



**Botanika bezcévných rostlin a protistologie  
pro učitelské kombinace  
2024**

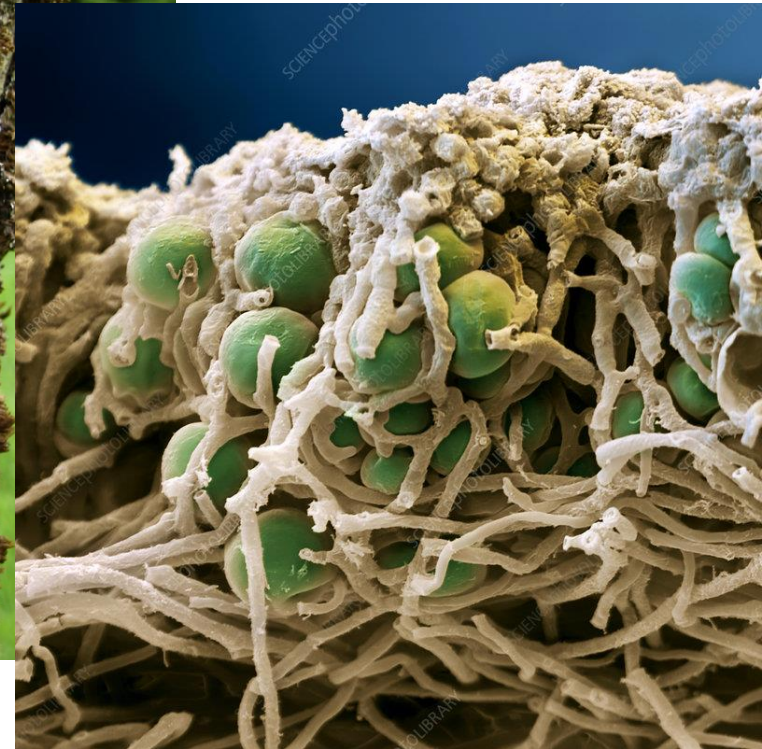


**Lišejníky 1**

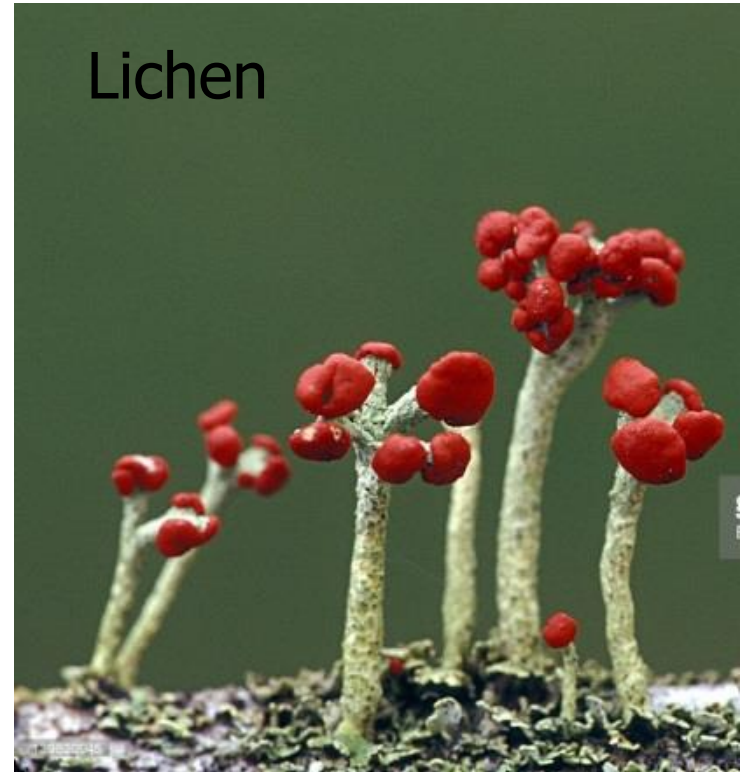
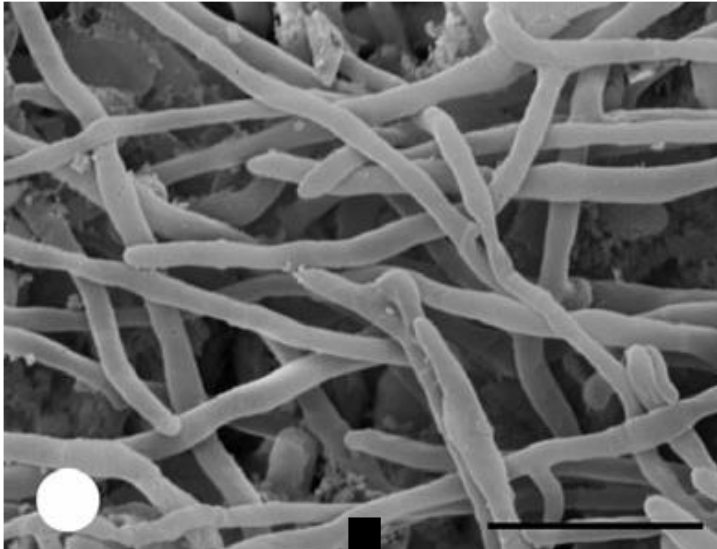
David Svoboda



Co je lišejník?

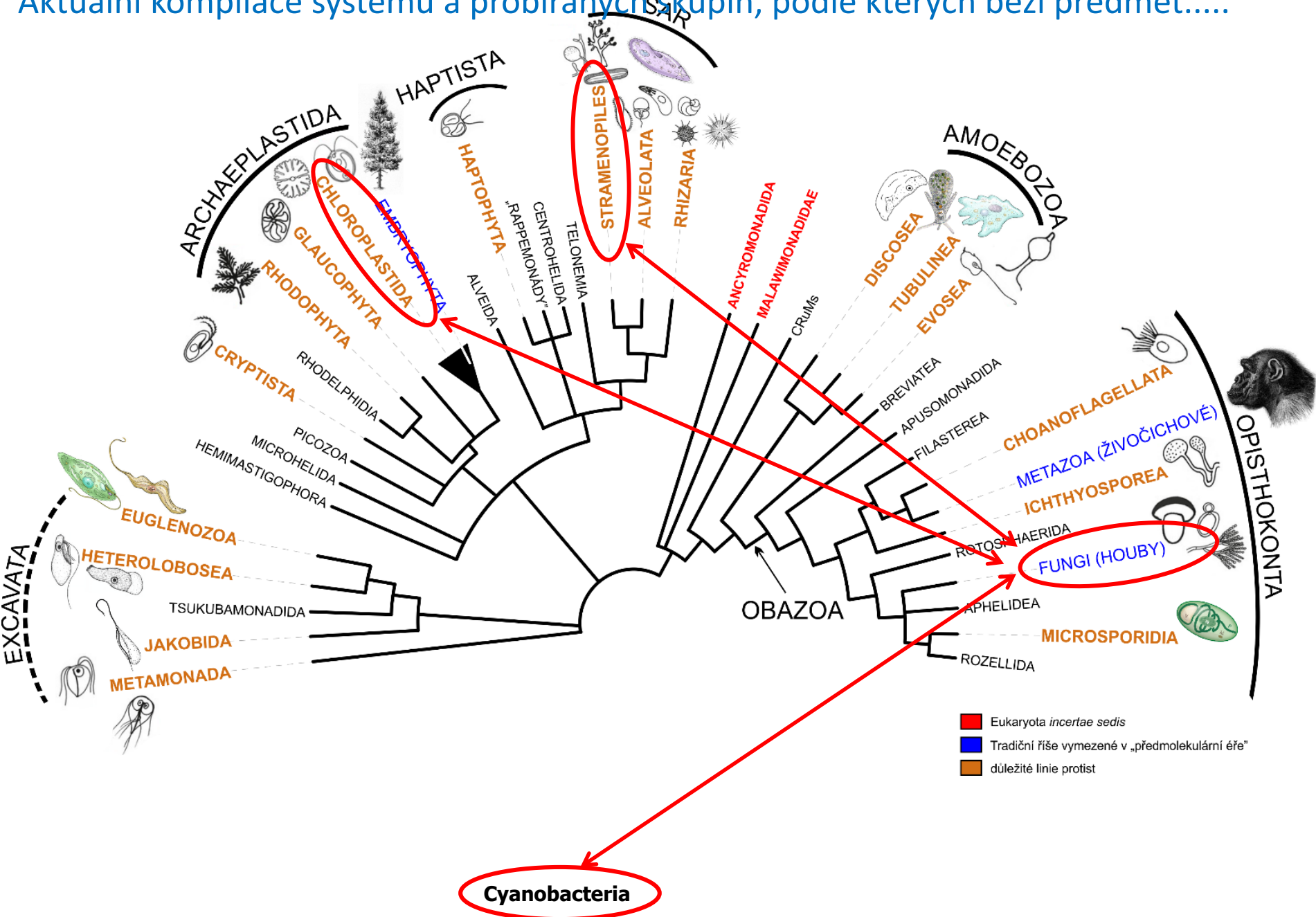


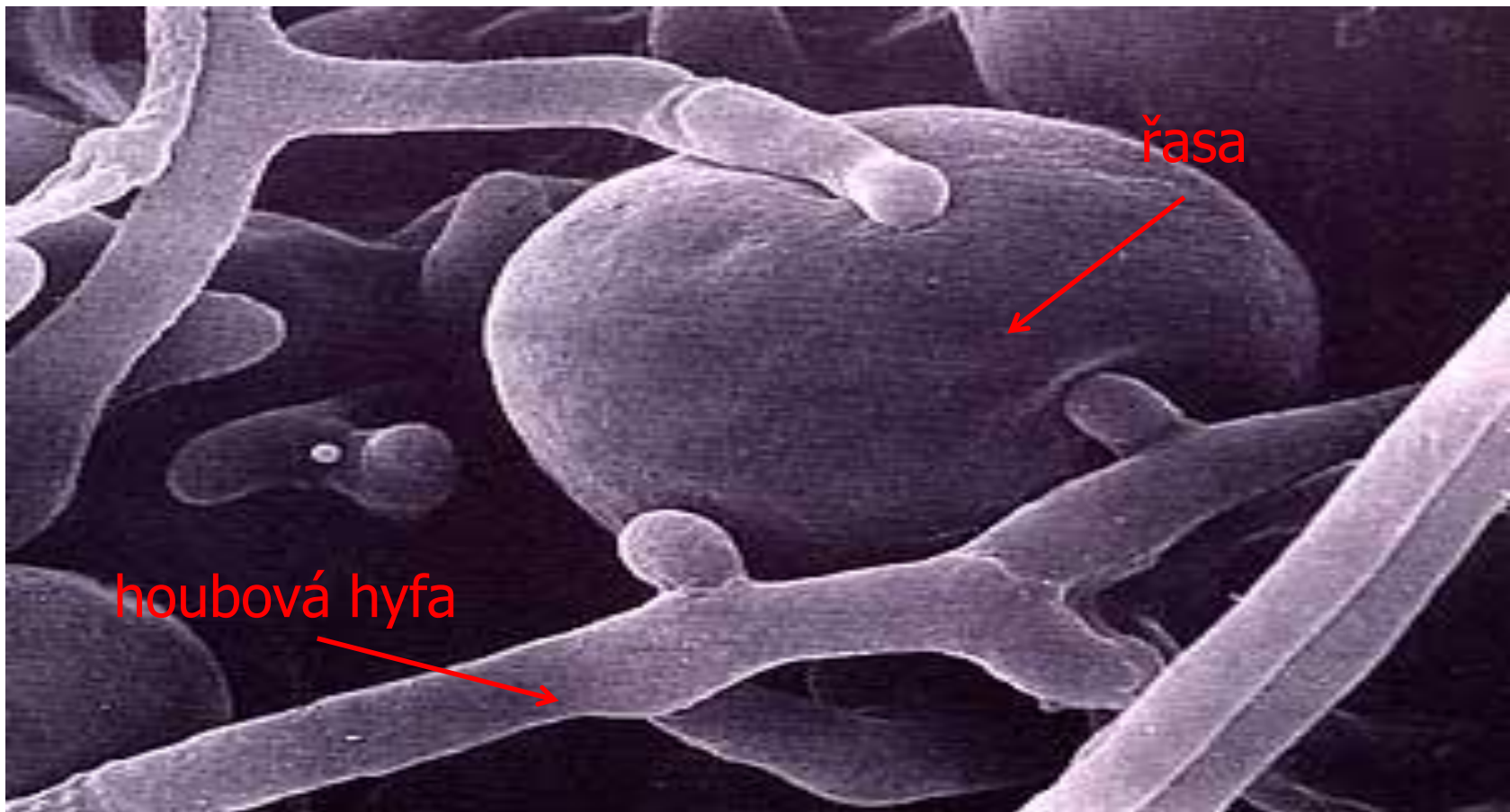
Mycobiont/mycosymbiont



Photobiont/phycobiont/phycosymbiont

Aktuální kompilace systému a probíraných skupin, podle kterých běží předmět.....

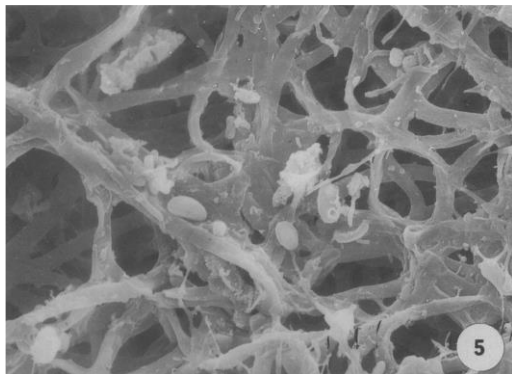




Lichenismus – asociace houby a zelené řasy/sinice za tvorby specifické stélky

Demi- lichenization  
částečná lichenizace, volné soužití

Ne všechna soužití řasy a houby jsou lišejníky



Zavada & Simoes 2001

řasa v horní  
části  
plodnice



*Trametes versicolor*



## Charakteristika asociace:

Symbióza?

Mutualismus?

Parasitismus?

Kontrolovaný parasitismus?

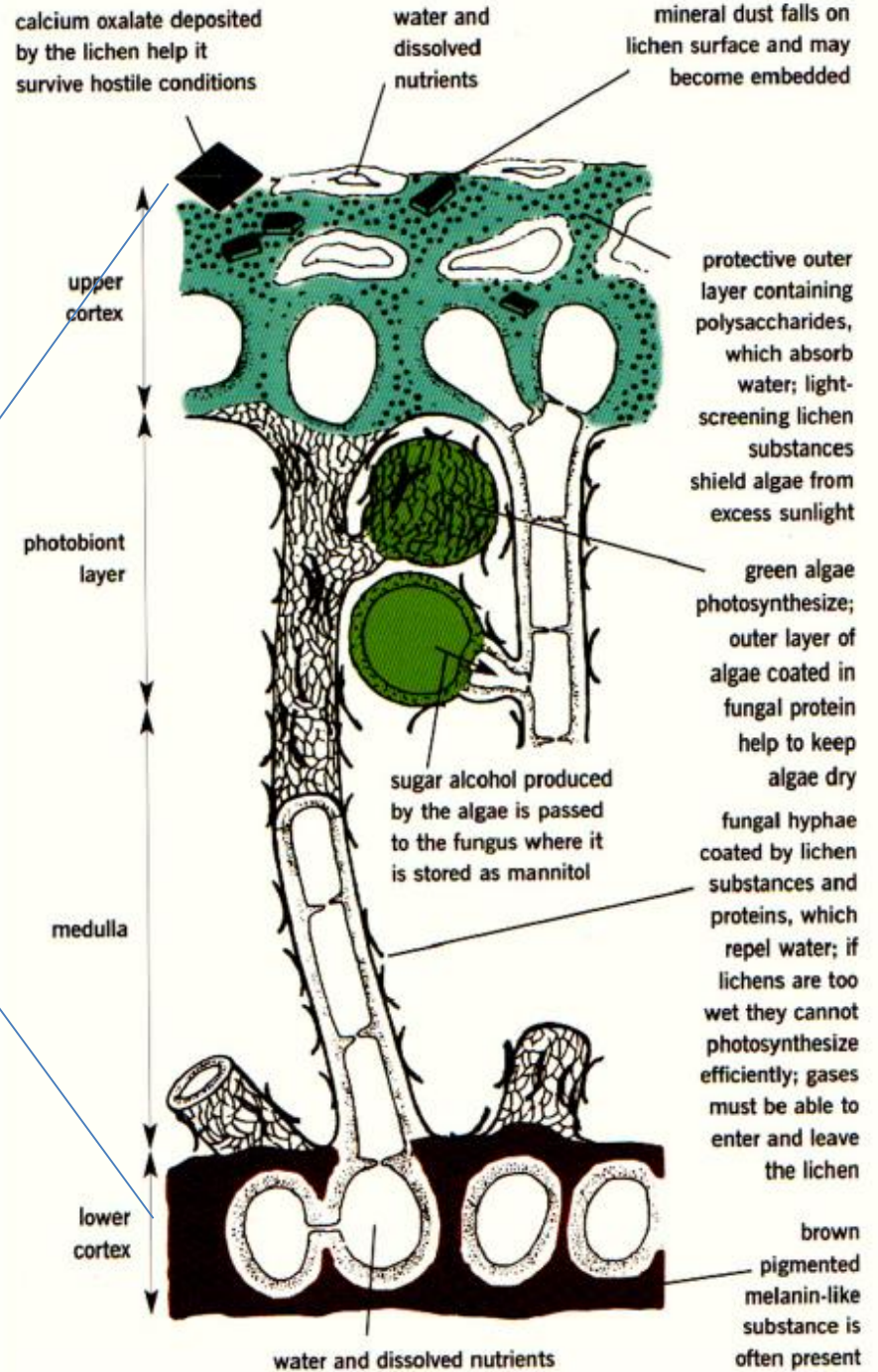
„zemědělství“?

volně žijící:

- fotobionti jen zřídka

- mykobionti nikdy (?)

Jak to funguje?





# Fotobiont

součást struktury lišejníku

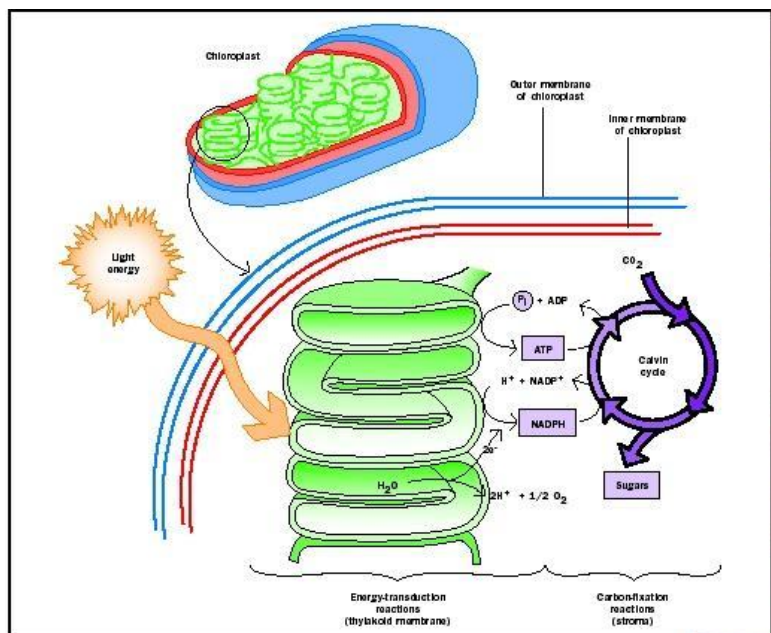
chráněn mykobiontem (UV, vyschnutí, herbivoři)

rozšíření niky

fotosyntéza

modifikovaná struktura (menší bb, větší chloroplasty)

nepohlavní rozmnožování (velmi vzácně i pohlavní)



# Mykobiont

tvoří strukturu („tělo lišejníku“)

od fotobionta výživa

výživa a ochrana fotobionta (UV, vyschnutí, ....)

rozšíření niky (chladná, suchá místa)

stavba stélky

pohlavní rozmnožování

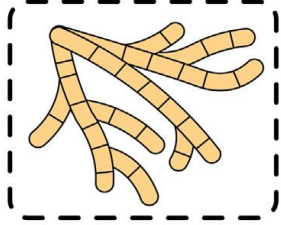


Lichens are fungi that discovered agriculture  
(T. Goward)

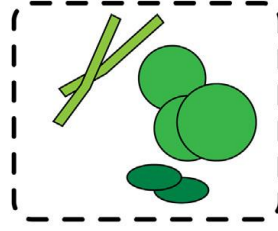
But...



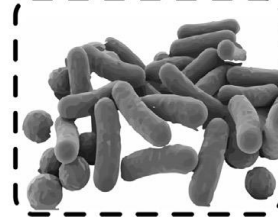
Dominant & abundant fungal mutualist.  
>20,000 described species of fungi.



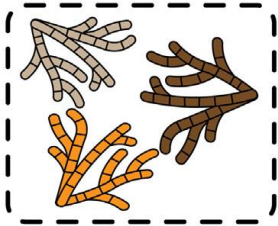
Photosynthetic mutualists.  
Green algae and/or cyanobacteria.



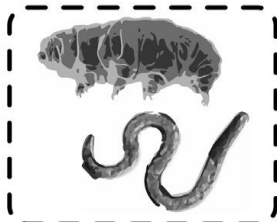
Endolithic bacterial community.  
Mutualists & commensalists.



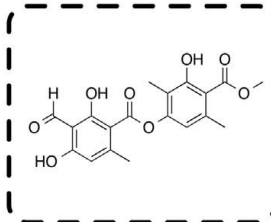
Endolithic fungal community.  
Commensalists & parasites.



Microinvertebrate community.  
Nematodes & tardigrades dominant.



Secondary metabolites.  
Intra-thalline functions & ecosystem interactions.



**Lichen thallus deconstructed.** Each individual lichen is comprised of a multitude of organisms that together constitute a miniature ecosystem. One primary mutualistic fungal symbiont contributes the majority of the biomass and structure to the thallus, and one or more photosynthesizing symbionts constitute the most important photosynthetic partners. Other species of fungi and microalgae, along with bacteria and micro-invertebrates, grow as commensalists in and among the scaffold of the dominant symbionts. Some species of fungi grow as pathogens and parasites. Secondary chemistry produced by the main fungal symbiont drives the functional interactions among organisms in the thallus and with the environment.

