

A microscopic view of numerous petri dishes containing green algae, likely Chlorella, arranged in a grid pattern. The dishes are filled with a dense, bright green substance, and the background is a light blue-green color. The text is overlaid on the center of the image.

**Fotobionti
aneb
lišejník není jen houba,
ale i řasa**

Ondřej Peksa

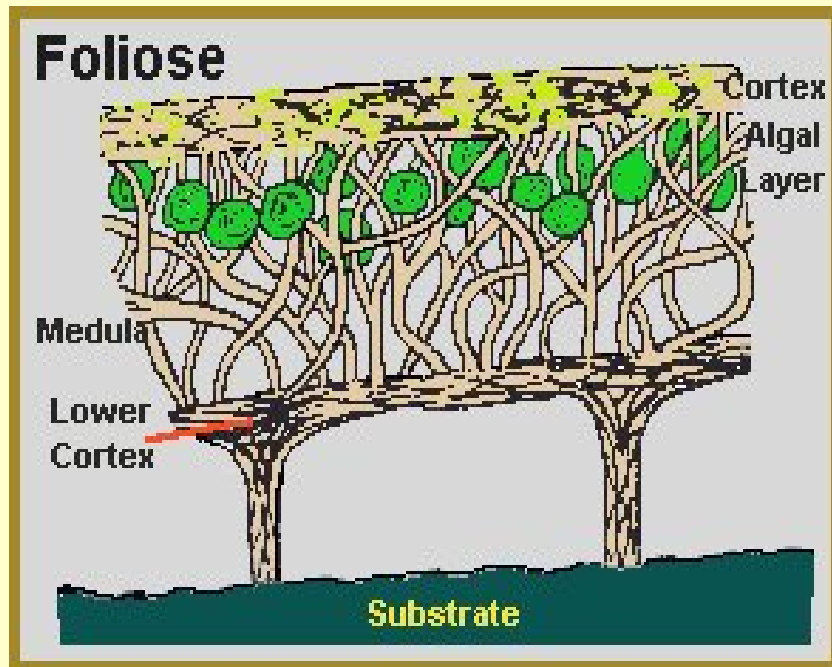
Lišejníky

- definice lišejníku... **podvojný (komplexní) organismus složený z houby (mykobionta) a fotosyntetizujícího partnera (fotobionta)**

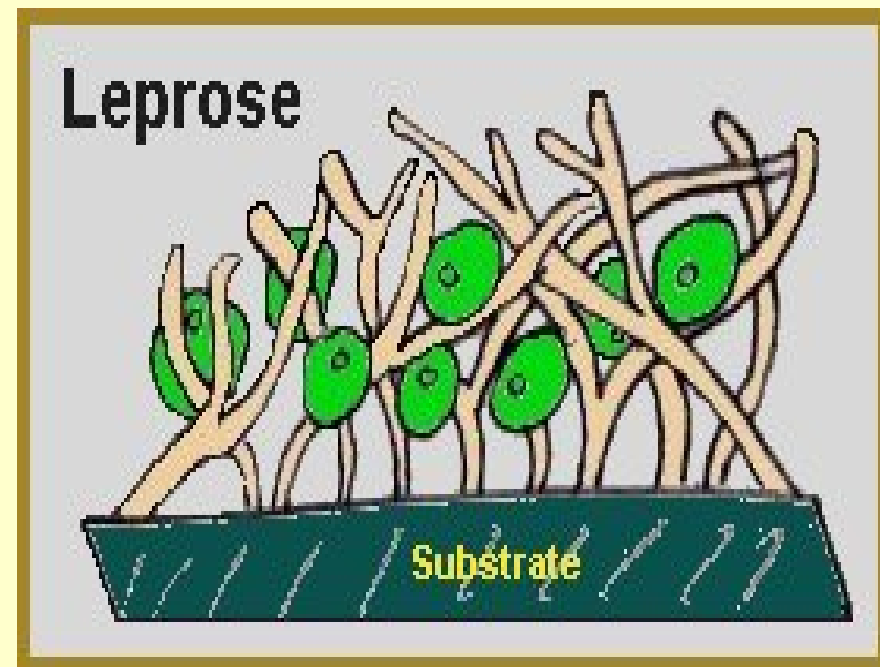


Stélka

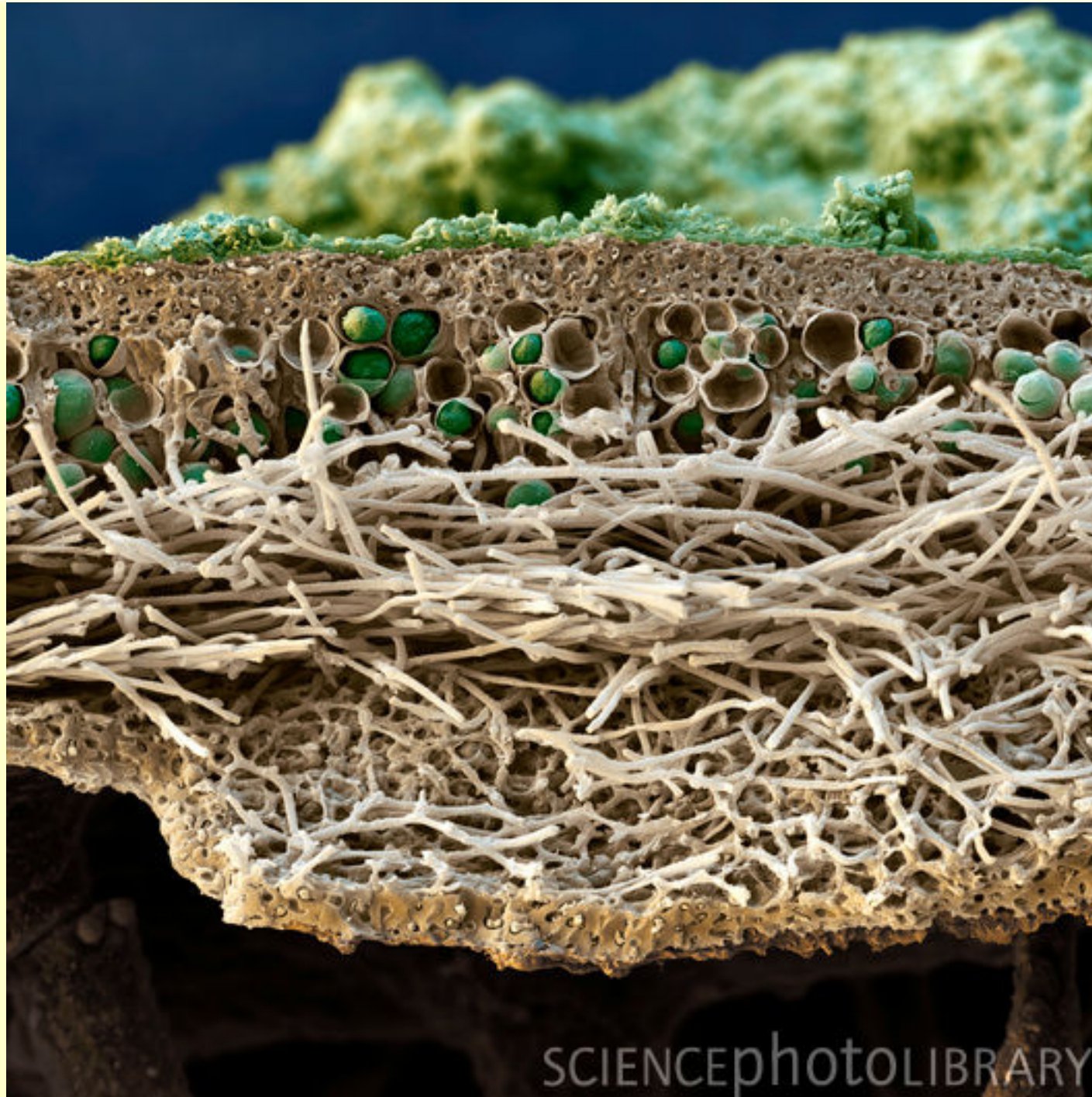
- Stavba stélky (thallus) – dominuje mykobiont, fotobiont většinou omezen na tzv. řasovou vrstvu



heteromerická lupenitá stélka



homeomerická leprózní stélka



řez stélkou
lupeníého
lišejníku

SCIENCEPHOTOLIBRARY

<http://www.sciencephoto.com/media/16655/enlarge>



Peltigera aphthosa

foto: D. Svoboda

Peltigera aphthosa – **cephalodia**

foto: D. Svoboda





Peltigera aphthosa
(mykobiont)

