

Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav botaniky a zoologie

Impérium: EUKARYA

Říše: PLANTAE

Glaucophyta, Rhodophyta, Chlorophyta

&

Charophyta

Bi1010 Systém a evoluce rostlin

- část nižší rostliny

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

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

# Říše: PLANTAE

- Převážně fotoautotrofní organismy
- Podříše **Biliphytae**:
- fykoerytrin, fykocyanin, škrob v plazmě
- Podříše **Viridiplantae**:
- Chlorofyl a,b; srostlé tylakoidy (grana, lamely)

# Přehled systému PLANTAE

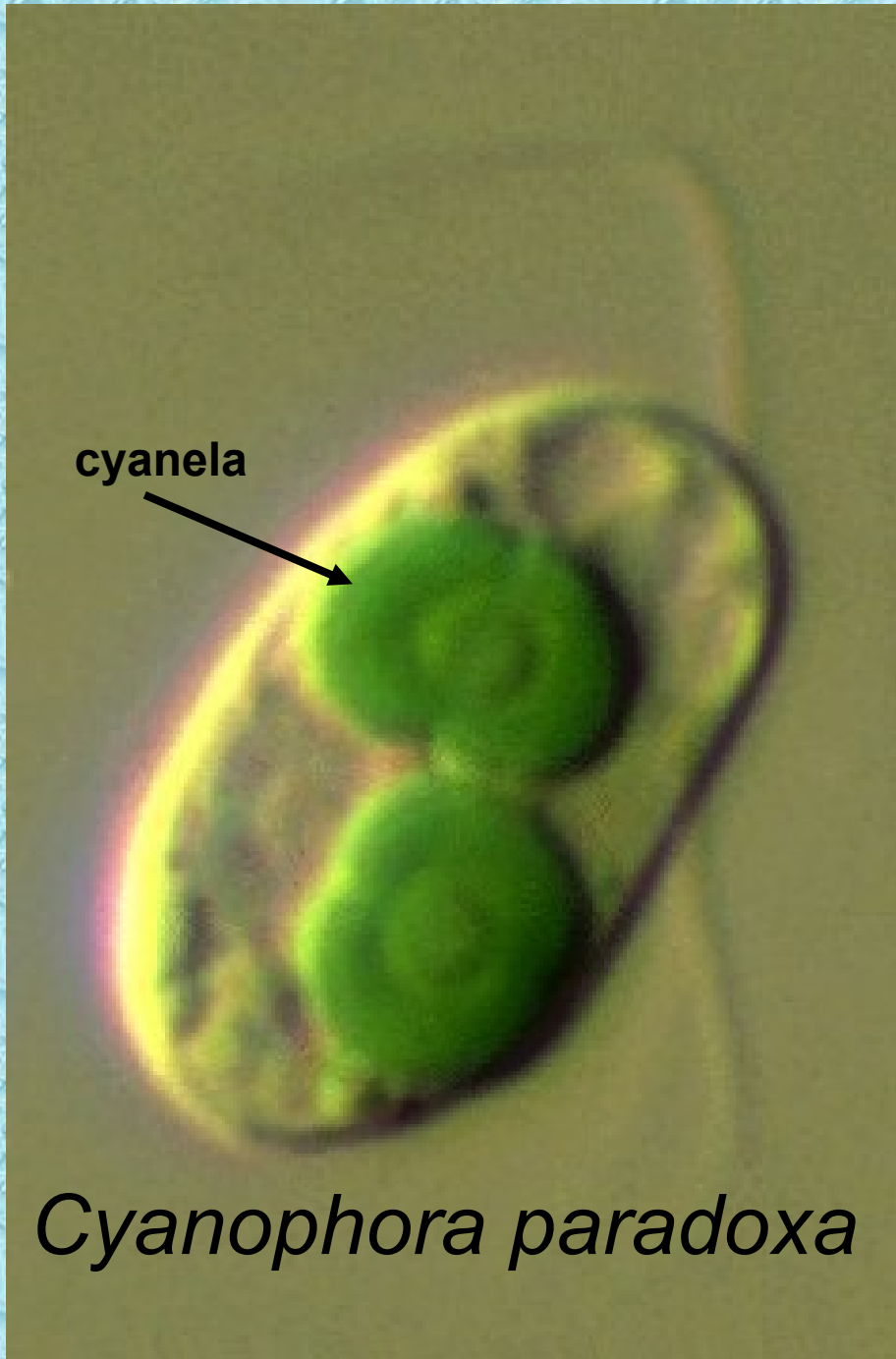
- Podříše **Biliphyta**
- Odd. Glaucophyta
- Odd. Rhodophyta
- Podříše **Viridiplantae**
- Vývojová linie Chlorophytae
- Odd. Chlorophyta
- Vývojová linie Streptophytae
- Odd. Charophyta
- Odd. Anthocerotophyta
- Odd. Marchantiophyta
- Odd. Bryophyta
- Odd. Cormophyta