Lišejníky = lichenizované houby

Jméno dává lišejníku houba, nikoliv řasa:



(*Sticta damaecornis* f. *canariensis*)



(*Sticta dufourii*)

***Sticta canariensis*** (Bory) Bory ex. Delise

forma se zelenou řasou

forma se sinicí



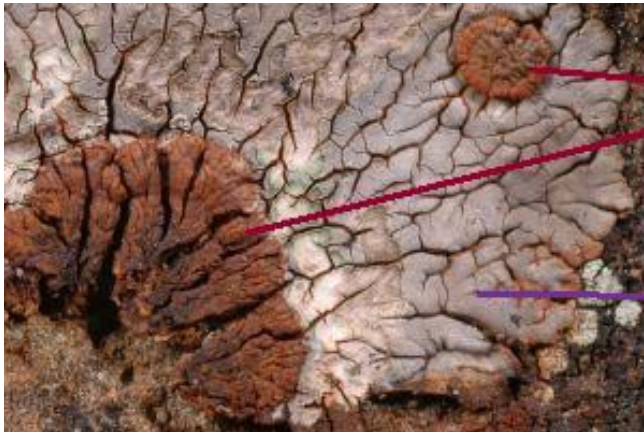
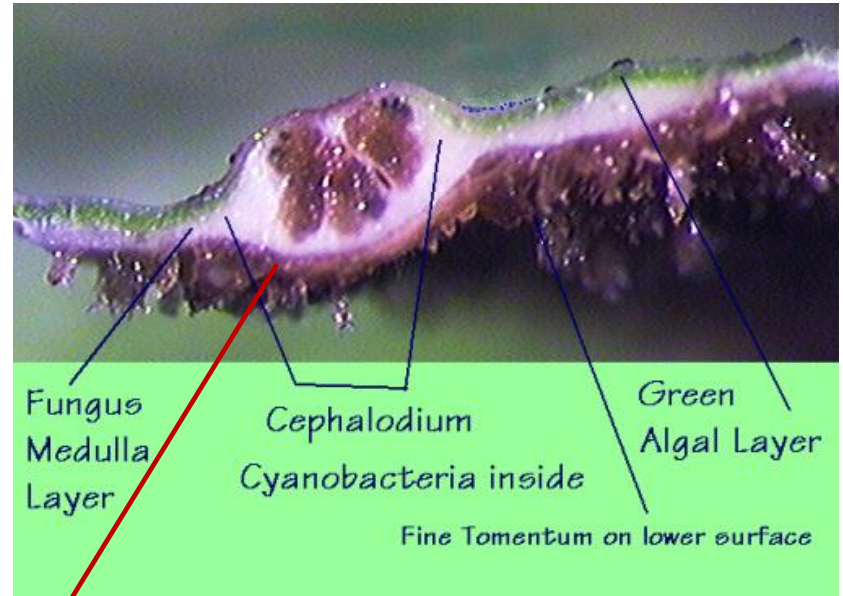
*Cladonia rangiformis*  
+  
*Asterochloris mediterranea/lobophora/italiana/woessiae*  
=  
*Cladonia rangiformis*

# Vztah není jen 1 : 1 ...



*Lobaria amplissima* a *Dendroscocaulon umhausense*

**forma se zel. řasou a na ní forma se sinicí dohromady – více fotobiontů**



**Cephalodia  
containing  
cyanobacteria**

**Thallus  
containing  
green algae**



**cephalodia** – útvary s jiným fotobiontem (sinicí) na stélce

# Jméno dává lišejníku houba – ale která houba?

## **Diversita hub v lišejnících**

- parazitické houby
- parazitické lišejníky
- asymptomatické endothallické/endolichenické houby
- povrchový biofilm
- třetí, čtvrtý, ... symbiotický partner?





*Caloplaca thallincola* na *Verrucaria maura*



lichenikolní houba na *Pertusaria pertusa*



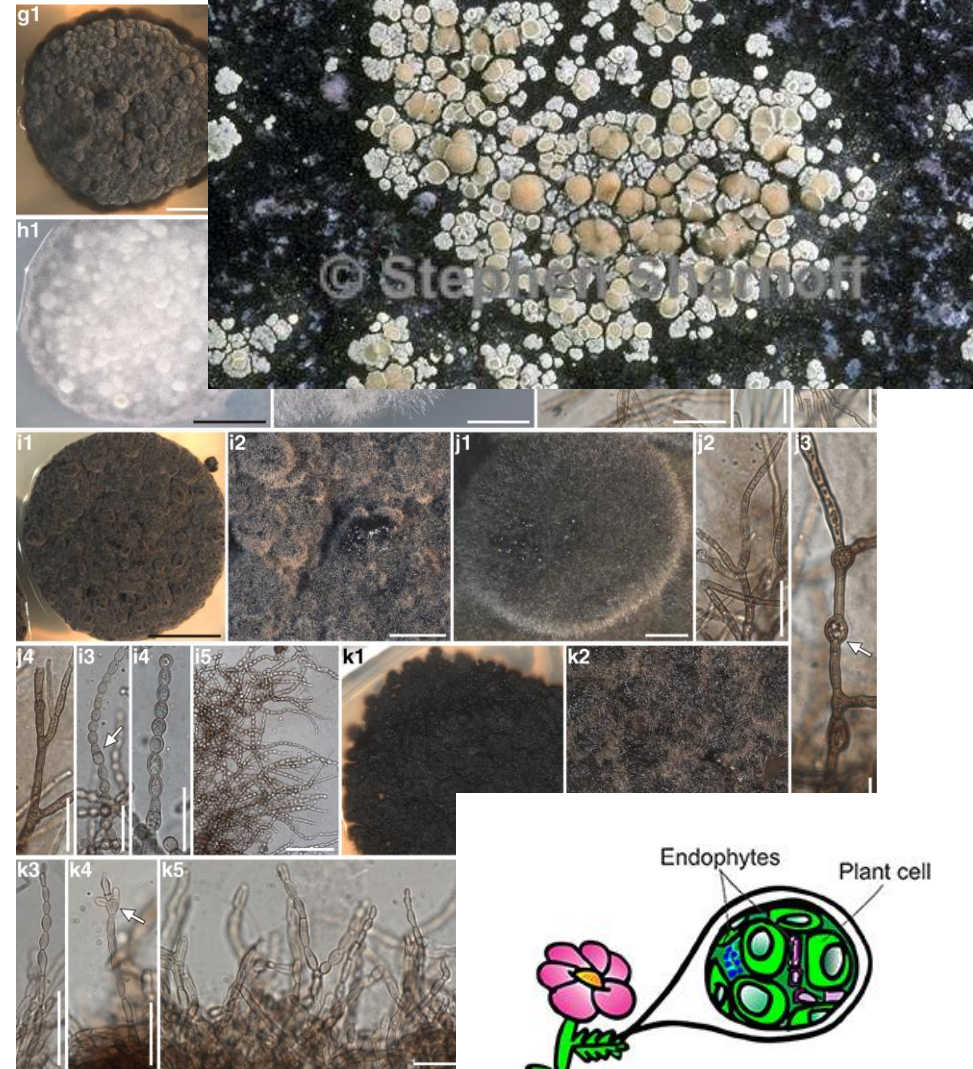
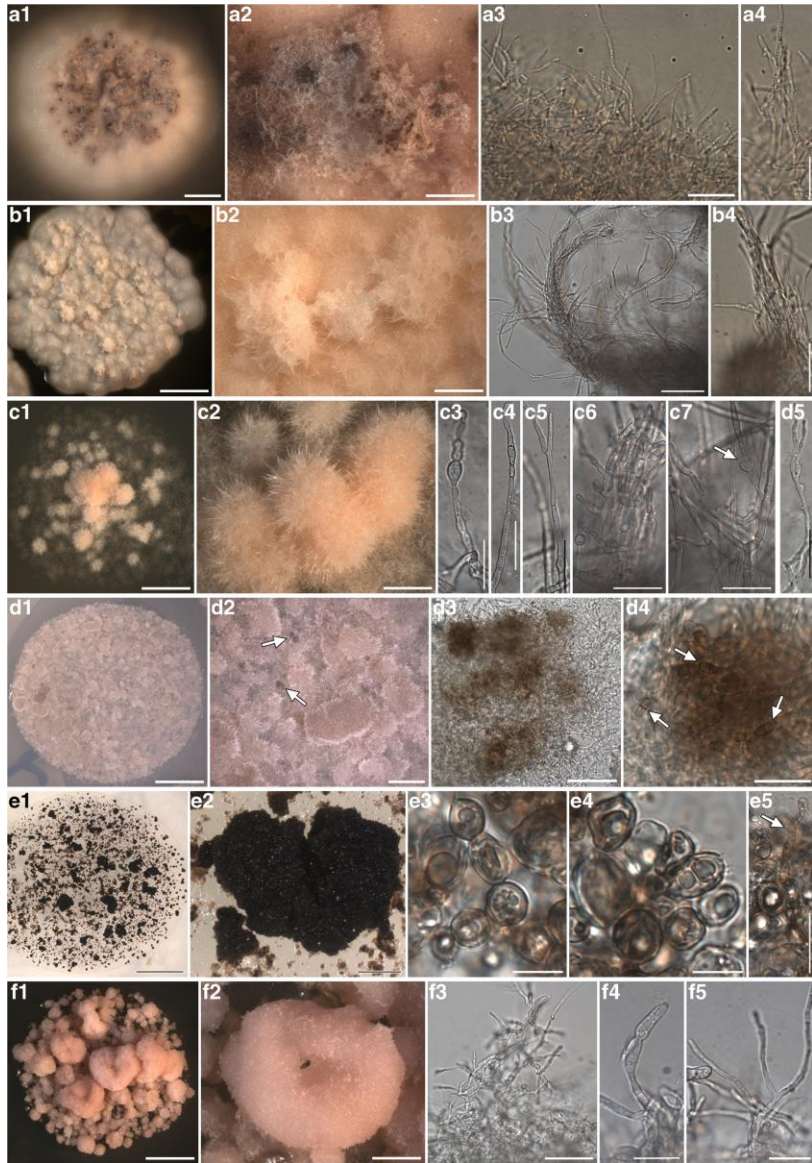
lichenikolní houba na *Sticta*



lichenikolní houba na *Cladonia arbuscula*

více mykobiontů – parazitické houby, parazitické lišejníky

# Symptomless lichenicolous fungi



## Endolichenic fungi or „endolichenic lichens“?

**Muggia et al., 2018:** The thallus structure of the lichen symbiosis provides a fungal shelter for the growth of algal partners. The long-living thallus also provides a habitat for other fungi, but experimental studies, which could inform us about the details of their interactions have hardly been conducted.

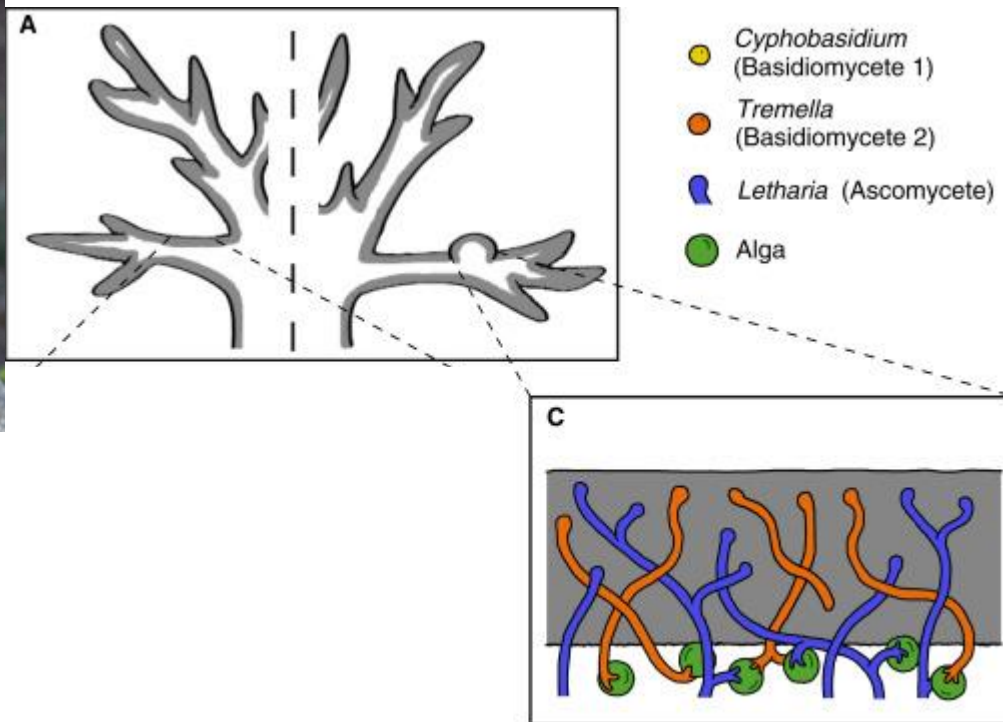


(J–L) *Muellerella atricola* (L1993) and *Trebouxia* sp.1 (L1379) 3 months (J), six months (K) and one year (L) after inoculation on malt yeasts medium (MY).

## Multiple mycobionts in one lichen thallus?

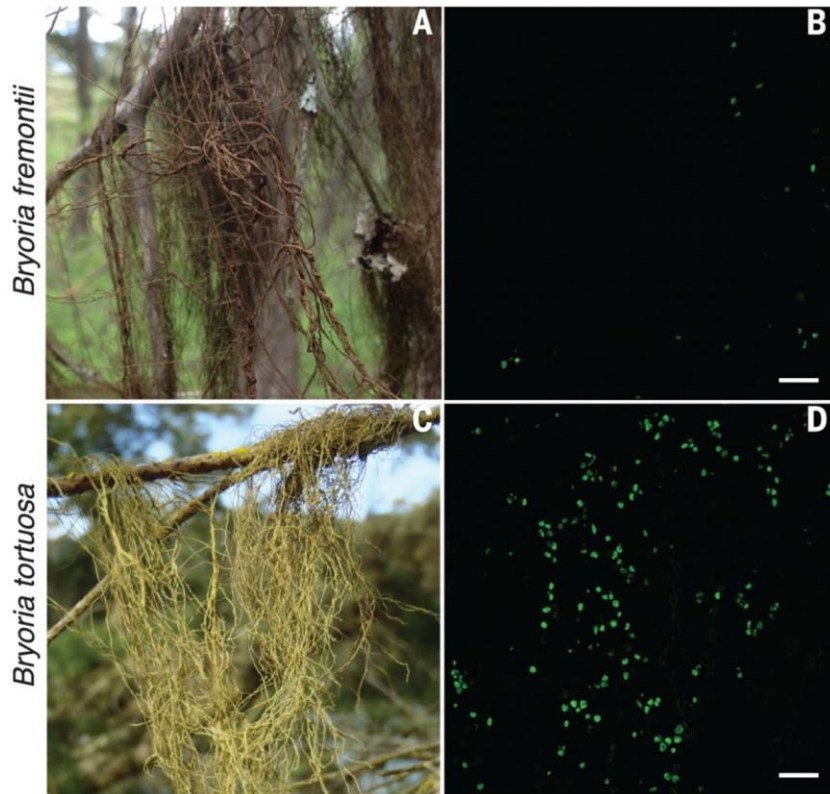


*Letharia vulpina*



Current Biology

## Basidiomycete yeasts influencing ascomycete lichen phenotype

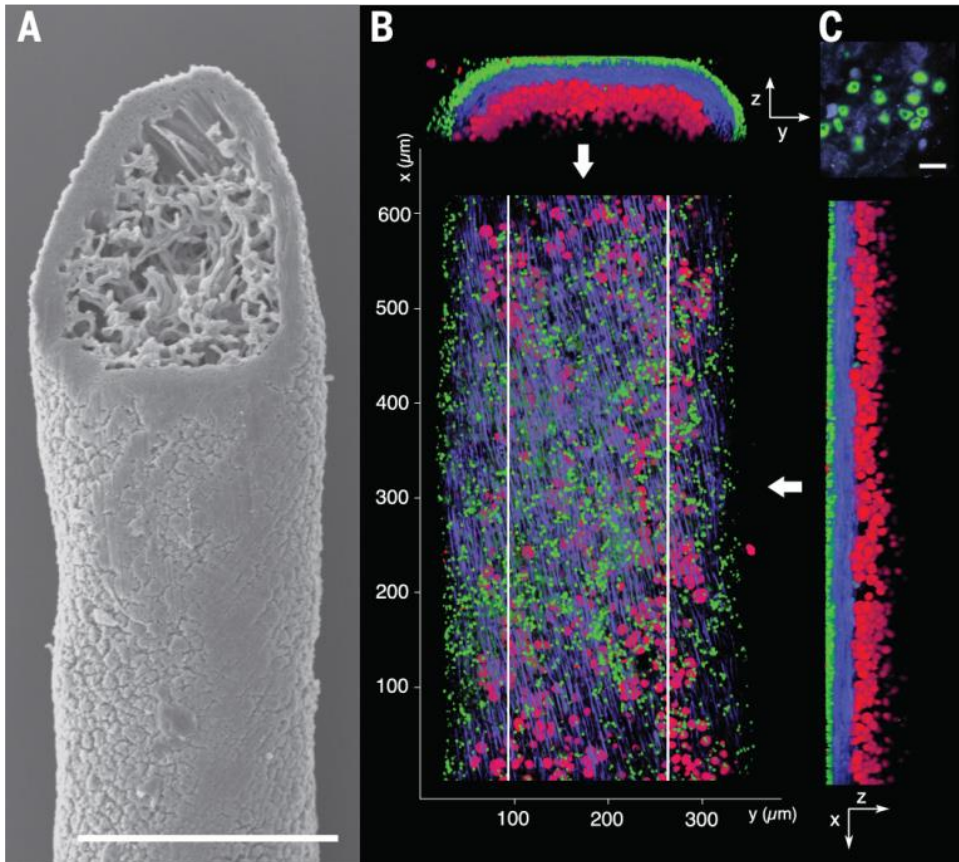


### Differential abundance of Cyphobasidiales yeasts in *B. fremontii* and *B. tortuosa*.

*Bryoria fremontii* – no vulpinic acid, brown, *B. tortuosa* – vulpinic acid, yellow colour.

(A) *B. fremontii*, with (B) few FISH-hybridized live yeast cells at the level of the cortex. (C) *B. tortuosa*, with (D) abundant FISH-hybridized cortical yeast cells (scale bars, 20  $\mu\text{m}$ ).

## Basidiomycete yeasts influencing ascomycete lichen phenotype



Fluorescent cell imaging of dual fungal elements in lichen thalli. (A) Scanning electron microscopy image of a thallus filament of *B. capillaris* (scale bar, 200  $\mu\text{m}$ ). (B) FISH hybridization of *B. capillaris* thallus, showing Cyphobasidiales yeasts (green) and the lecanoromycete (blue) with algal chlorophyll A autofluorescence (red). The volume within the two vertical lines is visualized on the right; the unclipped frontal view is shown at the top. Movie S2 shows an animation of the three-dimensional  $\sim 100\text{-}\mu\text{m}$  z-stack. (C) Detail of yeast cells (scale bar, 5  $\mu\text{m}$ ).

Spribille et al. 2016

## Shrnutí

- Lišejník má jméno podle dominantního mykobionta, nezávisle na řase/řasách.
- Lišejníky je ekosystém – je zde mnoho doprovodných hub, některé mohou být velmi důležité pro celek



## Důležité vlastnosti lišejníků :



- **reviviscence**: schopnost rychle a reversibilně přecházet ze suchého do hydratovaného stavu

- **odolnost proti nízkým teplotám**: asimilace až do - 40 °C (naměřený extrém)



- **schopnost růst na různých (nehostinných) substrátech**

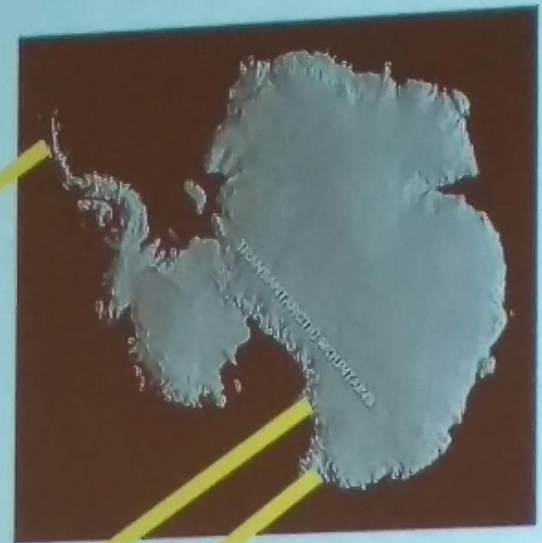
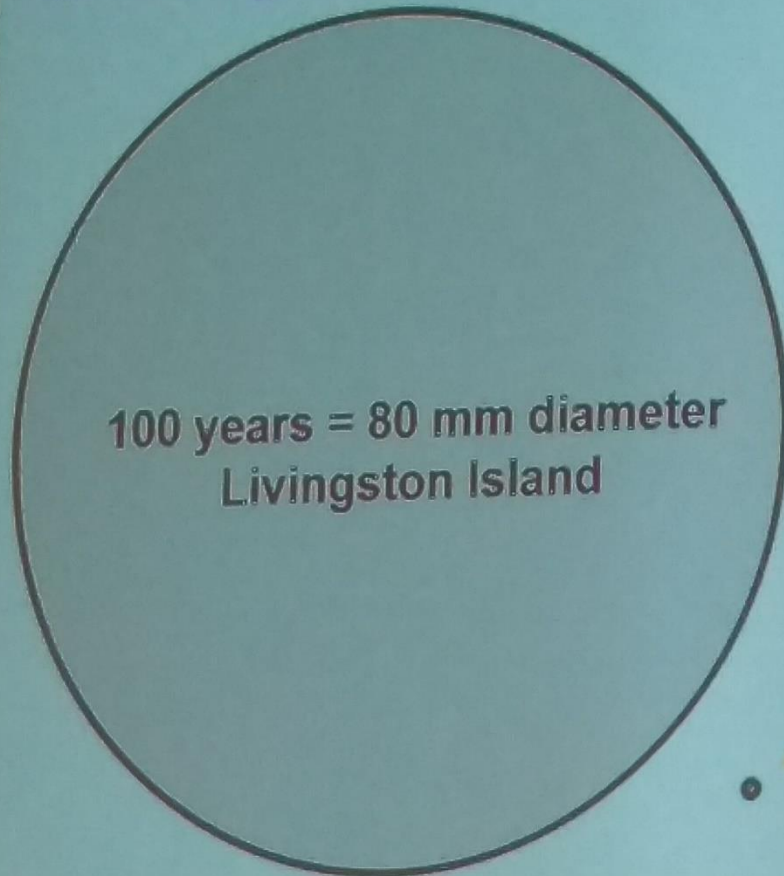
- schopnost **produkce sekundárních metabolitů**, z nichž většinu houba ani řasa nejsou schopné samostatně vyrábět (barevné pigmenty, lišejníkové kyseliny).



- **schopnost tvorby stélky s dlouhou životností** (korovité lišejníky řádově stovky let).



