

Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav botaniky a zoologie

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

1. přednáška z cyklu přednášek předmětu  
Bi1090 Systém a evoluce nižších rostlin

**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

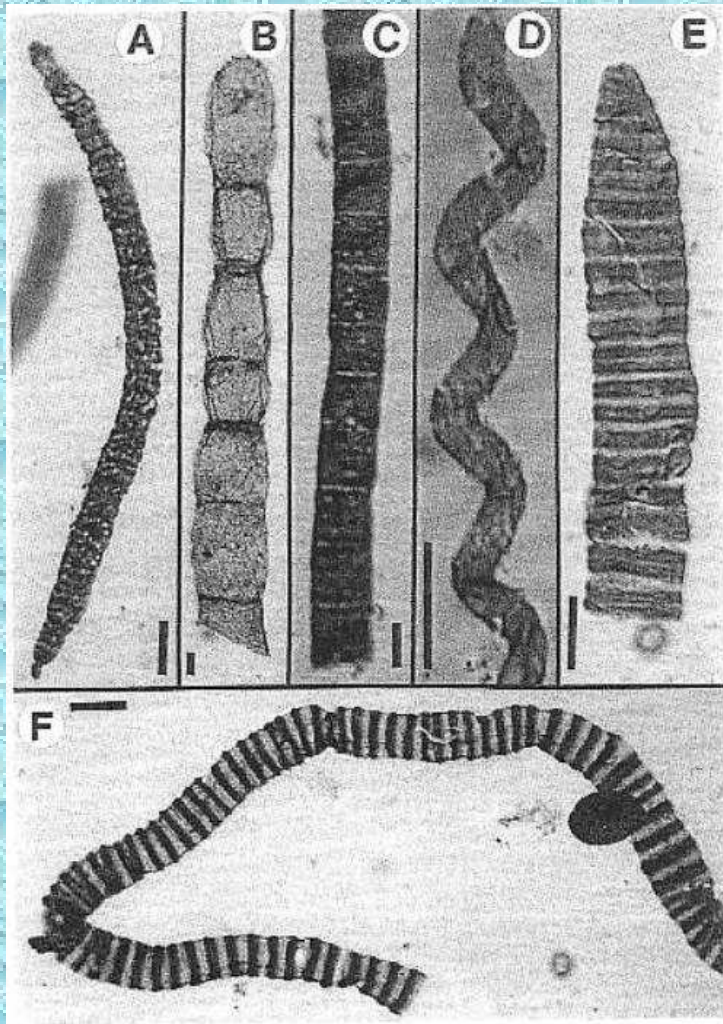
## nejstarší žijící fosilie na Zemi



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 =

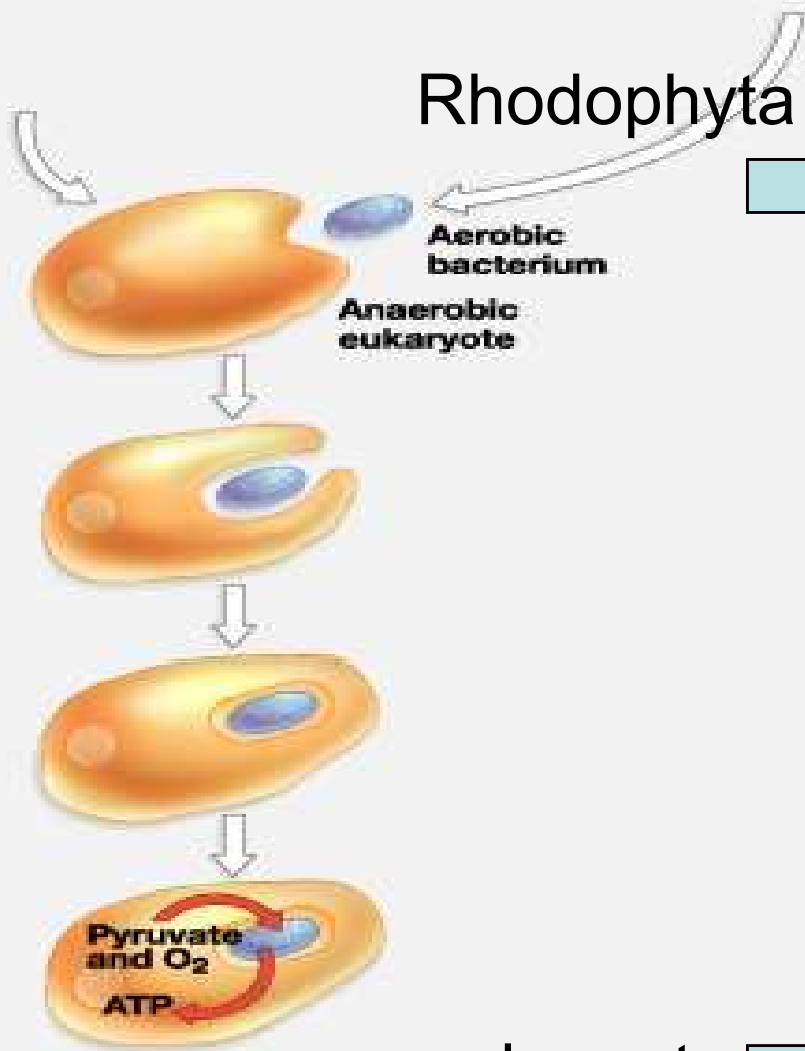
„Staré a statické“ sinice vyvolaly „velký třesk“ v evoluci života na Zemi

- 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)