# GLAUCOPHYTA

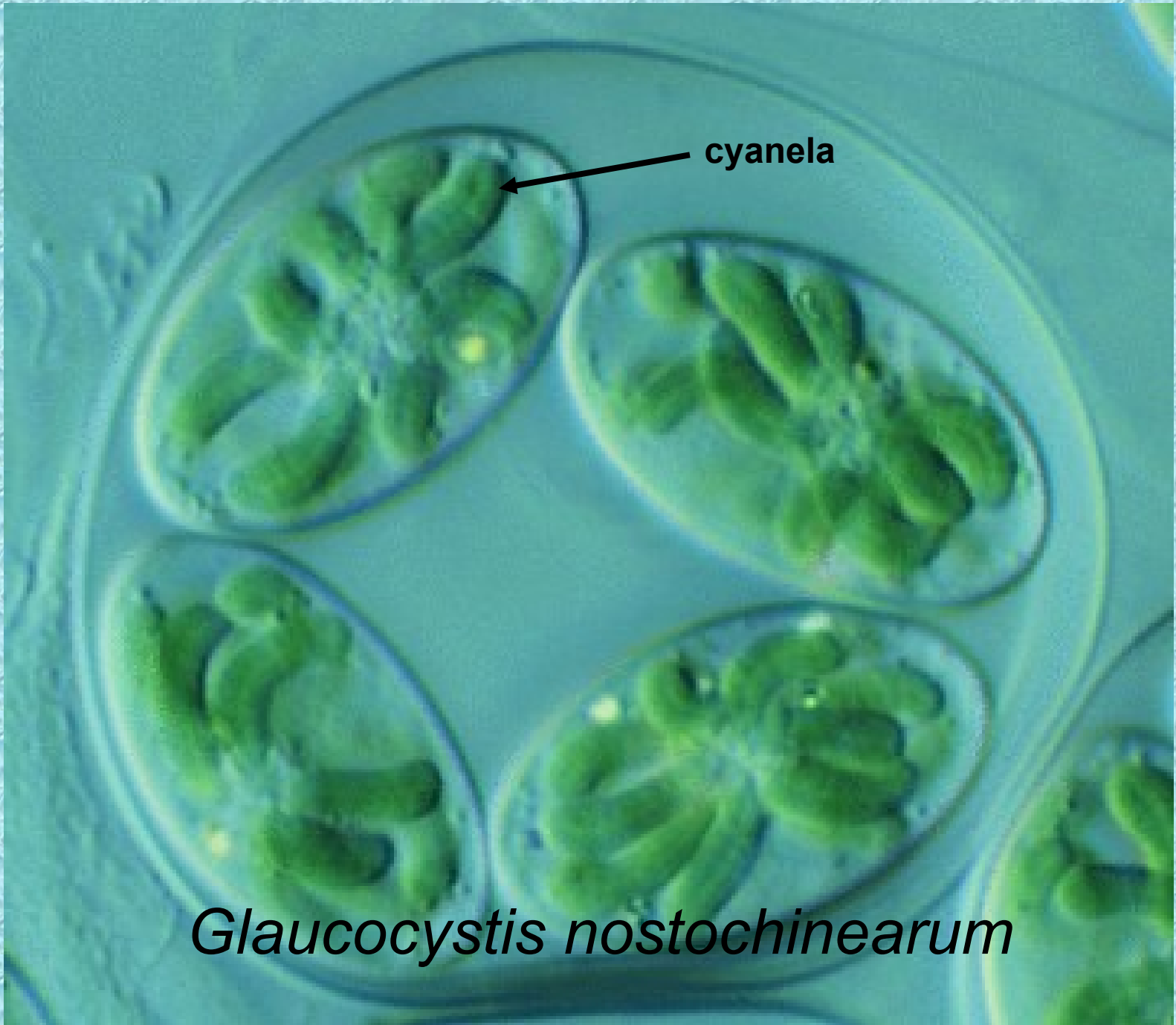
- Fotoautotrofní druhy
- Jednobuněčné organismy
- Cyanely
- Fylogenetické vztahy - sinice/cyanobakterie
- Škrob
- Monofyletický původ - srovnání SSU rDNA cyanel



cyanela



*Cyanophora paradoxa*



cyanela

*Glaucozystis nostochinearum*

# RHODOPHYTA

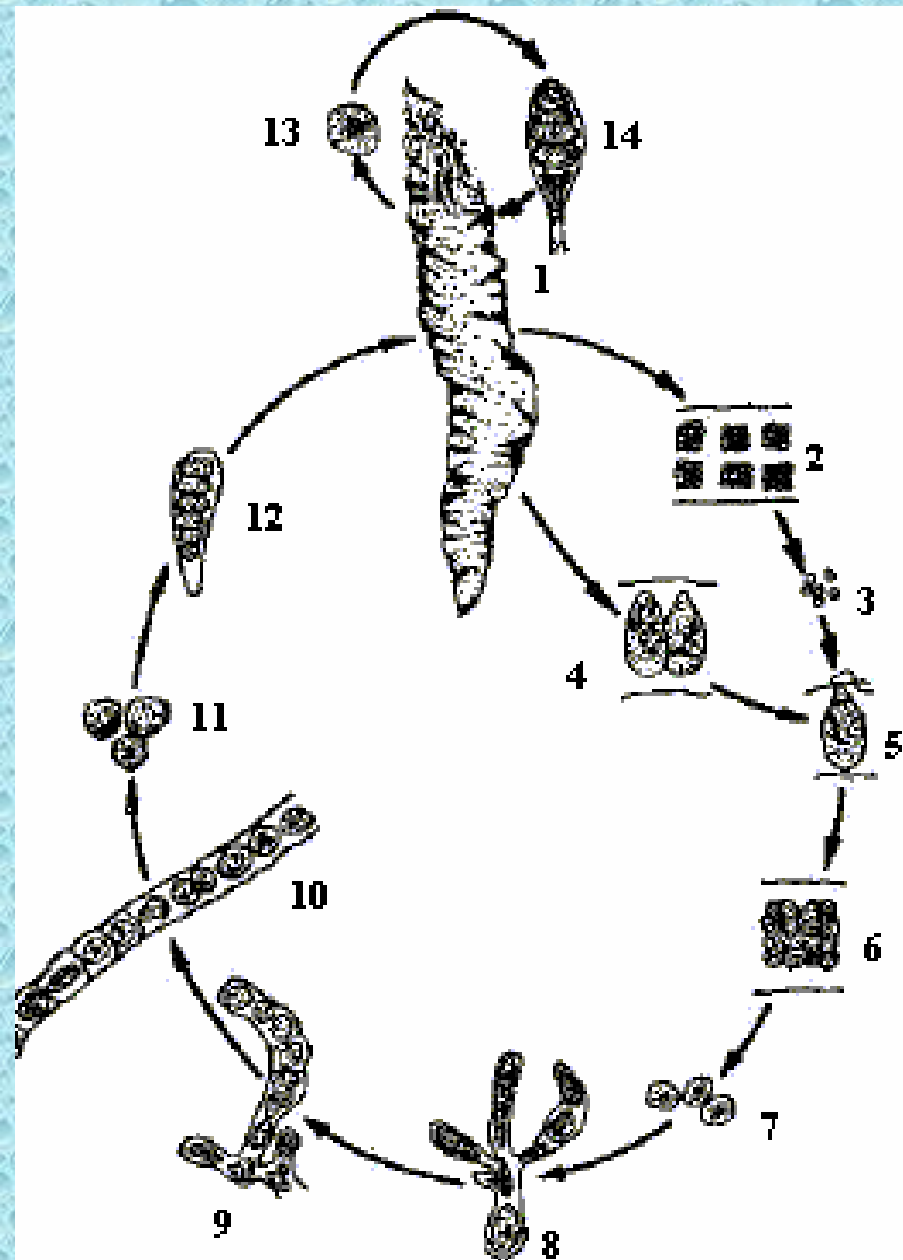
- Buněčná stěna - polygalaktany (agar, karagen), celulóza jen do 10 %
- Kalcifikace buněčné stěny
- Rhodomorfin - glykoprotein účinný při hojení poranění
- Chlorofyl a, d
- Xanthofyly, zeaxantin, violaxantin,  $\beta$ -karoten, lutein
- R-fykocyanin, r-fykoerytrin, r-allofykocyanin
- Fykobilizomy
- Škrob
- Nahý pyrenoid
- Floridozid - sacharid, osmoregulace
- Žádné bičíky a centrioly!
- Centripetální cytokineze