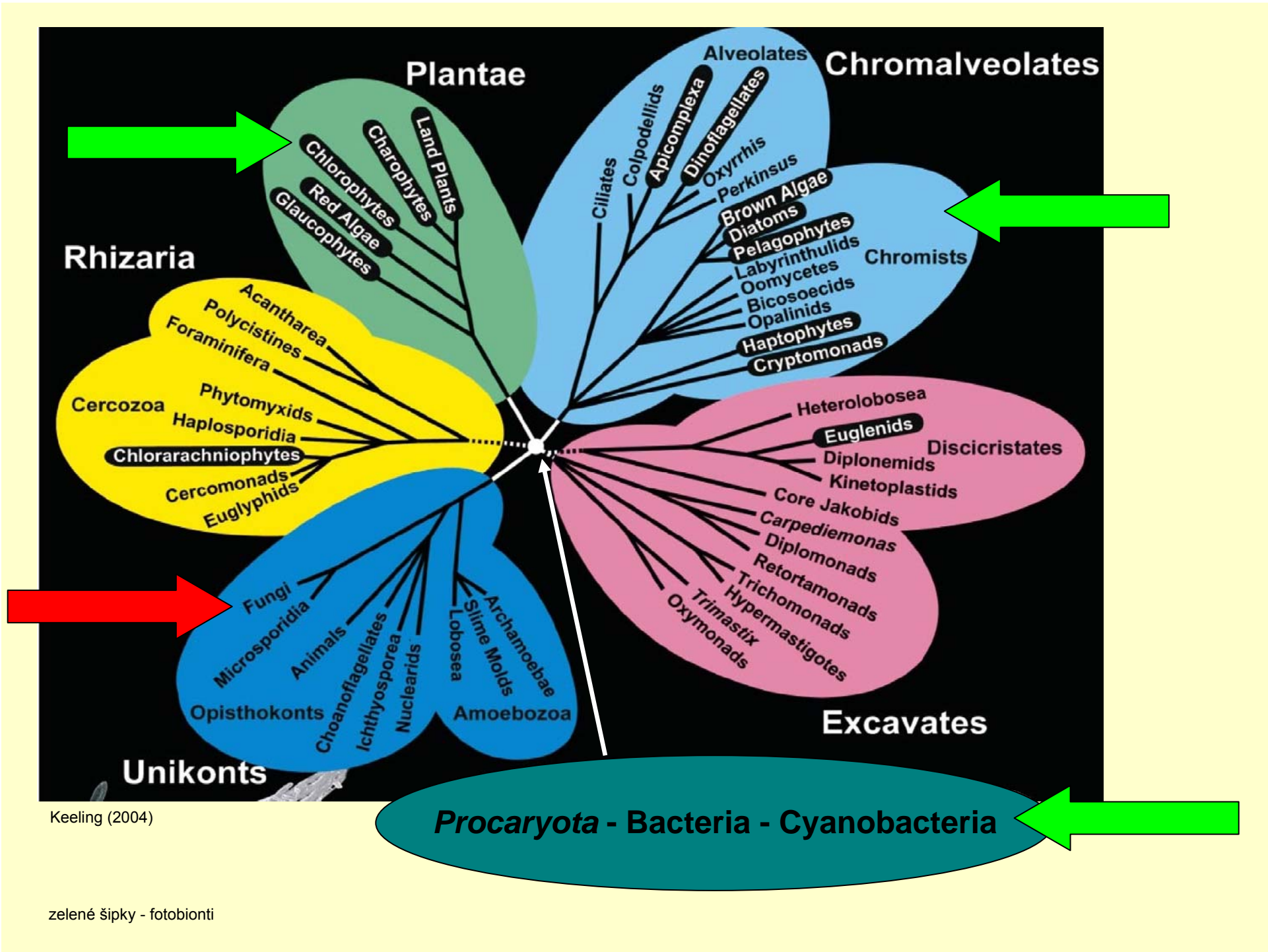
foto D. Svoboda



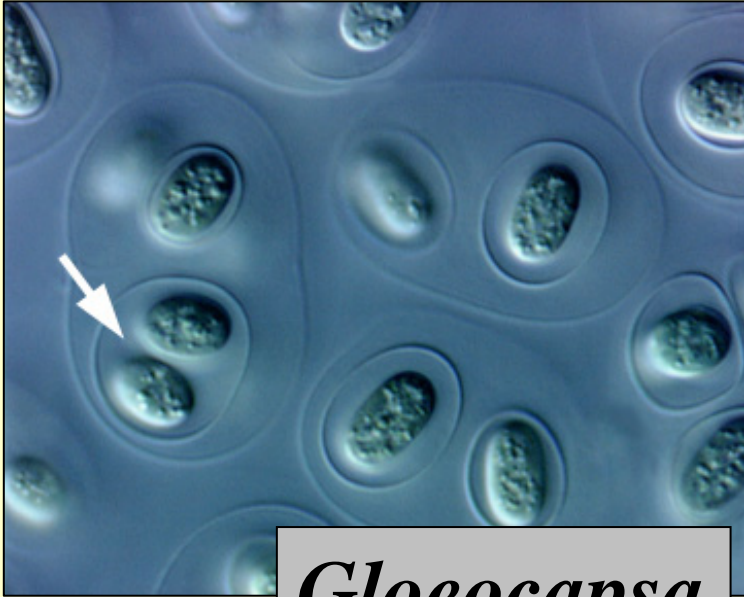
Coccomyxa (primární fotobiont)

Nostoc (cephalodia)

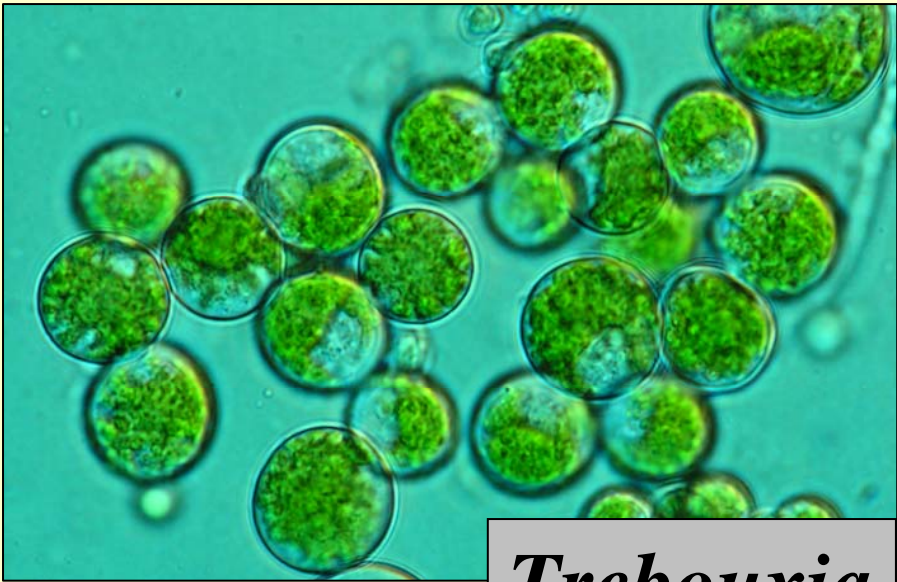




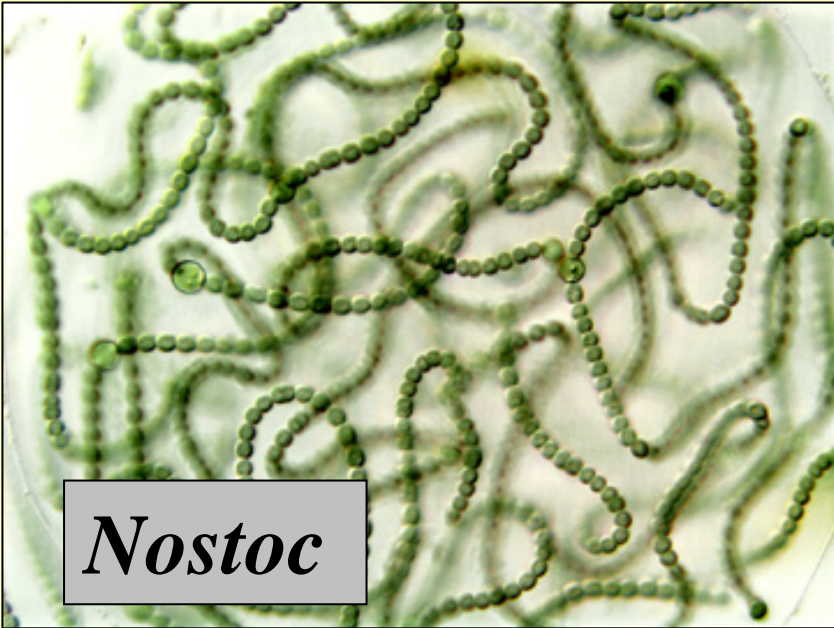
Cyanobacteria		Eukaryotic algae	
<i>Anabaena</i>	Nostocales	<i>Asterochloris</i>	Trebouxiophyceae
<i>Aphanocapsa</i>	(Synechococcales)	<i>Cephaleuros</i>	Ulvophyceae
<i>Calothrix</i>	Nostocales	<i>Coccolobos</i>	Chlorophyceae
<i>Cyanosarcina</i>	Chroococcales	<i>Coccomyxa</i>	Trebouxiophyceae
<i>Dichothrix</i>	Nostocales	<i>Desmococcus</i>	Chlorophyceae
<i>Entophysalis</i>	Chroococcales	<i>Dictyochloropsis</i>	Trebouxiophyceae
<i>Gloeocapsa</i>	Chroococcales	<i>Dilabifilum</i>	Ulvophyceae
<i>Hormathonema</i>	Chroococcales	<i>Diplosphaera</i>	Chlorophyceae
<i>Hyella</i>	Chroococcales	<i>Elliptochloris</i>	Trebouxiophyceae
<i>Hyphomorpha</i>	Stigonematales	<i>Gloeocystis</i>	Chlorophyceae
<i>Chroococcidiopsis</i>	Chroococcales	<i>Heterococcus</i>	Xanthophyceae
<i>Chroococcus</i>	Chroococcales	<i>Chlorella</i>	Chlorophyceae/Trebouxiophyceae
<i>Microcystis</i>	Chroococcales	<i>Chlorosarcinopsis</i>	Chlorophyceae
<i>Myxosarcina</i>	Chroococcales	<i>Leptosira</i>	Trebouxiophyceae
<i>Nostoc</i>	Nostocales	<i>Myrmecia</i>	Trebouxiophyceae
<i>Rhizonema</i>	Nostocales	<i>Nannochloris</i>	Trebouxiophyceae
<i>Scytonema</i>	Nostocales	<i>Pelvetia</i> *	Phaeophyceae
<i>Stigonema</i>	Nostocales	<i>Petroderma</i>	Fucophyceae
<i>Tolypothrix</i>	Nostocales	<i>Phycopeltis</i>	Ulvophyceae
		<i>Prasiola</i> **	Trebouxiophyceae
		<i>Protococcus</i> ***	Trebouxiophyceae
		<i>Pseudochlorella</i>	Trebouxiophyceae
		<i>Stichococcus</i>	Trebouxiophyceae
		<i>Trebouxia</i>	Trebouxiophyceae
		<i>Trentepohlia</i>	Ulvophyceae
		<i>Trochiscia</i>	Chlorophyceae
* photobiont of marine "borderline lichen" <i>Collembosidium pelvetiae</i>			
** photobiont of marine "borderline lichen" <i>Mastodia tessellata</i>			
*** synonymized with <i>Apatococcus</i>			



