

# Ekologie lišejníků 2022

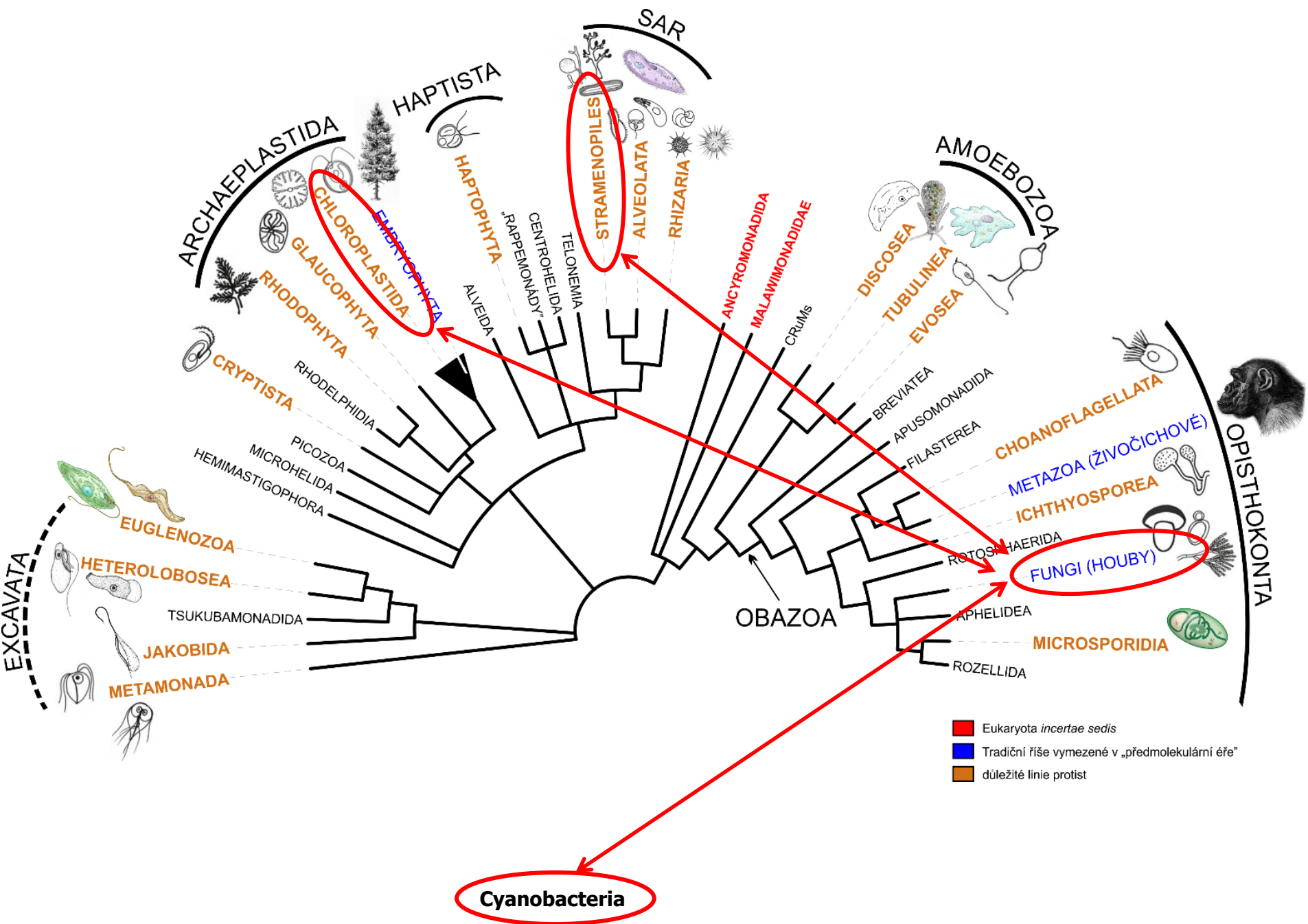
syllabus:

1. literatura, schémata soužití, fotobionti, mykobionti, osidlování substrátu, růst
2. substrátová ekologie, biogeografie, fytogeografie a společenstva lišejníků
3. sekundární metabolity, biotické interakce
4. vztah lišejníků a prostředí, přizpůsobení. Lichen uses - bioindikace

# Ekologie lišejníků

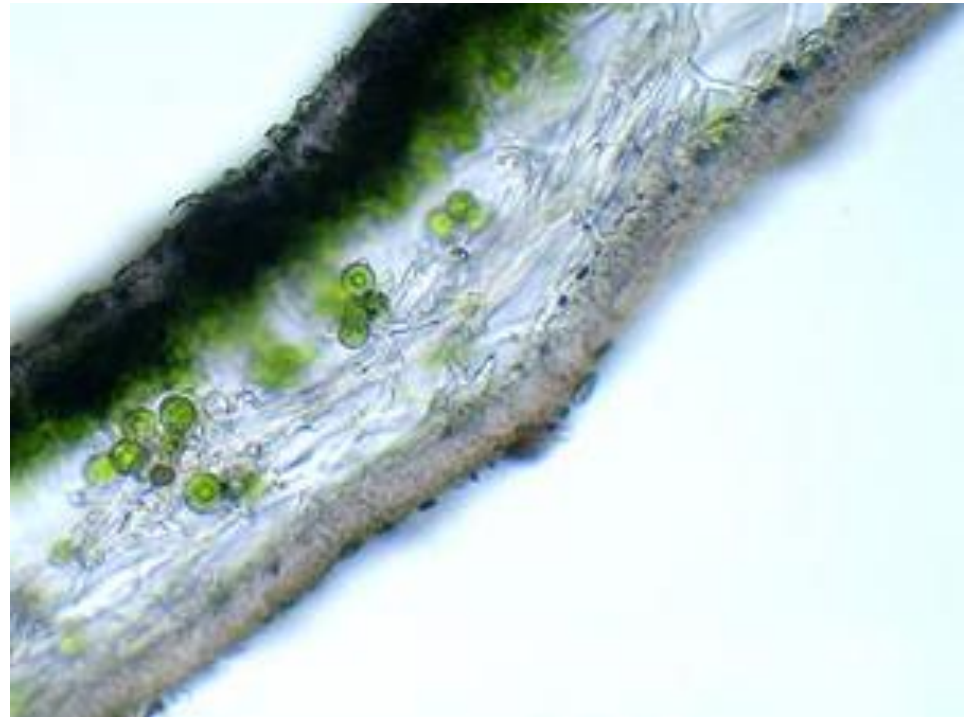
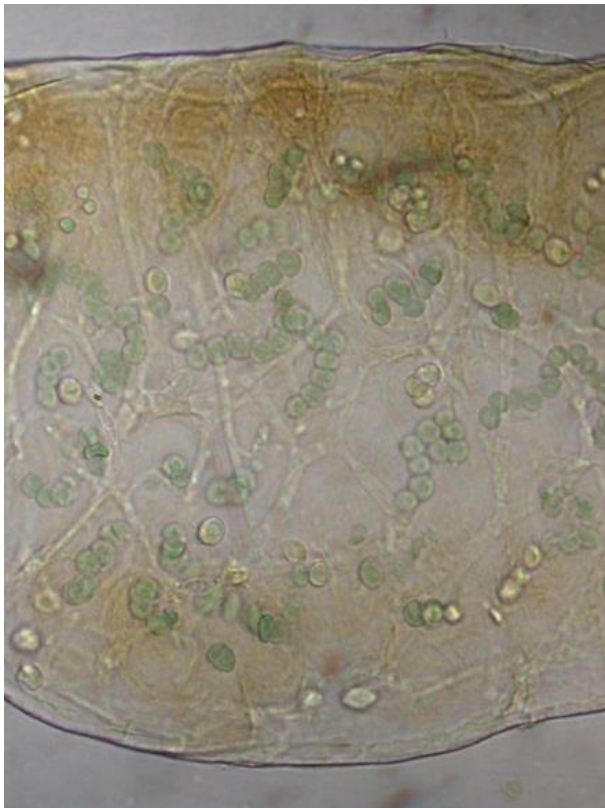
## 1. Lekce