# RODOZMĚNA / METAGENEZE

- Rodozměna - vývojový cyklus, sporofyt, gametofyt
- **Spermatangium** - spermacie (nepohyblivé)
- **Karpogonium** - karpogon, trichogyn
- **Karposporangium** - oplodněné karpogonium, produkuje diploidní karpospory
- **Gonimoblasty** - systém vláken, které propojují karposporangia s auxiliárními buňkami, zabezpečují tak transport diploidních jader do cytoplazmy auxiliárních buněk
- **Auxiliární buňky** - velká zásoba živin
- **Tetrasporangium** - meiosporangium, tetraspory
- **Monosporangium** - nepohlavní mitospory
- **Cystokarp** - kulovitý shluk karpospor obklopený sterilními vlákny



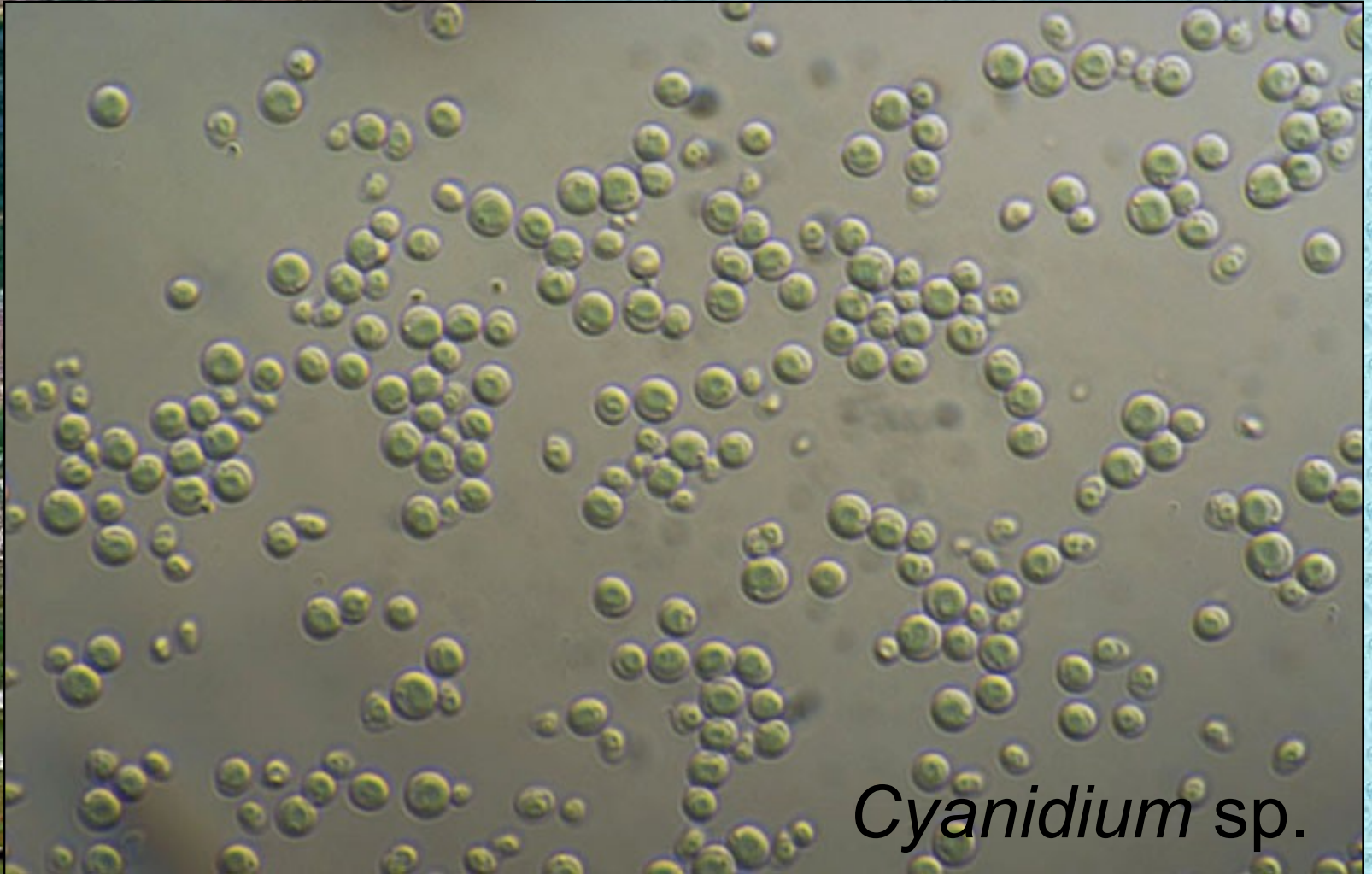


- 1 - gametofyt (n)
- 2 - spermatangium (n)
- 3 - spermacie (n)
- 4 - karpogonium (n)
- 5 - oplodněná vaječná buňka (2n)
- 6 - karposporangium (2n)
- 7 - karpospora (2n)
- 8 - vláknitý sporofyt (2n)
- 9 - meiosporangium (R!)
- 10 - tvorba tetraspor (n)
- 11 - tetraspora (meiospora) (n)
- 12, 14 - mladý gametofyt (n)
- 13 - monospora (n)

