

# EKOLOGIE MIKROORGANISMŮ

1.

Iva Buriánková

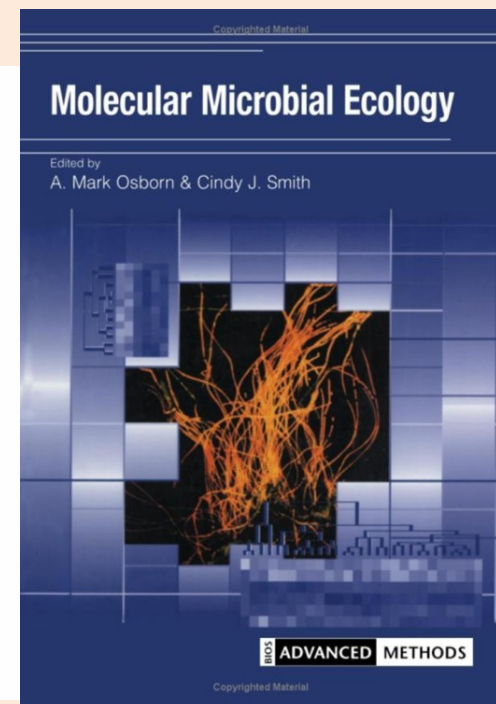
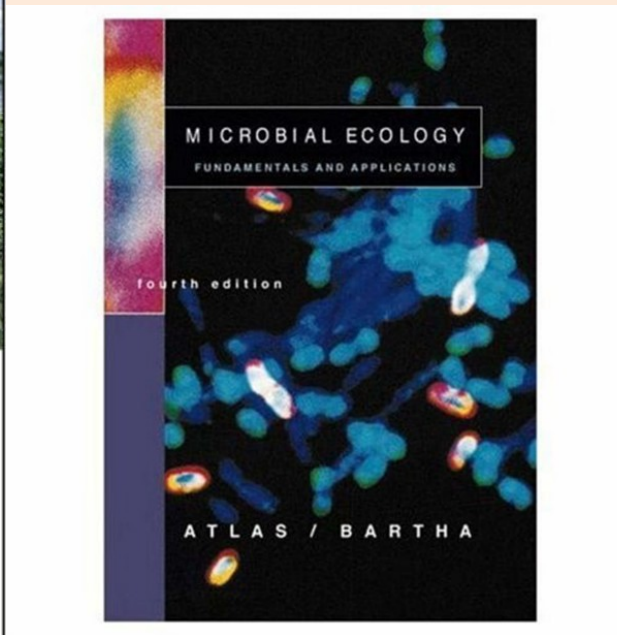
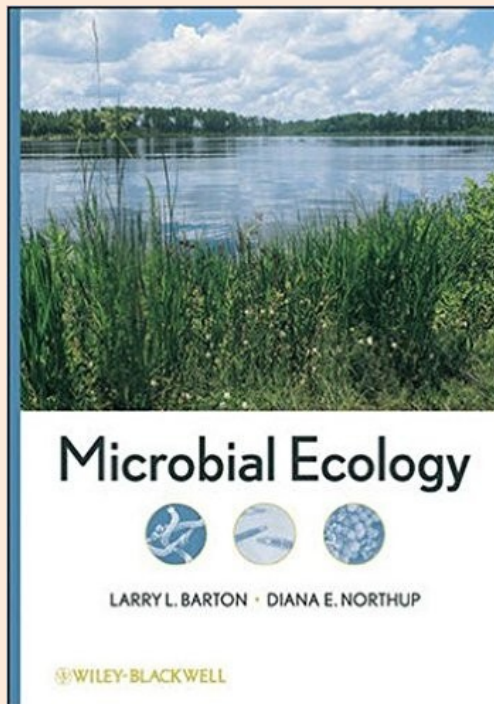
# Struktura přednášek

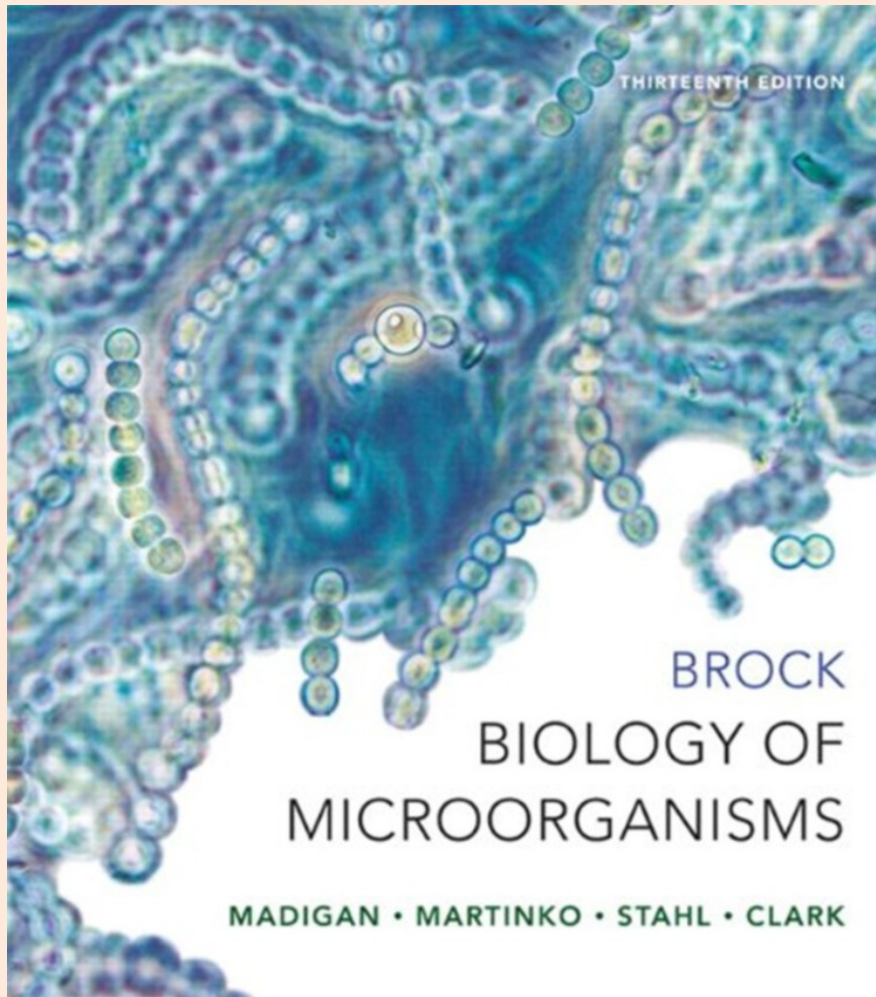
- Vznik života, vývoj prvních mikroorganismů, historie mikrobiální ekologie
- Charakteristika mikrobiálního života – metabolismus, růst, reprodukce
- Diverzita mikroorganismů – bakterie, archaea, protista (eukarya), houby, řasy, viry
- Mikrobi a ekosystémy (vody, půda, vzduch), populační ekologie
- Interakce mezi mikrobi - neutralismus, komenzálismus, kompetice, parazitismus...
- Interakce mezi mikrobi a rostlinami/živočichy
- Mikrobiální komunity – kolonizace. Potravní sítě, produktivita, koloběh energie
- Vliv mikrobů na biogeochemické cykly
- Dekompozice org.látek – čistírny odpadních vod, bioplynové stanice, bioremediace (přeměna rizikové látky na netoxické )
- Metody studia mikroorganismů (vzorkování, kultivace, mikroskopie, molekulární přístupy – metagenomika, proteomika, stabilní izotopy...)

Zakončení –ústní ZK / ppt – text?

# Doporučená literatura

Němec (1986): Ekologie mikroorganismů  
Atlas-Bartha: Microbial Ecology: Fundamentals and applications (1981 – 1st ed.; 1998 - 4th ed.)  
Barton-Northup: Microbial Ecology (2011)  
Osborn-Smith: Molecular Microbial Ecology  
D. Sylvia et al: Principles and Applications of Soil Mikrobiology





13th ed. 2010

Price: \$204.47

Rent Price: \$41.15 - \$41.16

21 New from \$50.00

80 Used from \$26.77

1st edition 1970

Thomas D. Brock (1926)

He graduated with a degree  
in botany in 1949

antibiotics research

Yellowstone National Park  
(1967 - discovery  
of hyperthermofils)

