

Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav botaniky a zoologie

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

Bi2MP_HNRP Systém a evoluce nižších
rostlin a hub pro základní vzdělávání

RNDr. Bohuslav Uher, Ph.D.

uherius@sci.muni.cz

Důležitá literatura a informace

- 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 (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

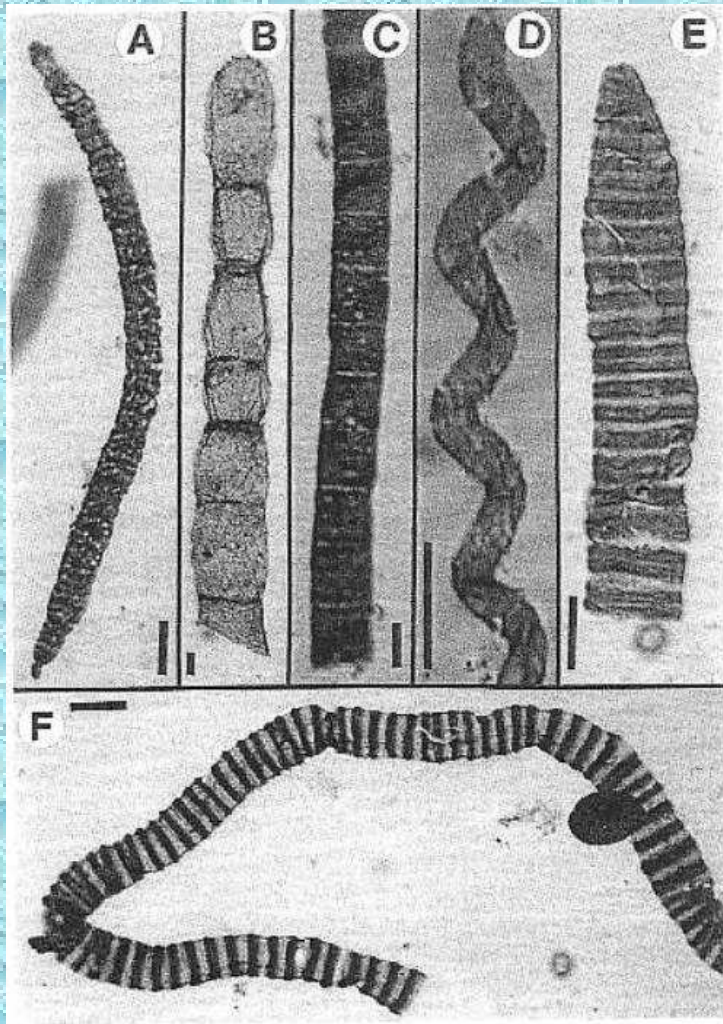
nejstarší žijící fosilie na Zemi



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 μm

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

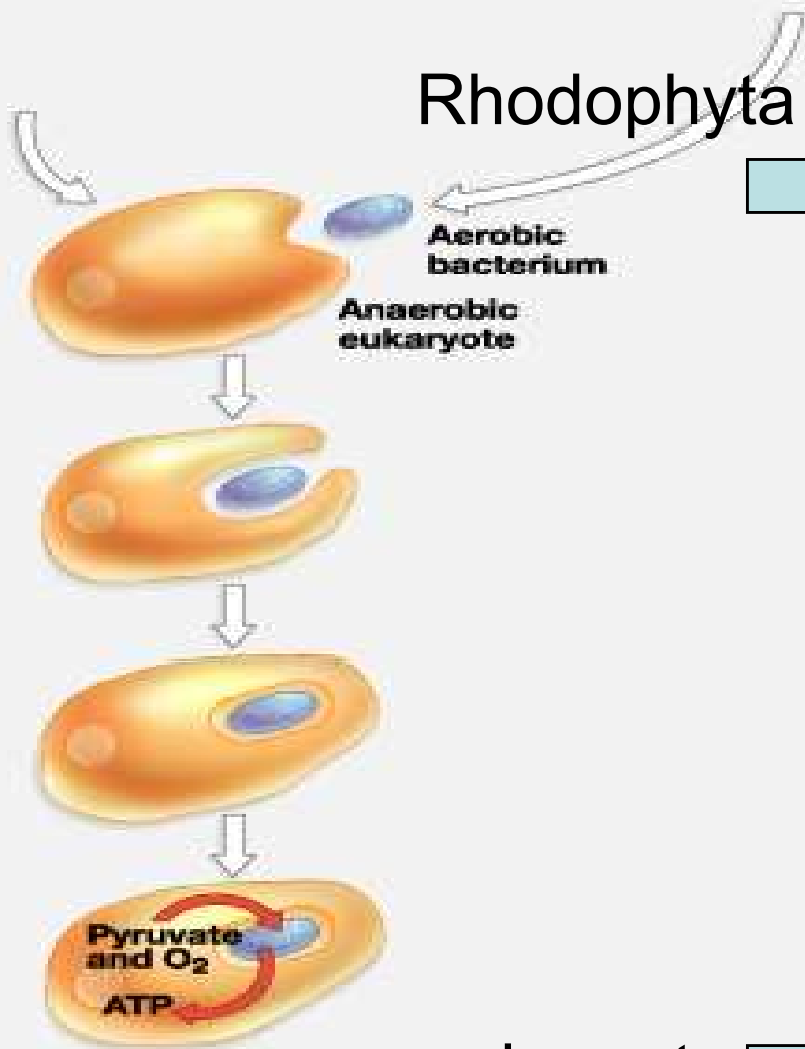
Paradox v evoluci =

„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

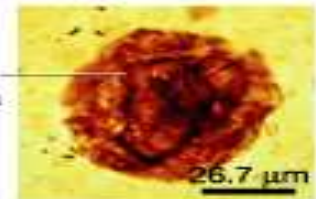
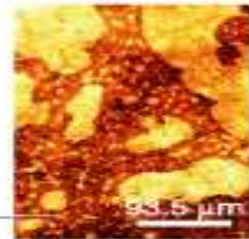
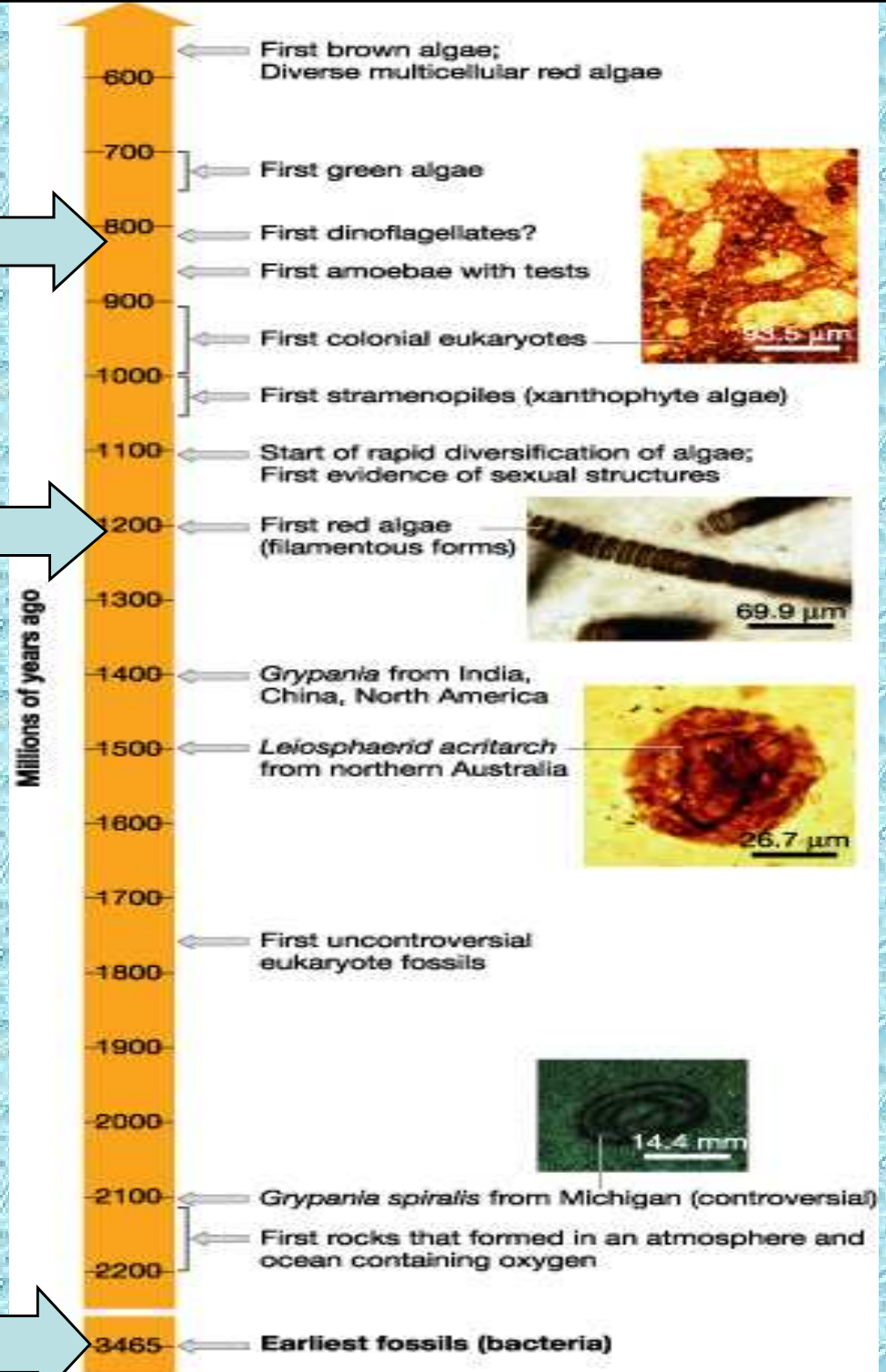
THE ENDOSYMBIOTIC THEORY



