

Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav botaniky a zoologie

# Úvod do sinic/cyanobakterií a řas & Sinice/cyanobakterie/cyanoprokaryoty

1. přednáška z cyklu přednášek předmětu  
Bi9050 Systém nižších rostlin pro pokročilé

**RNDr. Bohuslav Uher, Ph.D.**

**[uherius@sci.muni.cz](mailto:uherius@sci.muni.cz)**

# Důležitá literatura a informace pro předmět Bi1090

- Kalina T. a Váňa J., 2005: Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii. - Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum, 583 pp.
- [is.muni.cz](http://is.muni.cz) (studijní materiály)

# Kryptogamologie

## - nauka o nižších rostlinách

- Kryptos + gammos + logos (řečtina)
- Kryptos = skrytý, tajný, neviditelný, zakrytý
- Gammos = vdaný, manželský, zasnoubený, „snubný“
- Fykologie/Algologie
- Mykologie
- Lichenologie
- Bryologie (mechorosty historicky řazeny mezi nižší rostliny, v současné biologii patří mezi vyšší rostliny)

# Fykologie / algologie

- Nauka o autofototrofních organismech - sinicích a řasách
- **Fykos + logos** / algae + logos
- 1753 Species Plantarum - Carl Linné
- **1820 Species Algarum - Carl Adolf Agardh** (1785–1859) švédský botanik
- Další první významní badatelé (**19. století**): Dugald **Carmichael** (skotský botanik), Karl Wilhelm von **Nägeli** (švýcarský b.), Maurice Augustin **Gomont** (francouzský b.), Charles **Flahault** (francouzský b.), Édouard **Bornet** (francouzský b.) aj.

# 20. století - rozvoj fykologie

- **Lothar Geitler (A)**
- **A.A. Elenkin (RUS)**
- **T.V. Desikachary (IND)**
- **Karol Starmach (PLN)**
- **Bohuslav Fott (CZE)**
- **Gábor Uherkovich (HU)**
- **N.V. Kondratieva (UA)**
- **Jiří Komárek (CZE)**
- **Konstantinos Anagnostidis (GR)**
- **Roger Y. Stanier (F)**
- **Rosemarie Rippka (F)**
- **František Hindák (SVK)**
- **John B. Waterbury (USA) .... a mnoho dalších vědců**

# Mezinárodní kód botanické nomenklatury

- 15. mezinárodní botanický kongres Jokohama 1993
- Mezinárodní asociace pro rostlinnou taxonomii (IAPT, Vienna)
- Principy a pravidla
- Binomická nomenklatura
- Nomenklatorický typ - jediný exemplář rostliny (konzervovaný!)
- Sinice (Cyanophyta) a eukaryotické řasy (Rhodophyta, Chlorophyta aj.)
- Sinice (Cyanobacteria) v mezinárodním bakteriologickém kódu (Bergey's Manual of Systematic Bacteriology) od roku 1978
- Některé eukaryotické řasy (Dinoflagellata aj.) v mezinárodním kódu zoologické nomenklatury

# Taxonomie a biologický systém

- Klasická taxonomie (morfologie, ultrastruktura, ontogeneze)
- Numerická taxonomie (fenetika, kladistika)
- Molekulární taxonomie (úseky DNA, RNA...)
- Moderní taxonomie (hierarchistické systémy, syntéza různých přístupů)
- Kladogram (dendrogram)
- Pleziomorfní znaky
- homologie, analogie
- Principy parsimonie
- Mono-, para- a polyfyletická skupina
- Cíl: Univerzální systém organismů

# Cyanophyta/Cyanobacteria

Prokaryotické rostliny

nebo

Bakterie

nebo .....?



Jeden vědec řekl:

„Am Anfang war Dunkelheit und Nichts;  
dann kamen die Blaualgen.“

„Na počátku byla tma a nicota;  
pak přišly sinice.“

[H. Ettl, 1978]

# Jaké jsou sinice?

- Moc staré evolučně
- 3,4-3,5 mld. let
- 7/8 historie Země
- Biolitogenní organismy
- Stromatolity
- Algolitické vápence
- Fotosyntéza
- Proměna atmosféry zásluhou fotosyntézy
- Ozónová vrstva
- Vysoký potenciál - různé biotopy
- 40% primární produkce na Zemi (spolu s řasami)
- 99% primární produkce v oceánech

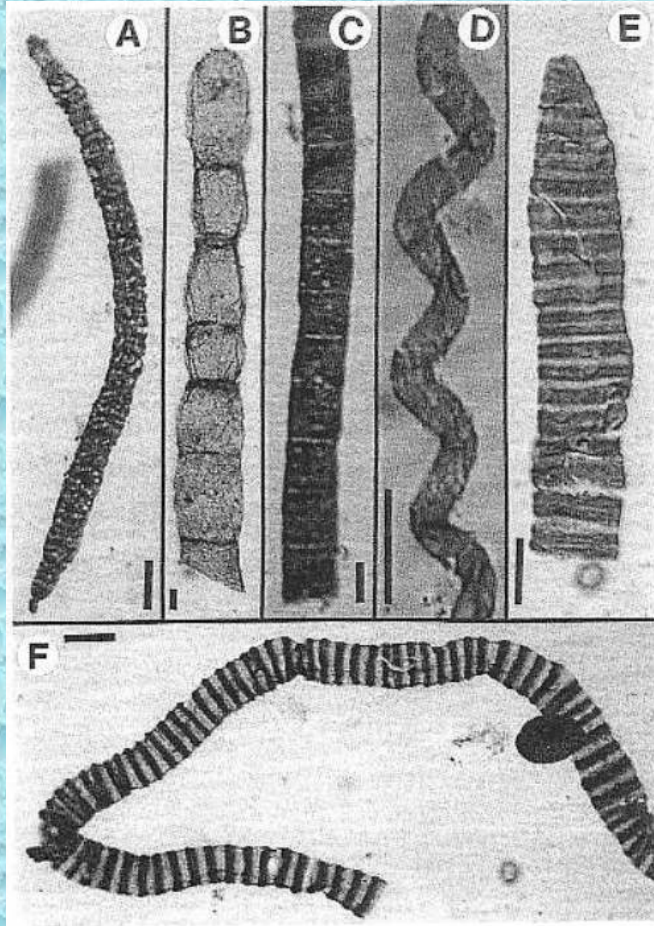
# Stromatolity

## nejstarší žijící fosilie na Zemi



1. Pohled na kolonii stromatolitů nedaleko Shark bay, Western Central Australia
2. Aktivní povrch stromatolitu tvořen hlavně sinicemi

# Nejstarší fosilie na Zemi – prekambrické sinice (3,5 mld. let)



(A) *Primorivularia*;

(B) *Trachytrichoides*;

(C) *Partitiofilum*;

(D) *Heliconema*;

(E,F) *Calyptothrix*;

Měřítko = 10  $\mu\text{m}$

J. W. Schopf:

Cradle of Life (1999).

# Série názvů pro sinice

- **Cyanophyta** (1849) - kyanos = modrý
- Schizophyta (1907) - schizo = rozštěpit
- Myxophyta (1914) - myxo = sliz, hlen
- **Cyanobacteria** (1978)
- Oxyphotobacteria (1988)
- **Cyanoprokaryota** (1998)

# Etymologie slova „sinice“

- Jediněčný název převzat z polštiny do češtiny v roce 1934 a do slovenštiny 1940
- Ostatní jazyky je nazývají v překladu jako „modré nebo modro-zelené řasy“:
  - Blau-Algen (něm.)
  - Blue-green algae (angl.)
  - Sinozelenyie vodorosly (rus.)
  - Kék moszatok (maď.)
  - Algas verde-azules (špan.)