# Od sinic ke řasám

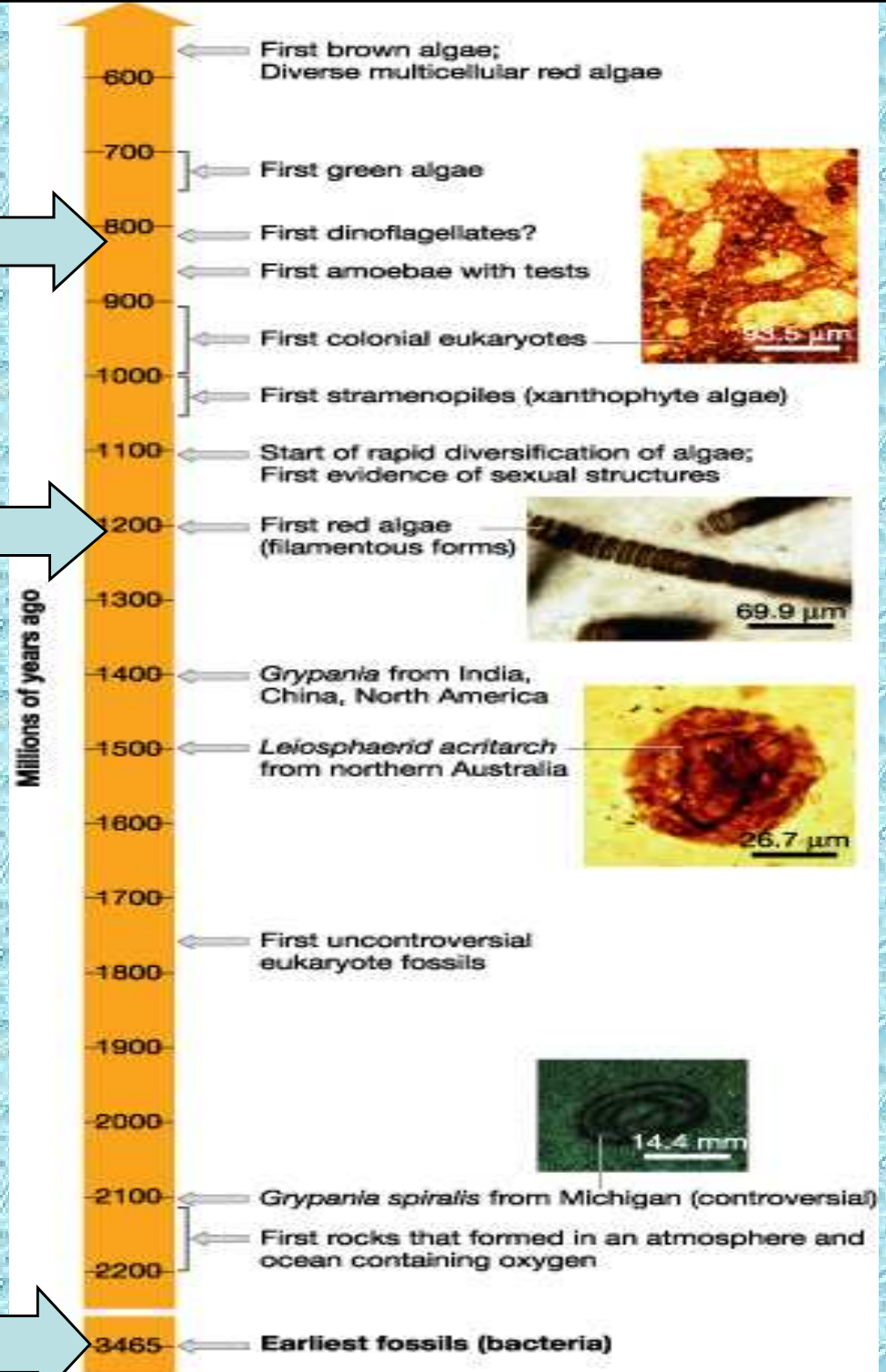
## THE ENDOSYMBIOTIC THEORY



Dinophyta

Rhodophyta

prokaryota



# System a taxonomie sinic

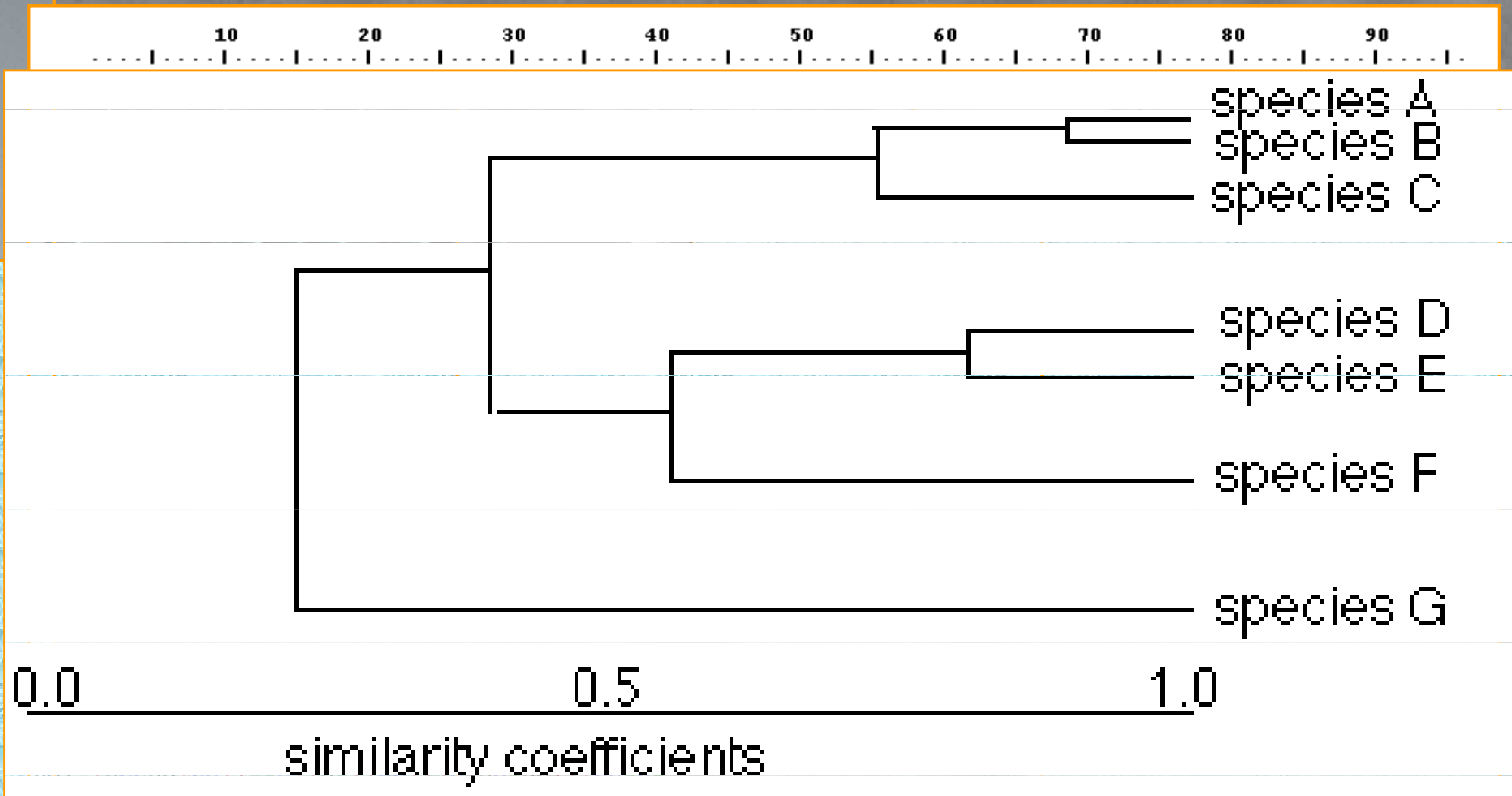
- Ultrastruktura (TEM)
- Uspořádaní tylakoidů
- Typ stélky
- Akinety
- Baeocyty
- Heterocyty
- Hormogonie
- Neklidické buňky
- Větvení
- Slizové obaly, pochvy
- Kolonie
- Ekologie