*Porphyra yezoensis*

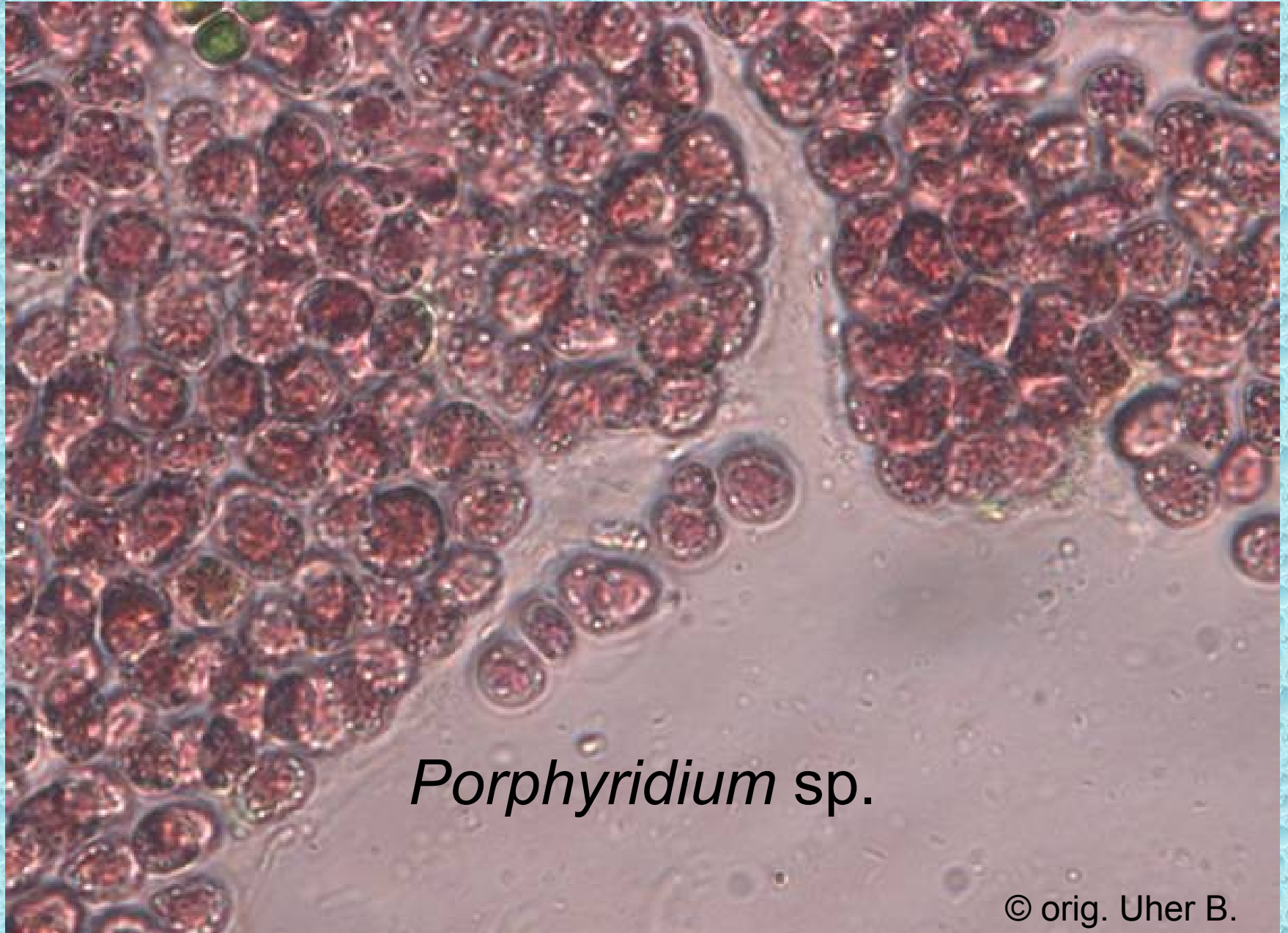
TERMÁLNÍ VODY (56 °C)

Odd.: Rhodophyta  
Třída: Cyanidiophyceae  
Řád: Cyanidiales



*Cyanidium* sp.

Odd.: Rhodophyta Třída: Bangiophyceae Řád: Bangiales



*Porphyridium* sp.



Odd.: Rhodophyta Třída: Florideophycidae Řád: Batrachospermales



*Batrachospermum* sp.

500 μm

© orig. Uher B.



Odd.: Rhodophyta Třída: Florideophycidae Řád: Gigartinales



Odd.: Rhodophyta Třída: Florideophycidae Řád: Ceramiales



# Využití ruduch

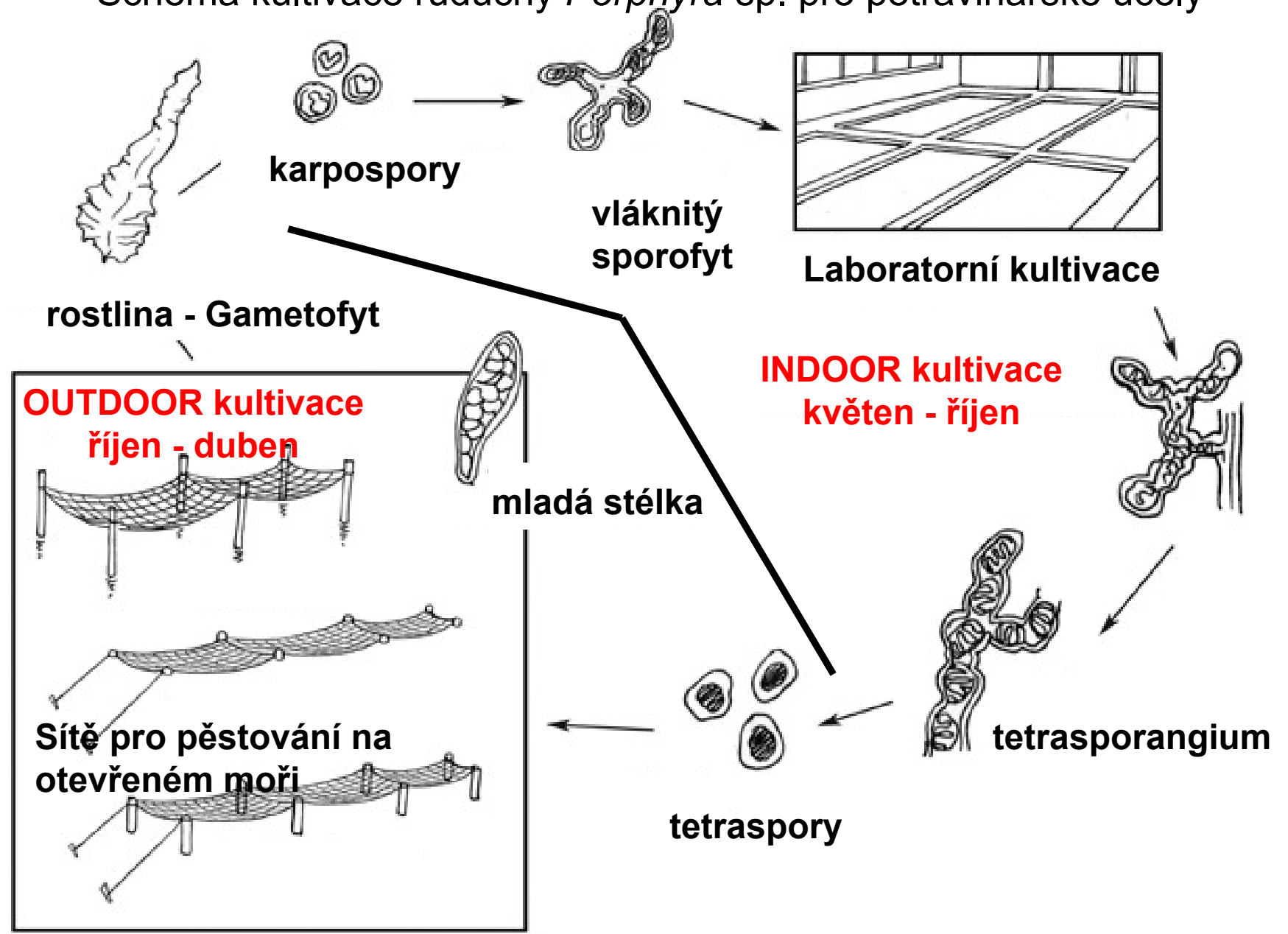
- Potravinový doplněk - *Porphyra*
- Farmacie
- Technologické využití
- Fykokoloidy - agar, karagen
- Agar (90 °C - čirý 1,5 % roztok, 35 °C - pevný gel) - *Gelidiella*, *Gelidiopsis*, *Gelidium*, *Gracilaria* aj.
- Karagen (nevytváří pevný gel) - *Chondrus*, *Gigartina*, *Hypnea*, *Iridea* aj.

