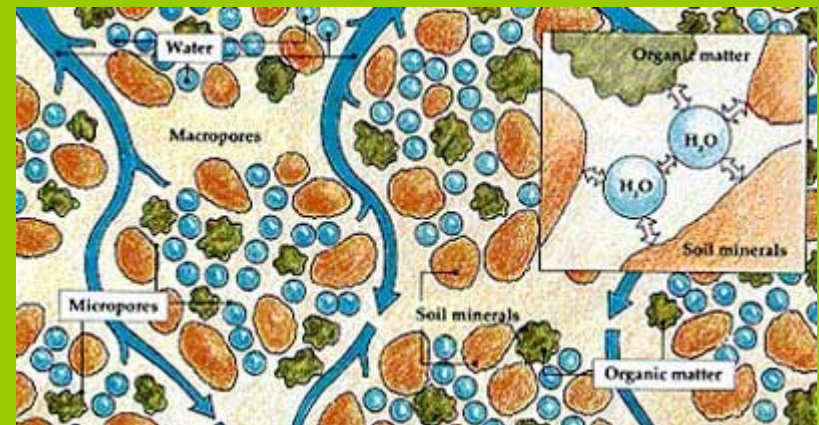
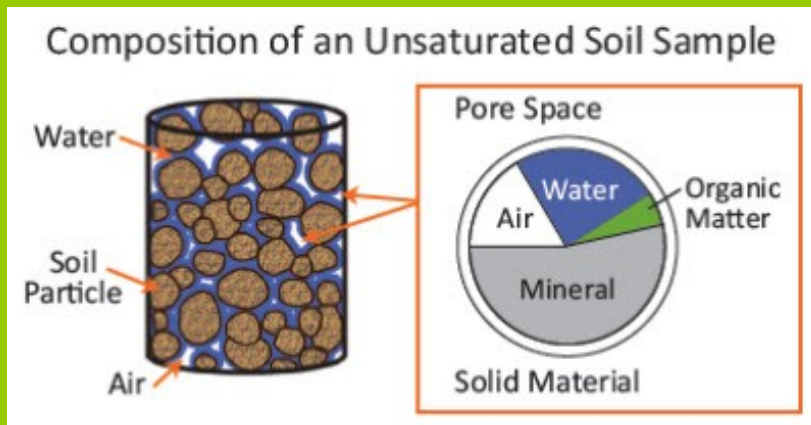


Složení půdní atmosféry

- se velmi liší půdu od půdy
- půdní atmosféra se nachází v pórech mezi půdními částicemi
- objemová hmotnost je měřítkem stěsnání půdních částic a určuje rozsah prostoru, který může být zaplněn půdním vzduchem
- někdy mohou být póry zaplněné vodou, která pak nahrazuje vzduch
- některé vrstvy půdy jsou aerobní (obsahují O₂), jiné anaerobní
- dokonce v aerobních vrstvách jsou oblasti bez volného kyslíku



- obsah kyslíku v půdním vzduchu určuje do značné míry typ metabolismu, který zde může probíhat
- i chemických transformací, které může půdní mikroflóra provádět
- koncentrace CO_2 v půdním vzduchu jsou obecně o 1-2 řády vyšší než v přiléhajícím vzduchu
- koncentrace CO_2 a O_2 v půdním vzduchu jsou závislé na difúzi plynů a mikrobiální respiraci
- koncentrace CO_2 se zvyšuje a koncentrace O_2 snižuje s hloubkou půdního sloupce
- v půdách deficitních na kyslík se ve větší koncentraci vyskytují další plyny jako CH_4 (metanogeneze), H_2S (anaerobní redukce sulfátů)



Půdní mikrobiální komunity

- vhodný habitat pro mikroby – kolonie na půdních částicích
- zde **více než ve vodních ekosystémech** – běžně 10^6 - 10^9
- viry, bakterie, houby, řasy, protozoa
- všeobecně dostatek organické hmoty – **heterotrofové**
- v horním horizontu bohatém na organické zbytky – autochtonní mikroflóra toleruje a roste za vysokých koncentrací organických látek
- vysoká růstová rychlost a aktivita na jednoduchých lehce využitelných substrátech – rostlinné a živočišné zbytky a exkrementy – tyto charakterizovány přerušovanou aktivitou s neaktivními odpočinkovými stádii – *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Aspergillus*, *Mucor*



- autochtonní mikroflóra - která je schopná využívat odolné huminové látky
- pomalá, ale konstantní aktivita – většinou G- tyčky a aktinobakterie
- ryze allochtonní – např. humánní a zvířecí patogeni – nenachází v půdě dobré růstové podmínky
- je těžké popsat rysy adaptace na půdní podmínky v půdě mnoho mikrohabitátů a na jednom místě může být více environmentálních situací, které zvýhodňují různé populace



Actinobacteria

<https://www.scottchimileskiphotography.com>

- bakterie mohou být obligátní aerobové, fakultativní anaerobové, mikroaerofilové, obligátní anaerobové
- jednotlivé půdy mohou zvýhodňovat bakteriální populace s určitými metabolickými schopnostmi
(zaplavené půdy – fakultativní a obligátní anaerobové)
- je obtížné popsat obvyklé rysy původních/autochtonních půdních bakterií
- podmínky v některých půdách značně omezují výběr mikrobiálních populací, které zde mohou růst
- extrémní v pH, polární půdy, pouštní půdy
- v půdě se nachází více G+ bakterií než v akvatických habitatech, ale i zde více G-