## Lichen growth in 100 years



100 years = 6 mm diam.  
Hallett

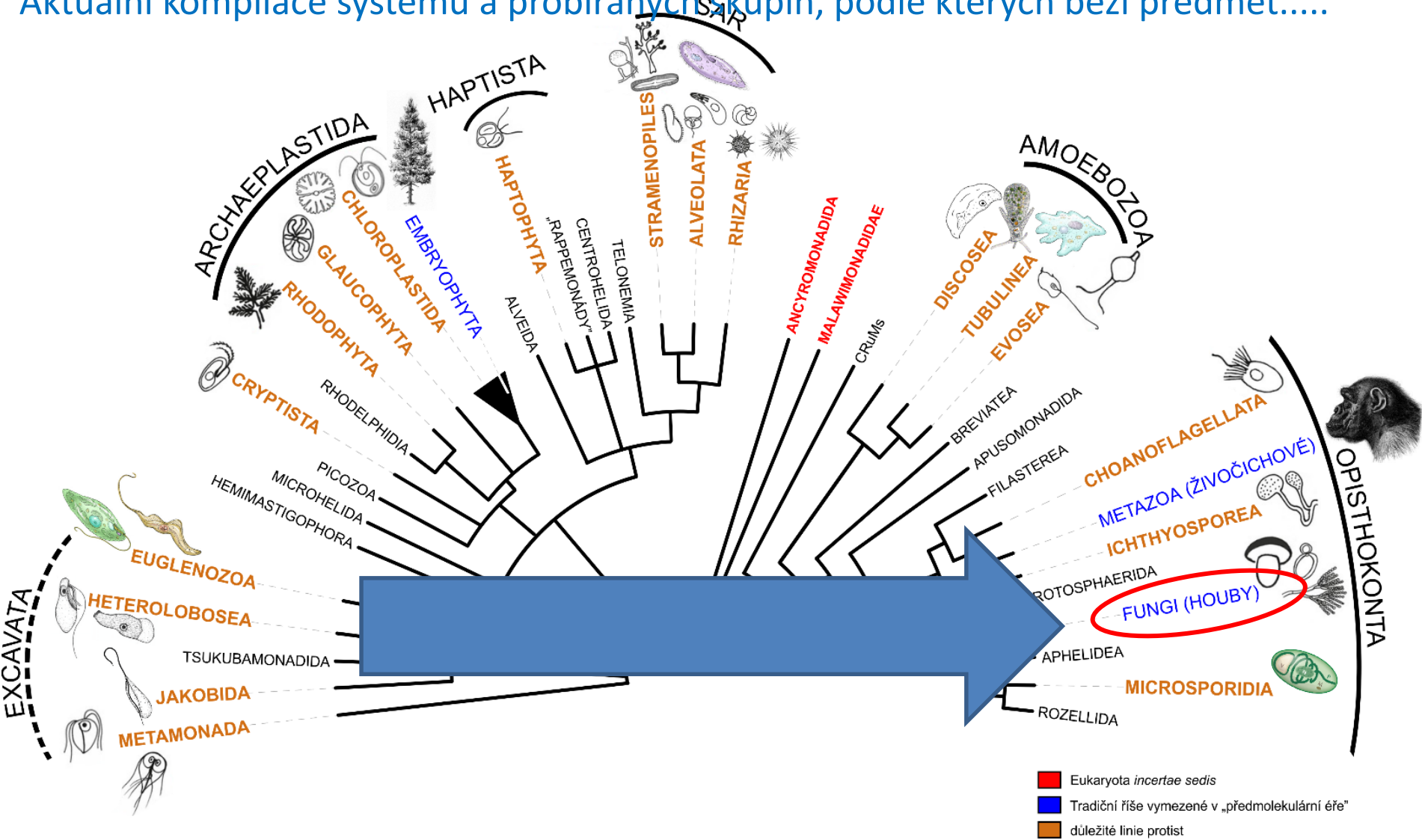


100 years = 1 mm diam.  
Taylor Valley

### Gradient 3: growth rates (about 100 times for lichens)

Sancho, L. G., Green, T. A., & Pintado, A. (2007). Slowest to fastest: extreme range in lichen growth rates supports their use as an indicator of climate change in Antarctica. *Flora*202(8), 667-673.

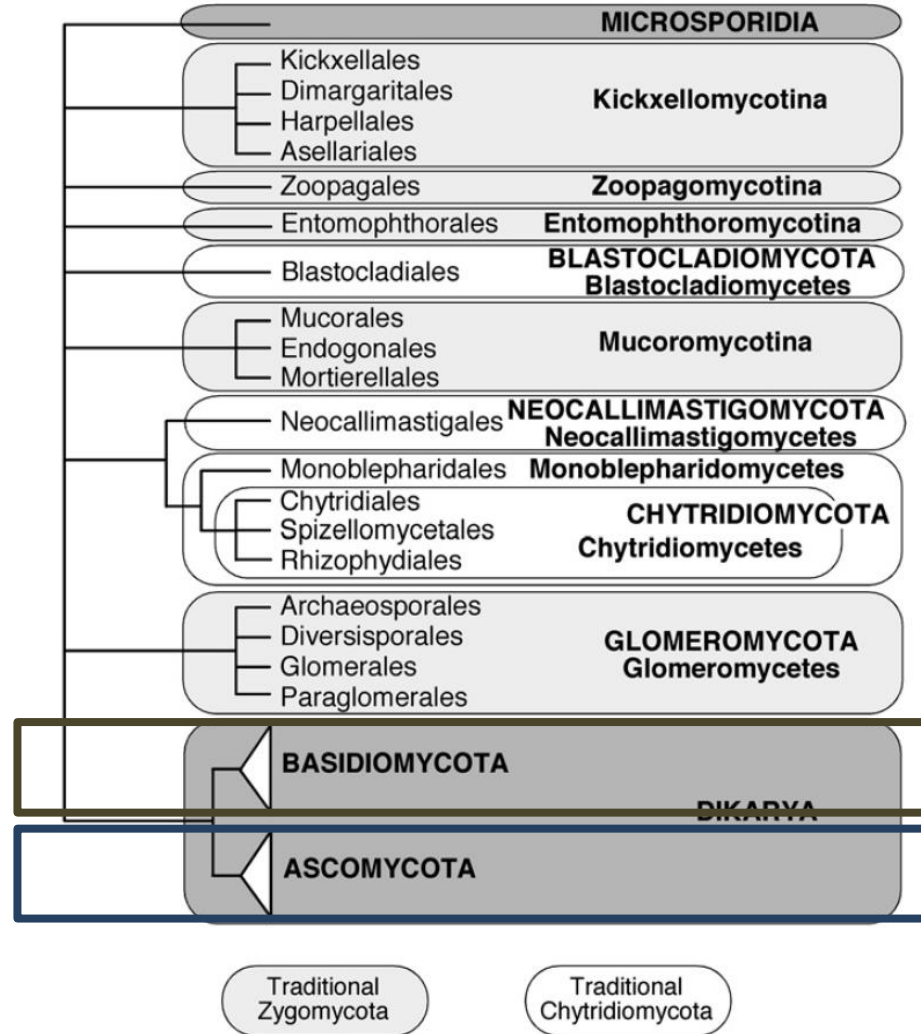
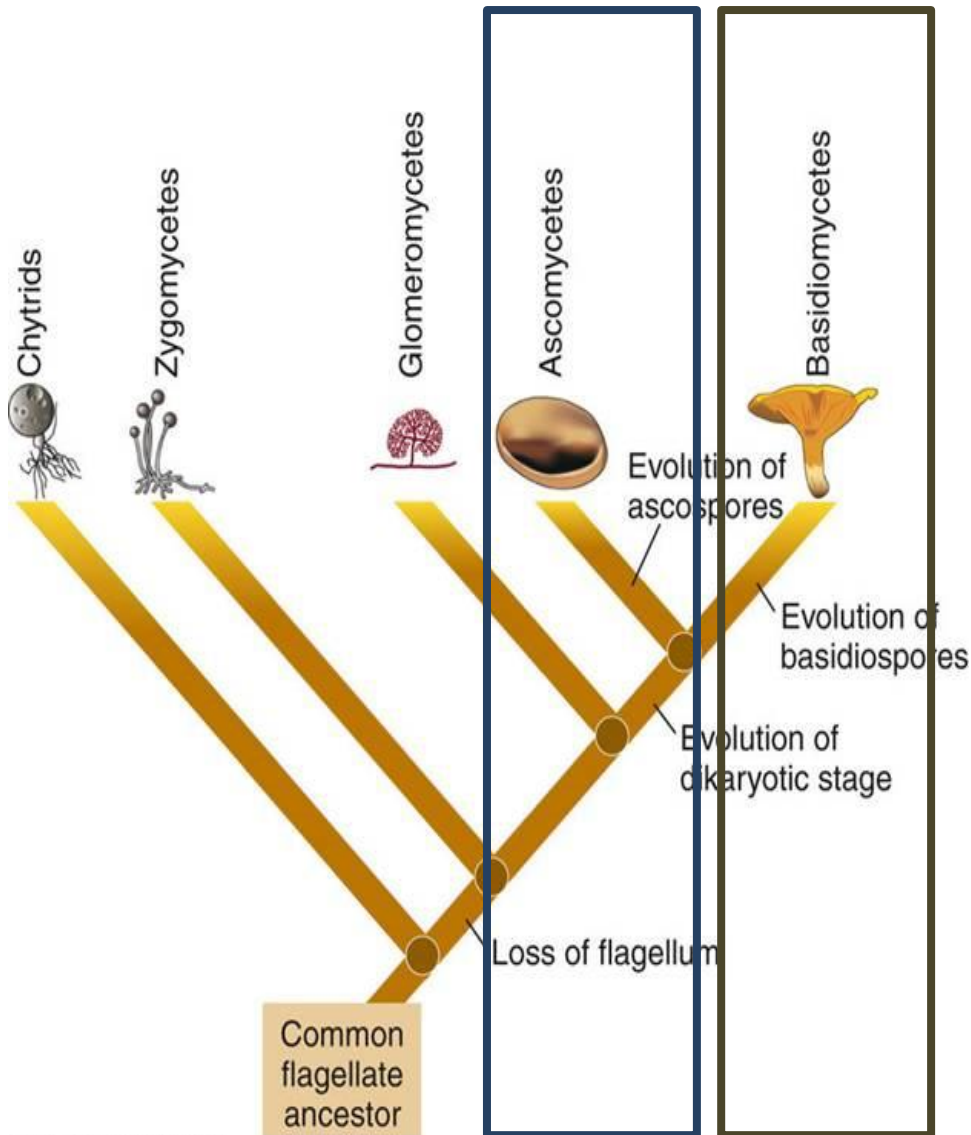
# Aktuální kompilace systému a probíraných skupin, podle kterých běží předmět.....



Cyanobacteria

Tomáš Pánek, compilation

# Fungi - mykobiont



Hibbett & al. (2007)

# Fungi

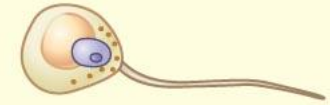
[http://science.kennesaw.edu/~jdirnber/Bio2108/Lecture/LecBiodiversity/31\\_Labeled\\_Images/31\\_UN06-Summary-L.jpg](http://science.kennesaw.edu/~jdirnber/Bio2108/Lecture/LecBiodiversity/31_Labeled_Images/31_UN06-Summary-L.jpg)

## Fungal Phylum

## Distinguishing Features of Morphology and Life Cycles

Chytridiomycota (chytrids)

Flagellated spores



Zygomycota (zygote fungi)

Resistant zygosporangium as sexual stage



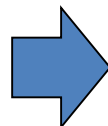
Glomeromycota (arbuscular mycorrhizal fungi)

Form arbuscular mycorrhizae with plants



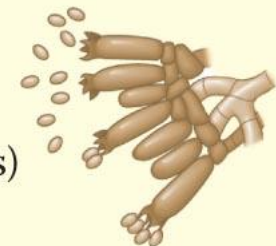
Ascomycota (sac fungi)

Sexual spores (ascospores) borne internally in sacs called asci; ascomycetes also produce vast numbers of asexual spores (conidia)



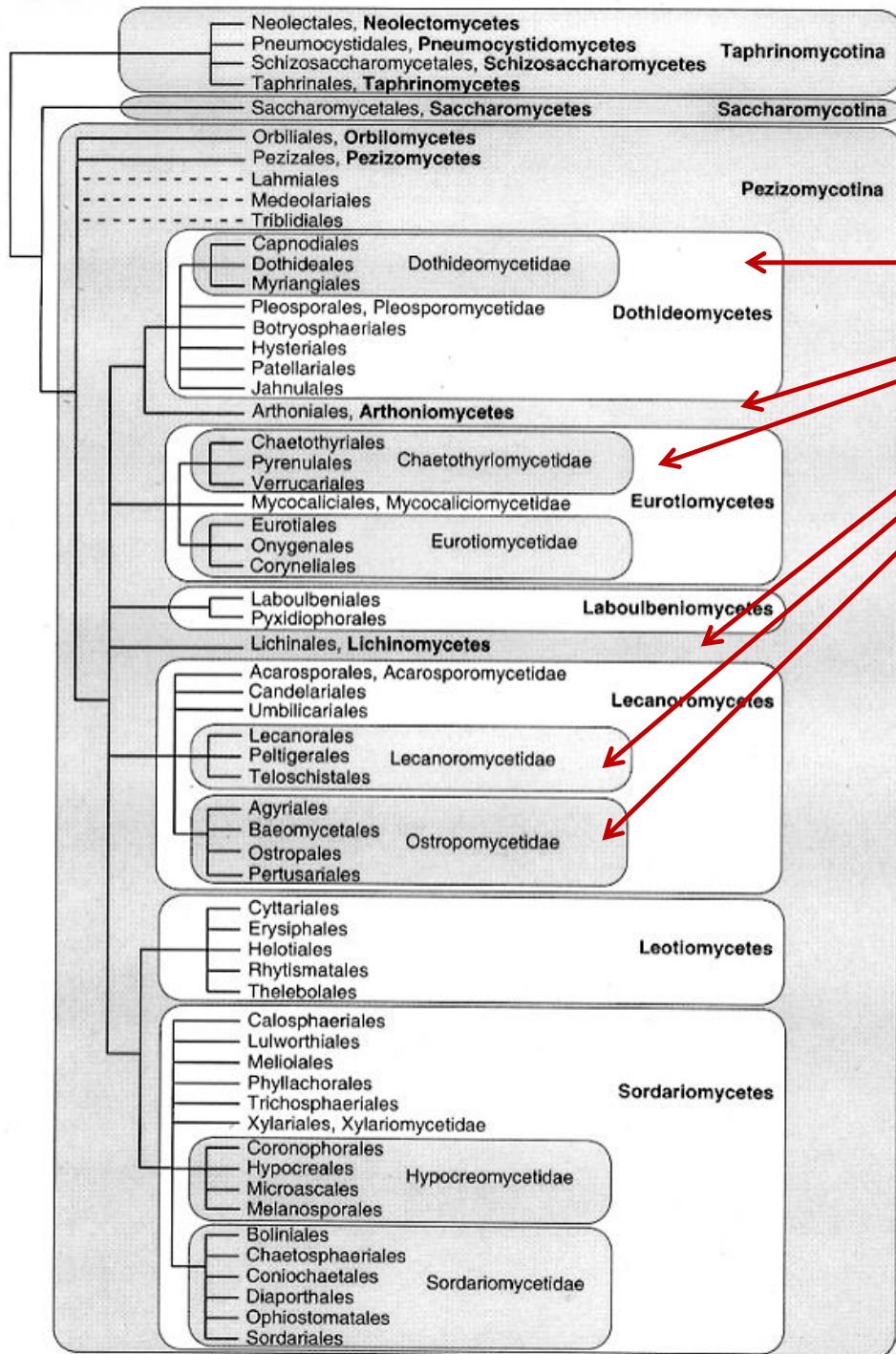
Basidiomycota (club fungi)

Elaborate fruiting body (basidiocarp) containing many basidia that produce sexual spores (basidiospores)



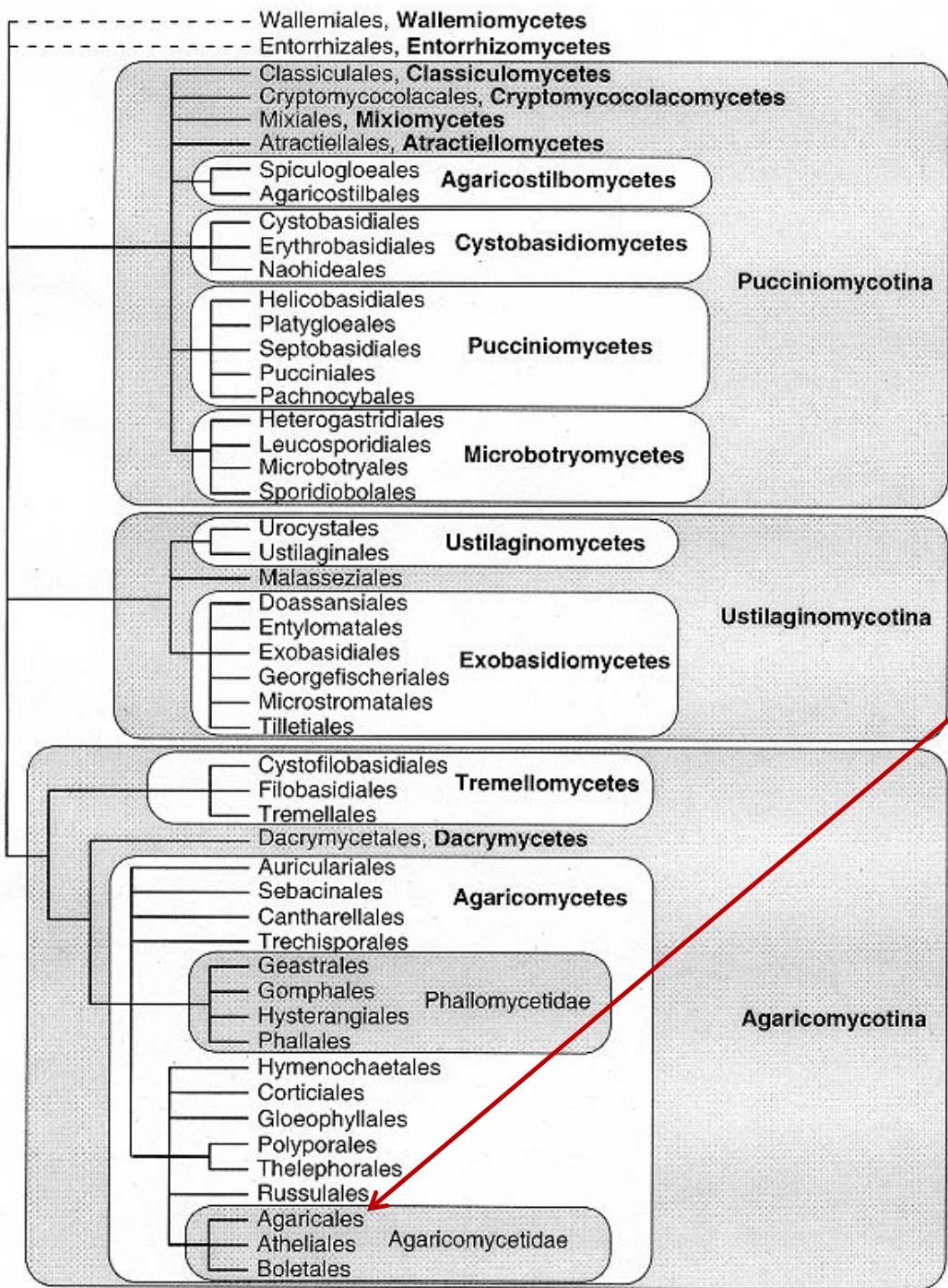
# Fungi – obecně

- **eukaryotické jednobuněčné / mnohobuněčné; buněčná stěna z chitinu** nebo  $\beta$ -polyglukanu
- **hyfa** tvořící **mycelium** (+ někde někdy **kvasinkovité** pučící buňky), **sporangia**
- výživa **absorbční**, heterotrofní, zásobní látkou **glykogen**
- energie **oxidací organických** látek (nebo fermentativní metabolismus)
- pohlavní proces od **gametogamie, gametangiogamie, somatogamie**
- pohlavní rozmnožování **sporami** z **gametangií, plodnic**
- nepohlavní rozmnožování - **úlomky hyf, pučení, spory (sporangia, nepohlavní struktury)**



**mycobiont:**  
**Ascomycota**  
 40 % of known  
 fungal species are  
 lichenized (Schoch et al. 2009)



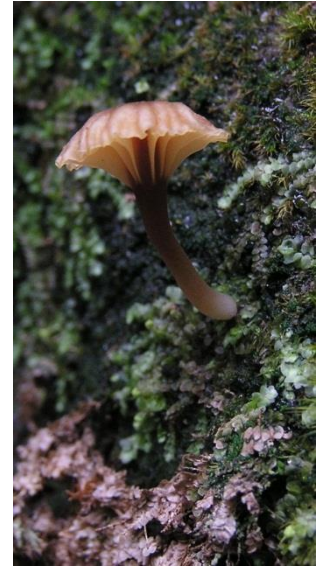


# mycobiont: Basidiomycota

ca 100 species  
lichenized



*Multiclavula mucida*



*Lichenomphalia umbellifera*

**more than 99 % of  
mycobionts are  
Ascomycetes**

# Ascomycota





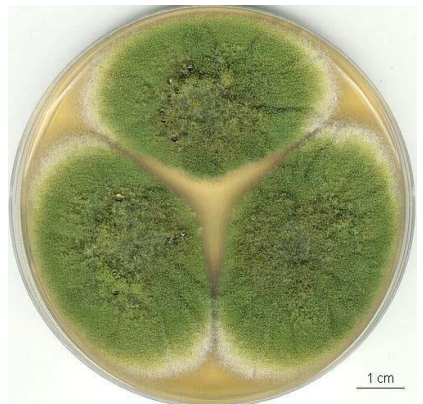
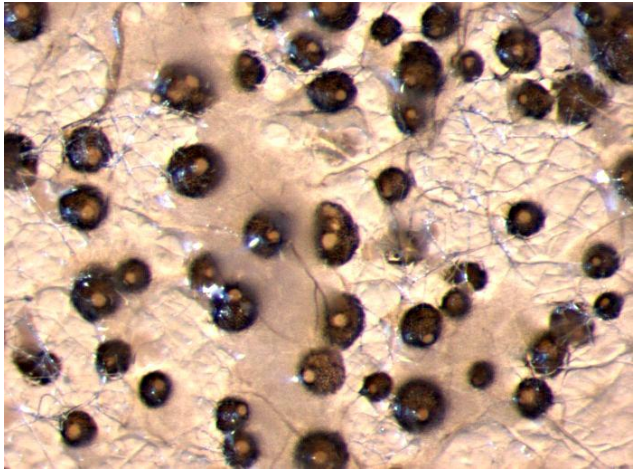
# Kde v systému se nacházíme?