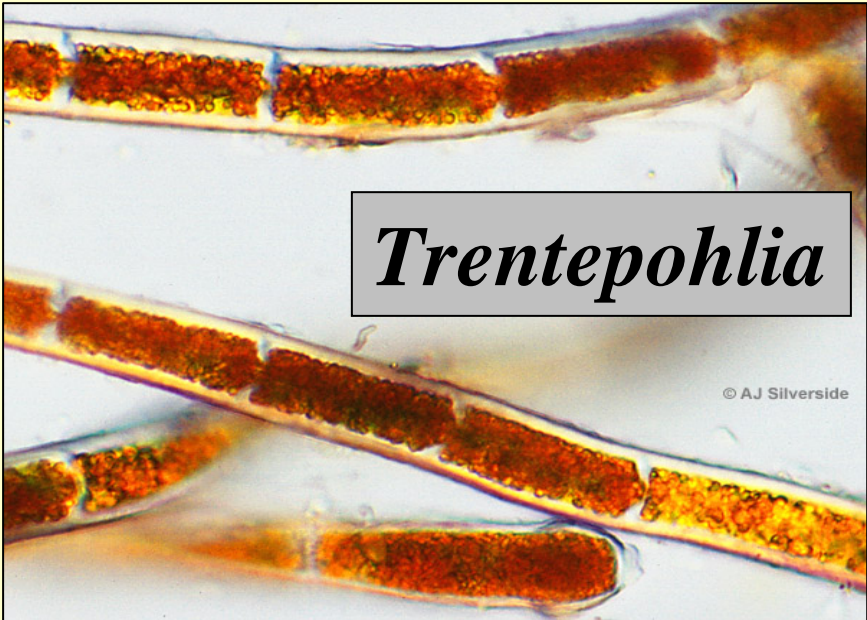
Gloeocapsa



Trebouxia



Nostoc



Trentepohlia

- asi 15 000 druhů hub ze skupin...



foto: E. Tindal © ET

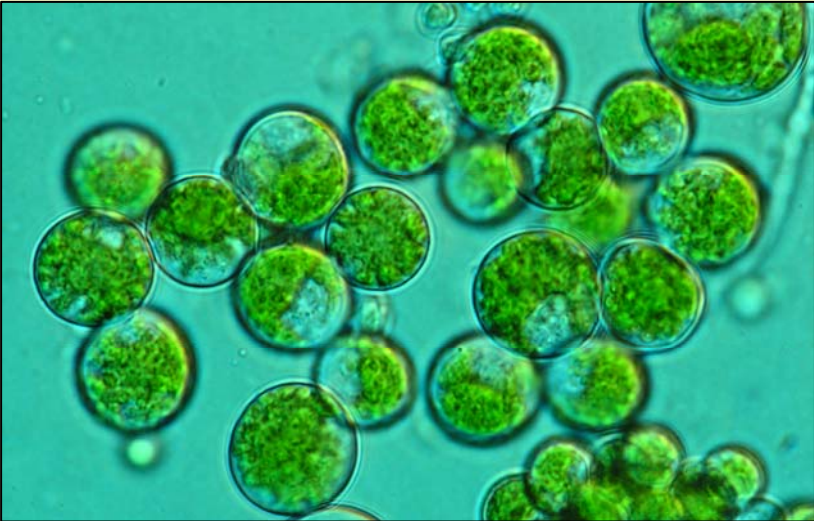
Ascomycota



Basidiomycota

- ??? druhů řas a sinic (popsaných asi 100)

Trebouxia



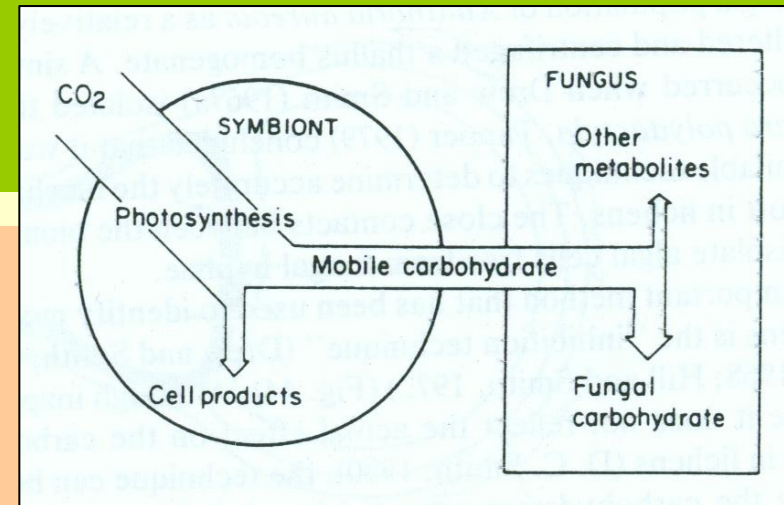
Jak lišejník funguje?

řasa:

- vyživuje celý systém

houba:

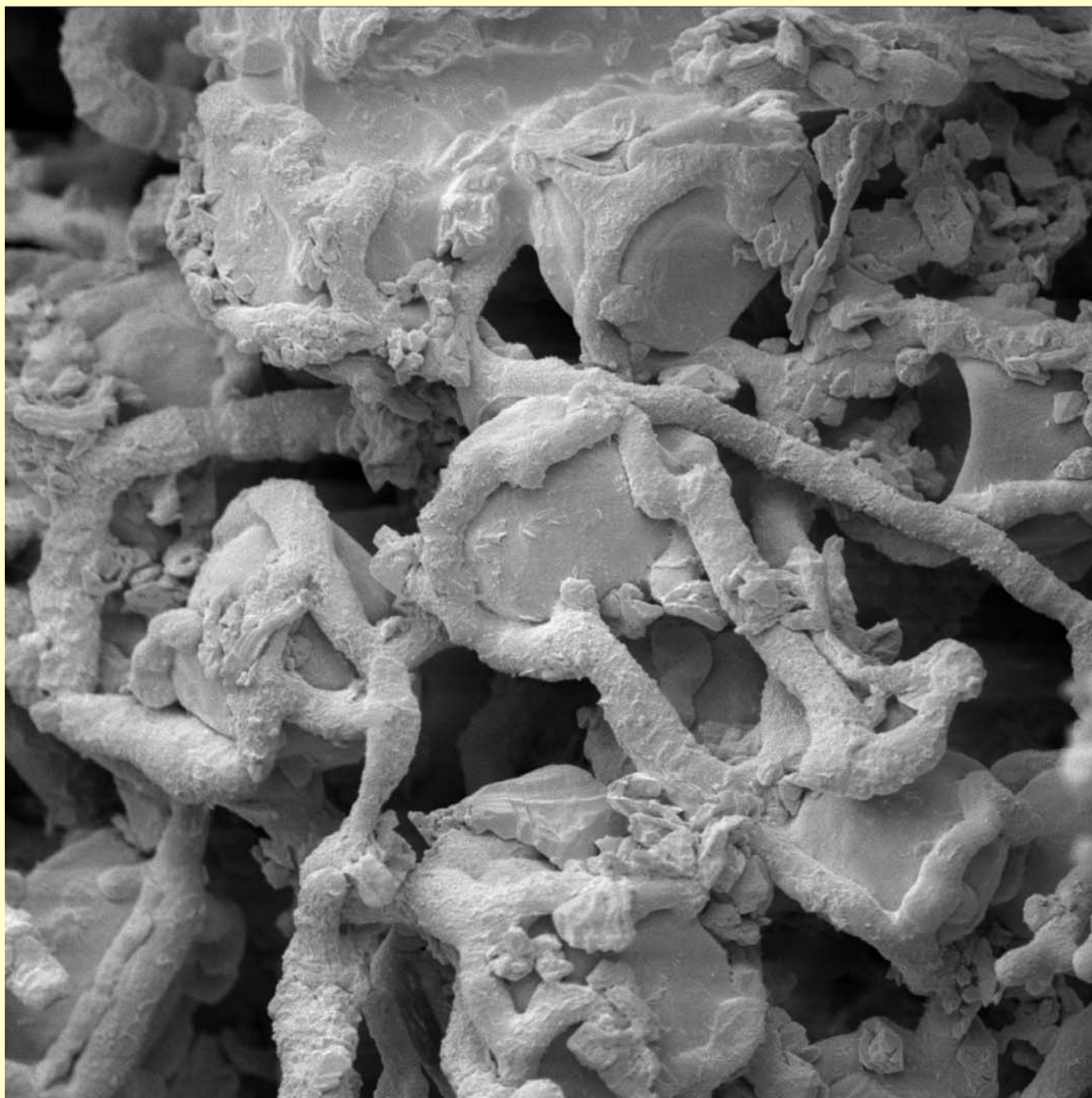
- tvoří „tělo“ lišejníku
- „pečuje“ o řasu
- ovlivňuje vodní režim
- v interakci s řasou tvoří sekundární metabolity