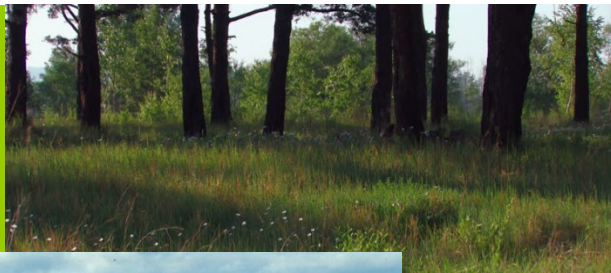


Table 9.11

The average number in viable counts of major groups of microorganisms in different soil types of the USSR

| Zone | Soils | Total number of microorganisms ($\times 10^6/\text{g}$) | Non-spore-forming bacteria (%) | Bacilli (%) | Actinomycetes (%) | Fungi (%) |
|--------------------------|-------------------------------|---|--------------------------------|-------------|-------------------|-----------|
| Tundra and taiga | Tundra-gley and gley-podzolic | 2.1 | 94.9 | 0.7 | 1.5 | 2.9 |
| Forest meadow | Podzols and soddy-podzolic | 1.1 | 77.2 | 12.0 | 8.1 | 2.7 |
| Meadow steppe | Chenozems | 3.6 | 42.4 | 21.4 | 35.4 | 0.8 |
| Dry steppe | Chestnut | 3.5 | 45.4 | 19.4 | 34.6 | 0.6 |
| Desert steppe and desert | Brown and sierozems | 4.5 | 45.7 | 17.7 | 36.1 | 0.5 |

Source: Mishustin 1975.



běžné bakteriální rody v půdě:

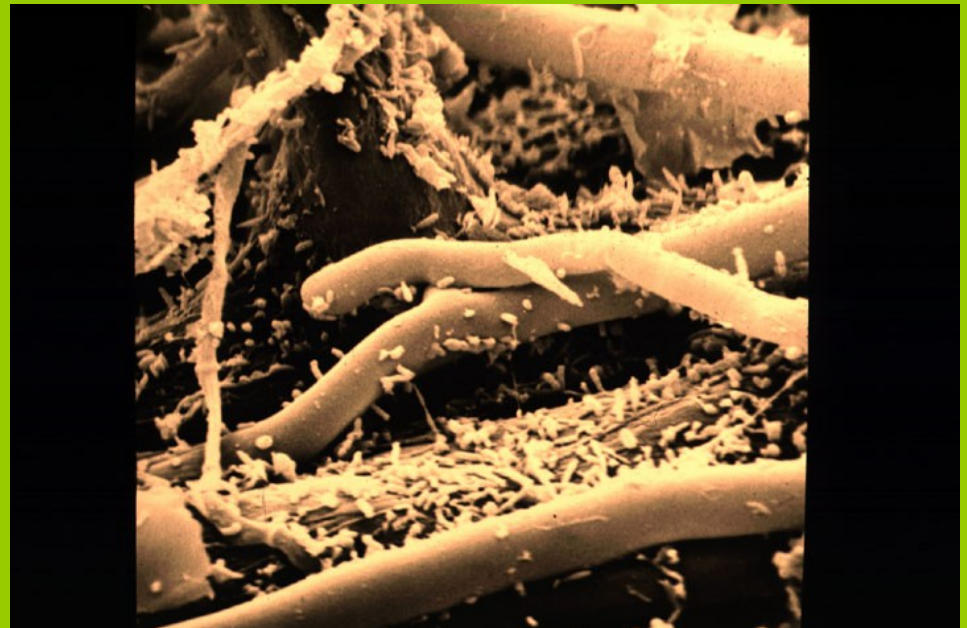
- *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, ***Arthrobacter***, ***Bacillus***, *Brevibacterium*,
- *Caulobacter*, *Cellulomonas*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, ***Flavobacterium***,
- ***Micrococcus***, *Mycobacterium*, ***Pseudomonas***, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, ***Xanthomonas***
- velké rozdíly v zastoupení jednotlivých rodů v jednotlivých půdách

Table 9.12

Relative proportions of aerobic, facultatively anaerobic bacterial genera commonly found in soils

| Genus | Percentage |
|------------------------|------------|
| <i>Arthrobacter</i> | 5–60 |
| <i>Bacillus</i> | 7–67 |
| <i>Pseudomonas</i> | 3–15 |
| <i>Agrobacterium</i> | 1–20 |
| <i>Alcaligenes</i> | 1–20 |
| <i>Flavobacterium</i> | 1–20 |
| <i>Corynebacterium</i> | 2–12 |
| <i>Micrococcus</i> | 2–10 |
| <i>Staphylococcus</i> | <5 |
| <i>Xanthomonas</i> | <5 |
| <i>Mycobacterium</i> | <5 |

Source: Alexander 1977.

