

# EKOLOGIE MIKROORGANISMŮ

## 8

Živočichové a mikroorganismy

# Interakce mikrobů s živočichy

- většinou prospěšné - výměna živin a udržování vhodného prostředí
- pomoc při trávení obtížných komponentů potravy (celulóza)
- intestinální mikroflóra - komensálové, produkce vitamínů, ochrana živočichů proti patogenům
- bezobratlí se živí mikroby za použití speciálních strategií k překonání disproporce mezi velikostí živočichů (predátorů) a mikrobů –  $10^5$  –  $10^7$  x menší (spásání biofilmů, filtrace)
- *Gastropoda* (šneci), *Echinodermata* (mořští ježci), *Patellidae* (přílipky) - oškrabávají a stravují mikrobiální nárostů z ponořených povrchů



- řasy korálových polypů a dalších bezobratlých - poskytují hlavní část potravy živočichů vlastní fotosyntézou
- endosymbiotické bakterie produkují světlo pro některé mořské bezobratlé a ryby
- hlubokomořské termální prameny – chemoautotrofní bakterie umožňují bezobratlým život s využitím geotermální energie bez užití fotosynteticky produkovaného organického uhlíku



## Negativní vztahy

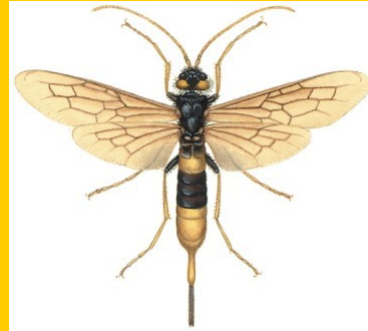
- houby mohou parazitovat na nematodách a vířnících
- mikrobi způsobují nemoci živočichů (mikrobiální toxiny, patogenní mikroorganismy)

Cordyceps - parazitní houba, která napadá nervový systém bezobratlých a její výtrusnice na nich vytvářejí neskutečné útvary



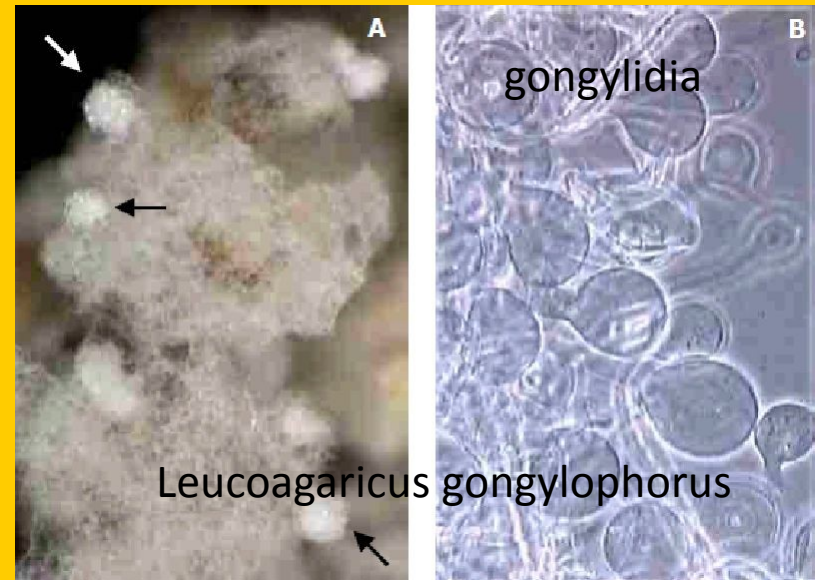
# Kultivace mikroorganismů za účelem získávání živin

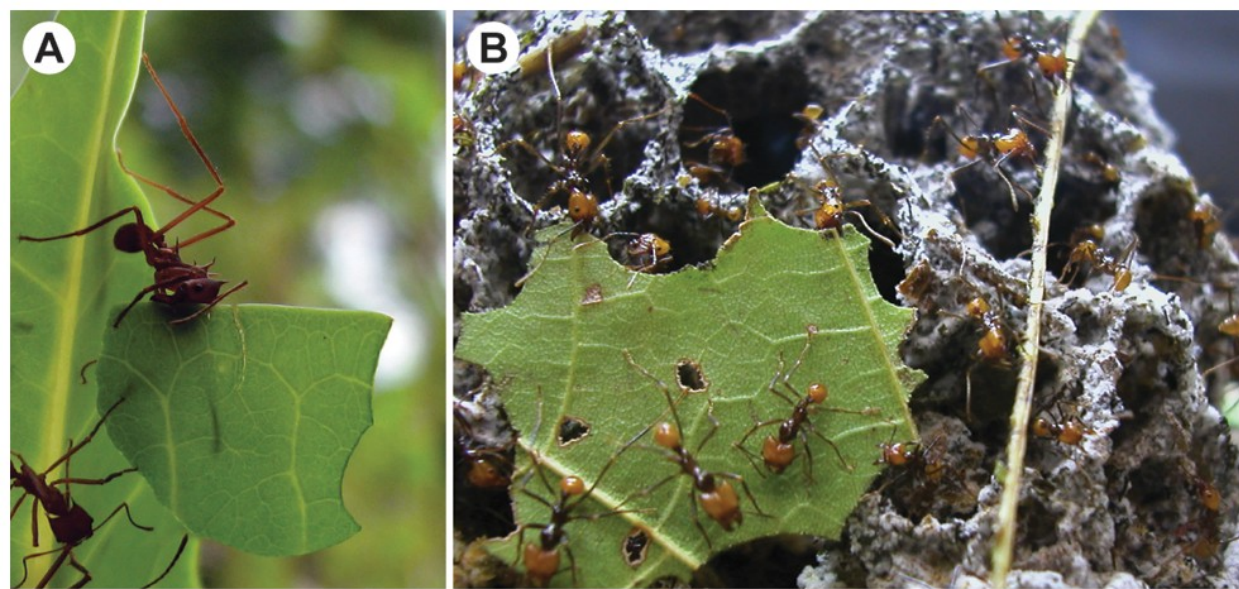
- kultivace mikroorganismů živočichy za účelem získání potravy nebo jejího zpracování
- trávení v intestinálním traktu (přežvýkavci) - nebo přímo pěstování mikrobiální biomasy a její následná konzumace
- celulóza je nejhojnější rostlinný produkt ale většina býložravců ji neumí strávit - spoléhají na enzymatické schopnosti mikrobů – degradace za produkce látek, které jsou živočichové schopni asimilovat- monomerické produkty biodegradace
- druhy býložravého hmyzu kultivují čisté kultury mikrobů na rostlinných tkáních (symbiotický vztah)
- na proteiny bohatá mikrobiální biomasa je pak použita jako hlavní zdroj potravy - mikrob je hmyzem rozšiřován a je mu poskytováno prostředí, kde se mu daří



# Mravenci Atta

- „leaf-cutting ants“ - listovní mravenci
- Thomas Belt (1874) - popsal 50 milionů let starou symbiózu určitého druhu mravenců Atta s houbou z rodiny Leptotaceae v centrální a jižní Americe
- získání houby a vytvoření symbiotického vztahu se stalo v historii víckrát (obecně řídký jev)
- kmeny pěstovaných hub byly rozmnožovány stejnými kmeny mravenců po více než 23 miliónů let
- basidiomyceta kultivovaná mravenci Atta je deficitní v proteázách a těžko může bez mravenců soutěžit s jinými houbami
- list je v mraveništi macerován, promíchán se slinami a výkaly (obsahují proteázy) a inokulován houbovým mycéliem





- houba roste a produkuje gongylidia – konzumována mravenci
- 1999 popsán třetí mikroorganismus v této symbióze, aktinobakterii rodu *Streptomyces* – ve speciálních útvarech na těle a které produkují antimykotika
- mravenci přinesou do hnízda části rostlin, na nich pak vyrostou houby a mravenci je spolu s rostlinným materiálem zkonzumují
- získají tak cellulázy, které sami neumí vytvořit a stráví tak více rostlinného materiálu

Figure 1. The leaf-cutter ant *Atta cephalotes*.

Leaf-cutter ants harvest fresh leaf material which they cut from Neotropical rainforests (a) and use them to grow a fungus that serves as the colony's primary food source (b). These ants display a morphologically diverse caste system that reflects a complex division of labor (c) correlated to specific tasks within the colony. These include small workers that undertake garden management and brood care, medium workers that forage leaves, large workers that can serve as soldiers, and winged sexuals that lose their wings after mating. [Photo Credits: foraging workers, Jarrod J. Scott/University of Wisconsin-Madison; fungus garden Austin D. Lynch/University of Wisconsin-Madison; caste morphology, used under the GNU Free Documentation License version 1.3].

- neoplodněná královna opouští hnízdo na snubní let, bere s sebou kousek houby ve speciální malé dutině v ústech
- po páření a vyhloubení nory se pečlivě stará o zahrádku i první potomstvo
- pokud houba zahyne, kolonie zhyne - mravenci ani houba sami nepřežijí
- pak převezme péči o zahradu nová generace mravenců
- kolonie mohou být považovány za vysoce užitečné, nebo zcela destruktivní
- některé rostliny si vyvinuly obranu proti mravencům, u jiných částečná defoliace podporuje jejich růst
- chodby provzdušňují půdu, zlepšují její drenáž, mravenci zanáší do půdy organickou hmotu
- dokáží „sklidit“ zemědělské plodiny – nájezd je náhlý z velké vzdálenosti a pole sklizené přes noc (zem. plodiny nemají ochranu – chemikálie, tuhá kutikula)



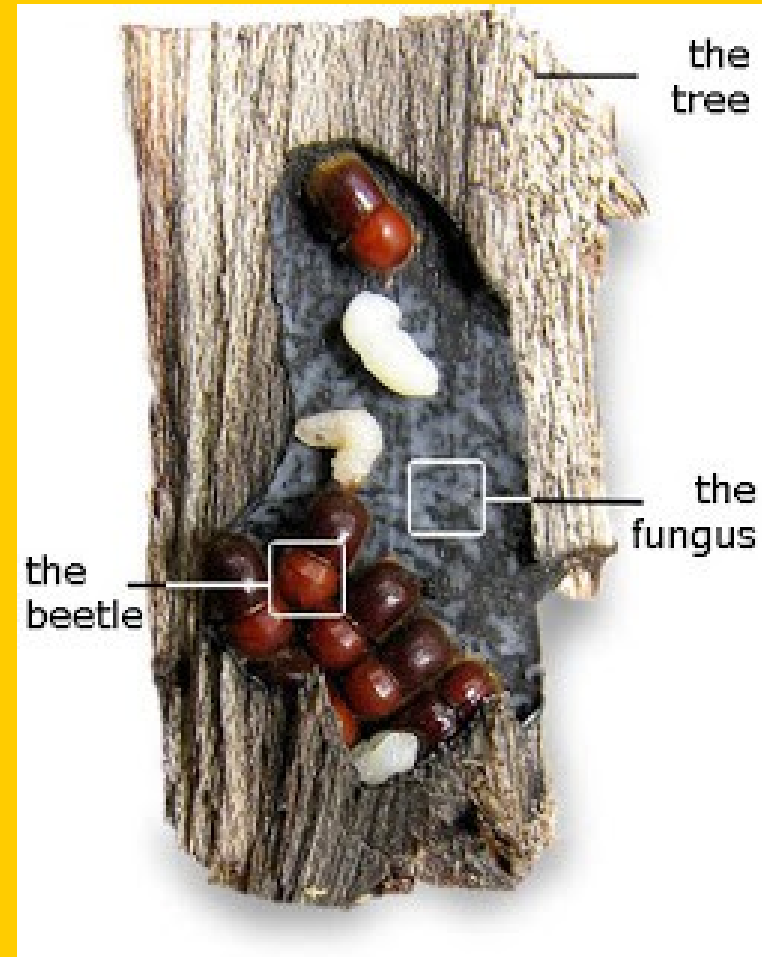


## Ambróziové

- symbiotické houby a kůrovci kteří hloubí chodby do dřeva
- tzv. ambróziovní kůrovci (asi 3400 druhů), "zahrádkáři,,
- houby jsou jejich jediným zdrojem potravy pro larvy, ale i vylíhnutí dospělí brouci
- ve svých chodbách sejí houby
- svou zahrádku čistí, větrají a přenášejí podhoubí do dalších chodeb
- někteří kůrovci nevytvářejí chodby – žijí ve starých chodbách jiných druhů kůrovců
- preferují vyšší vlhkost - nejčastější v tropech (široká škála hostitelů)

významní i v mírném pásmu:

- **dřevokaz čárkovaný** (*Trypodendron lineatum*) – v Evropě vyšší škody pro dřevozpracující průmysl než lýkožrout



## Kůrovci

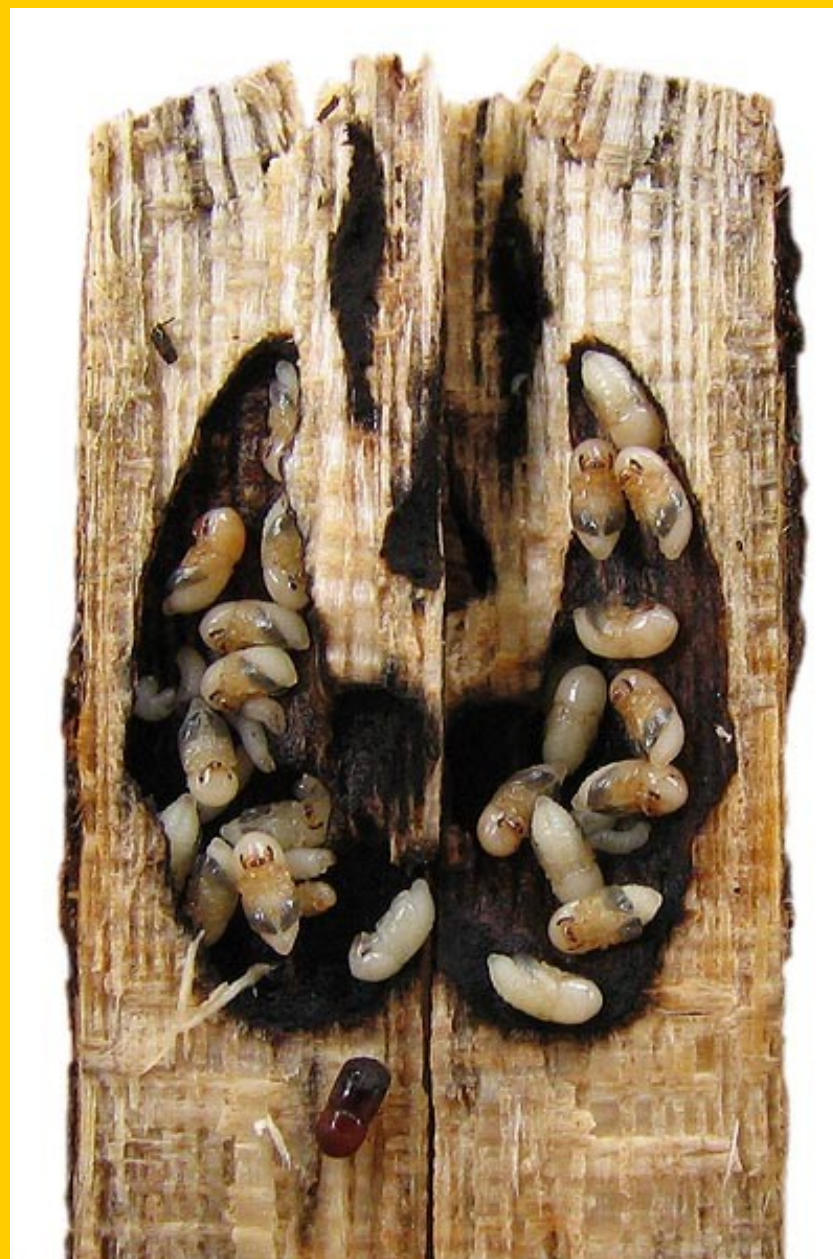
- min. dvanáctkrát v minulosti zavrhli konzumaci hostitelských tkání a začali pěstovat jako výhradní potravu symbiotické houby
- pokaždé byla tato „inovace“ v evoluci kůrovců provázena explozí druhové rozmanitosti a nevybíravosti v druhu hostitele