# SINICE

## Prokaryotické rostliny nebo bakterie?

V prospěch sinic:

- Fykobilizomy
- Tylakoidy
- Volutin
- Introny v DNA a RNA
- RNA sekvence
- Rostlinný typ fotosyntézy
- Heterocyty ( $N_2$ -asimilace)
- Akinety/Arthrocyty
- Hormogonie
- Malý počet ribozomů
- Ekologická funkce

V prospěch cyanobakterií:

- Prokaryoty
- Peptidoglykany
- Murein
- Kys. diaminopimelová
- G- bakterie
- Typ buněčného dělení

# Paradox v evoluci =

## „Staré a statické“ sinice vyvolaly „velký třesk“ v evoluci života na Zemi

- Sinice se morfologicky nezměnily za celé své období existence na Zemi (důkaz → prekambričké fosílie), avšak geneticky ano!
- Sinice - evoluční revoluce, a to „jen“ kvůli kyslíku, který byl „odpadem“ jejich jedinečné fotosyntézy (důkaz → ozónová vrstva, ochrana před UV-zářením)
- Sinice - vhodnými partnery pro různé organizmy (houby, živočichy, prvoky a rostliny), což dokazuje samotná existence chloroplastů (důkaz → endosymbióza)

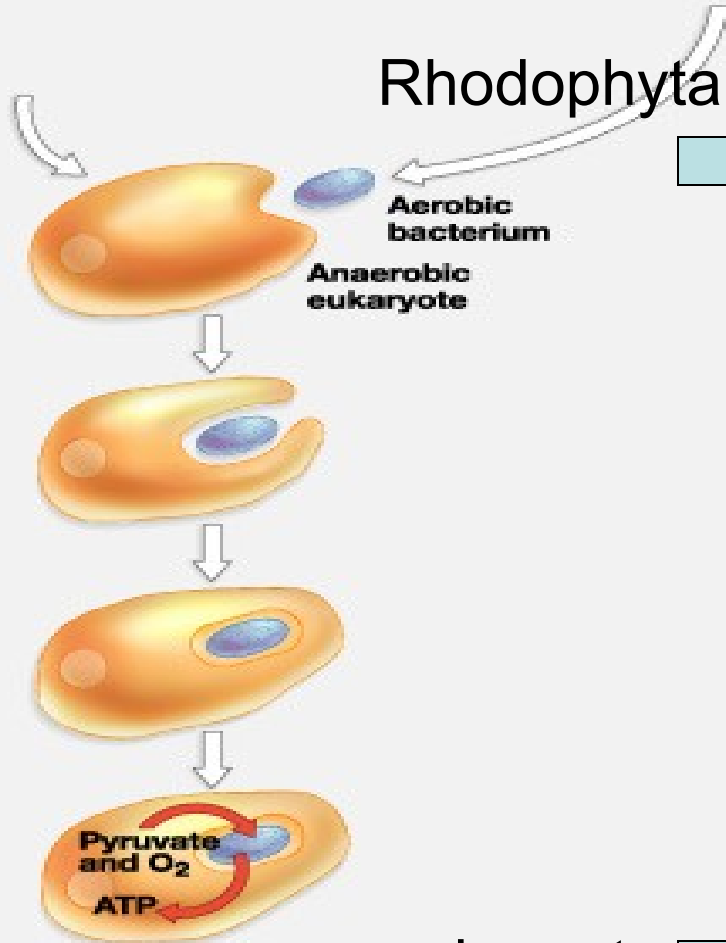


# Endosymbiotická teorie

- Dr. Lynn Mergulisová (1981) - teorie
- Důkazy - chloroplastová DNA, sinice
- Primární endosymbióza (Plantae)
- Sekundární endosymbióza - nukleomorf (Chromista)
- Terciární endosymbióza (Dinophyta)
- Kleptoplastidy :-)