„Impérium“: *Eukaryota*

„Nadříše“: *Opisthokonta*

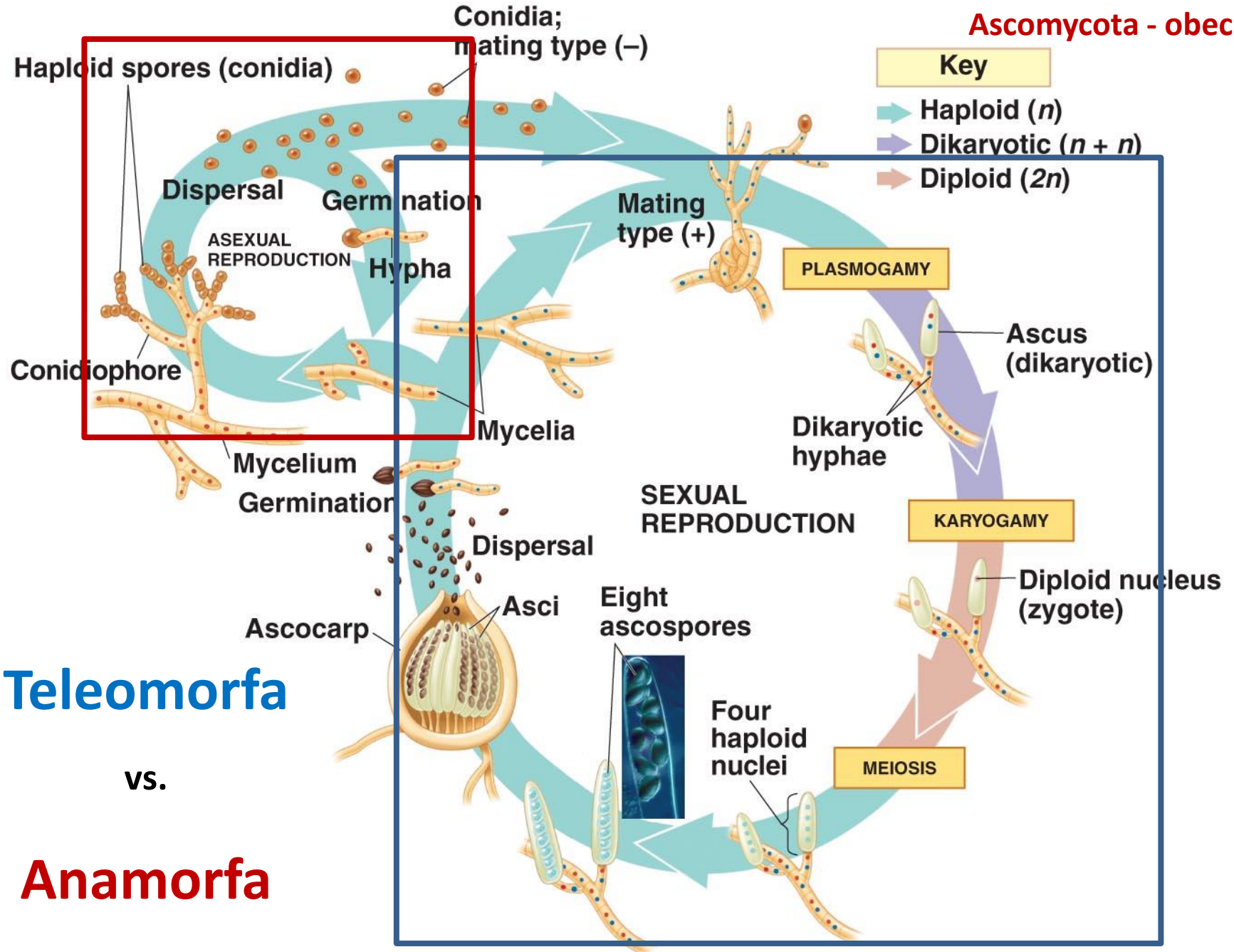
„Říše“: ***Fungi***

*Ascomycota*



© A. Kubátová

© A. Kubátová



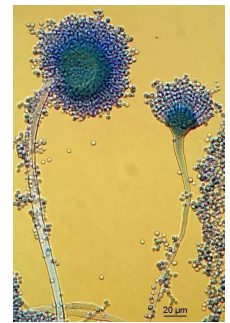
Teleomorfa

vs.

Anamorfa

# Ascomycota

-pohlavní proces v plodnici



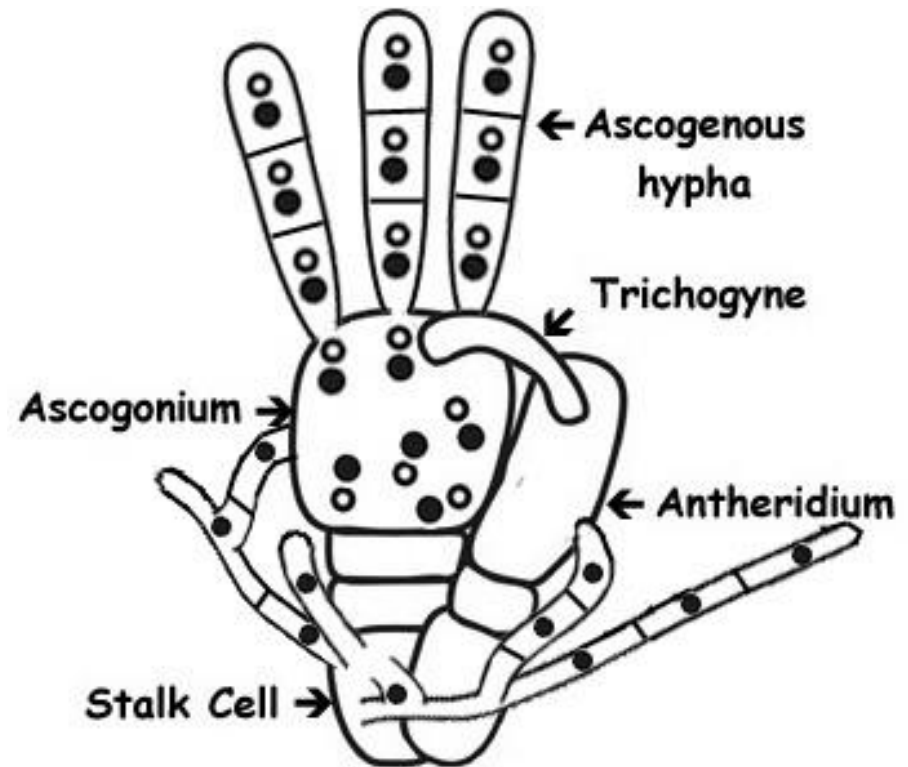
- **gametangiogamie, gametogamie** nebo **somatogamie**

- samičí **askogon** s **trichogynem** oplozen ze samčího **antheridia**, nebo **spermácií**

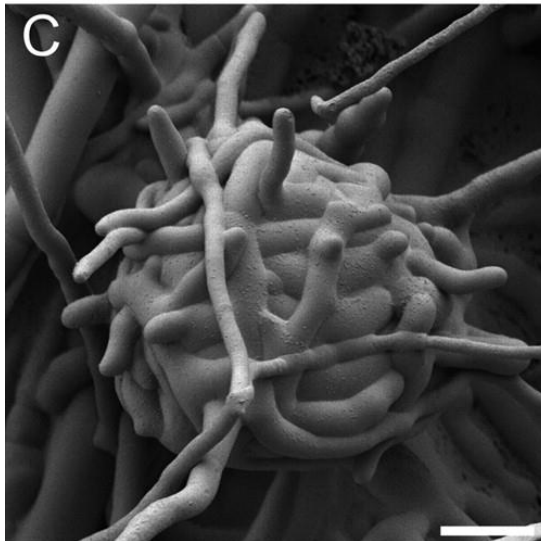
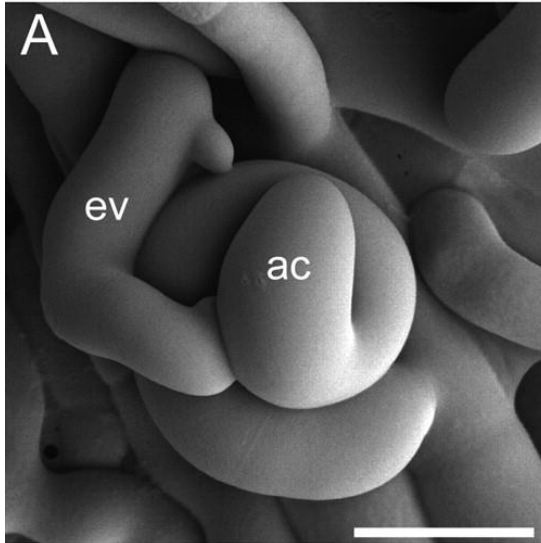
-dikaryotická fáze krátká  
(**askogenní hyfy**)

- na askogenních hyfách mladá  
**vřecka (ascus)**, uvnitř  
**karyogamie, R!** a  
**konjugovaná mitóza**

- **vřecko s 8 askosporami**



(A) Ascogonium (ac) of the *Sordaria macrospora*, which is just starting to be enveloped by an enveloping hypha (ev).



Bloemendal S. et al. Eukaryotic Cell 2010;9:1856-1866

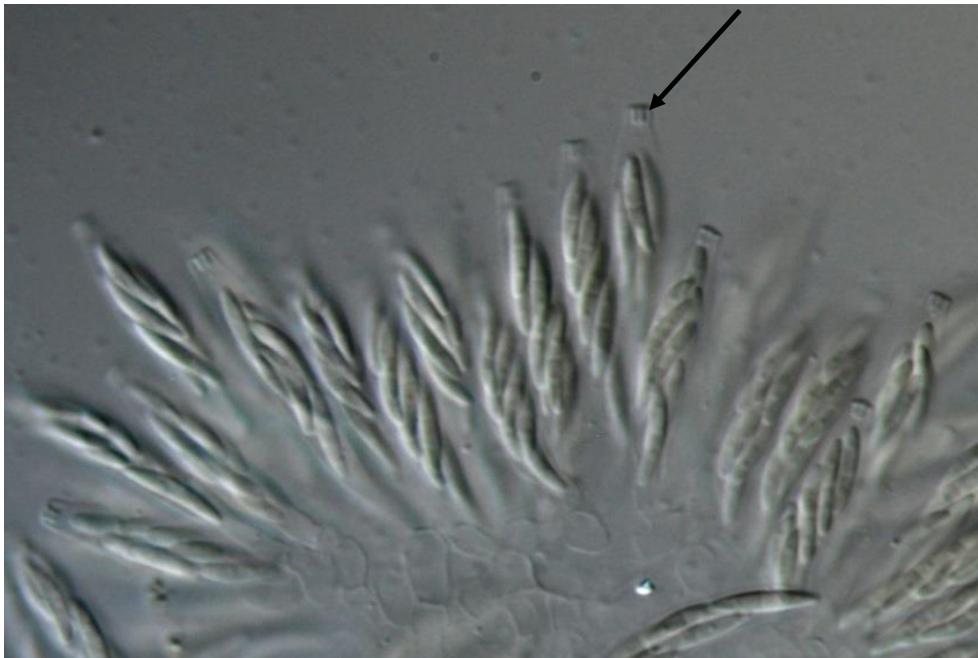
Eukaryotic Cell

# Ascomycota

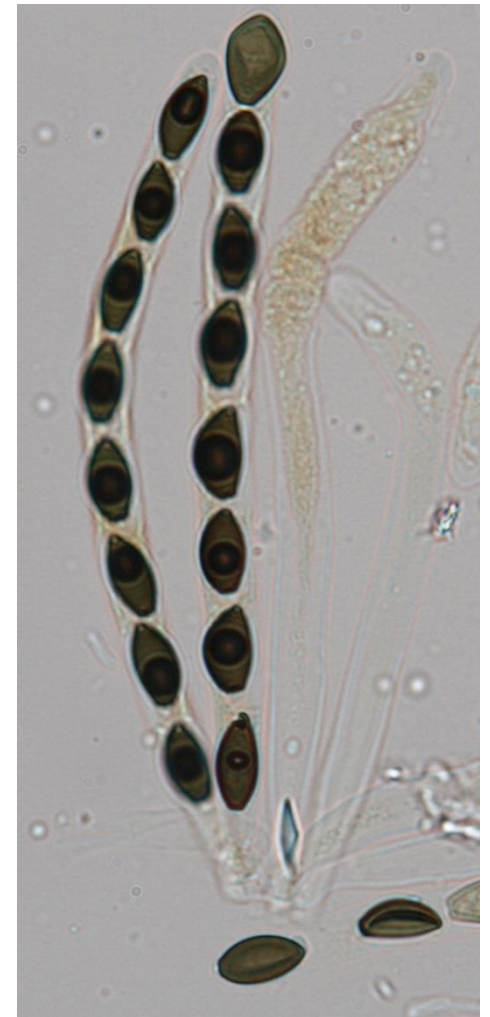
základní počet **askospor ve vřecku je 8**

- možná redukce až na 1 nebo další mitózy  
a až stovky askospor

askoapikální aparát



*Niesslia* sp.



*Anthostomella formosa*

# Ascomycota

## Teleomorfa

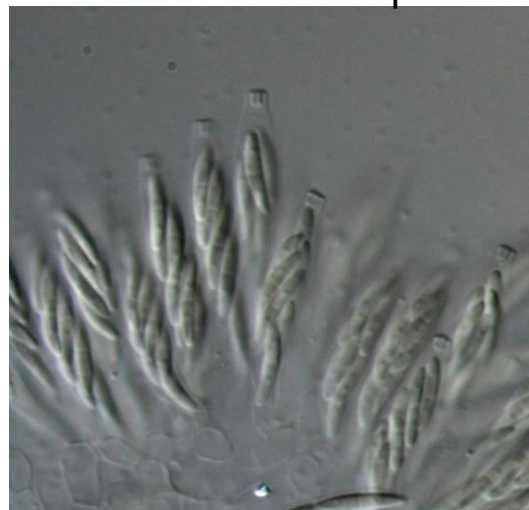
- vřecka prototunikátní (otevívají se **rozpadem stěny**)
- unitunikátní (**víčko** nebo skrz **askoapikální aparát**)
- bitunikátní (**jack-in-the-box**)



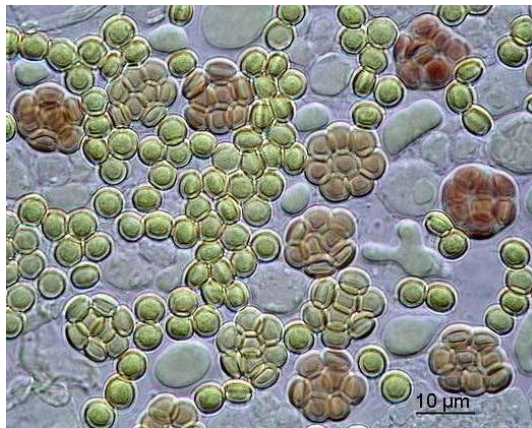
unitunikátní operkulátní



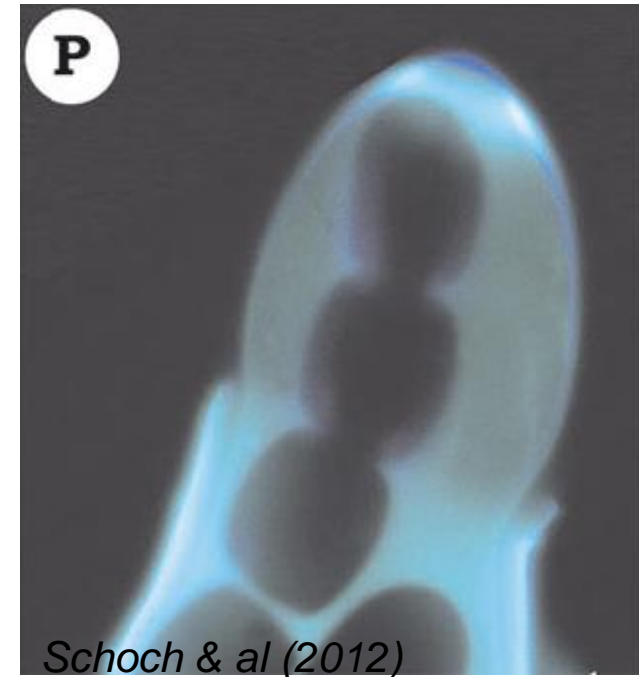
unitunikátní inoperkulátní



prototunikátní



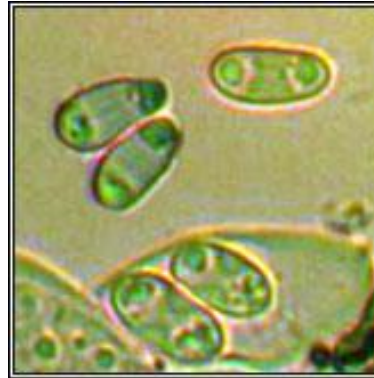
bitunikátní



# Ascomycota

askospory 1-více buněčné, světlé či tmavé, ornamentované, slizové obaly,....

*Propolis versicolor*



*Caloplaca asserigena*



*Mytilinidion mytilinelum*



# Basidiomycota





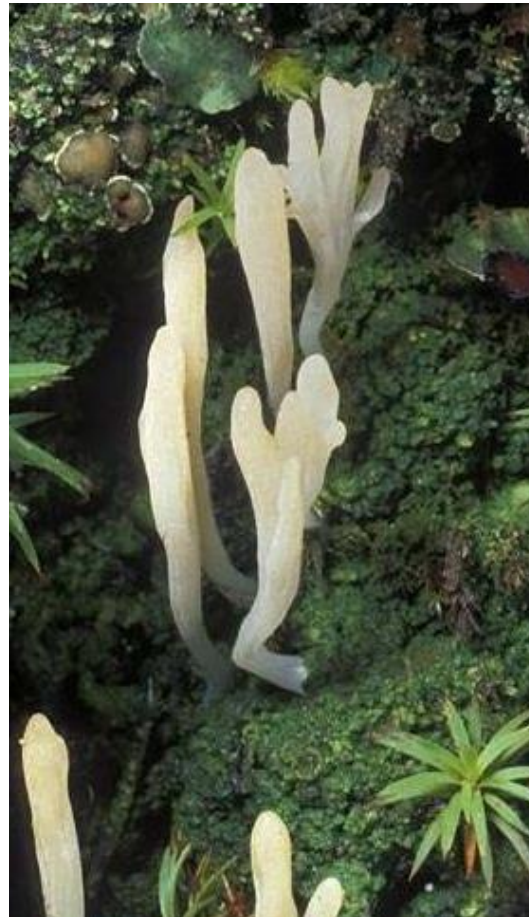
# Kde v systému se nacházíme?

*Eukaryota*

*Opisthokonta*

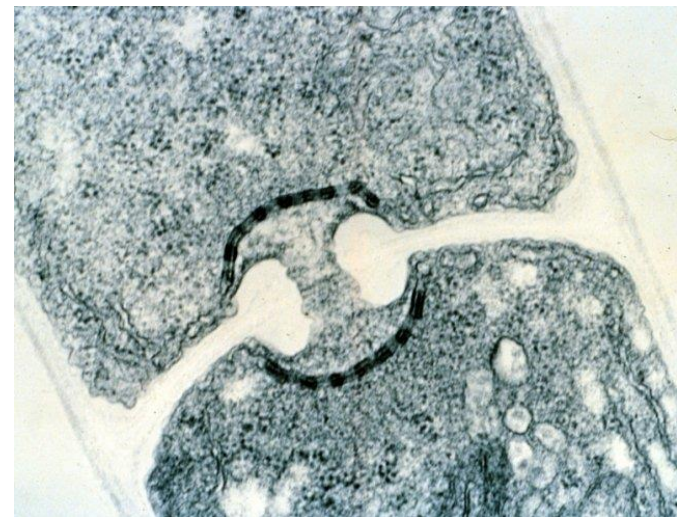
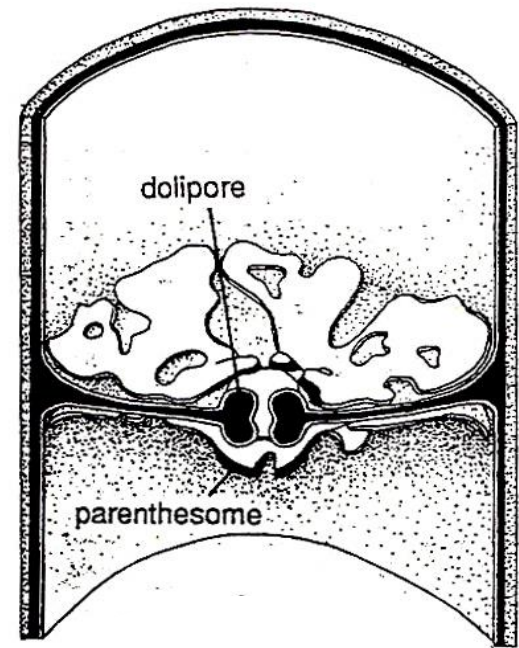
***Fungi***

*Basidiomycota*



# Basidiomycota

- nejpokročilejší skupina hub
- vegetativní stélka - septované mycelium, **septa** (přehrádky) s **dolipórem**
- buněčná stěna z **chitinu**
- **primární mycelium** (jednojaderné) krátkodobé
- **nepohlavní rozmnožování** málo časté
- životní cyklus **haplodikaryotický**



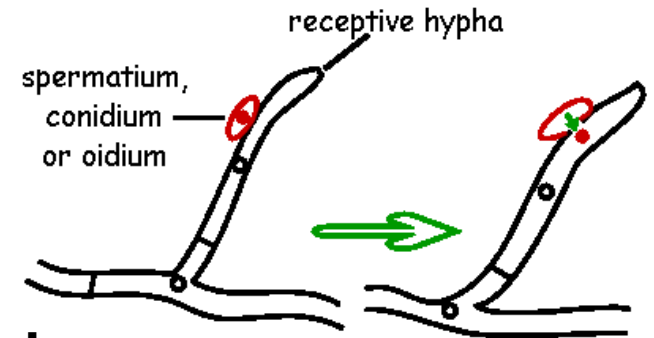
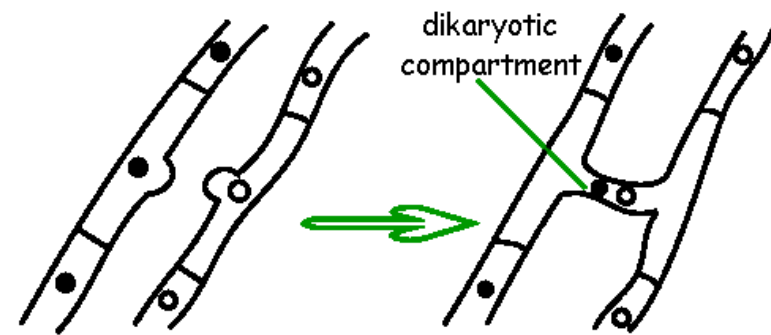
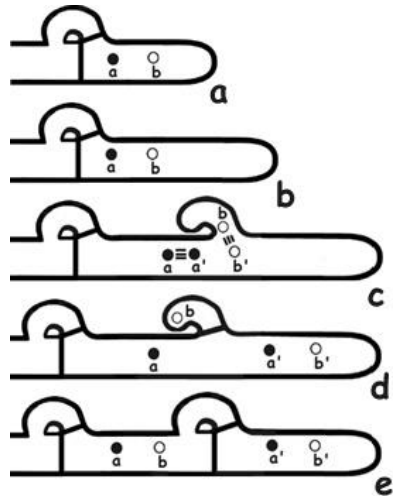
# Basidiomycota