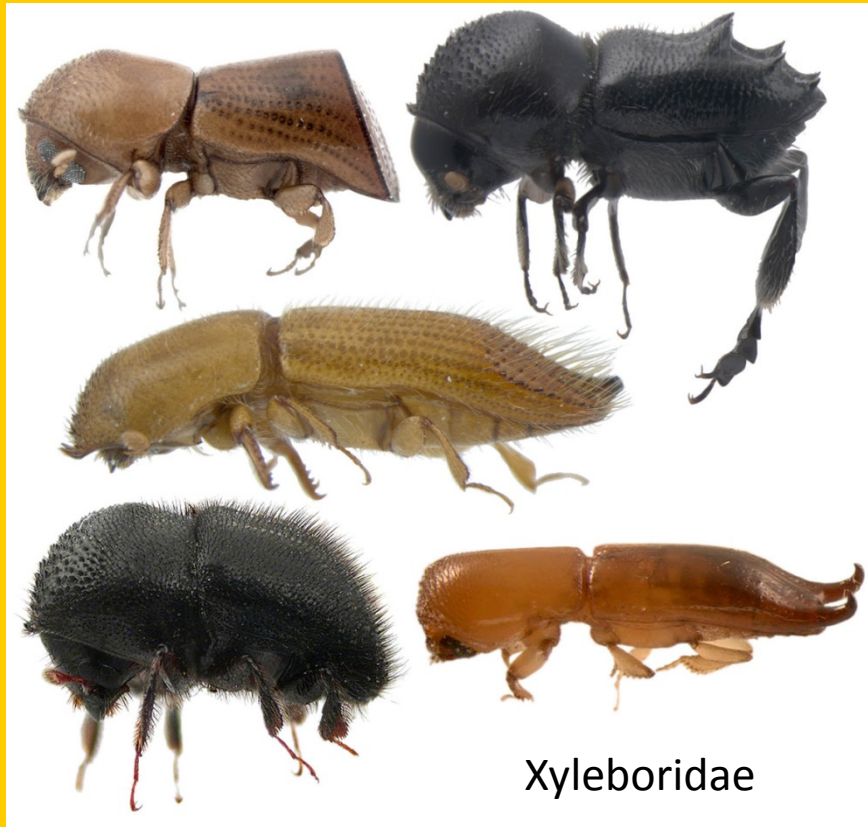
## Drtník - *Xylosandrus crassiusculus*

- Dospělé samičky 2-3 mm, samečci do 1,5 mm.
- dospělci i larvy se zavrtávají do různých částí stromu a uvolňují spory houby spolu se sekrety (poskytují živiny pro klíčení spor)
- každý druh drtníku je v asociaci pouze s jedním druhem houby: *Monilia*, *Ceratocystis*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Endomyces*, *Cephalosporium*, *Endomycopsis*
- brouci houbu uchovávají a brání proti desikaci ve zvláštním orgánu – kapsovité vchlípenina nazývaná **mykangia/mycetangia** (má ho jen jedno pohlaví *Ambrosia*)
- houba a chodby ucpou xylém a způsobí odumření části nebo celého stromu - z chodeb vyčnívají ven křehké piliny



- brouk houbě zabezpečuje vhodné růstové podmínky
- houba citlivá na vlhkost dřeva (přes 35%) a teplotu
- brouk čistí chodbičky od zbytků dřeva a výkalů a podle počasí otvírá či zavírá otvory v kmeni
- monokultura houby - zajišťována sekrety brouka – antimikrobiální efekt
- po opuštění tunelu kolonizace mnoha jinými houbami - přerostou původní
- brouci sami neumí rozkládat celulózu - závislí na houbě - ta přemění celulózu na proteinově bohatou mikrobiální biomasu
- některé druhy brouků, zvláště larvy, zcela odkázány na ambrosiální houby
- houby produkují vitamíny
- zakuklení larvy je částečně závislé na ergosterolu produkovaném houbou





Left: A cross-section image of fungus-bearing mycangia of *Xyleborus affinis* which reside in their heads and sit at the base of their mandibles. Right: A dissected *Xylosandrus germanus* with the mycangial structure removed from the inside of the thorax. (photos by Jiri Hulcr)



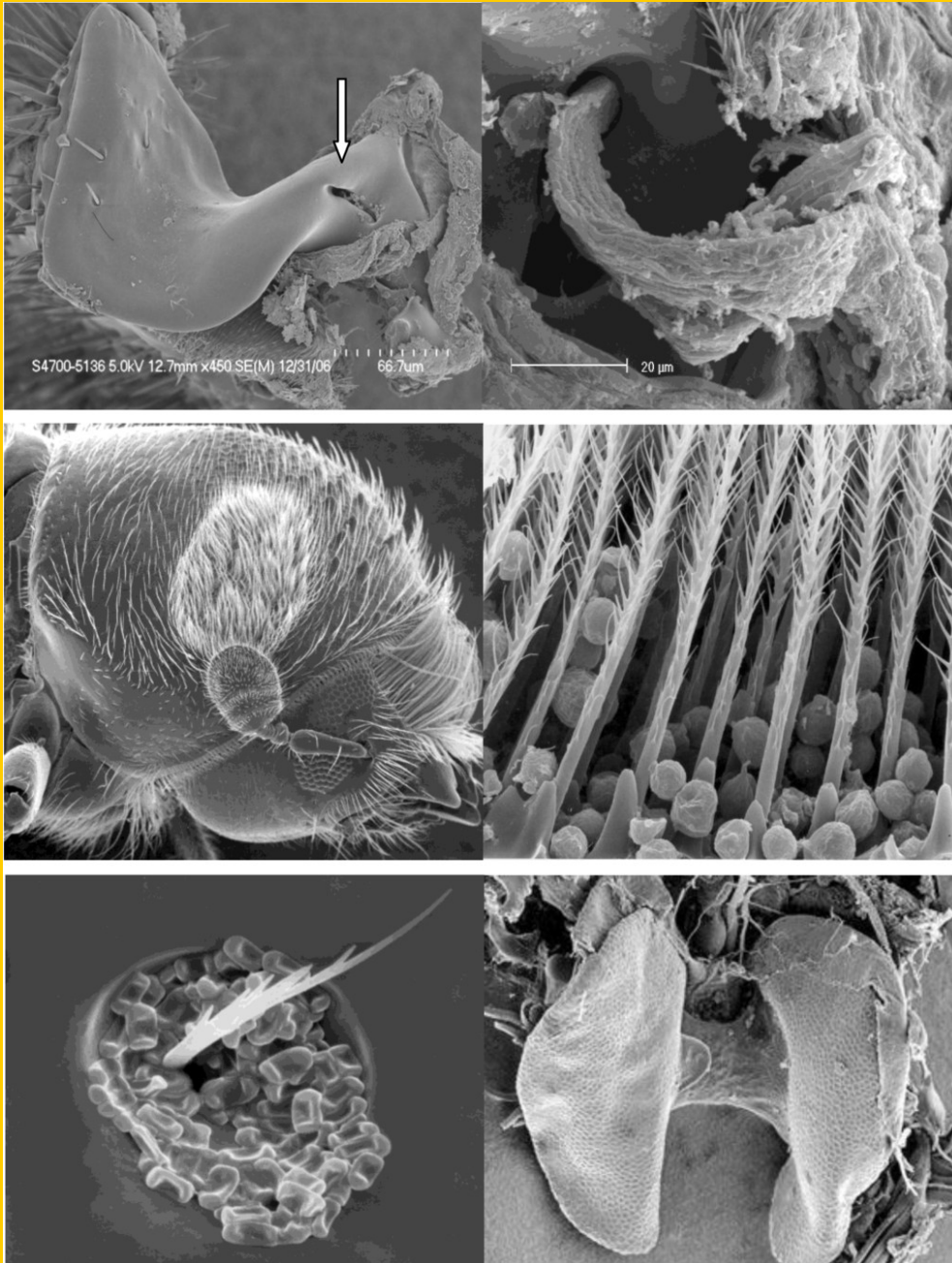
## Kůrovci

- s pomocí hub zabíjí milióny stromů v celé holoarktické oblasti (mimo trop. část severní polokoule)
- v současné době velmi často dochází v důsledku narušení rovnováhy lesních ekosystémů k jejich přemnožení
- lýkožrout má však v tomto ekosystému významnou funkci
- než se přemnožil a začal napadat i zdravé stromy, patřil ke druhům, které zajišťovaly omlazení lesa, protože napadal jen staré, slabé a nemocné stromy
- 4,5 - 5,5 mm



- kůrovci se už v druhohorách (250-66 mil.let) živilí lýkem araukárií - koncem křídy v kůře araukárií
- na těchto jehličnanech - vřeckovýtrusné houby z řádu *Ophiostomatales*
- symbioza - kůrovci i houby měli stejný zájem a zároveň byli vybaveni schopnostmi, které ti druhí postrádali
- většina kůrovců si „své“ houby přenáší v mykangiích – mikroskopických žláznatých prohlubních vyplněných olejovitými tekutinami
- do mykangií se kůrovcům zachytávají spory symbiotických hub rostoucích v požerku a ven jsou vyplavovány, když kůrovec tvoří závrt v novém hostitelském stromě a jeho mykangia vylučují zvýšené množství olej.látek
- kromě toho bývají spory hub přenášeny i roztoči, kteří se na kůrovce přichytávají





Examples of mycangia. From left to right, top to bottom:

- maxillary cardine of *Dendroctonus ponderosae* showing opening of sac mycangium (arrow) courtesy of Katherine Bleiker;
- Close up of mycangium of *D. ponderosae* showing fungal mass
- Oval brush mycangium on female *Pityoborus rubentris* close up of brush mycangium of *P. rubentris* containing spores Mal Furniss
- Ascospores in pit mycangium (puncture) of *Ips pini* Mal Furniss
- mesonotal paired sac mycangia of *Xylosandrus mutilatus* (dissected from beetle)

<http://www.mdpi.com/20754450/3/1/339/htm>

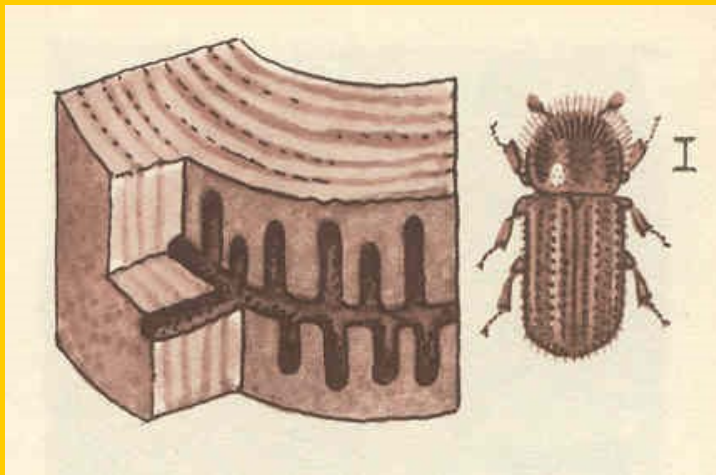
- účelem spolupráce kůrovců a hub byla snaha oslabit obranné mechanismy stromů a usnadnit si cestu k jejich tkáním - po náletu kůrovce nastává boj:
- strom má kanálky s pryskyřicí (pod tlakem) – jedovatá pro brouka (terpenoidy nebo fenolické látky)
- druhotná pryskyřice (ještě jedovatější) - kolem napadeného místa stromu vytváří nekrózy, nepropustné buněčné vrstvy či pryskyřičné valy
- přeměna stravitelných zásob (škrobu) na hůře stravitelné - tvorba nepolárních sloučenin chránících rostlinné tkáně před natrávením mimobuněčnými enzymy hub
- silný proud pryskyřice může také kůrovce zastavit i mechanicky





## Význam feromonů

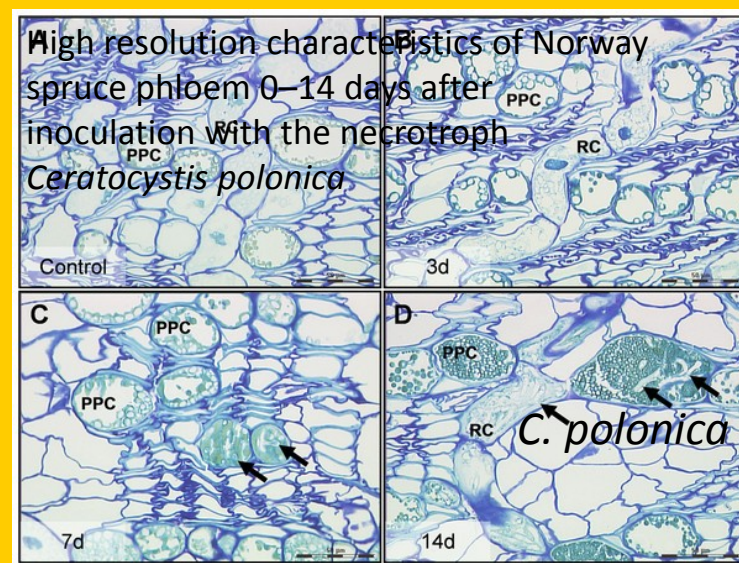
- dorozumívání, lákání samic
- málo feromonů si kůrovci tvoří sami
- přítomnost symbiotických bakterií a kvasinek ve střevě, také houby žijící ve stěnách požerků - existují i feromony, v nichž každý stupeň produkce provádí jiná skupina symbiontů
- většina feromonů kůrovců jsou mikrobiálně přemetabolizované produkty hostitelského stromu - nejčastěji jde o jedovaté terpenoidy – původně obrana stromů
- složitý systém střevních i vnějších symbiontů produkujících pro kůrovce feromony vznikl původně k detoxifikaci pryskyřice bránícího se stromu
  
- *Scolytus multistriatus* se symbionty rodu *Ophiostoma*, kteří jsou odpovědní za téměř celoevropské vyhubení jilmů
- jihoevropský *Orthotomicus erosus* ohrožující borovice
  
- galerie dřevokaza čárkovaného (*Xyloterus lineatus*), holoarktického ambrosiového škůdce na dřevě jehličnanů. Na začátku chodby je snubní komůrka, v níž probíhá páření..



- kolmo z matečné chodby vybíhají komůrky jednotlivých larev
- stěny pokrývají tmavé zbytky ambrosiových hub

## Houba *Ceratocystis polonica*

- většina hub spojených s kůrovci je neškodná
- silně agresivní - *Ceratocystis polonica* lýkožrouta smrkového
- hloubením chodeb se rozvrátí vodní režim stromu
- vysuší i pryskyřičné kanálky - většina pryskyřice se vyplaví už během prvních několika hodin
- houby přeruší transport vody, protrhnou membrány mezi tracheidami, ucpou cévy smůlou, a navíc produkují jedovaté izokumariny
- napřed obsazeno lýko až 1 cm/den
- pak napadnou houby dřevo, které se zbarví (u *C. polonica* zmodrá)
- dřevo je odolnější, trvá houbám i několik týdnů/cm
- s kůrovci žije často víc druhů hub najednou, jen některé pomáhají při kolonizaci stromů
- S USA – u agresivních kůrovců houba je asi škodlivá i pro brouka - samice nosí v mykangiích jiné druhy hub, které tomuto patogenu úspěšně konkurují, když už je lýko mrtvé, a tím umožňují larvám kůrovce nerušený vývoj



# Květolib včelí

- 2005, Kaltenpoth et al - symbióza mezi novým druhem *Streptomyces* a samotářsky lovicí vosou květolib včelí
- ochromí včelu žihadlem do hrudi, vysaje nektar z jejich úst a odnese ji do komůrky vyhrabané v zemi jako potravu pro své budoucí larvy
- samička kultivuje bakterie *Streptomyces* ve speciálních žlázách v tykadlech a aplikuje je na buňky plodu před kladením
- bakterie jsou přijaté larvami a objeví se na stěně kukly a chrání ji proti infekci houbami



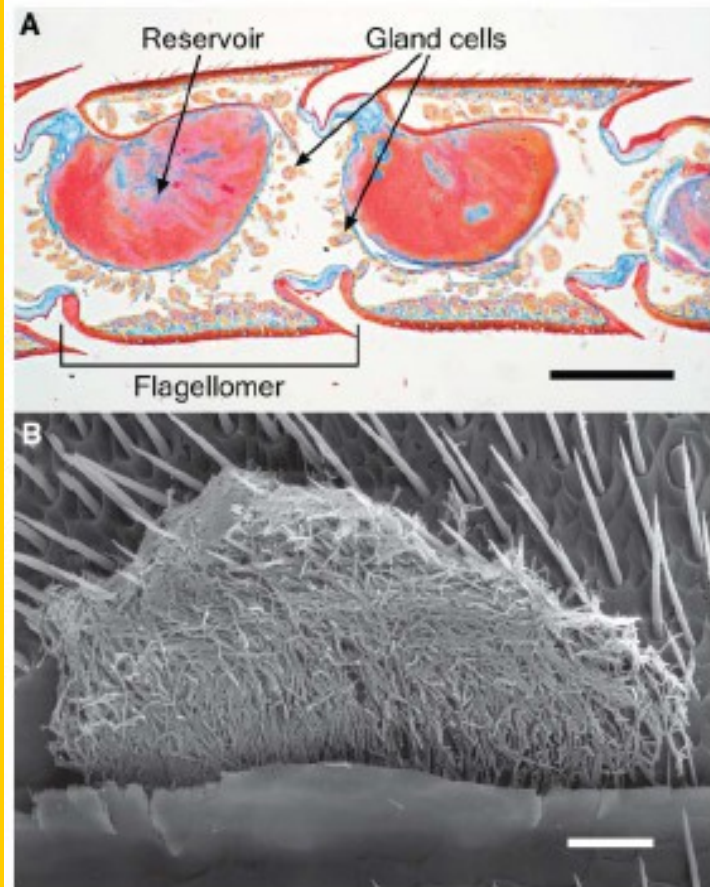


Figure 1. Antennae of Female Beewolves, *Philanthus triangulum*, with Endosymbiotic *Streptomyces*

(A) Light microscopic picture of a semithin section of a female antenna, with endosymbiotic bacteria (red) in the reservoir of antennal glands. The scale bar represents 0.3 mm.

(B) Scanning electron micrograph of a female antenna. White substance is secreted from the opening of the gland at the joint between two flagellomers. The scale bar represents 20  $\mu\text{m}$ .