lišejník jako ekologická jednotka,  
schéma soužití, fotobionti, růst



# Lišejník – ekologická entita, ekosystém

Soužití řasy/sinice a houby/hub za  
vzniku nového útvaru - stélky



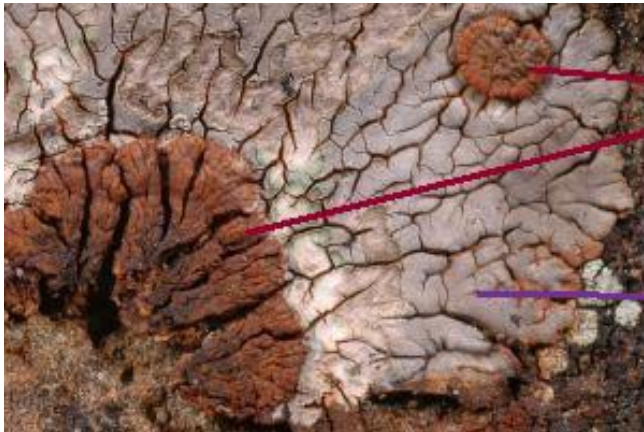
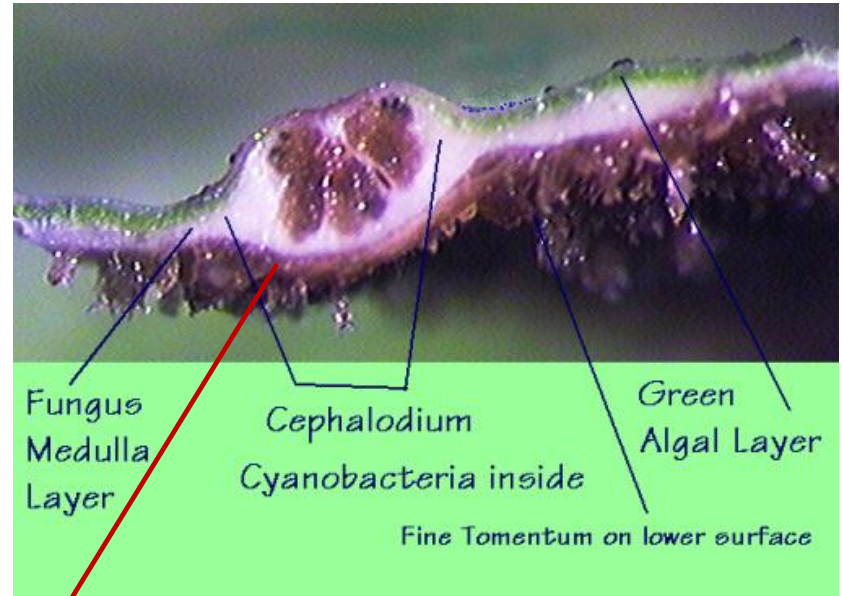


# Cephalodia – klasický příklad využití fotobionta, co umí víc (tj. Nostoc – vázání vzdušného N, konkurenční výhoda)



*Lobaria amplissima* a *Dendrocaulon umhausense*  
cephalodium – jiný fotobiont, 1:1, 1:2





**Cephalodia  
containing  
cyanobacteria**

**Thallus  
containing  
green algae**



více fotobiontů...  
1:2





*Peltigera aphthosa*



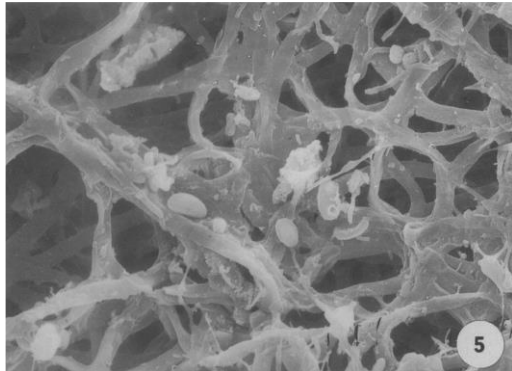
*Peltigera aphthosa* – **cephalodia**





## Demi-lichenization

Not all associations of fungi and algae are lichens



Zavada & Simoes 2001

alga in the  
upper part  
of the  
fruiting body



*Trametes versicolor*



*Peltigera aphthosa*  
(mykobiont)



*Coccomyxa* (primární fotobiont)

*Nostoc* (cephalodia)