Dinophyta

Rhodophyta

prokaryota



System a taxonomie sinic

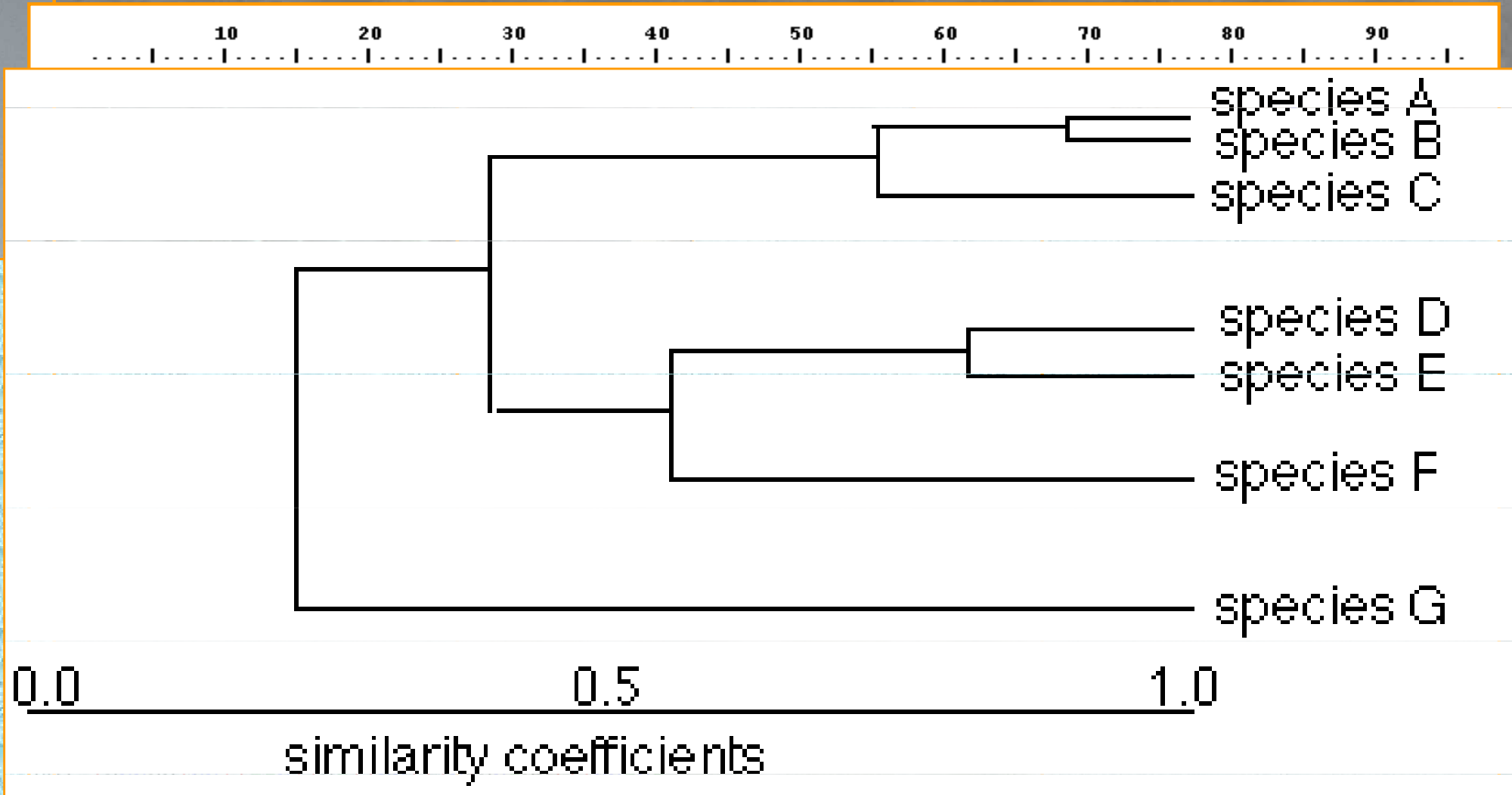
- Ultrastruktura (TEM)
- Uspořádaní tylakoidů
- Typ stélky
- Akinety
- Baeocyty
- Heterocyty
- Hormogonie
- Neklidické buňky
- Větvení
- Slizové obaly, pochvy
- Kolonie
- Ekologie

- Sekvence
- Gen 16S rDNA
- Gen rbcL (Rubisco)
- tRNA^{Leu} (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

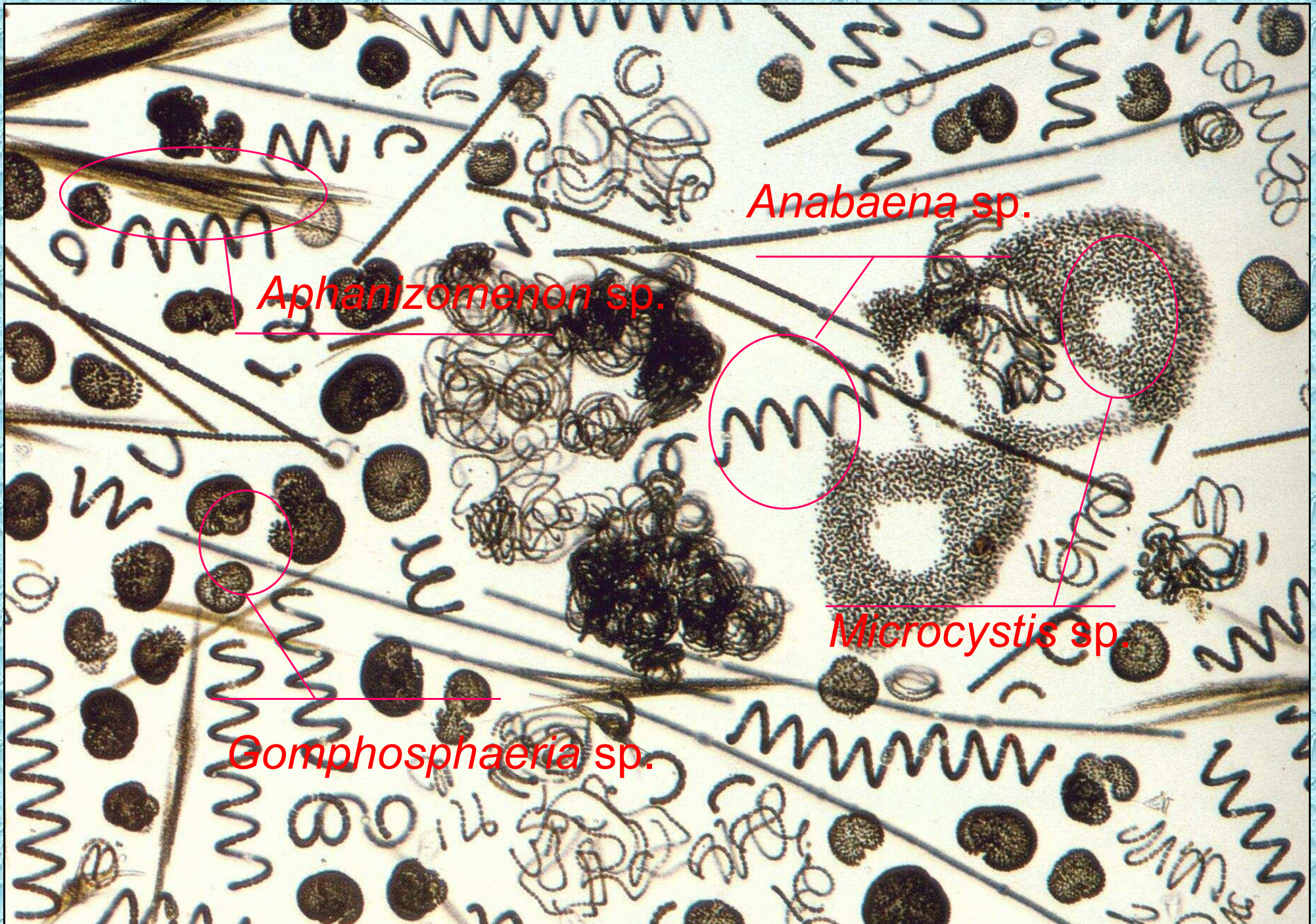
Parenchym

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 μm v průměru.