- pohlavní rozmnožování **somatogamie**  
(splývání hyf)

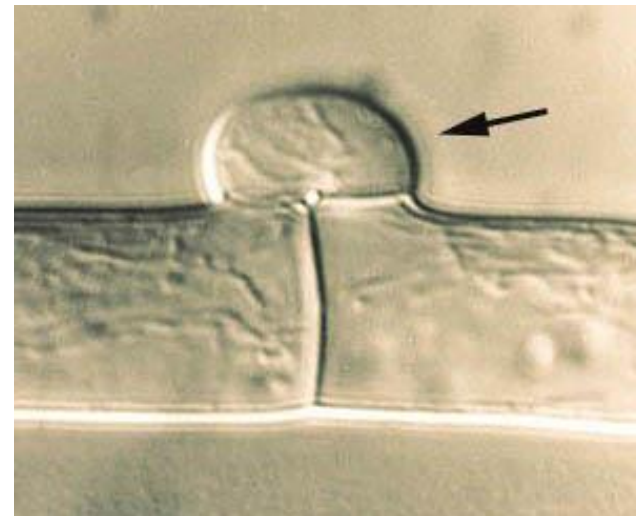
- nebo **gametosomatogamie**  
(splynutí specializované spory a hyfy)  
- časově oddálená karyogamie

= **sekundární dikaryotické mycelium**

- konjugované mitózy jader a rozchod pomocí **přezek**

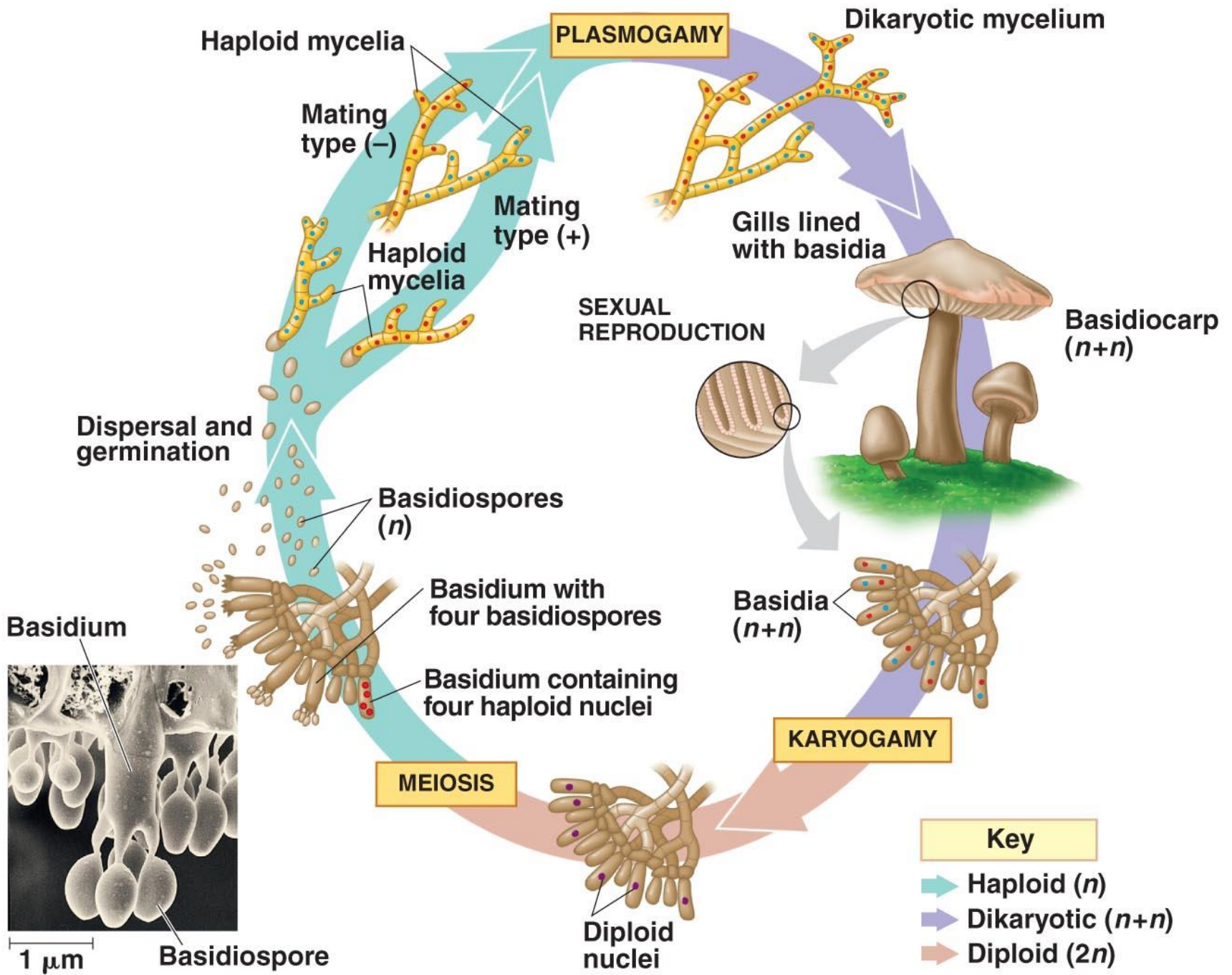


<http://www.fungionline.org.uk/7sexual/5dikaryon.html>



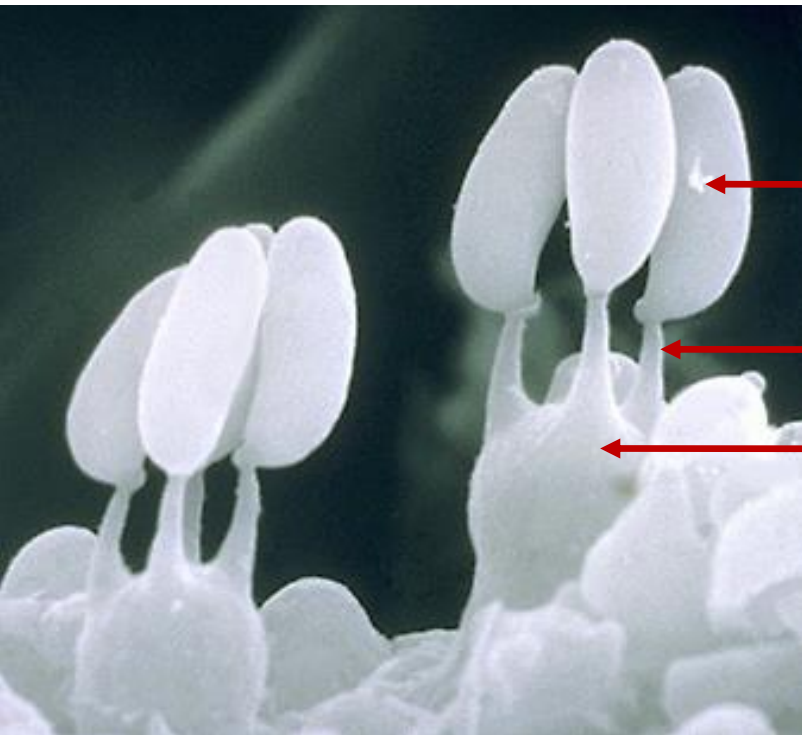
<http://www.apsnet.org/edcenter/illglossary/Pages/A-D.aspx>

[http://www.botany.hawaii.edu/faculty/wong/Bot201/Basidiomycota/Clamp\\_connection\\_formation.htm](http://www.botany.hawaii.edu/faculty/wong/Bot201/Basidiomycota/Clamp_connection_formation.htm)



# Basidiomycota

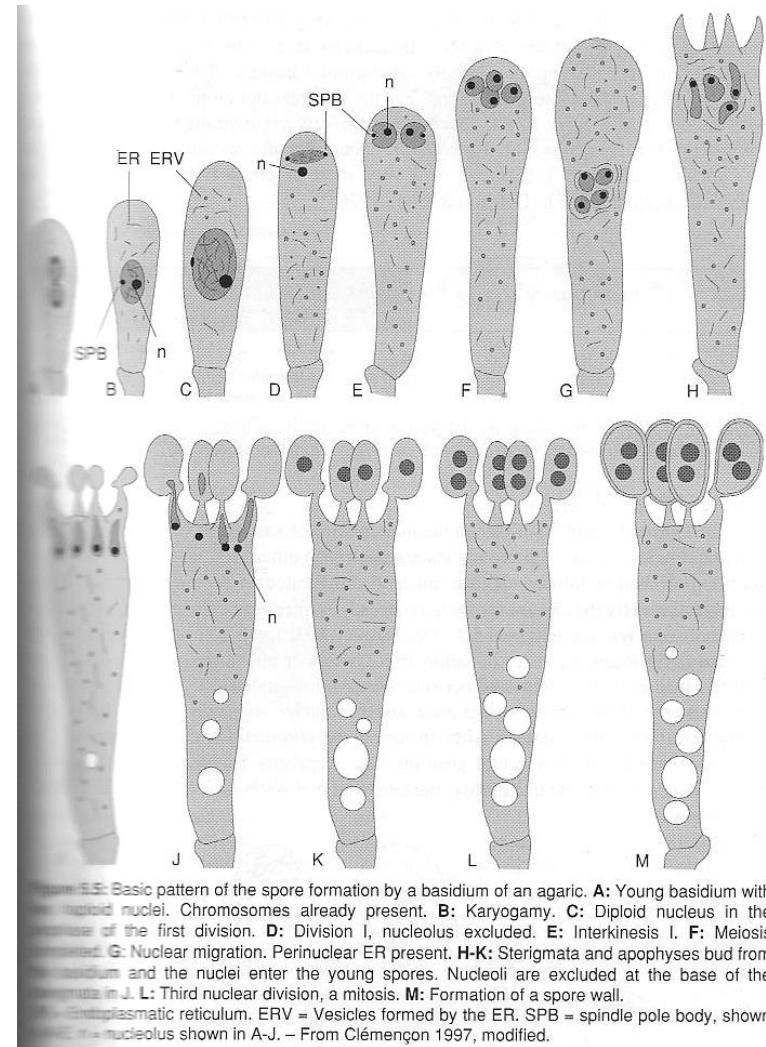
- karyogamie až v **bazidii**  
= **bazidie** **jedinou diploidní buňkou**
- **R!**
- čtyři haploidní **bazidiospory** na **sterigmatech**  
(může být redukce na 2)
- **bazidie** u všech **Basidiomycota**



bazidiospora

sterigma

bazidie



Clémenton (2004)

# Kde v systému se nacházíme?

*Eukaryota*

*Plantae (Archaeplastida)*

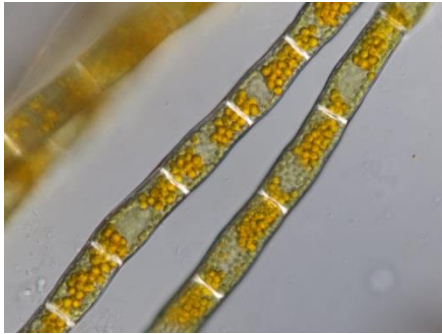
***Chlorophyta***

*Trebouxiophyceae*

*Ulvophyceae*



*Trebouxia*



# Kde v systému se nacházíme?

*Eukaryota*

*SAR*

*Chromista (Chromalveolata)*

***Stramenopila***

*Xanthophyceae (Heterococcus)*

*Phaeophyceae (Petroderma)*



*Trentepohlia*

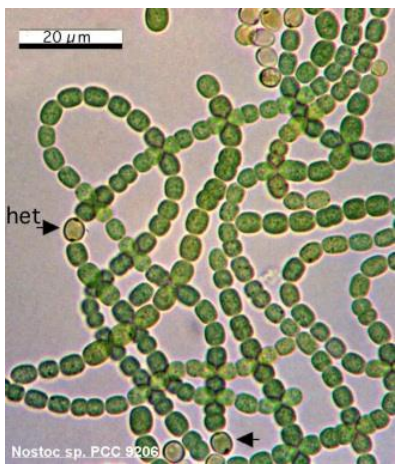
# Kde v systému se nacházíme?

Prokaryota

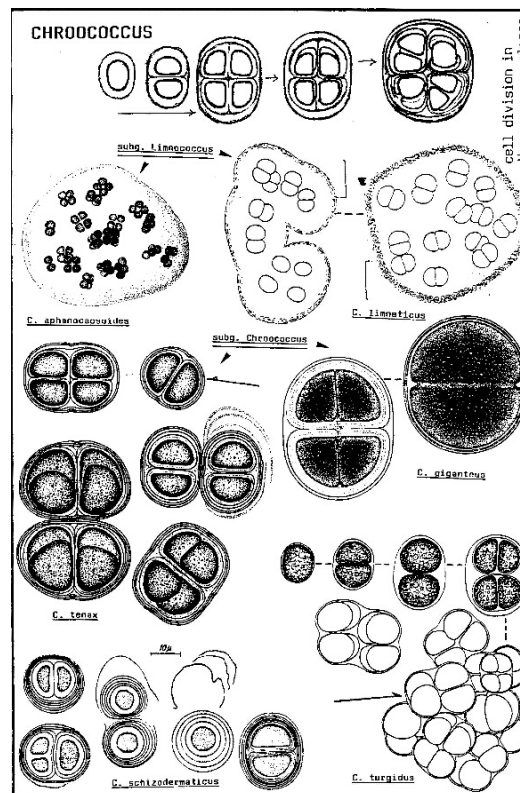
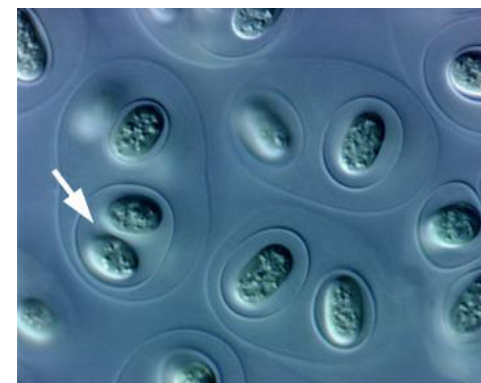
Bacteria

**Cyanobacteria (Cyanophyta)**

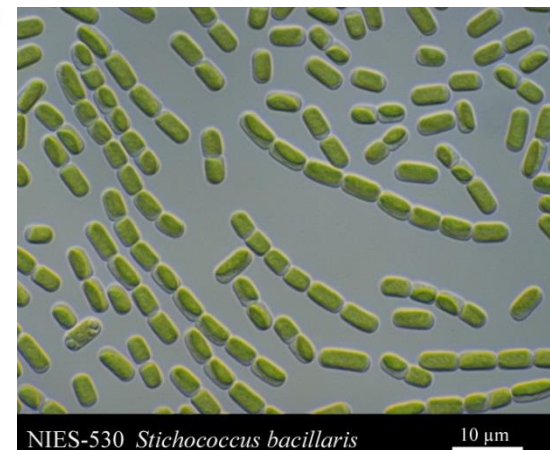
**Cyanophyceae**



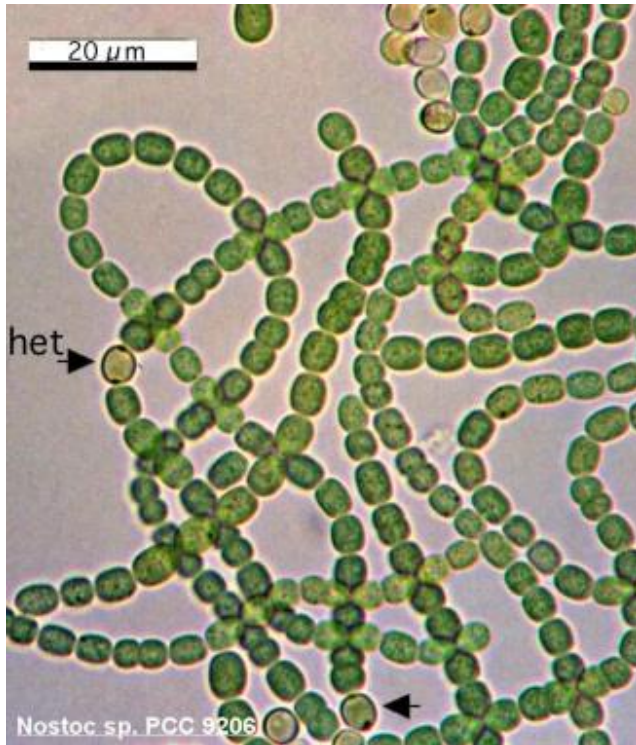
*Gloeocapsa*



From: Gettler et Ruttner (1935), Komárek (1958, 1992), Skuja (1956, 1964), Kovařík (1988).



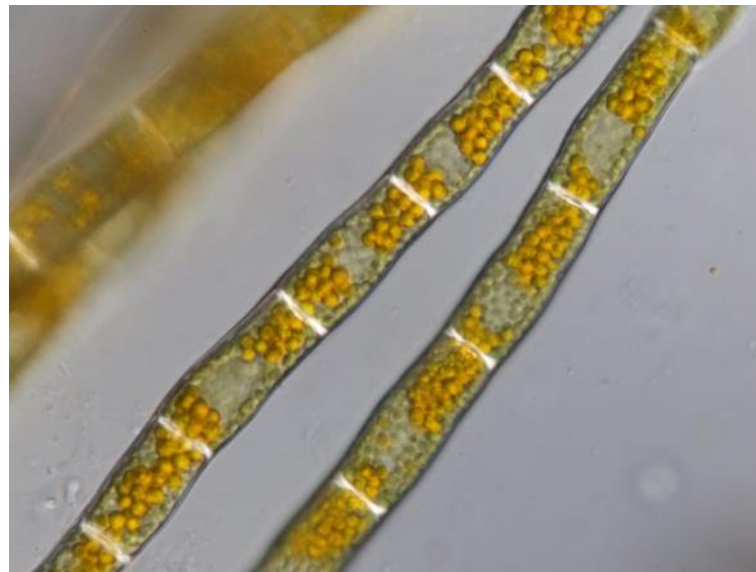
**Fotobionti:**  
3 nejběžnější



sinice *Nostoc*



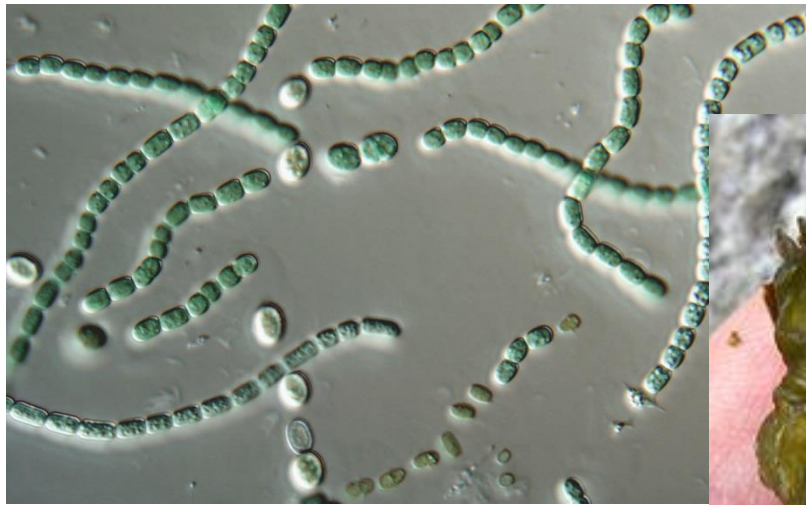
*Trebouxia*



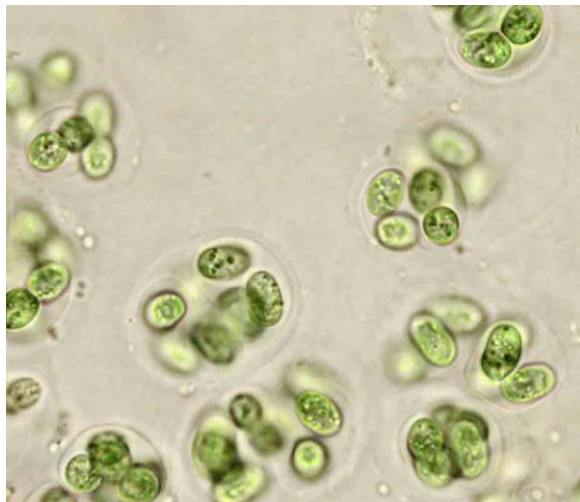
*Trentepohlia*



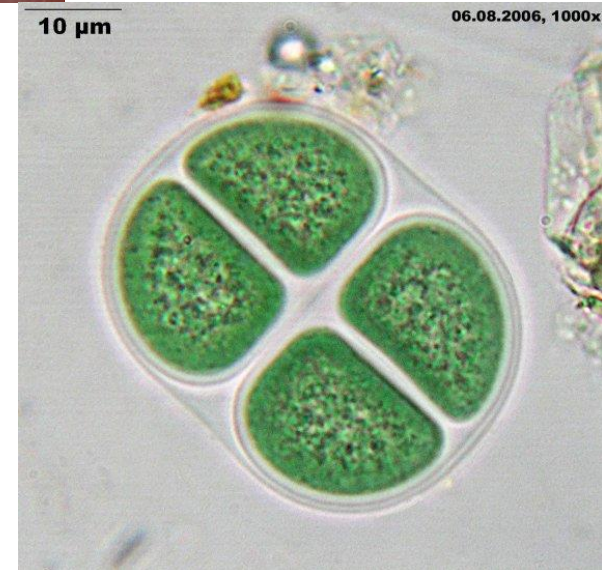
fotobionti sinice: ***Nostoc***, *Gloeocapsa*, *Chroococcus*