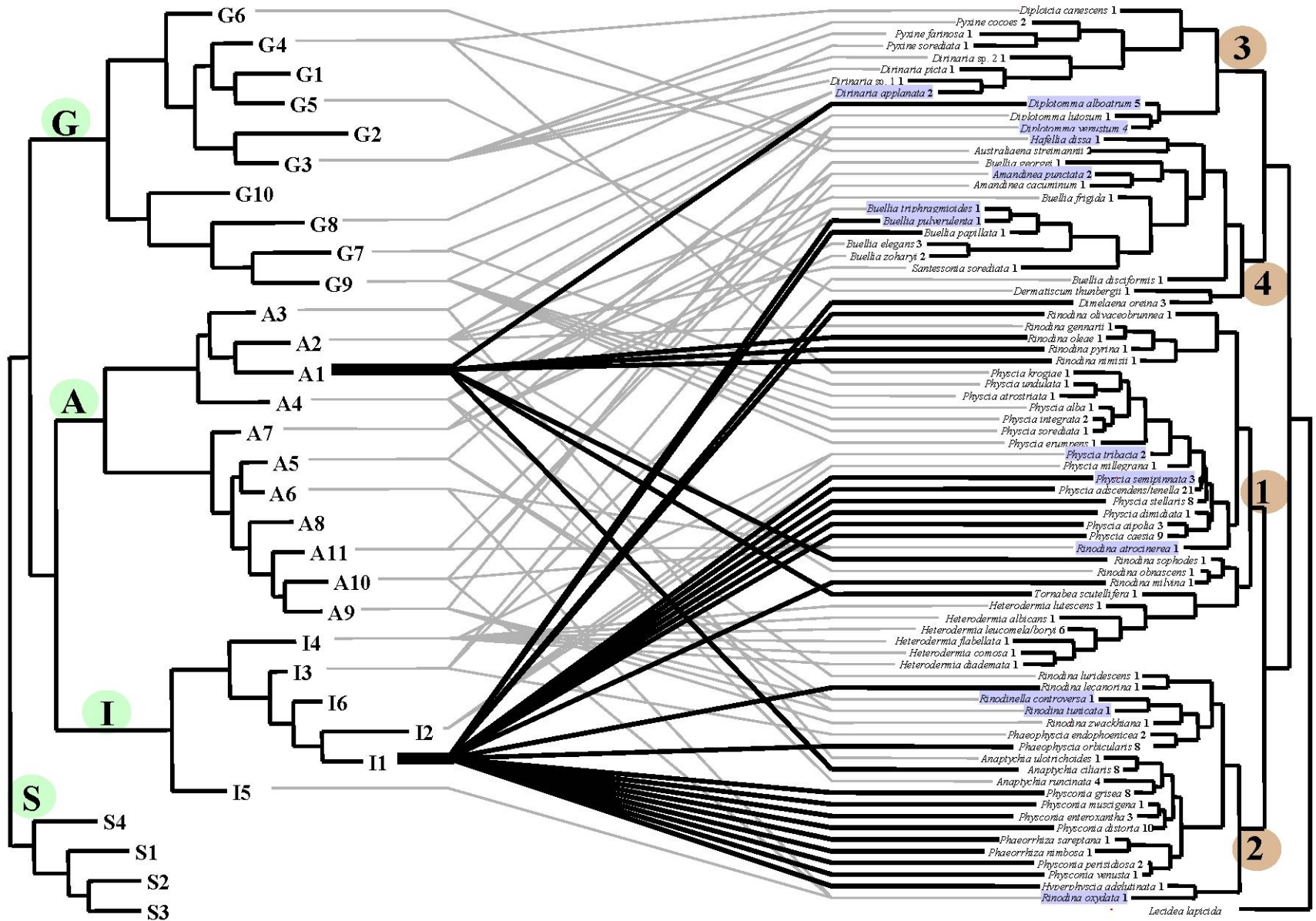
# Specificita

- = míra toho, s kolika potenciálními partnery je symbiont schopen spolupracovat (vytvořit fungující lišejník)
- v podstatě vyjadřuje míru koevoluce
  - už morfologie ukazuje, že to není jen 1:1
  - tenká hranice interpretace, kdo si koho vybírá...



# Trebouxia ITS phylogeny

# Physciaceae ITS phylogeny

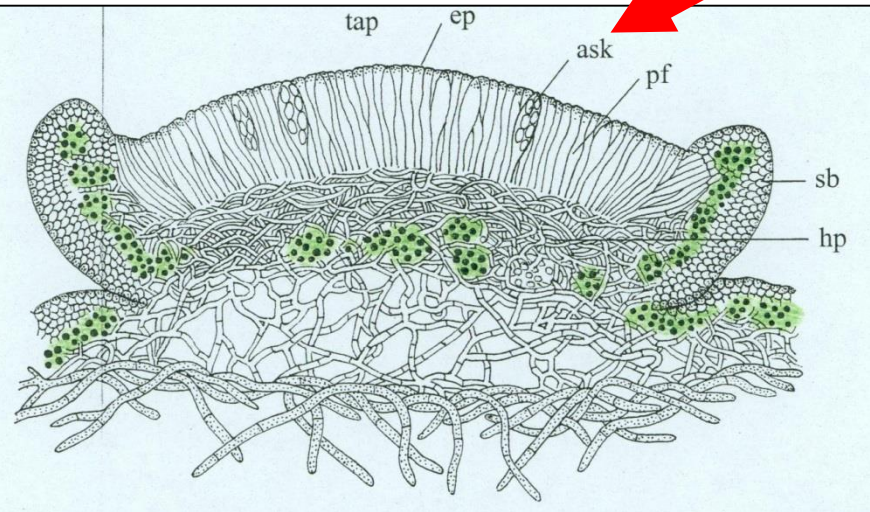


# Problém s rozmnožováním

nepohlavně × **pohlavně**



foto L. et A. Stridvall



dle Kalina et Váňa (2005)

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

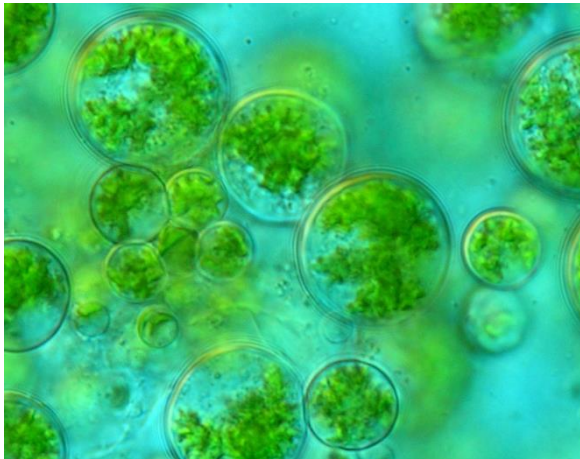


klíčící **spora** mykobionta (učebnicová teorie)

➤ nenajde partnera → †

➤ najde „cizí“ řasu → dočasná „lichenizace“

➤ najde „**svou**“ řasu → vznik lišejníku



*Asterochloris* + *Cladonia*



# Specificita (selektivita)

- tzn. na vybíravosti partnerů dost záleží, je na ní závislý úspěch celé asociace
- nejen ovšem u pohlavně se množících (viz Wornik et Grube 2010)

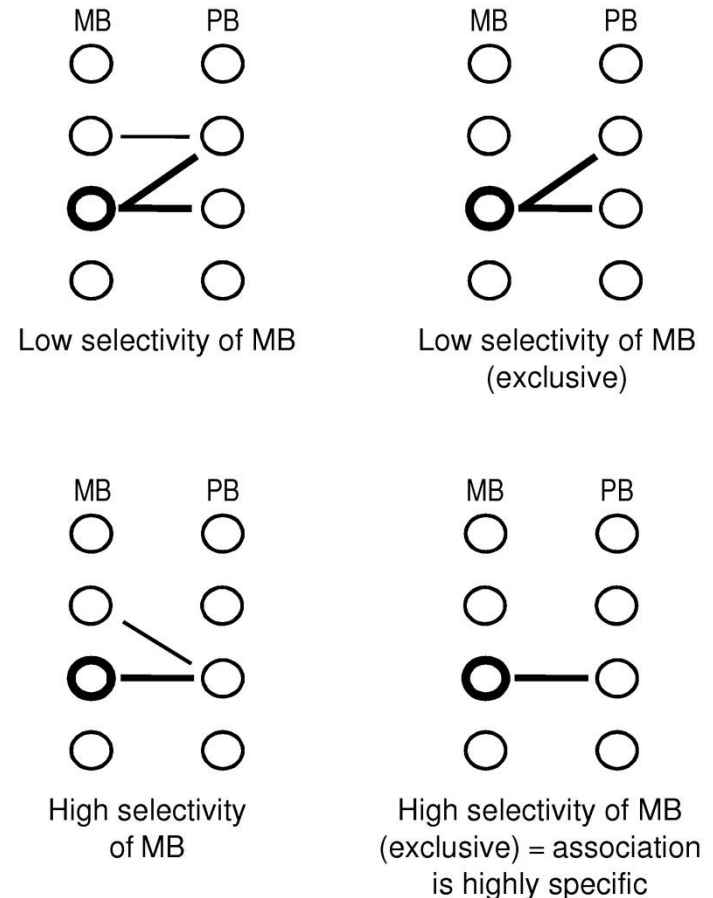


Fig. 2 Schematic illustration of the definition of selectivity, exemplified for lichen mycobionts.