# Země s největší produkcí ruduch pro potravinářské účely na světě





# Schéma kultivace ruduchy *Porphyra* sp. pro potravinářské účely



# Akvakultura na sítích - sběr



# Akvakultura na sítích - ruční sběr



# Sushi

na přípravu pokrmu se využívají stélky ruduchy *Porphyra*





# Podříše: VIRIDIPLANTAE

- 1,5 mld. let staré (molekulární hodiny)
- Suchozemské rostliny - 700 mil. let
- Monofyletický původ (sekvence aminokyselin aktinu, enzymu Rubisko a nukleotidů 18S rDNA)
- 2 sesterské vývojové linie
- Chlorophytae - odd. Chlorophyta
- Streptophytae - odd. Charophyta, Bryophyta, Cormophyta

# CHLOROPHYTA

- Fykoplast v mitóze
- Slepá vývojová linie
- Všechny typy stélek (téměř)
- Chlorofyly a, b
- $\beta$ -karoten
- Lutein, zeaxantin, violaxantin, anteraxantin, neoxantin
- Pyrenoid
- Stigma v chloroplastu
- Grana nebyla pozorována
- Bičíkový aparát 9+2
- Tubulin
- Dynein (kontraktilní)
- Kinetozom
- Rhizoplast
- Mikrotubulární kořeny
- DO-orientace (12/6)
- CCW-orientace (11/5)
- CW-orientace (1/7)

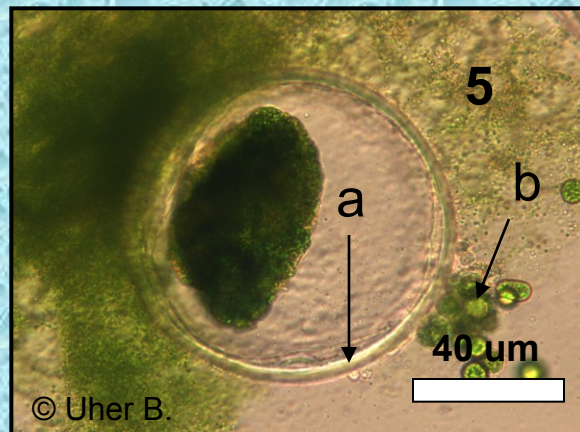
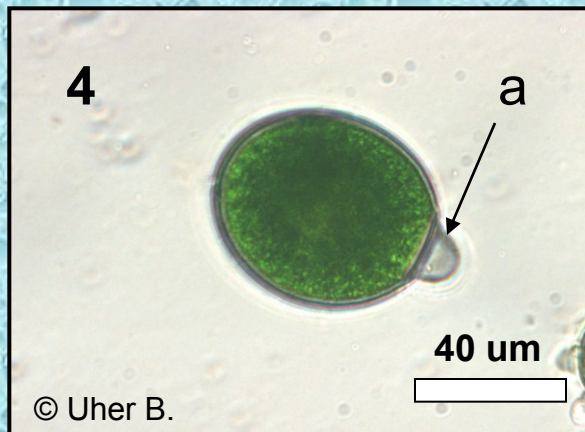
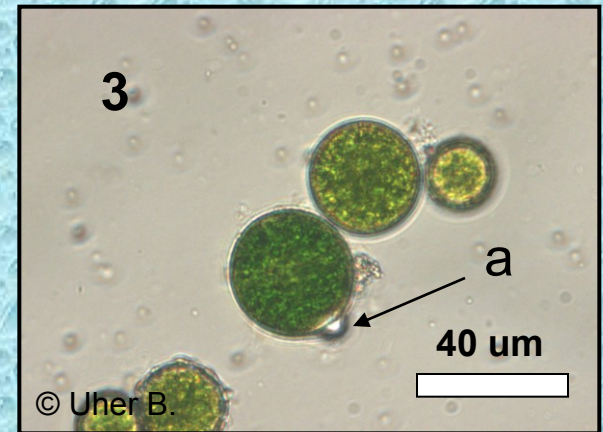
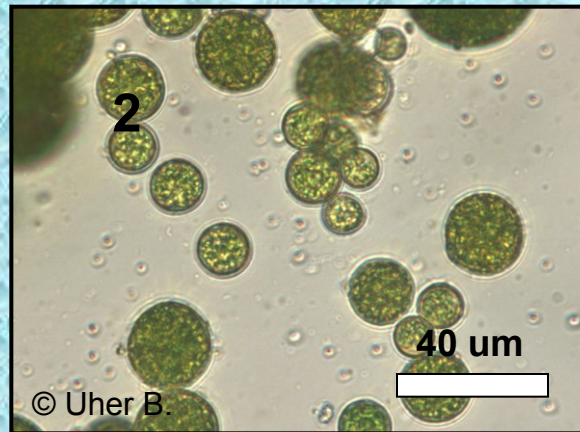
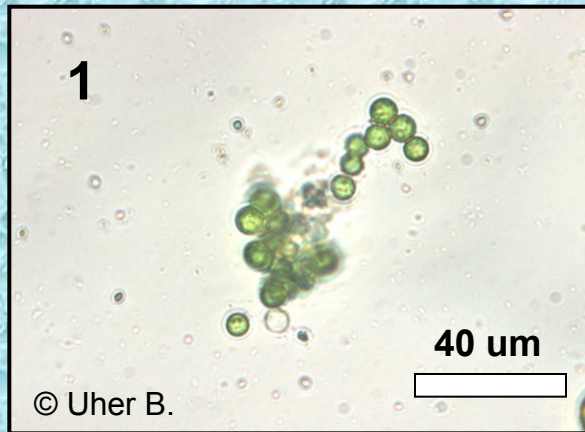
# Rozmnožování