- 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

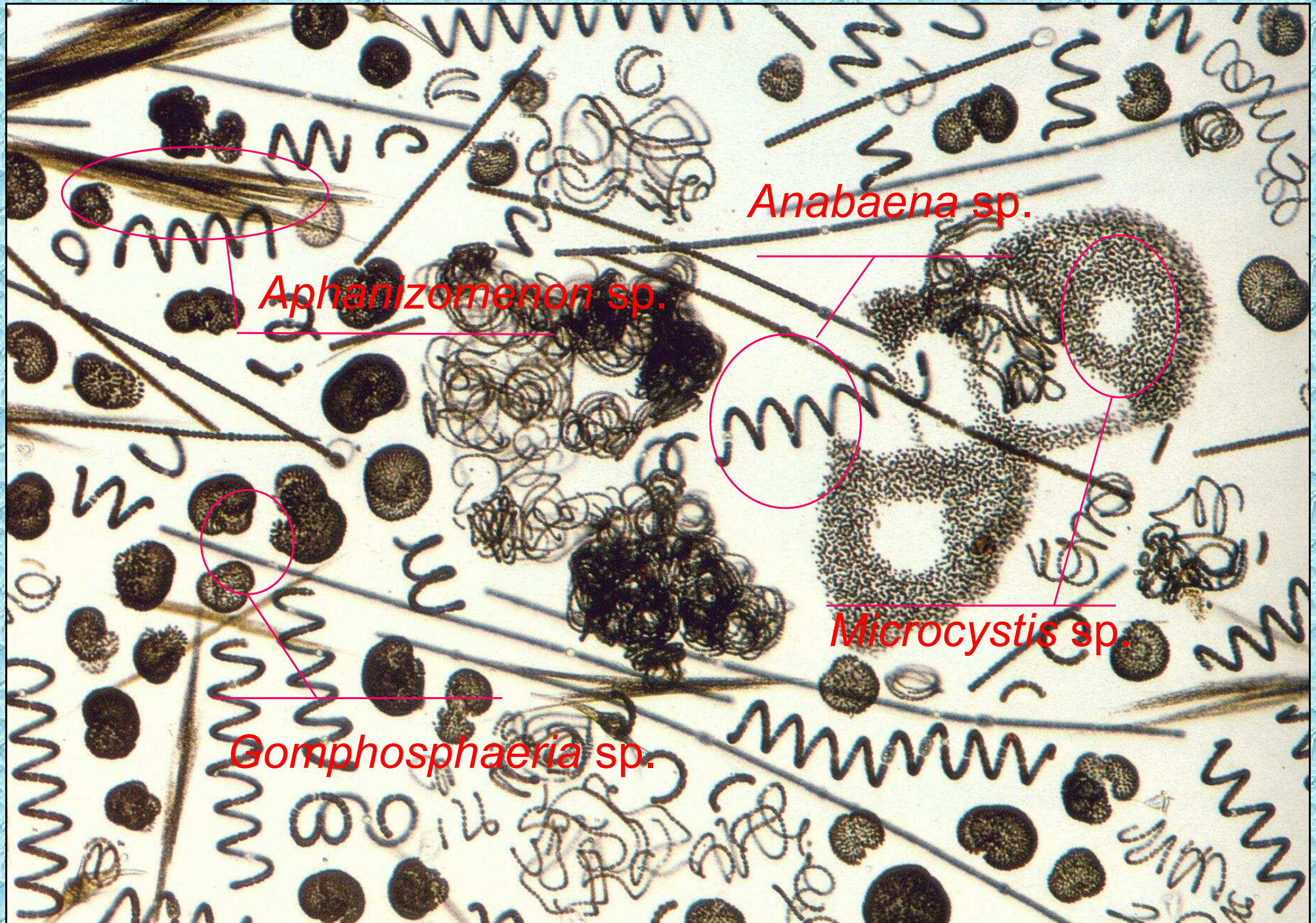
Parenchym

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

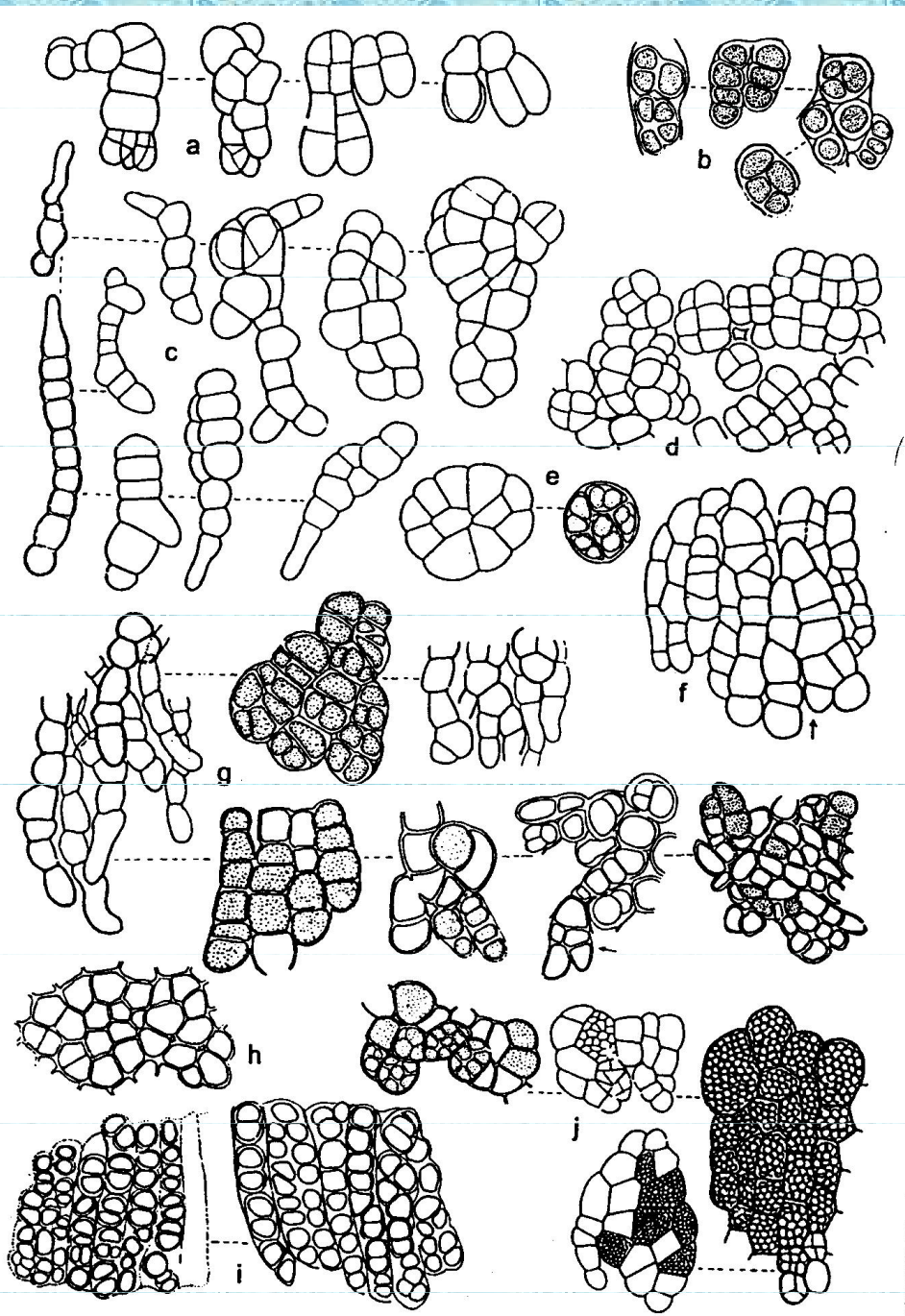
**Popis:**

**Mikroskopické kolonie tvořící  
pseudoparenchymatické vrstvy**

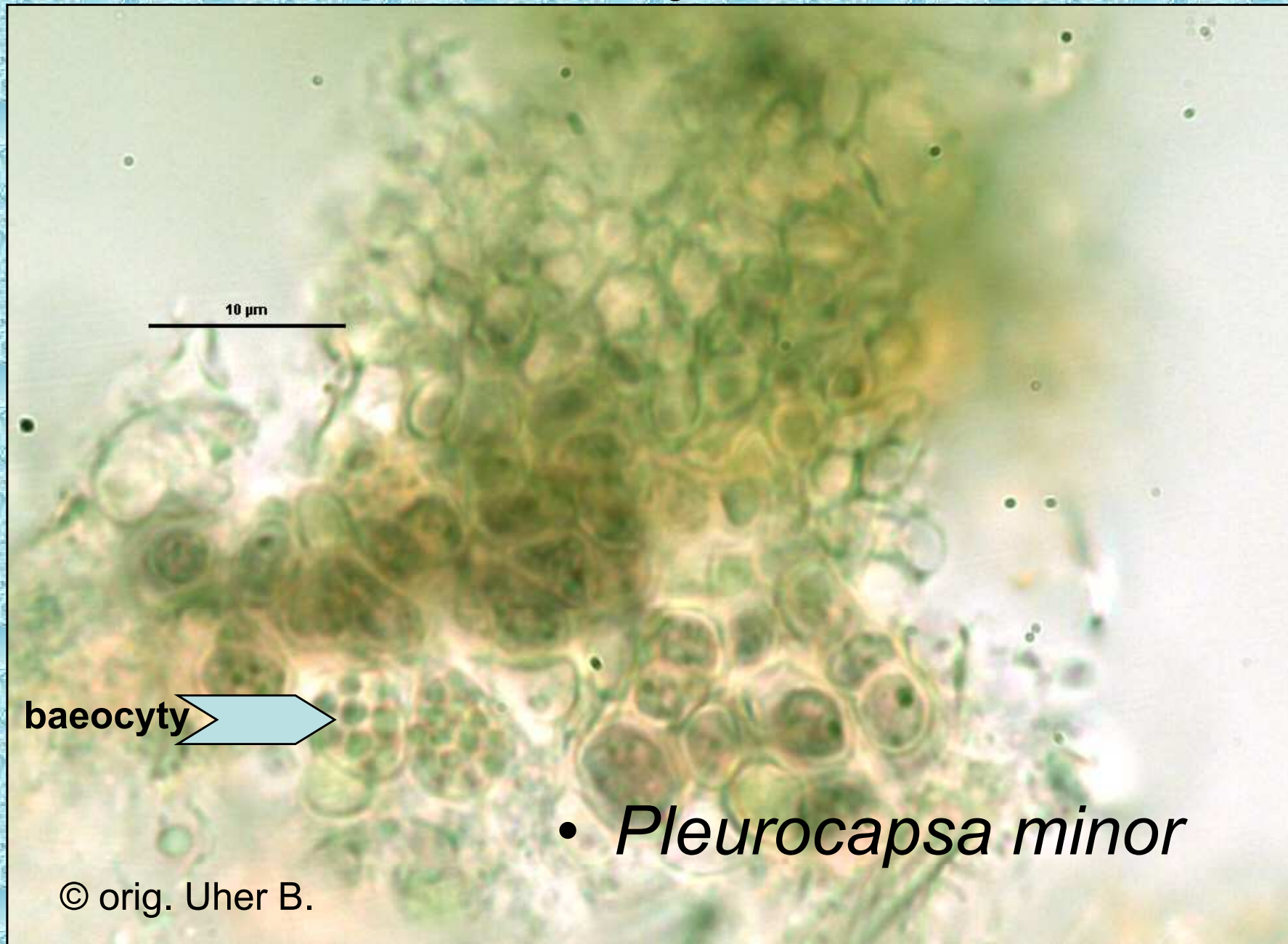
**Pseudofilamenty 3–10  $\mu\text{m}$  široké**