Slizové obaly jemné, bezbarvé.

10 μm



© orig. Uher B.

Pleurocapsa minor Hansgirg

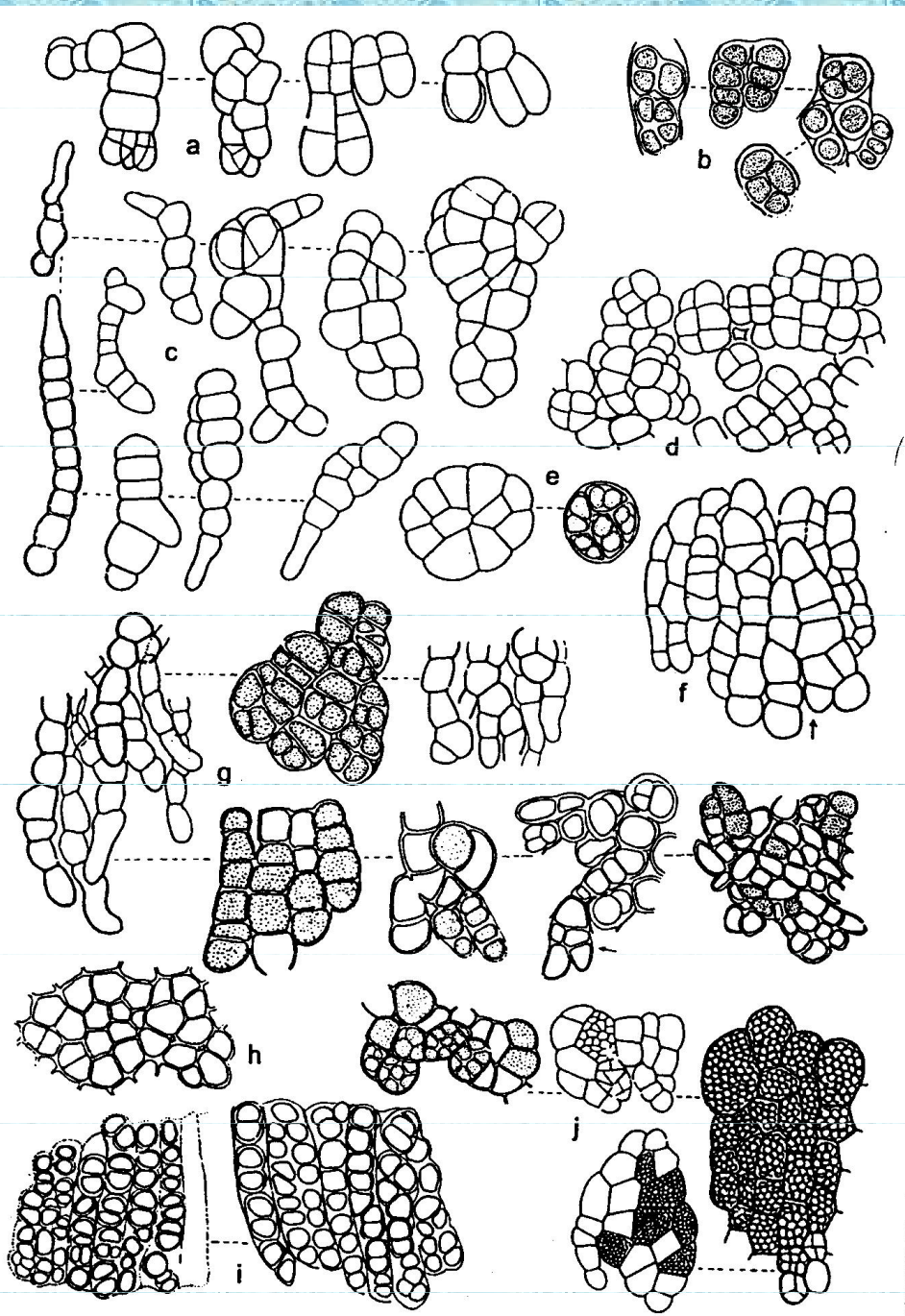
Popis:

**Mikroskopické kolonie tvořící
pseudoparenchymatické vrstvy**

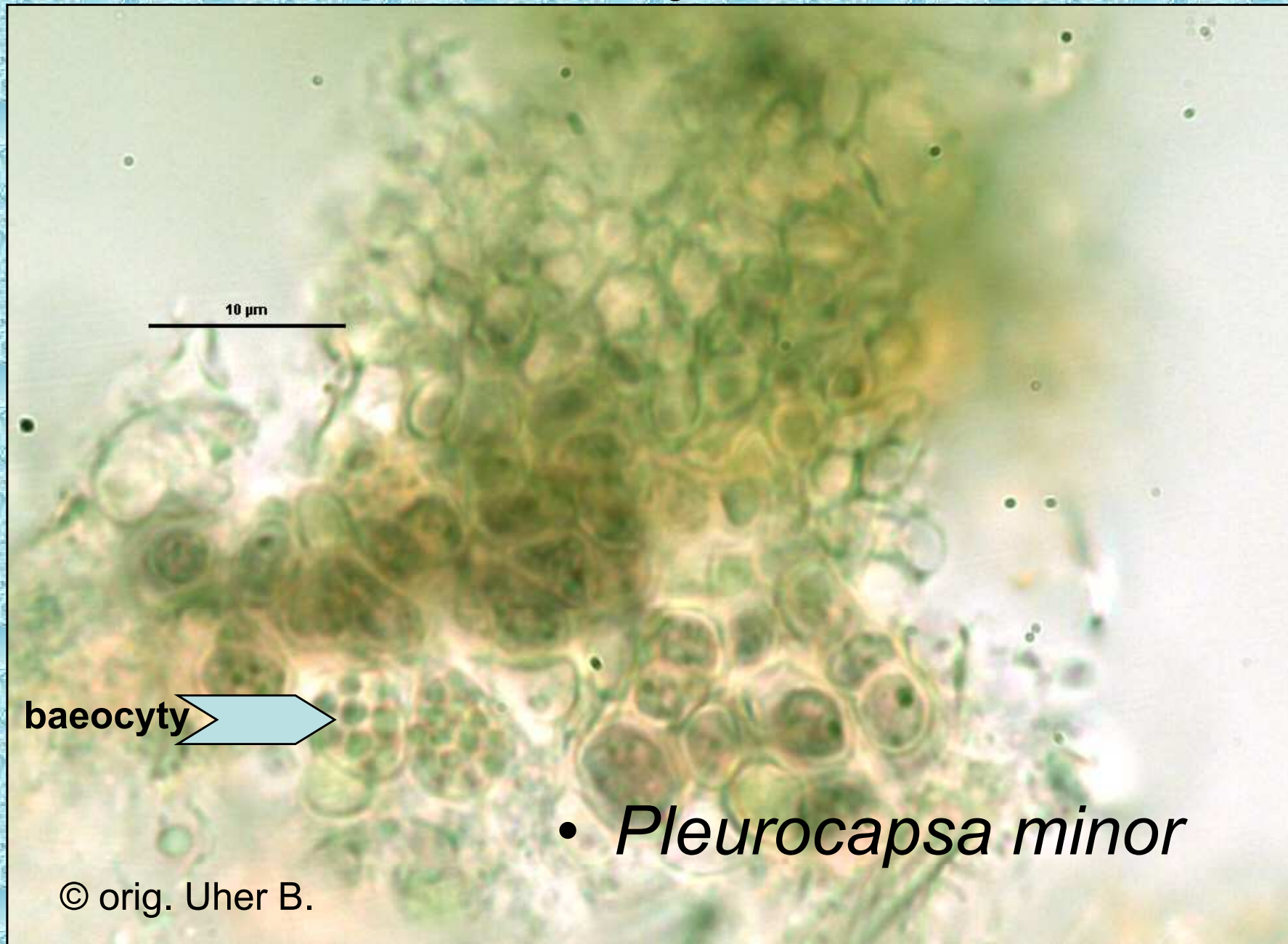
Pseudofilamenty 3–10 μm široké

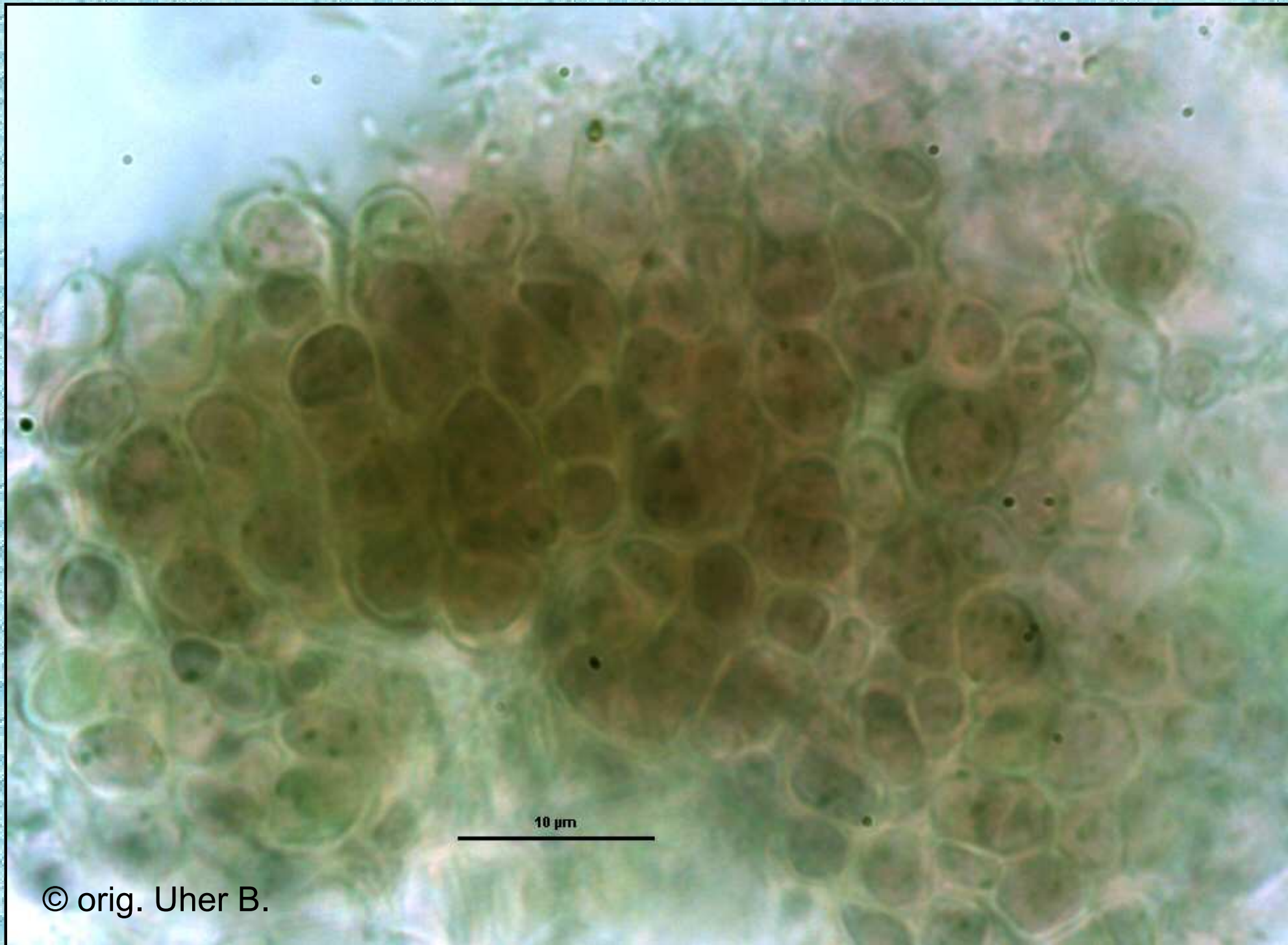
**Buňky soudkovité až polygonální, 2,5–12,5
 μm v průměru**

Pochvy tenké, bezbarvé



Pseudoparenchymatické sinice



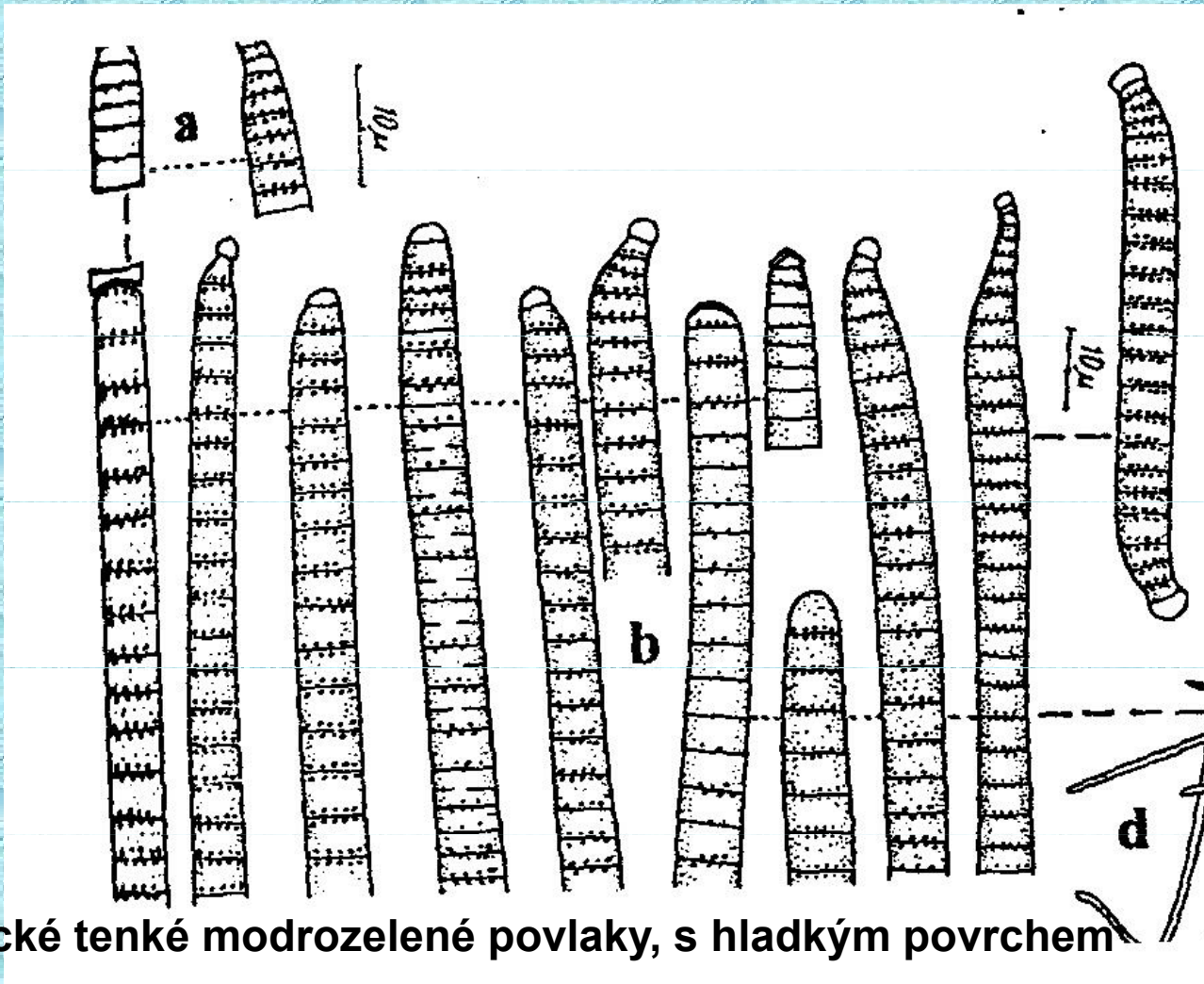


10 µm

© orig. Uher B.