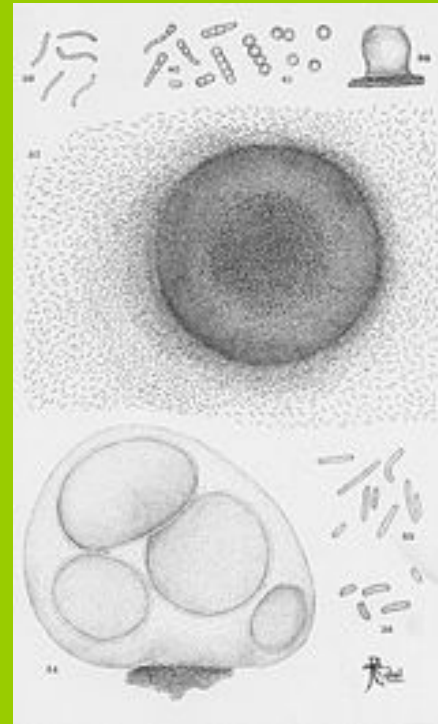
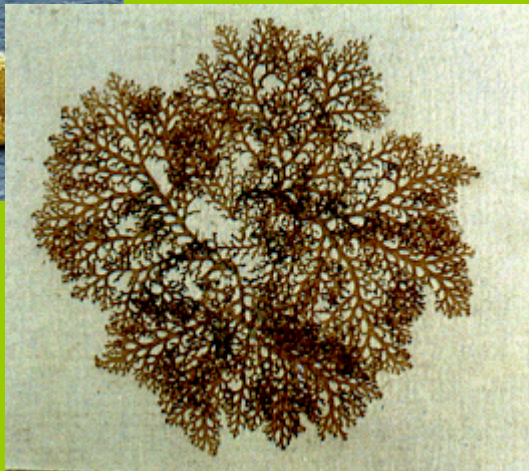
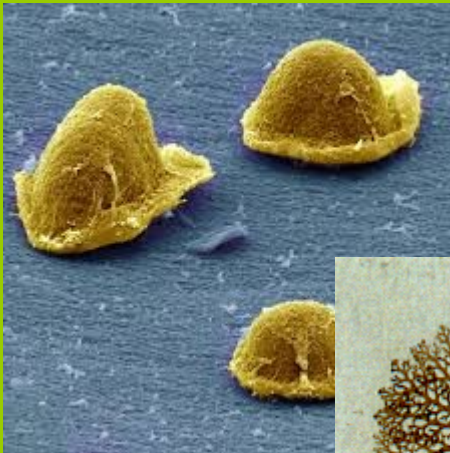


Aktinobakterie

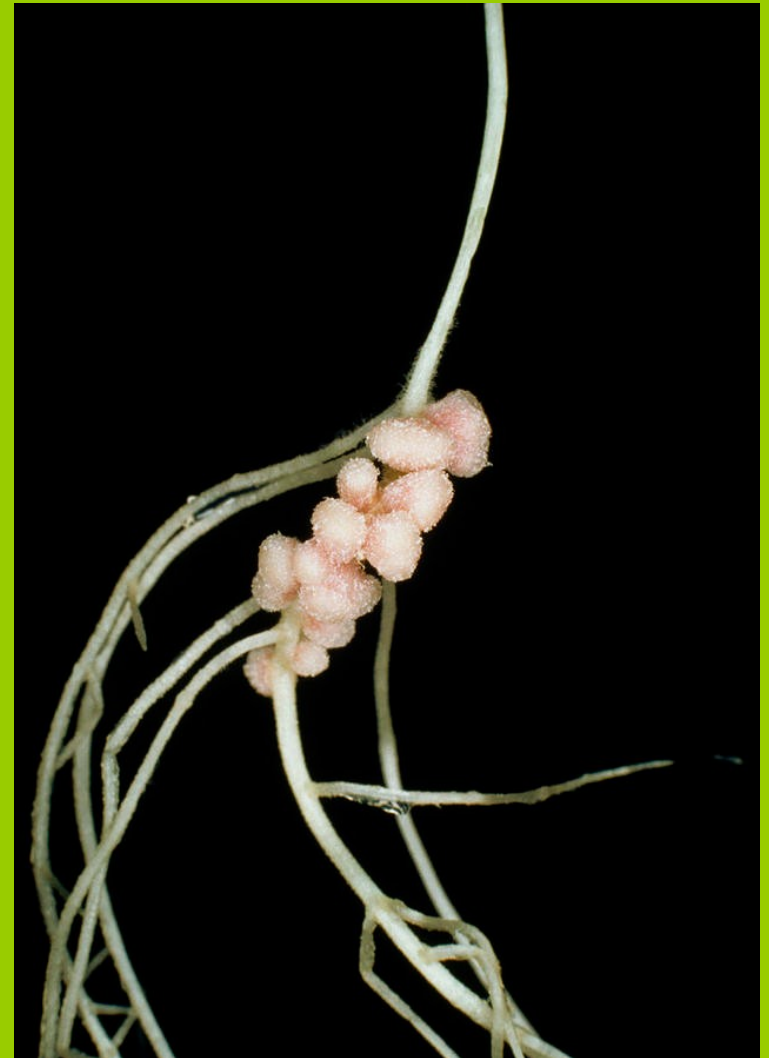
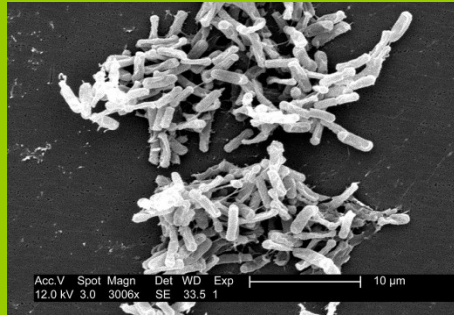
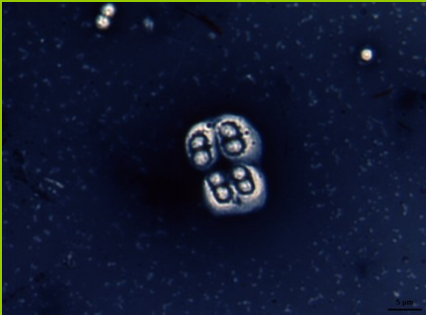
- mohou tvořit 10-33% všech bakterií v půdě - nejčastější rody jsou ***Streptomyces*** a ***Nocardia***; *Micromonospora* a *Actinomyces* jsou také původní půdní bakterie, ale mají nižší zastoupení
- jsou relativně odolné vysychání, přežijí i období sucha v pouštních půdách
- mají raději alkalickou nebo neutrální reakci, citlivé na kyselé pH