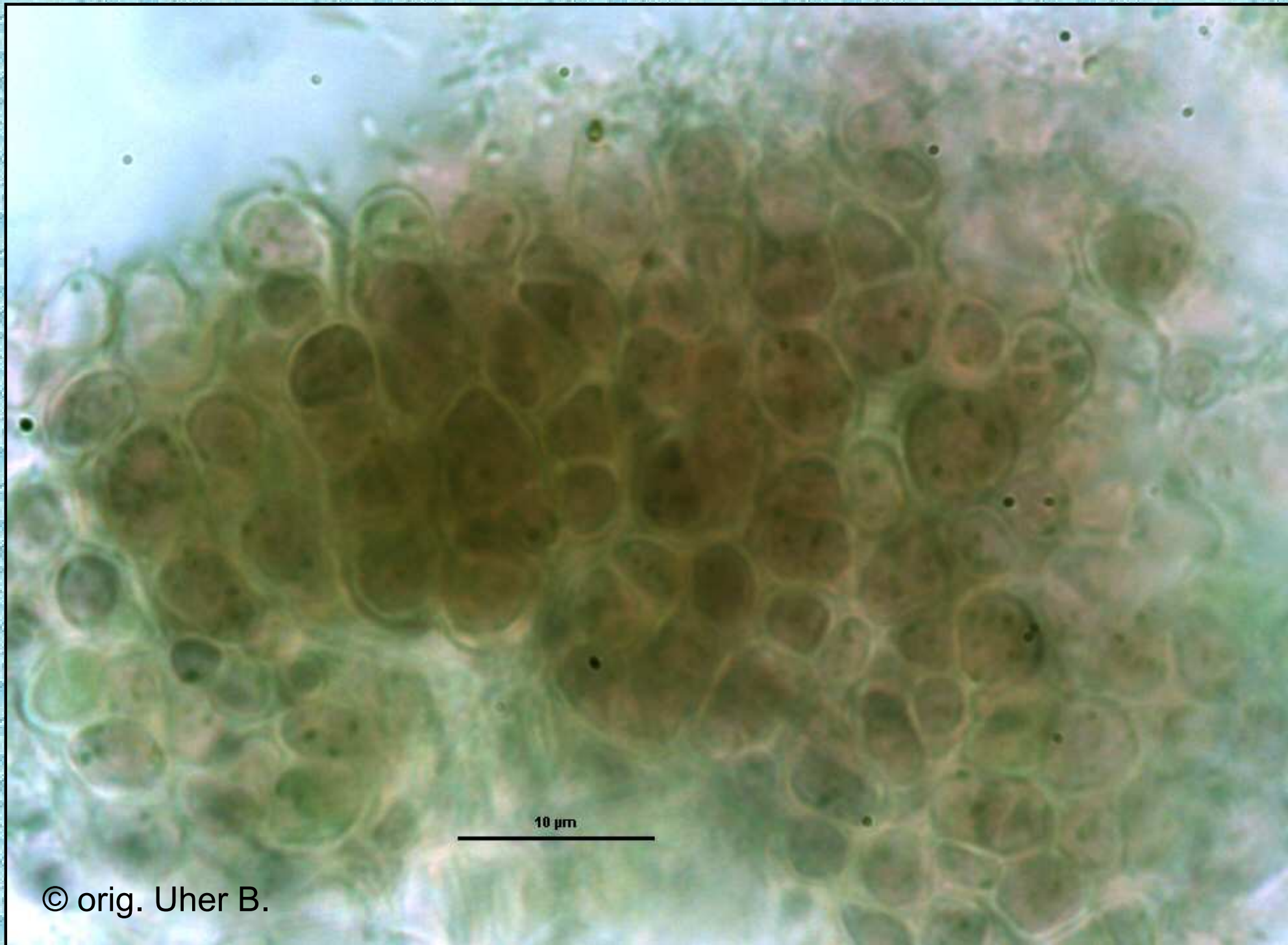
**Buňky soudkovité až polygonální, 2,5–12,5  
 $\mu\text{m}$  v průměru**