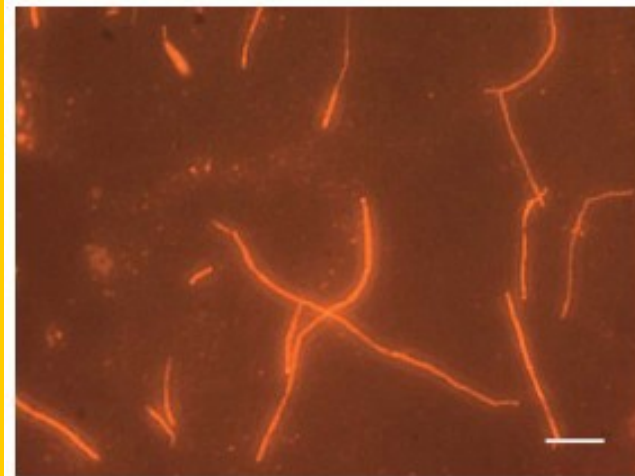


Figure 3. Fluorescence In Situ Hybridization (FISH) of Endosymbiotic *Streptomyces* in the White Substance after Secretion by a Bee-wolf Female

The scale bar represents 5  $\mu\text{m}$ .

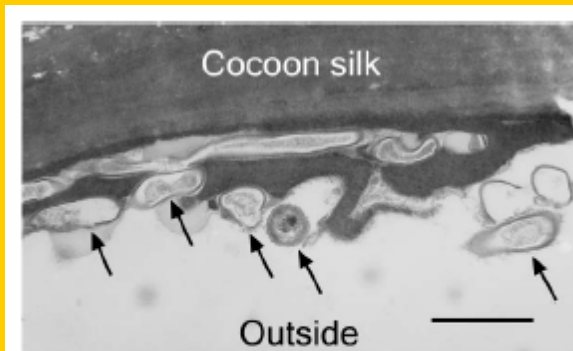


Figure 4. Transmission Electron Micrograph of a Cocoon Cross-Section with Bacteria on the Outside (Arrows)

The scale bar represents 1  $\mu\text{m}$ .



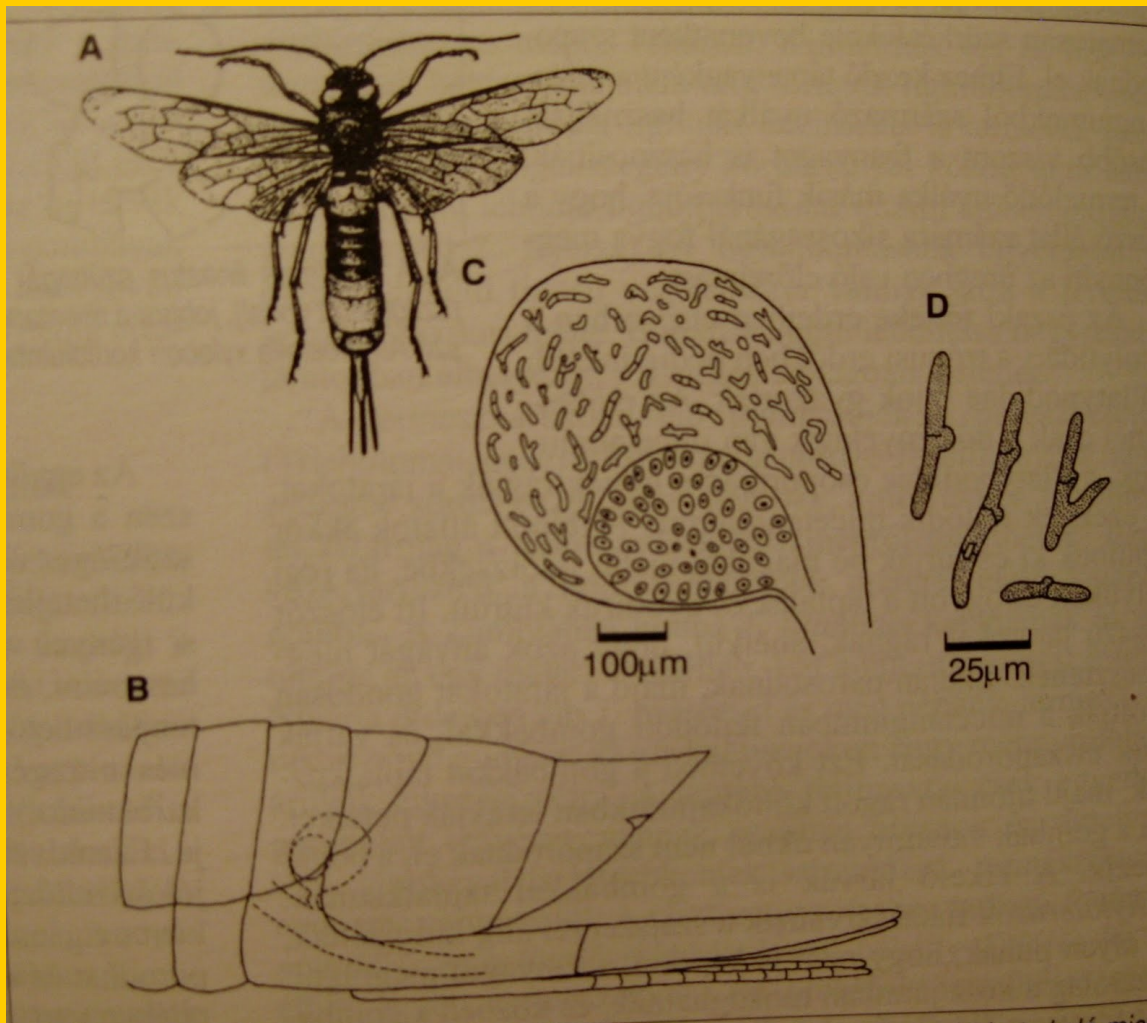
Larvy samotářských vos přečkávají i několik měsíců ve stádiu kukly, než se promění v dospělé a jsou snadno zranitelné. Mají ale mikrobiální symbionty, kteří produkují dostatek antibiotik . Pseudobarvy dávají přehled o místech s jejich rozličnou koncentrací.

<http://www.osel.cz/5651-bakterie-v-tykadlech-hmyzu-produkuji-smes-antibiotik.html>

## Pilořitka velká

- podobné asociace hub a hmyzu byly nalezeny u kůrovců a pilořitky – zástupci mnoha čeledí
- hmyz fyzicky vyhrabe cestu do dřevních substancí, které inokuluje spory hub přenášených ve vnější vakovité struktuře
- houba roste ve dřevě, degraduje rostlinný materiál, který se tak stane přístupný pro přijetí hmyzem
- zástupci této čeledi kladou vajíčka do ideálně do čerstvě poražených stromů
- larvy se vyvíjejí 2-3 roky a zpravidla teprve po opracování dřeva se kuklí
- vylíhlý dospělec se provrtává ven a zanechává kulatý výletový otvor o průměru 5-7mm
- dospělé pilořitky měří 12-40 mm, jsou kovově modré, černé nebo černožluté a vzdáleně připomínají velké vosy nebo sršně





- samice pilořitky fialové klade vajíčka do dřeva, které je již mrtvé
- jsou chráněna slizem, který obsahuje spory dřevokazných hub
- spory se s vajíčkem dostávají do dřeva a rostoucí houbová vlákna jsou potravou larev



# Termiti

- různé populace termitů udržují mutualistický vztah s externí nebo interní mikrobiální populací
- někteří kultivují vnější populace hub, které přispívají k jejich schopnosti žít na dřevě – bez hub by nepřežili
- někteří jsou schopni užít jen dřevo, které prošlo značnou houbovou degradací - houby přispívají enzymy do zažívacího traktu termitů
- některé celulázy produkované v zažívacím traktu termitů
- jiné jsou získány konzumací hub žijících v hnízdě termitů
- mnohé druhy z vyšších termitů kultivují specifické druhy hub
- **basidiomycety *Termitomyces*** – podobné mravencům - termiti aktivně shromažďují a rozšívají spory hub aby založili nové hnízdo





- mutualistický vztah s vnitřní populací protozoí - degradace celulózy a produkce metabolitů, které jsou termiti schopni asimilovat
- bakterie a protozoa v zažívacím traktu nižších termitů a dřevo-konzumujících švábů fermentují celulózu anaerobně
- CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, acetát
- část CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub> je přeměněna archei na metan, což představuje ztráty pro hmyz
- acetogenní bakterie přemění většinu H<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub> na acetát, který je absorbován skrz stěnu zažívacího traktu termitů a oxidován erobně za tvorby CO<sub>2</sub> a vody
- fixace dusíku v zažívacím traktu termitů *Enterobacter agglomerans* - důležité z důvodu celulózové diety



## Limnoria

- mořský bezobratlý (wood-boring) *Limnoria* získává nějaké živiny z mořských hub žijících v tunelech, které vyvrtal v dřevěných pilířích
- houby mohou živočichům poskytovat růstové faktory a jiné metabolity
- pravděpodobně *Limnoria* může syntetizovat svoje vlastní cellulázy a tak být nezávislý na houbě v ohledu trávení celulózy

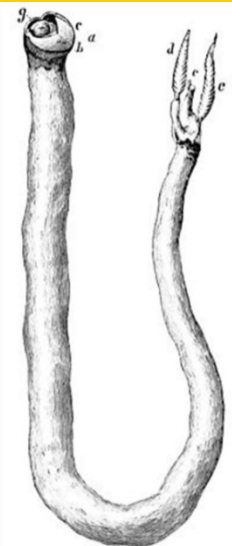
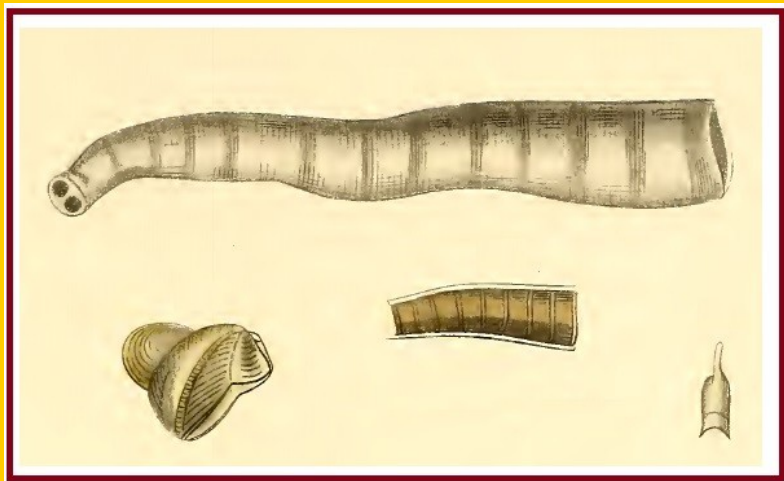


# Teredo

- šášeň lodní, měkkýši z čeledi *Teredinae* mají endosymbiotické proteobakterie v tkáních
- možná jediný druh, který získává od symbionta v zaživací soustavě významné množství N
- škeblovitý měkkýš – škeble jen jako helma – pro zarytí do dřeva
- zbytek těla chráněn vyměšováním vápenaté tuby zpevňující tunel

## Asociace diazotrofovů se zvířaty

- detekováni v zaživacím traktu mnoha zvířat – je zde ale dost amoniaku – potlačení fixace N<sub>2</sub> (Postgate 1998)
- Marc Brunel – 19. st. – tunel pod Temží – první tunel pod splavnou řekou - bakterie produkují celulázy a jsou i schopné fixace dusíku – dřevo je deficitní v obsahu dusíku - endosymbióza je nezbytná pro přežití
- termiti – dieta chudá na N – fixace je možná, ale její příspěvek k zásobování dusíkem je asi nepatrné

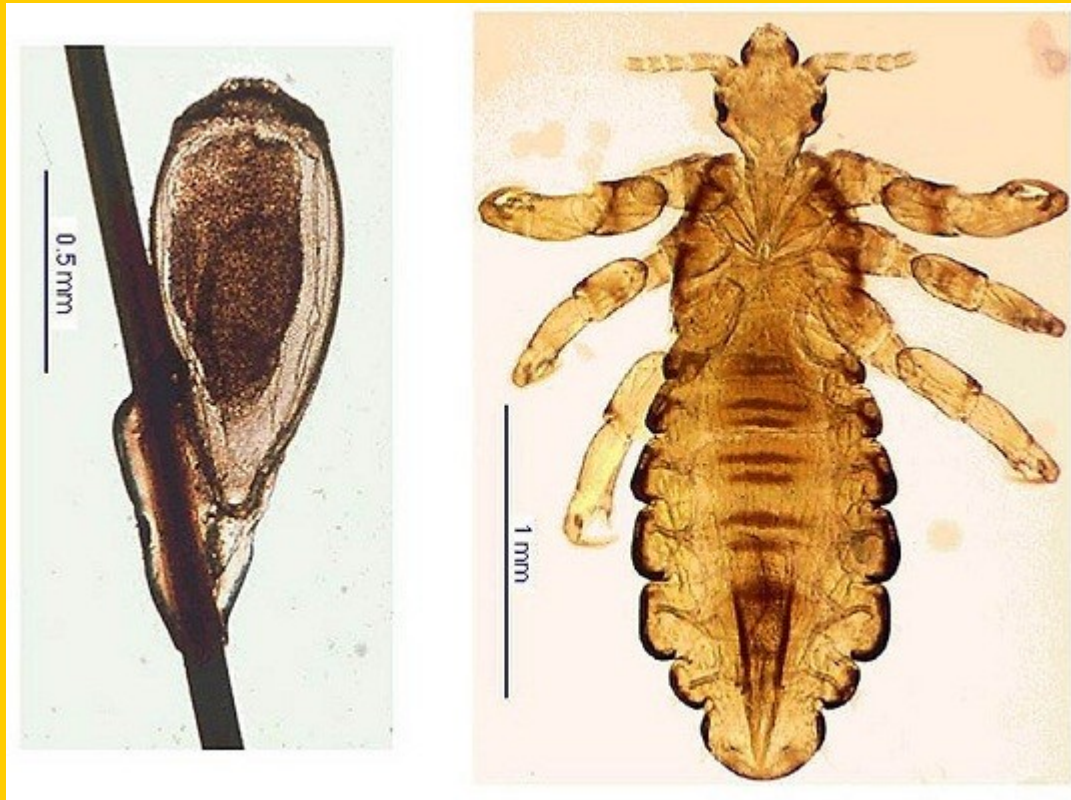


## Komensální a mutualističtí intestinální symbionti

- teplokrevní živočichové - extrémně bohatá mikroflora gastrointestinálního traktu
- v lidském zažívacím traktu jsou nejčetnější striktní anaerobové rody *Bacteroides*, *Fusobacterium*, *Bifidobacterium* a *Eubacterium* (až  $10^{11}$  mikrobů/gram, 400 druhů)
- u některých zvířat (prasata) intestinální mikroflora přispívá k výživě fermentací karbohydrátů
- u starších prasat nejspíš mikroorganismy tráví celulózu a zvířata využívají produkty jejího rozkladu
- u monogastričních živočichů hlavní přínos produkce růstových faktorů
- zvířata absorbují produkty odvozené z mikrobiálního metabolismu spolknuté potravy, není ale vždy jasné, zda tyto produkty jsou potřebné
- někdy tvorba vitamínů – vitamín K – sterilní zvířata vykazují příznaky vitamínové deficience
- bariéry proti infekci intestinálními patogeny (stav po dlouhodobém léčení antibiotiky, sterilní zvířata vystavená nesterilnímu prostředí)
- když živočichové získávají většinu/všechnu výživu z těžko stravitelných sloučenin, jejich intestinální symbionti se stávají specifitější a vztah mutualistický
- mikrobiální aktivity například degradace aminokyselin, mohou mít škodlivý účinek na zvířata

## Hmyz sající krev

- během raných stádií hmyz téměř vždy živí mikroby (bakterie  $\gamma$ Proteobacteria a houby) – přenos na vajíčka
- mikrobi udržovaní ve speciálním organu – **mycetomes** – doplňují dietu produkcí růstových faktorů
- odstraníme-li tuto mikroflóru, tak např veš se nebude rozmnožovat (vývoj larev i reprodukce dospělců)
- přidáme-li vitamíny B a kvasnic. extrakt, reprodukce bude obnovena



## Medozvěstka

- někt. býložraví ptáci mají intestinální mikrofloru bakterií a hub, která produkuje celulólytické enzymy
- *Micrococcus cerolyticus*, *Candida albicans* – využijí včelí vosk pokud mají kofaktory od ptáků a ptáci pak asimilují produkty rozkladu včelího vosku
- medozvěstka – přivede živočicha nebo člověka ke včelám, kde vezme med, vosk zůstane pro ptáka
- často zanáší svá vejce do cizích hnízd (napřed zničí vejce hostitele)



- ryby a vodní bezobratlí mají v zažívacím traktu mikroflóru přispívající k trávení potravy
- různonožci mají mnoho druhů bakterií rodu Vibrio produkujících chitinázy - monomery vzniklé degradací chitinu jsou jimi stráveny
- některé ryby jako sumec a kapr mají mikrobiální populaci produkující celulózy