Myxobakterie

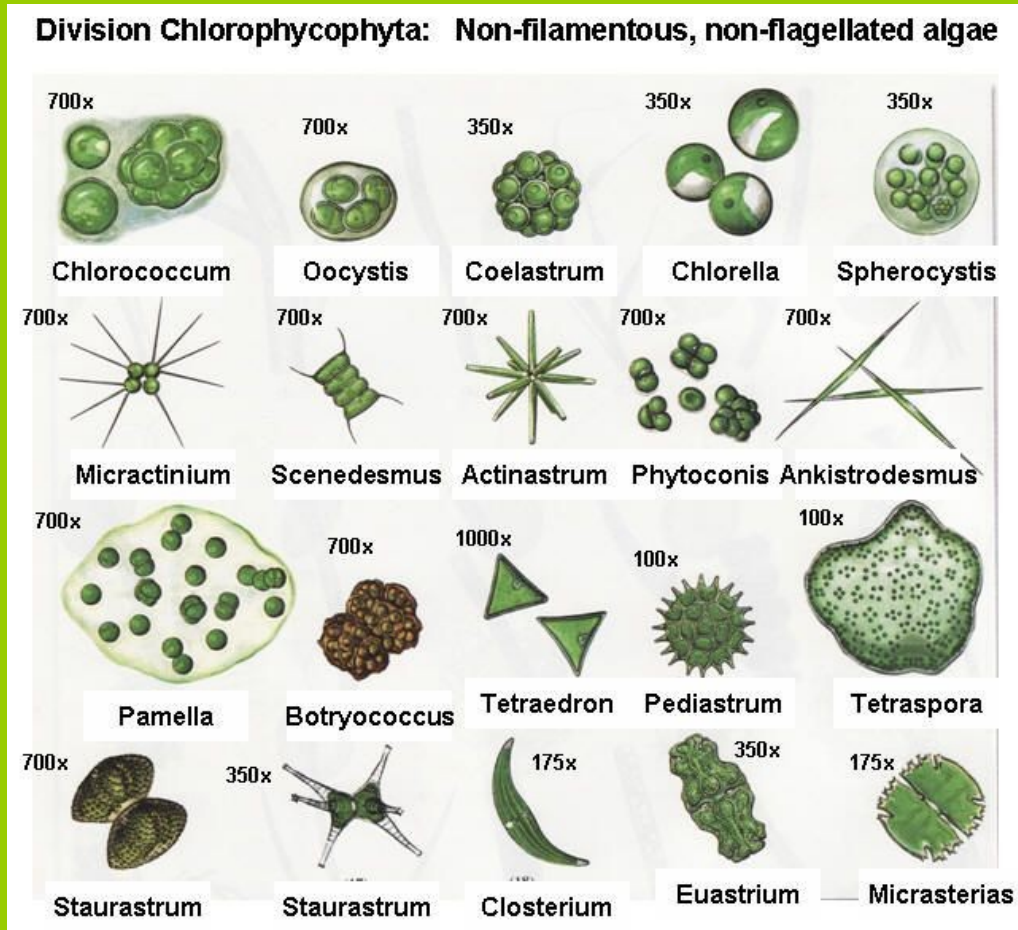
- hlavně v půdách - najdeme je na organické hmotě v lesních půdách: ***Myxococcus***, ***Chondrococcus***, ***Archangium***, ***Polyangium***



- Významný je *Azotobacter* – fixace N₂, ale i *Clostridium*
- Význam rhizobií a bradyrhizobií