**Pochvy tenké, bezbarvé**



# Pseudoparenchymatické sinice



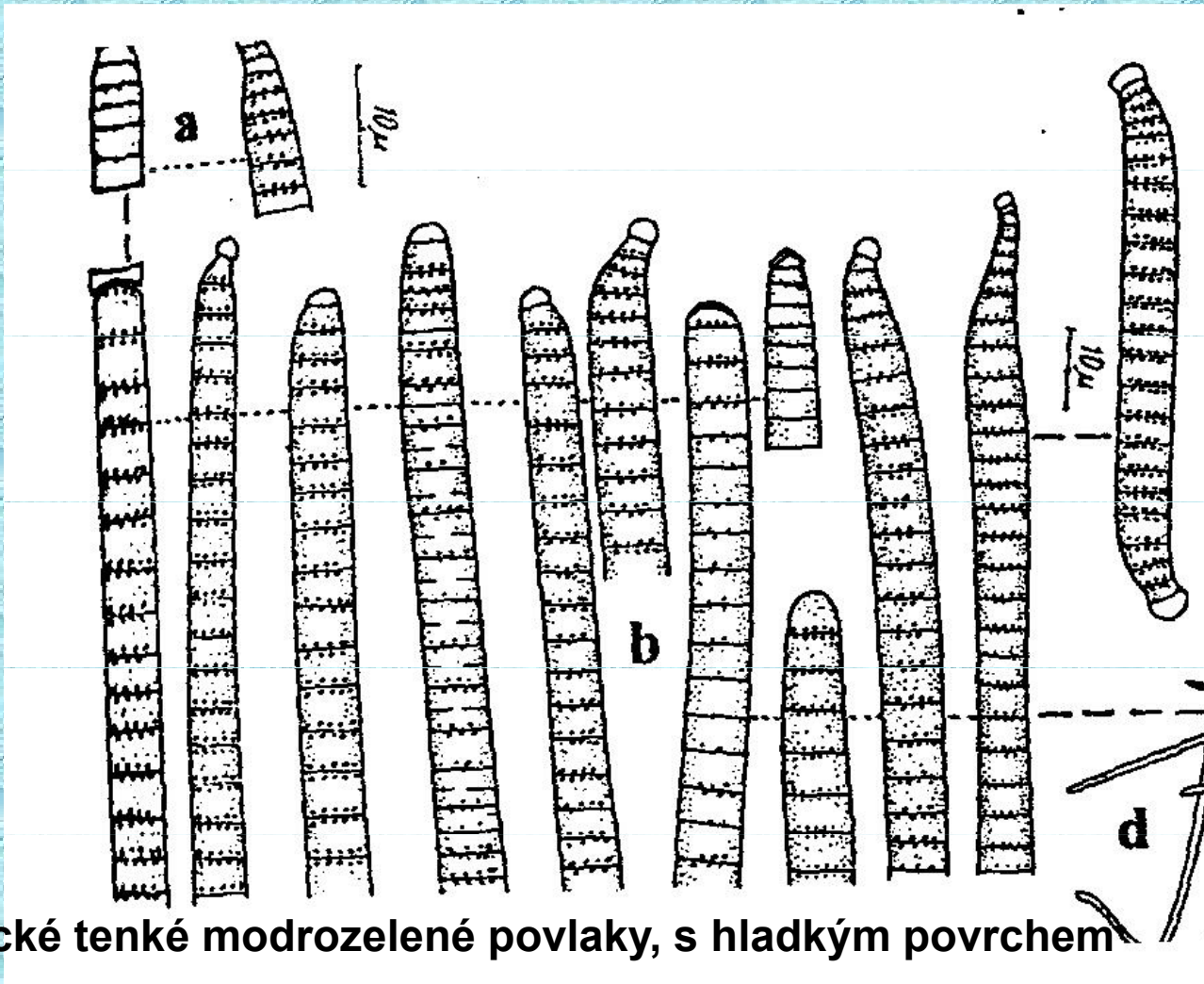


10 µm

© 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

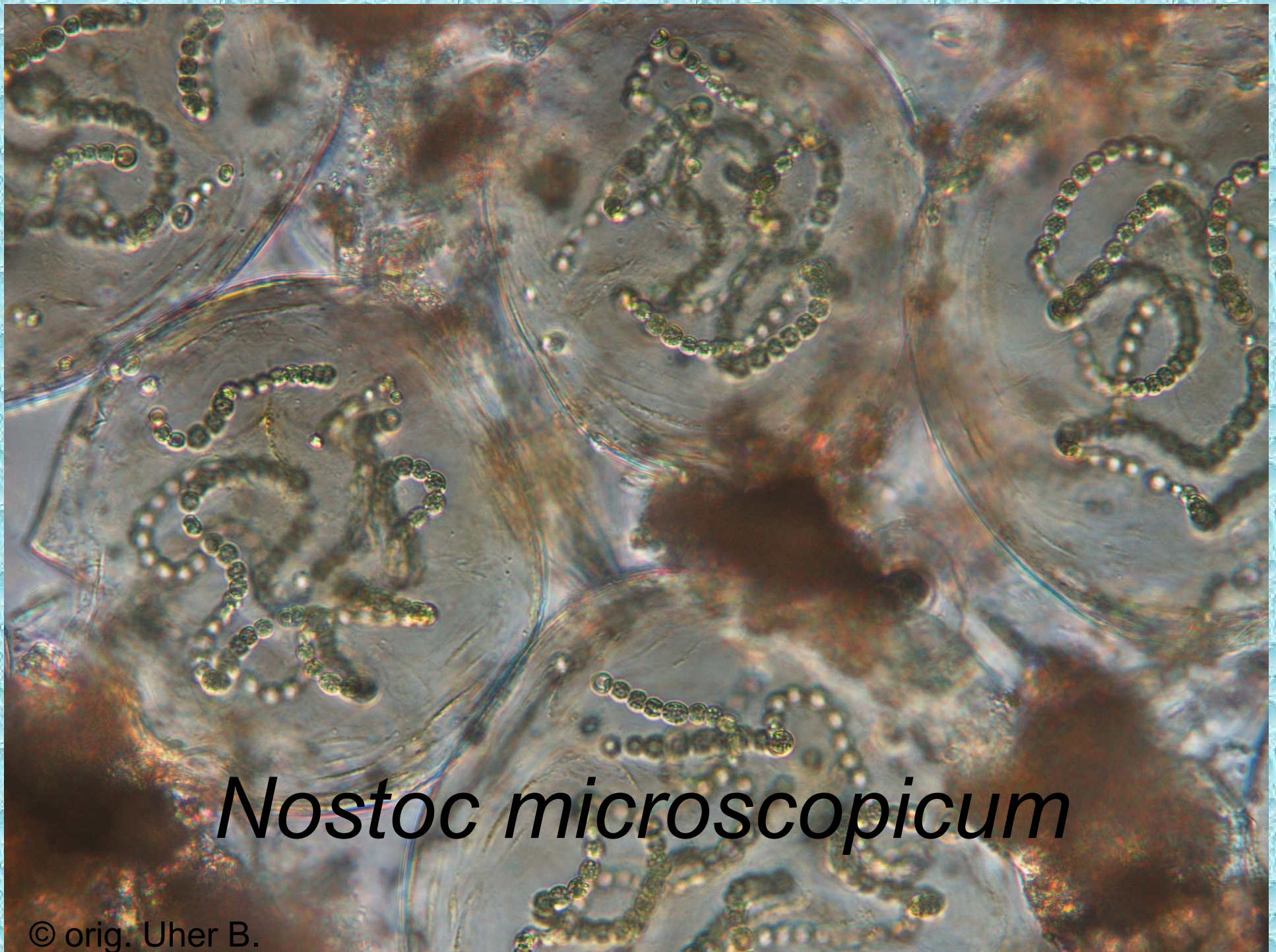
© orig. Uher B.

A light micrograph showing a single, elongated, green, segmented organism, likely a larva or a small worm, positioned diagonally across the frame. The organism has a distinct head region at the bottom left and a tail-like end at the top right. The body is composed of numerous segments, each with a darker green, almost black, transverse band. A horizontal scale bar is located to the left of the organism, with the text "10 µm" centered above it. The background is a light, slightly textured blue-grey color, with some faint, out-of-focus structures visible in the lower right quadrant.

10 µm

© orig. Uher B.