# Od sinic ke řasám

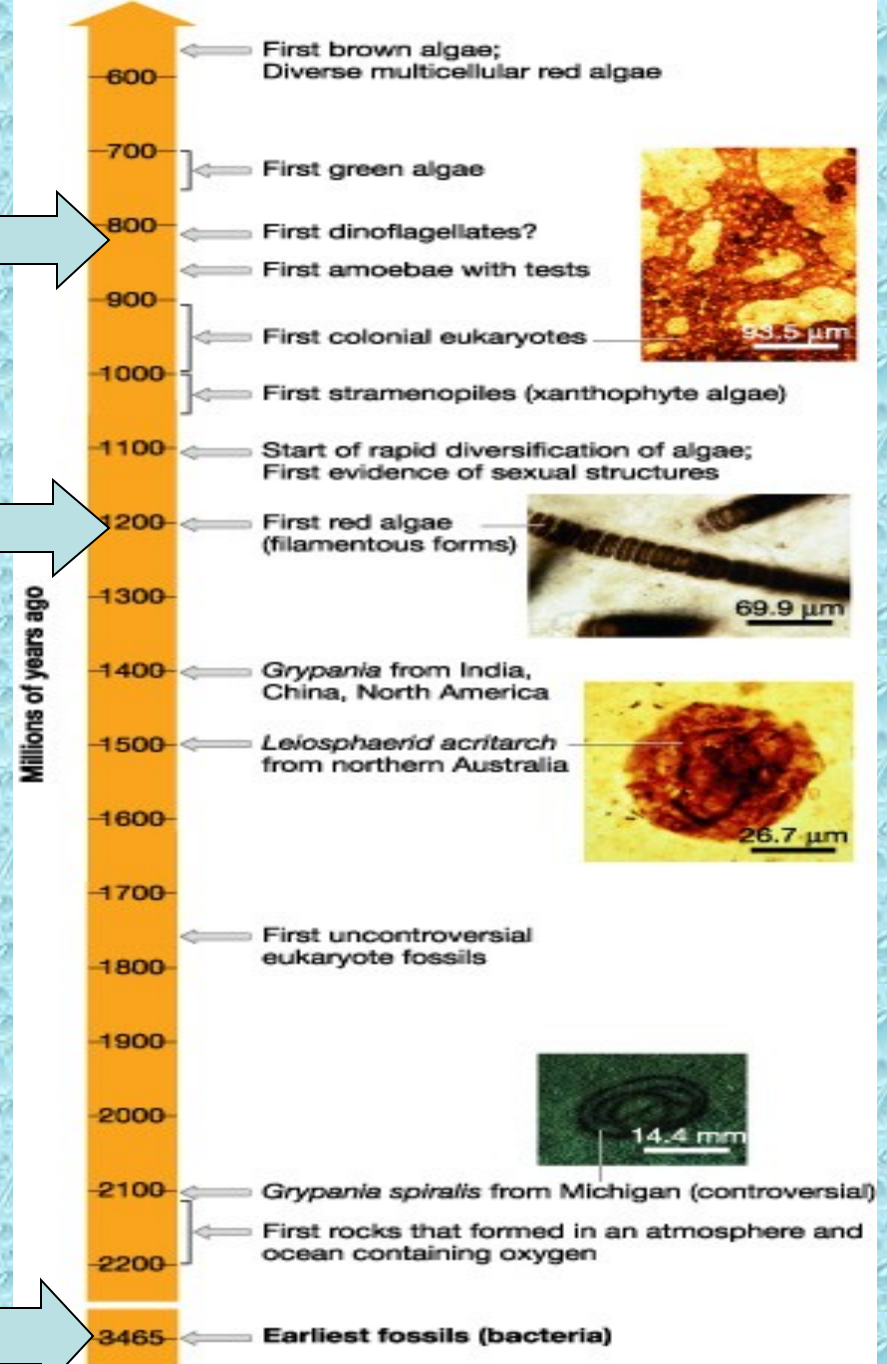
THE ENDSYMBIOTIC THEORY



Dinophyta

Rhodophyta

prokaryota



# System a taxonomie sinic

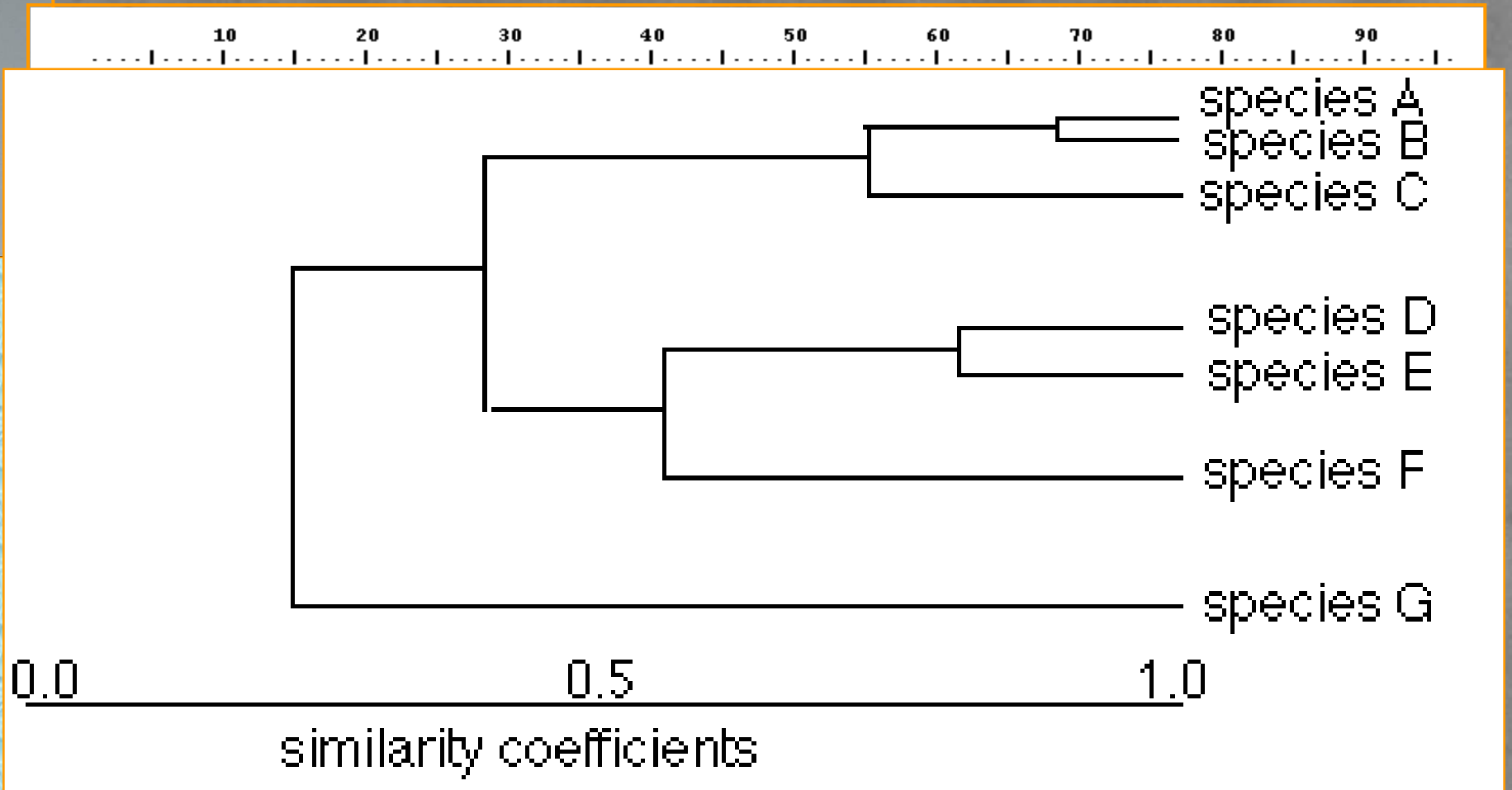
- Ultrastruktura (TEM)
- Uspořádaní tylakoidů
- Typ stélky
- Akinety
- Baeocyty
- Heterocyty
- Hormogonie
- Nekridické buňky
- Větvení
- Slizové obaly, pochvy
- Kolonie
- Ekologie

- Sekvence
- Gen 16S rDNA
- Gen rbcL (Rubisco)
- tRNA<sup>Leu</sup> (UAA) Intron
- Gen hetR

Nejnovější výsledky:

- Stélka - adaptace na ekologické podmínky
- Ultrastruktura koresponduje s molekulárními analýzami
- Hledání univerzálního biologického systému pro sinice

# Molekulární taxonomie analýzy SSU a LSU rRNA



# Přehled systému sinic

- Chroococcales

Kokální sinice

Baeocyty

Slizové obaly

Pseudovlákná

Pseudoparenchym

Kolonie

- Oscillatoriales

Vláknité sinice

Slizové obaly, pochvy

Hormogonie

Nekridické buňky

Nepravé větvení

Kolonie

- Nostocales

Vláknité sinice

Heterocyty

Akinety / arthrocyty

Hormogonie

Slizové obaly, pochvy

Nekridické buňky

Nepravé větvení

- Stigonematales

Vláknité sinice

Heterocyty

Akinety / arthrocyty

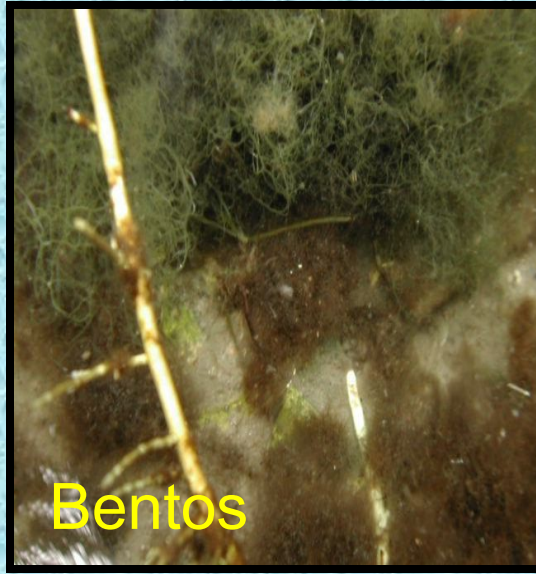
Hormogonie

Slizové obaly, pochvy

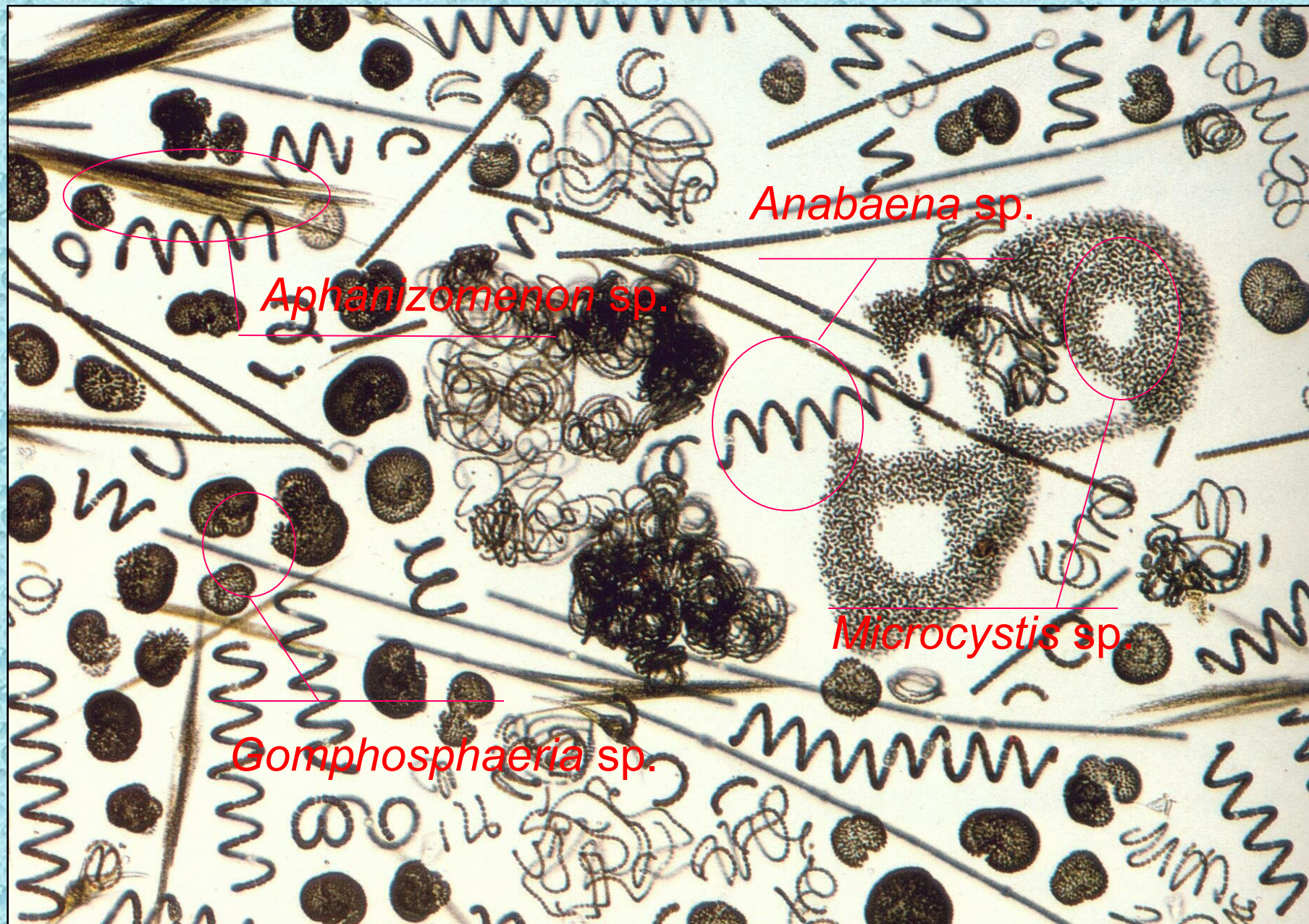
Parenchym

Pravé větvení

# Ekologie sinic



# Sinicový vodní květ v mikroskopu



# Charakteristické rody sinic

## Chroococcales:

- *Aphanocapsa*
- *Gloeocapsa*
- *Synechococcus*
- *Cyanobacterium*
- *Chroococcidiopsis*
- *Microcystis*
- *Chroococcus*
- *Chamaesiphon*
- *Pleurocapsa*
- *Merismopedia*

## Oscillatoriales:

- *Leptolyngbya*
- *Oscillatoria*
- *Phormidium*
- *Planktothrix*
- *Pseudanabaena*
- *Limnothrix*
- *Trichodesmium*
- *Spirulina*
- *Arthrospira*
- *Microcoleus*



# Další rody sinic

## Nostocales:

- *Aphanizomenon*
- *Cylindrospermum*
- *Anabaena*
- *Nostoc*
- *Tolypothrix*
- *Calothrix*
- *Gloeotrichia*
- *Rivularia*
- *Microchaete*
- *Scytonema*
- *Petalonema*

## Stigonematales:

- *Mastigocladus*
- *Hapalosiphon*
- *Stigonema*
- *Mastigocoleus*
- *Nostochopsis*
- *Fischerella*
- *Capsosira*
- *Voukiella*

# Chroococcales

## *Chroococcus minor* (Kützing) Nägeli

### Popis:

Mikroskopické slizovité kolonie,  
nepravidelné, špinavě  
modrozelené až olivově zelené.