Brock isolated and named  
the bacterium

*Thermus aquaticus*

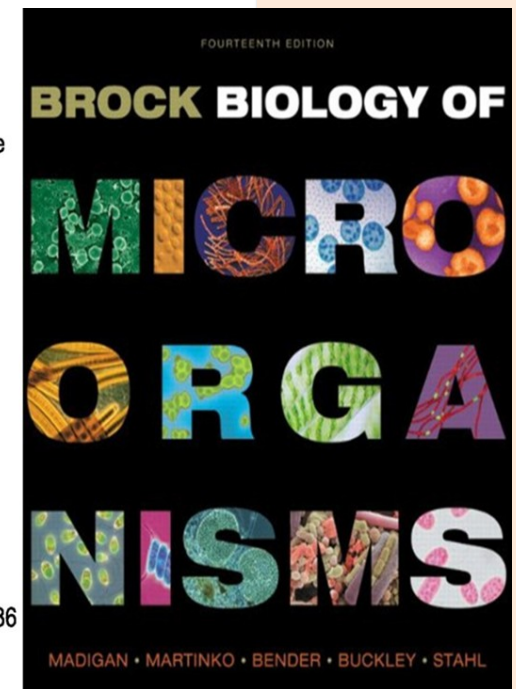
**14th Edition 2014**

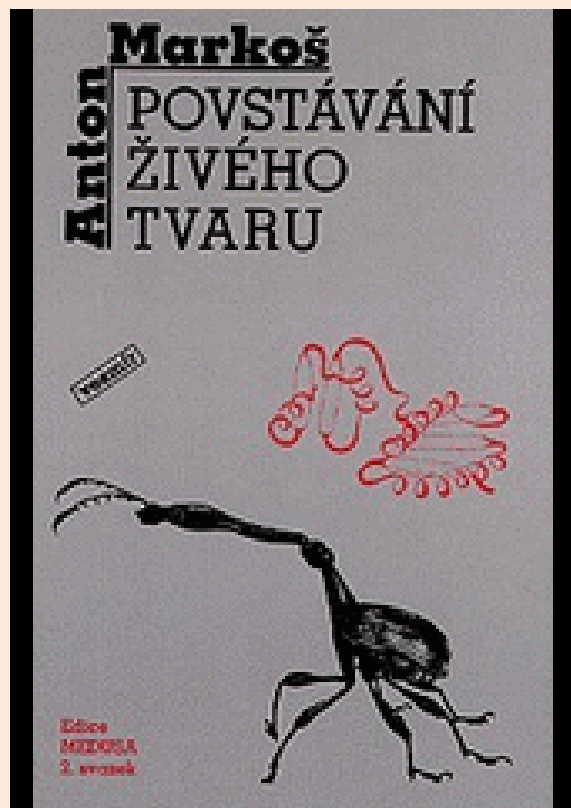
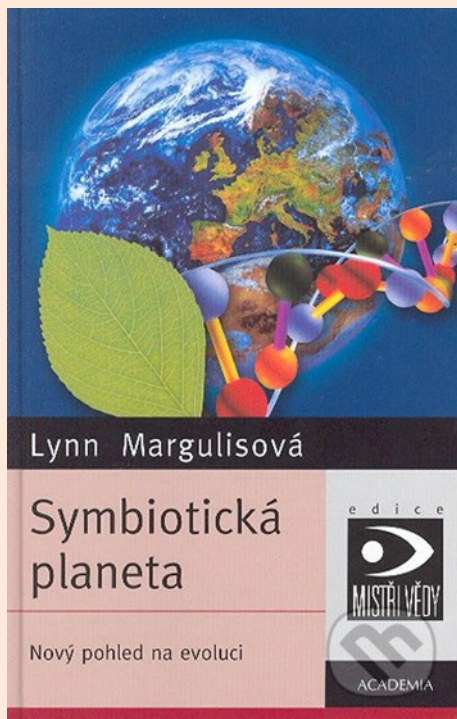
Price: \$183.88

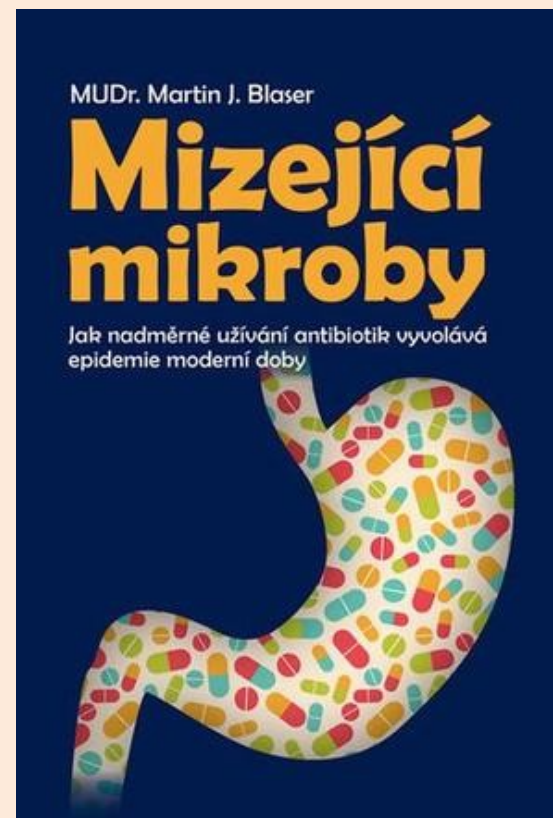
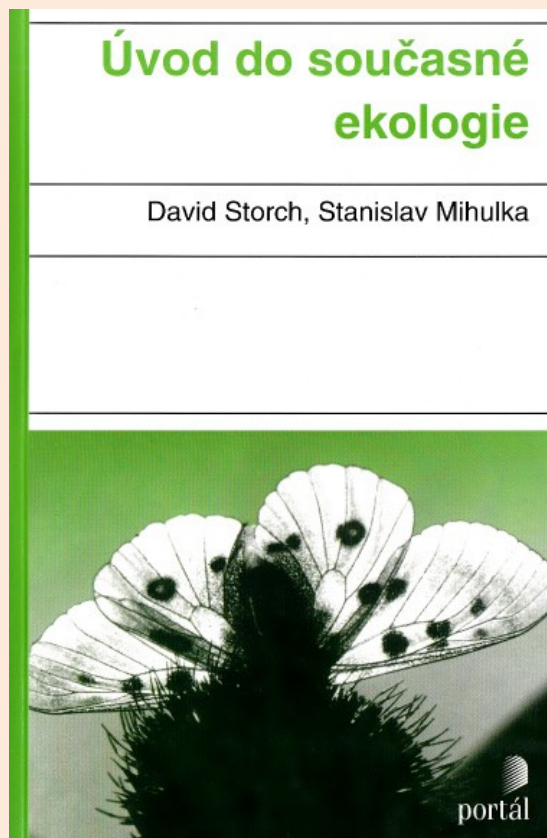
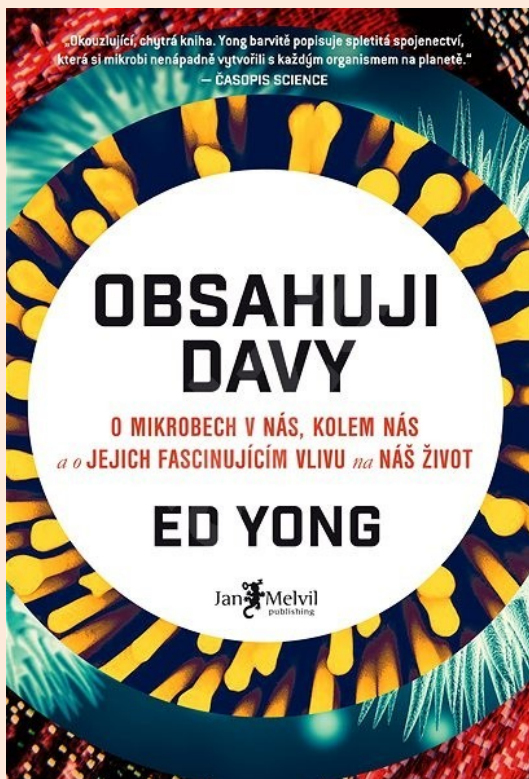
Rent - Price: \$46.84 - \$46.86

38 New from \$165.99

49 Used from \$115.15







[http://www.cts.cuni.cz/~storch/publications/Storch\\_&\\_Mihulka\\_1997.pdf](http://www.cts.cuni.cz/~storch/publications/Storch_&_Mihulka_1997.pdf)

Since 1974...

# Microbial Ecology

Volume 57 Number 1  
January 2009



 Springer

57(1) 1-214 • 248 ISSN 0095-3628

# Microbial Ecology

Volume 60 Number 1  
July 2010



Special Section on Microbial Ecology of Heritage Materials  
Section Editors: Ralph Mitchell & Chris McNamee