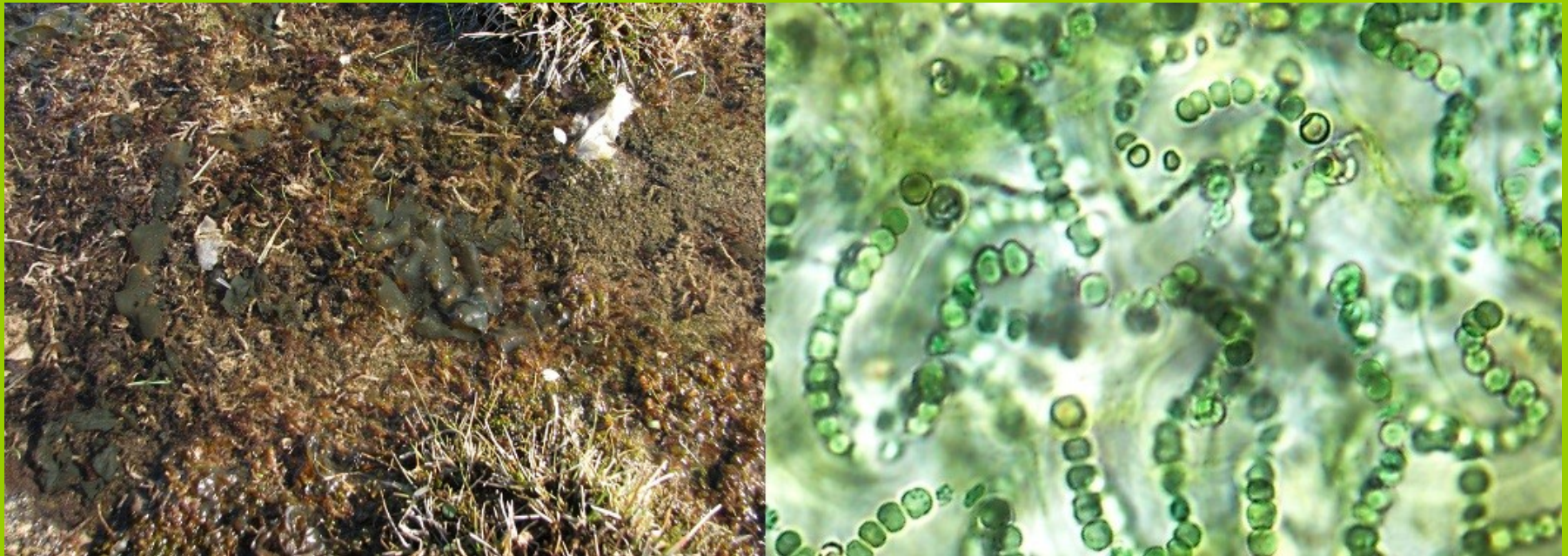


- V půdě i mnoho rodů řas – na povrchu i v půdě samé: *Chlorophycophyta*, *Rhodophycophyta*, *Euglenophycophyta*, *Chrysophycophyta*
- většina se nachází na povrchu nebo v několika povrchových milimetrech půdy
- zde až $10^6/g$; většinou jsou malé a jednobuněčné



Důležité fotoautotrofní bakterie – sinice

- *Anabaena, Calothrix, Chroococcus, Cylandrospermum, Lyngbya, Microcoleus, Nodularia, Nostoc, Oscillatoria, Phormidium, Plectonema, Schizothrix, Scytonema, Tolypothrix*
- Některé (*Nostoc*) poskytují fixovaný N i organický C
- Sinice tvoří krustu na půdách bez vegetace a tak ji stabilizují



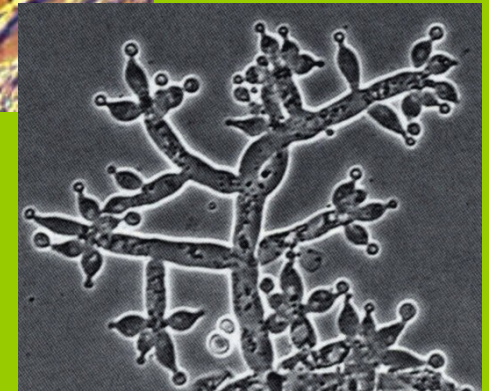
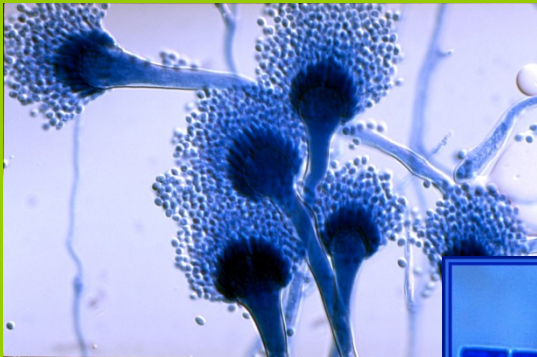
- **Allochtonní** organismy do půdy z různých zdrojů ze vzduchu, hydrosféry
- nebo s rostlinnými a živočišnými zbytky
- ***Agrobacterium*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*** – s infekčním rostlinným materiálem
- s trusem zvířat nebo s odpadní vodou
- za normálních podmínek allochtonní organismy rychle eliminovány, ale někdy mohou přežít delší dobu (endospóry)



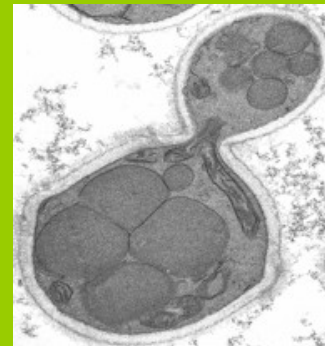
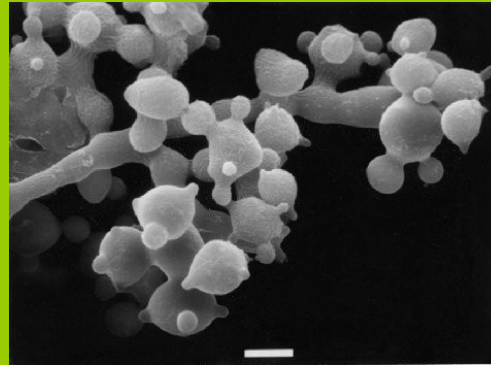
Houby

- tvoří významnou část půdní mikroflóry – většinu typů hub je možné najít v půdě
- buď zde jako volně žijící, nebo součást mykorhizy
- nejvíce v horních 10 cm půdy, velice málo pod 30 cm
- nejvíce v dobře provzdušněných kyselých půdách

- Nejčastěji houby nedokonalé: *Aspergillus*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Trichoderma*,
- ale i četné askomycety a bazidiomycety
- často obtížná izolace a identifikace (zvl. u mykorhízy)
- I **kvasinky** časté v půdě (většinou Deuteromycota): nejčastěji *Candida*, *Rhodotorula*, *Cryptococcus*



- Některé druhy izolované jen z půdy: *Lipomyces*, *Schwanniomyces*, *Kluyveromyces*, *Schizoblastosporion*, *Hansenula*, *Cryptococcus*
- Většina hub v půdě je oportunistických (zymogenních) – rostou za příznivých podmínek – adekvátní vlhkost, aerace a relativně vysoká koncentrace využitelného substrátu
- Mnoho hub metabolizuje C-H (včetně polysacharidů), ale jen málo je schopno degradovat lignin
- Typická je dormance; některé houby dormantní i desítky let – a stále „viable“ – často ve formě dormantních struktur; i mycélium může být v půdě metabolicky inaktivní