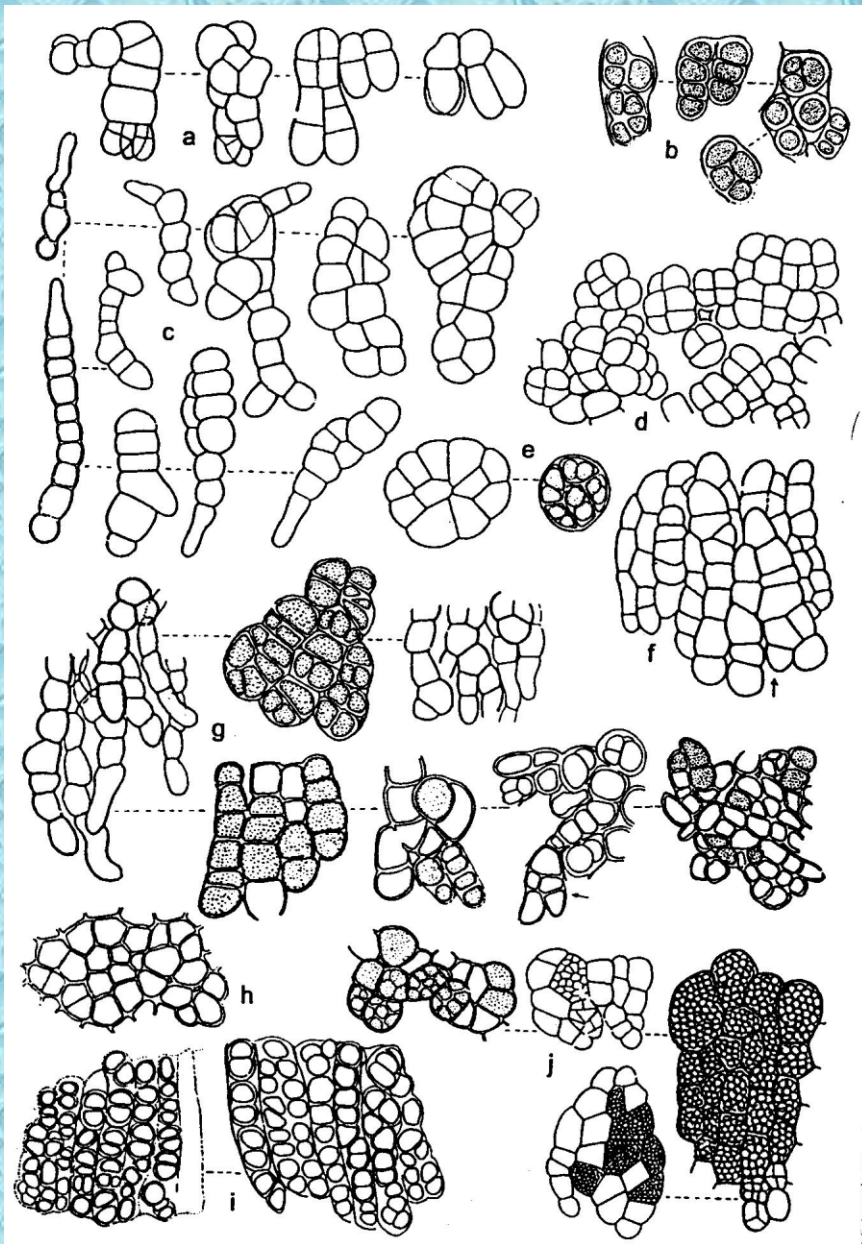
Buňky v 2–4-četných seskupeních,  
sférické, subsférické až  
elipsovité, 2,5–5  $\mu\text{m}$  v průměru.

Slizové obaly jemné, bezbarvé.

10  $\mu\text{m}$



© orig. Uher B.



## ***Pleurocapsa minor* Hansgirg**

**Popis:**

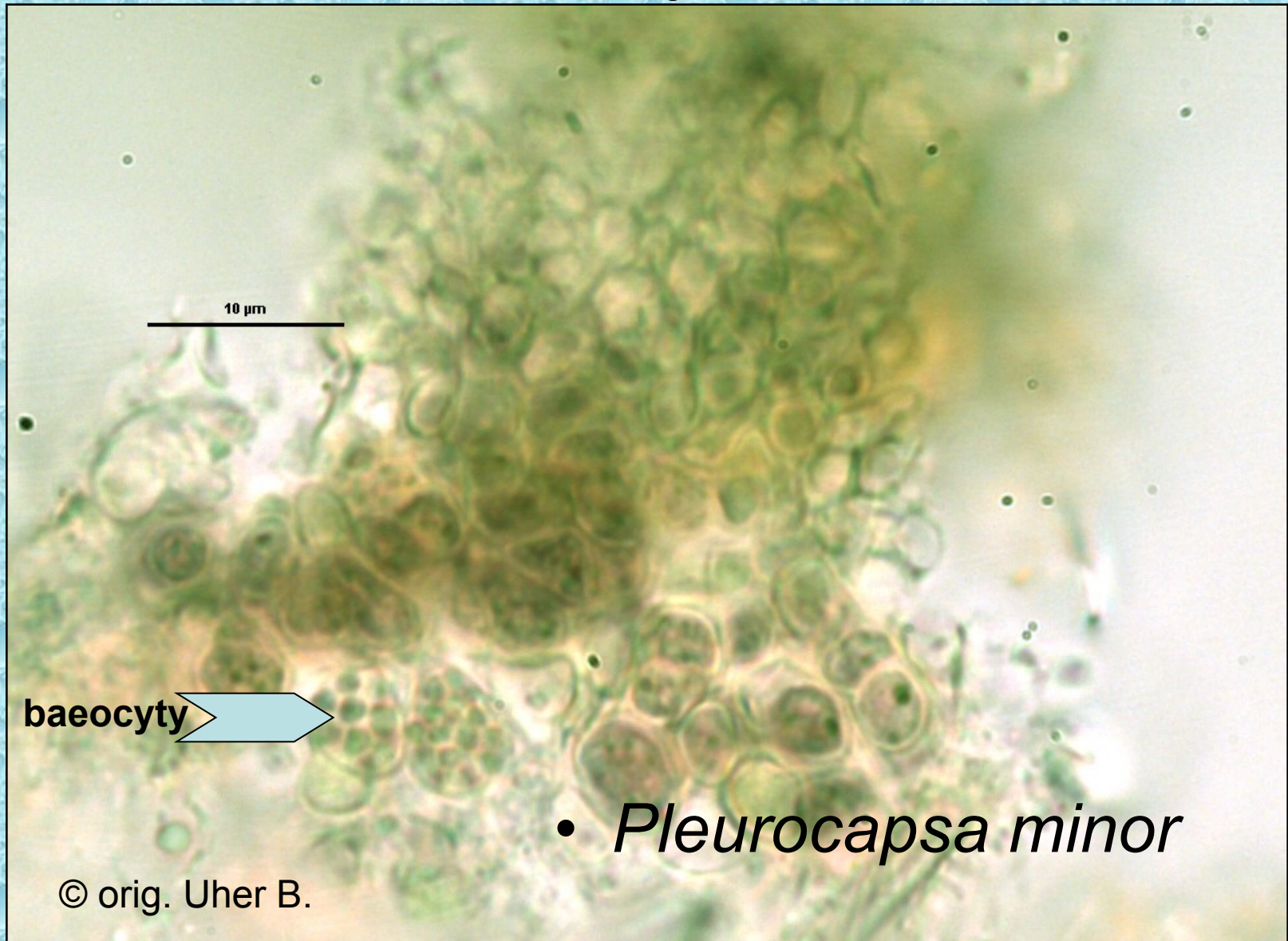
**Mikroskopické kolonie tvořící  
pseudoparenchymatické vrstvy**