- VEGETATIVNÍ
- Mitospory
- Zoospory
- Aplanospory
- Hemiaplanospory
- Autospory
- Fragmentace stélky
- GENERATIVNÍ
- Meiospory
- Gamety
- $mt^+$  a  $mt^-$
- Monocické stélky
- Diccické stélky
- Izogamie (hologamie)
- Anizogamie
- Oogamie



# UKÁZKA VÝVOJOVÉHO CYKLU - ONTOGENEZE

Odd.: Chlorophyta Třída: Chlorophyceae Řád: Chlorococcales



Obr. 1-6. *Kentrosphaera gibberosa* var. *gibberosa*: Obr. 1. Autospory s nástěnným chloroplastem; Obr. 2. Mladé vegetativní buňky s nástěnným a centrálním chloroplastem; Obr. 3. Dospělé vegetativní buňky s centrálním chloroplastem, a buněčná stěna s výčnělkem; Obr. 4. Oválné dospělé vegetativní buňky, a výčnělek; Obr. 5. Prázdné autosporangium, a autosporangiální stěna, b autospory; Obr. 6. Stará vegetativní buňka.



# Kentrosphaera gibberosa

## Vývojová stadia

**a-k** mladé buňky s nástěnným chloroplastem

**l-p** dospělé buňky s centrálním chloroplastem

**q-r** buňky s výčnělkem buněčné stěny

**s, w** zoosporangia

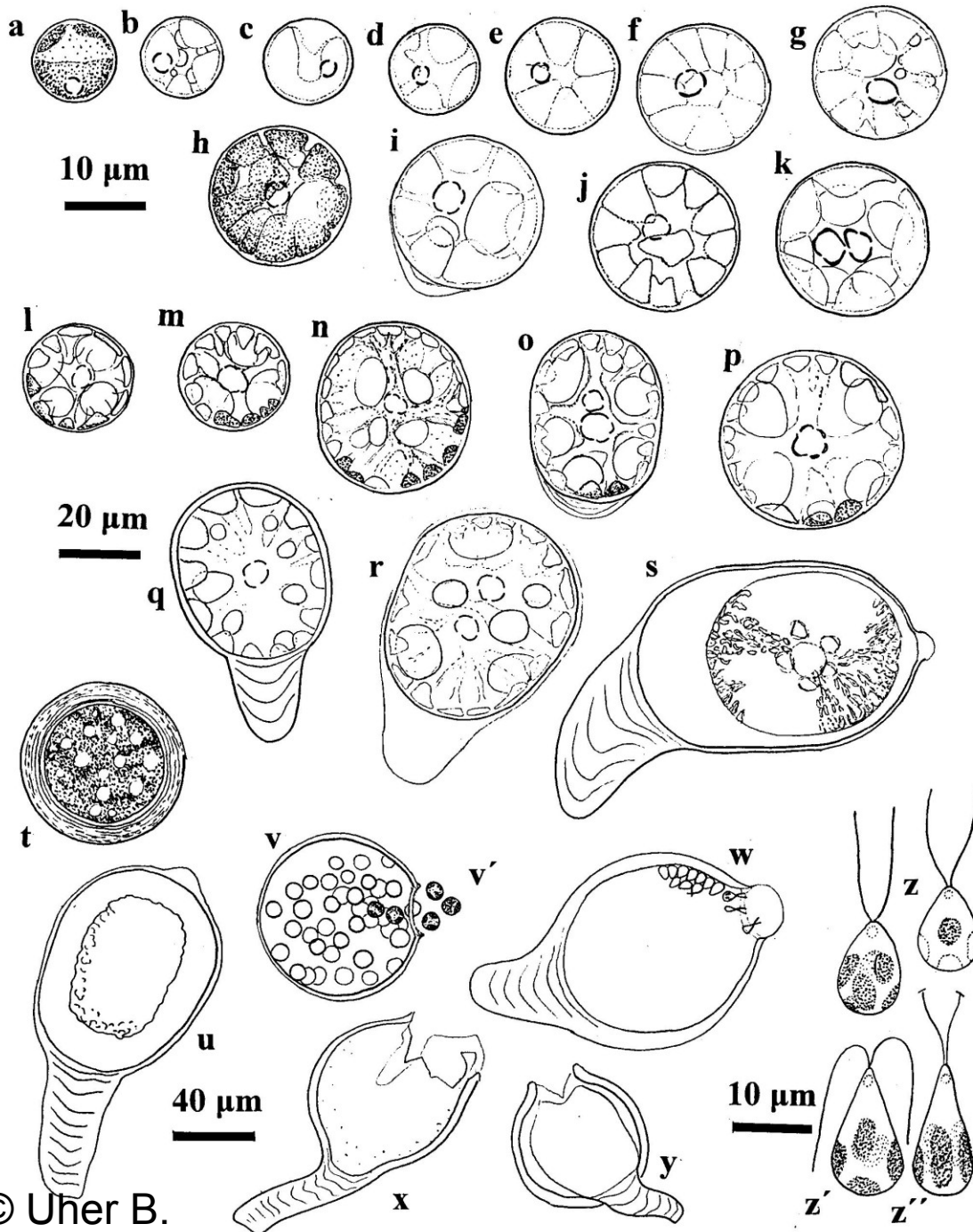
**u** - stará buňka

**v** - autosporangium

**v'** - autospory

**x, y** - prázdná sporangia

**z-z''** - zoospory



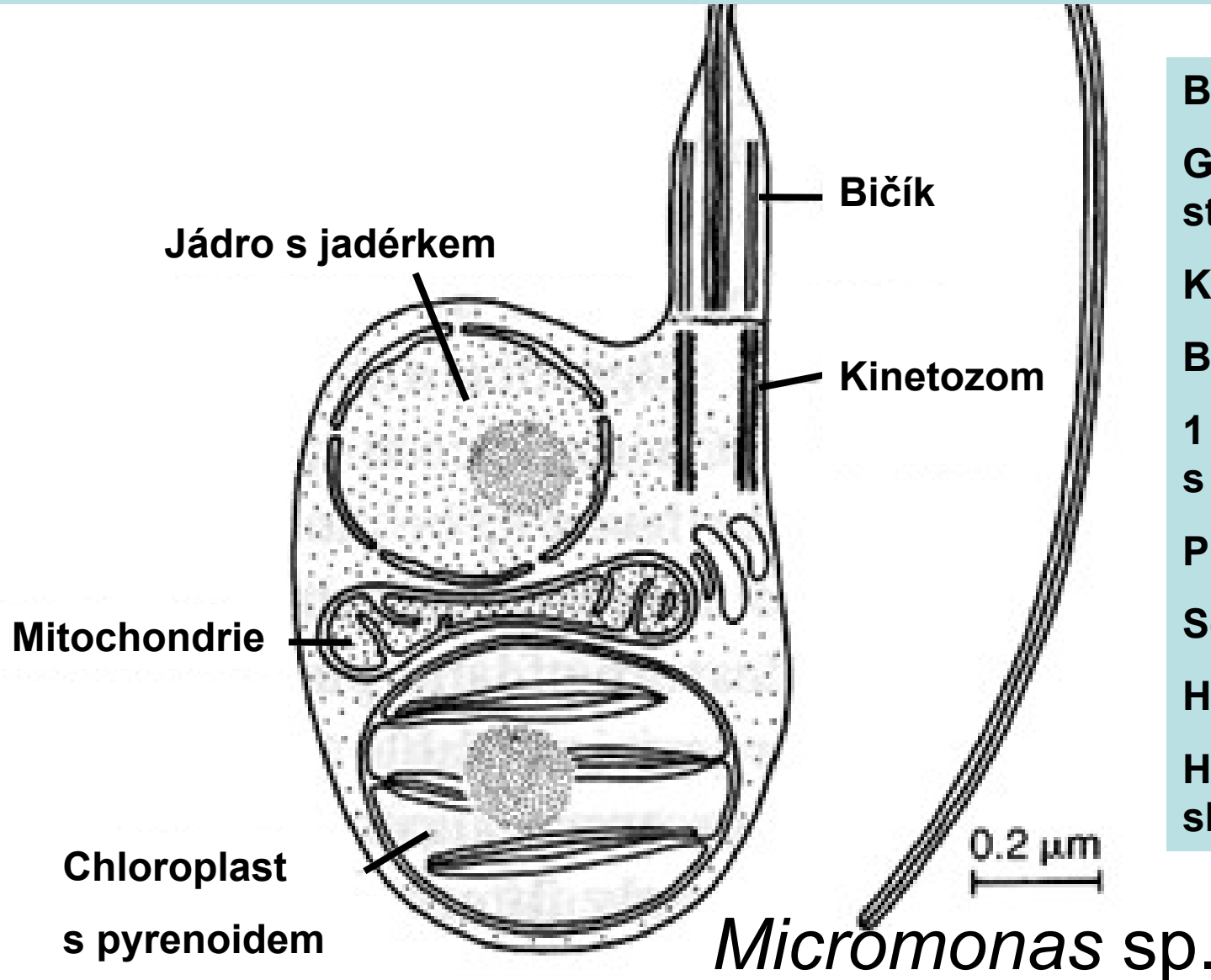
# Přehled systému CHLOROPHYTA

třídy:

- **Prasinophyceae**
- **Ulvophyceae**
- **Cladophorophyceae**
- **Bryopsidophyceae**
- **Dasycladophyceae**
- **Trentepohliophyceae**
- **Trebouxiophyceae**
- **Chlorophyceae**