Oscillatoriales

Phormidium fonticolum Kützing ex Gomont



Popis:

Makroskopické tenké modrozelené povlaky, s hladkým povrchem

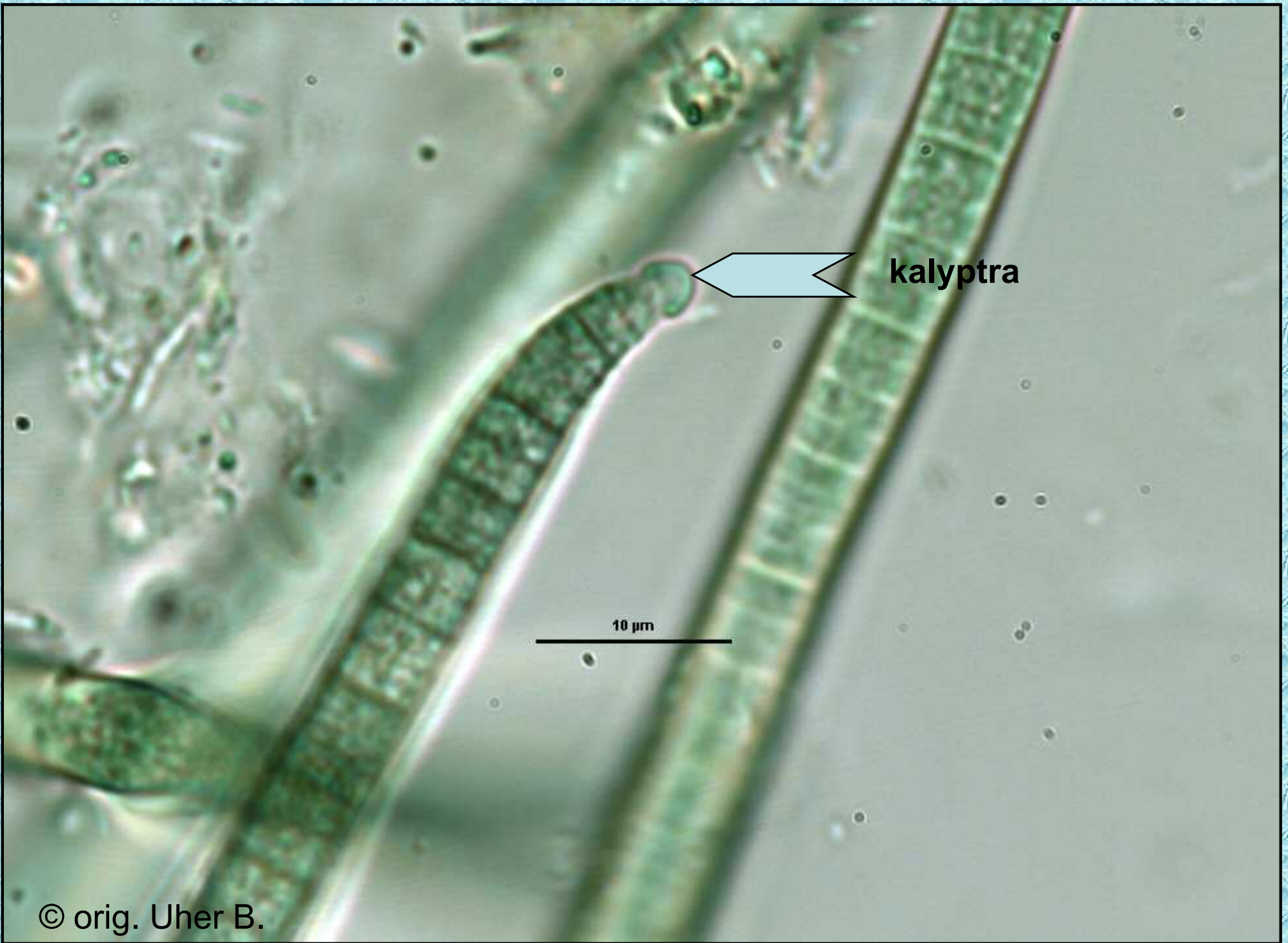
Trichomy 4,5–6,5(–7) µm široké, bez pochvy, u přepážek nezaškrcované

Buňky izodiametrické, apikální buňky užší s kalyptrou



100 µm

© orig. Uher B.



kalyptra

10 µm

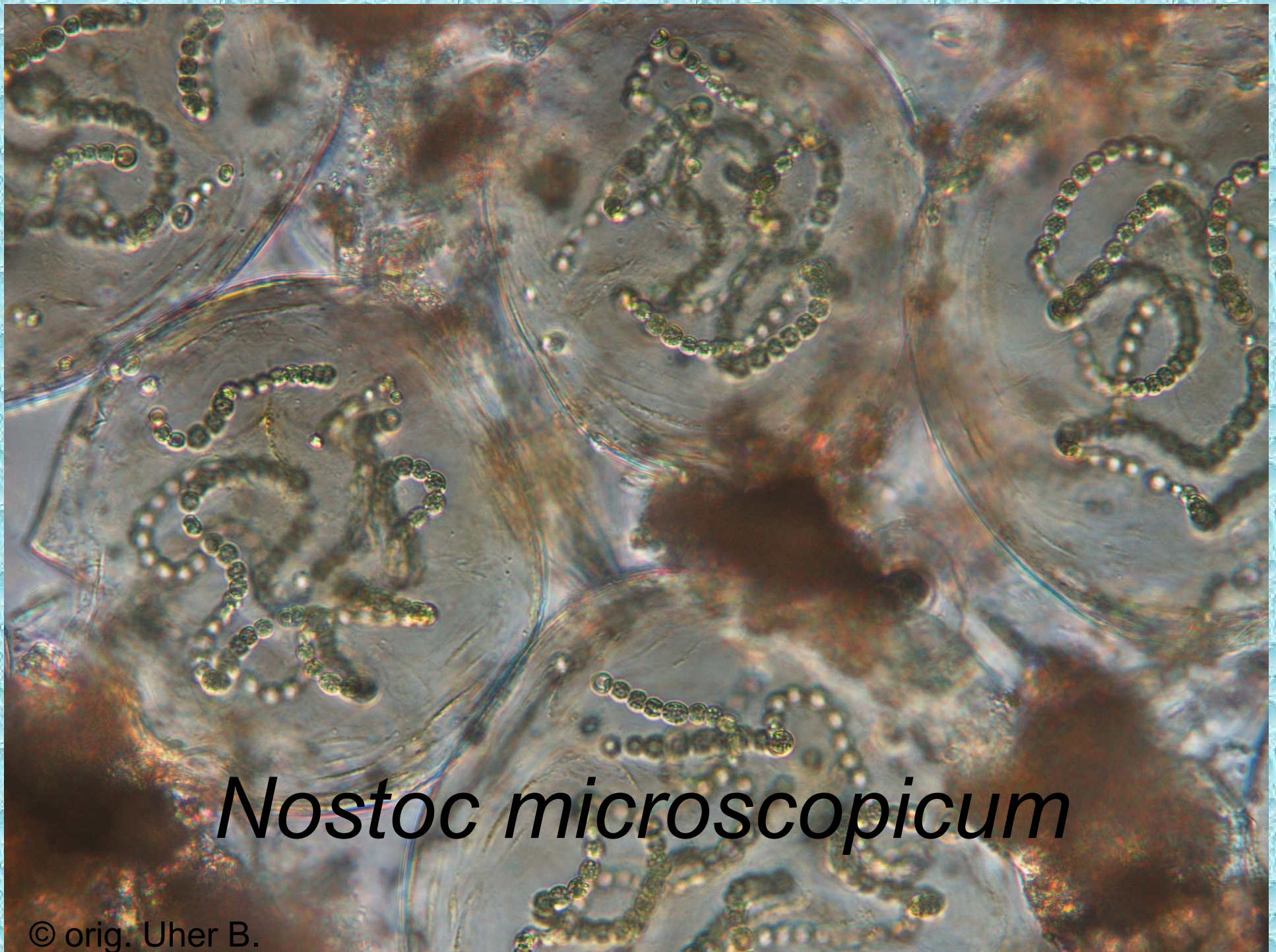
© orig. Uher B.

A light micrograph showing a single, elongated, green, segmented worm-like organism. The organism is curved and occupies the right half of the frame. It has a distinct head region at the lower left end. The body is composed of many segments, each with a darker green, textured appearance. A horizontal scale bar is located in the middle-left area of the image, with the text "10 µm" centered above it. The background is a light, slightly grainy, off-white color with some faint, out-of-focus structures.

10 µm

© orig. Uher B.