*eurýekní lišejník*  
malá specificita

*vyhraněný druh*  
vysoká specificita

„obecný“ biotop  
více hub – více řas

extrémní biotop  
více hub – málo řas?

# Ekologie fotobiontů

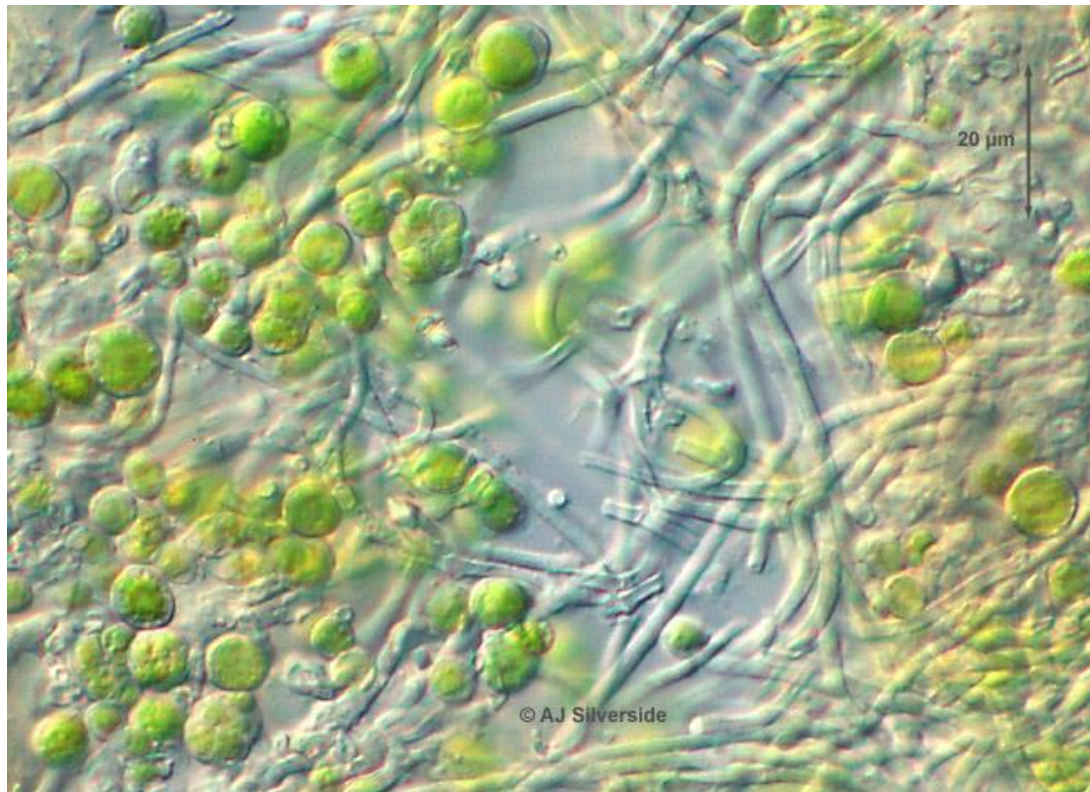
- zdá se, že fotobionti mají svou vlastní ekologii, do jisté míry nezávislou na houbě
- řasa je pravděpodobně o něco citlivější než houba (má pádnější důvod – fotosyntézu) a možná že je to právě fotobiont, kdo ovládá ekologii a rozšíření lišejníků
- i když samozřejmě jsou to spojené nádoby – jeden ovlivňuje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

# Příklady

- různé fotobionti v lišejníku *Ramalina menziesii* na různých druzích dubů v jednom území (Werth et Sork 2010)
- různé fotobionti 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)