***Nostoc***

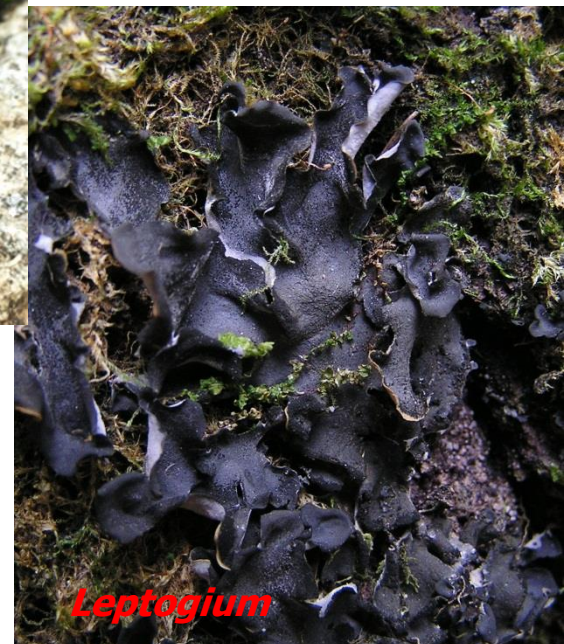


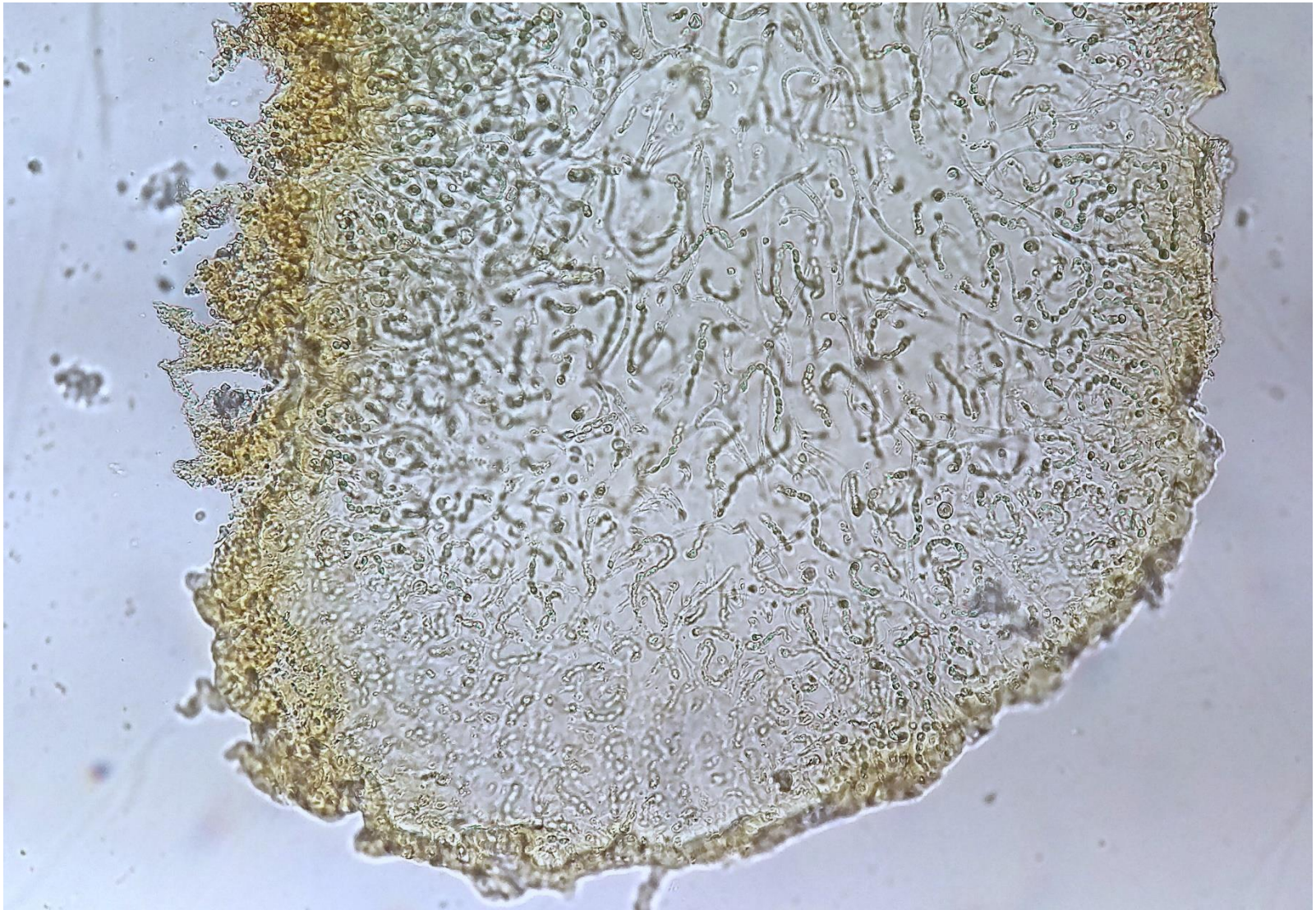
***Gloeocapsa***



***Chroococcus***

# Lišejníky se sinicí (příklady)

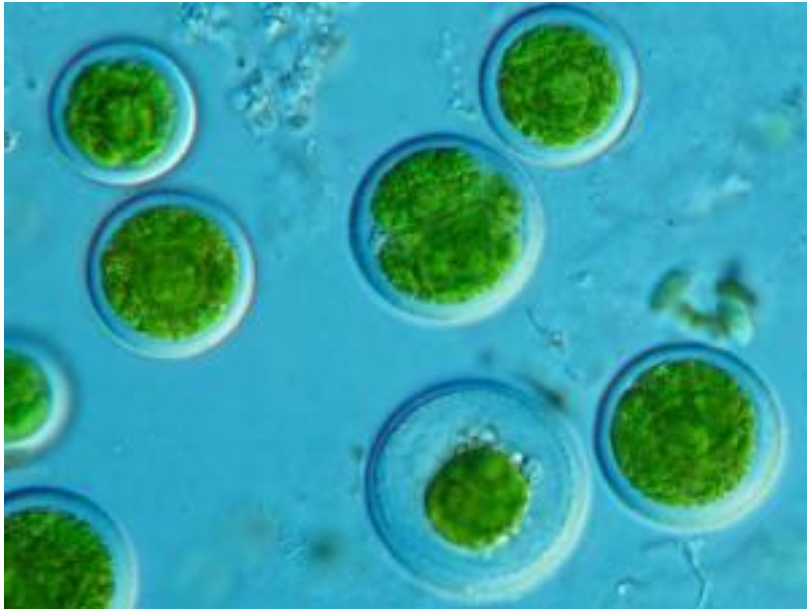




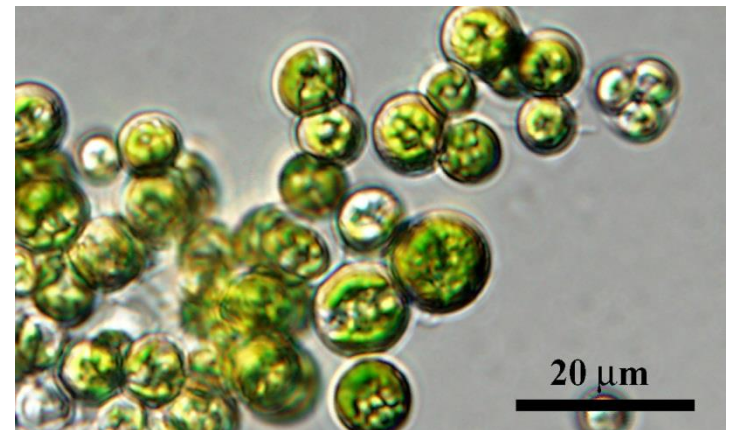
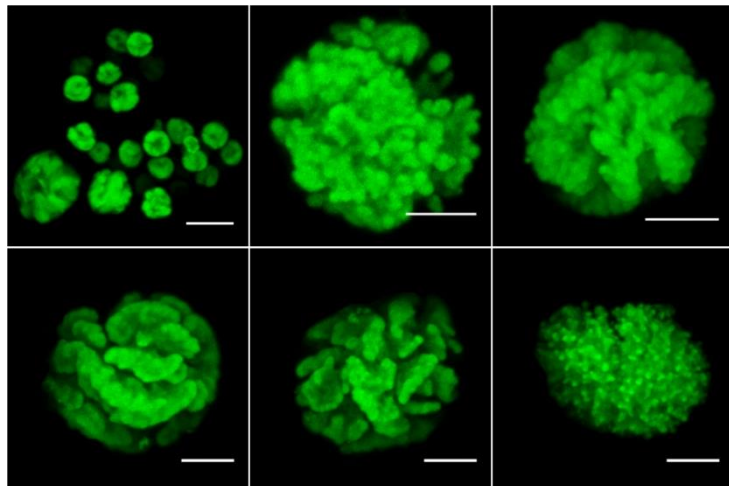
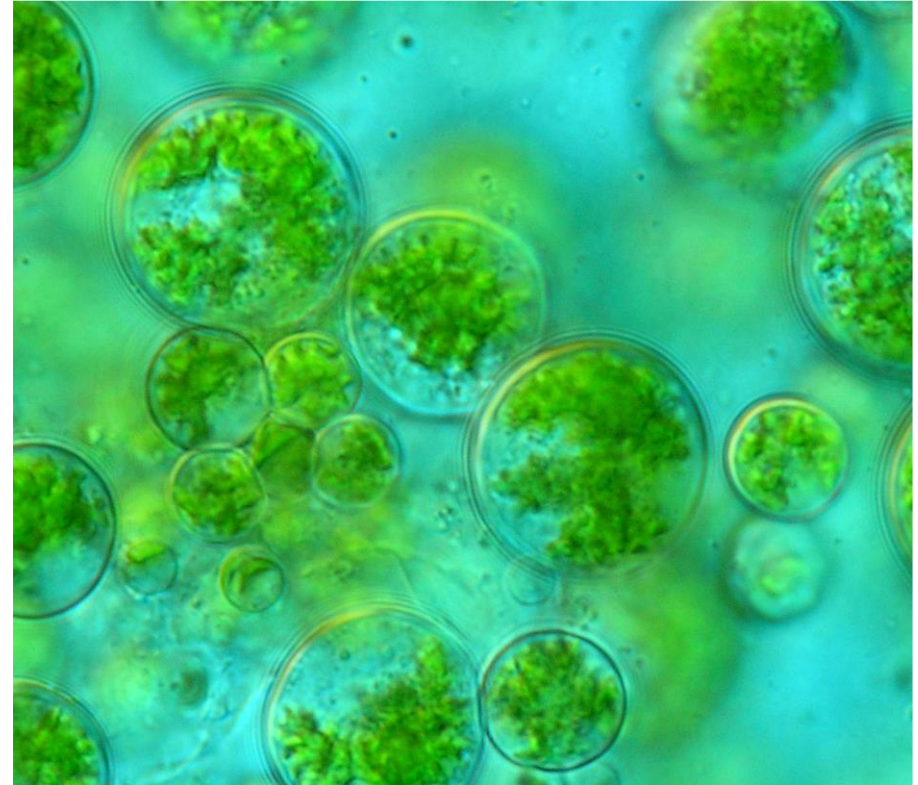
***Collema***

fotobionti: *Trebouxia*, *Asterochloris*, *Myrmecia*

*Asterochloris*



*Trebouxia* (dole vývoj chloroplastu)



*Myrmecia*

# lišejníky s *Trebouxia*



***zelené hávnatky (Peltigera)***

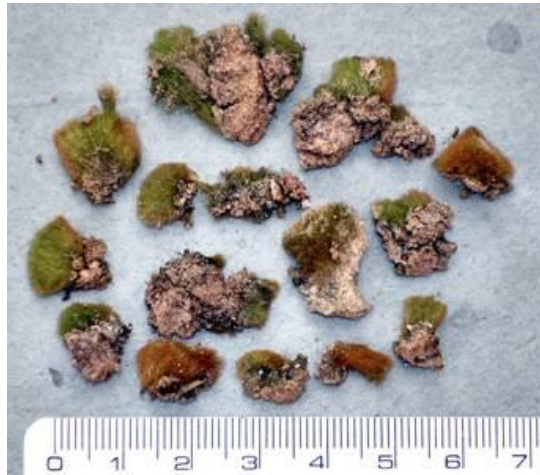


***Parmelia s. lat.***



***Usnea***

photobionti: *Trentepohlia*



# lišejníky s *Trentepohlia*



*Dirina*

## folikolní tropické lišejníky



*Opegrapha*

# Anatomie, morfologie

*Typy stélek dle anatomie:*

**heteromerická**

**homeomerická**

*Typy stélek dle morfologie:*

**korovitá**

**lupenitá**

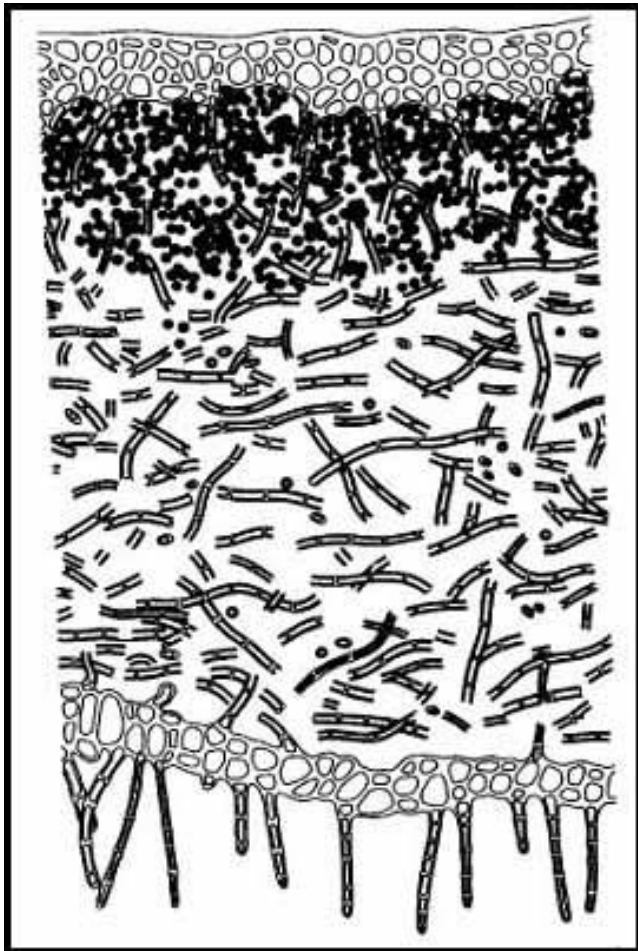
**keříčkovitá**





# Heteromerická stélka

Obecné schéma příčného řezu  
heteromerickou stélkou



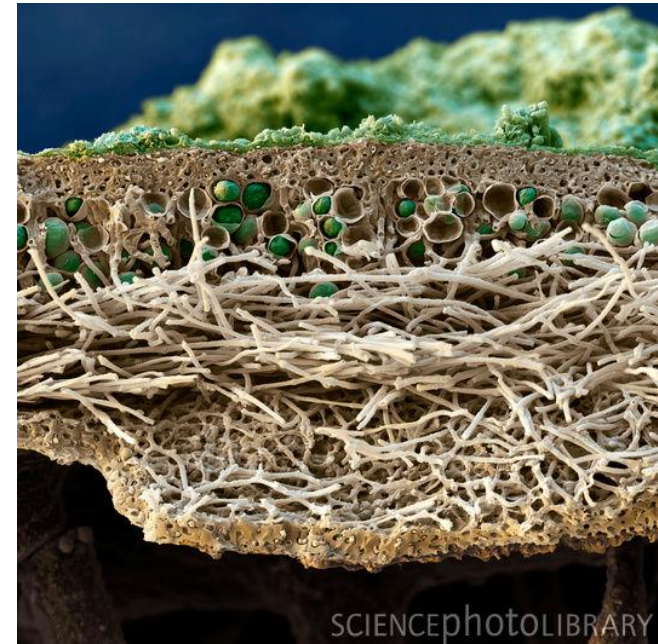
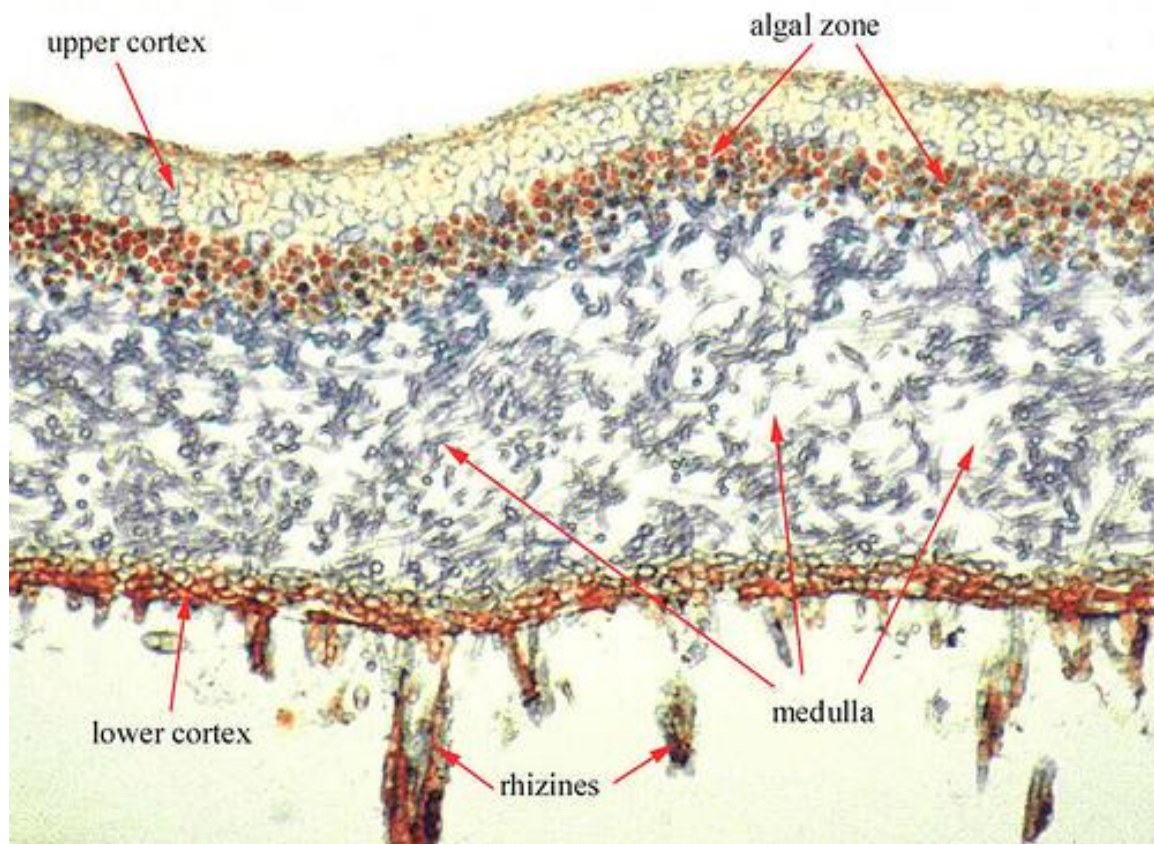
svrchní korová vrstva (epidermis)

řasová vrstva (vrstva fotobionta)

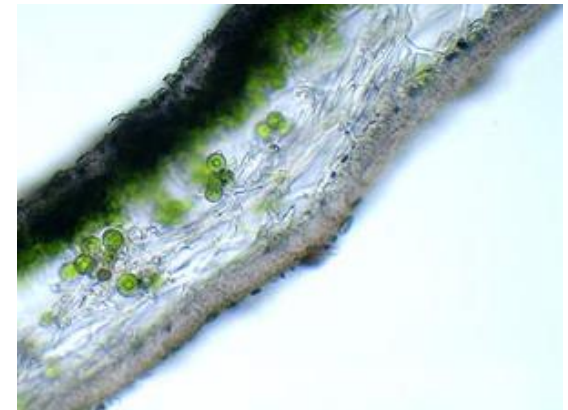
dřeňová vrstva

spodní korová vrstva

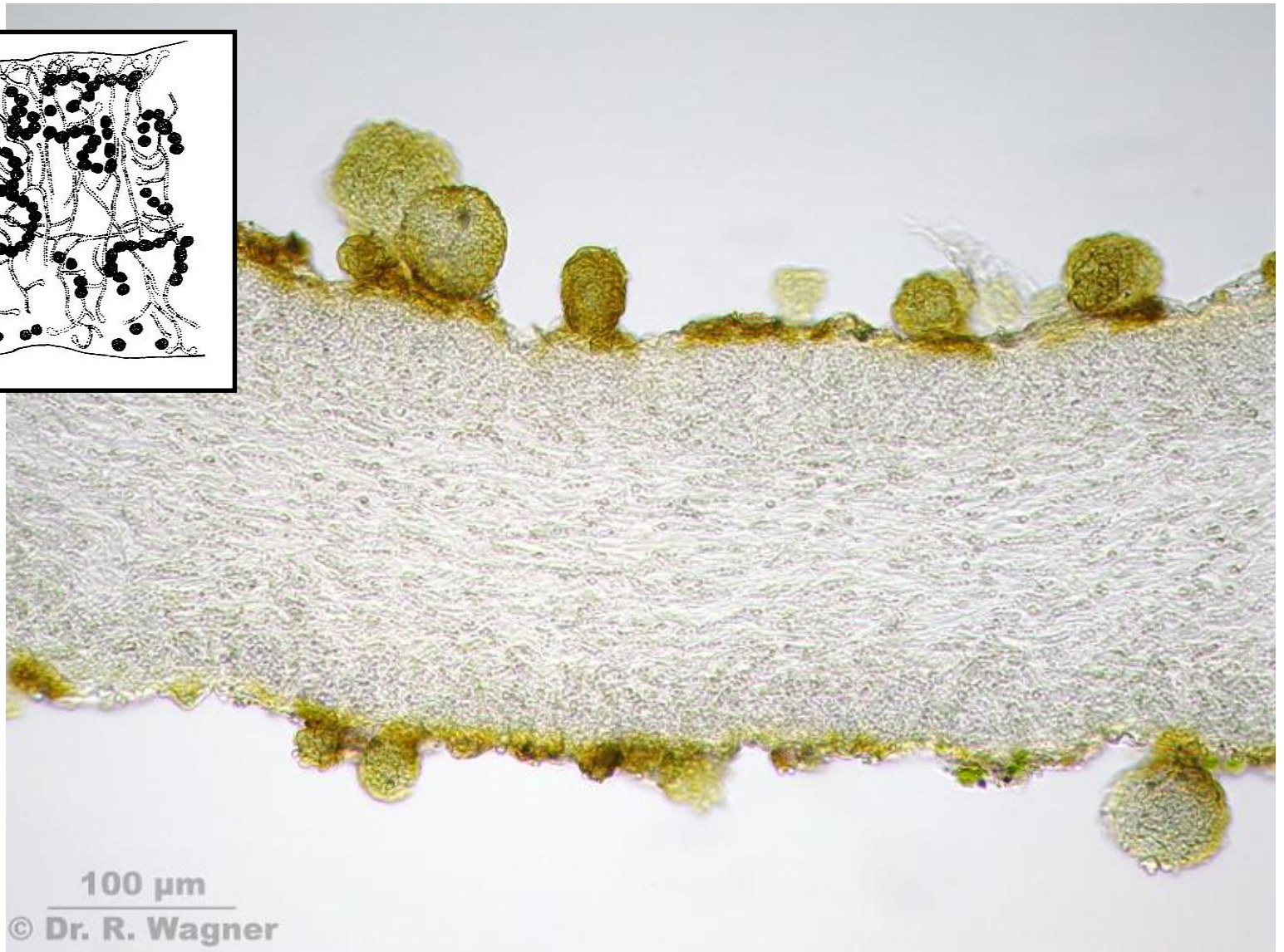
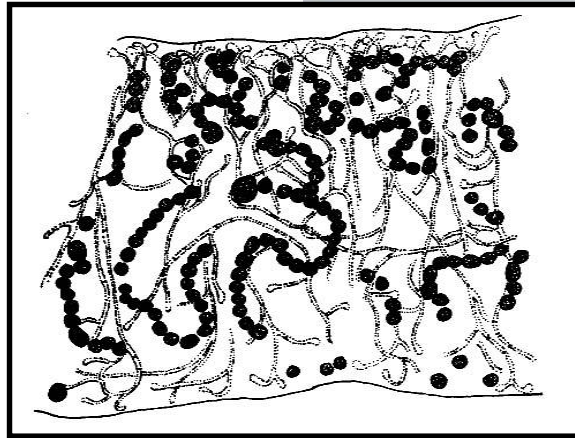
rhiziny