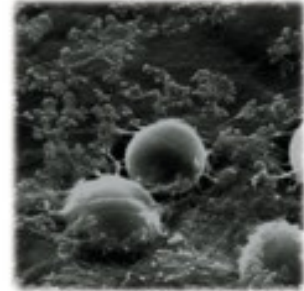
 Springer

60(1) 1-264 • 248 ISSN 0095-3628

Online First  
Further publication

# Microbial Ecology

Volume 58 Number 4  
November 2008



 Springer

1000-0781(200811)58:4:1-0



# Microbial Ecology

Volume 72 Number 4  
November 2010

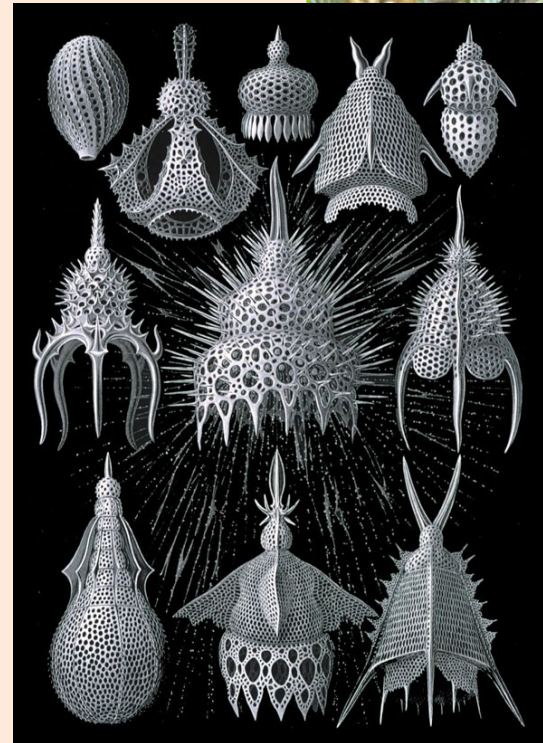
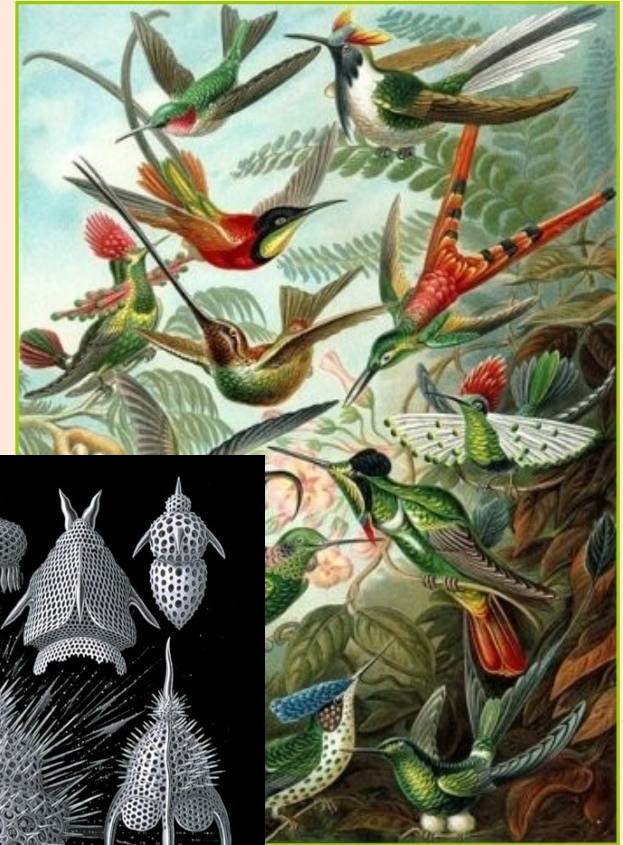
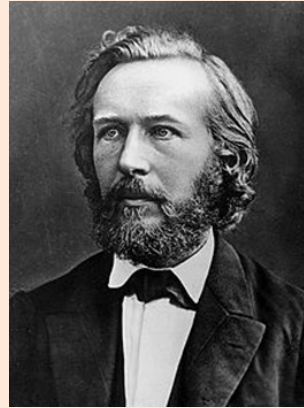


 Springer

1000-0781(201011)72:4:1-0

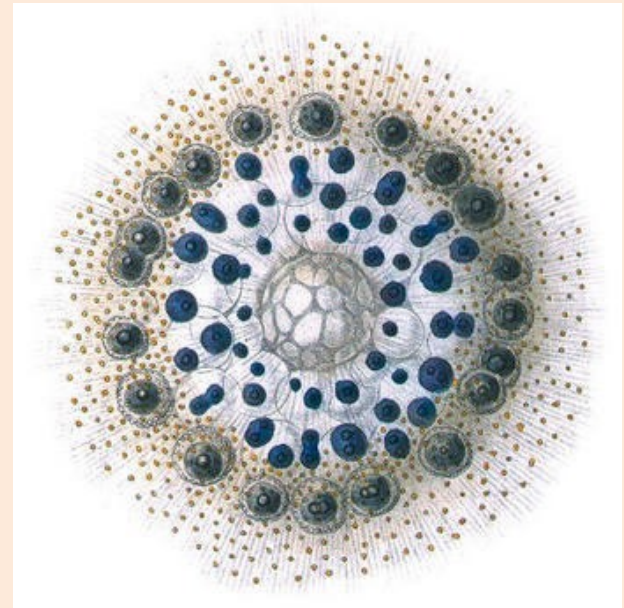
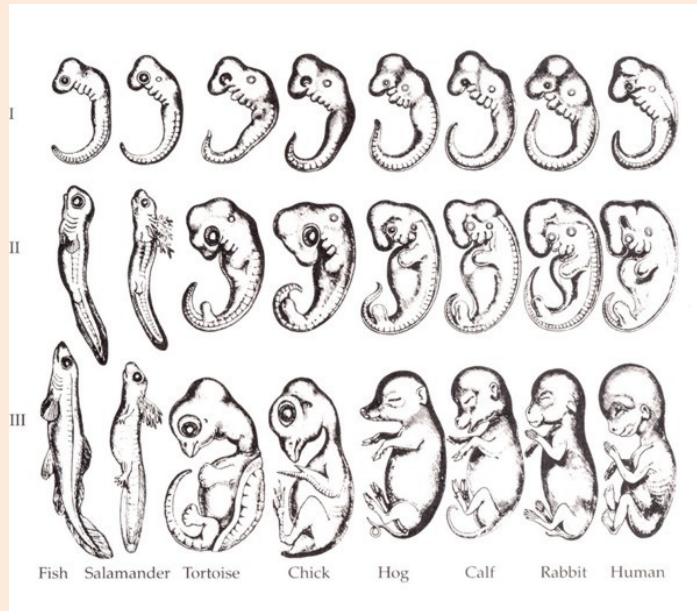
# Ekologie

- 1869 – Ernst Haeckel: „Vzájemné působení mezi organismy a jejich prostředím (řecky „oikos“=domov), organismy ve „svém“ prostředí
- 1972 – J. R. Krebs: „Vědecké studium interakcí, které ovlivňují výskyt a hojnost organismů v prostoru a v čase“. (interakce-popisují právě vztah mezi org. a prostředím)
- Dnes je kladen důraz na **evoluci!**  
Studium vzniku adaptivních mechanismů





Haeckel - biogenetický zákon - ontogeneze je zkráceným opakováním fylogeneze



J. R. Krebs: „Vědecké studium interakcí, které ovlivňují výskyt a hojnost organismů v prostoru a v čase“. (interakce-popisují právě vztah mezi org. a prostředím).“

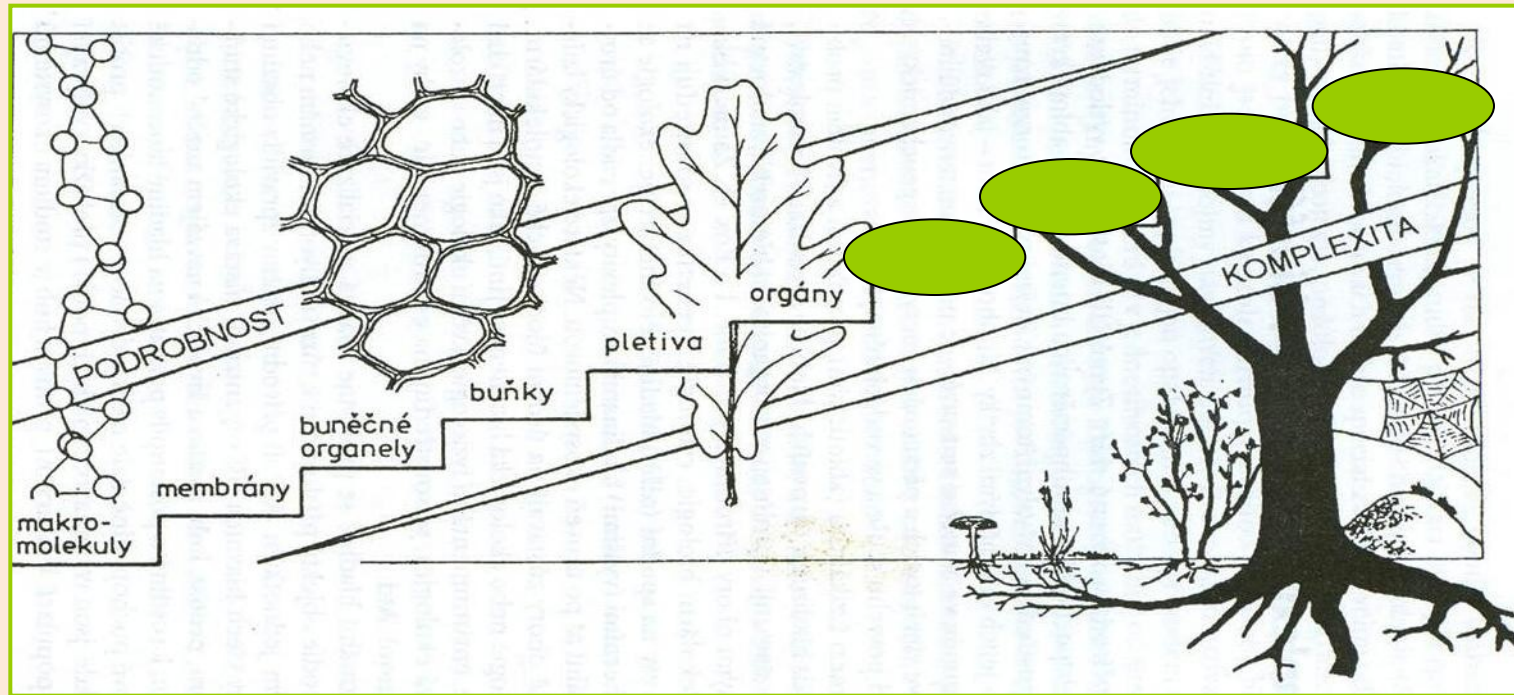
Co je tedy to „prostředí“ z definice?

Souhrn všech faktorů, zdrojů a jevů vně organismu, které na tento organismus působí a nějak ho ovlivňují

- Podmínky prostředí – „nevyčerpatelné“
- Zdroje – „vyčerpatelné“
- „Enemies“ – predátoři aj.