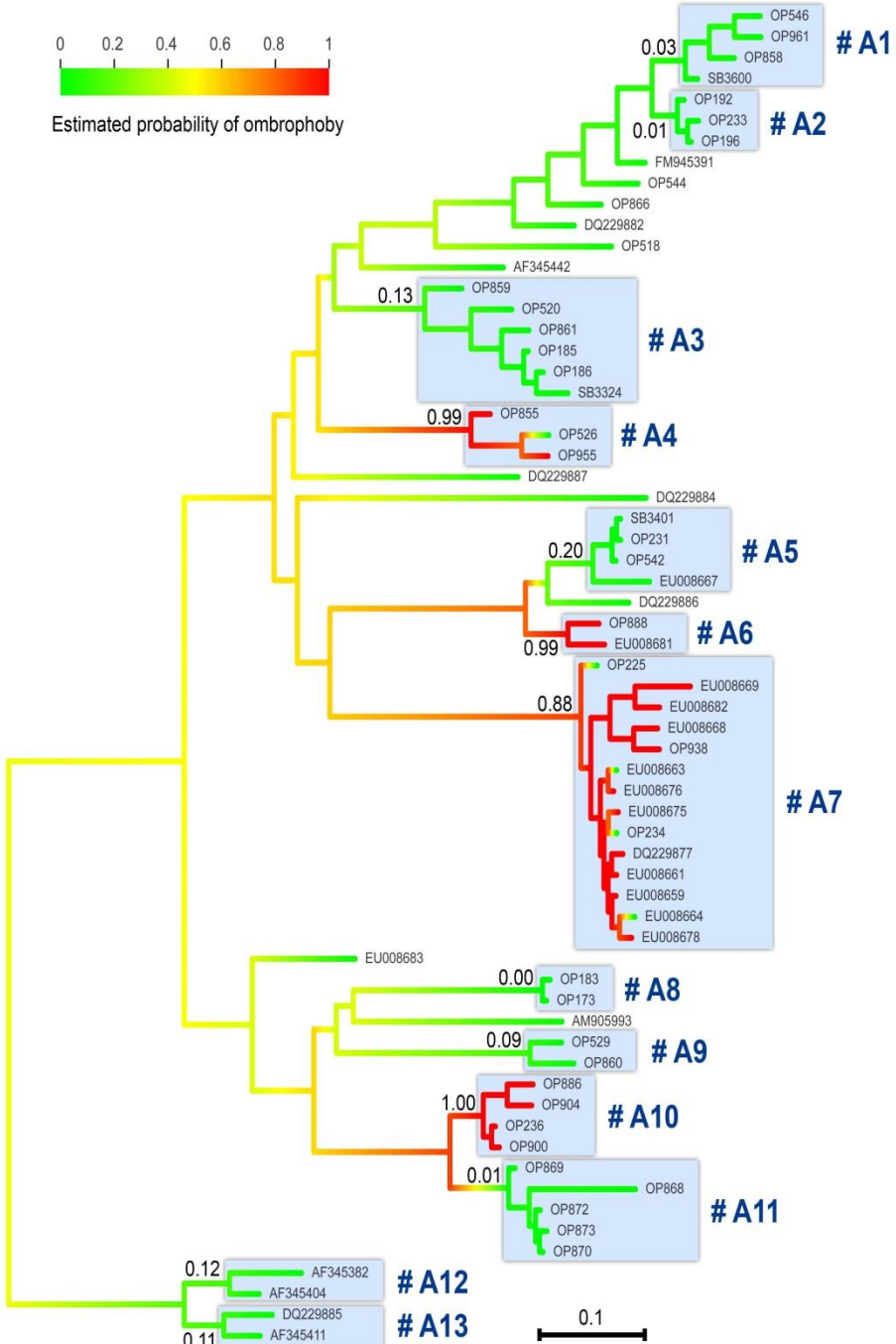
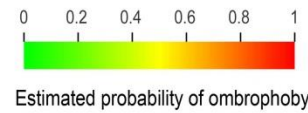
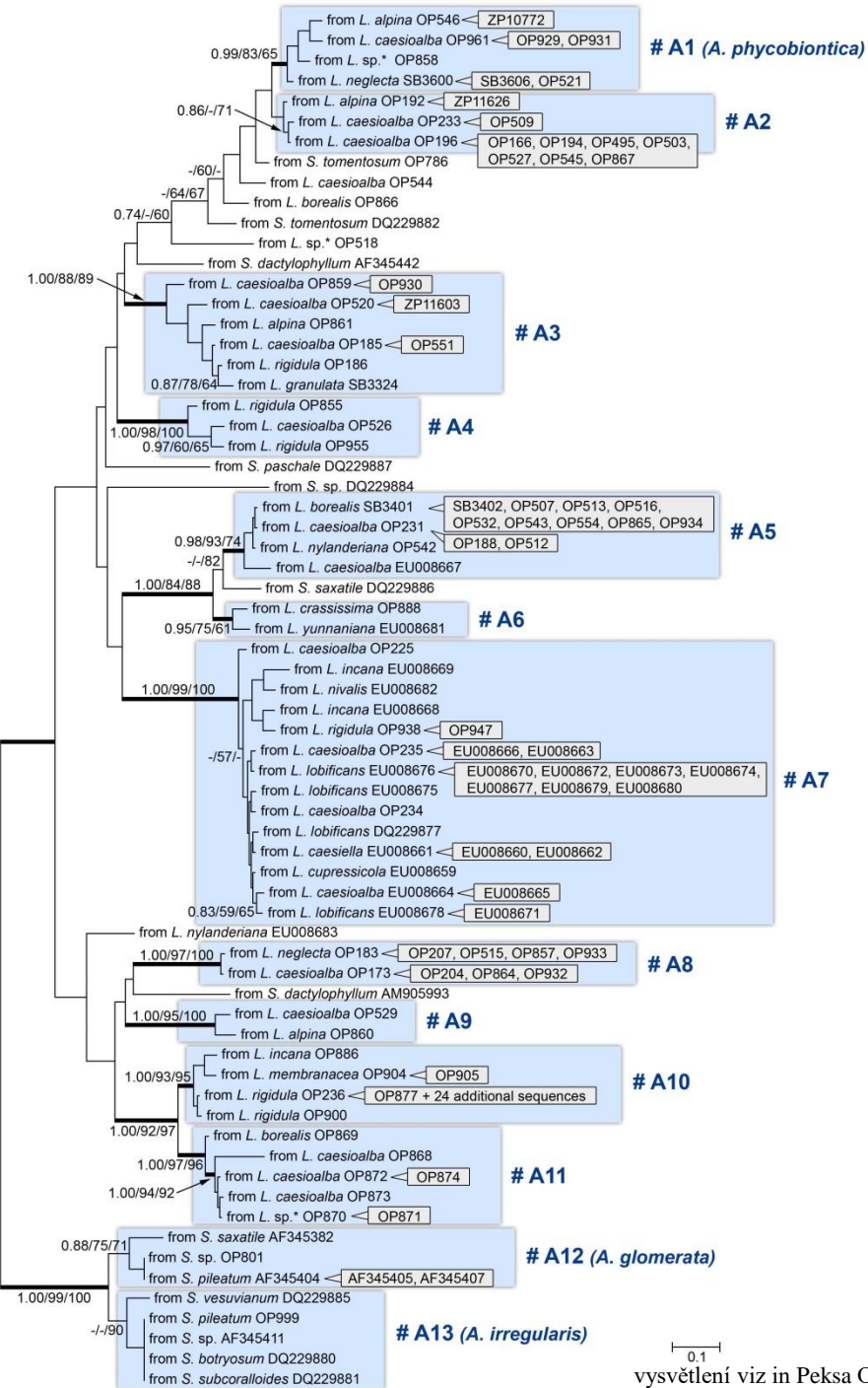


„The population studies on lichenized *Trebouxia* species indicated that the distribution of particular genotypes is particularly shaped **by either climatic factors** (Fernández-Mendoza et al. 2011) or **distribution patterns of mycobiont partners** (Buckley et al. 2014).“



# Peksa a Škaloud 2011

- řasa *Asterochloris*, lišejníky *Stereocaulon* a *Lepraria*
- Photobionts from particular algal clades were found to be associated with taxonomically different, but ecologically similar lichens.
- The rain and sun exposure were the most significant environmental factors, clearly distinguishing the *Asterochloris* lineages.
- The photobionts from ombrophobic and ombrophilic lichens were clustered in completely distinct clades.
- the photobiont could exhibit clear preferences for environmental factors. These algal preferences may limit the ecological niches available to lichens and lead to the existence of specific lichen guilds.



0.1

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.