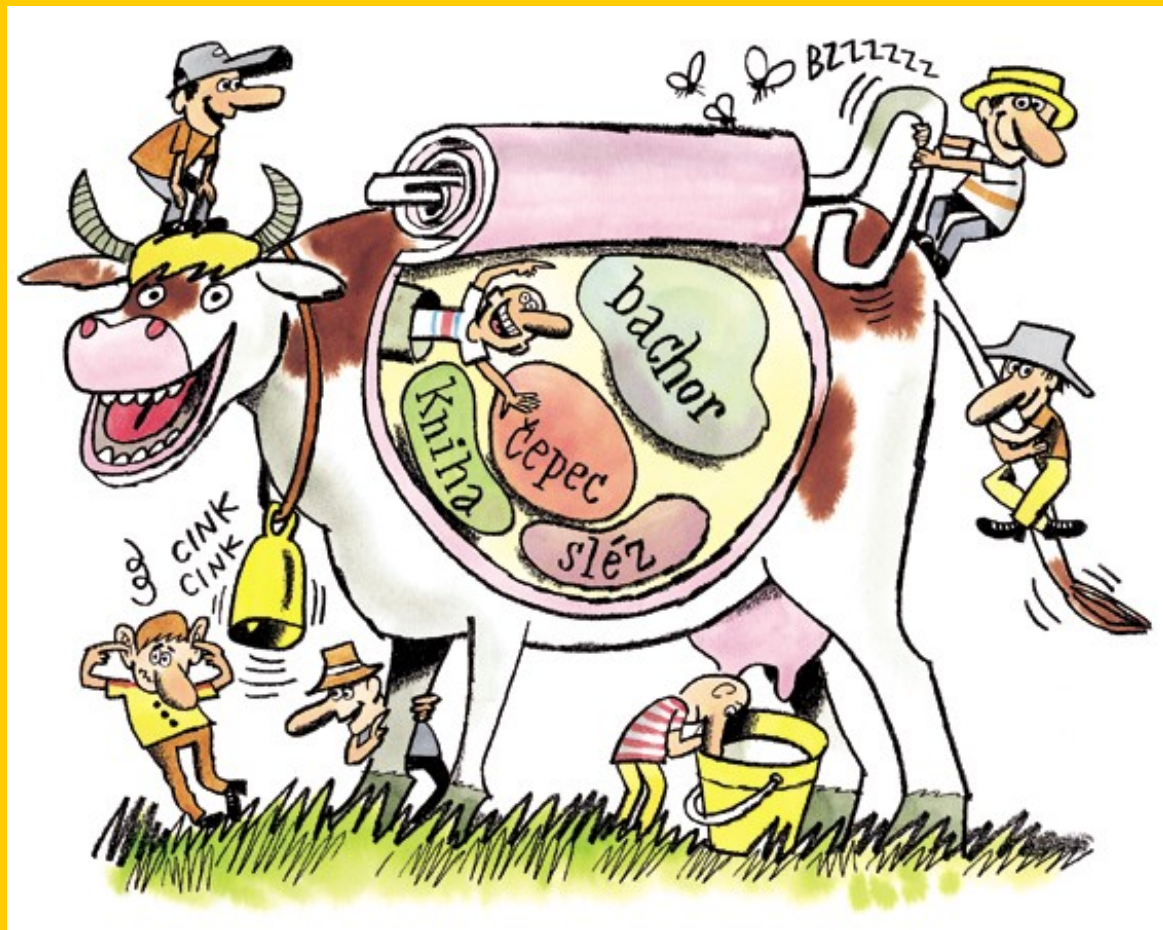


## Trávení v bachoru

- jeleni, losi, antilopy, zebry, sobi, krávy, ovce a kozy - potrava bohatá na celulózu
- savci, včetně přežvýkavců, neprodukují celulolytické enzymy - spoléhají na mikrofloru bachoru
- v bachoru velká populace protozoí a bakterií, kteří přispívají k trávení potravy - bachor anaerobní, 30-40 oC, pH 5,5-7,0 – hustota mikroflory zde  $10^9$ - $10^{10}$ /ml

## Trávení u přežvýkavců

- jícn
- čepec
- kniha
- slez
- tenké střevo
- bachor
  
- bachorová mikroflóra vyprodukuje za 24 hodin 200 – 600 l metanu





- organické kyseliny absorbovány do krve zvířat, kde jsou aerobně oxidovány k produkci energie
- využity proteiny produkované mikroflórou
- CO<sub>2</sub> a metan jsou uvolňovány bez užitku
- anaerobní podmínky - jen malé procento kalorické hodnoty potravy není využito zvířetem (10%)
- dokonce i část „ztrátové“ energie je využita k udržování tělesné teploty zvířete
- přežvýkavci výborně využívají nízkokvalitní krmivo s vysokým obsahem celulózy, ale nejsou ekonomičtí ve využití kvalitního proteinového krmiva použitého v krmných dávkách
- cross-linking (zesítnění) proteinů - ošetření formaldehydem, dimethylolurea a jinými činidly blokuujícími jejich degradaci mikroflórou bacheru
- zajistí jejich trávení a absorpci ve spodnějších částech gastrointestinálního traktu (a není ztracen produkcí metanu)

## Některé bakterie v bachoru

- celulólytické - acetát, formiát (*Butyrivibrio fibrisolvens*, + laktát, *Ruminococcus albus* + H<sub>2</sub>, *Clostridium lochheadii* + H<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub> )

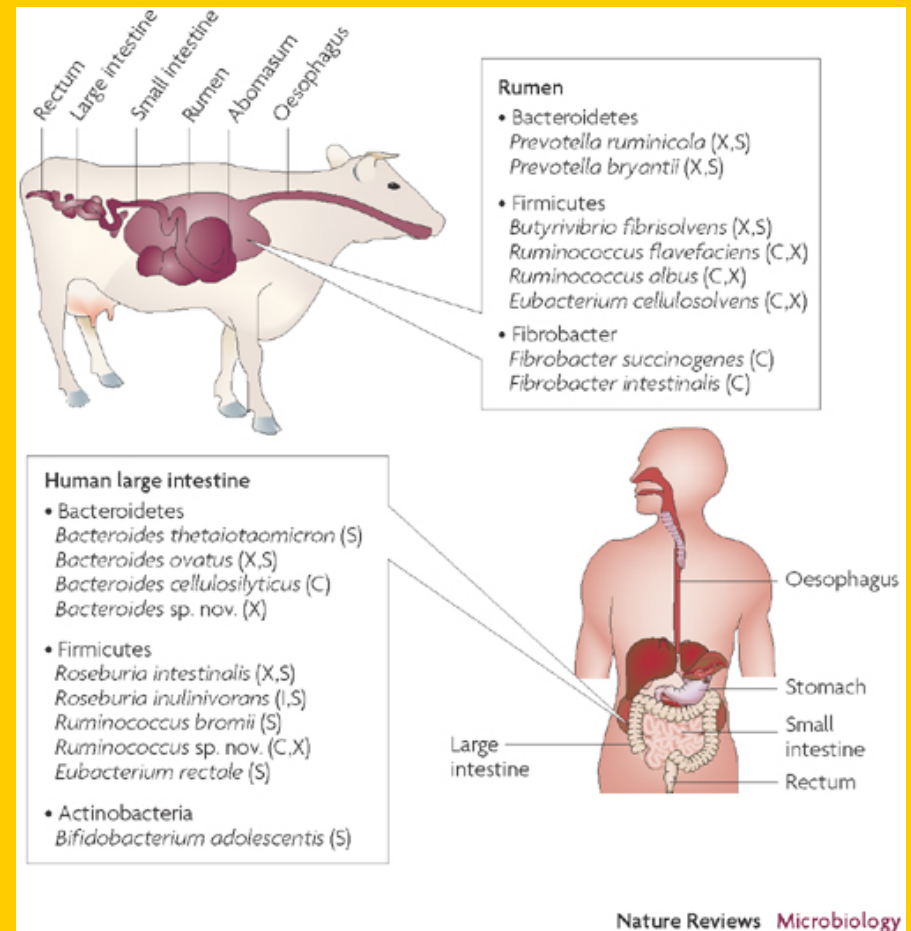
- amylolytické formiát, acetát (*Ruminobacter amylophilus*+ sukcinát, *Selenomonas ruminantium* +propionát+ laktát , *Succinomonas amylolytica* +propionát+sukcinát, *Streptococcus bovis*+ laktát)

- pektolytické - *Lachnospira multiparus* - acetát, formiát, laktát, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>

- transformace laktátu - *Selenomonas lactilytica* - acetát, sukcinát

- transformace sukcinátu - *Schwartzia succinovorans* - propionát, CO<sub>2</sub>

- metanogeny - *Methanobrevibacter ruminantium*, *Methanobacterium mobile* CH<sub>4</sub> z H<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub> nebo formiátu



**Table 5.1**  
 Fermentation products and energy sources of some rumen bacteria

Organism	Energy sources*	Major fermentation products†
<i>Bacteroides succinogenes</i>	C, S, G	A, S
<i>Bacteroides amylophilus</i>	S	A, S, F
<i>Bacteroides ruminicola</i>	S, X, G	A, S, F
<i>Ruminococcus flavefaciens</i>	C, X, G	A, S, F, H
<i>Succinivibrio dextrinosolvens</i>	G	A, S
<i>Succinimonas amylolytica</i>	S, G	S
<i>Ruminococcus albus</i>	C, X, G	A, F, H, E
<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	C, S, X, G	F, H, B
<i>Eubacterium ruminantium</i>	X, G	F, B, L
<i>Selenomonas ruminantium</i>	S, G, L, Y	A, P, L
<i>Veillonella alcalescens</i>	L	A, P, H
<i>Streptococcus bovis</i>	S, G	L
<i>Lactobacillus vitulinus</i>	G	L
<i>Methanobacterium ruminantium</i>	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> , F	M

\*Energy sources: C = cellulose; S = starch; X = xylan; G = glucose; L = lactate; Y = glycerol; F = formate

†Fermentation products: A = acetate; S = succinate; F = formate; H = hydrogen; E = ethanol; B = butyrate; P = propionate; L = lactate; M = methane. Many also produce CO<sub>2</sub>.

Source: Wolin 1979.

## Mikroflóra bachoru

- zahrnuje bakterie trávící celulózu, hemicelulózu, škrob, cukry, mastné kyseliny, proteiny, lipidy
- mnohé bakterie produkuje acetát, který je hlavní kyselinou v bachoru
- některé bakterie produkují propionát, jedinou fermentační kyselinu, kterou přežvýkavci umí přeměnit na karbohydráty
- fixátoři dusíku – ale jen 10 mg na hlavu a den - přítomný amoniak potlačuje fixaci
- amoniak může být využit mikroflórou bachoru a následně stráven zvířetem
- teoreticky lze chovat přežvýkavce na celulóze a amoniaku, ten je ale toxický
- někdy se do krmných směsí se přidává močovina – využita po zpracování do mikrobiální biomasy



## Houby

- menšinová populace v bachoru
- anaerobní chytridie se podílí depolymeraci celulózy

## Protozoa v bachoru

- především nálevníci
- i bičíkovci, jako *Eutodinium*, *Diplodinium* a *Sarcodina*
- nálevníci v bachoru jsou vysoce specializovaná skupina
- rostou anaerobně, energii získávají fermentací rostlinného materiálu a tolerují přítomnost početné bakteriální populace
- některá protozoa schopná trávit celulózu a škrob, jiné fermentují rozpuštěné karbohydráty, někteří se živí bakteriemi
- jejich proteiny jsou pak zase stráveny přežvýkavcem
- protozoa v bachoru skladují velké množství karbohydrátů, které přežvýkavci stráví spolu s proteiny protozoální biomasy - v knize a čepci
- transport uhlíku z bakterií do protozoí a následně do přežvýkavce je krátký účinný potravní řetězec
- protozoa jsou asi tráveny lépe než bakterie, které mají rezistentní buněčnou stěnu a vysoký obsah nukleových kyselin



- vztah mikrobů a přežvýkavce je mutualistický – některé bakterie lze najít jen v bachoru
- mikroorganismy tráví rostlinný materiál a produkují nízkomolekulární mastné kyseliny a mikrobiální proteiny přístupné zvířeti
- někteří mikrobi potřebují růstové faktory, jiné produkují vitamíny pro mikrofloru bachoru
- bachor poskytuje vhodné prostředí pro bakterie a stálý přísun substrátu pro mikroby
- přežvýkávání rozmělnuje rostlinný materiál, zvětšuje jeho povrch pro mikroby, mikrobům pomáhají i sliny zvířete
- pohyb bachoru promíchává substrát pro mikroby
- odstranění nízkomolekulárních mastných kyselin absorpcí do krevního oběhu zvířete zabrání jejich inhibiční působení na mikroby
- diverzita mikroflóry – lehce se přizpůsobí změně potravy, ale ne prudké změně – přechod z čerstvého krmení na suchou stravu a naopak – nadměrná tvorba metanu – nadýmání bachoru, může stlačit plíce a i udusit zvíře (jediná léčba je propíchnutí bachoru)

## Komensální a mutualističní intestinální symbionti

- i jiná zvířata mají bachoru podobné trávení
- jeden druh „listových opic“, lenochodi, hroši, velbloudi a někteří vačnatci
- jejich mikroflora je schopná rozkládat celulózu a jiný rostlinný materiál a produkovat těkavé mastné kyseliny, které zvíře může využít.
  
- u nepřezvýkavých savců, kteří se živí především rostlinným materiálem (koně, prasata a králíci) probíhá mikrobiální trávení celulózy ve zvětšeném slepém střevě (kůň – 50l) s produkcí těkavých mastných kyselin, které jsou absorbovány do krevního oběhu a nakonec oxidovány v buňkách živočicha za produkce vody a oxidu uhličitého
- velryby živící se planktonickými korýši, mají vícekomorové žaludky, kde probíhá fermentace a tvoří se mnoho mastných kyselin – zde se ale tráví hlavně chitin



# Mutualistické vztahy bezobratlých s fotosyntetickými mikroorganismy

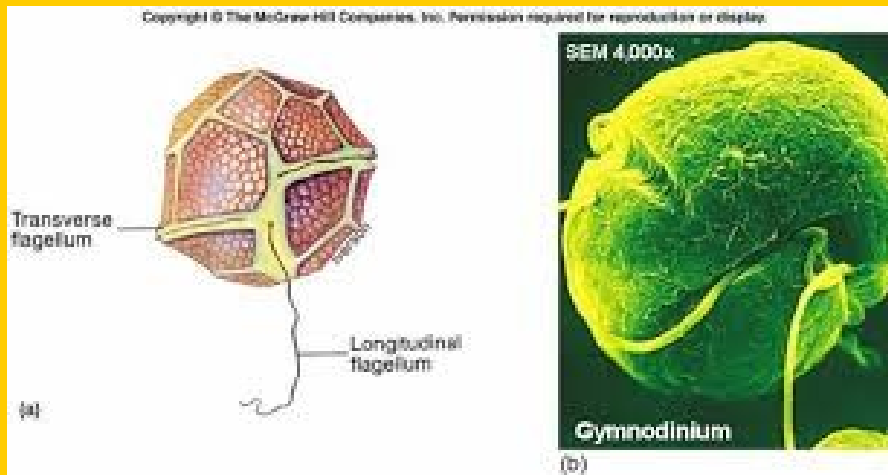
- někteří bezobratlí mají mutualistický vztah s fotosyntetizujícími organismy řasami nebo sinicemi - endozoické řasy

*Zooxanthellae* – řasa žlutá - červenohnědá (včetně dinoflagellates)

*Zoochlorellae* – řasa bledá - jasně zelená

*Cyanellae* – dominantní pigment je modrozelený

- nejčastější výskyt řas je v coelenterates - nezmar, asasanka a korály...
- mořské houby mají nejčastěji sinice
- *Chlorophycophyta* jsou především ve sladkovodních bezobratlých.
- *Dinoflagellates* jsou nejčastější řasoví symbionti mořských bezobratlých.
- pár endosymbiotických řas může být kultivováno vně jejich hostitele





- mutualistický vztah popsán pro různé druhy polychaete (mořští červi – příbuzní žížalám), měkkýši (včetně škeblí)
- pláštěnci, mořští ježci, nezmaři, medúzy, mořské sasanky, korály,



## Mutualistický vztah

- mikroorganismus zásobuje živočicha organickými živinami
- živočich poskytuje fyziologicky a nutričně vhodné prostředí pro mikroby

## Ploštěnka *Convoluta roscoffensis* a řasa *Platymonas convolutae*

- řasa poskytuje živočichu AK, mastné kyseliny, steroly a kyslík
- živočich poskytuje řase CO<sub>2</sub> a kyselinu močovou