Smith et al. (1987)

sinice:

- dodává do systému dusík



5000 V

8 mm

2000 X

5 μ m

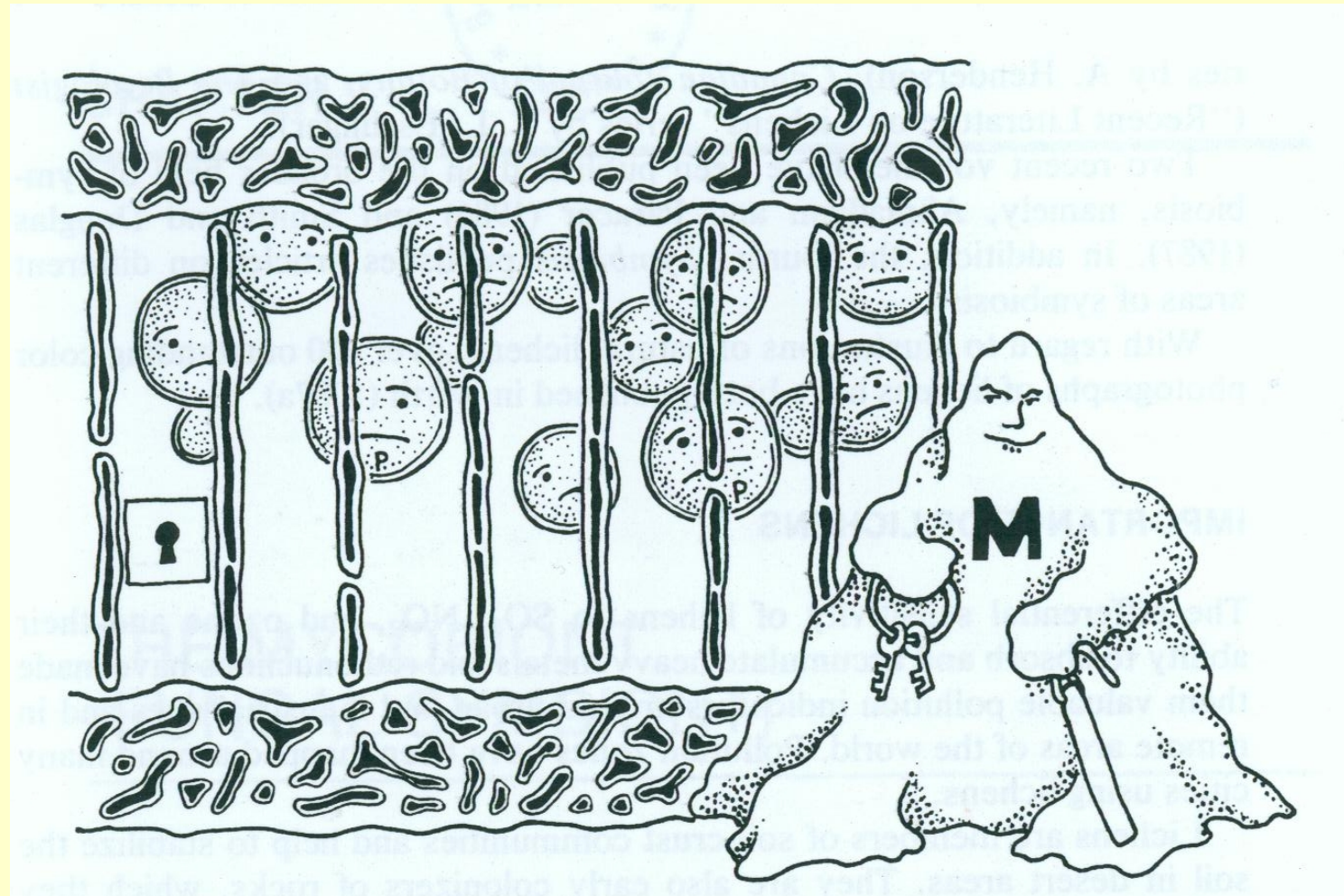
L. lobificans

BA2007-A-7

foto: Š. Bayerová

Je lišejník dobrou ukázkou symbiózy?

- mutualismus...parasitismus...kontrolovaný parazitismus



Schwenderer (1869) sec.
Ahmadjian (1993)

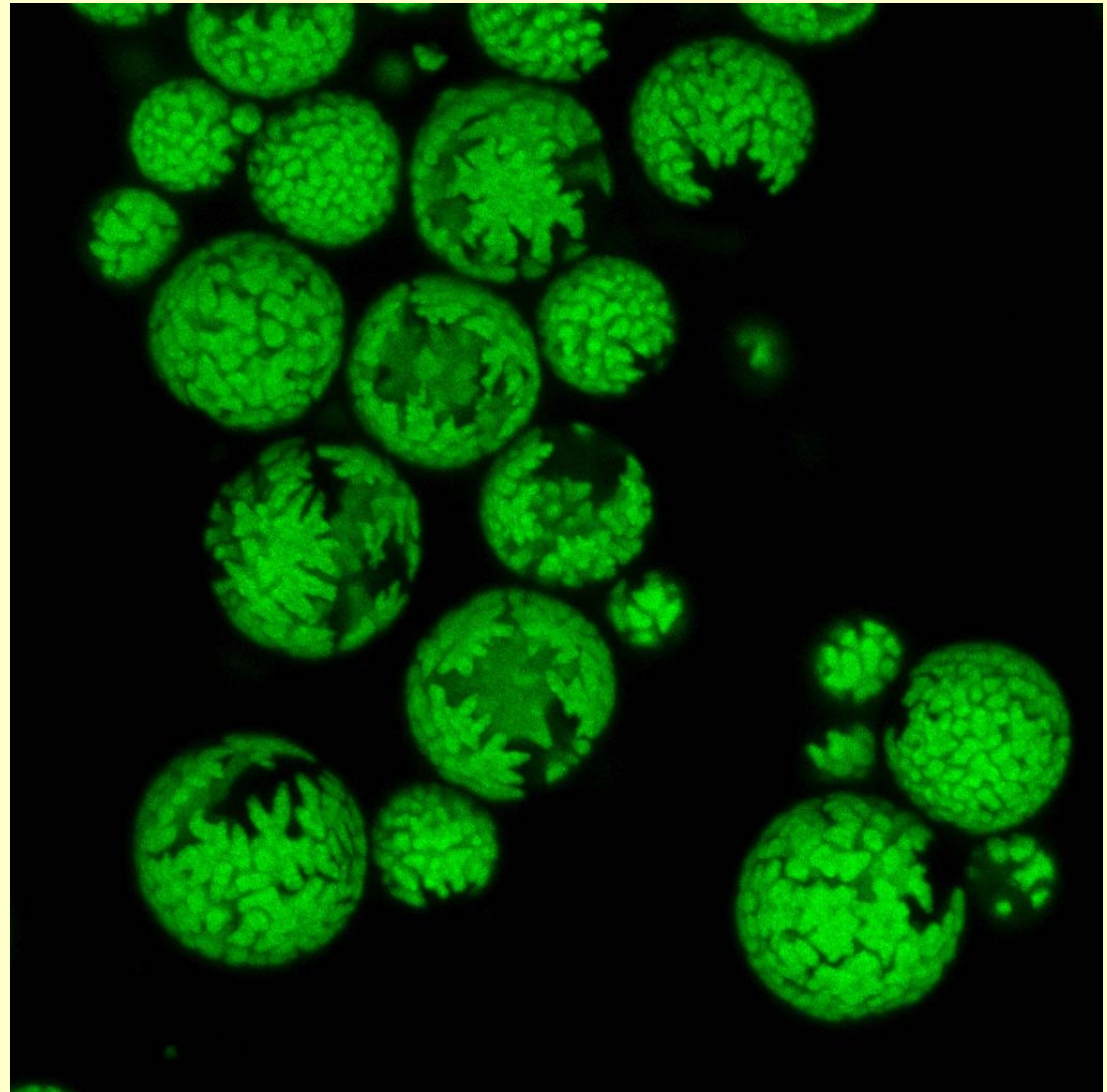
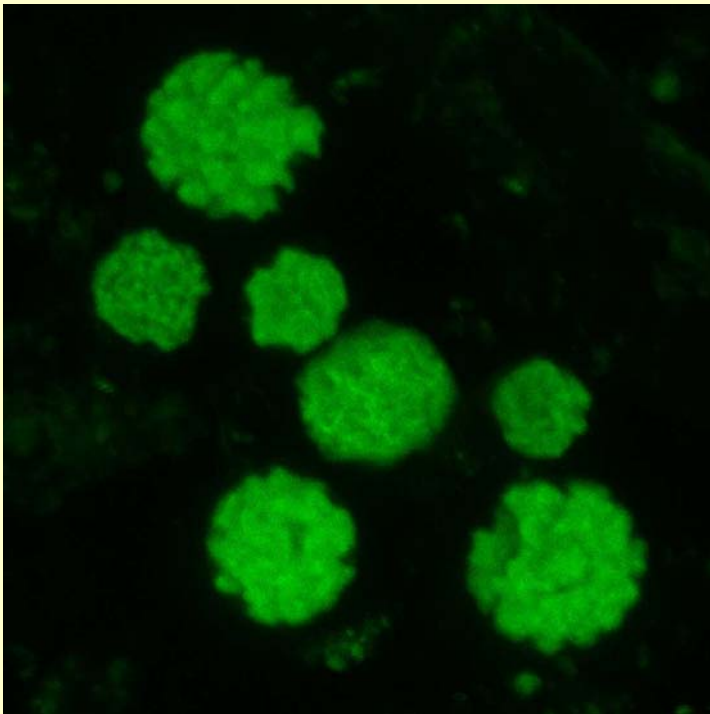
Já myslím, že domestikace ...