## A co předmět studia ekologie - „organismus“?



- A. molekulární (DNA): biochemie, molekulární biologie
- B. buněčná (jádro, organely, apod.): cytologie, genetika
- C. orgánová (pletiva, orgány): anatomie, morfologie, fyziologie, ekofyziologie
- D. organismální (individua, formy): vývojová biologie, systematika, **autekologie**
- E. populační (populace, kohorty): genetika, **populační ekologie**
- F. biocenotická (společenstva): **ekologie společenstev**, biocenologie
- G. ekosystémová (ekosystémy, biomy): **ekologie ekosystémů**
- H. geosystémová (krajina, biosféra): **krajinná ekologie (?)**, biogeografie

## Záběr ekologie jako celku je poměrně široký...

...každé odvětví, disciplína ekologie, pracuje v odlišných měřítcích, škálách, řeší trochu jiné problémy, ale vždy prostřednictvím dvou hlavních přístupů: **proximálního (JAK?)** a **ultimativního (PROČ?)**



- **Ekofyziologie** – ekologie jedince (druhu), studuje mechanismy adaptace na faktory prostředí. Proč kachna nepřimrzne nohama k ledu, nebo se nepodchladí? Jak snáší endotermové teploty hluboko pod bodem mrazu? Proč velbloud vydrží tak dlouho bez vody atd.

- **Populační ekologie**: jak kolísá počet jedinců v populaci pod vlivem prostředí, co všechno je ovlivňuje? (lumík norský, sarančata..)

- **Ekologie společenstev**: kolik druhů tvoří společenstva, proč právě tolik, hot-spots biodiverzity ve světě, energomateriálové toky ekosystémem...

## Ekologii ve všech jejích dílčích oborech sjednocuje několik zásad, společných rysů, paradigmat..

1. Slovo „ekologický“ lze chápat správně pouze ve vztahu k evoluci, interakcím mezi organismy a prostředím! (jinými organismy, abiotickými faktory atd.)



„ekologický papír“

„ekologické auto“

„neekologické chování“

= **Nesmysl!**

Btw.: Pokud dojde k určitému typu průmyslové havárie, např. k vypuštění toxických chemikálií do vody, jedná se o vznik jisté interakce mezi působící podmínkou prostředí (buť antropogenně podmíněnou) a ekosystémem řeky, přičemž se po čase ustaví nová dynamická rovnováha...jedná se tedy o ekologický proces, změny v biocenózách!

2. „Pro dobro druhu“ se v přírodě nehraje - žádný organismus není evolučně selektován aby konal k prospěchu druhu (byť vlastního). Přírodní sekce favorizuje jedince nesoucí geny s cílem být maximálně **reprodukčně úspěšný (= fitness)** a to i tehdy pokud by mělo dojít k úhynu daného jedince.

**Jednotkou přírodního výběru není jedinec**, jak je v současnosti převládajícím zvykem, natož pak skupina či druh, **ale gen**, základní jednotka dědičnosti (viz „Sobecký gen“, R. Dawkins)

Pokud hovoříme o **altruismu**, jedná se zpravidla o **nepravý (příbuzenský) altruismus!**

(viz sociální hmyz, zejména blanokřídílí – kastovní systém, rozmnožování omezeno na pár jedinců – královny, ostatní se pomáhají starat o potomstvo.

**Proč?**

Potomstvo je blízce příbuzné, péčí o něj dělnice propaguje své vlastní geny.



### 3. Ústřední roli hrají geny a prostředí - výskyt druhů je dán jak **podmínkami prostředí** tak jejich **genetickou výbavou (genotyp)**.

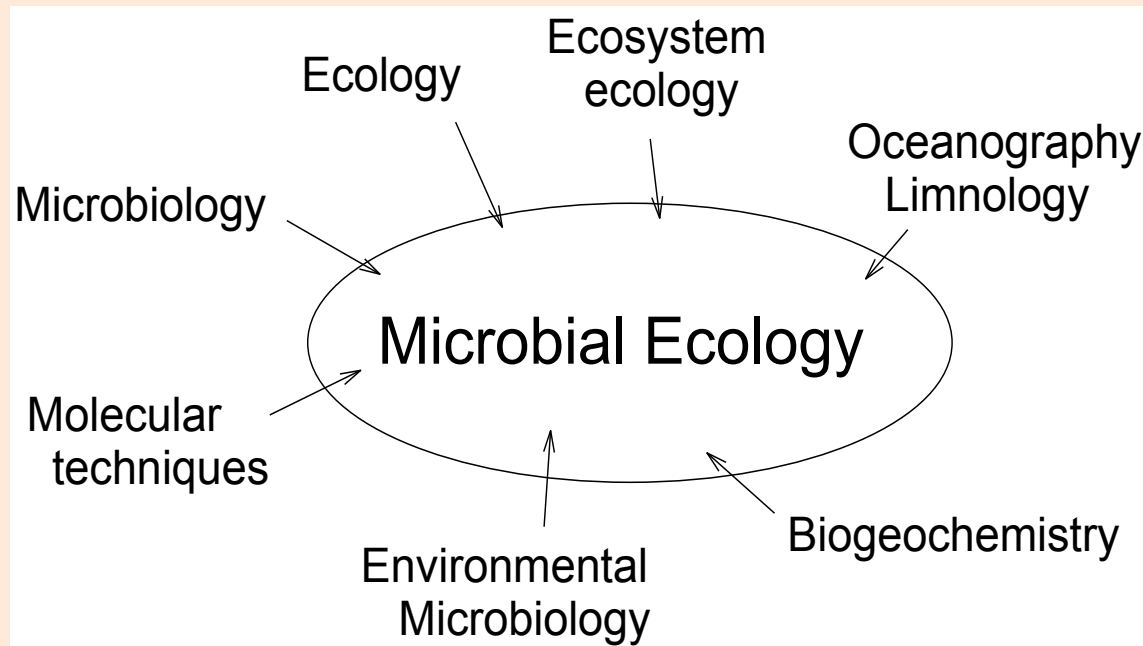
Podmínky prostředí i genotyp ovlivňují základní charakteristiky jako natalitu, rychlost růstu, mortalitu apod. Interakcí genů a podmínek prostředí vzniká **fenotyp** (to co u organismů pozorujeme). K pochopení ekologie adaptací organismů tedy musíme znát jak povahu jejich genetické výbavy, tak podmínek prostředí a jejich souvztažnost (někdy je limitní prostředí, jindy geny).



Prostřednictvím různé reprodukční úspěšnosti **genů** dochází k vzniku adaptací na celou škálu typů **prostředí**.

# ME – úhly pohledu

- Autekologie – ekologie organismů a „druhů“.
- Procesy v systému – „black box“: transformace látek vč. „nežádoucích“, koloběh, regulace, bilance, produkce...
- Dnes je (už) možná kombinace.
- Hygienické aspekty





# Mikroorganismy - definice

- bakterie
- archea

.....

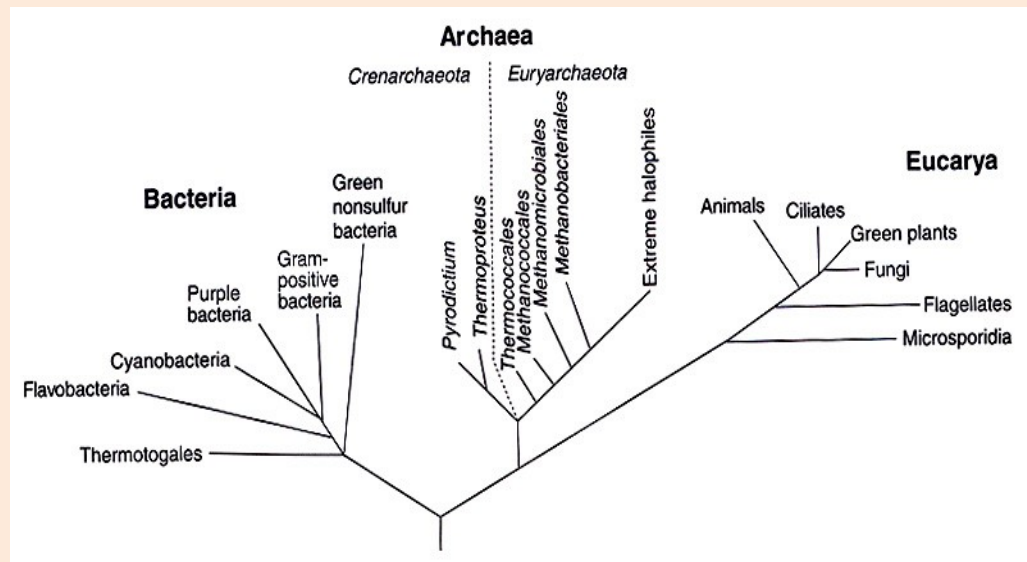
- houby
- řasy
- prvoci
- viry

Mikroorganismus je jednobuněčný, pouze mikroskopicky pozorovatelný organismus. Často tvoří různé kolonie, shluky, případně i symbiotická společenstva s jinými organismy. Řadí se mezi převážně prokaryota (bakterie, archea, ale patří k nim také např. plísně, kvasinky, některé řasy a prvoci). Díky široké rozmanitosti metabolických drah, rychlosti rozmnožování a schopnosti dlouho přežít nepříznivé podmínky se mikroorganismy vyskytují téměř všude.