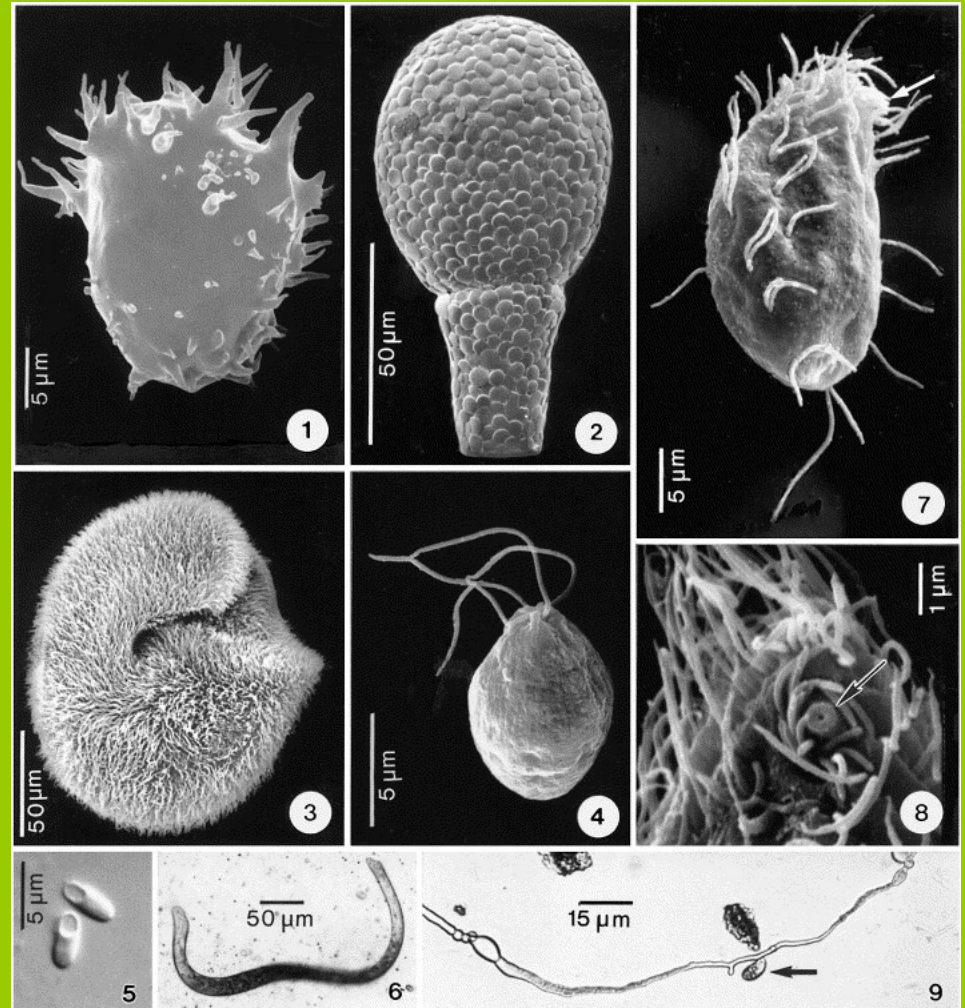
- V půdách se často můžeme setkat s **fungistatickými podmínkami** – s výjimkou hlubokých půdních horizontů, kyselých půd a chladných půd
- přidavek metabolizovatelného organického materiálu fungistatický stav ukončí
- fungistatický efekt je spojený s mikrobiální činností – sterilizace ho odstraní
- stále ale není jasná podstata tohoto jevu
- velká absorpční kapacita půd a množství jejich mikrohabitátů má výrazný vliv na **interakce** mezi bakteriemi a houbami



???

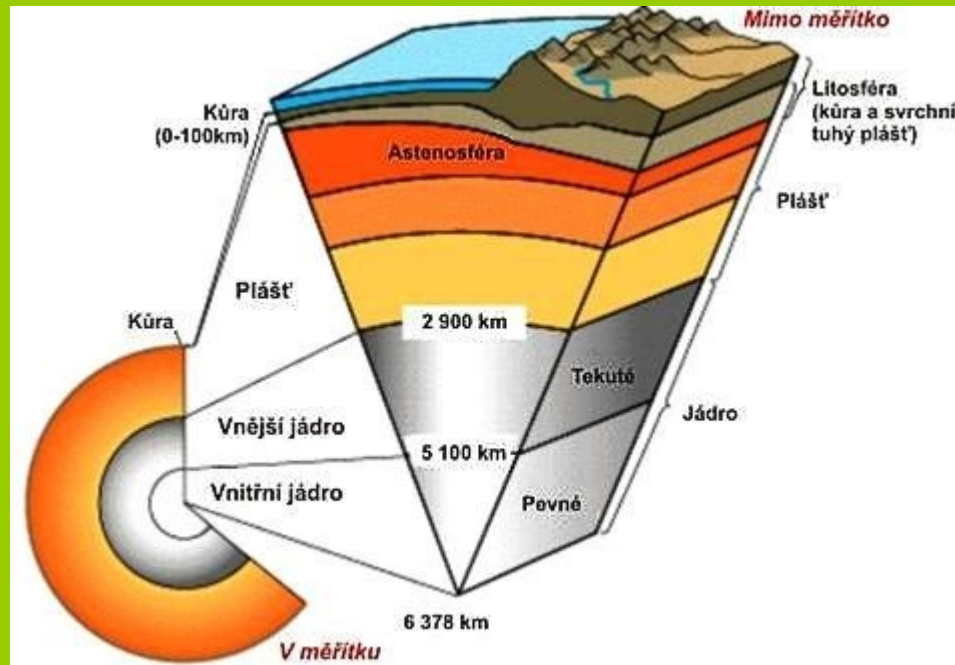
Protozoa

- malé velikostí a i malá diverzita ve srovnání s podmínkami ve vodě
- aby bylo prohlášeno za půdní, musí se zde najít ve vegetativním stádiu (nestačí cysty)
- bičíkaté protozoa dominují půdní habitaty
- všeobecně je zde 10^4 - 10^6 /g půdy, nejvíce ve svrchních 15 cm; vyžadují dost O_2
- jde o významné predátory bakterií a řas