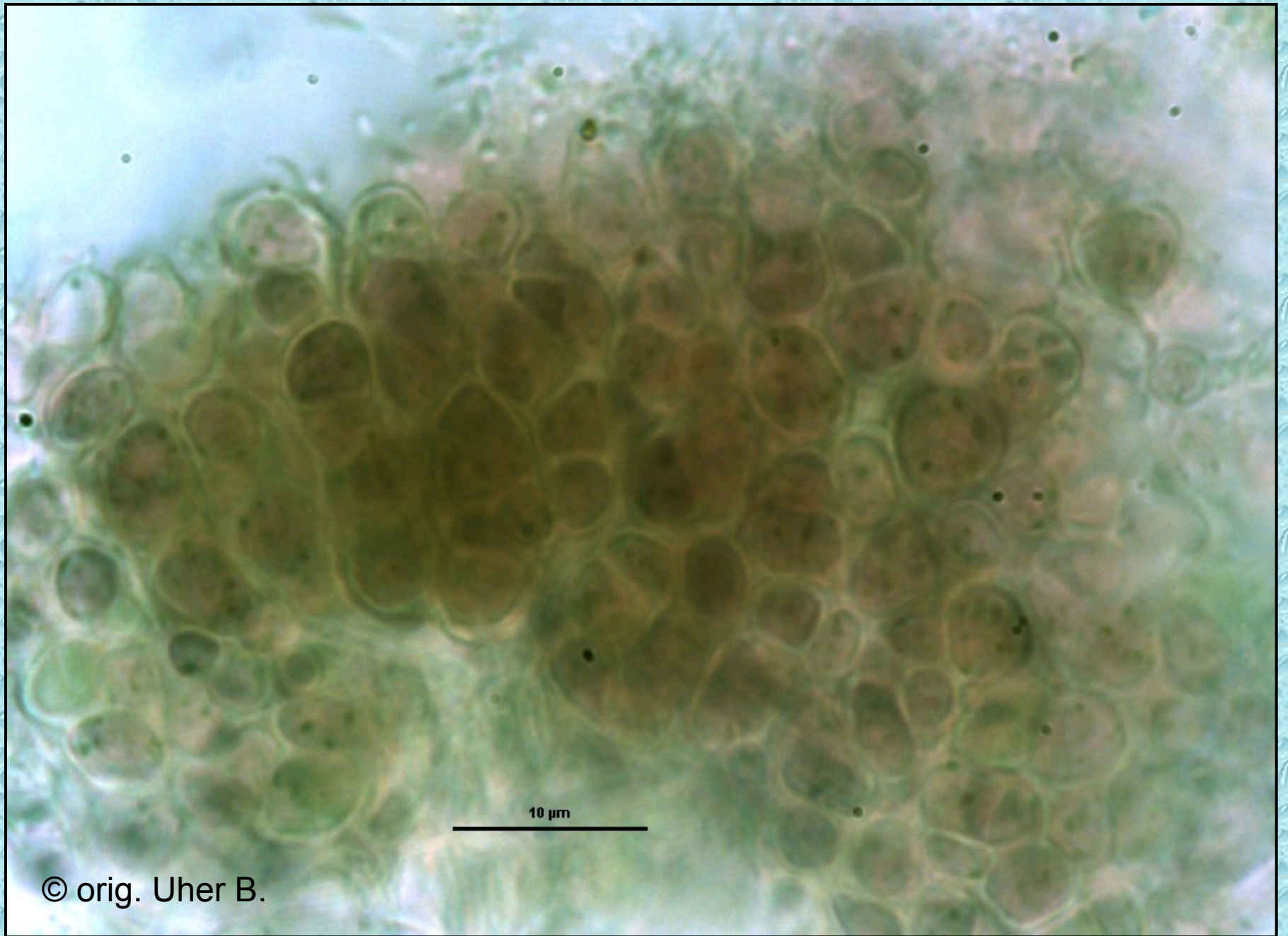
**Pseudofilamenty 3–10 µm široké**

**Buňky soudkovité až polygonální, 2,5–12,5  
µm v průměru**

**Pochvy tenké, bezbarvé**

# Pseudoparenchymatické sinice



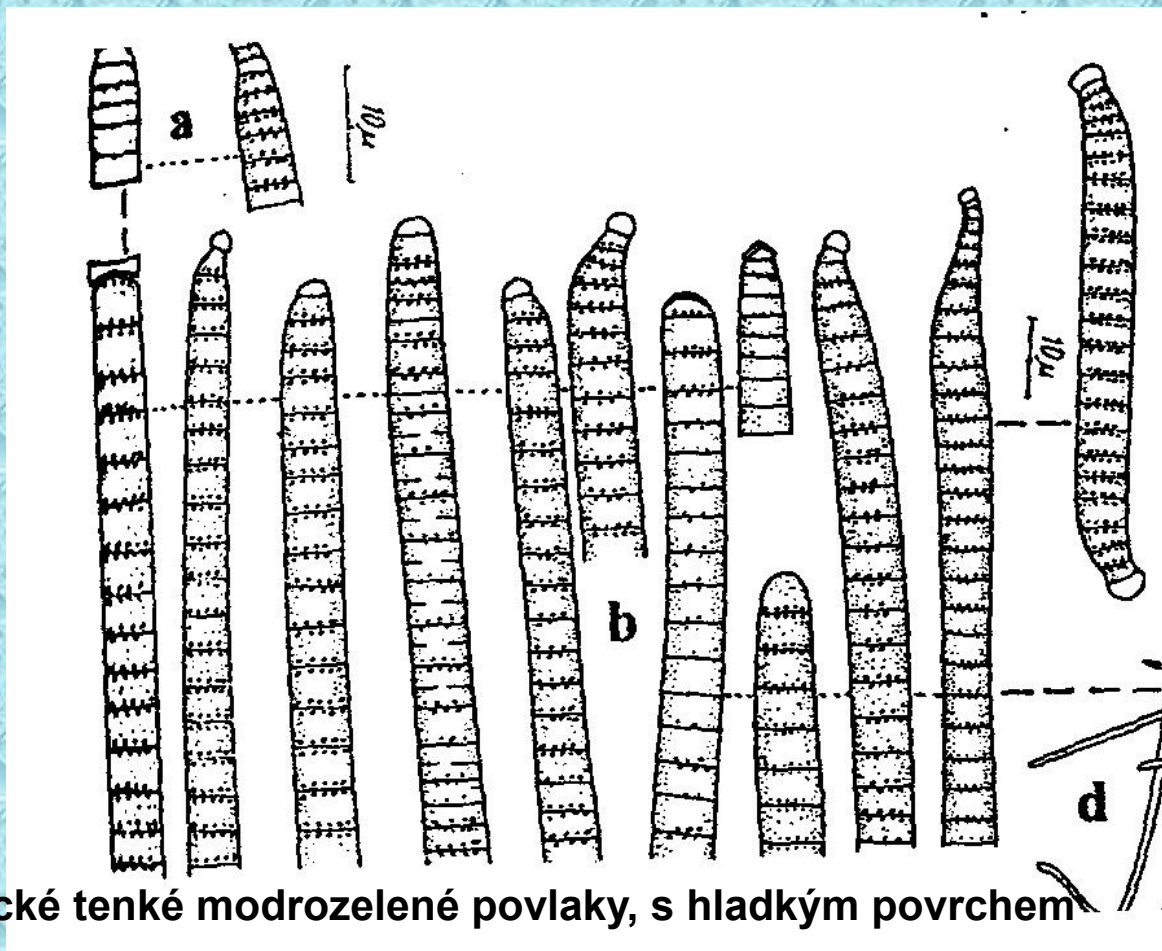


10 μm

© orig. Uher B.