„výnos především“

Chloroplast řasy *Asterochloris* v kultuře

Chloroplast řasy *Asterochloris* v
lišejníku



!!! Identifikováni jsou fotobionti ze 2-3% lišejníků

proč?

- nesnadná determinace – fotobiont v lišejníku vypadá často naprosto odlišně než ve volně žijící formě - změna struktury vynucená houbou, deformace vnitřních struktur haustorii

řešení:

- izolace a kultivace – velmi problematická
- popis nových druhů také obtížný
- molekulární biologie (také má svá omezení)

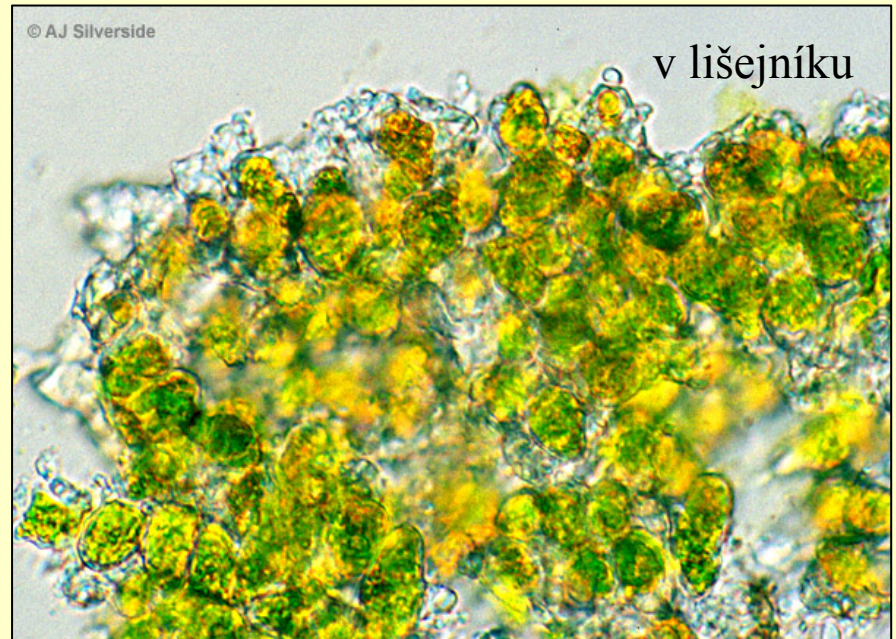


Trentepohlia aurea

foto: František Šaržik



Trentepohlia aurea



Metody studia (foto)biontů

Laboratorní lichenologie

- izolace a kultivace biontů in vitro
- speciální metody izolace
- kultivace – specifická media, podmínky

výsledky: pěstování problematické

- partneři rostou odděleně velmi neochotně
- kultivace se často nezdaří vůbec

Pokud se podaří partnery izolovat a kultivovat v axenické kultuře naskýtá se možnost laboratorní **resyntézy lišejníku**

Cladia retipora

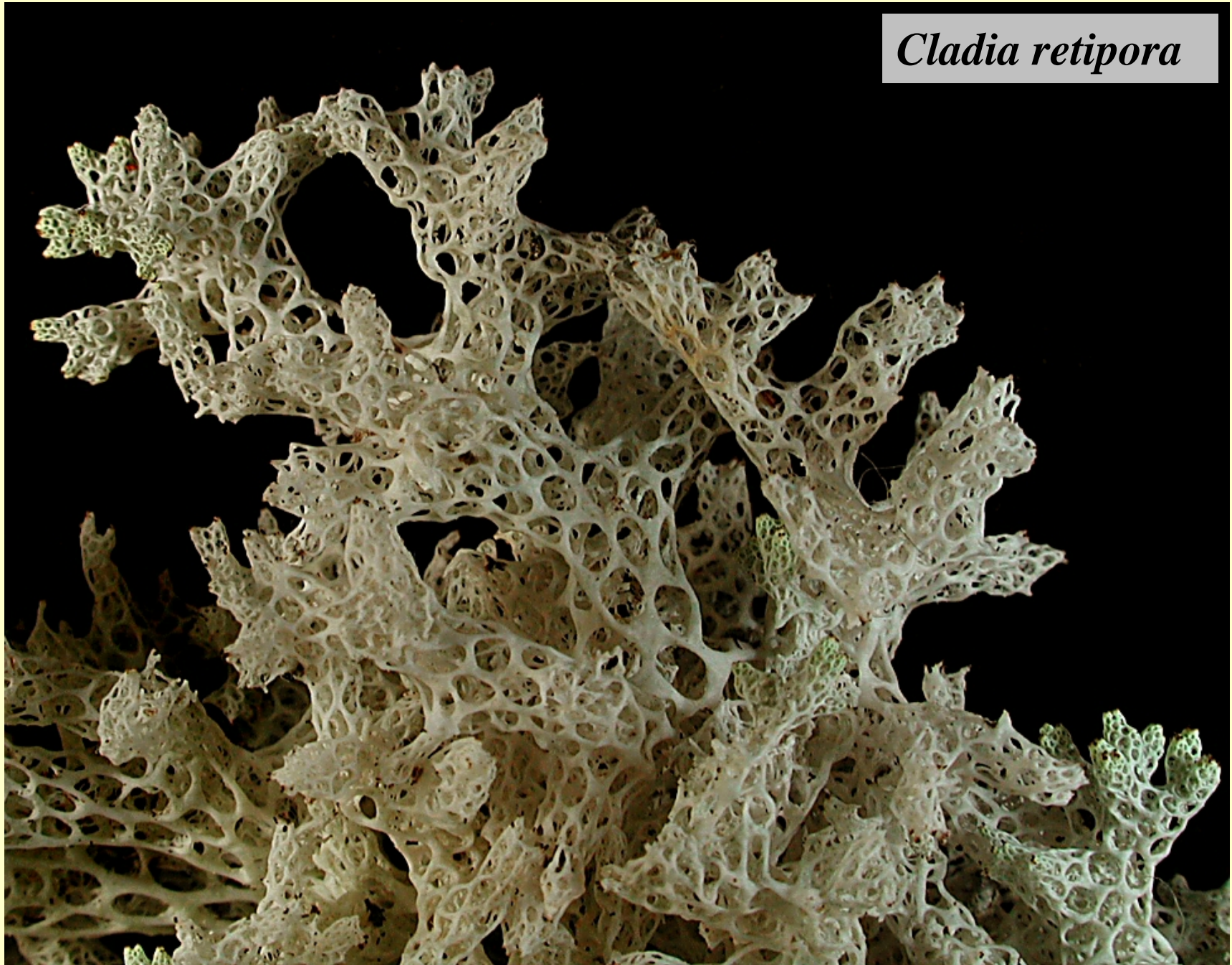
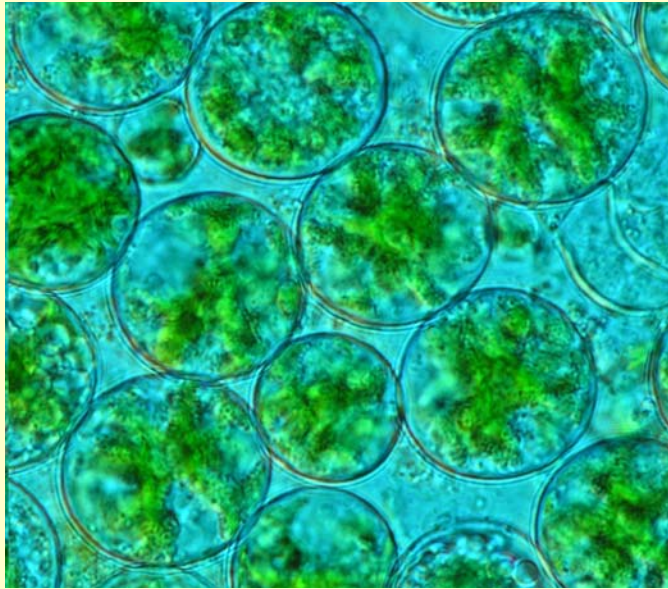
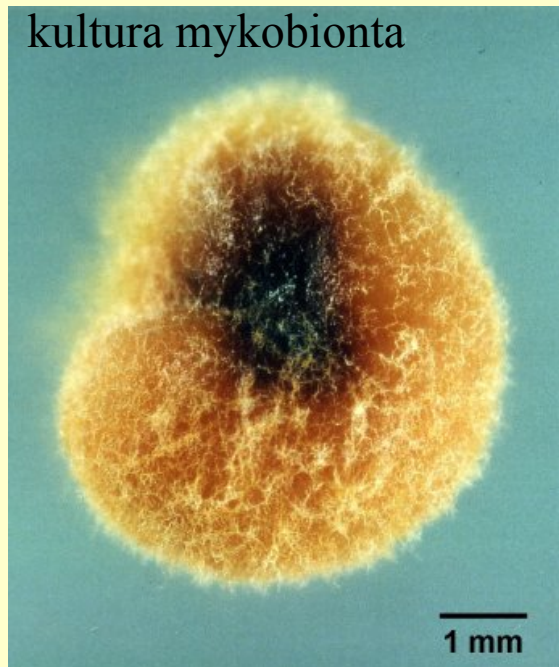


foto:Ulrich Kirschbaum (<http://www.fotocommunity.de/pc/pc/display/23989004>)

kultura fotobionta



kultura mykobionta



kultura lišejníku

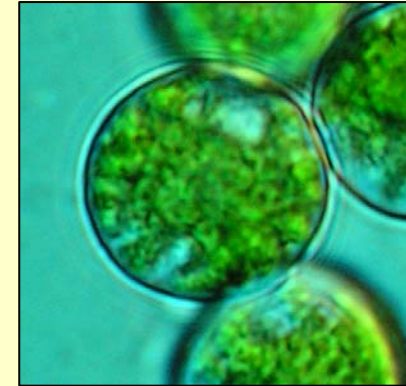
Stocker-Wörgötter E., Elix j.A. (2006): Morphogenetic strategies and induction of secondary metabolite biosynthesis in cultured lichen-forming Ascomycota, as exemplified by *Cladia retipora* (Labill.) Nyl. and *Dactylina arctica* (Richards) Nyl. - *Symbiosis* 41/1: 9-20.