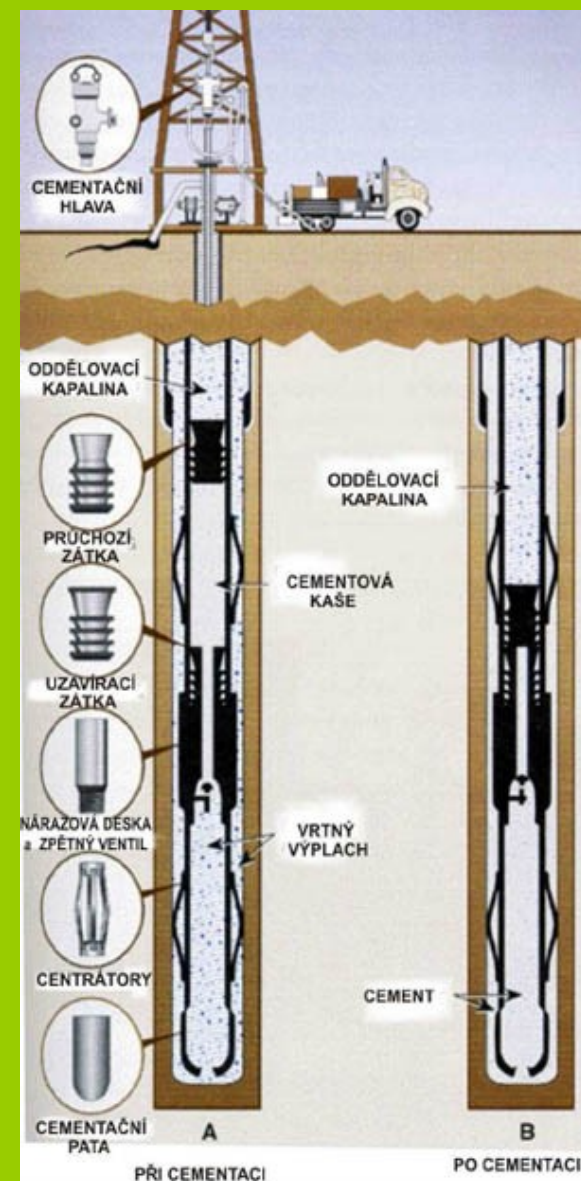


Hlubší vrstvy litoekosféry

- mikrobiálně neaktivnějších je vrchních 15 cm půdy (ornice), pak klesá – nedostatek živin (není fotosyntéza a málo se sem vyluhuje)
- dříve se předpokládalo, že litoekosféra končí na matečné hornině
- v 80.letech minulého století se tento názor změnil
(v souvislosti v výzkumem těchto vrstev jako možného úložiště nebezpečných odpadů)

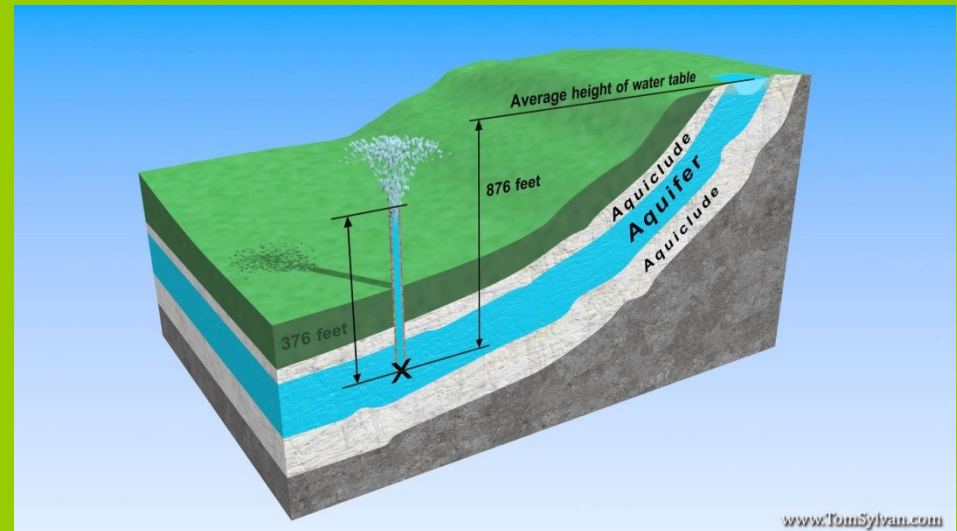
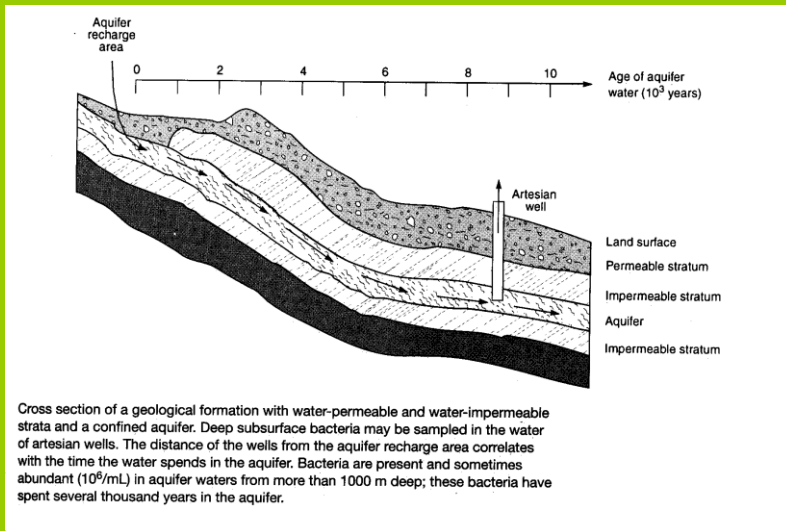