Nostocales

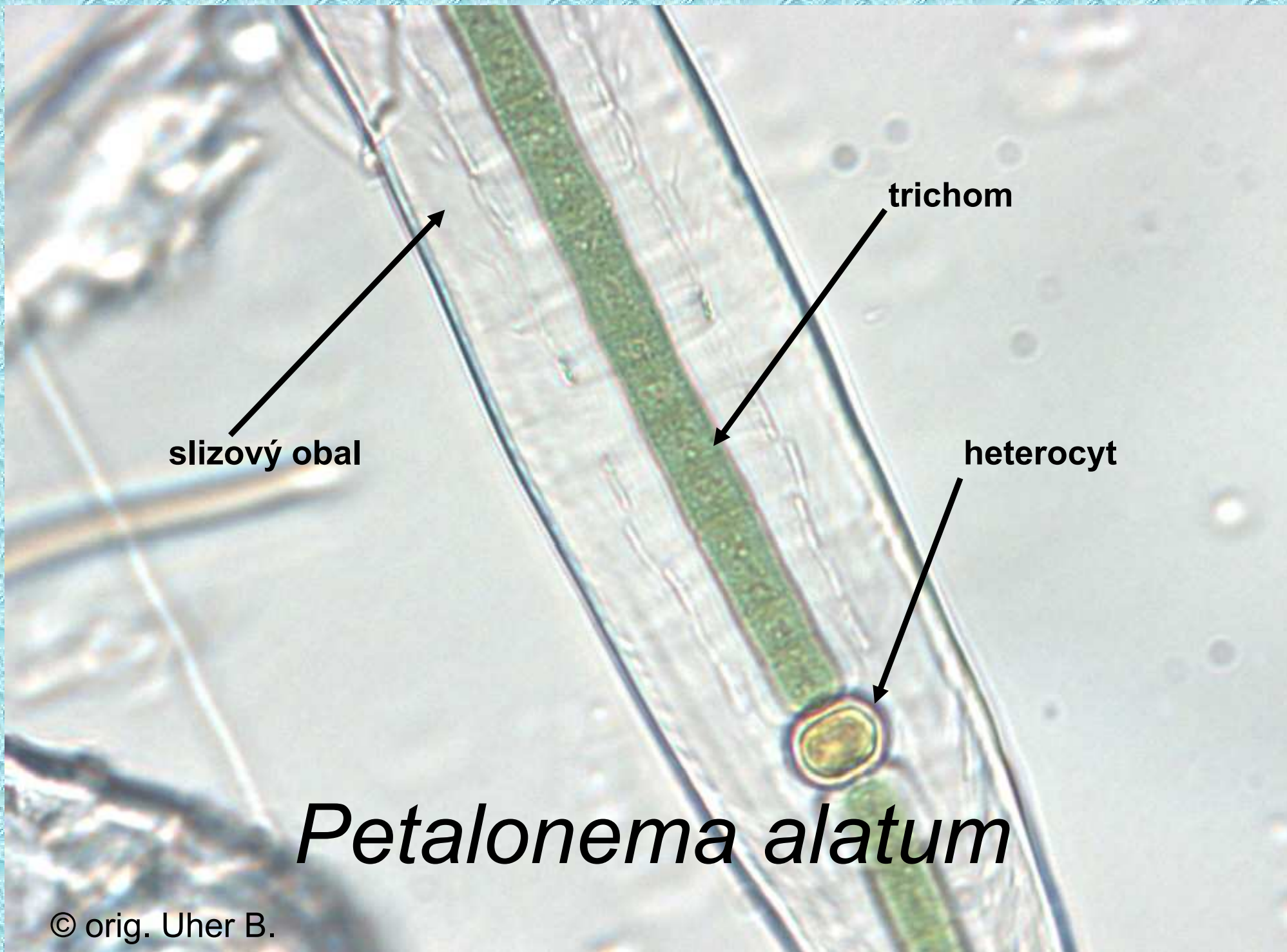


Nostoc microscopicum

© orig. Uher B.



© orig. Uher B.



slizový obal

trichom

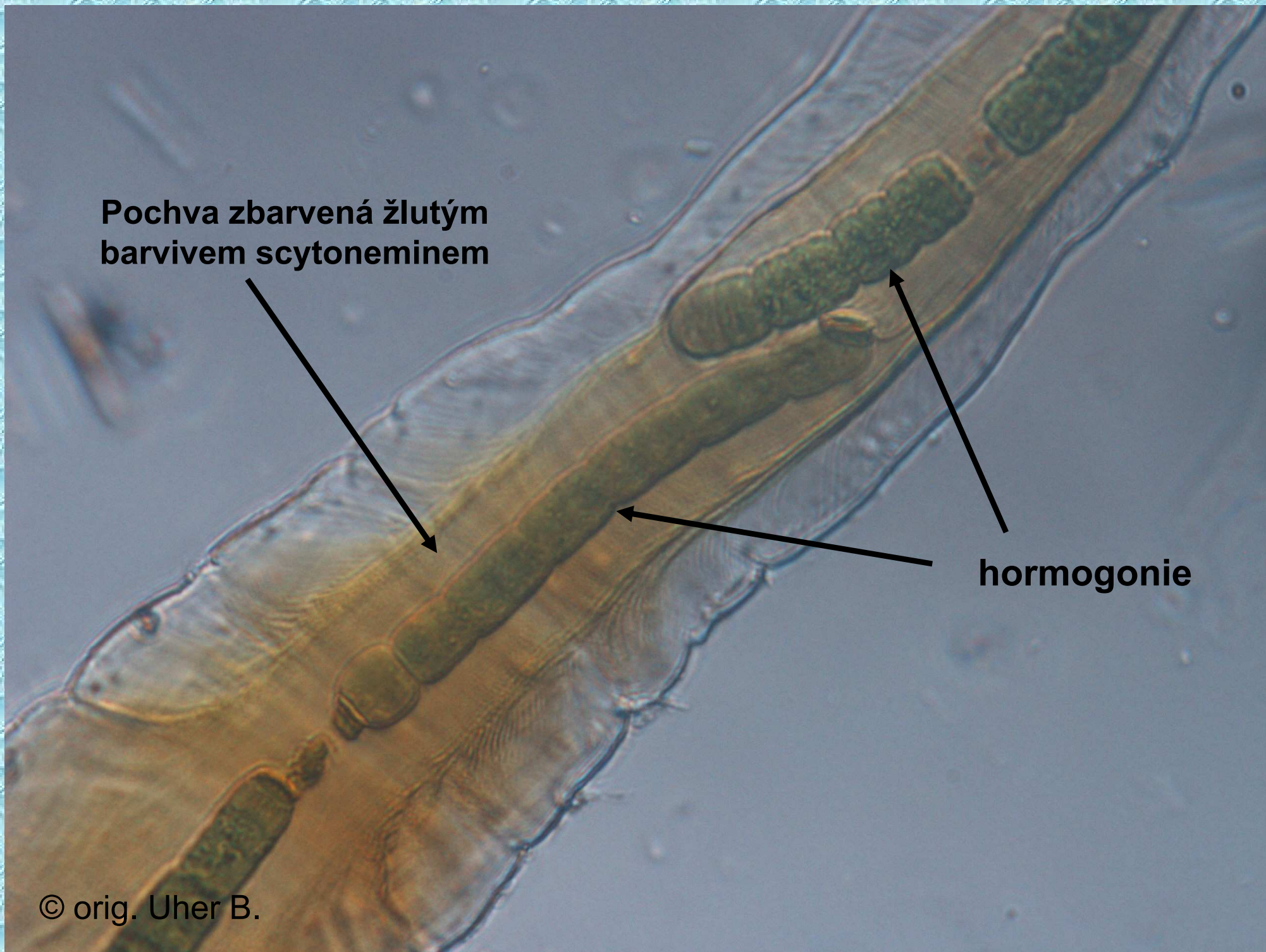
heterocyt

Petalonema alatum

© orig. Uher B.

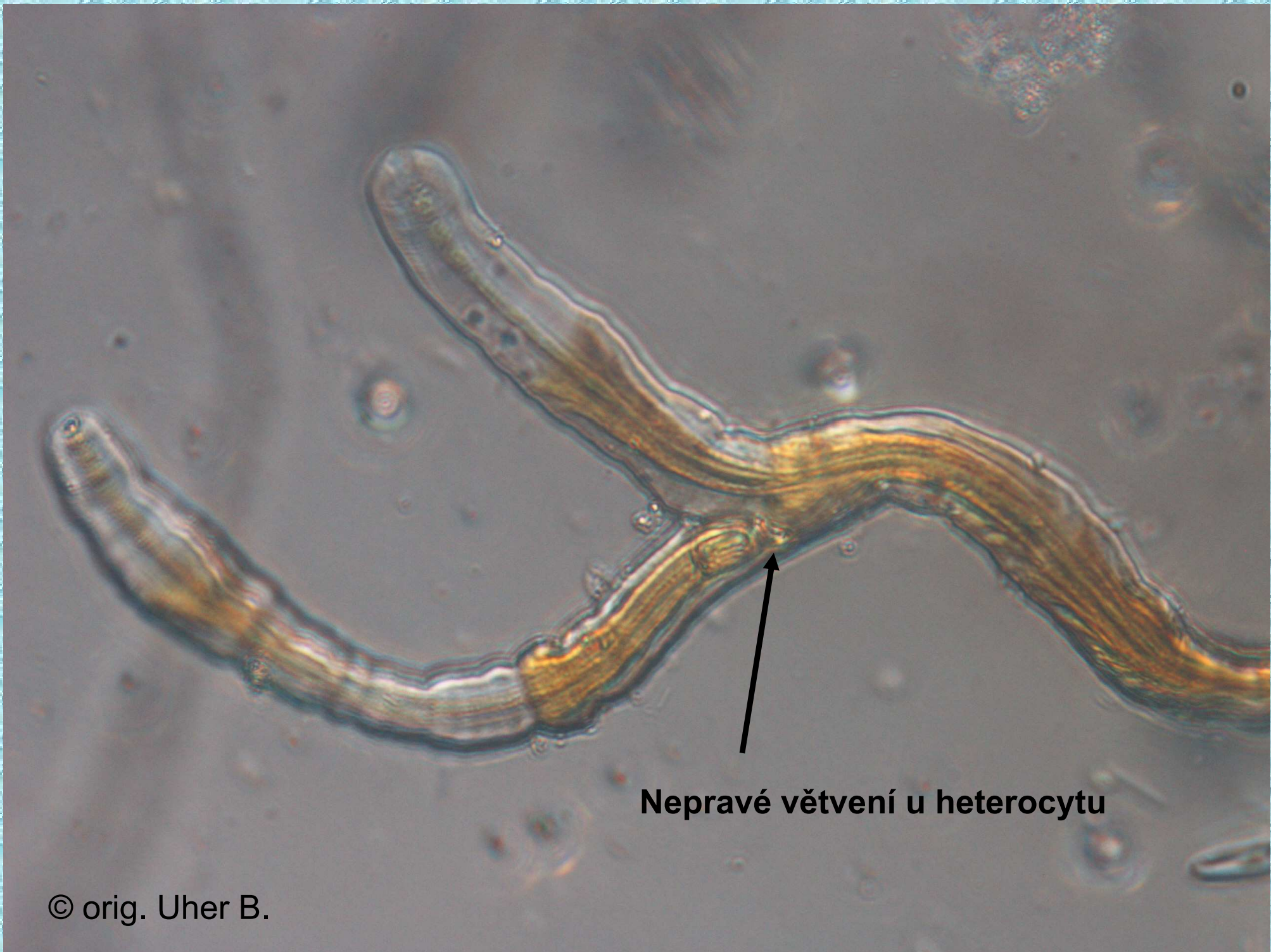
**Pochva zbarvená žlutým
barvivem scytoneminem**