# Příklady

- Guzow-Krzeminska (2006): „The low level of selectivity with respect to the photobiont may constitute an important aspect in that *Lecanora saxicola* is one of the most successful urban lichens in the world.“



# Příklady

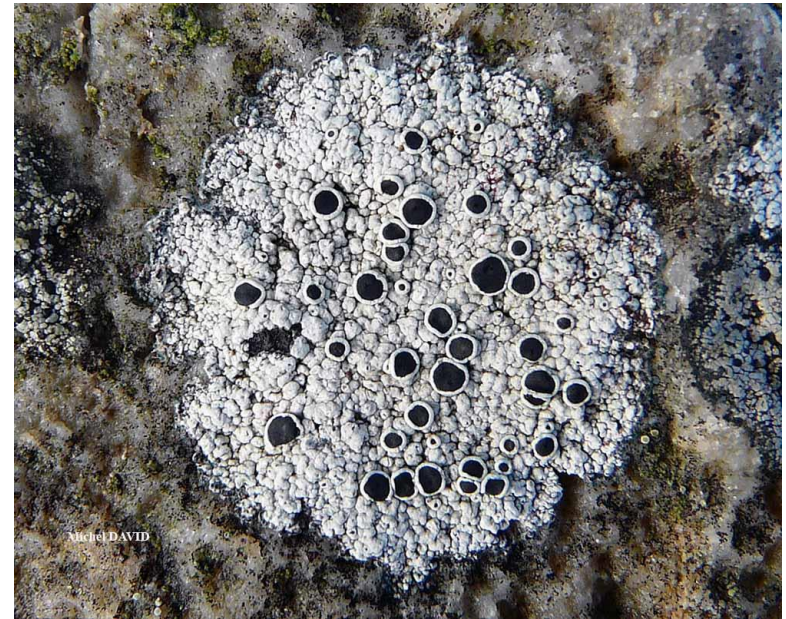
- Yahr et al. (2004): ITS, *Cladonia*, Florida, different sites: **Fungal species can be grouped into three significantly different specificity classes: photobiont specialists, intermediates and generalists.**
- **Fungal specificity and selectivity for algal photobionts are major factors in determining the local composition of symbiotic partnerships.**

Yahr et al. 2006 (*Cladonia subtenuis*, wide geographical range): „We suggest that **ecological specialization exists for a specific lichen partnership and a site**, and that **this selectivity is dynamic and environment-dependent.**“



# Příklady

Muggia et al. 2014 : (**Tephromela atra**, snímkování po celém světě, fotobiont i mykobiont, vysoce i nízko selektivní clades)



„Low selectivity apparently allows widespread lichen-forming fungi to establish successful symbioses with locally adapted photobionts in a broader range of habitats.

This flexibility might correlate with both lower phylogenetic resolution and evolutionary divergence in species complexes of crustose lichen-forming fungi.



## Steinová et al. 2019:

Reproductive and dispersal strategies shape the diversity of mycobiont-photobiont association in *Cladonia* lichens



## Highlights

- Dispersal strategy was shown to be the key factor shaping photobiont diversity.
- Asexual Cladonia species are strongly selective towards their photobionts.
- Sexually reproducing lichens were shown to be photobiont generalists.
- A strict photobiont specialisation may lead to restricted lichen distribution.



## Pino-Bodas et Stenroos 2021:

„The **mycobiont identity** and **climate** were found to be the **main drivers** for the genetic variation of *Asterochloris*.

The geographical distribution of the different *Asterochloris* lineages was described. Some lineages showed a clear dominance in one or several climatic regions.“



# Shrnutí



Generalisti mají často schopnost spolupracovat s více ekologicky vyhraněnými řasami (většinou druhy stejného rodu, např. *Trebouxia*), čímž si vlastně svůj ekologický záběr zvětšují.

Samozřejmě musejí být sami ekologicky přizpůsobiví, nejen jejich řasy.

Je třeba rozlišovat, jestli je řeč jen o substrátu, či i o klimatu (úzká vs. široká ekologie).

# 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
- i jednotlivé linie (druhy, clady, OTU) fotobiontů mohou mít různou specificitu na různé klima (např. *Cetraria aculeata* má jiný druh řasy *Trebouxia* v chladných oblastech a v temperátní zóně (Fernandez-Mendoza et al. 2011))

# Mykobionti

**více mykobiontů**

- parazitické houby,**
- parazitické lišejníky**

2:1. 2:2....



## Parasiti



*Diploschistes muscorum* na *Cladonia* sp.



*Abrothallus* sp. na *Flavoparmelia caperata*





*Caloplaca thallincola* na *Verrucaria maura*



lichenikolní houba na *Pertusaria pertusa*



lichenikolní houba na *Sticta*



lichenikolní houba na *Cladonia arbuscula*

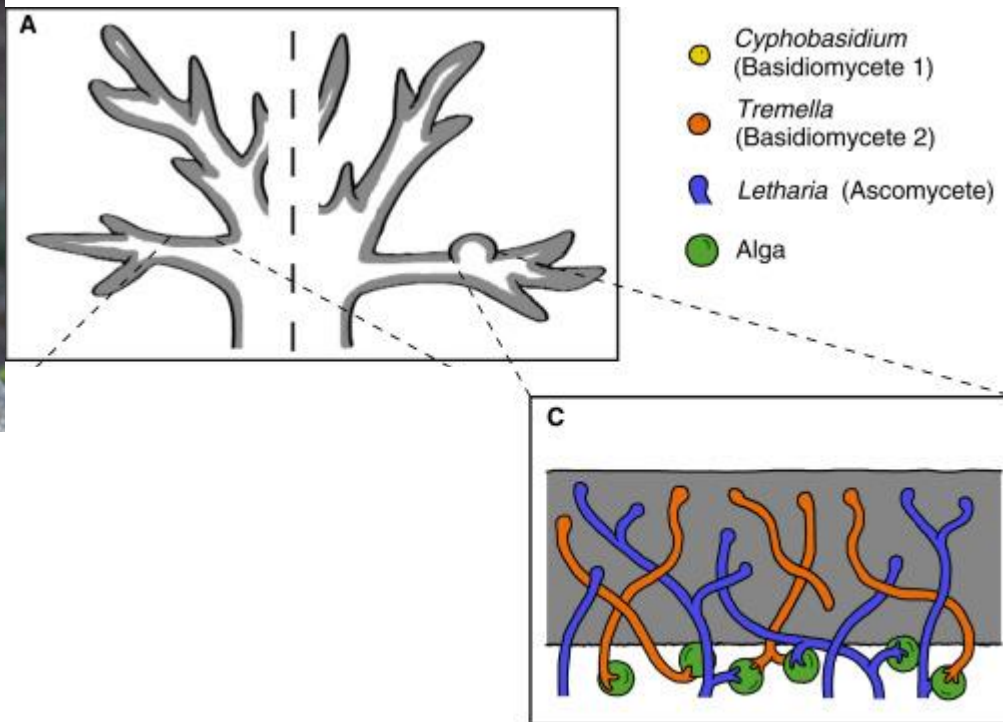
**více mykobiontů – parazitické houby, parazitické lišejníky**

2:1. 2:2....