kultury foto a mykobiontů

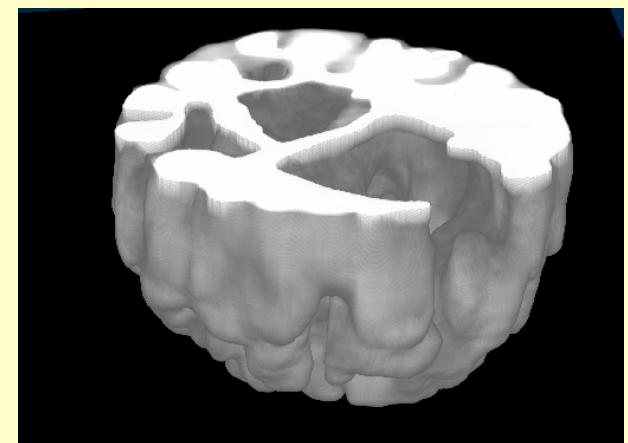
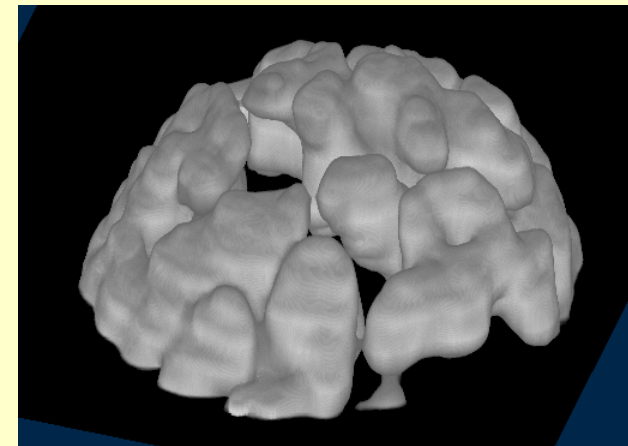
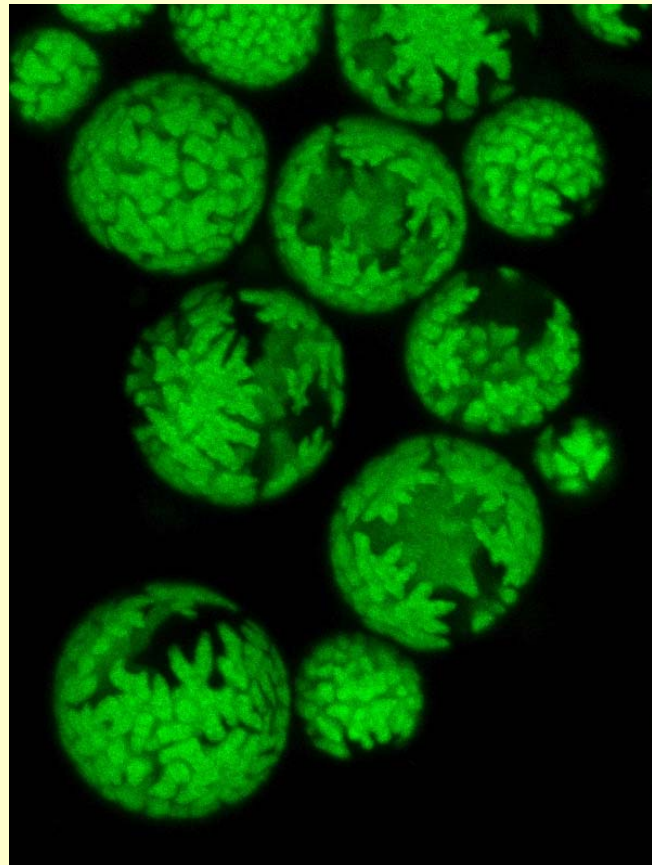
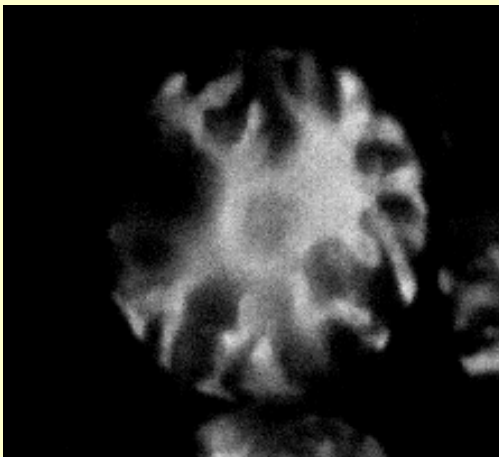
Morfologické studie

např. konfokální mikroskopie



snímky chloroplastu

řasy *Asterochloris*



Molekulární biologie

- bez sekvence v podstatě nelze druh účinně popsat
- absolutně dominuje sekvenování: řasy (ITS rDNA, část genu pro actin, rbcL, chloroplastový spacer psbJ-L, gen pro cytochrom oxidázu Cox2); sinice (16S rRNA, rbcLXS)
- **není projekt na objevování nových druhů fotobiontů**
- řeší se především specifická asociací, v poslední době trochu ekologie

Specificita

= míra toho, s kolika potenciálními partnery je symbiont schopen spolupracovat (vytvořit fungující lišejník)

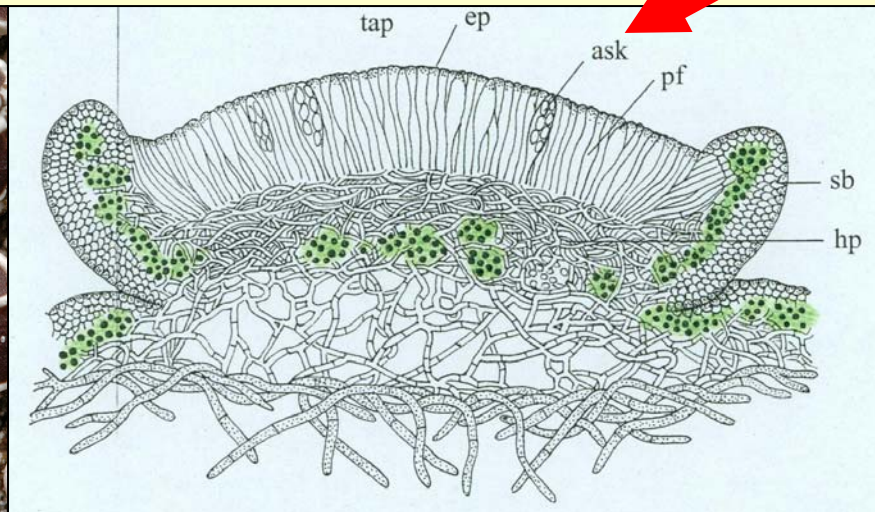
- v podstatě vyjadřuje míru koevoluce
- už morfologické studie naznačily, že to nebude úplně triviální

Problém s rozmnožováním

nepohlavně × **pohlavně**



foto L. et A. Stridvall

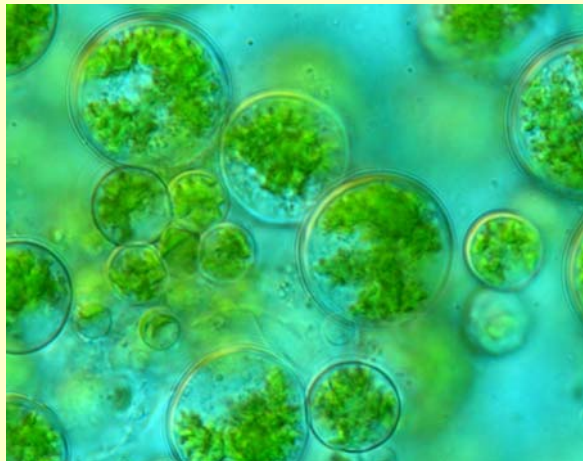


dle Kalina et Váňa (2005)

- kromě nalezení vhodného stanoviště musí navíc najít vhodného partnera – toto hledání je velmi nesnadné a často končí neúspěchem

klíčící **spora** mykobionta

- nenajde partnera → †
- najde „cizí“ řasu → dočasná „lichenizace“
- najde „svou“ řasu → vznik lišejníku