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, located in the center of the filament. An arrow points from the label 'heterocyst' to this cell. The surrounding environment contains various organic particles and other microbial structures.

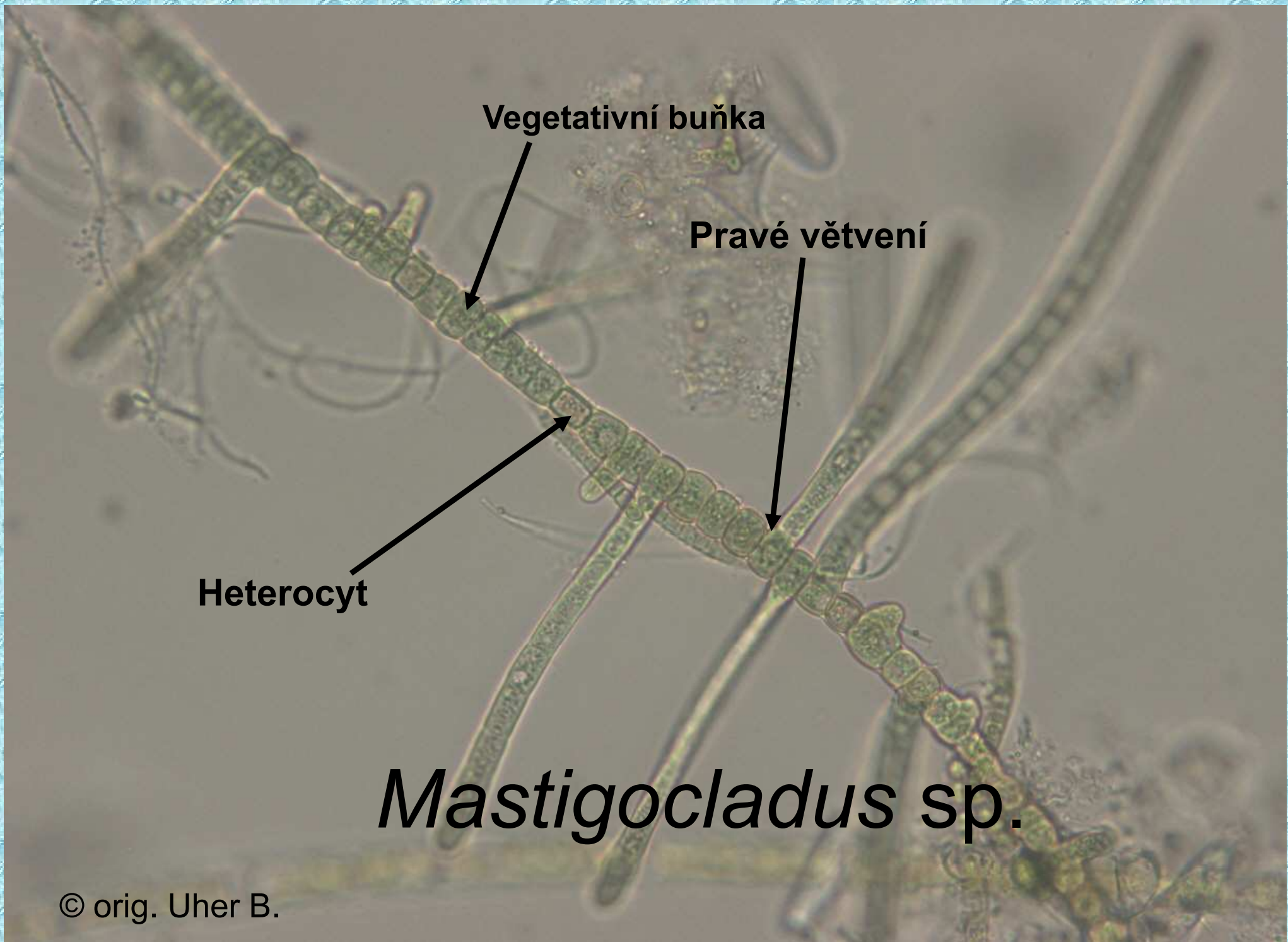
heterocyst

Scytonema myochrous

© orig. Uher B.

**Nepravé větvení u
nekridické 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



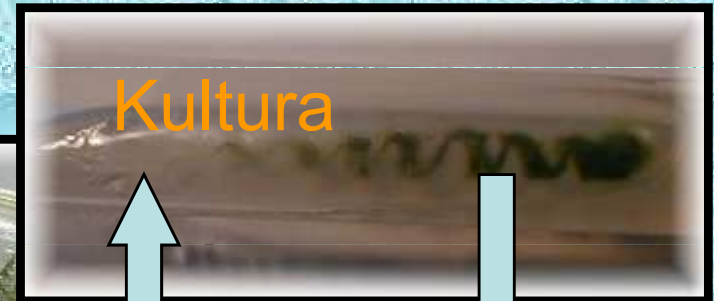
Místo odběru



Detail povrchu substrátu



Kultura



Petriho miska



Mikroskop



Nahlédnutí do fykologické laboratoře



Flowbox



Kultivace



Konzultace

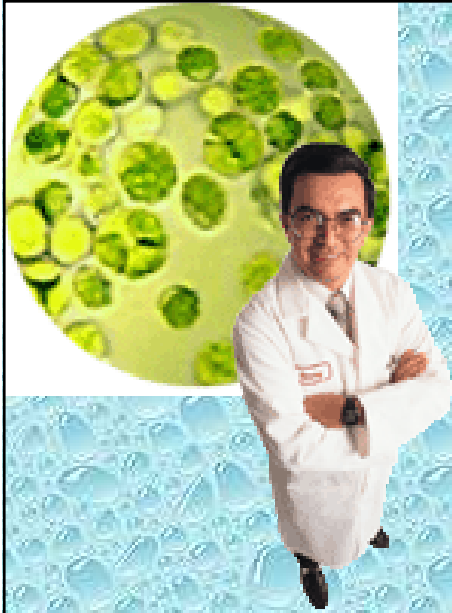


Izolace



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?