# Nostocales

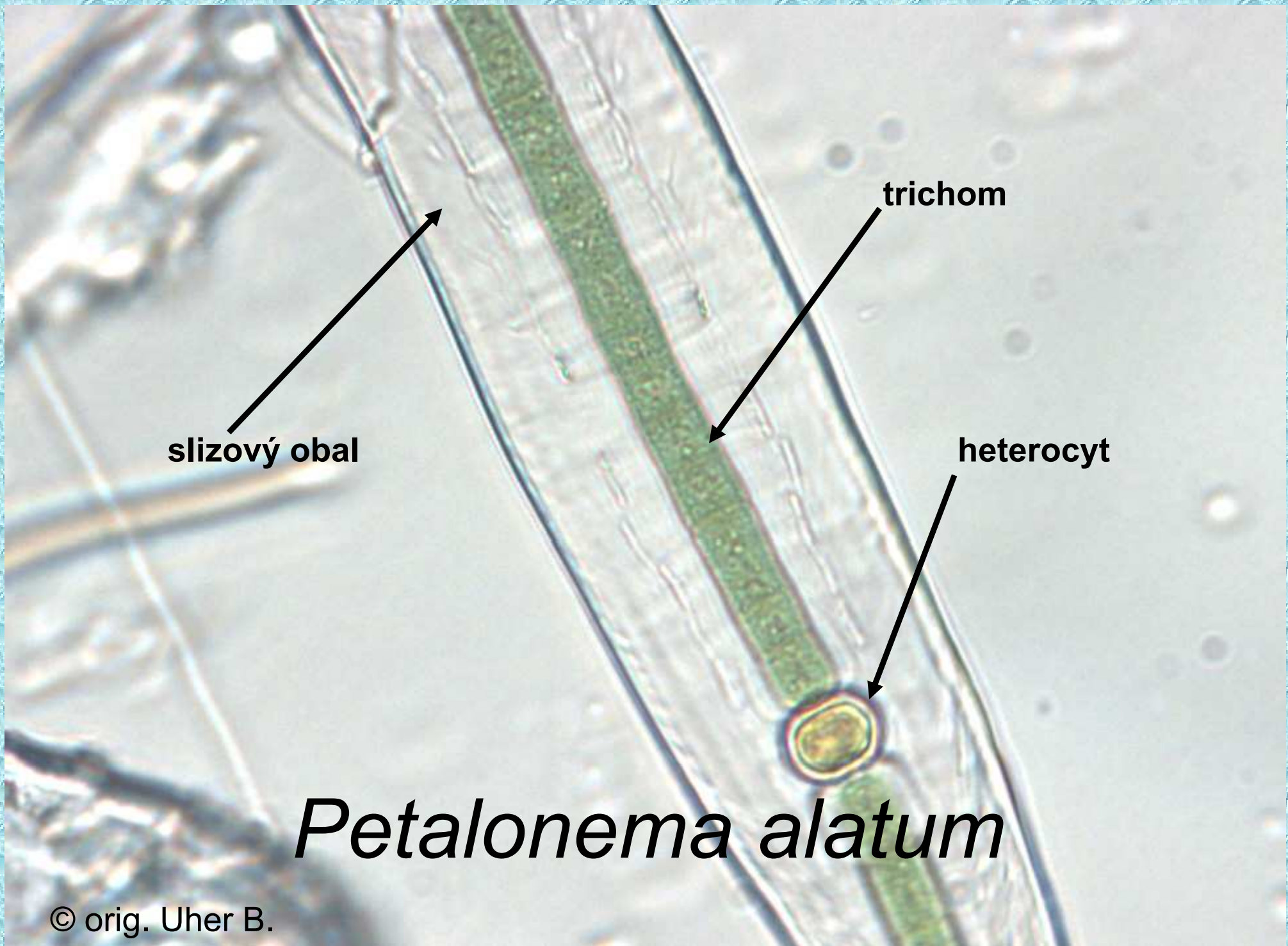


*Nostoc microscopicum*

© orig. Uher B.



© orig. Uher B.



slizový obal

trichom

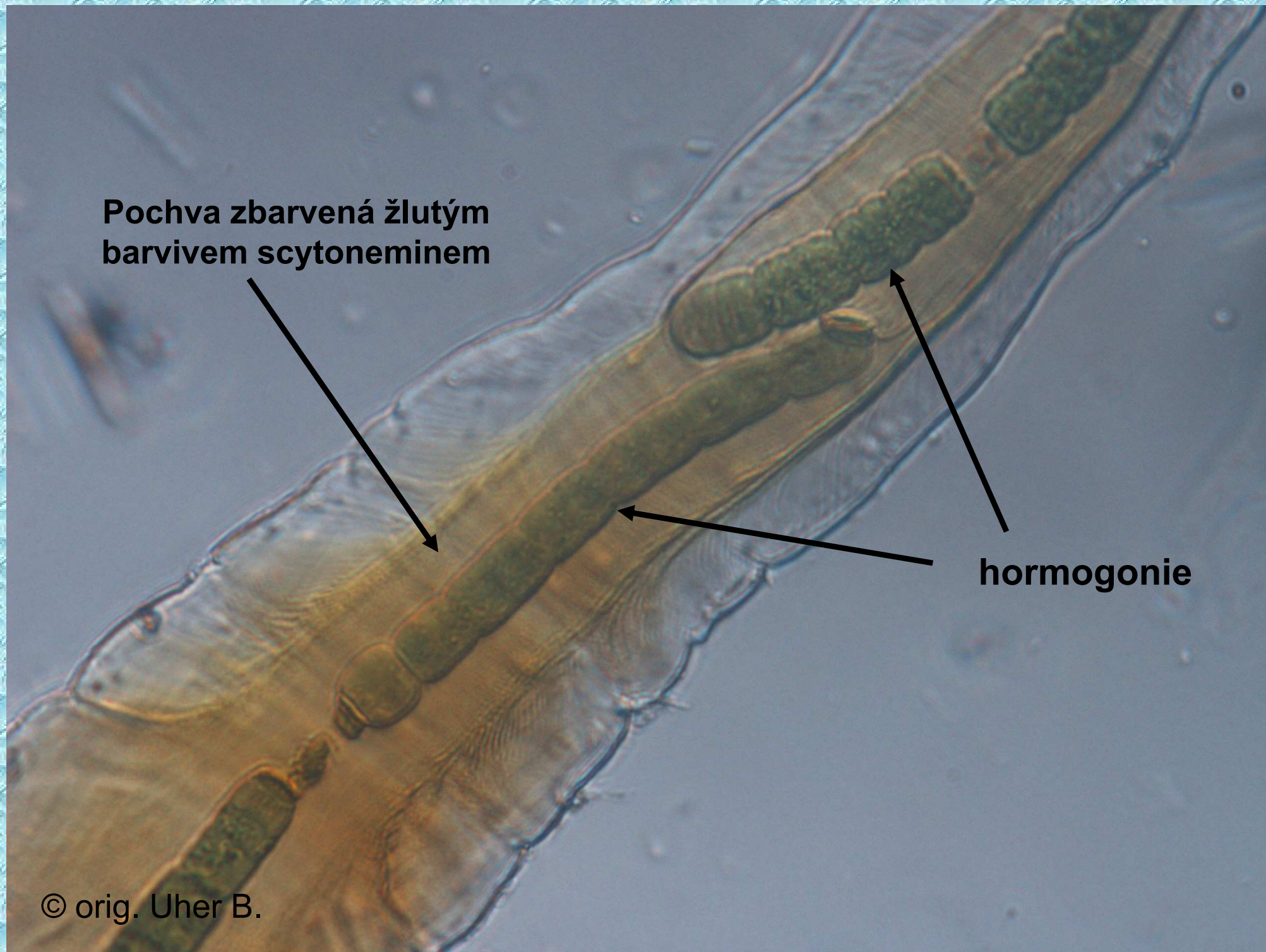
heterocyt

*Petalonema alatum*

© orig. Uher B.