- Výzkum náročný – vrtné soupravy je třeba modifikovat, aby se zabránilo
- mikrobiální kontaminaci kvůli anaerobům je třeba do vrtů aplikovat argon
- **Vyvrtné vzorky** je třeba skladovat a zpracovávat za speciálních podmínek kvůli prevenci kontaminace a deteriorace
- při vrtání se aplikují „tracers“ – jen když tyto jsou nepřítomné, je vzorek prohlášen za nekontaminovaný
- mikrobi objeveni ve všech hloubkách, kde byla také voda a teplota ve vhodném rozsahu
- nejhlubší vzorky s mikrobi byly získány z hloubek kolem 4km – termofilní
- fermentativní bakterie; nejčastěji šlo o anaerobní sulfát redukující a metanogenní bakterie



Mikrobi v aquiferní vodě

- artézské studně – voda vytéká pod tlakem, což umožní vypláchnutí vrtu před odběrem vzorku
- mnoho mikrobů získáno z vod více než 10.000 let starých
- Zatím ne zcela vyřešena otázka, na jakých zdrojích energie a živin zde přežívají – často zde až 10^6 - 10^8 /ml
- Většinou heterotrofové – organický C se zde může vyskytovat - plynné a jiné rozpuštěné organické látky se sem mohou dostávat do aquiferů z fosilního plynu, ropy, nebo ložisek lignitu
- Bylo také pozorováno, že spodní voda reagovala s redukčními bazaltickými horninami za vzniku vodíku – ten podporoval metanogenní komunity



Extrémní habitaty

- teplota, pH, salinita, tlak, desikace
- dříve se předpokládalo, že tyto jsou bez života

Studené prostředí – polární oblasti a oceány

- teplota pod 5oC, ale ve vodě i -1,8oC (mrznutí mořské vody)
- pomalý růst a malé populace
- chladné bentické oblasti oceánů – generační doba v hodinách i dnech
- pomalý metabolismus (potopená ponorka Alvin otevřená – vylovená po několika měsících – masové sendviče stále jedlé)
- v polárních mořích spíš psychrotrofní organismy než psychrofilní
- fyziologicky všestranné organizmy (ne specializované) – aby déle přežily
- využívají četné organické substráty, především C-H – hlavně v letních měsících (rozsivky na spodní straně ledu)
- ve tmavých zimních měsících využívány proteiny a lipidy z detritu



- Půdní teploty v polárních oblastech ještě nižší
- Tundra – po většinu roku pod bodem mrazu
- Pod ní permafrost
- Arktické oblasti - dominantní lišejníky a jiné organizmy adaptované pomalému růstu
- často hlavní pokryv půd a zdroj potravy pro zvířata
- Antarktické oblasti – ještě extrémnější – chlad a sucho
- Mnohé organismy jsou endolitické – rostou v horninách – zde částečně chráněny
- Často se zde nacházejí kvasinky (vysoká koncentrace lipidů) a bakterie tvořící endospory



- Bakterie s endosporami i v horkých pouštních oblastech
- Termofilní bakterie a hypertermofilní archea rostou v **horkých habitatech**
- (vulkanická aktivita) – hlubokomořské vývěry, termální prameny
- Teploty často nad 100oC
- *Pyrodictium brockii*, *Pyrococcus furiosus* – optimální teplota 105-110oC
- Různorodé populace archeí v termálních pramenech (Yellowstone 74-93oC)
- *Sulfolobus*, *Acidianus* – používají anorganické sloučeniny síry k chemolitotrofnímu metabolismu
- *Bakterie Thermus aquaticus* – extrémní termofil (50-80oC) - v nádržích horkých pramenů
- Termofilové v chladnějších vodách – nad 40oC
- *Bacillus stearothermophilus* – v horkých pramenech 55-70oC
- Ale i termofilní sinice a řasy v těchto prostředích



- Mnohé sirné horké prameny mají i **nízké pH**
- Některé archee – *Sulfolobus acidocaldarius* – pH pod 2,0
- Druhy *Picrophilus* rostou v suchých extrémně kyselých prostředích (pH pod 0,5) půdy v Japonsku zahříváné solfatarickými plyny nad 55oC
- Acidofilní bakterie – *Thiobacillus thiooxidans* – chladnější ale kyselé habitaty pH pod 2,0
- Alkalická jezera – pH nad 9,0 (někdy i vysoká koncentrace soli)
- Alkalické půdy (NaCO₃) – pH 9-11
- Archea: *Natronobacterium*, *Natronococcus* – pH 10 a výš
- Nealkalické archea – *Halobacterium*, *Halococcus*, *Haloarcula*, *Haloferax* – slaná jezera a půdy s neutrální reakcí – vyžadují ale nejméně 1,5M NaCl
- **Habitaty bez kyslíku, s nízkou koncentrací živin, vysokou koncentrací těžkých kovů nebo intenzivní radiací** – zde podmínky značně limitující – ale i zde přežívají některé mikrobiální populace



DĚKUJI ZA POZORNOST