- 3 hlavní domény života :

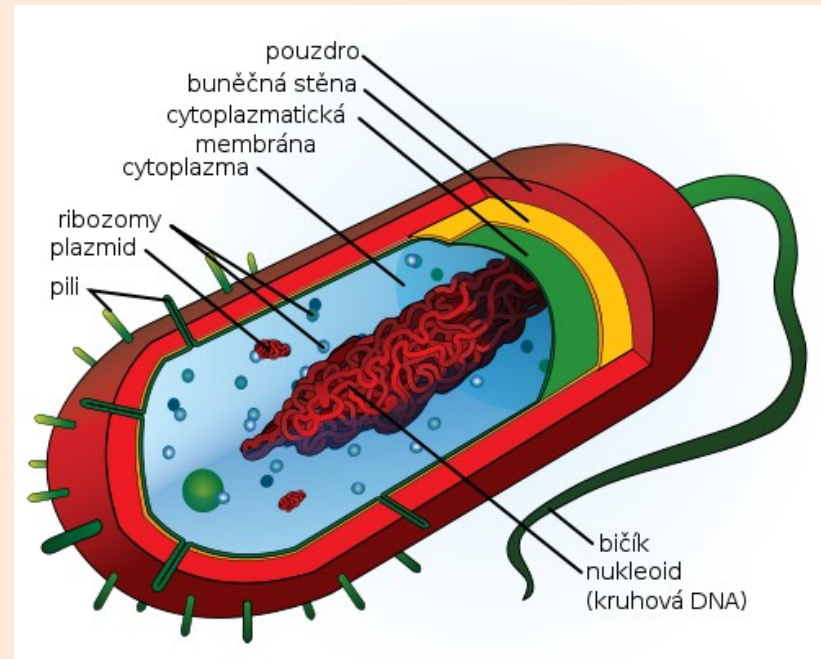
- Procaryota – Bacteria  
- Archea

- Eucaryota - Eucarya



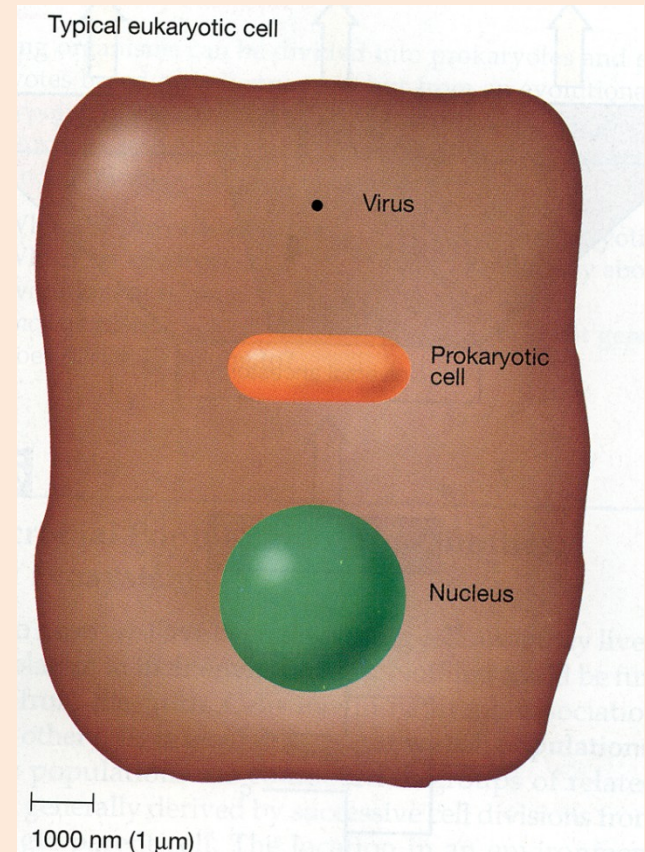
# Charakteristické rysy Prokaryot

- Jaderný ekvivalent 10-20% objemu buňky, haploidní – jedna cyklická molekula DNA
- Absence organel
- Ribozómy: 2 jednotky RNA (30S + 50S, suma 70S)
- Složení buňky (sušina): 3% jádro, 40% ribozómy; nebo: 1/3 proteiny, 2/3 RNA
- Plasmidy
- Stěna – peptidoglykan
- Plynové „vakuoly“
- Jiné - „bičíky“ atd...
- Netvoří tkáně, ale konsorcia...

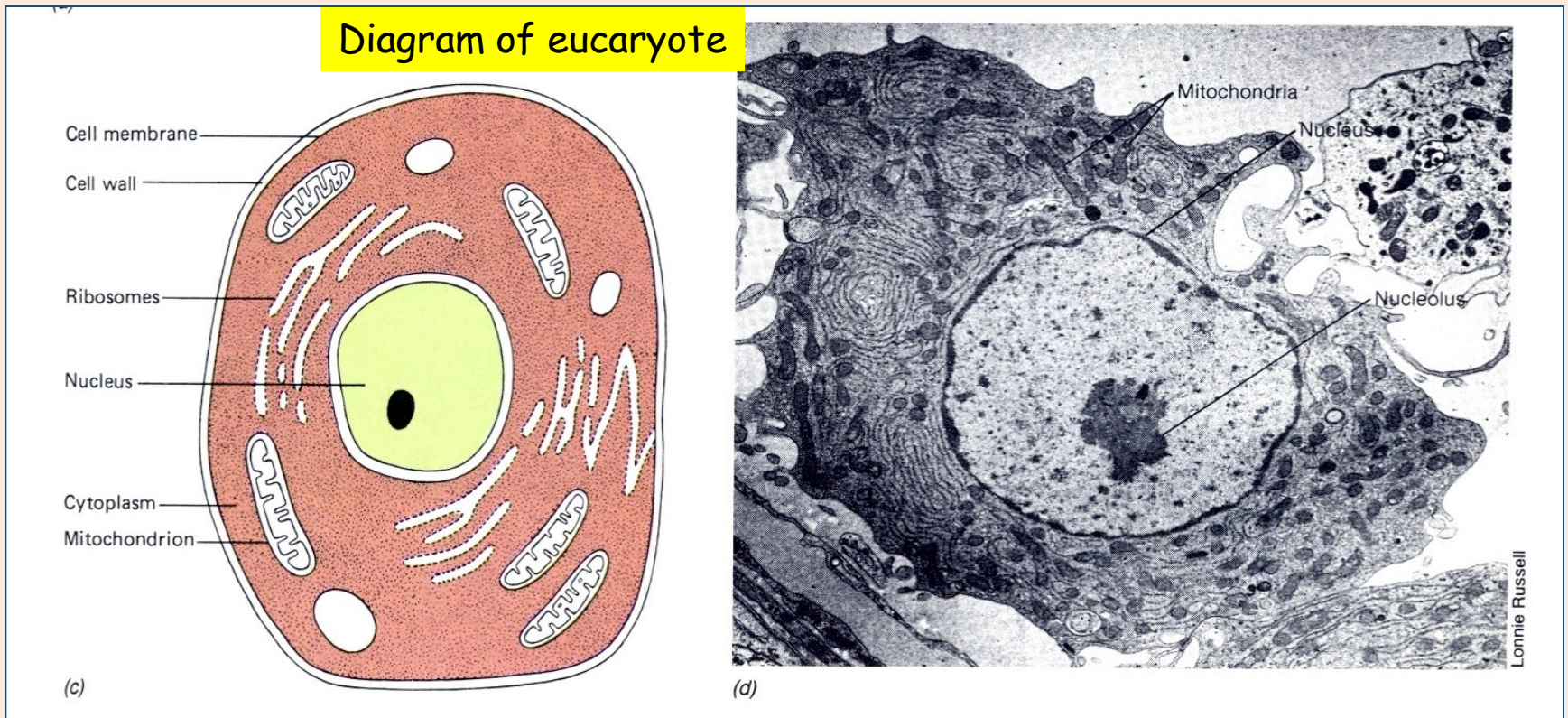
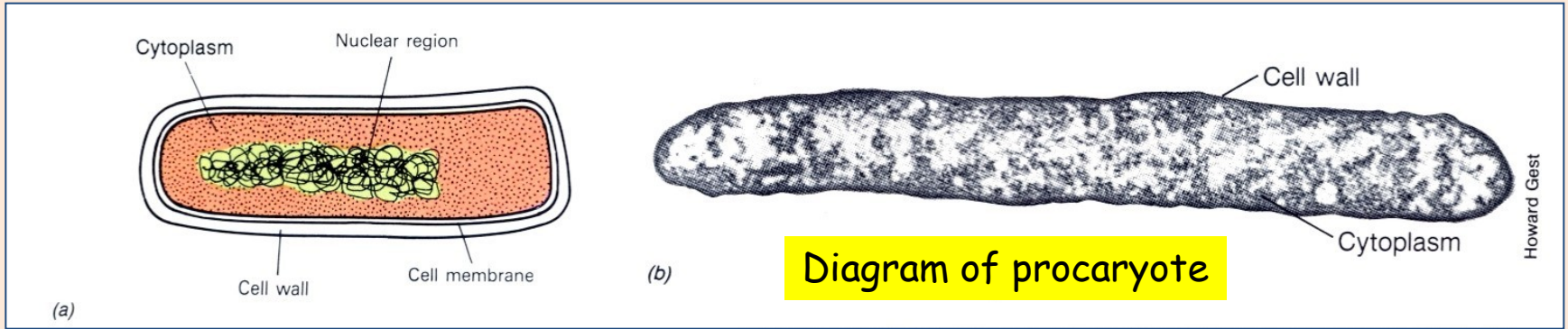


## Charakteristické rysy Prokaryot (funkční):

- Často anaerobióza, fixace N
- Absence fagocytózy
- Absence sterolů v membránách (vzácně Cyanobakterie a Mykoplasmy)
- Fotosyntéza (fotolýza  $H_2O$ ):  
*oxygenní Cyanobaktérie*  
anoxygenní – ostatní (občas)
- Chemolitotrofie
- Neschopnost tvořit tkáně, ale organizace v konsorciích různých metabolických typů