# Oscillatoriales

# *Phormidium fonticolum* Kützing ex Gomont



## Popis:

Makroskopické tenké modrozelené povlaky, s hladkým povrchem

Trichomy 4,5–6,5(–7) µm široké, bez pochvy, u přepážek nezaškrcované

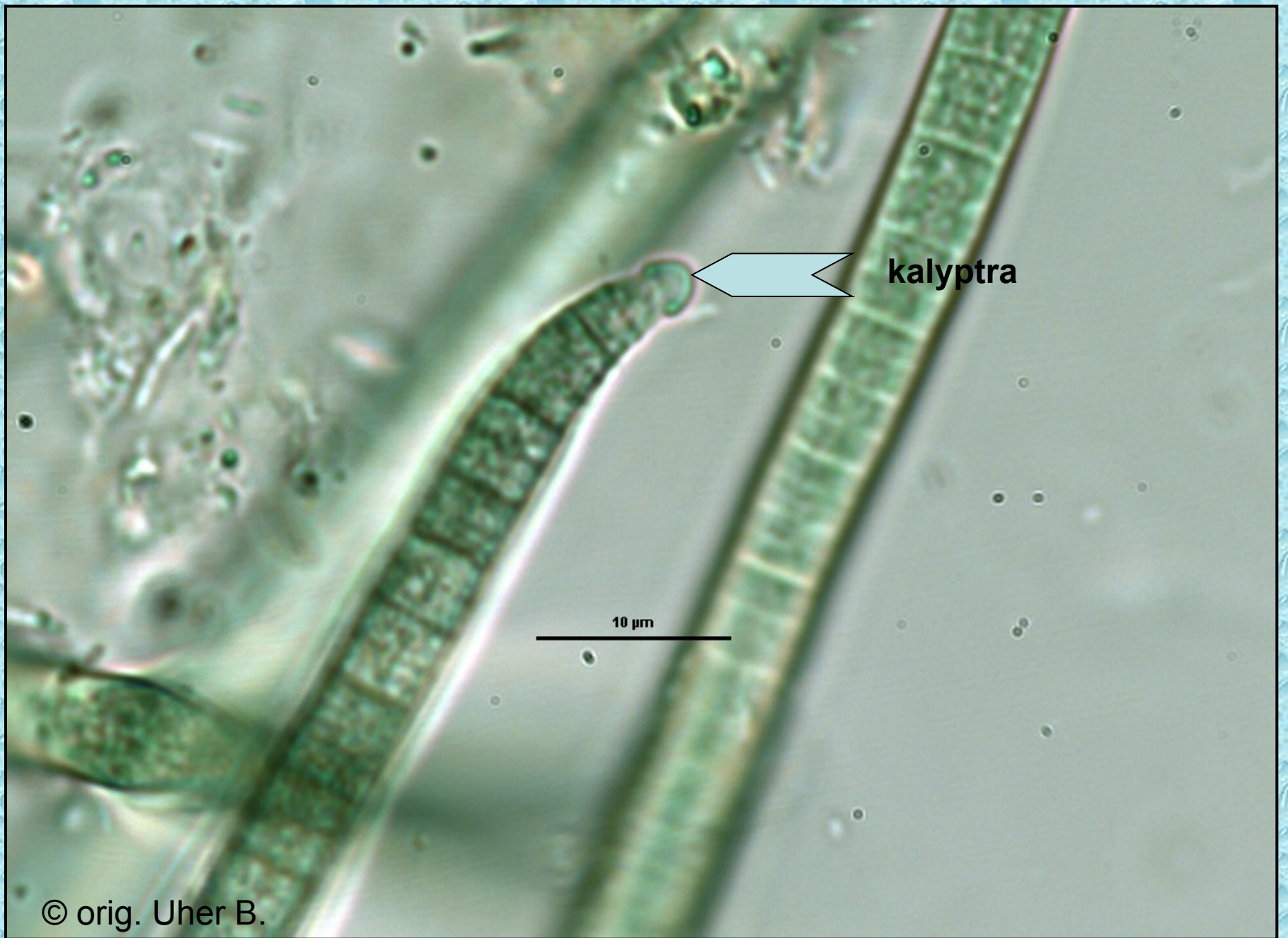
Buňky izodiametrické, apikální buňky užší s kalyptrou





100 µm

© orig. Uher B.



kalyptra

10 μm

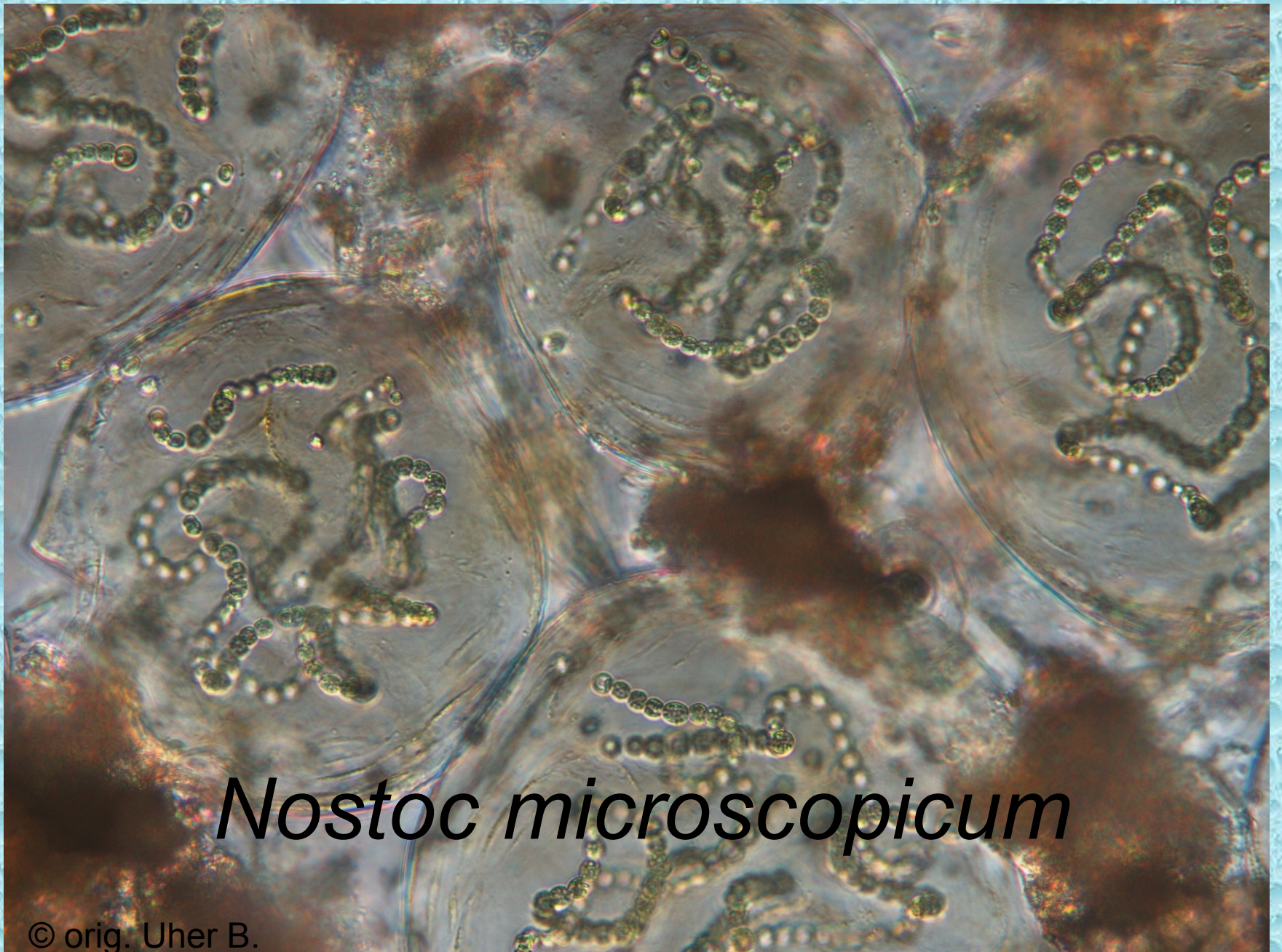
© orig. Uher B.



10 µm

© orig. Uher B.