## Heteromerická stélka

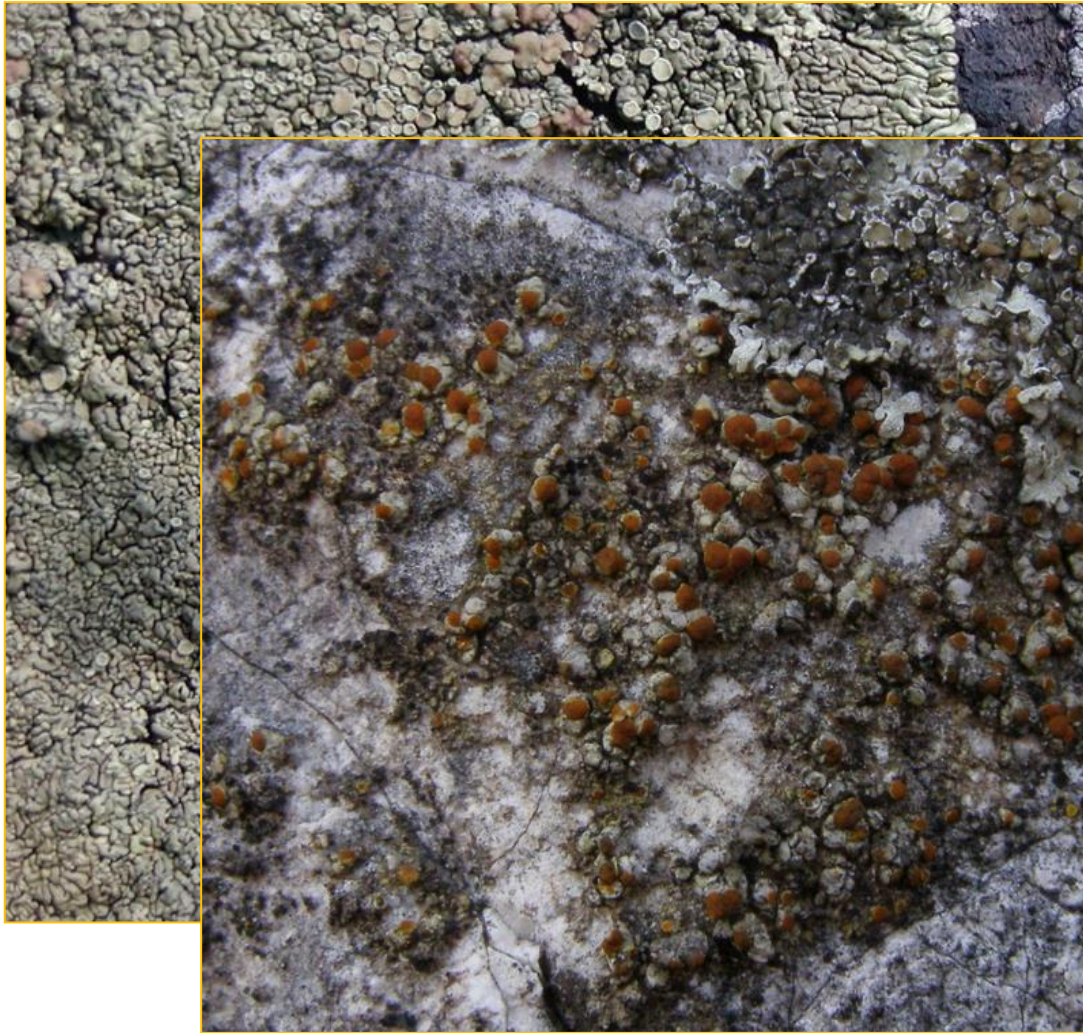


# Homeomerická stélka (*Collema* sp.)



vrstvy nejsou rozlišeny

# korovitá stélka



# lupenitá stélka



# keříčkovitá stélka



# Dimorfická, smíšená stélka



**Cladonia**

keříčkovitá podetia  
(kmínky)

korovité či lupenité  
přízemní šupiny



**Stereocaulon**

# Leprosní (práškovitá) stélka



řasové buňky  
obalené hyfami  
houby bez  
kompaktní  
struktury



# Rozmnožování a rozmnožovací útvary lišejníků:

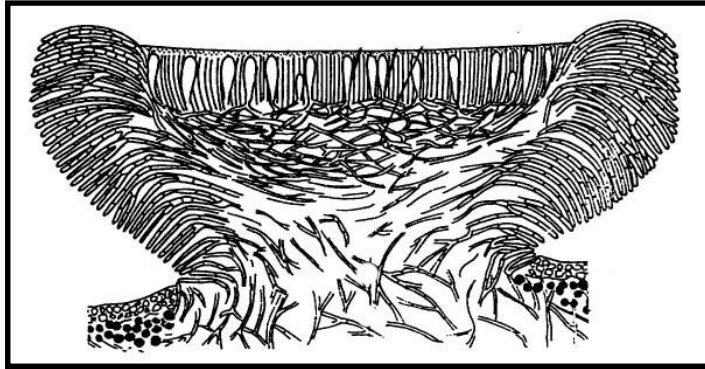
*Rozmnožování:*

**pohlavní** – plodnice jako u hub (apothecia, perithecia, plodnice basidiomycet...)

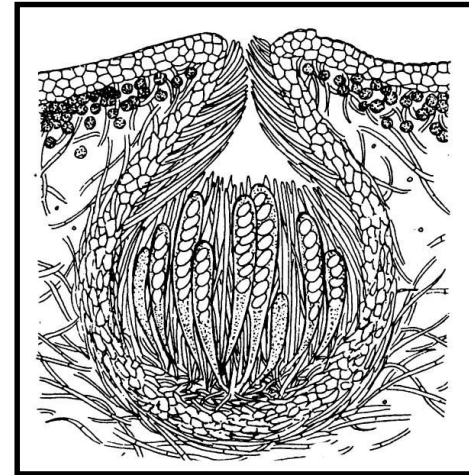
**nepohlavní** – konidie (nepohlavní spory) nejčastěji v pyknidách  
– vegetativní útvary

# Pohlavní rozmnožování - základní typy plodnic (Ascomycota)

**APOTHECIUM** – diskovitá plodnice



**PERITHECIUM** – hruškovitá plodnice



# Apothecium



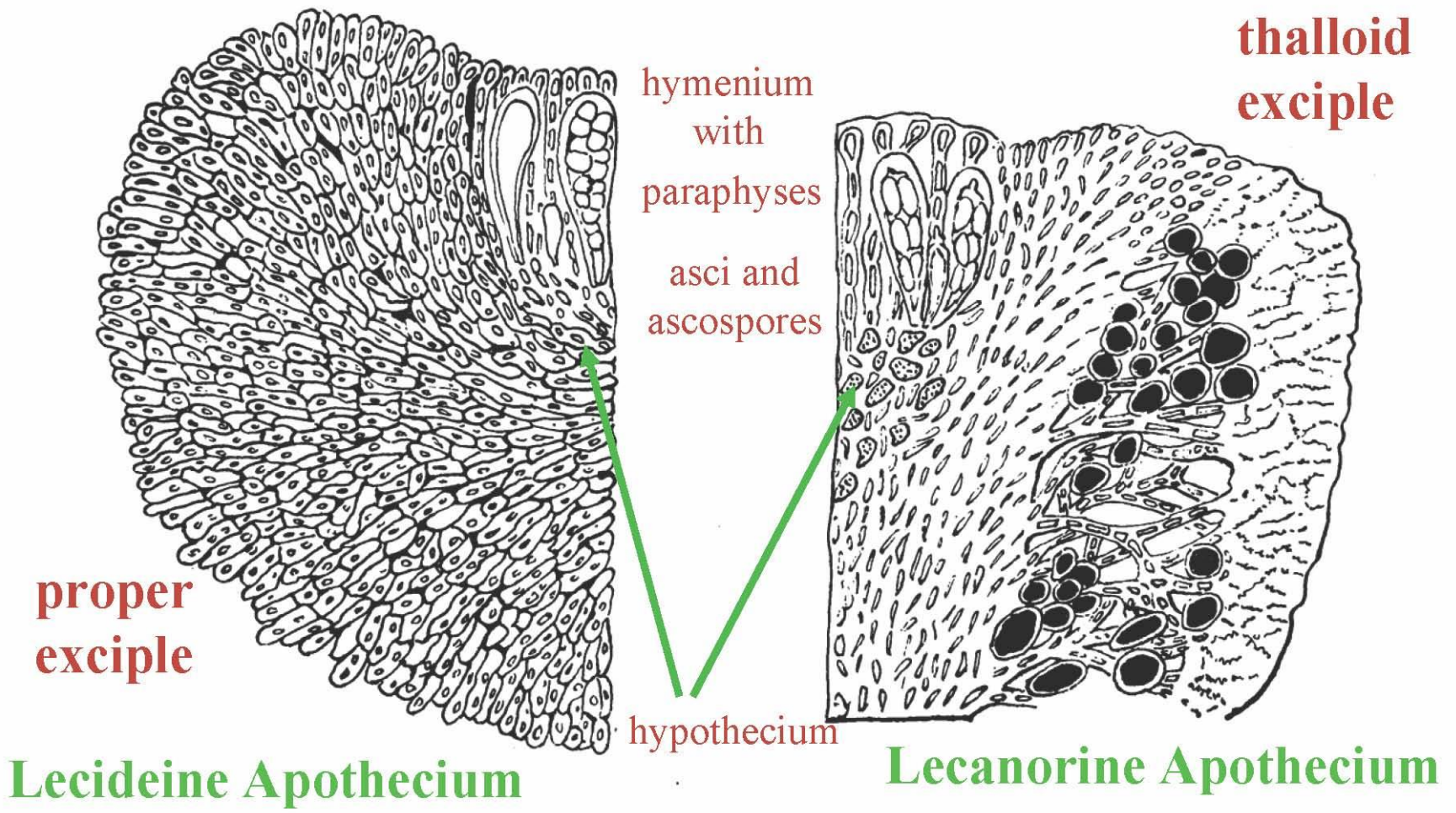
# Apothecium



*Peltigera horizontalis*



*Cladonia callosa*



**proper exciple**

**Lecideine Apothecium**

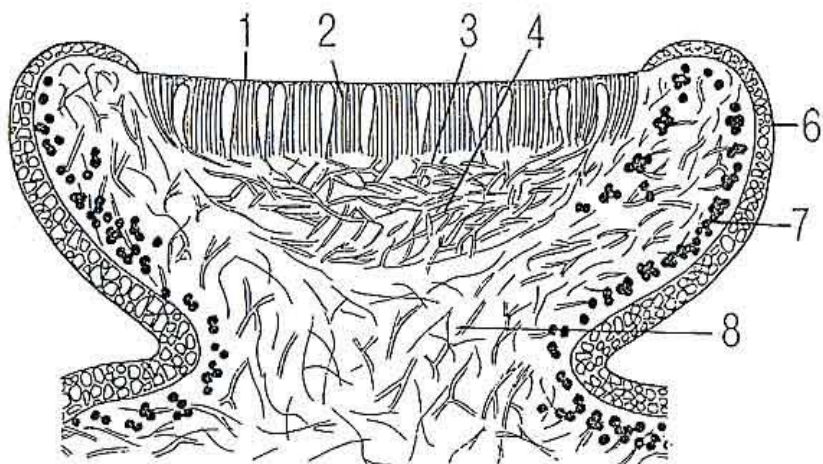
**hymenium with paraphyses**  
**asci and ascospores**

**hypothechium**

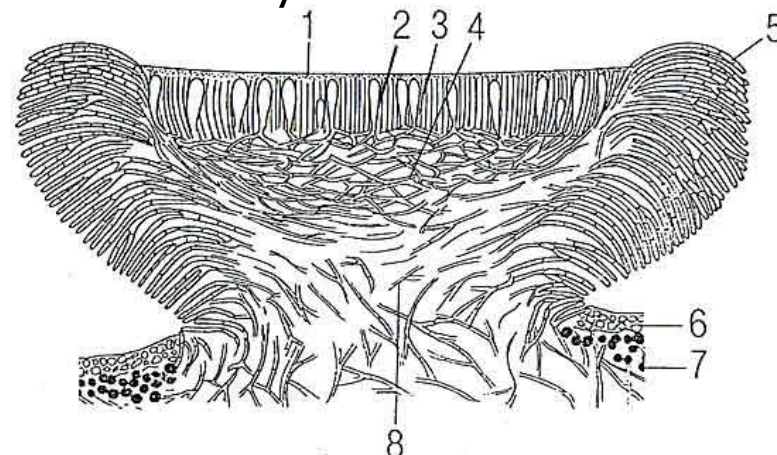
**thalloid exciple**

**Lecanorine Apothecium**

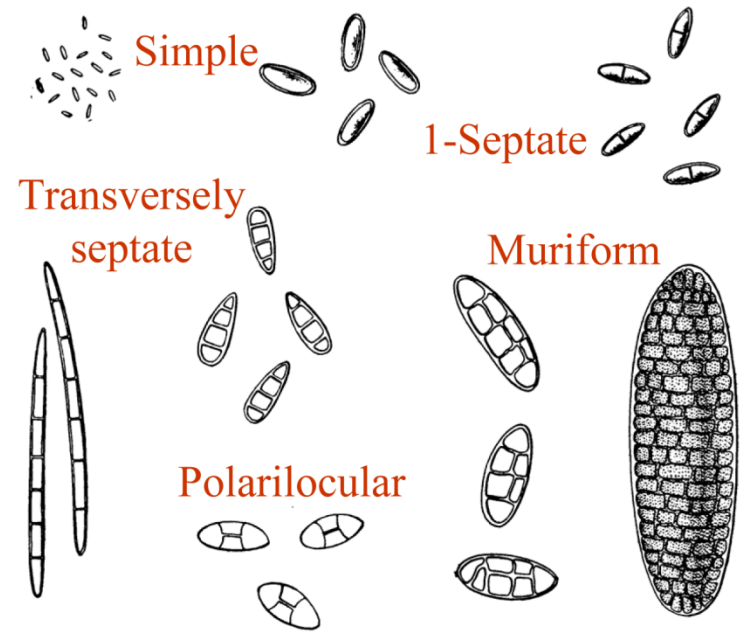
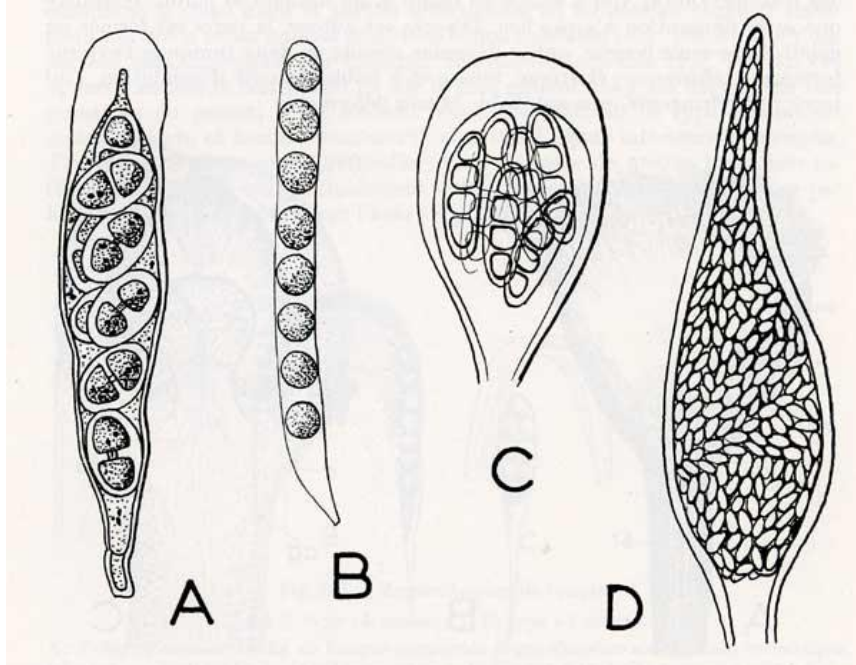
## lekanorovité - stélkový okraj



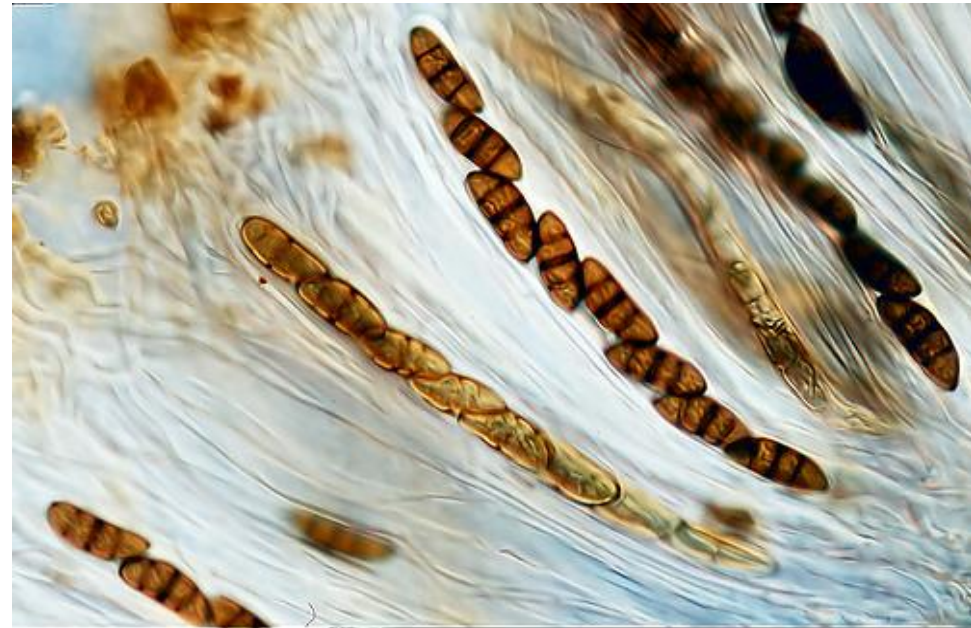
## lecideovité – vlastní okraj karbonizovaný