## Multiple mycobionts in one lichen thallus?



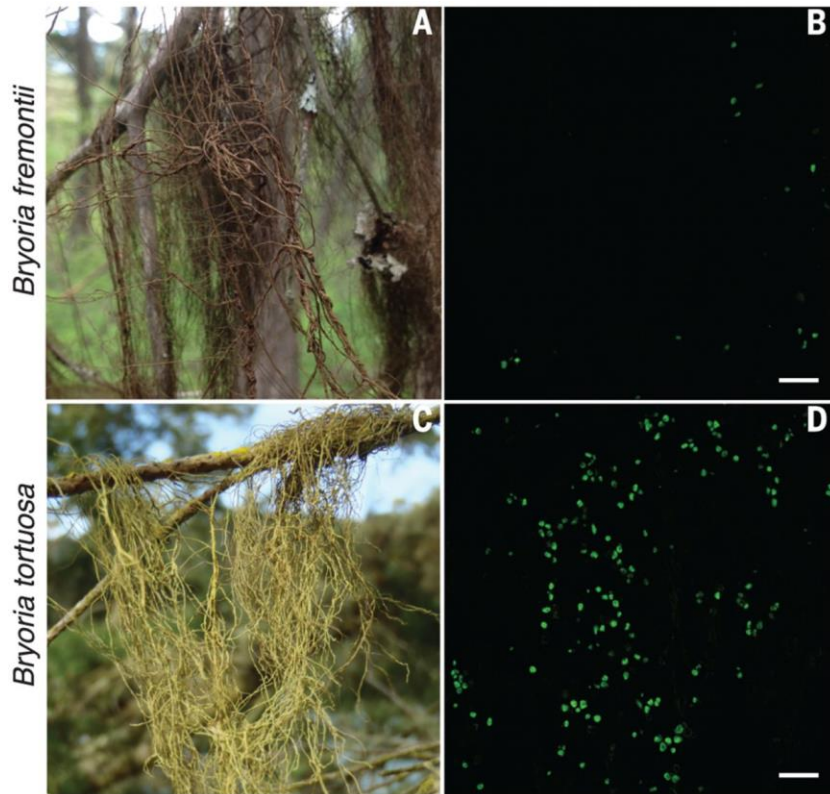
*Letharia vulpina*



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  $\mu\text{m}$ ).

Lichenikolní houby, endolichenické houby – interagují s fotobiontem? Mají pro celek lišejníků zásadní vliv nebo jsou to je komenzálové?

**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).

Co určuje lišejník?

Co je hlavní složka?

Kdo domestikuje koho? Houba řasu? Houba houbu s řasou?

Houba řasu, na povrchu pěstuje druhou houbu?

Jakou to má souvislost s kolonizací substrátů?

Kompeticí???

Jakou souvislost s tím mohou mít endofytické houby, bakterie ve stélce, sekundární metabolity?

- to se ještě moc neví. V každém případě vzniká svébytná entita – lišejník, který má určité unikátní vlastnosti

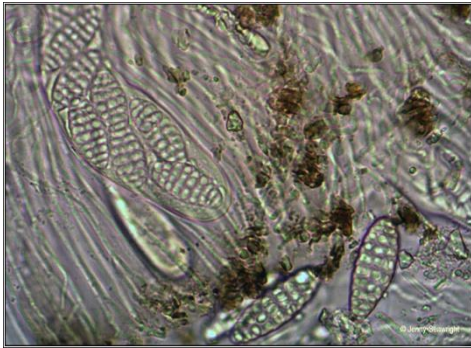
# Dopady lichenizace na vývoj, aspekty lichenizace:

- vznik nové stélky, nová morfologie, výhody i nevýhody (vodní režim, komplexnost x zranitelnost celku, většinou závislé na střídání vlhko/sucho)
- chemismus lišejníků – valná většina z metabolitů (známo přes 1000 látek) je jen u lišejníků
- ekologické aspekty lichenizace:
  - a) osídlení nových ekotopů, skoro všude (voda, borka, skály, umělé substráty, listy, ...)
  - b) období dormance vs. kontinuální metabolismus (i v zimě, sezónnost daná spíš vlhkostí (mlžné pouště, srážky)
  - c) nízká intenzita fotosyntézy, řasa jen 3-7 % objemu stélky, adaptace na různé faktory prostředí



# Fáze kolonizace lišejníku

- šíření propagulí – nepohlavních (konidie) nepohl. vegetativních (sorédie, isidie) a pohlavních (spory) – bezobratlí, vítr, déšť



spory



isidie



sorédie

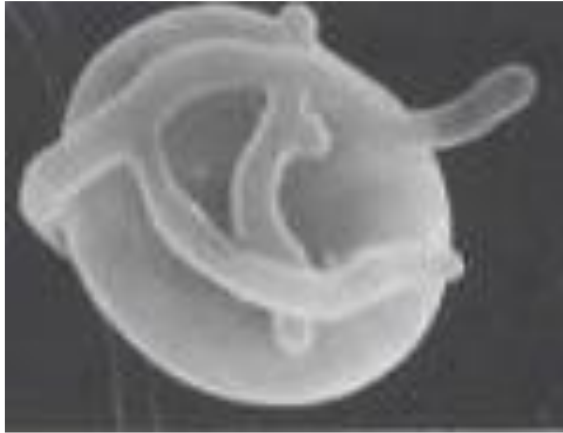


přichycení a klíčení  
spory, rozpoznání  
možného fotobionta  
(pomocí lektinu a  
komplexu párovacích  
látek



# Fáze kolonizace lišejníku

- lichenizace



po rozpoznání vhodného fotobionta počátek tvorby stélky – hyfy obtáčejí řasu  
(obr. *Trebouxia*)

dtto pyknospora

u sorédií a isidií počátek růstu na vhodném místě, kde se uchyťí na substrátu  
představa ubikvitnosti propagulí, uchyťí se tam, kde vhodno



Muggia et al. (2013): (zkoumání řas ve stélce *Lecanora saxicola*, řas na povrchu stélky a řas v okolních lišejnících):

„We suggest that lichen surfaces represent a potential temporary niche for free-living stages of lichen photobionts, which could facilitate the establishment of further lichens in the proximal area.“



Muggia et al. (2013): The symbiotic playground of lichen thalli – a highly flexible photobiont association in rock-inhabiting lichens. *FEMS Microbiol Ecol* 85 (2013) 313–323.



šíření sorédií, izídií – metry až stovky metrů maximálně, význam pro velkou kolonizaci in situ



Armstrong (1994):

„The majority of soredia were deposited within 5 cm of the source soralium but some soredia were dispersed to at least 80 cm at a wind speed of  $6 \text{ m s}^{-1}$ .”

Resumé:

- (1) wind dispersal from an individual soralium is influenced by wind speed, the location of the soralium on the thallus and the level of moisture;
- (2) that air currents directed over the surfaces of thalli located on the upper branches of trees would effectively disperse soredia of *H. physodes* vertically and horizontally within a tree canopy.

## Růst lišejníku:

korovité velmi pomalu, i méně, než 0.1 mm za

rok (lišejníky, co měřil Meyer v r. 1824, stále rostou...., *Parmelia centrifuga* dle vlhkosti roste např. 1,5-2,36 mm za rok – Hakulinen 1966, *Acarospora chlorophana* v Sierra Nevada několik mm za století)

TABLE I  
GROWTH OF LICHENS AT VARIOUS HEIGHTS ABOVE SEA LEVEL IN  
FINLAND<sup>a,b</sup>

	Dry zone	2 m above shore	Surf zone
<i>Parmelia centrifuga</i>	1.50	2.08 (2.59)	2.36
<i>P. conspersa</i>	0.83	1.83 (2.48)	3.43
<i>P. saxatilis</i>	1.67	2.08 (2.28)	3.18

<sup>a</sup>Average annual radial lobe growth over 3 years; values in parentheses stand for nutrient-enriched colony growth.