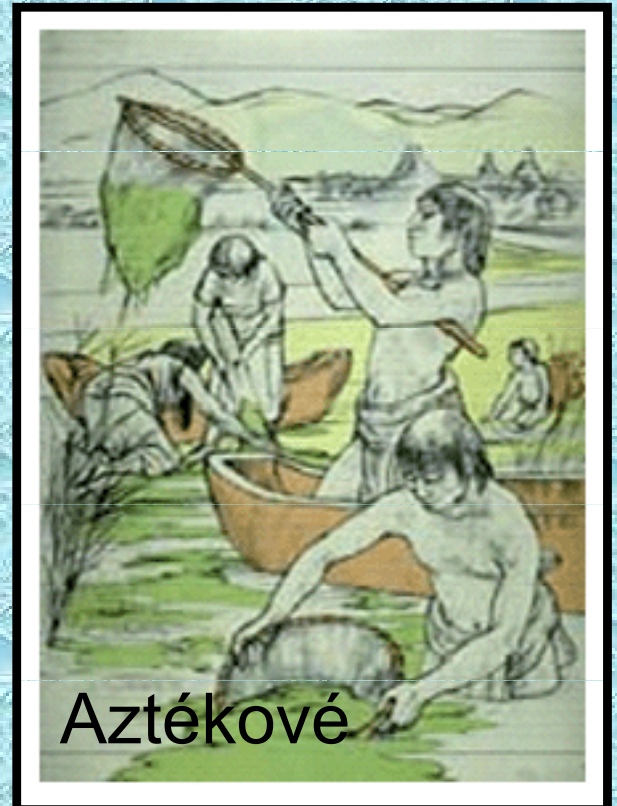
Ženy z kmenu Kanembu u jezera Čad

Afrika

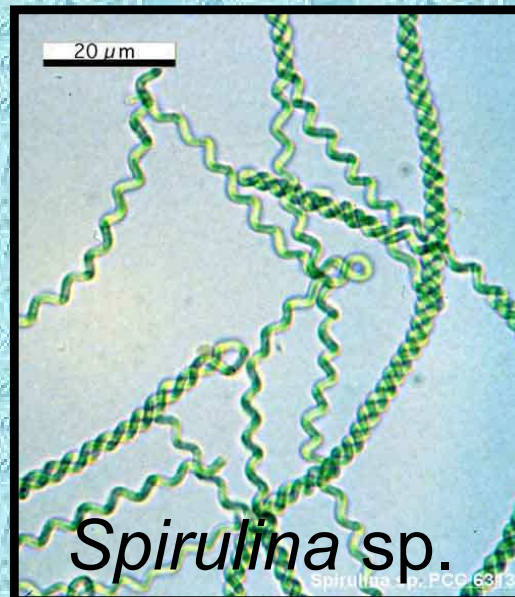


Amerika

Pěstování sinic
Zdroj obživy



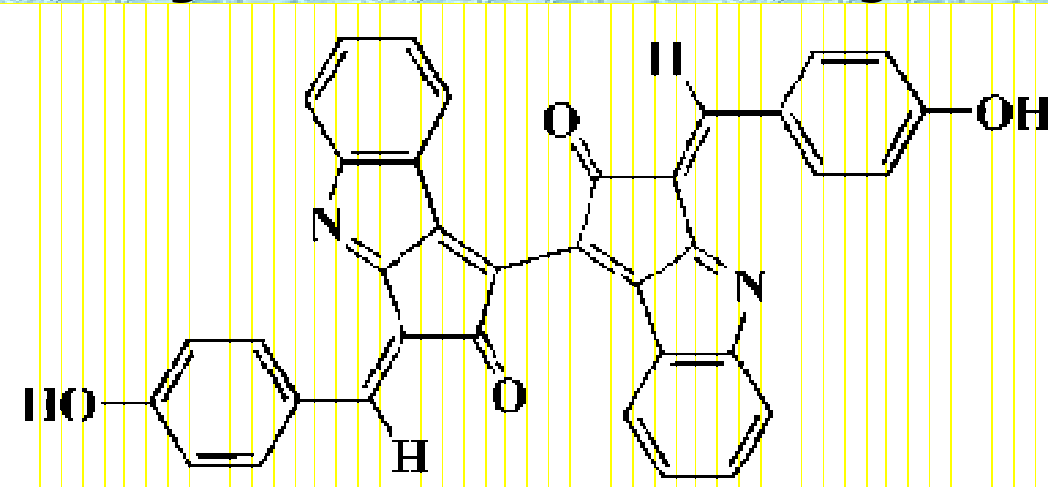
Aztékové



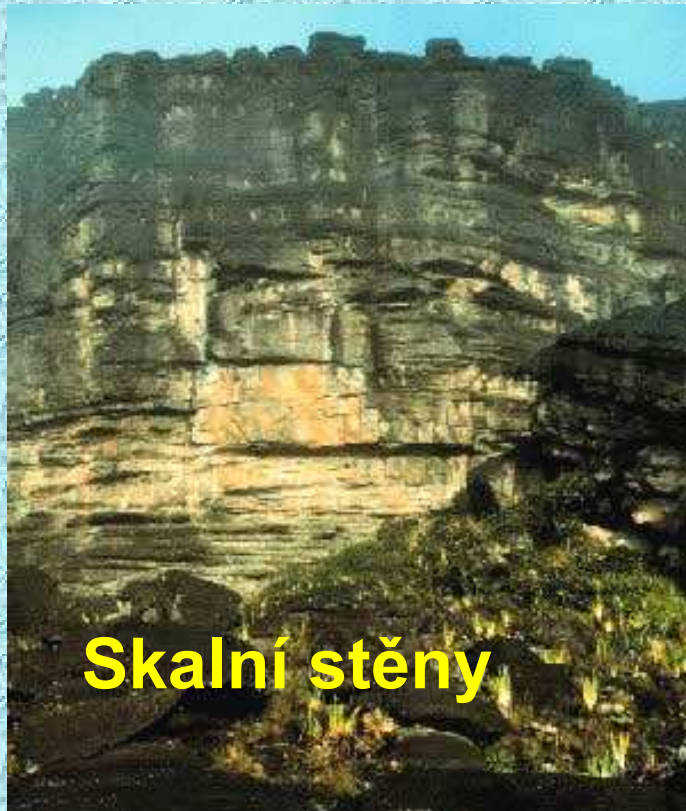
Spirulina sp.

Spirulina sp., PCC 6313

Scytonemin – zajímavá sinicová látka



Žlutá látka v obalech sinic



Skalní stěny

Aktivní UV-ochrana

Evoluční výhoda

Využití v kosmetice

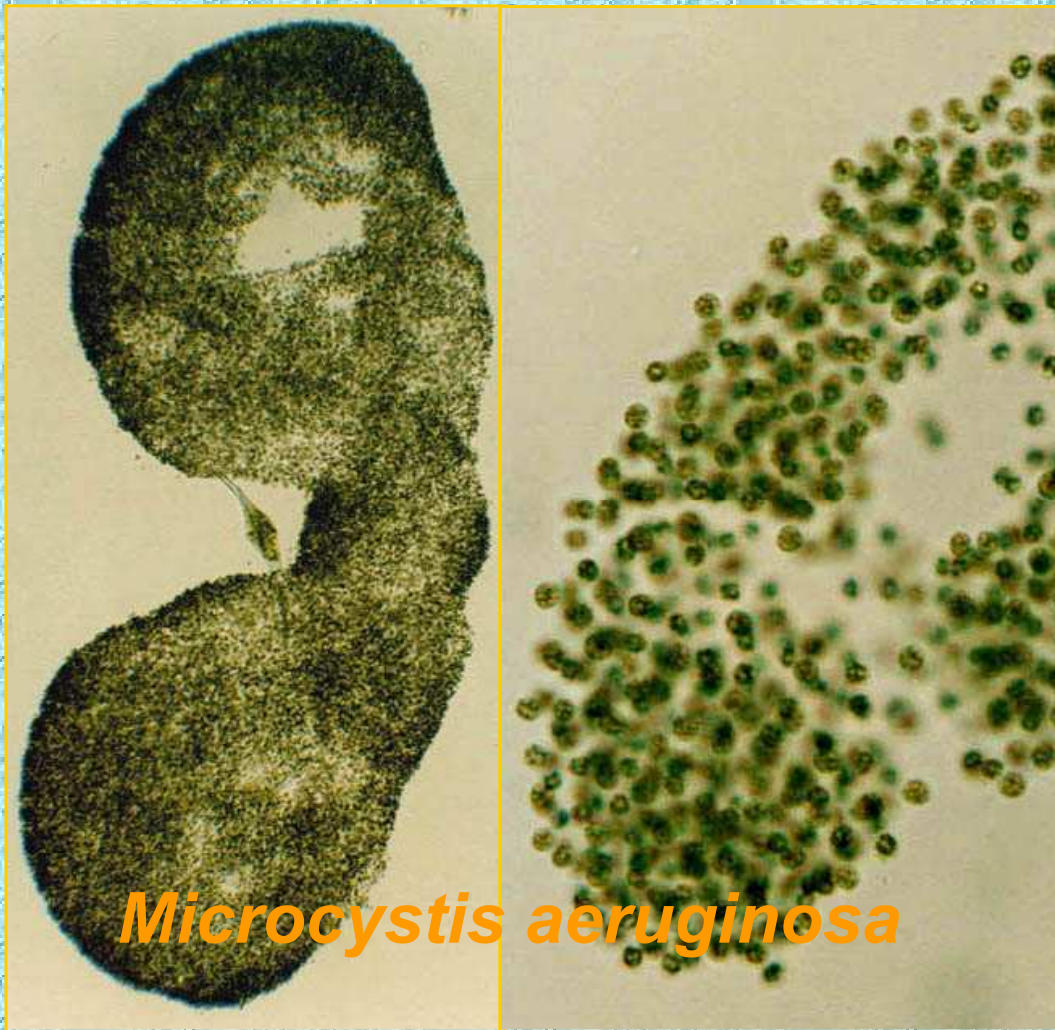


35μm

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