# Nostocales

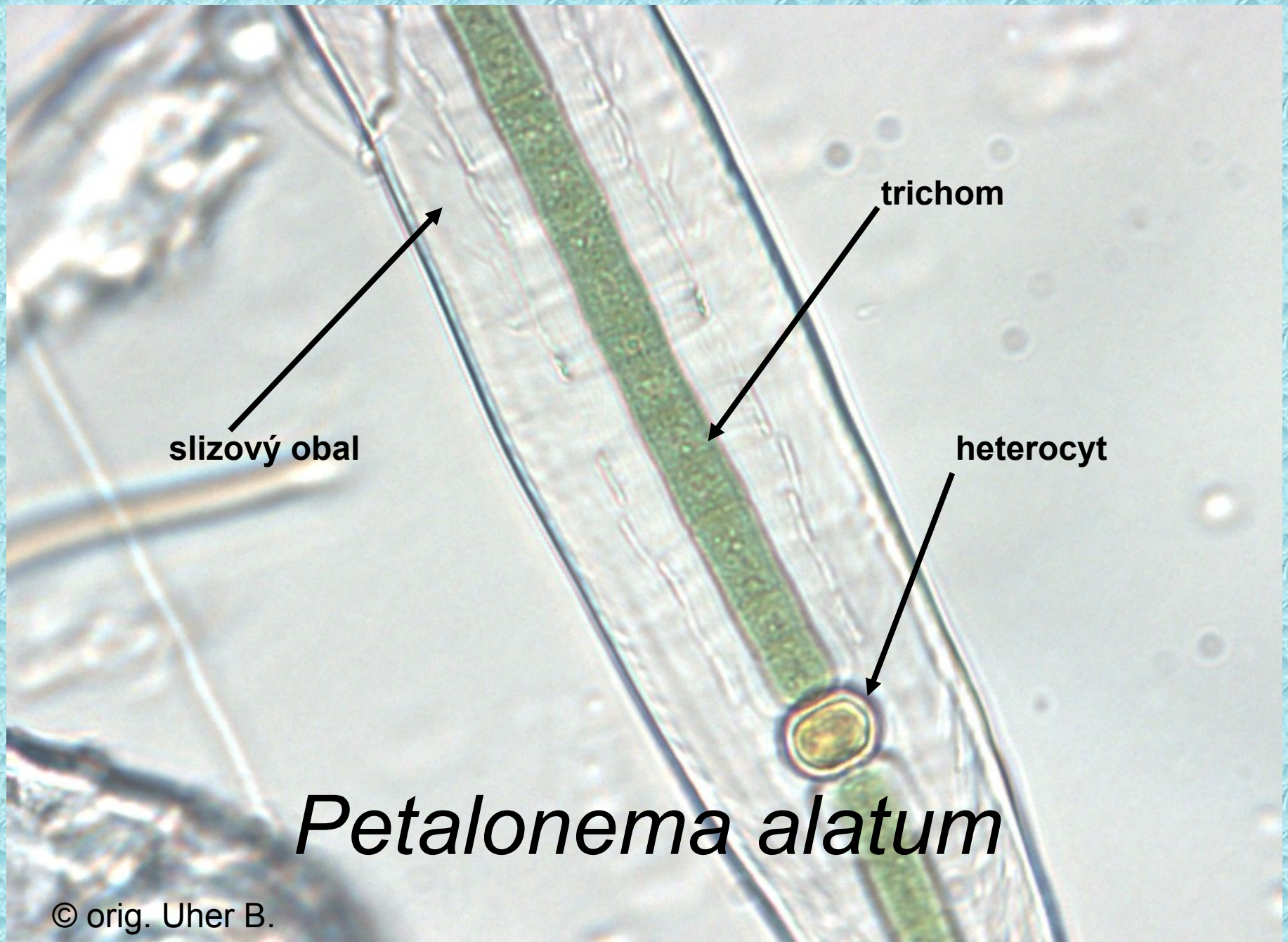


*Nostoc microscopicum*

© orig. Uher B.



© orig. Uher B.



slizový obal

trichom


heterocyt

*Petalonema alatum*

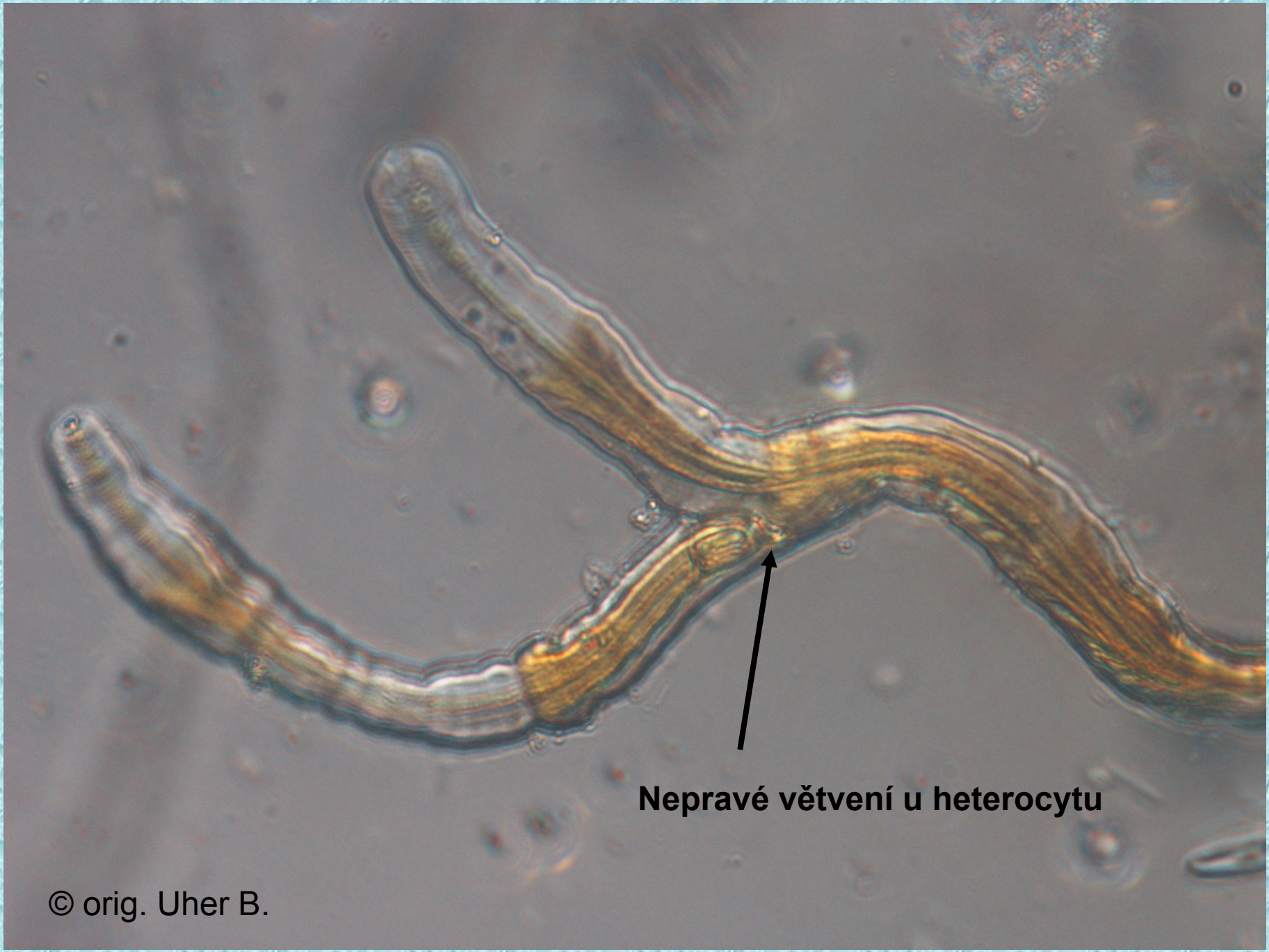
© orig. Uher B.





A microscopic image of a segmented worm, likely a polychaete, showing its body structure. The worm is curved, and its body is composed of many segments. A prominent feature is a thick, structured mucus layer that covers the surface of the segments. This mucus is described as being composed of interlocking cilia. The worm's body is translucent, revealing internal structures like the gut and nephridia. The background is a light blue, slightly textured surface.

**Strukturovaný sliz v podobě  
do sebe zapadajících trychtýřů**



**Nepravé větvení u heterocytu**



© orig. Uher B.



heterocyt

*Scytonema myochrous*



**Nepravé větvení u  
nekridické buňky**

# Stigonematales



*Mastigocladus* sp.

# Jaký je metodický přístup při zkoumání sinic a řas?

Lokalita: Dóm sv. Martina



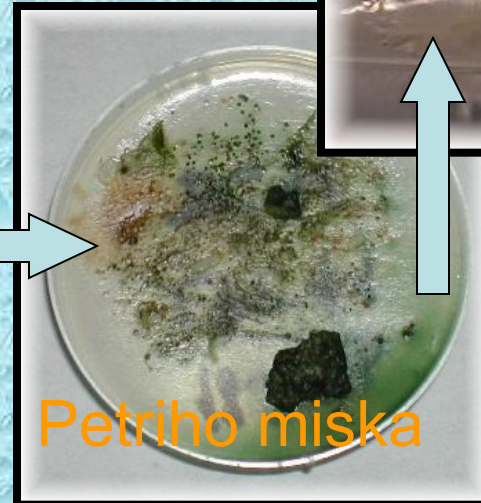
Místo odběru



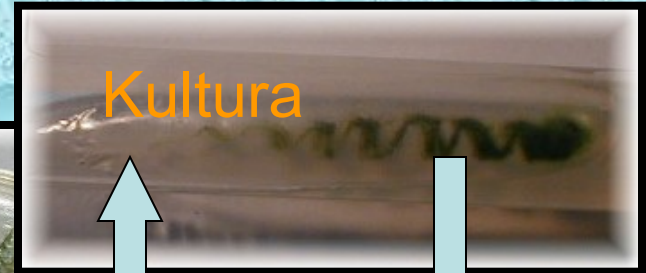
Detail povrchu substrátu



Petriho miska



Kultura



Mikroskop





# Nahlédnutí do fykologické laboratoře



Flowbox



Kultivace



Konzultace



Izolace



Experiment



# Může být mikrosvět sinic a řas zajímavý pro člověka?

- Variabilita fenotypová i genotypová
- Diverzita druhů
- Adaptabilita na různé podmínky
- Všudepřítomost
- Dostupnost
- Různé životní strategie
- Biomedicínský a farmaceutický výzkum
- Vodohospodářský význam
- Testy toxicity
- Genová banka
- Modelové organismy
- Bioremediace, detoxikace kontaminované půdy, vody
- Záchrana lidstva – výživa
- Extrémní biotopy – Antarktída, pouště, termální prameny...
- Kosmický výzkum