<sup>b</sup>After Hakulinen (1966).

## Review

# Lichen algae: the photosynthetic partners in lichen symbioses

William B. Sanders<sup>1</sup>  and Hiroshi Masumoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Biological Sciences, Florida Gulf Coast University, Ft. Myers, FL 33965-6565, USA and <sup>2</sup>Laboratory of Terrestrial Microbiology and Systematics, Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University, Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan

---

### Abstract

A review of algal (including cyanobacterial) symbionts associated with lichen-forming fungi is presented. General aspects of their biology relevant to lichen symbioses are summarized. The genera of algae currently believed to include lichen symbionts are outlined; approximately 50 can be recognized at present. References reporting algal taxa in lichen symbiosis are tabulated, with emphasis on those published since the 1988 review by Tschermak-Woess, and particularly those providing molecular evidence for their identifications. This review is dedicated in honour of Austrian phycologist Elisabeth Tschermak-Woess (1917–2001), for her numerous and significant contributions to our knowledge of lichen algae (some published under the names Elisabeth Tschermak and Liesl Tschermak).

**Key words:** chlorobiont, cyanobacteria, cyanobiont, lichenized stramenopiles, phaeobiont, photobiont, phycobiont, xanthobiont

(Accepted 17 June 2021)

---

### Introduction

The principal components of the lichen symbiosis are fungus and alga. Their intimate trophic relationship remains central to the lichen concept, despite our growing appreciation that other microorganisms harboured within the thallus might also play significant roles (Lakatos *et al.* 2004; Grube & Berg 2009; Bates *et al.* 2011; Grube *et al.* 2015; Spribille *et al.* 2016; Muggia & Grube 2018; Mark *et al.* 2020; Smith *et al.* 2020; Tzovaras *et al.* 2020). The lichen-

In recent decades, our understanding of algal diversity and biosystematics has advanced substantially with the accumulation, analysis and integration of DNA sequence data. Systematic schemes for the eukaryotic algae have changed considerably, as the broad contours of consensus emerge concerning phylogenies and their reconstruction. Recent works have reviewed the current status of some principal algal groups with lichen-forming taxa, such as the genus *Trebouxia* (Muggia *et al.* 2017), the class *Trebouxiophyceae* (Muggia *et al.*



## Růst lišejníku:

Lupenité a keříčkovité se uvádí až 40 mm za rok.

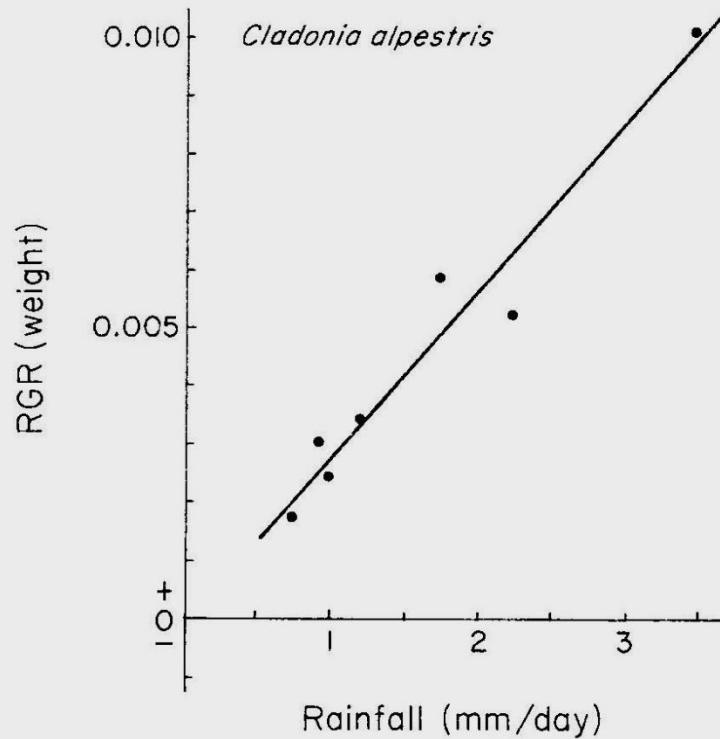


FIG. 1. Relative growth rate (RGR) of young *Cladonia alpestris* specimens in Finland plotted against mean daily rainfall and the linear regression line. (From Kärenlampi, 1971.)

# Růst lišejníku:

## Foliose species

*Cetraria pinastri*: 1.15 mm (Hakulinen, 1966)

*Hypogymnia encausta*: 1.00 mm (Frey, 1959)

*Lobaria pulmonaria*: 4.82 mm (Phillips, 1969)

*Lobaria quercizans*: 5.62 mm (Phillips, 1969)

*Menegazzia terebrata*: 2.54 mm (Phillips, 1969)

*Parmelia centrifuga*: 2.50 mm (Linkola, 1918), 0.85 mm (Hausman, 1948)

*Parmelia conspersa*: 1.60 mm (Hale, 1959), 5.30 mm (Phillips, 1963)

*Parmelia pulla*: 1.0–1.2 mm (Størmer, 1934)

*Parmelia sulcata*: 1.60 mm (Linkola, 1918), 2.22 mm (Degelius, 1964)

*Parmeliopsis ambigua*: 0.70 mm (Linkola, 1918), 0.90 (Hakulinen, 1966)

*Physcia aipolia*: 1.30 mm (Hakulinen, 1966)

*Umbilicaria deusta*: 2.30 mm (Hakulinen, 1966)

*Xanthoria parietina*: 2.15 mm (Hakulinen, 1966), 2.50 mm (Degelius, 1964)

## Fruticose species

*Cladonia rangiferina*: 2.7–6.0 mm (Scotter, 1963)

*Evernia prunastri*: 2.00 mm (Degelius, 1964)

*Ramalina reticulata*: about 30 mm (Herre, 1904)

## Crustose species

*Diploschistes scruposus*: 0.44 mm (Hale, 1959)

## Foliicolous species

*Strigula*: 1.5–1.8 mm (de Wilde-Deyfjes, 1967)

*Lecanora alphoplaca*: 0.95–1.40 mm (Frey, 1959)

*Lecanora muralis*: 1.30 (Hakulinen, 1966)

*Pertusaria shenandoahensis*: 1.6–3.6 mm (Hale, 1973)

*Rinodina oreina*: 0.57 mm (Hale, 1959)

---

## Růst lišejníku:

Růst ovlivněn zejména:

srážkami,

světlem,

teplotou,

živinami,

rozdíly v sezónách

růst nestejněměrný, podobně jako u jiných organismů- kolonizace (iniciace), juvenilní perioda, fáze dorůstání do „dospělosti“ (propagule), fáze maturity a senescence.

v rámci sérií (sukcese) na novém substrátu nejčastěji napřed korovité lišejníky, pak lupenité a keříčkovité, kompetice, konkurence



kolonizace různých habitatů, substrátová ekologie,  
biogeografie – o tom příště.