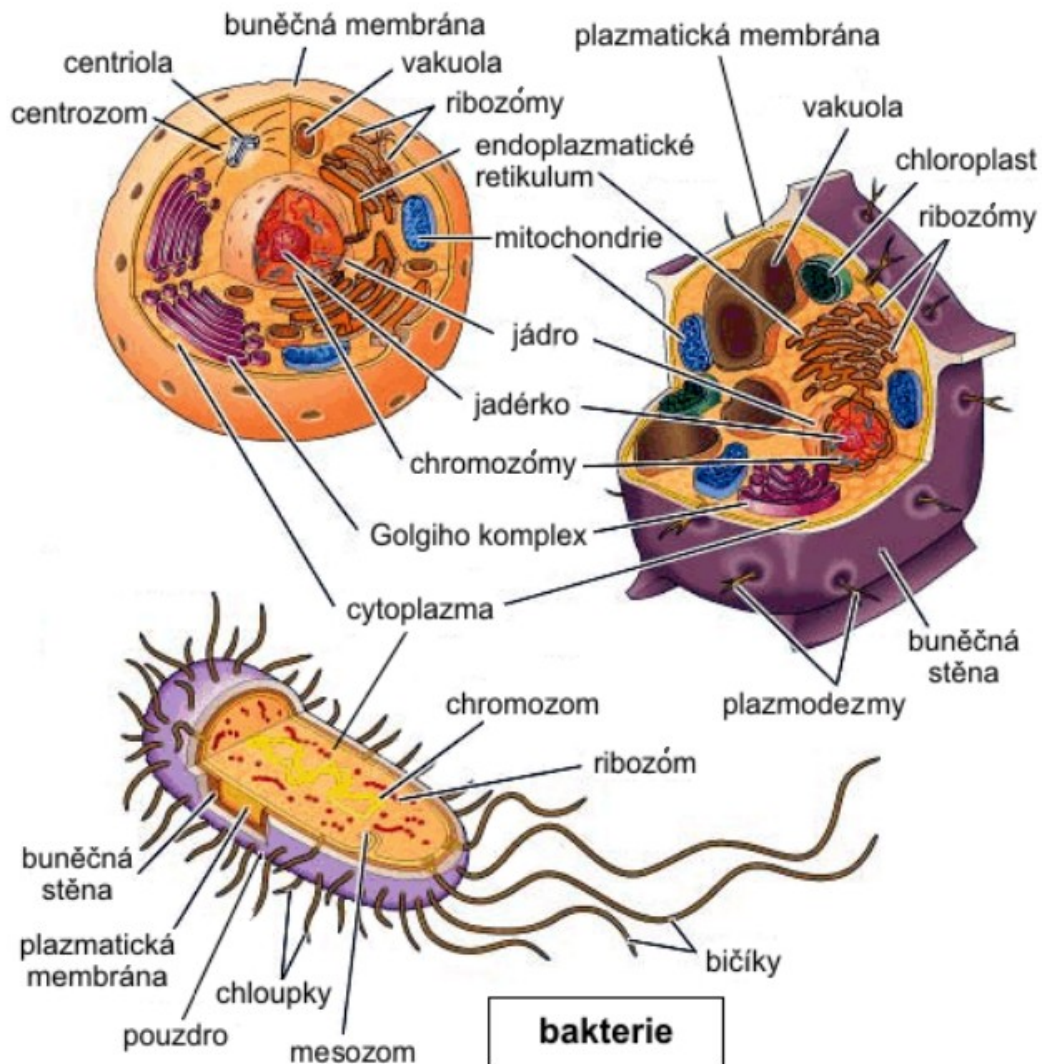


# Prokaryotická vs. Eukaryotická buňka



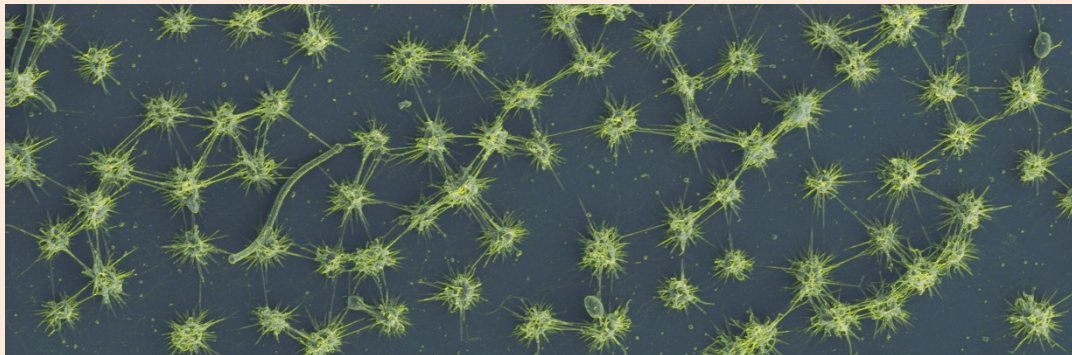
### živočišná buňka

### rostlinná buňka



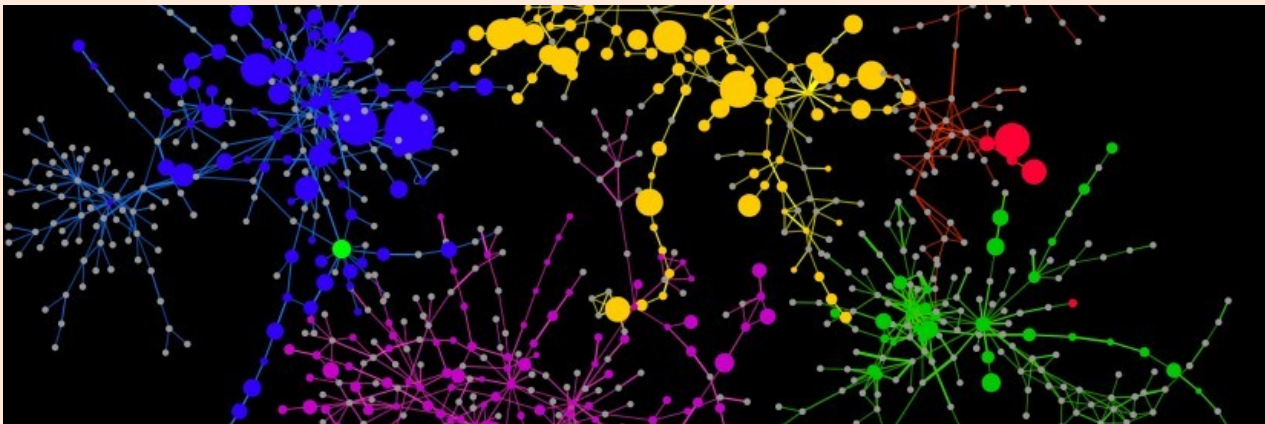
# Mikrobiální ekologie

- Inter(multi)disciplinární obor, vztahy, původ a evoluce života
- Klasifikace prokaryot (biochemie, fyziologie, morfologie)
- Bacteria vs. Archaea – komplikovaná klasifikace, nejasná definice prokaryot
- Těží z klasické mikrobiologie založené na přímé identifikaci
- Exponenciální nárůst dat díky molekulární biologii
- Z toho vyplývající změny „stromu života“



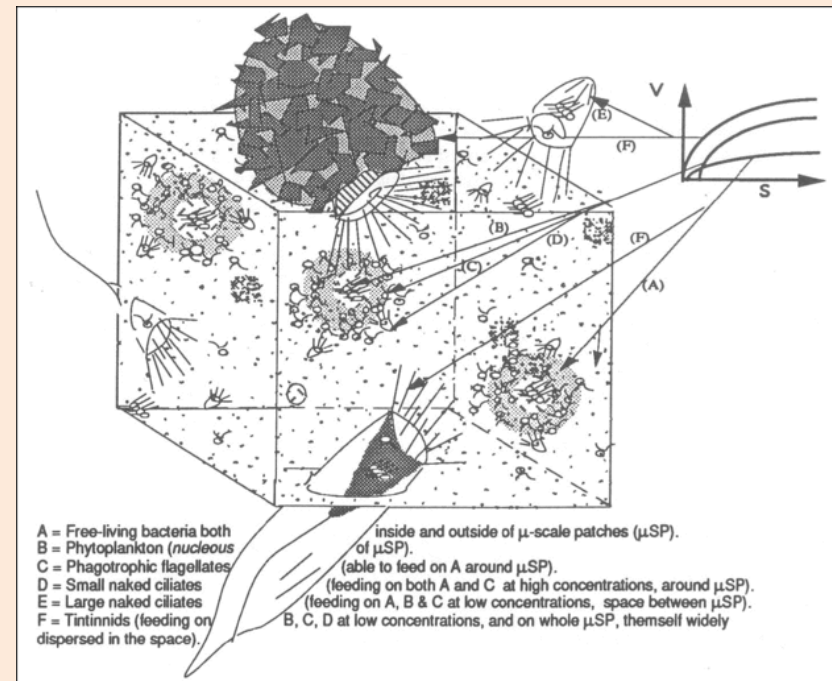
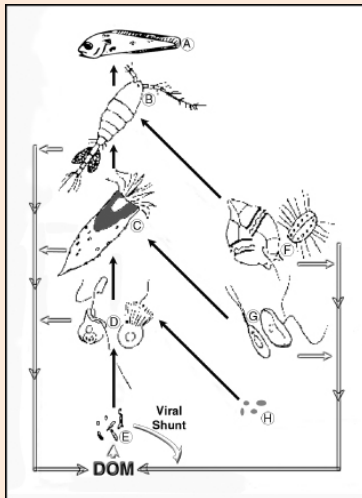
# Mikrobiální ekologie

- od jednotlivé buňky po studium ekosystémů
- různé typy mikroorganismů
- různé přístupy a metody
- vychází ze studií různých přírodních oborů
- v současnosti kladen důraz na pochopení struktury mikrobiální komunity v prostředí
- klíč k pochopení je identifikace – kultivace vs. molekulární přístupy
- studium enzymatické aktivity i adaptace mikroorganismů na prostředí přispívají k poznání fyziologie i ekologie mikroorganismů



# Hlavní otázky v mikrobiální ekologii

- Které mikroorganismy jsou přítomné?
- Jaká je role jednotlivých „druhů“?
- Jaké interakce se vyskytují v mikrobiálním prostředí?
- Jak mění mikroorganismy své prostředí?