**Pochva zbarvená žlutým  
barvivem scytoneminem**

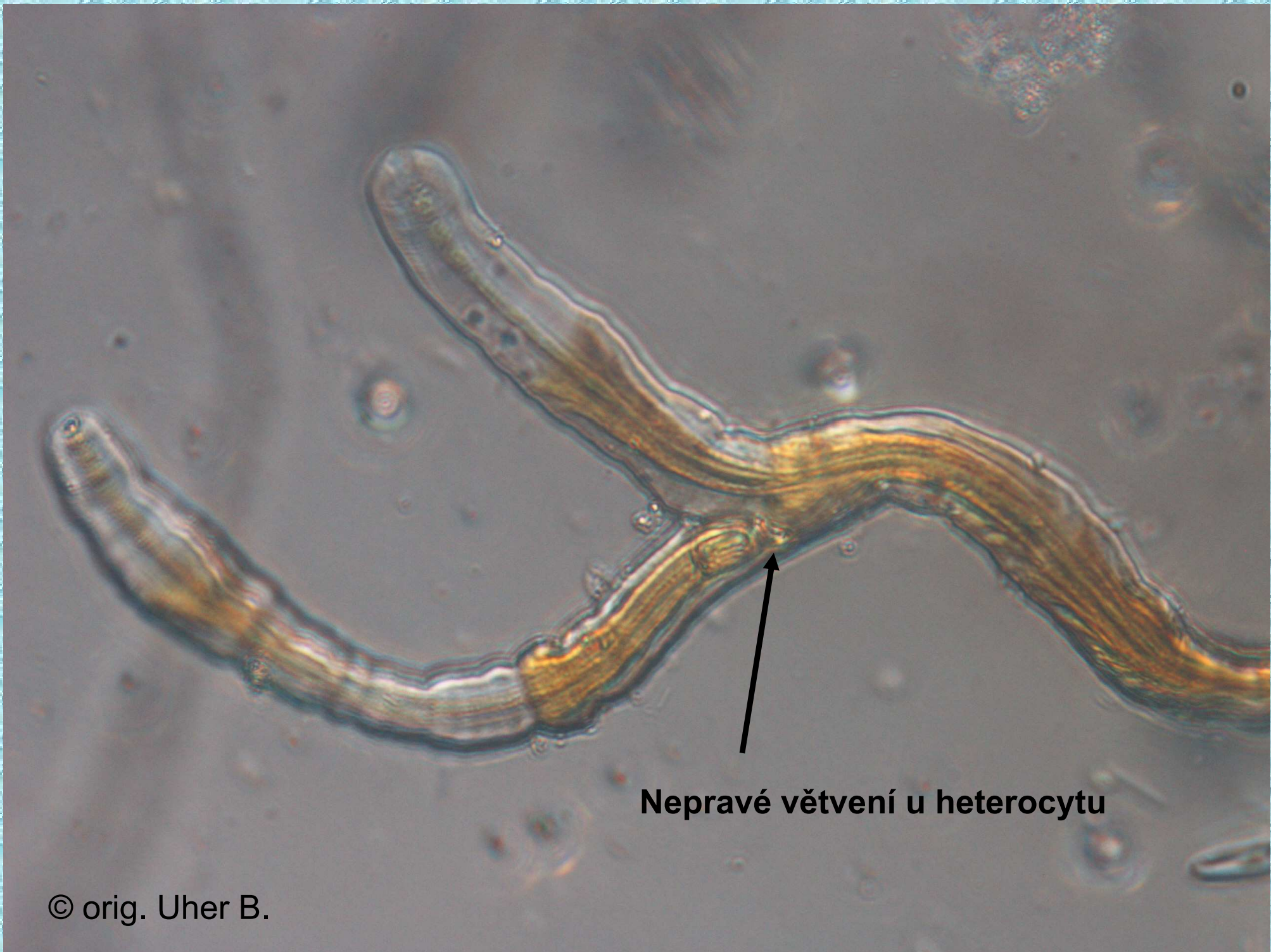
**hormogonie**





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





**Nepravé větvení u heterocytu**



© orig. Uher B.

A light micrograph of a filamentous cyanobacterium, *Scytonema myochrous*. The filament is curved and shows a distinct heterocyst, a specialized cell for nitrogen fixation. The heterocyst is a larger, more rounded cell with a thick, multi-layered wall, contrasting with the smaller, more uniform vegetative cells. An arrow points from the label 'heterocyst' to this cell. The background is a light blue-grey color with some other cellular debris and small, dark, circular structures.

heterocyst

*Scytonema myochrous*

© orig. Uher B.



**Nepravé větvení u  
nekřidické buňky**

# Stigonematales



Vegetativní buňka

Pravé větvení

Heterocyt

*Mastigocladus* sp.

© orig. Uher B.

# Jaký je metodický přístup při zkoumání sinic a řas?

Lokalita: Dóm sv. Martina



Místo odběru



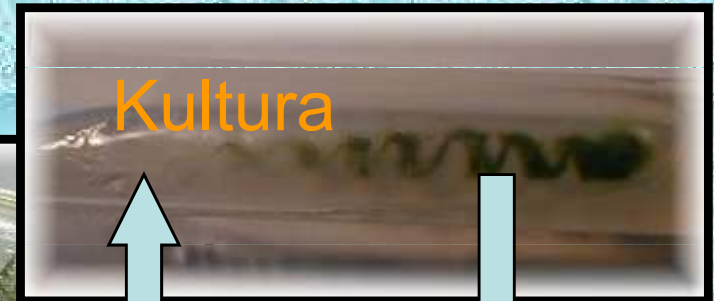
Detail povrchu  
substrátu



Petriho miska



Kultura



Mikroskop



# Nahlédnutí do fykologické laboratoře



Flowbox



Kultivace



Konzultace



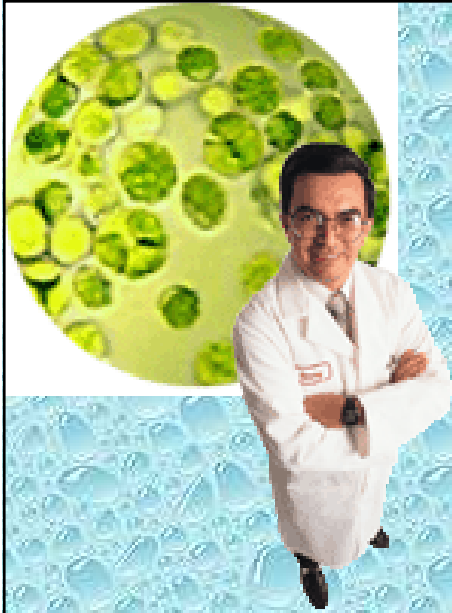
Izolace



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?