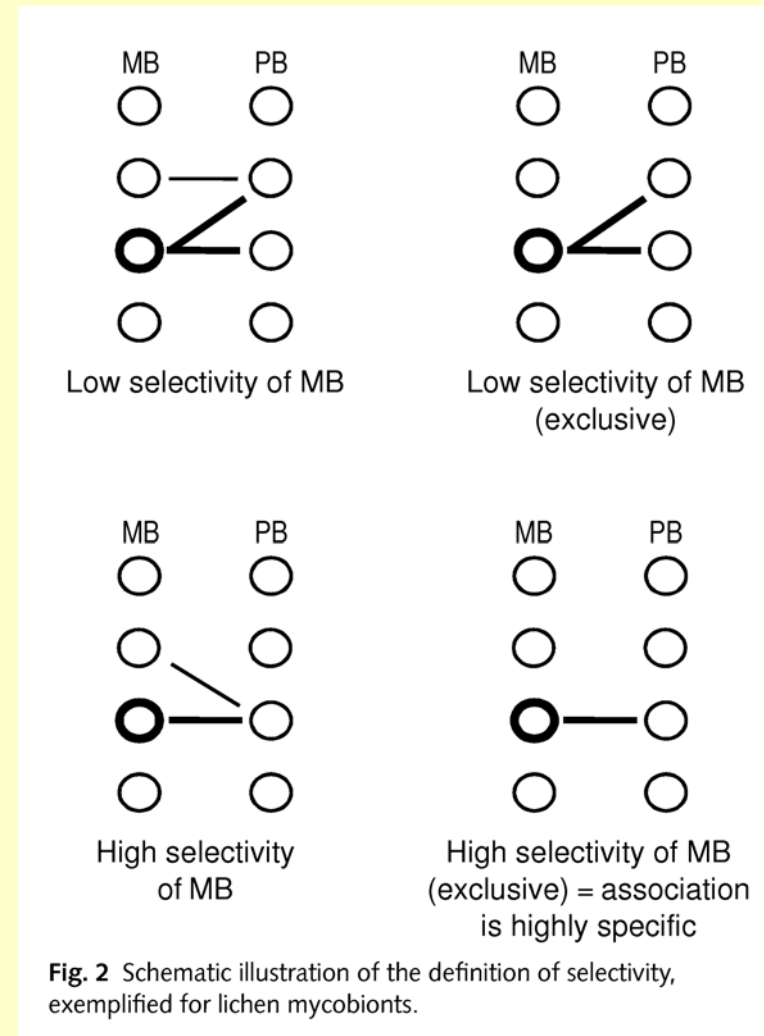


Asterochloris + Cladonia



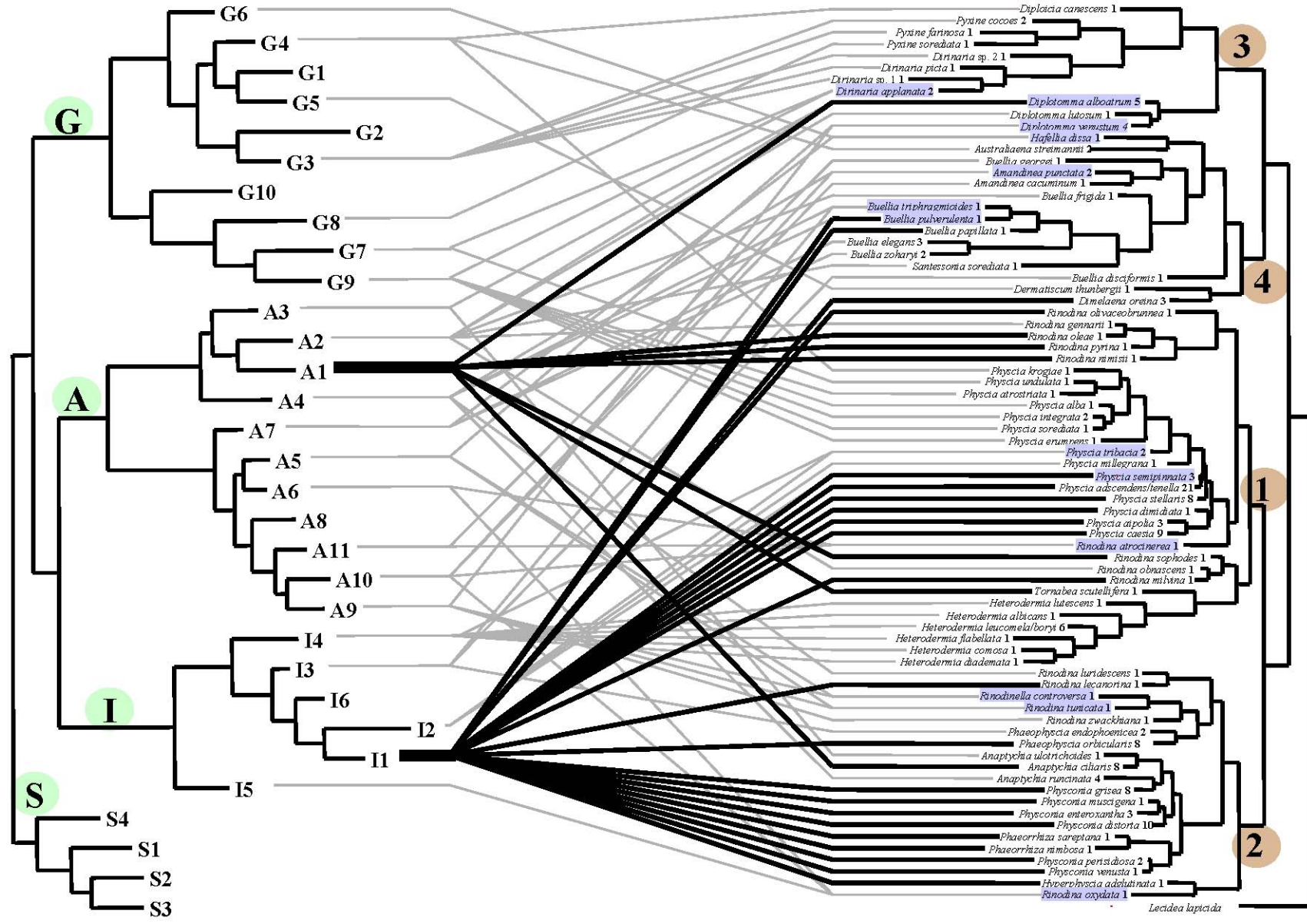
Specificita (selektivita)

- je třeba definovat, o jaké úrovni mluvíme: druhové, rodové či vyšší?