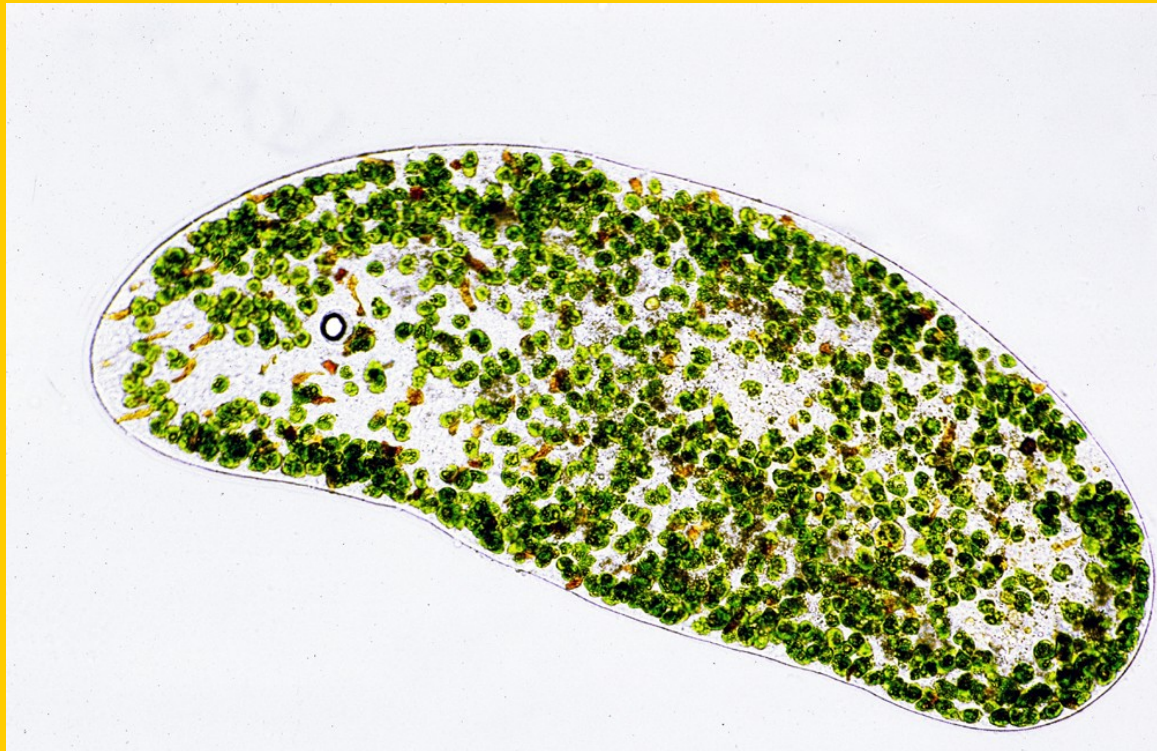
## Uzavřený systém

- cyklus C,N,P,O<sub>2</sub> ve formě, kterou jeden partner umí syntetizovat a druhý využívat



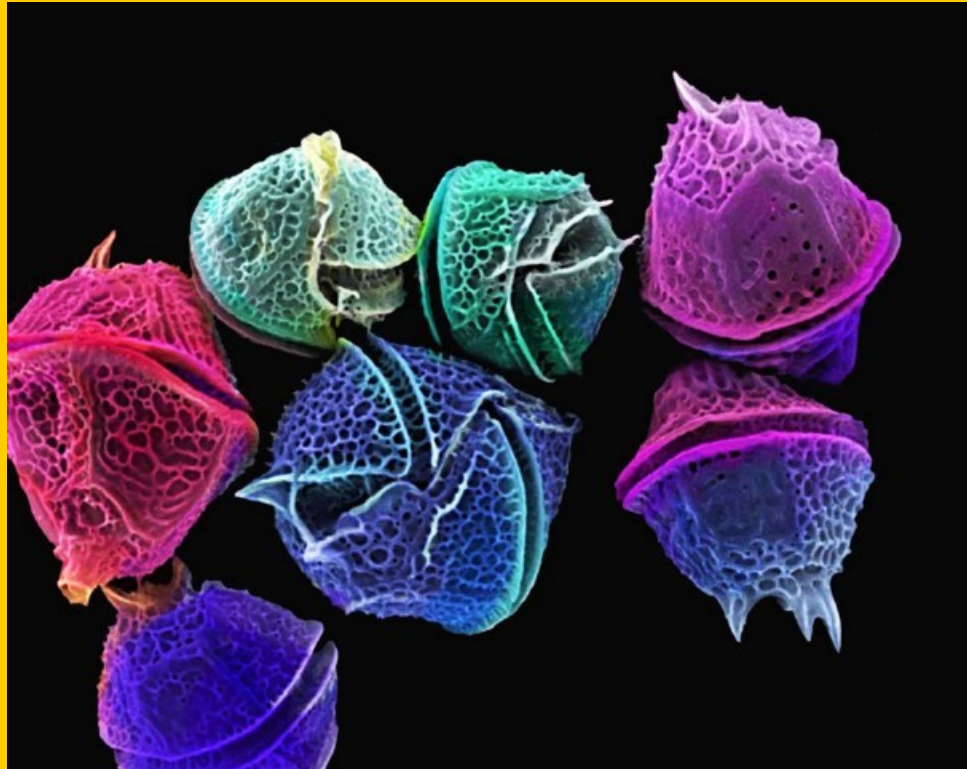
## **Convoluta roscoffensis – nově Symsagittifera roscoffensis**

- v zažívacích orgánech a parenchymatických buňkách se nachází fotosyntetická řasa rodu Tetraselmis
- řasa je v juvenilním období přijata, ale není degradována a stává se endosymbiontem
- fotosyntetizuje – získá energii pro hostitele
- v *Convoluta roscoffensis* napočítáno až 25.000 jedinců řas
- v dospělosti červ ztrácí funkční parencham a ústa – zcela závislý na endosymbiontu
- stal se fotoautotrofním organismem – využívá cukr produkovaný symbiotickou řasou



## Dinoflagellates – obrněnky

- mixotrofní organismy (ale nalezneme u nich i obligátní heterotrofy)
- mají chloroplasty získané sekundární či terciární endosymbiózou
- nejčastější řasové symbionty mořských bezobratlých
- většinou mořský plankton, ale i sladkovodní
- ½ je fotosyntetických – největší skupina eukaryotických řas (vedle rozsivek)
- důležitá součást vodního potravního řetězce
- zooxanthella – endosymbionti mořských živočichů – biologie korálových útesů



## Koráli

- koráli (láčkovci) - mutualistický vztah s dinoflagellates – bičíkaté protista, na kterých závisí život korálů
- endozoické řasy korálů předávají organické látky přímo tkáním polypa a přijímají ze tkání fosfor
- korálové útesy také poskytují vhodné prostředí pro růst vnější synergické populace řas
- korálové útesy srážejí vápník z mořské vody především během období maximální fotosyntézy řas
- asimilace CO<sub>2</sub> posunuje rovnováhu z lépe rozpustného bikarbonátu (kyselého uhličitanu) na méně rozpustný uhličitan
- korálový polyp využívá produkci organických látek řasou, která také odstraní amoniak, který se hromadí v těle živočicha
- jde o výměnu C-, N- P- a O – obsahujících sloučenin
- polypy se prodlužují ke světlu
- volně plovoucí živočichové se přesunou do hloubek s penetrací světla optimální pro fotosyntézu



## Mutualismus může být zvlášť výhodný během určitých ročních období

- ploštěnka pravděpodobně vyžaduje účinný mechanismus pro udržení a recyklaci živin během zimy, kdy je menší přísun živin z terestriálních systémů
- má řasu *Tetraselmis convolutae*

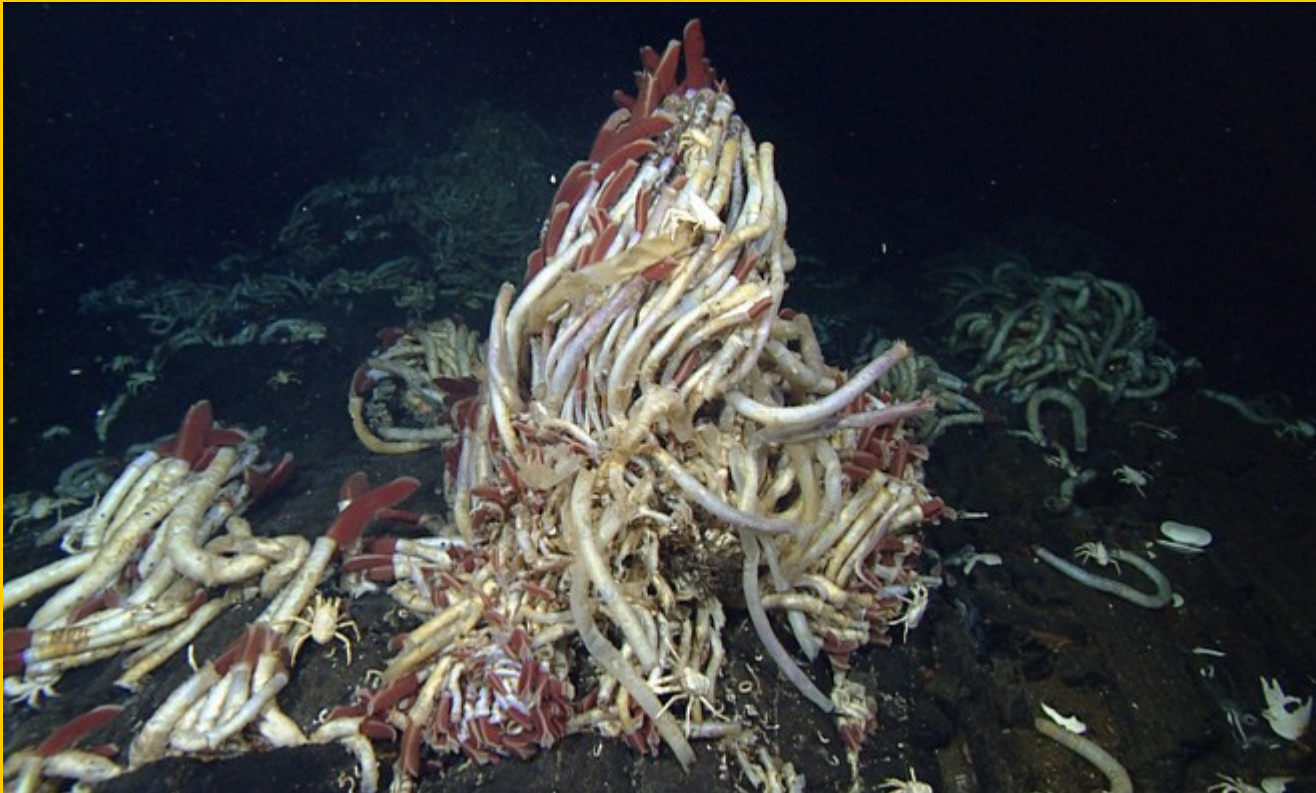
### Euglena a nymfy šídla

- symbióza se vyskytuje jen v zimě, kdy se Euglena nachází ve spodní části zažívacího traktu nymfy šídla
- takto přežijí oba symbionti zimu, kdy je jezero zamrzlé
- v létě žijí oba nezávisle na sobě



## Mutualistický vztah bezobratlých s chemolitotrofními a metanotrofními mikroby

- oceánské příkopy – geotermální voda z hlubokomořských hydrotermálních prúdů obsahuje redukované minerály
- $H_2S$  – podpora komunit 500-1000x hustších než je biomasa okolního hlubokomořského dna
- některé redukované minerály oxidovány volně žijícími bakteriemi, které slouží za potravu pro různé bezobratlé pasoucí se či filtrující živočichy
- skupina bezobratlých žijících s endosymbiotickými chemolitotrofními bakteriemi
- *Riftia pachyptila*, *Vesicomya chordata*, *Calyptogena magnifica*, *Mytilid*, *Bathymodiolus thermophilus*



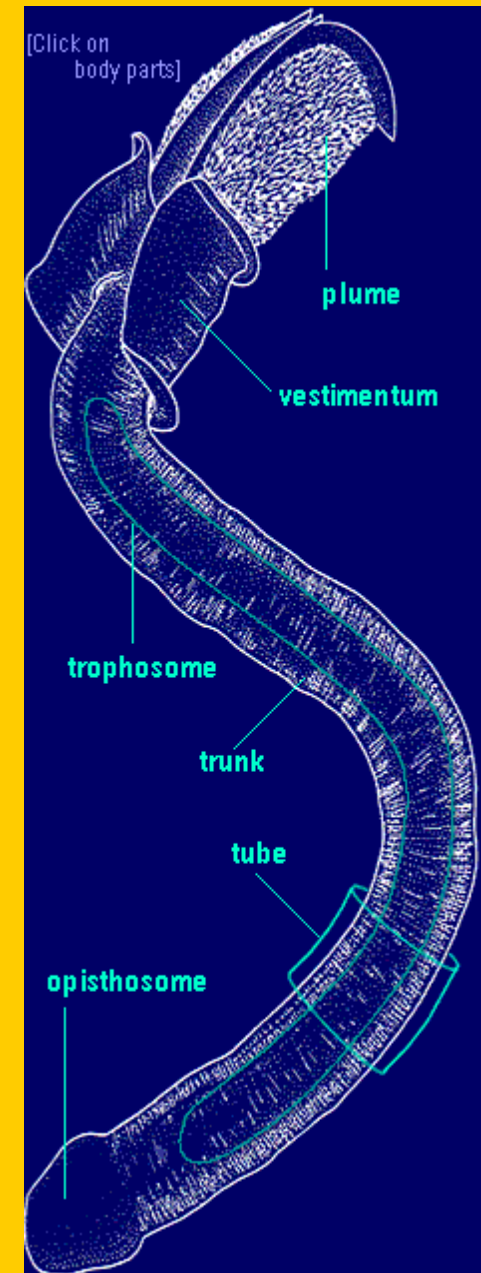
## Riftia pachyptila

- kmen kroužkovců , cca 1500 m pod mořem v Tichém oceánu
- v blízkosti černých kouřících průduchů – toleruje vysoké teploty a koncentraci sirných sloučenin.
- až 2.4 metry, průměr 10-15cm
- svalnatý zatažitelný červený chochol na volném konci – orgán výměny látek s prostředím (H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) – živiny pro bakterie žijící uvnitř jejich těla – v tzv. trophozóm
- žádný zažívací trakt – bakterie (až ½ váhy těla) přeměňují kyslík, sirovodík a oxid uhličitý na organické látky – výživa živočicha





- krvavý chochol – žábra – přenos  $O_2$ ,  $H_2S$  a  $CO_2$
- červená barva chocholu – zvláštní **hemoglobin** – přenáší kyslík i za přítomnosti sulfidů, které dokonce také dokáže přenášet (normálně by ho měly otrávit)
- **trophosome** – mikrobi využívají chemickou energii uvolněnou při oxidaci  $H_2S$  na fixaci  $CO_2$  – organické látky pro mikrobi i červa
- Množí se volně žijícími larvami, které se asi živí planktonem, který filtrují
- zaživací soustava se ztratí po přisednutí larvy
- málo informací o získání endosymbionta – nedá se pěstovat v laboratoři



## Calyptogena magnifica

- 30-40 cm, tkáň krvavě zbarvená hemoglobinem
- podobným výše popsanému
- škeble se živí fitrací a endosymbiont v „žábrech“ jen doplňuje potravu



## Bathymodiolus thermophilus

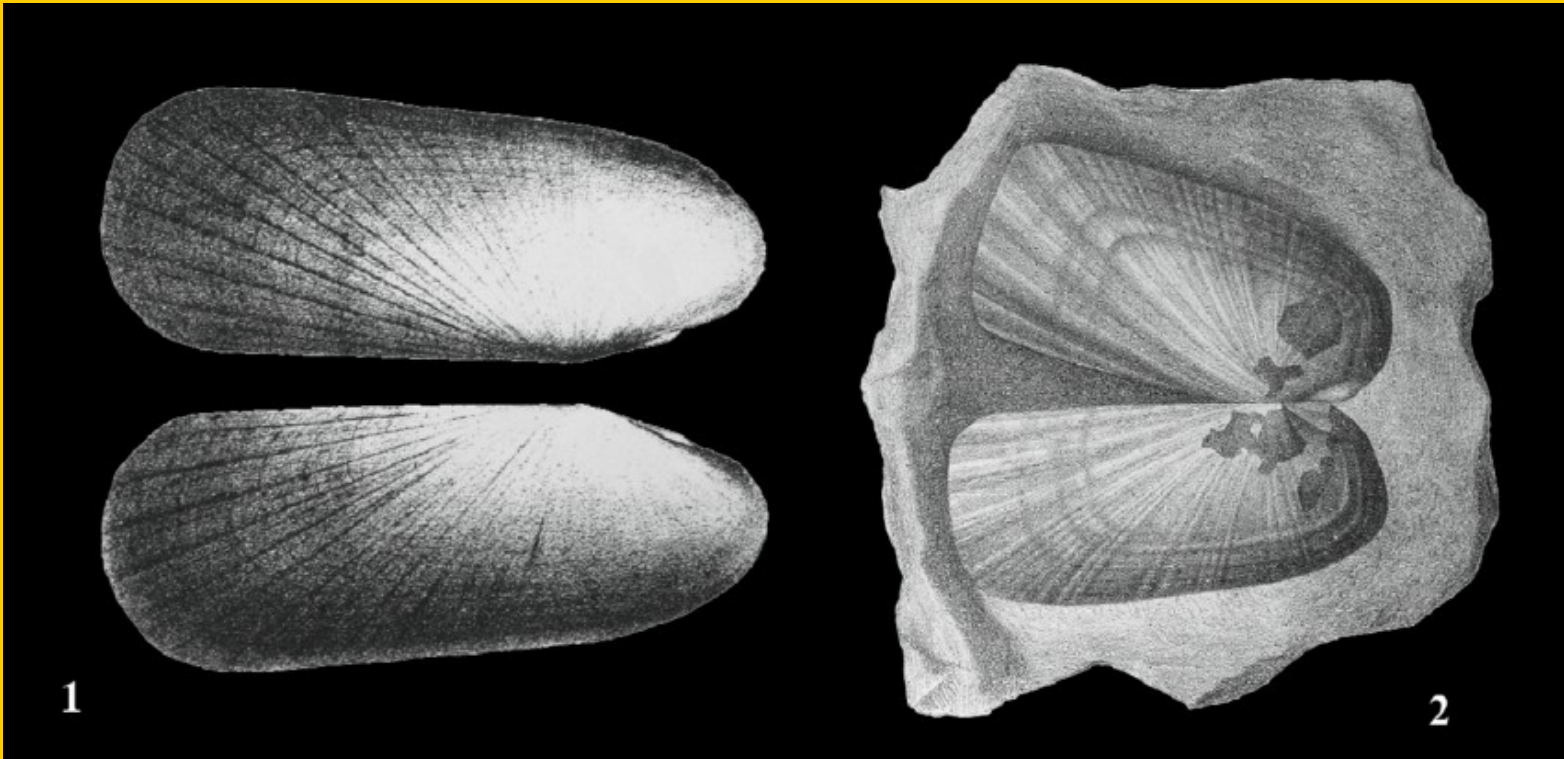
- má chemolitotrofní oxidátory sirovodíku i metanotrofní endosymbionty
- žádný z endosymbiontů se nedá kultivovat
- analýza DNA - každý druh živočicha má unikátního endosymbionta
- jsou si velice příbuzní a patří do gamma proteobakterií
- rod *Thiomicrospira* je nejbližší volně žijící příbuzný