# Jak člověk využíval a využívá sinice?

Ženy z kmenu Kanembu u jezera Čad



Afrika

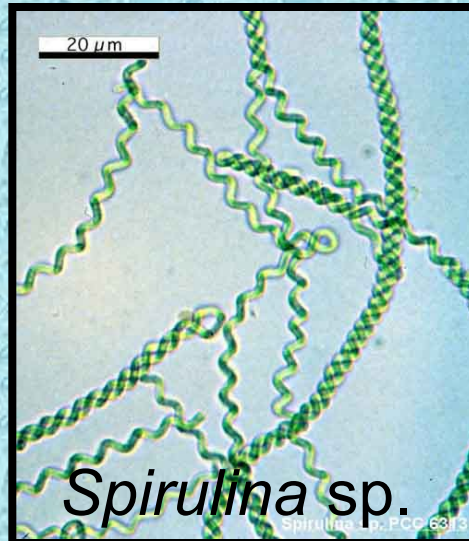


Amerika

Pěstování sinic  
Zdroj obživy

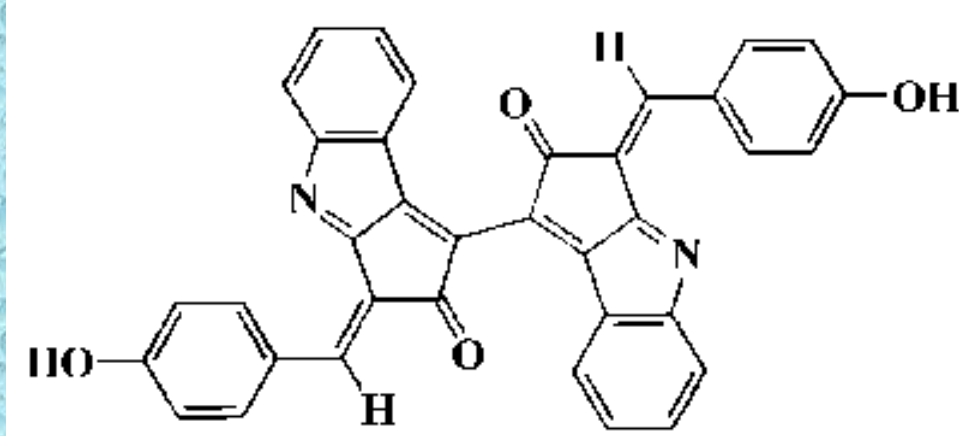


Aztékové

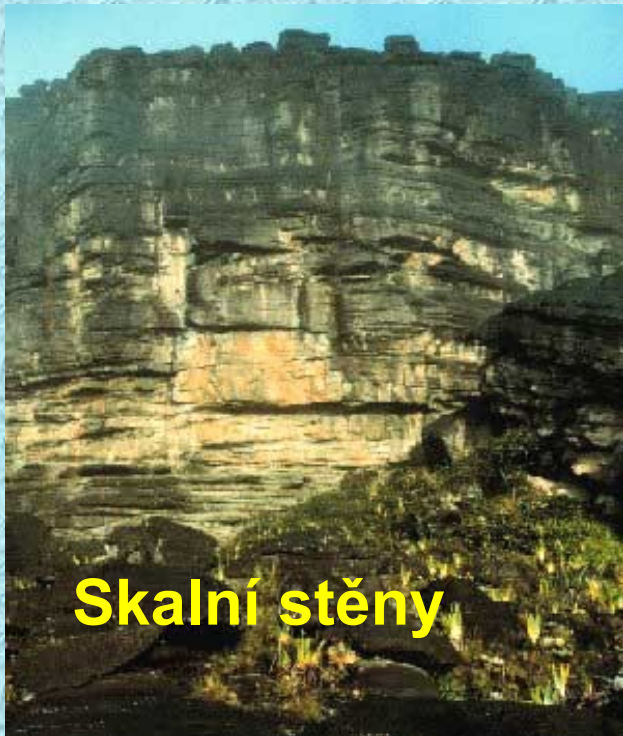


Spirulina sp. PCP 6313

# Scytonemin – zajímavá sinicová látka



Žlutá látka v obalech sinic



Aktivní UV-ochrana

Evoluční výhoda

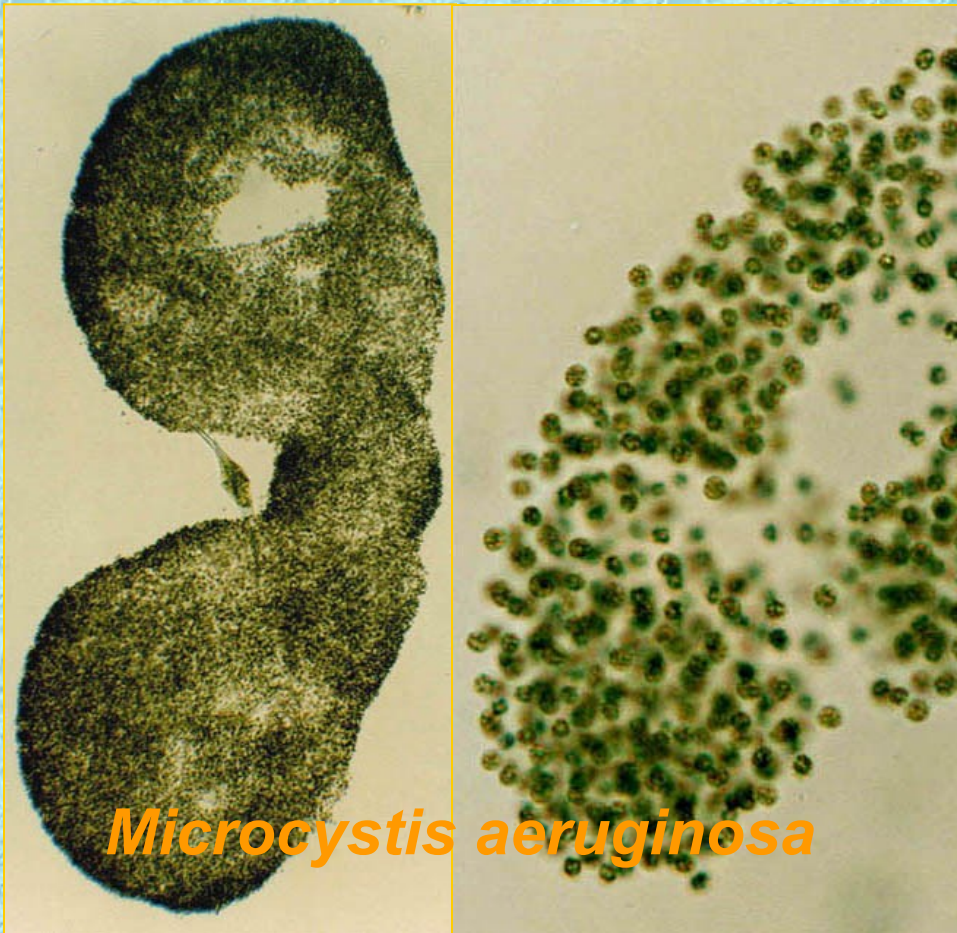
Využití v kosmetice



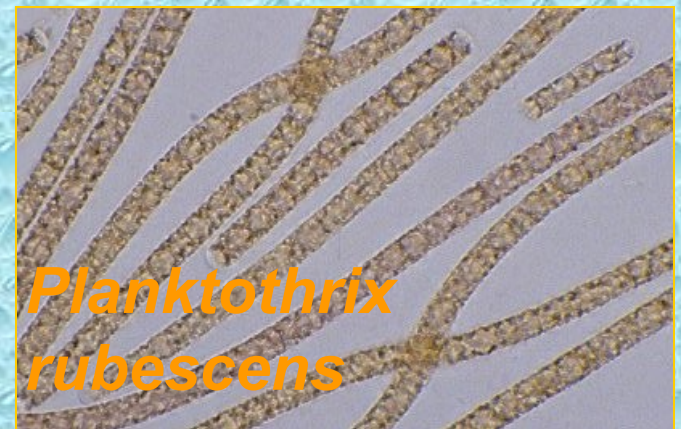
# Nebezpečné sinice!

nebo biologické zbraně...

Toxin: mikrocystin



Toxin: nodularin



**Ale přece existují organismy, co tyto toxické sinice mají v oblibě ...**



Děkuji za pozornost