Trebouxia ITS phylogeny

Physciaceae ITS phylogeny



eurýekní lišejník
malá specificita

vyhraněný druh
vysoká specificita

obecný biotop
více hub – více řas

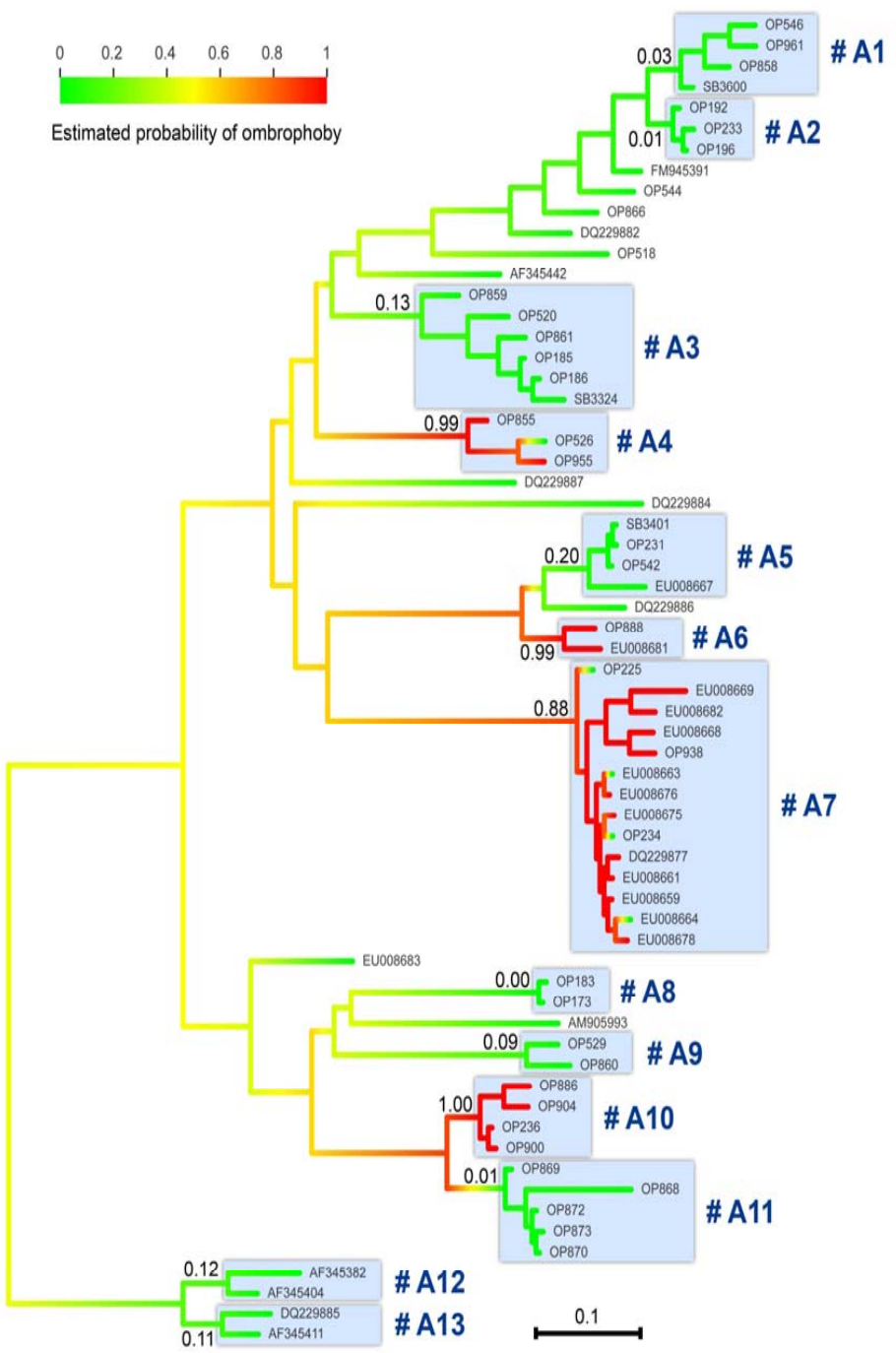
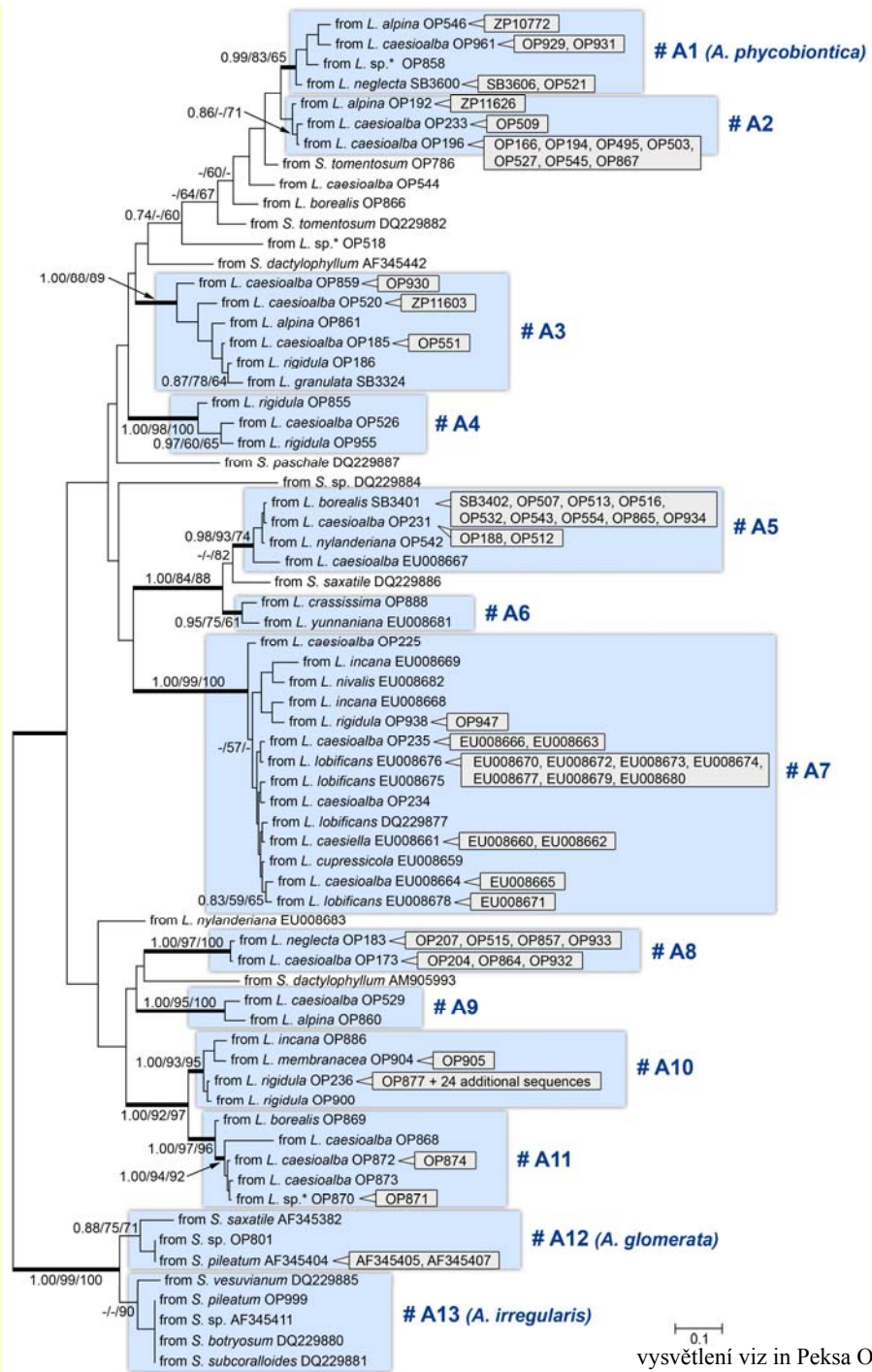
vyhraněný biotop
více hub – málo řas?

Ekologie fotobiontů

- zdá se, že fotobionti mají svou vlastní ekologii, do jisté míry nezávislou na houbě
- je možná o něco citlivější než houba (má pádnější důvod – fotosyntézu) a možná že je to právě fotobiont, kdo ovládá ekologii a rozšíření lišejníků
- i když samozřejmě jsou to spojené nádoby – jeden ovlivňuje druhého

Příklady

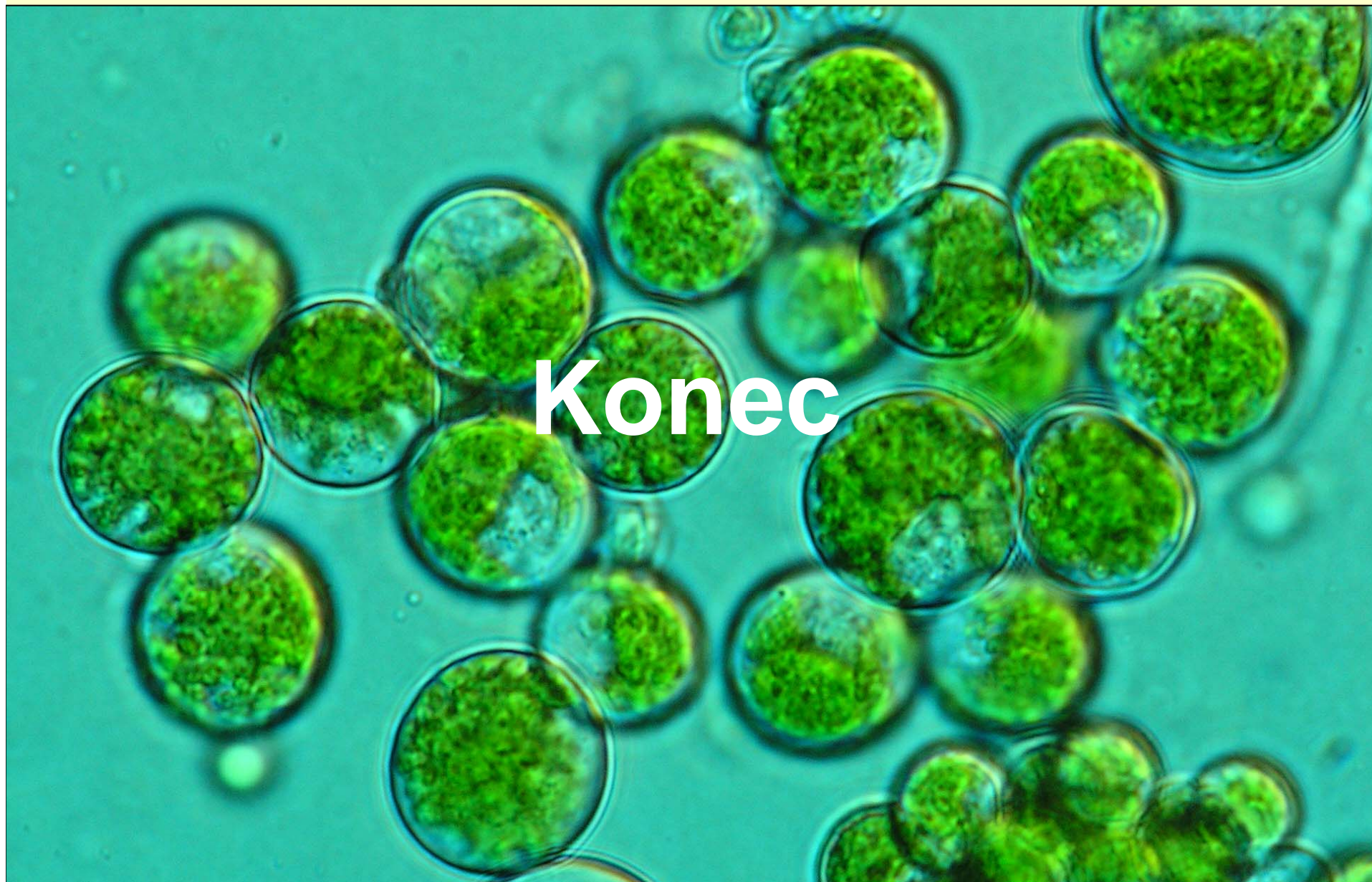
- různé fotobionty v lišejníku *Ramalina menziesii* na různých druzích dubů v jednom území (Werth et Sork 2010)
- různé fotobionty v lišejníku *Lecanora rupicola* v různých klimatických oblastech – Alpy vs. mediterán (Blaha et al. 2006)
- stejný fotobiont v různých lišejnících na železité skále (Beck et al. 1998)



vysvětlení viz in Peksa O. & Škaloud P. (2011): Do photobionts influence the ecology of lichens? A case study of environmental preferences in symbiotic green alga *Asterochloris* (Trebouxiophyceae). - *Molecular Ecology* 20: 3936-3948.

Ekologie se projevuje v rozšíření

- **chladné oblasti** – 8 % sinice, 9 % Trentepohliaceae, 83 % zelené kokální řasy
- **teplé oblasti** – 5-10 % sinice, 90-95 % Trentepohliaceae, zelené kokální řasy minimum
- ale liší se to i u jednotlivých druhů – lišejník *Cetraria aculeata* má jiný druh řasy *Trebouxia* v chladných oblastech a v temperátní zóně (Fernandez-Mendoza et al. 2011)



Za poskytnuté fotografie děkuji Š. Slavíkové, D. Svobodovi (Peltigera), P. Škaloudovi (zelené kokální řasy) a dalším tvůrcům.