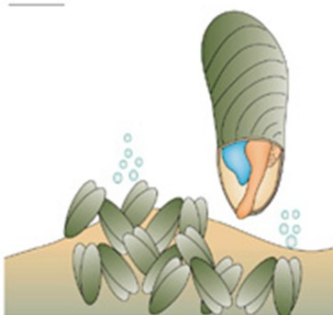
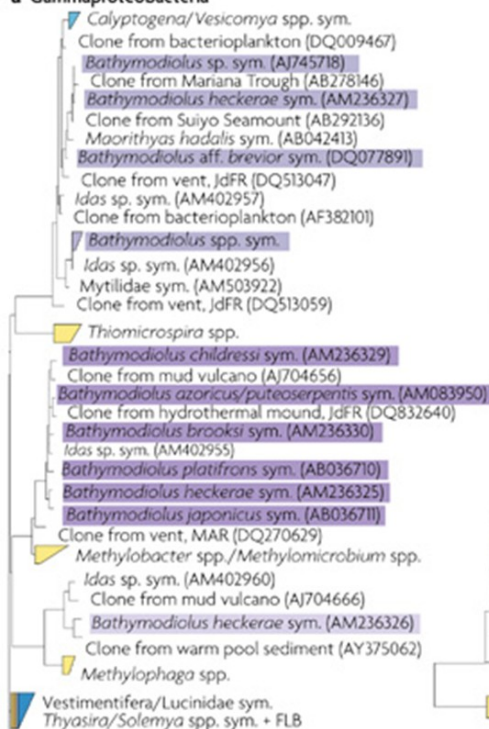
- V některých hlubokomořských prostředích vyvěrají také uhlovodíky spolu se sulfidy
- škeble čeledi *Mytilidae* mají v tkáni žáber symbiotické metanotrofní bakterie
- podle isotopického rozboru škeblí většina jejich uhlíku je odvozena z této symbiózy využívající fosilní metan
- *Mytilus californianus*



- hlubokomořské objevy inspirovaly výzkum společenstev sedimentů říčních ústí, kde se také při anaerobní degradaci organické hmoty tvoří velká množství sirovodíku
- objeveny sulfid-oxidující bakterie v žábách mnohých škeblí
- např *Solemya reidi*, nebo zástupců rodů *Lucinina*, *Myrta* a *Thyasura*
- někteří symbionti jsou intracelulární, jiní jsou lokalizováni v oddělených bakteriocystách mezi kutikulou a tkání živočicha
- některé škeble si uchovaly způsob přijímání potravy filtrací, jiné jsou zcela závislé na symbiontu
- U *S. reidi* probíhá oxidace sulfidů nejen v symbiotické bakterii, ale i v mitochondriích hostitele

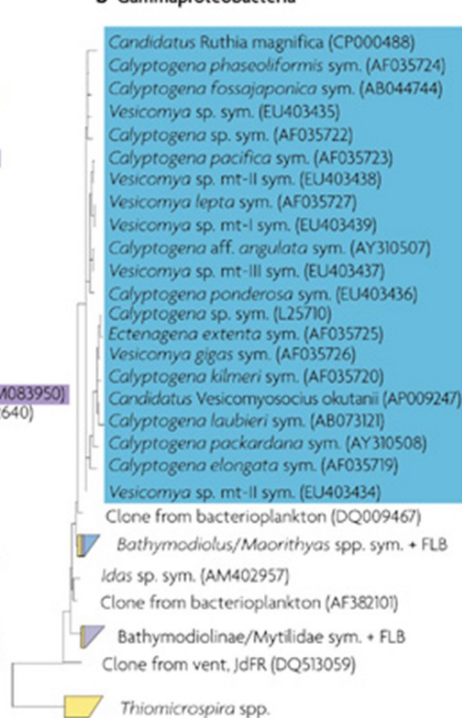


### a Gammaproteobacteria



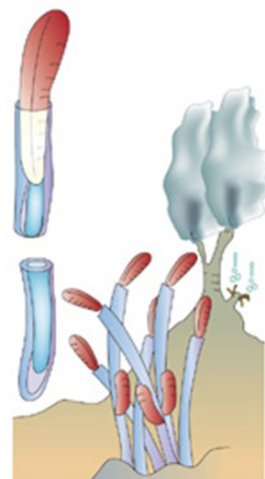
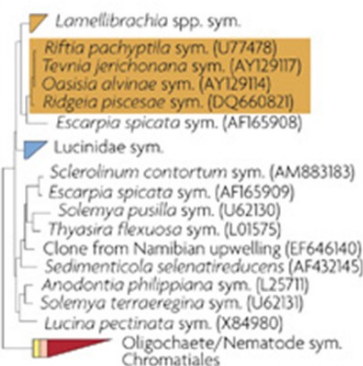
**Mytilid bivalves with bacteria in gills**  
(for example, *Bathymodiolus* spp. and *Idas* spp.)

### b Gammaproteobacteria



**Vesicomid bivalves with bacteria in gills**  
(for example, *Calyptogena* spp. and *Vesicomya* spp.)

### c Gammaproteobacteria



**Siboglinid polychaetes with trophosome**  
(for example, *Riftia pachyptila* and *Lamellibrachia* spp.)

Free-living bacteria (FLB)

Host groups of symbionts

Bivalvia: *Bathymodiolus* spp. thiotrophic symbionts

Bivalvia: *Bathymodiolus* spp. methanotrophic symbionts

Bivalvia: *Bathymodiolus* spp. methylotrophic symbionts

Bivalvia: *Calyptogena-Vesicomya* complex

Bivalvia: *Solemya* spp.

Annelida, gutless oligochaetes

Annelida, Vestimentifera

Bivalvia, *Thyasiridae*

Bivalvia, *Lucinidae*

Nematoda

## Symbiotická produkce světla

- někteří mořští bezobratlí a ryby ustanovili mutualistický vztah s luminiscenčními bakteriemi
- tyto bakterie jsou ve specializovaném orgánu, který může být blízko oka, na bříše, u konečníku nebo čelistí



- u chobotnice luminiscenční bakterie ve dvou žlázách v dutině pláště blízko inkoustových vaků
- luminiscenční bakterie rodu *Vibrio* a *Photobacterium* jsou ve speciálních vakovitých orgánech, které mívají externí póry pro vstup bakterií a výměnu s vnějším mořským prostředím
- ryby zásobují bakterie živinami a chrání je proti kompetici
- luminiscenční bakterie emitují světlo kontinuálně
- některé ryby jsou schopné manipulovat tyto orgány tak, aby emitovaly záblesky světla
- ryba rodu *Photoblepharon* „vypne“ světlo zatažením tmavého závěsu přes světelný orgán





- ryba rodu *Anomalops* – světelný orgán vevnitř vystlaný reflexními guanin-obsahujícími buňkami se otáčí jako oko o téměř 180o
- *Photoblepharon*, *Anomalops* – světelné orgány umístěné blízko očí mají konkávní zrcadla z guanidin-obsahujících buněk a čočky podobné ostřicí struktury – asi jako pátrací světlo
- jde o stádní živočichy - možná i napomáhá učení, nebo odrazuje nepřitele
- bakterie z těchto orgánů se nepodařilo pěstovat vně ryby
- žijí v mělkých vodách, ale většina mutualistických asociací s luminiscenčními bakteriemi je s hlubokomořskými rybami žijícími mimo dosah světla.



- emise světla napomáhá druhovému rozlišení těchto ryb
- tvary a umístění světelných orgánů na rybě a skutečnost, že se často vyskytují jen na jednom pohlaví, naznačují, že tyto bakterie mohou hrát kritickou roli pro páření
- pohyb těchto orgánů může také přitahovat kořist, nebo napomáhat komunikaci s ostatními rybami



- hlubokovodní druhy nelze získat a studovat živé
- jak se vytváří světelné orgány ..... poznatky jen ze studia mělkovodních druhů...
- chobotnice *Euprymna scolopes* vakovitý světelný orgán s póry, po vylíhnutí bez endosymbionta
- má složitou epiteliální strukturu s ciliemi a mikrovilli , které transportují kompatibilní buňky *Vibrio fischeri* do vznikajícího vaku světelného orgánu
- jakmile dojde k infekci, cilia i mikrovilly zmizí
- neinfikovaných živočichů přetrvávají
- ve vodě je 200-400 kompatibilních buněk na jeden mililitr

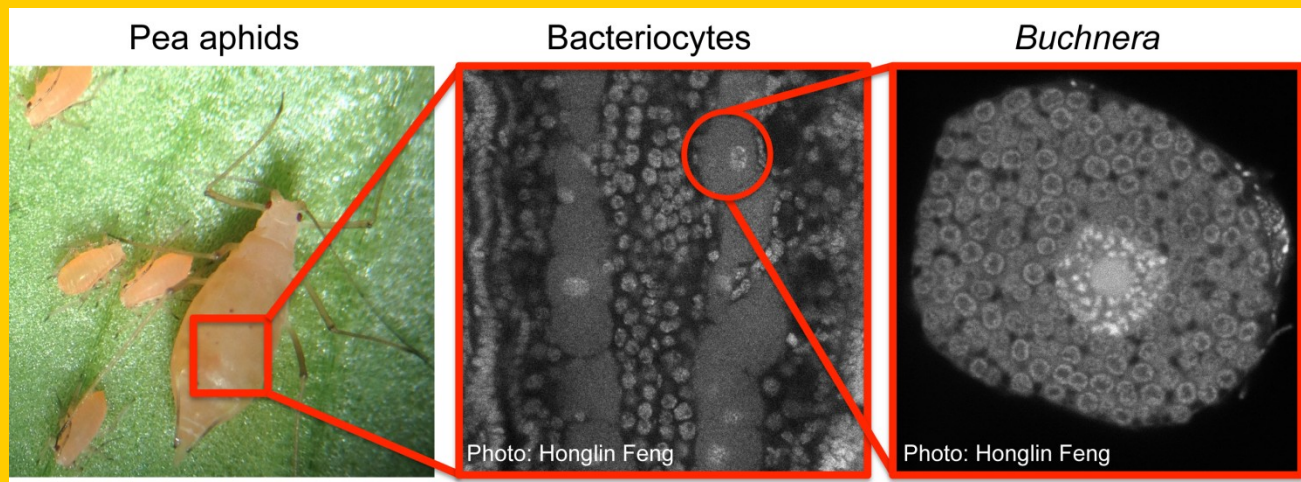


## Nově objevení prokaryotičtí endosymbionti

- objeveni na základě mikroskopických studií v kombinaci fluorescenčních oligonukleotidových sondami specifických pro prokaryotické sekvence (FISH aj)
- pokud je možné endosymbionty ošetřením antibiotiky nebo jinými látkami eliminovat a má to za následek poškození nebo smrt hostitele - mutualismus
- přímé důkazy, ale obtížné z důvodu nekultivovatelnosti mikrobů

Všechny mšice mají klastř buněk zvaný mycetomes skládající se z buněk (mycetocytes)

- tyto buňky ale neobsahují houby, ale bakterie
- po ošetření antibiotiky bakterie zmizí, mšice se přestanou množit a hynou
- bakterie zřejmě produkují AK, které chybí v rostlinné šťávě
- potvrzen proporcionální růst mšice *Schizaphis graminum* a jejího endosymbionta *Buchnera aphidicola* srovnáním váhového přírůstku mšice a počtu kopií bakteriálního genu přítomného ve mšici



- Surgeonfish *Acanthurus nigrofuscus* a bakterie *Epulopiscium*
- v zažívacím traktu, role zatím neznámá (snad trávení celulózy?)
- 80x300-700  $\mu\text{m}$

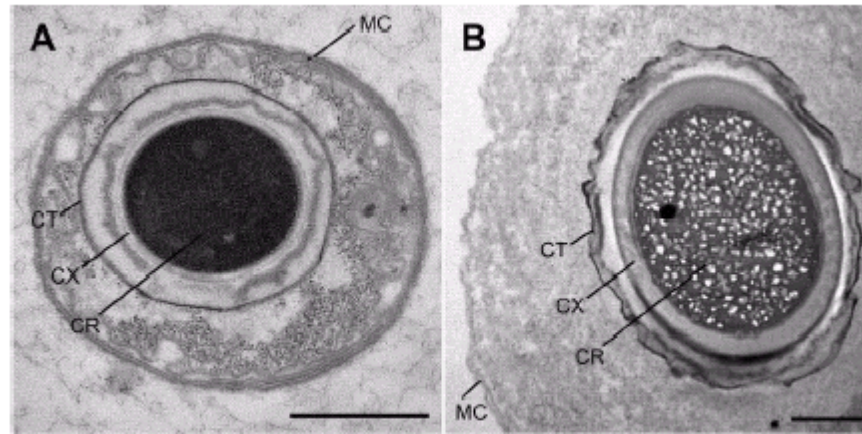


FIG. 3. Ultrastructure of intracellular offspring of *Epulopiscium*-like surgeonfish symbionts. (A) Thin section of an *Epulopiscium*-like cell harboring an offspring with an electron-dense core. (B) A wider cell containing an endospore with electron-dense spore coat and a mottled spore core. Features common to all cells are provisionally labeled: MC = mother cell envelope, CT = outer layer of the coat(s), CX = cortex, and CR = core. Scale bars represent 1.0  $\mu\text{m}$ .