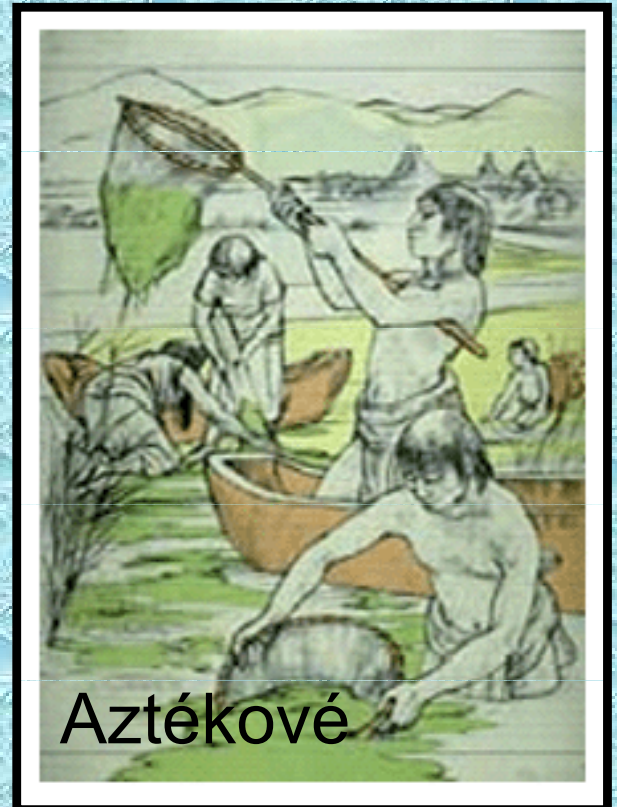
Ženy z kmenu Kanembu u jezera Čad

**Afrika**

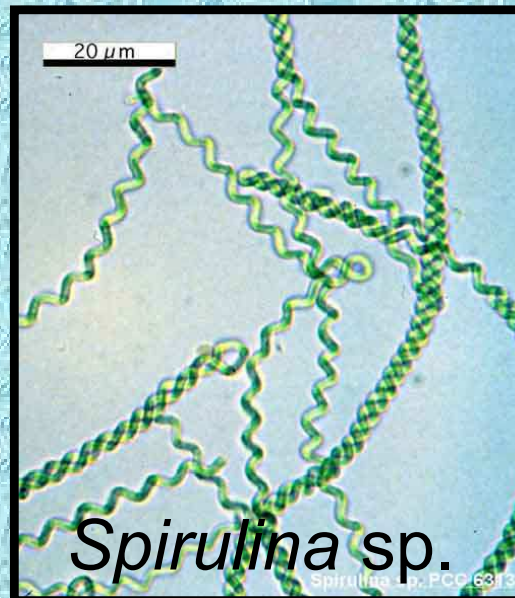


**Amerika**

Pěstování sinic  
Zdroj obživy



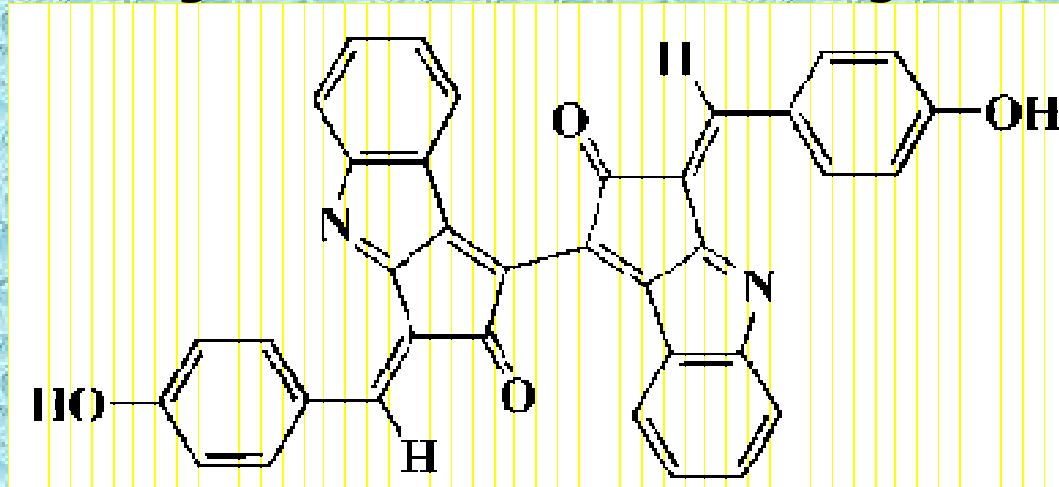
**Aztékové**



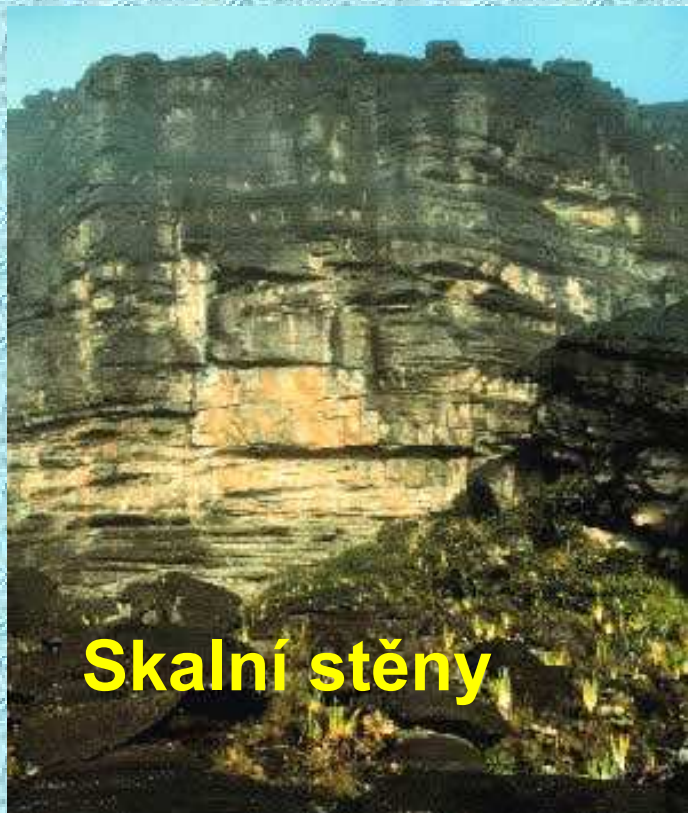
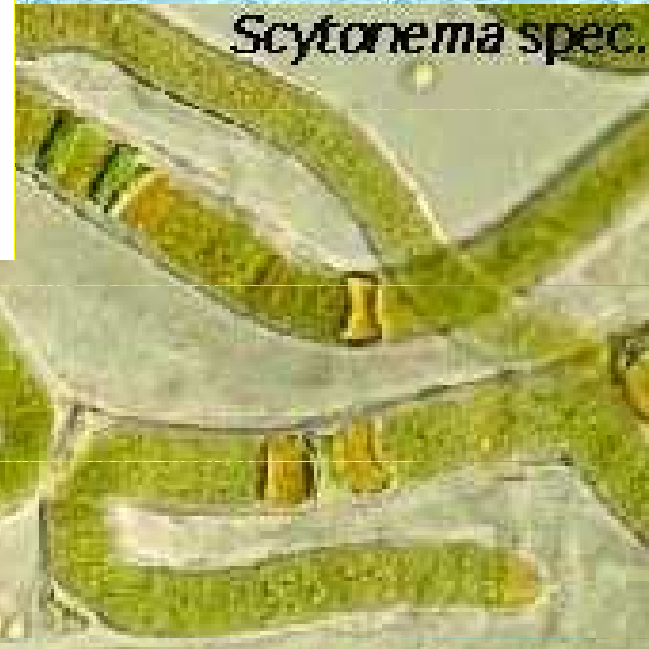
*Spirulina* sp.

Spirulina sp., PCC 6313

# Scytonemin – zajímavá sinicová látka



Žlutá látka v obalech sinic



Aktivní UV-ochrana

Evoluční výhoda

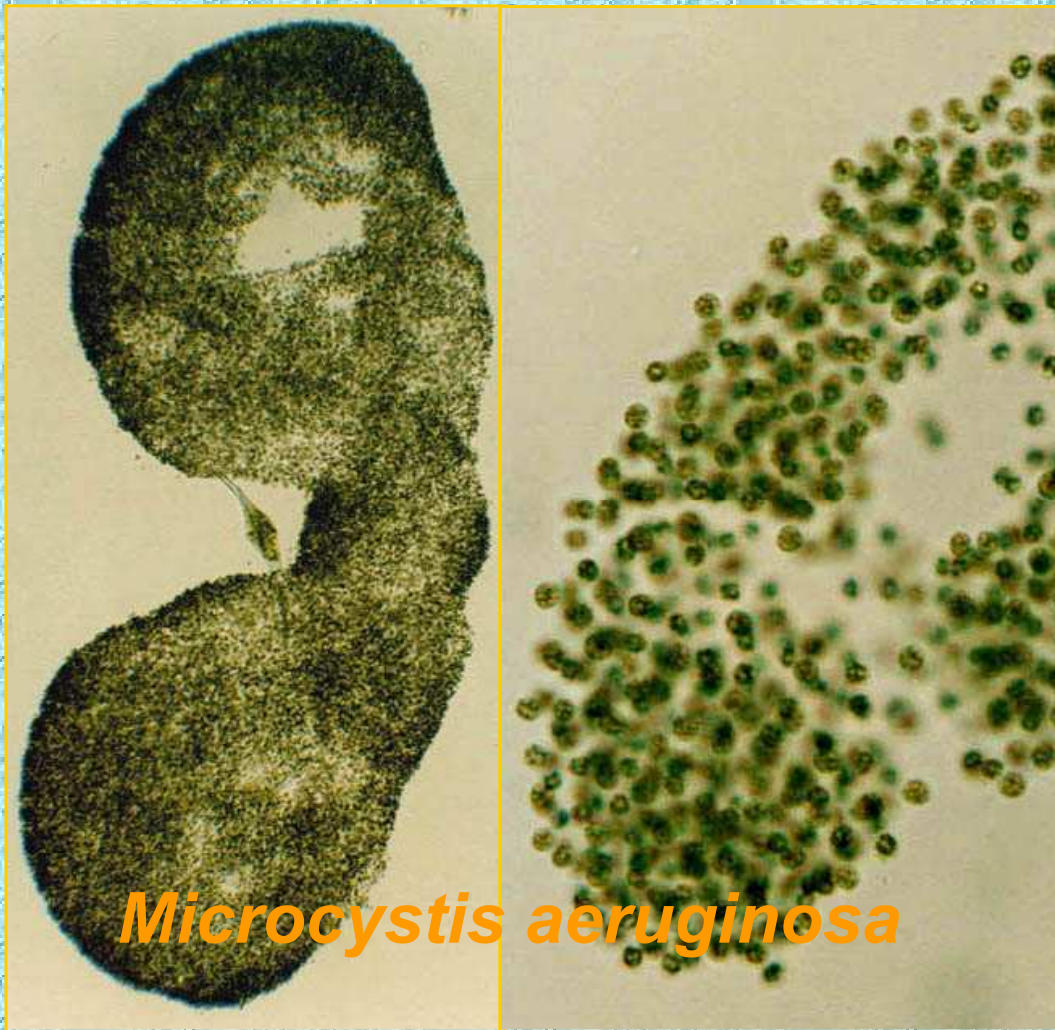
Využití v kosmetice



# Nebezpečné sinice!

nebo biologické zbraně...

Toxin: mikrocystin



Toxin: nodularin



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



***Ciliophora sp.***

**Požírá vlákna sinic jako špagety**

Děkuji za pozornost