# Kořeny mikrobiální ekologie

- hluboko v historii lidstva, před poznáním vlastních bakterií lidé hledali způsob, jak uchovat potraviny
- častá fermentace mléka, zeleniny, ovoce
- fermentace šťáv
- nakládání ovoce a zeleniny



## Pickles

1 kg zeleniny (500 g bílého či červeného hlávkového zelí, 300 g mrkve a 200 g cibule)  
2 polévkové lžičce mořské soli  
lžička drceného či mletého kmínu  
vhodná kvasná nádoba ze skla či keramiky

Nakrouhat, smíchat, zatížit, kvasit 2-6 dní v pokojové teplotě 😊

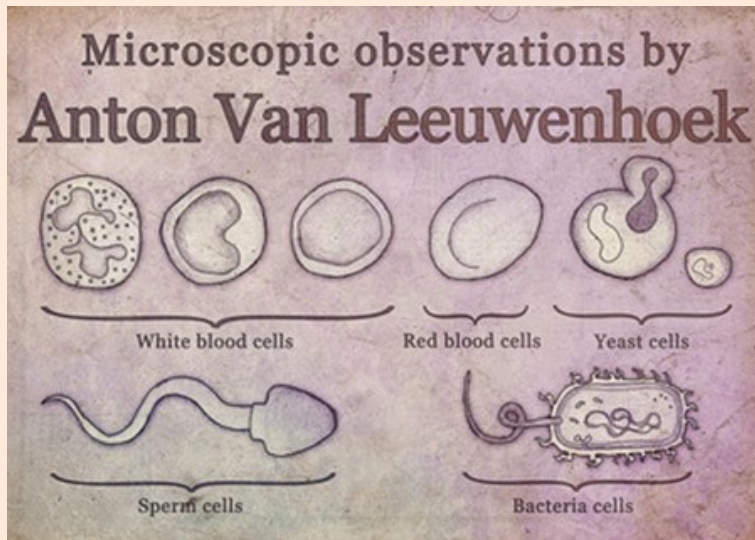


- svrchních 2,5 cm půdy – více mikrobů než eukaryot nad zemí
- odhad  $5 \times 10^{30}$  prokaryot – více než polovina živé protoplasmy na Zemi
- počet bakterií v lidském těle je o řád vyšší než počet buněk, které ho tvoří
- obrovský vliv prokaryot na eukaryota
- analýza mikrobiomu kůže člověka – velmi podobný a přesto unikátní pro jednotlivce
- speciální techniky pěstování rýže – nyní víme, že podporují růst dusík fixujících cyanobakterií



## Antony van Leeuwenhoek (1632-1723)

- obchodník s textilem v Delftu v Holandsku (nebyl bohatý), nezískal žádné vyšší vzdělání
- zručný, zvědavý s otevřenou myslí nezatíženou vědeckými dogmaty jeho doby
- zdokonalil metodu mikroskopování (své mikroskopy si sám vyráběl a zároveň uměl vyrobit přesné skleněné kuličky, které používal jako čočky)
- **1675 – první pozorování jednobuněčných organismů - animacules**
- **spermie ,bakterie, kvasinky**, volně žijící a parazitické **protista**, mikroskopická nematoda a rotifery
- popsal **krevní buňky** a objevil krevní vlásečnice (kapilár), svalová vlákna, krvinky
- poprvé uviděl bakterie v zubním hlenu (1683)
- Uveden do Royal Society ho uvedl Reinier de Graaf (fyzik)
- -1673 první publikace v Philosophical Transactions (Royal Society)



... po Leeuwenhoekovi málo pokroku v mikrobiální ekologii...

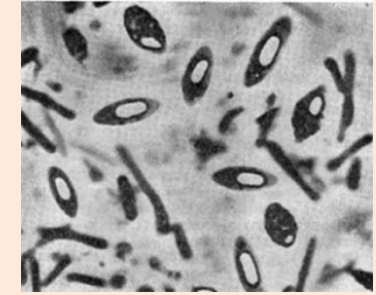
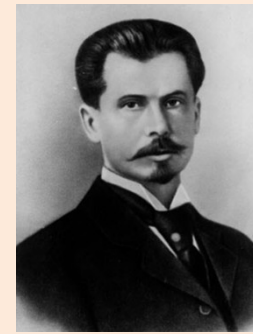
## Louis Pasteur (1822-1895)

- Pasteur objevil **mikroorganismy jako původce chorob**
- vyvinul **vakcíny**, vyvolávající infekční imunitu (obrannou schopnost organismu)
- u **cholery drůbeže** - v pokusech omylem použil oslabenou kulturu, která nezpůsobila cholera a tyto zvířata se mu ani později nepodařilo infikovat virulentní kulturou bakterií
- u **vztekliny** (vakcína připravena z vysušené míchy nakažených králíků, vyzkoušena jen na 11 psech, 1885 aplikace na dítěti po pokousání vzteklým psem, nemoc se neprojevila – riziko nákazy je cca 15%)
- antrax (*Bacillus anthracis*) u hospodářských zvířat, původce chorob bource morušového
- výroba dalších vakcín, založení prvního Pasteurova Institutu
- **1857 - důkaz že kvašení je biologický proces vázaný na živé mikroorganismy = Pasteurův efekt**  
(někteří mikrobi se mohou vyvíjet a žít bez kyslíku)
- vypracoval postup pro ochranu potravinářských tekutin proti znehodnocení dalším kvašením

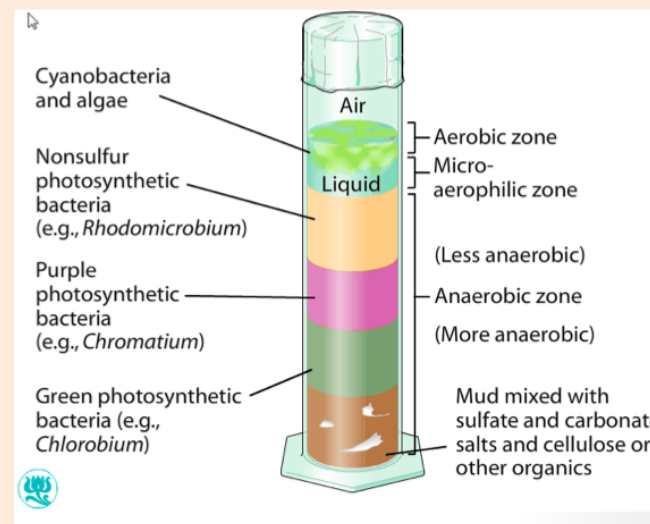


- aerace kultury kvasinek zvýší produkci biomasy, ale sníží produkci alkoholu
- spotřeba glukosy u fakultativně anaerobních buněk je podstatně vyšší za anaerobních podmínek (glykolýza – 2ATP) než za podmínek aerobních (citrátový cyklus a dýchací řetězec – 38 ATP)

## Sergei Winogradsky 1856-1953



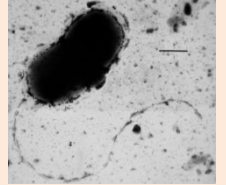
- **chemolitotrofi**, role mikroorganismů v koloběhu živin
- považován za **zakladatele půdní mikrobiologie**
- **1890 izolace nitrifikačních bakterií**
- anaerobní N-fixující bakterie *Clostridium pasteurianum*
- přispěl k studiu redukce nitrátu a symbiotické fixace dusíku
- izoloval a popsal nitrifikační bakterie včetně významu přeměny amonného kationu na nitrátový anion, který se lehce vyplaví z pudy
- mikrobiální oxidaci sirovodíku a síry, oxidaci dvojmocného železa
- započal nutriční dělení půdních mikroorganismu na **autochtonní** (využívající humus, rostoucí na půdní org. hmotě) a na **zymogenní/alochtonní** (oportunní bakterie rostoucí na listech a jiné rostl. hmotě a živočišných odpadech přicházejících do půdy)



- Chemolitotrofní organismy (1892)- získávání energie oxidací anorganických látek, zatím je známa jen u bakterií
- fotosyntetizující sinice – jediné bakterie uvolňující O<sub>2</sub> při fotosyntéze do vody (mají vrchní vrstvy – opouzdřené bakterie)

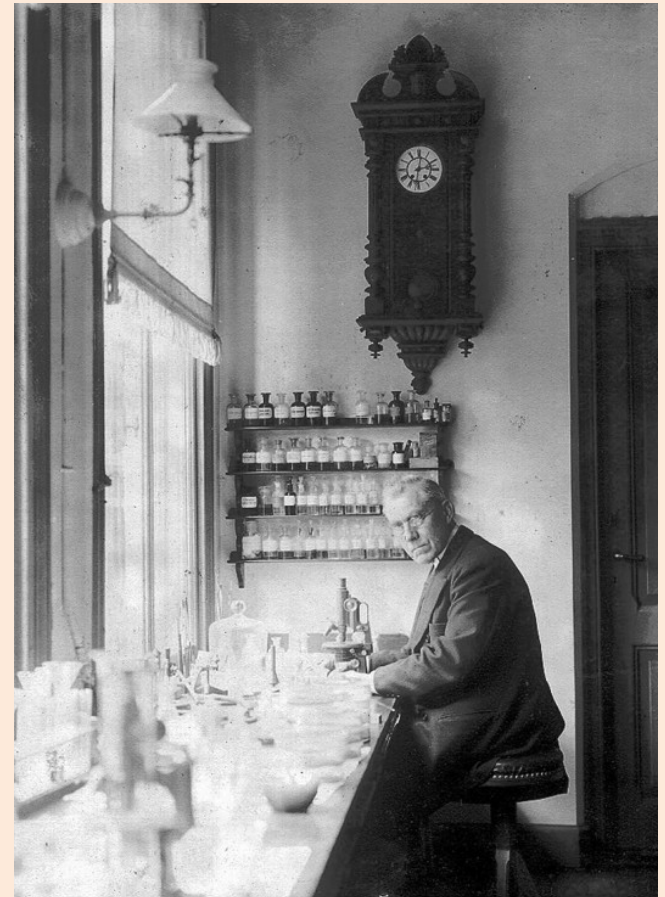
## Martinus Beijerinck (1851-1931)