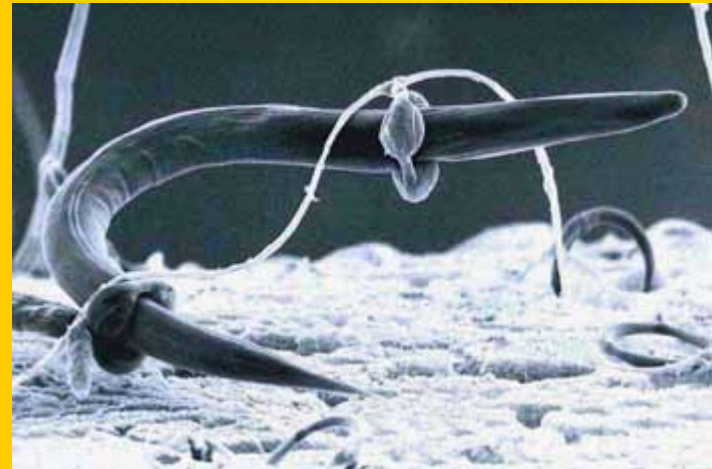
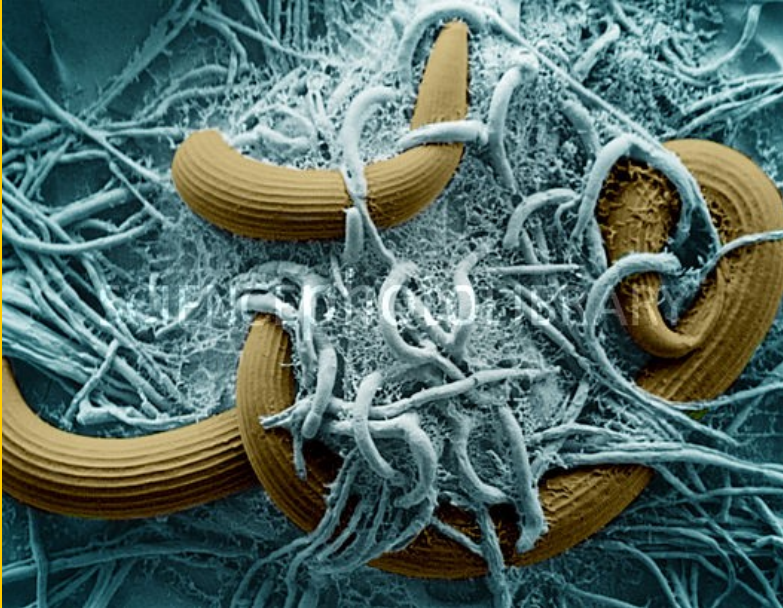


## Houby a živočichové

- houby chytající nematoda (hlístice) a rotifera (vířníky)
- některé houby se živí na nematodech
- především zástupci rodů *Arthrobotrys*, *Dactylaria*, *Dactylella*, *Trichothecium*

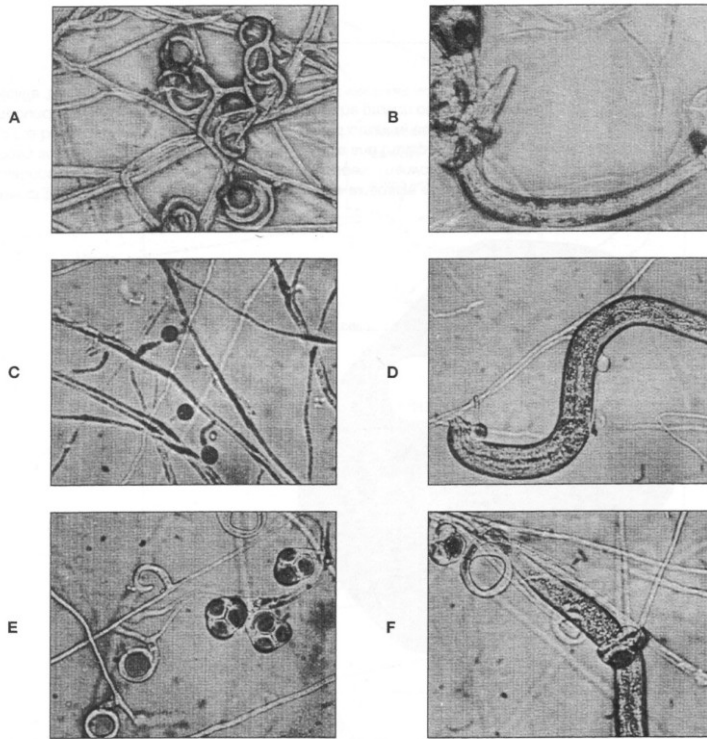
### Mechanismus chytání kořisti

- síť/pletivo adhezivních vláken - adhezivní a stahující se kruhy
- hlístice se pohybuje kolem houbových adhezivních struktur, přilepí se, většinou se jí už nepodaří uniknout
- při pohybu stahujícím se kruhem tento se stáhne náhlým osmotickým zduřením a polapí hlístici



# Houby chytající nematoda (hlístice) a rotifera (vířníky)

158



**Figure 5.9**  
Photomicrographs showing examples of nematode-trapping fungi.  
(A) *Arthrobotrys conoides* traps consist of adhesive hyphal loops or rings.  
(B) *A. conoides* with trapped nematode.  
(C) *Dactylella drechslerii* traps are knobs coated with an adhesive.  
(D) *D. drechslerii* with trapped nematode.  
(E) *A. dactyloides* traps, consisting of rings comprised of three cells each, which capture prey by occlusion. Open traps are shown on left, closed traps on right.  
(F) *A. dactyloides* with trapped nematode. (Source: D. Pramer, Rutgers, the State University.)

- houbová vlákna proniknou do nematod, enzymaticky ho rozloží
- pokud houby rostou za absence nematod, některé pak neprodukují pastové struktury
- přítomnost nematod indukuje jejich tvoření
- většina hub chytajících nematoda patří do deuteromycet, ale je i pár basidiomycet schopných dělat totéž
- druhy *Hohenbuehelia* a *Resupinatus* produkují adhezní pasti
- *Pleurotus ostreatus* (hlíva) a příbuzné druhy neprodukují pastové struktury, ale toxin, který rychle paralyzuje nematoda
- hyfy proniknou do nematoda a stráví ho
- basidiomycety často rostou na rozkládajícím se dřevě, substrátu chudém na N
- chycené nematody by pak mohly doplnit chybějící N

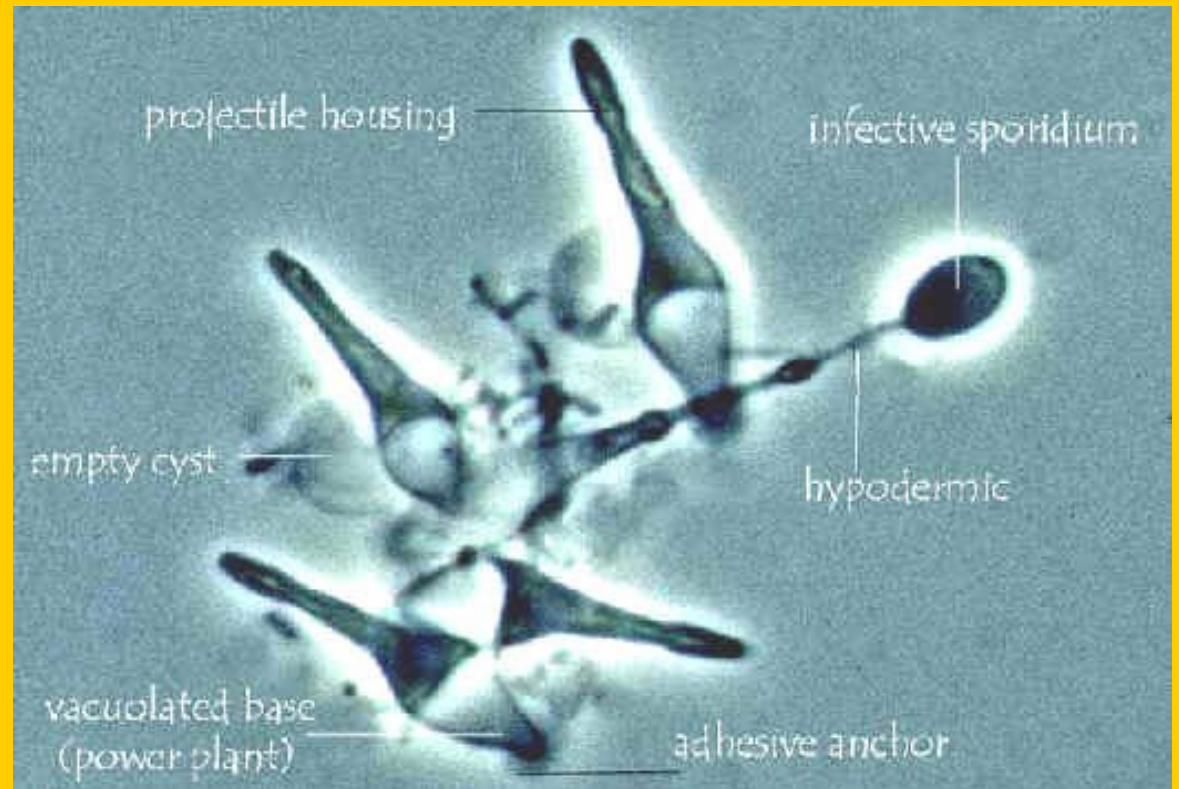
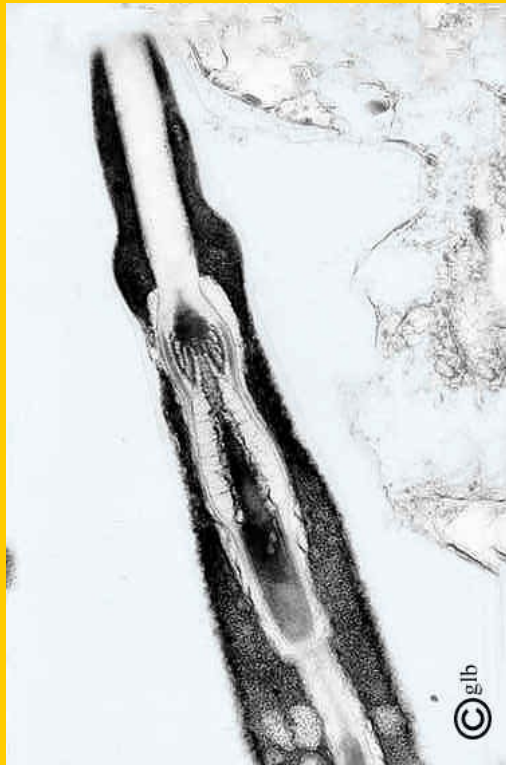
- parazitická oomyceta *Haptoglossa mirabilis* útočí na vířníky
- zoospóra této houby vytvoří speciální cystu, která téměř okamžitě vyklíčí ve speciální buňku (připomínající kuželku)
- vířník dotkne špičky této struktury, buňka vystřelí střelu, která pronikne kutikulou hostitele a infekční sporidium uvnitř vyklíčí ve stélku a zabije hostitele
- uvolněné nové zoospory a cyklus se opakuje
- sporidia vypadají jako bílé elipsoidní kapičky uvnitř hostitelského vířníka





# *Haptoglossa mirabilis* útočí na vířníky

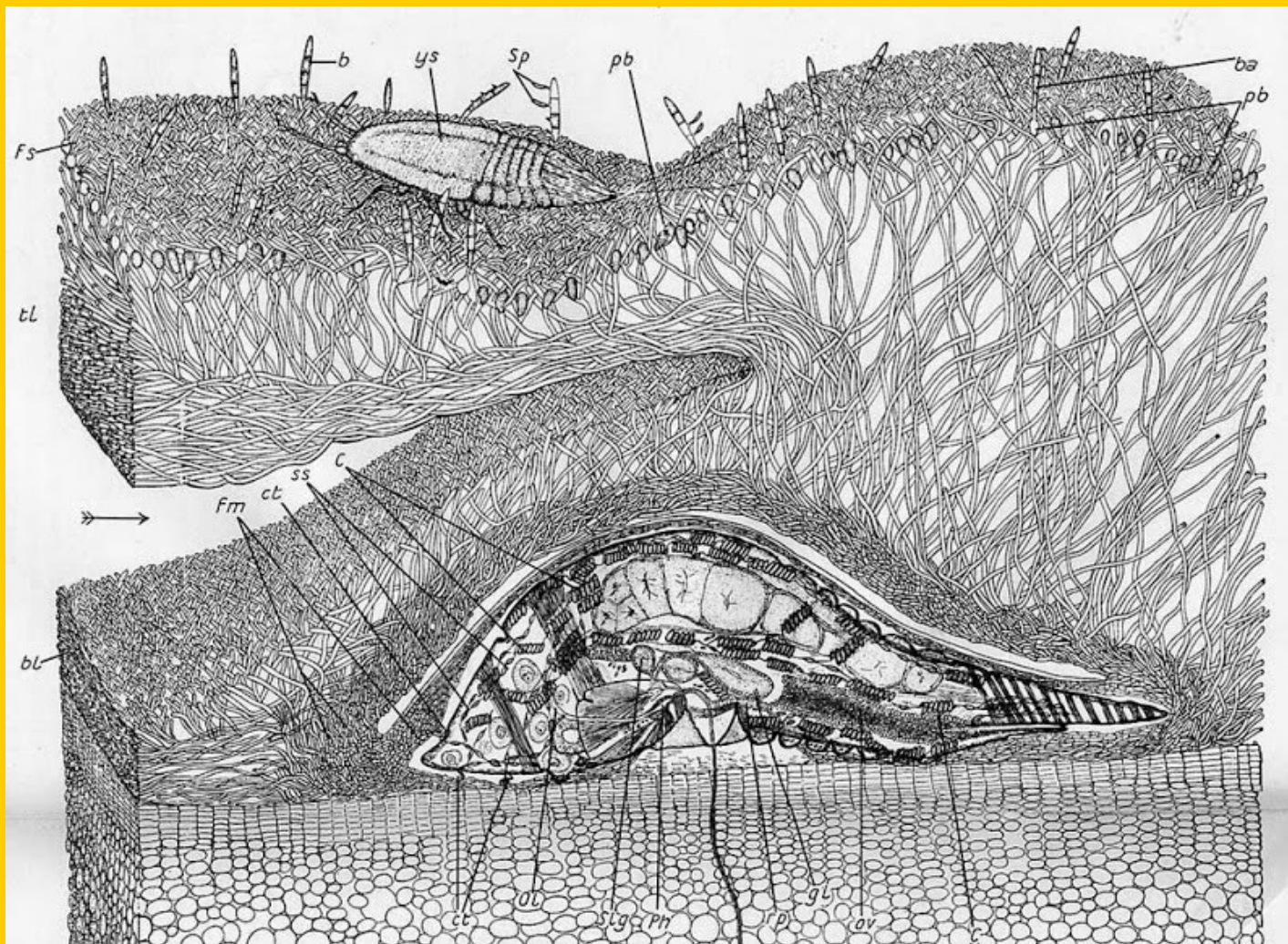
projektil



## Houby a červci

- červci jsou rostlinní parazité kteří sají rostlinné šťávy
- mohou být infikované houbami (*Septobasidium*) během líhnutí
- houbové hyfy obklopí dospívající jedince, uvězní je, ale nezabijí všechny
- hmyz žije a produkuje potomstvo uvnitř mycelia, které drží dospělé jedince, zatímco mladí sají rostlinnou šťávu mezi hyfami
- houba tak ochraňuje hmyz od dalších parazitů a predátorů a hmyz poskytuje houbě výživu
- pohyb mladého hmyzu z rostliny na rostlinu zajistí rozšíření houby
- houba dospělé nakonec zabije a stráví
- houba hraje roli v určení pohlaví hmyzu (mechanismus neznámý)
- vajíčka s houbou se vyvinou v samičky, vajíčka bez houby v samečky
- houba asi zabraňuje ztrátě sex chromozómu





Section through *Septobasidium burtii*: On top, ys: scale insect on top of fungus, picking up basidiospores for dispersal to start up new colony; b: basidium; sp: basidiospores; Section through scale insect in middle: c: Fungal coiled hyphae (=haustoria) receiving nutrient from trapped scale insect that is receiving nutrient from plant through long suctorial tube. Image from Couch, J.N. 1938

## Ekologické aspekty nemocí zvířat

### Dva typy nemoci-způsobujících procesů:

- mikroorganismus roste na nebo ve zvířeti a způsobuje nemoc
  - mikroorganismus roste vně zvířete a produkuje toxické substance, které způsobují nemoc zvířete nebo změni jeho životní prostředí do té míry, že tam zvíře nemůže přežít ve zdraví
- mikroorganismy rostoucí v životním prostředí zvířete (voda, půda)
  - eutrofické podmínky v jezeře způsobí velký nárůst řas s produkcí velkého množství organické hmoty
  - během následné degradace této hmoty se spotřebuje kyslík - za následek úhyn aerobní populace v jezeře (ryby)
  - produkce sirovodíku – toxická pro ostatní organismy (vyšší živočichy) v sedimentech
  - důlní vody – smrt vodních živočichů v ovlivněných potocích....
  - produkce aflatoxinů (*Aspergillus*) na krmivu může zabít drůbež

## Rudý příliv

- způsobuje nemoc a úhyn citlivých živočišných populací
- jsou vystaveny toxinům produkovaným kvetením (masovým narůstáním) *Dinoflagelates* (obrněnka)
- někteří produkují toxiny zabíjející ryby, jiní zabíjejí především bezobratlé
- toxin se potravním řetězcem (filtrací) může dostat až do potravy lidí a způsobit “paralytic shellfish poisoning”.