# vřecka a spory lišejníků



*Pertusaria* – vřecka a spory



*Cladonia* – vřecka a spory

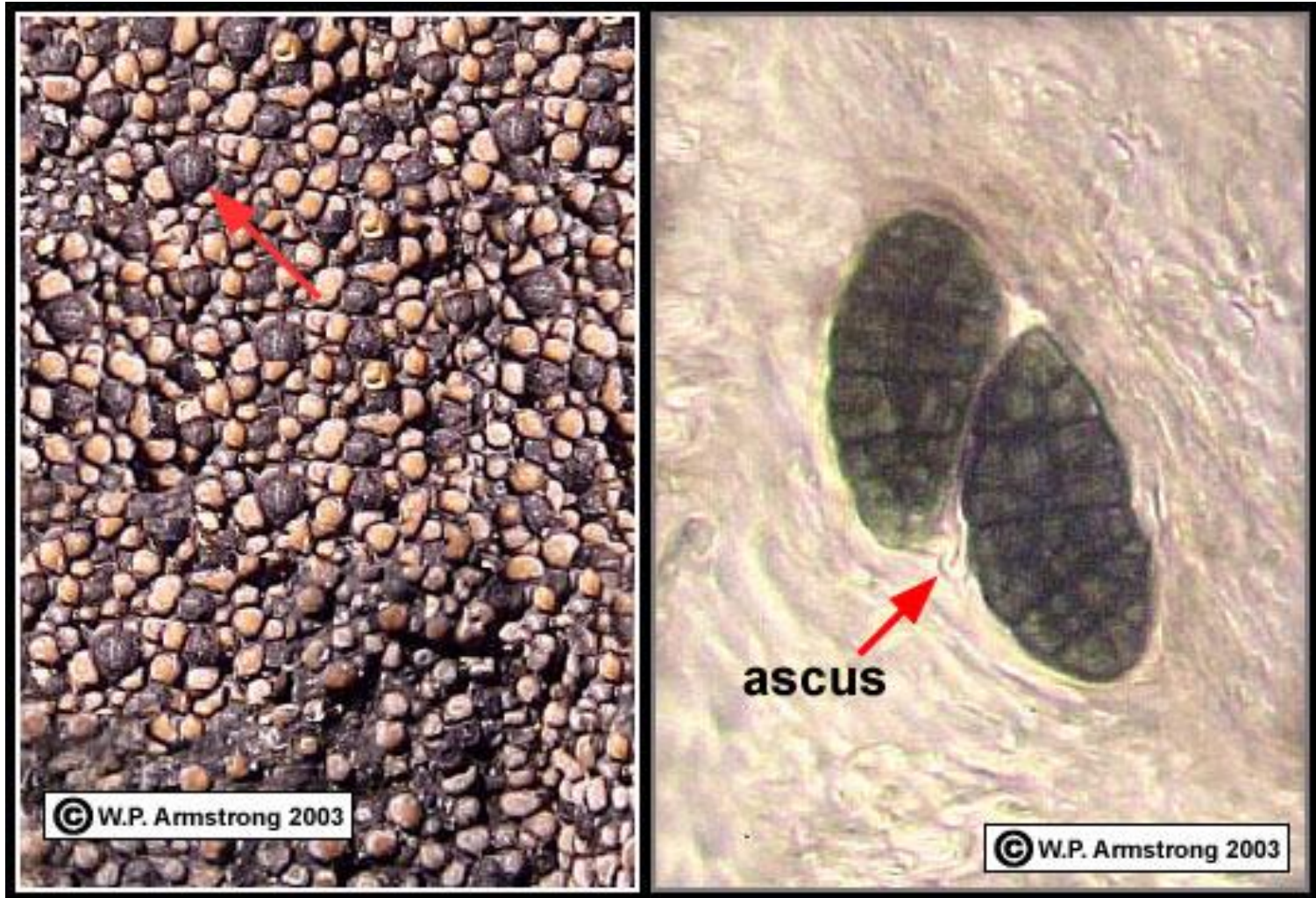


Lichen =  
algue +  
champignon

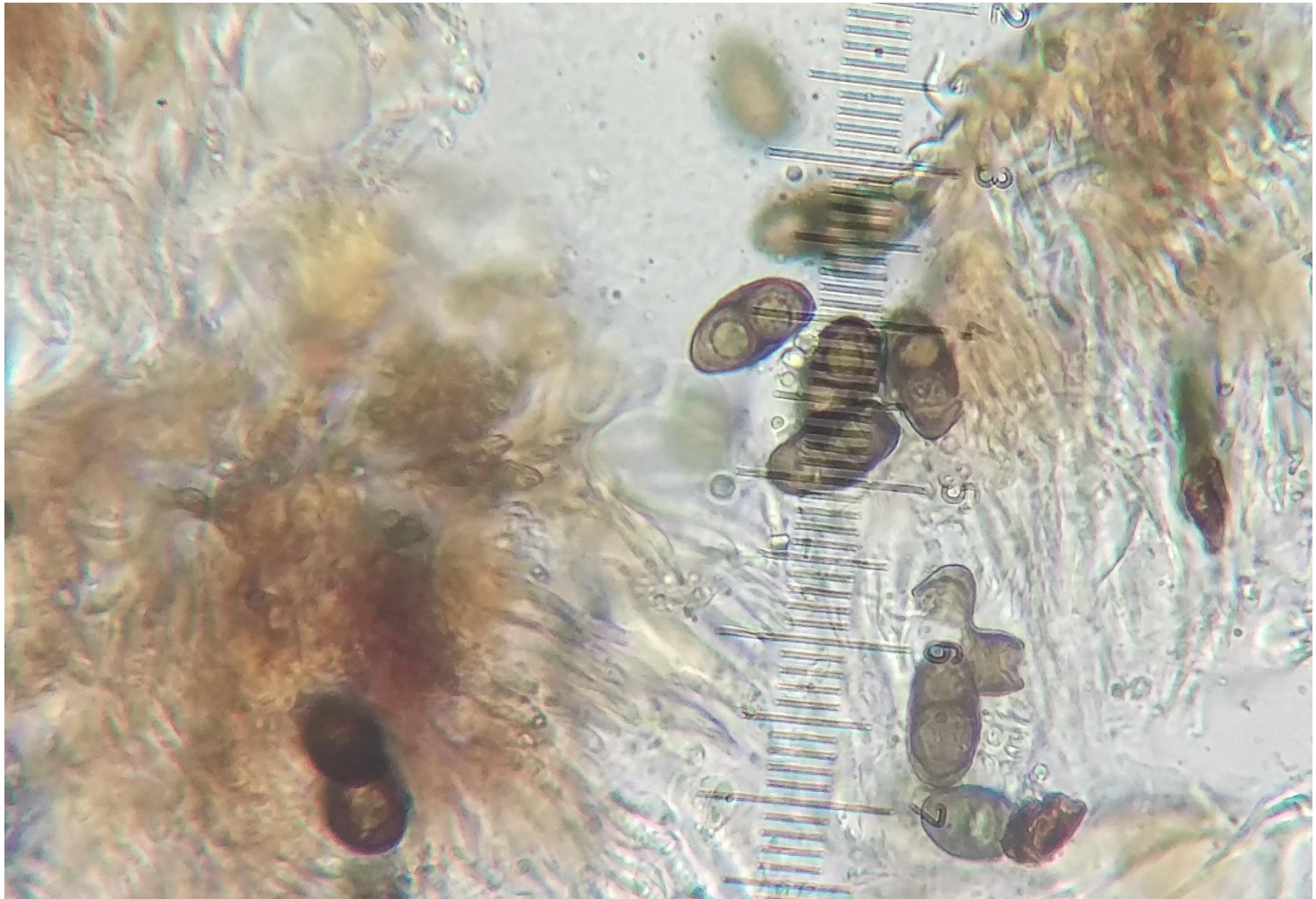
***Xanthoria parietina***

(c) Jacques Beck Ceccaldi





*Rhizocarpon geminatum*



*Rinodina lecanorina*



*Scoliciosporum chlorococcum*

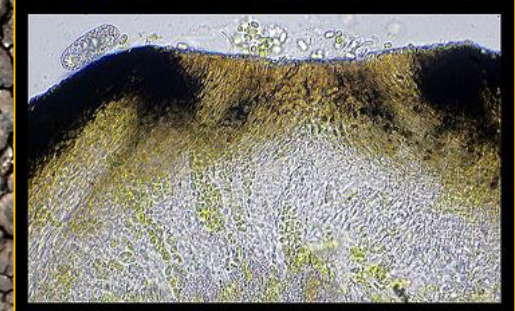
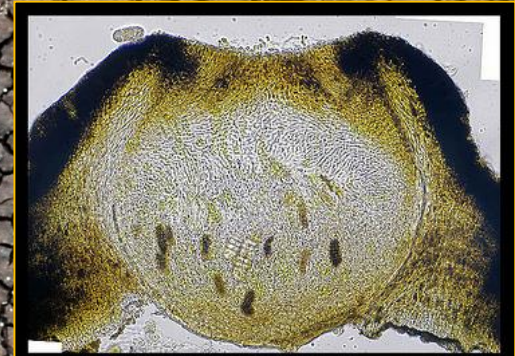
# Perithecium



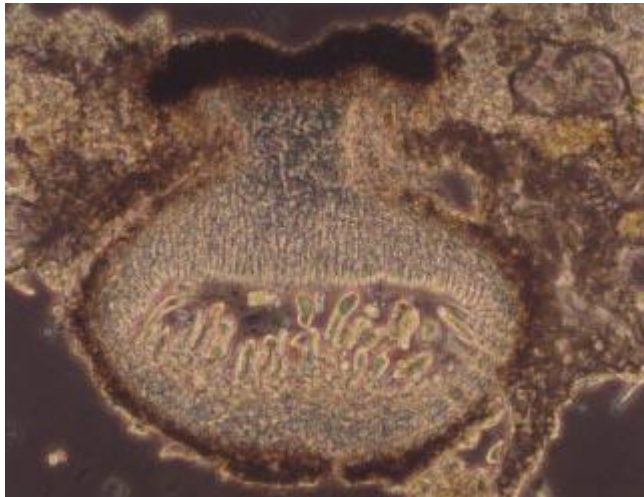
*Staurothele fissa*



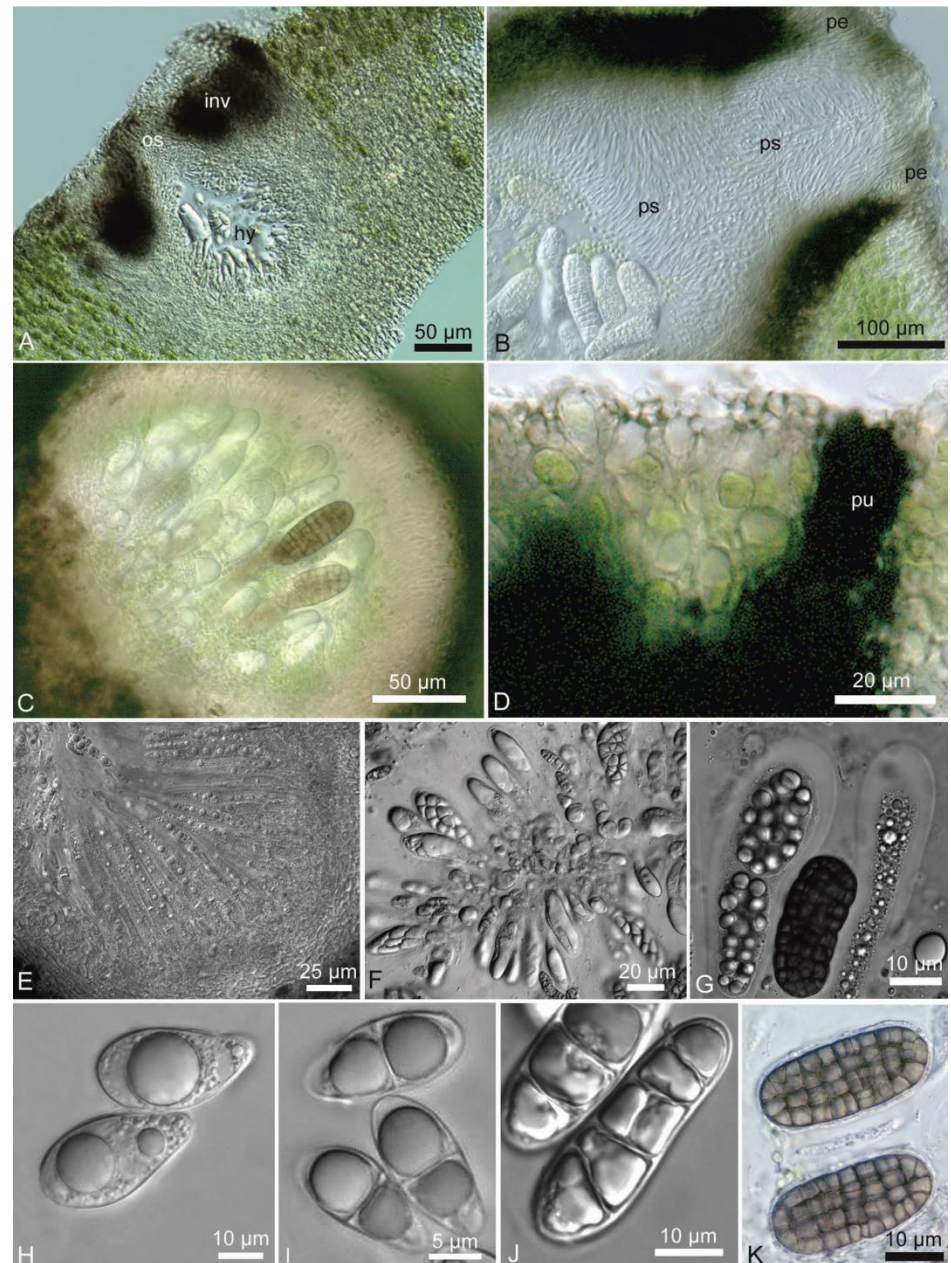
SCIENCEPHOTOLIBRARY



# Perithecium, spory



Halda J. (2003): A taxonomic study of the calcicolous endolithic species of the genus *Verrucaria* Ascomycotina, Verrucariales) with the lid-like and radiately opening involucrellum. – *Acta mus. Richnov.* 10:1-148.



Gueidan et al. 2009: Generic classification of the Verrucariaceae (Ascomycota) based on molecular and morphological evidence: recent progress and remaining challenges. – *Taxon* 58:184-208.

# Rozmnožování a rozmnožovací útvary lišejníků:

*Rozmnožování:*

**pohlavní** – plodnice jako u hub (apothecia, perithecia,...)

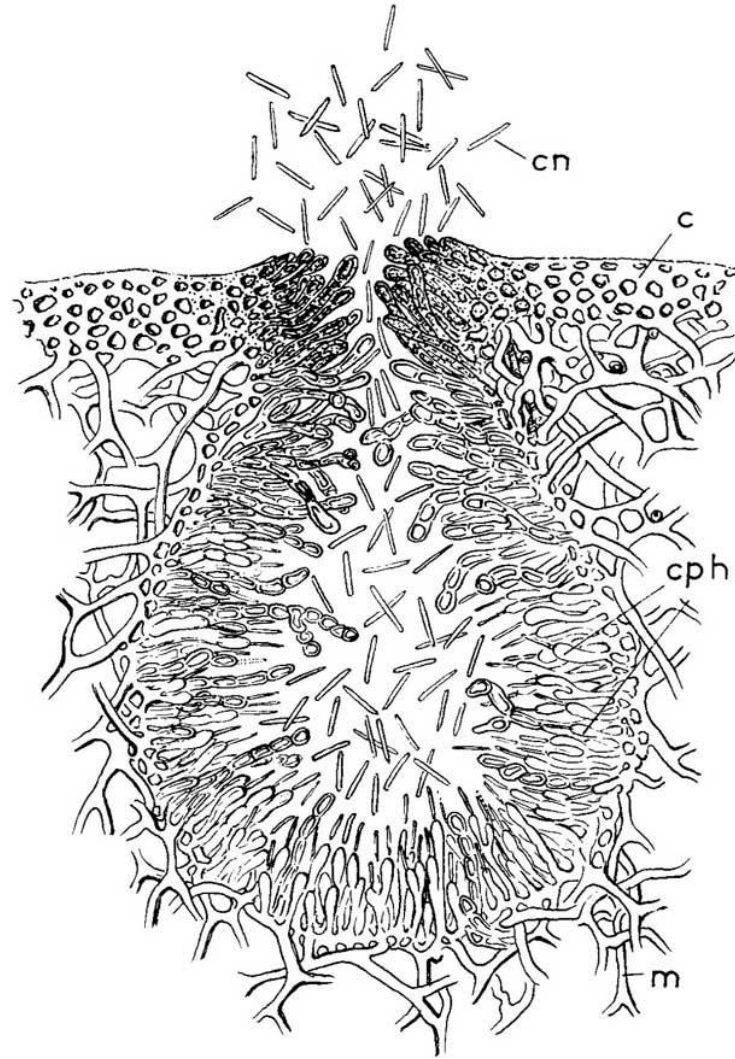
**nepohlavní** – konidie (nepohlavní spory) nejčastěji v pyknidách

– vegetativní útvary:

**sorédie**

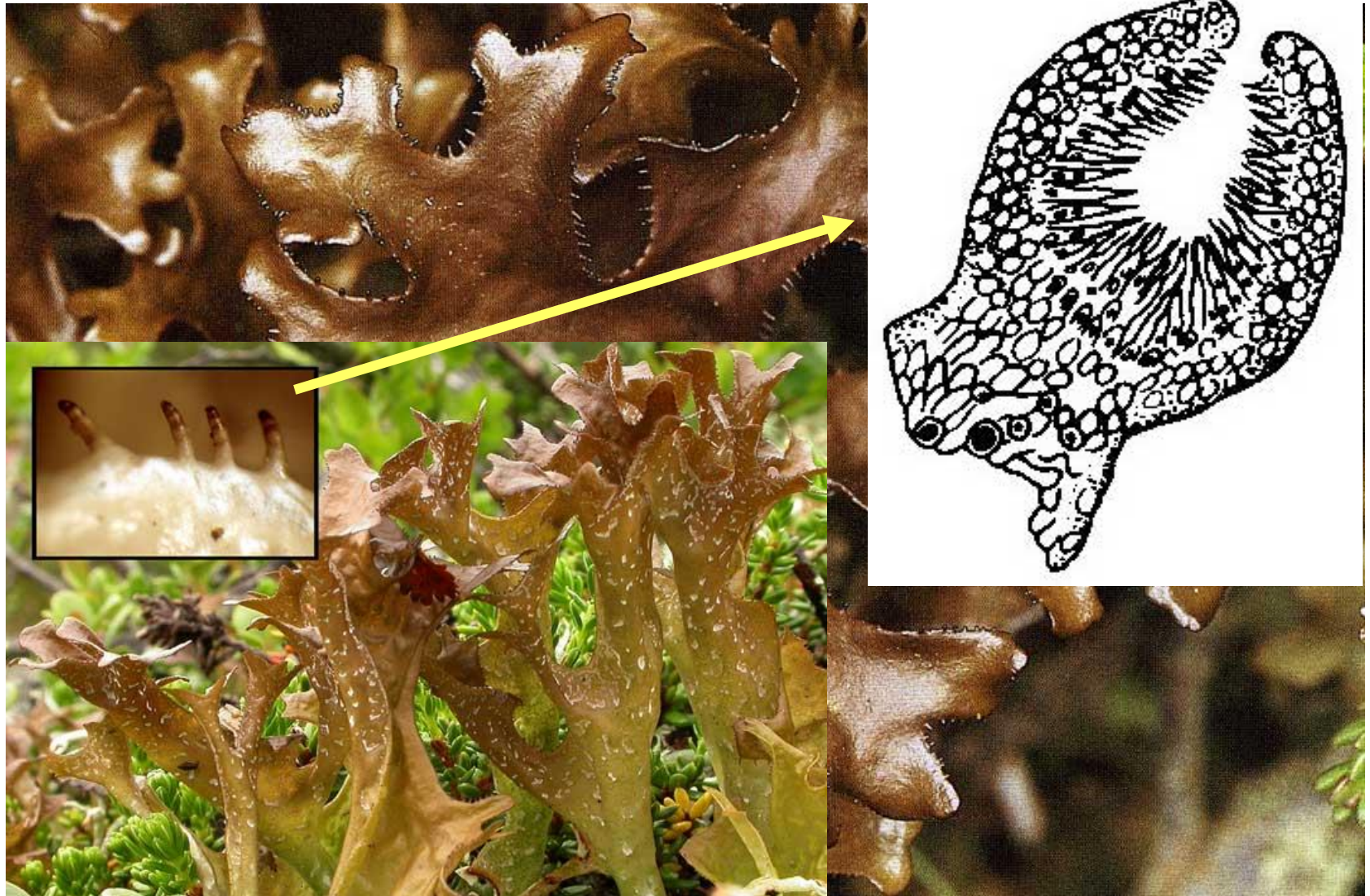
**izídie (isidie)**

# Pyknidy (pyknospory = konidie)



Nepohlavní rozmnožování houby

# Pyknidy (pyknospory = konidie)



Nepohlavní rozmnožování houby



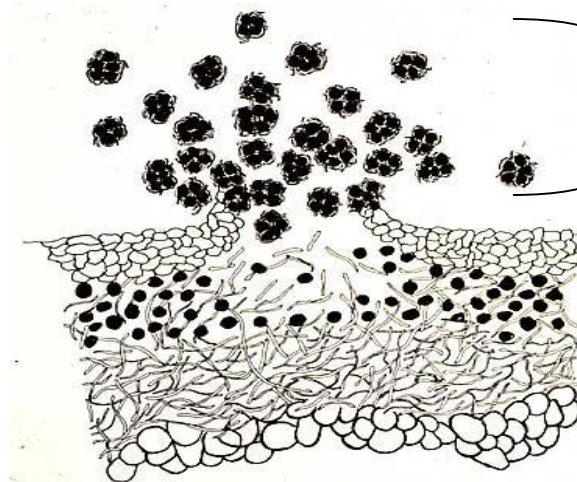
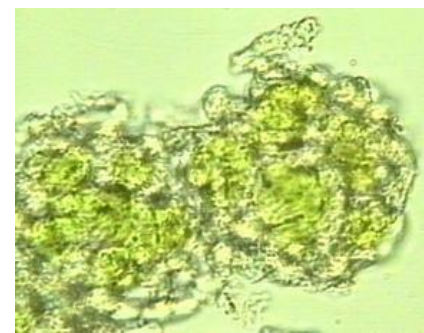
# Pyknidy

(černá ústí – tečky)



# Vegetativní rozmnožování - sorály a sorédie

Skrze praskliny v kůře se uvolňují řasové buňky obalené hyfami mykobionta - *sorédie*. Často v útvarech zvaných *sorály*.



Sorédie

svrchní kůra

vrstva fotobionta

dřeň

spodní kůra



B3500220 [RM] © www.visualphotos.com

SEM of soredia of  
*Cladonia* sp.

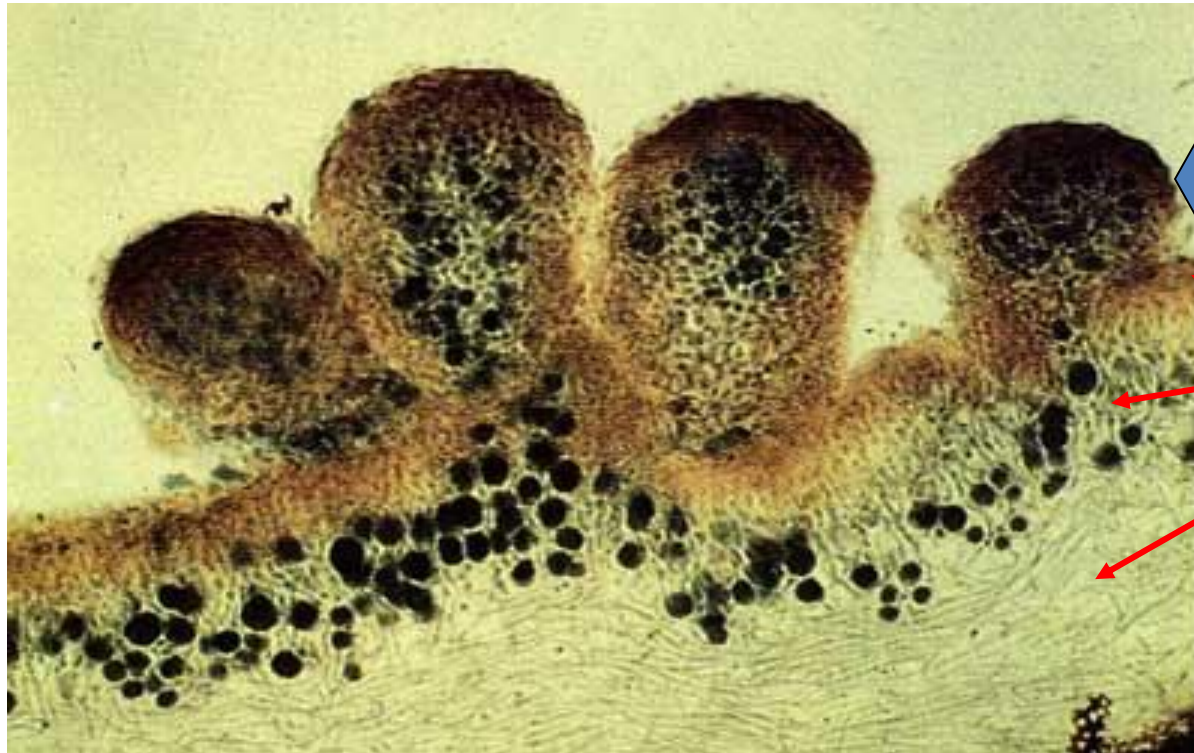
sorédie *Physcia*  
*adscendens*





sorédie *Cladonia  
cornuta* na podétiích

# Vegetativní rozmnožování - izídie



**Izídie**

svrchní kůra  
vrstva fotob.  
dřeň

výrůstky, které zachovávají strukturu stélky, tzn. mají kůru, řasovou vrstvu i dřeň (popř. mají strukturu jako homeomerická stélka).

# Izídie





[www.stridvall.se](http://www.stridvall.se)

<https://calphotos.berkeley.edu>