- mikrobiální transformace, reakce biochemických cyklů a kritické **role mikrobů pro přeměnu prvků** v globálním měřítku
- nepříjemná osoba (botanik, lihovar, Technical University of Delft, svobodný)
- znám pro svůj asketický životní styl a jeho pohled na vědu a manželství byl značně neslučitelný
- s Winogradskym vyvinul techniku obohacovací kultury (**živné půdy**)
- izoloval bakterie symbiotické a nesymbiotické **fixace dusíku**
  - Azobacter, Rhizobium
- izoloval bakterie redukce sulfátů Desulfovibrio
- Lactobacillus
- 1898 - jako první používá **termín "virus"** při jeho experimentech s tabákovou mozaikou



1905: The way I approach microbiology ... can be concisely stated as the study of microbial ecology, i.e. of the relation between environmental conditions and the special forms of life corresponding to them. ( 50 let před zavedením mikrobiální ekologie)

„Everything is everywhere, the environment selects“ (he recognized the near ubiquity of most microbial forms and the selective influence of the environment that favors the development of certain types of microorganisms)



# Badatelé významní pro další pochopení role mikrobů v cyklických procesech

## Roger Stanier

- katabolickými procesy, sinicemi a ostatními fotosyntetizujícími bakteriemi
- vysvětlil způsob účinku streptomycinu a odhalil detaily buněčné diferenciace zvláštních bakterií *Caulobacter*, zkoumal pseudomonády
- také obhajoval dělení života na eukaryota a prokaryota

## Albert Kluyver

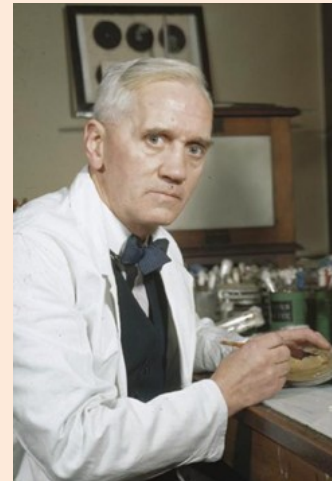
- mikrobiální fyziologie, různé oxidativní, fermentativní a chemoautotrofní mikroorganismy
- srovnávací přístup – sjednocující rysy v různorodém mikrobiálním světě

## Cornelius Bernardus van Niel

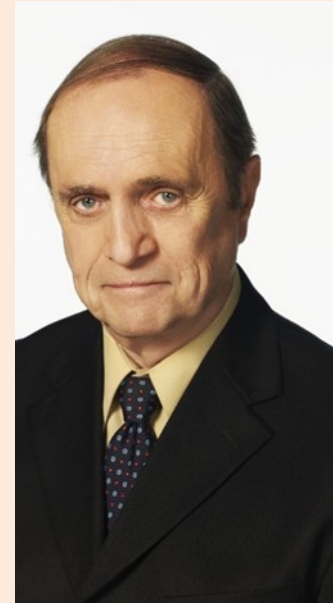
- směřoval významné vědce k vysvětlení chemie fotosyntézy
- zvláště významné práce na fototrofii
- upozornil na významnou podobnost H<sub>2</sub>S a H<sub>2</sub>O ve fotoprocesech fototrofních sírných bakterií a fotosyntetizujících rostlin
- založil tradici letních kurzů mikrobiální ekologie

## Alexander Fleming

- 1929– Penicillium x Staphylococcus – ekologie
- dodnes velký význam pozorování interakcí 2 organismů
- důležité i pro ekologii

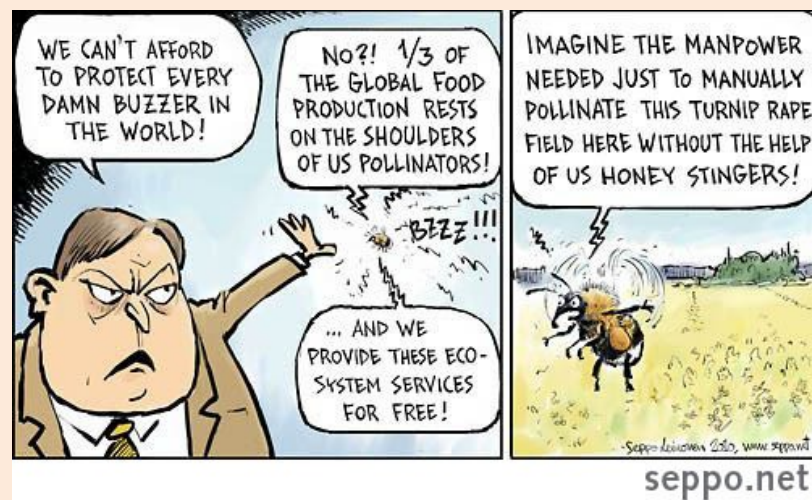


?



# Vzestup ekologie ve 20. století

- 60. léta 20. století
- důsledek 2. světové války
- obrovsky technologický a ekonomický rozvoj
- alarm - populační exploze
- zhoršování kvality životního prostředí
- vyčerpání neobnovitelných zdrojů
- téměř neomezená možnost podmanit si a využít Zemi
- zároveň neschopnost regulovat populaci a rozumně obhospodařovat omezené zdroje Země
- nutná regulace populace
- limity pro technologický a ekonomický růst
- omezení znečišťování, obnovitelné zdroje.....





DDT – bioakumulace, hormonální disruptor (rakovina prsu, snížené množství a kvalita spermií)

## Rachel Carson: Silent spring – 1962 (pesticidy, zvl. DDT)

<http://www.nrdc.org/health/pesticides/hcarson.asp>

- DDT – syntetizováno 1874
- insekticid 1939
- 2. světová válka – malárie, tyfus
- 1950-1980 – 40.000 t/rok (zemědělství, komáři, ...)
- od 40. let vyprodukováno 1,8 miliónů tun
- koncentrace v potravinovém řetězci



Nova legislativa, mezinárodní organizace.....

1972 – zákaz používání DDT v USA

Uvědomění si **kritické role** všech organismů - včetně mikrobů - pro udržení ekologické rovnováhy a přiznání **klíčové role** mikroorganismů v toku materiálů a energií přes globální ekosystémy.

### Role mikrobů:

- bezpečná a ekonomická likvidace tekutých a tuhých odpadů
- řešení nedostatku N hnojiv
- biologická kontrola škůdců
- produkce potravin, krmiv, paliv z vedlejších a odpadních produktů
- extrakce kovů z nízkoobsahových rud

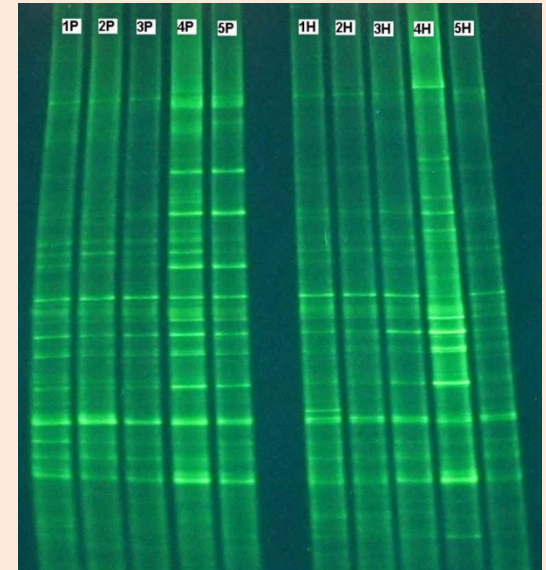


# Od 1970s....

- snaha o spojení porozumění přirozené role mikrobů v životním prostředí s jejich využitím pro udržování a zlepšování kvality životního prostředí
- bioremediace
- zemědělské praktiky (hnojení, škůdci,...)
- modifikace průmyslových procesů – redukce polutantů biodegradovatelné materiály
- 1972 International Symposium on Modern Methods in Microbial Ecology in Uppsala, Sweden

Vztah mikrobiální ekologie a ekologie (všeobecné) a environmentálních věd

- jejich oddělení plyne z rozdílných přístupů
- makroekolog pracuje venku
- mikrobiální ekolog v laboratoři



# Současná perspektiva ME

- studium vlivu prostředí na růst a rozvoj mikroorganismů
- selekce vlivem nejen fyzikálních a chemických změn prostředí
- význam biologické adaptace bakterií a archaea – optimalizace využití dostupných zdrojů živin pro vlastní růst
- prokaryota – ideální systém pro rychlou genetickou evoluci – horizontální přenos genů zajišťuje produkci potomstva s různým genotypem i fenotypem
- paradox biologie - chybějící fosilie mikroorganismů přes jejich evoluční úspěch
- význam v koloběhu prvků
- ve struktuře společenstev
- v interakcích s jinými formami života

**Mikrobi a člověk jsou dvě extrémní formy jedné živé hmoty.  
Život na této planetě se obejde bez lidí, nikoliv však bez mikrobů.**

**Adolf Branald**

Děkuji za pozornost