## Při posuzování ekologických aspektů nemoci je důležité vzít v úvahu

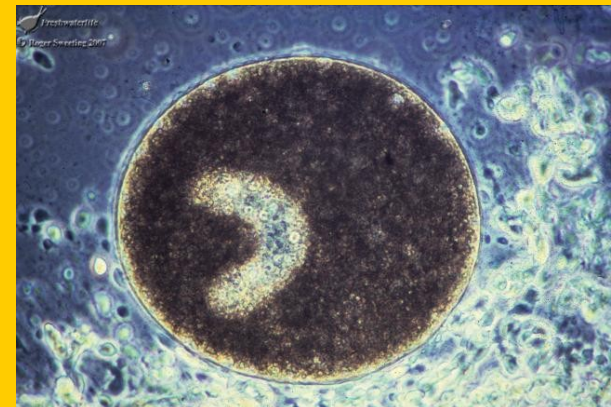
- vhodné podmínky pro růst mikroorganismu a produkci toxinu
- schopnost toxinu zůstat v prostředí v aktivní formě
- koncentrace toxinu nutná pro manifestaci choroby
- faktory způsobující koncentrování nebo ředění toxinů

## Nemoci způsobené mikroby rostoucími na nebo v živočichu

- infekční patogen nebo parazit musí být schopen růst na nebo v živočichu
- někteří patogeni jsou obligátní intracelulární parazité a jsou na svém hostiteli zcela závislí (přežití, invaze, reprodukce)
- většinou infekční organismus roste v hostiteli jen po určitou dobu - po které buď hostitel pojde, nebo si vyvine obranu (imunitní odezvu), která zabrání dalšímu růstu patogena
- patogen pak musí být přenesen na dalšího citlivého hostitele
- důležitý je způsob transmise, jak dlouho může patogen přežít vně hostitele, vliv faktorů vnějšího prostředí na přežití patogena, možný rezervoár nebo alternativní hostitel

## Vstup do hostitele

- přirozenými otvory – respirační a gastrointestinální trakt
- většina patogenů neprojde přes kůži, ale jsou tu výjimky
- nálevník *Ichthyophthirius multifiliis* – pronikne kůží ryby
- a způsobí chorobu ich, často fatální (bílé skvrny na kůži, ploutvích a očích)
- poranění kůže nebo hmyzí kousnutí
- většina patogenů užívá jen jeden typ vstupu do hostitele (limitováno pH, imunní odezvou hostitele, antagonistickou aktivitou normální mikroflóry)
- vstoupí-li jinudy, jiný vztah s hostitelem
- někdy mikrob neškodný a stane se patogenem až za určitých podmínek
- *E. coli* – normální obyvatel intestinálního traktu lidí, ale vstoupí-li do močového traktu, způsobí zde infekci
- tkáně zdravých živočichů jsou sterilní, na povrchu ale mnoho mikroorganismů



- loupání epidermálních buněk a sekrece mazových a potních žláz poskytuje kreatin, lipidy a mastné kyseliny jako potenciální růstový substrát
- převážně suché podmínky, salinita a inhibiční účinky některých mastných kyselin vytváří zároveň nepřátelské prostředí
- které je nejlépe tolerováno některými G+ bakteriemi, corynebakteriemi a některými kvasinkami
- většinou jsou neškodné – komensálové
- některé (*S. aureus*, *C. albicans*) mají potenciál stát se oportunistickými patogeny oslabených nebo imonokompromitovaných jedinců , nebo v případě poškození kůže
- rozdíly v kolonizaci jednotlivých oblastí kůže (vlhkost, sekrety žlázek,..)
- nejméně mikrobů na předloktí a zádech
- nejvíce v podpaží, slabinách, ve vlasech, mezi prsty
- nejčastěji *Staphylococcus* a *Corynebacterium*
- G- na vlhčích partiích
- nejčastější kvasinka *Pityrosporum ovale* a *C. albicans*



## Nakažlivost patogenních mikrobů

- dle jejich schopnosti uniknout z hostitele, kontaktovat nového a úspěšně vstoupit do jeho tkáně
  - schopnost přežít období bez hostitele
  - patogeni normálně přenášeni přímým kontaktem
  - přenos vodou nebo vzduchem, potravou a biologickým vektorem
  - přenos vzduchem – odolnost k vysychání, uvolnění velkého množství mikrobů
  - pokud nemůže přežít vně hostitele, potřebuje přenašeče – specificita hostitele a přenašeče
  - často geografický výskyt určité choroby dán výskytem vhodného přenašeče
- 
- podmínky životního prostředí často určují distribuci patogena ovlivněním
  - citlivosti hostitele, reprodukci patogena a jeho přežíváním a možnými
  - způsoby jeho přenosu
  - teplota, pH, Eh (redox potenciál), koncentrace organických živin – to vše ovlivňuje dobu přežití patogena v prostředí
  - tytéž podmínky životního prostředí jsou důležité pro distribuci
  - a vnímavost populací hostitele i přenašeče
  - přenos nemoci ovlivněn změnami v rovnováze populací původce, reservoáru, přenašeče a hostitele

- např. výskyt legionářské nemoci spojené s výparem vodních těles jako klimatizační systémy = reservoár + mechanismus, kterým se organismus dostane do vzduchu ve formě aerosolu
- role imunního systému - některá zvířata nejsou citlivá k určitému patogenu
- i patogenní mikroorganismy, které úspěšně vniknou do hostitele a způsobí infekci, mohou být eliminovány, když se imunitní odezva hostitele plně aktivuje
- naopak poškozený imunitní systém (AIDS) má za následek citlivost k mnoha infekcím a neschopnost přežít v nesterilním prostředí
- význam fyziologického stavu zvířete (špatná výživa, stresy)



## Patogenní mikroorganismy rozšiřované živočišnými vektory

**Table 5.2**  
Examples of disease-causing microorganisms dispersed by animal vectors

Etiologic agent	Reservoir	Vector	Disease
<i>Rickettsia rickettsii</i>	Rodent	Tick	Rocky Mountain spotted fever
<i>Rickettsia typhi</i>	Rodent	Flea	Endemic typhus
<i>Rickettsia prowazekii</i>	Human	Louse	Epidemic typhus
<i>Rhabdovirus</i>	Rodent, dog	Rodent, dog	Rabies
<i>Togavirus</i>	Human, monkey	Mosquito ( <i>Aedes aegypti</i> )	Yellow fever
<i>Arbovirus</i>	Horse, human, bird	Mosquito	Encephalitis
<i>Trypanosoma cruzi</i>	Human, various animals	Conebug	Chagas' disease
<i>Yersinia pestis</i>	Rodent	Flea	Bubonic plague
<i>Trypanosoma gambiense</i> and other <i>Trypanosoma</i> spp.	Human, various animals	Tsetse fly	African sleeping sickness
<i>Leishmania donovani</i>	Cat, dog, rodent	Sandfly	Dum-dum fever (kala-azar disease)
<i>Borrelia burgdorferi</i>	Mouse, deer	Deer tick ( <i>Ixodes dammini</i> )	Lyme disease (borreliosis)

## Ekologie nových infekčních chorob

- změny životního prostředí
- změny v lidských aktivitách změnila úroveň populace patogena a přenašeče a zvýšily tak pravděpodobnost přenosu patogena na člověka
  
- budování dálnice v amazonském pralesu do nového hlavního města
- Brazílie - brzy poté propukly mnohé infekční nemoci mezi dělníky
- 1961 virus horečky Oropouche způsobil chřipce podobnou epidemii
- 11000 lidí nakaženo
- bylo to spojeno s budováním dálnice – díky narušení pralesa se nesmírně pomnožily malé mušky, které slouží jako přenašeč tohoto viru
  
- podobně výskyt hemorrhagické horečky způsobené virem Ebola, Marburgské hemorrhagické horečky nebo žluté zimnice, lze spojit se změnami životního prostředí (tyto viry původně v opicích)
- Rift Valley fever původně v hovézím dobytku, ovcích a komárech
- Muerto Canyon Fever – hlodavci

## Kyasanur (flaviviridae)

- příklad spojení populace patogena, reservoáru patogena, přenašeče a zvířecího hostitele
- V roce 1957 výskyt této horečky – Indie – spojován s následujícími faktory:
- infekce přirozeně udržována v lese v reservoáru ptáků a savců a přenášena klíšťaty
- zvýšila se lidská populace v oblasti mající za následek zvýšené pasení dobytka v lese
- za následek zvýšenou populaci klíšťat (dospělé stádium je závislé na velkých savcích, kteří poskytují dostatek potravy)
- populace klíšťat byla infikována virem, ten se přenesl na opice a pomnožil se
- virus byl přenesen na lidi

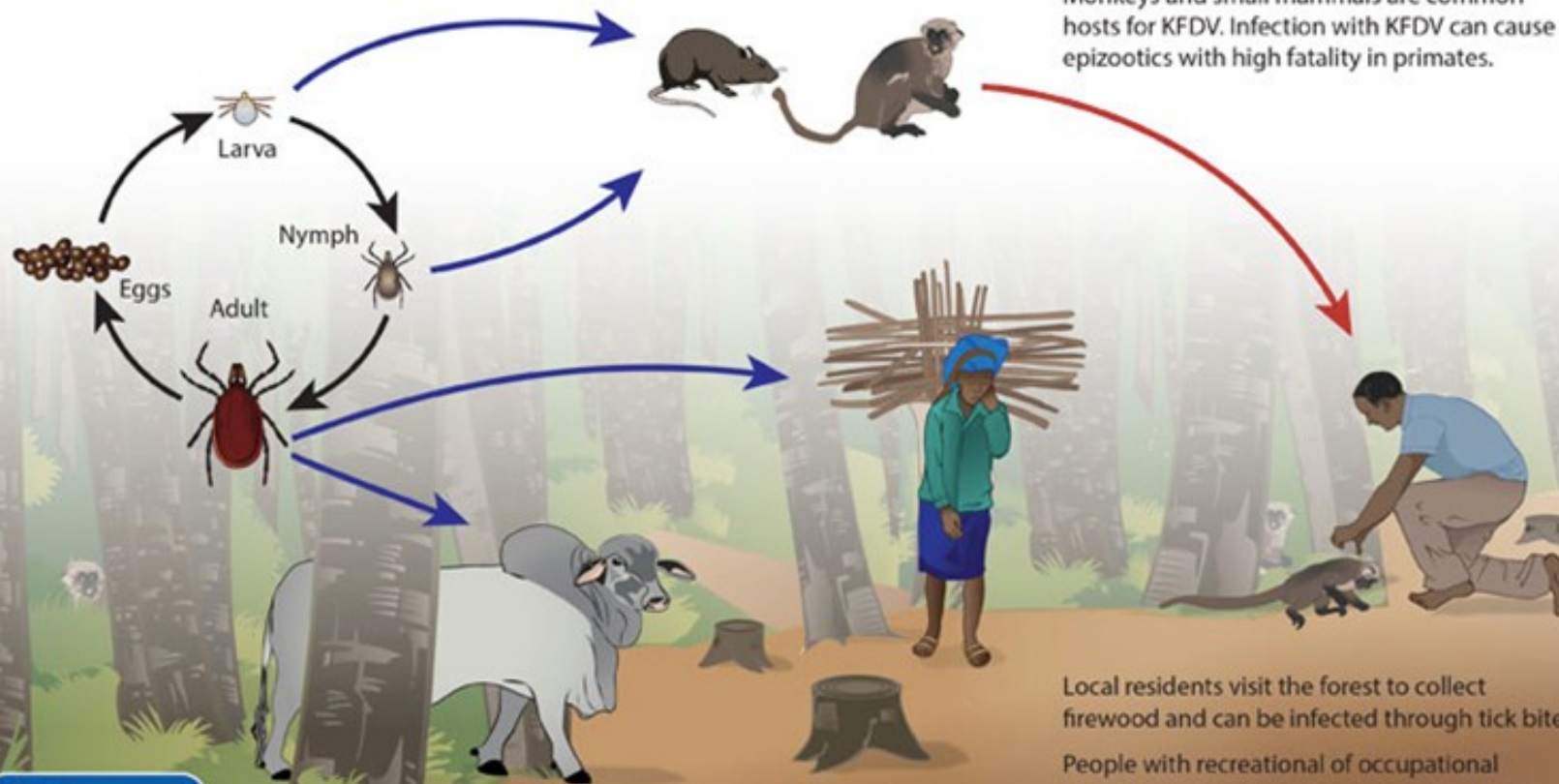


# Kyasanur Forest Disease (KFD) Virus Ecology

The hard tick *Haemaphysalis spinagera* is the reservoir and vector of Kyasanur Forest Disease Virus (KFDV). Once infected, ticks remain so for life and are able to pass KFDV to offspring via the egg.

Transmission of KFDV to humans may occur after a tick bite or contact with an infected animal, most commonly a sick or recently dead monkey. No person-to-person transmission has been described.

Human cases occur more frequently in drier months (Nov-June) and in Southwest and South India.



Monkeys and small mammals are common hosts for KFDV. Infection with KFDV can cause epizootics with high fatality in primates.

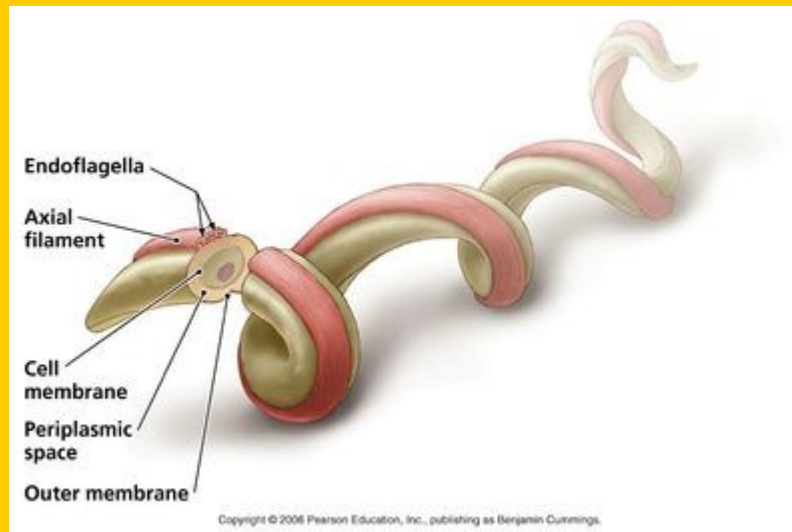
Larger animals such as cattle, goats, or sheep may become infected with KFD but play a limited role in transmission of disease to humans.

Local residents visit the forest to collect firewood and can be infected through tick bites. People with recreational or occupational exposure to rural and outdoor settings (e.g., hunters, farmers, people making charcoal) in Karnataka State and South India are potentially at risk for infection.

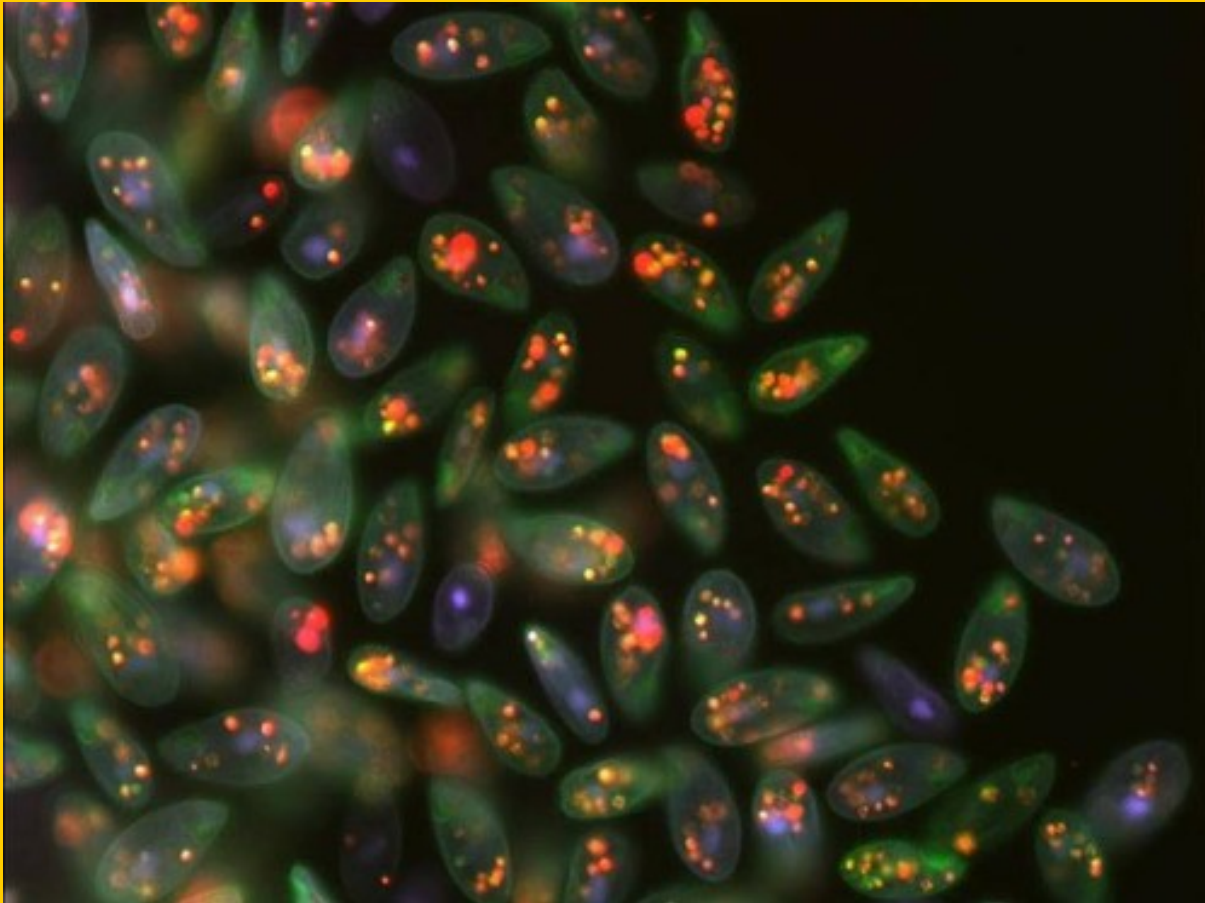


## Borrelia burgdorferi

- spirocheta způsobující borliózu (lymskou nemoc – podle města Old Lyme – první výskyt v 1970s)
- přenos kousnutím klíštěte *Ixodes dammini*
- prvotní příznaky – jako chřipka s nebo bez zarudnutí kolem kousnutí
- na počátku se dá lehce zvládnout antibiotiky
- neléčená může silně poškodit klouby, srdce, a CNS
- mladé klíště saje na malých hlodavcích
- dospělé hlavně na vysoké
- infekce je právě z těchto infikovaných divokých zvířat, které nemají žádné příznaky
- sáním klíštěte přenos na lidi nebo dobytek, kde se objeví popsané příznaky
- jako hlavní příčina zvýšeného výskytu se uvádí obnovení populací
- „white-tailed deer“ v blízkosti měst



# DĚKUJI ZA POZORNOST



<https://www.youtube.com/watch?v=P32SC4ZEQ9s>