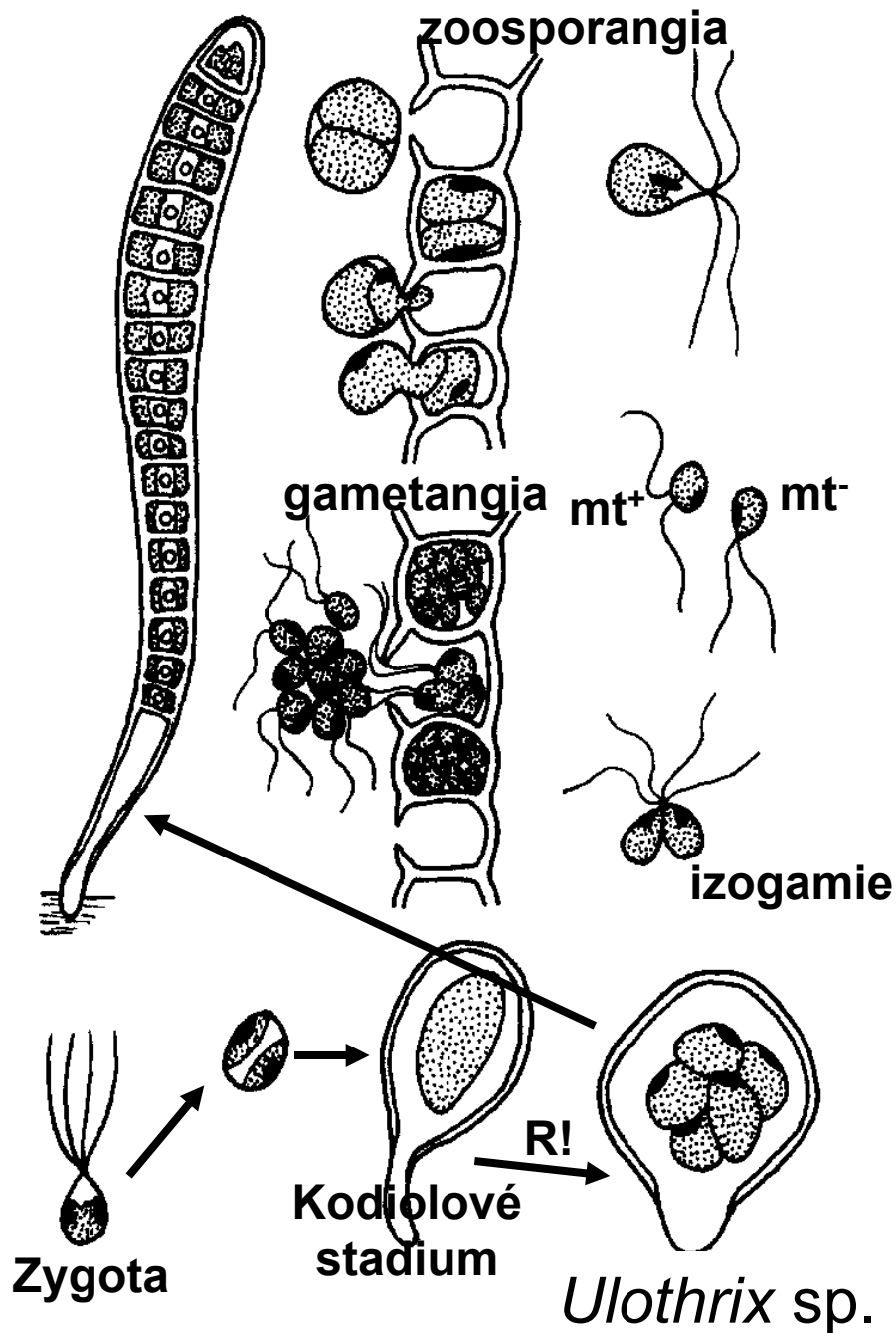


Odd.: Chlorophyta  
Třída: PRASINOPHYCEAE Řád: Mamiellales

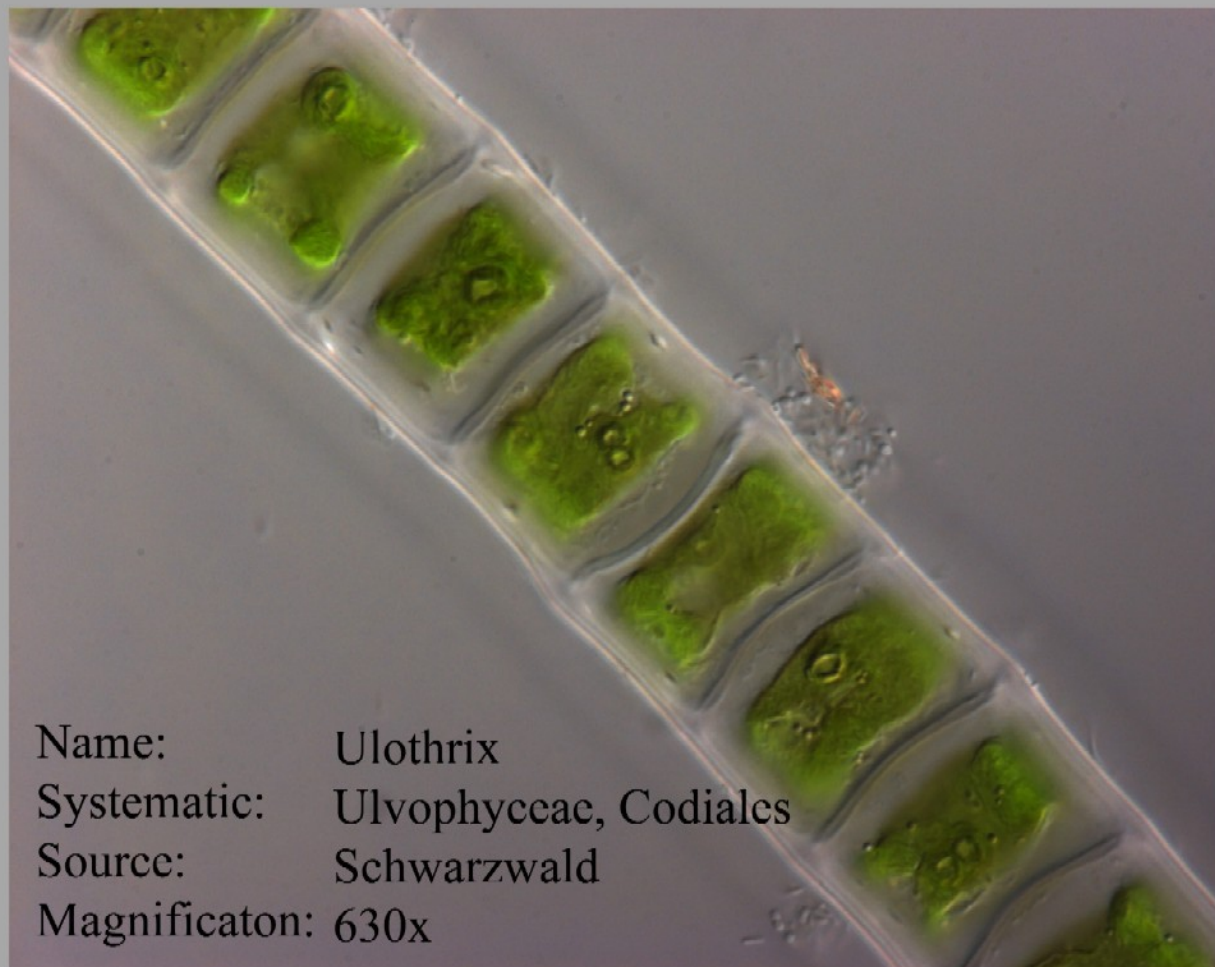


Bičíkovci  
Gloeomorfní stélka  
Kokální stélka  
Bičíky 1-2-8  
1 chloroplast s pyrenoidem  
Prasinoxantin  
Schizotomie  
Hologamie  
Heterogenní skupina

Odd.: Chlorophyta  
Třída: ULVOPHYCEAE  
Řád: Codiolales



- CCW-poloha
- Zoidy (2-4 bičíky)
- Rhomboidní šupiny
- Uzavřená mitóza
- Haplo-diplontní cyklus
- Pseudofilamenty
- Plazmodesmy chybí
- Celulóza, mannan, xylan, rhamnan
- Kodiolové stadium (sporofyt)



Name: Ulothrix  
Systematic: Ulvophyceae, Codiales  
Source: Schwarzwald  
Magnificaton: 630x



bazální buňka vlákna



Odd.: Chlorophyta Třída: Ulvophyceae  
Řád: Ulvales



*Ulva* sp.

Odd.: Chlorophyta Třída: Ulvophyceae  
Řád: Ulvales



*Enteromorpha* sp.

# Odd.: Chlorophyta

Třída: CLADOPHOROPHYCEAE

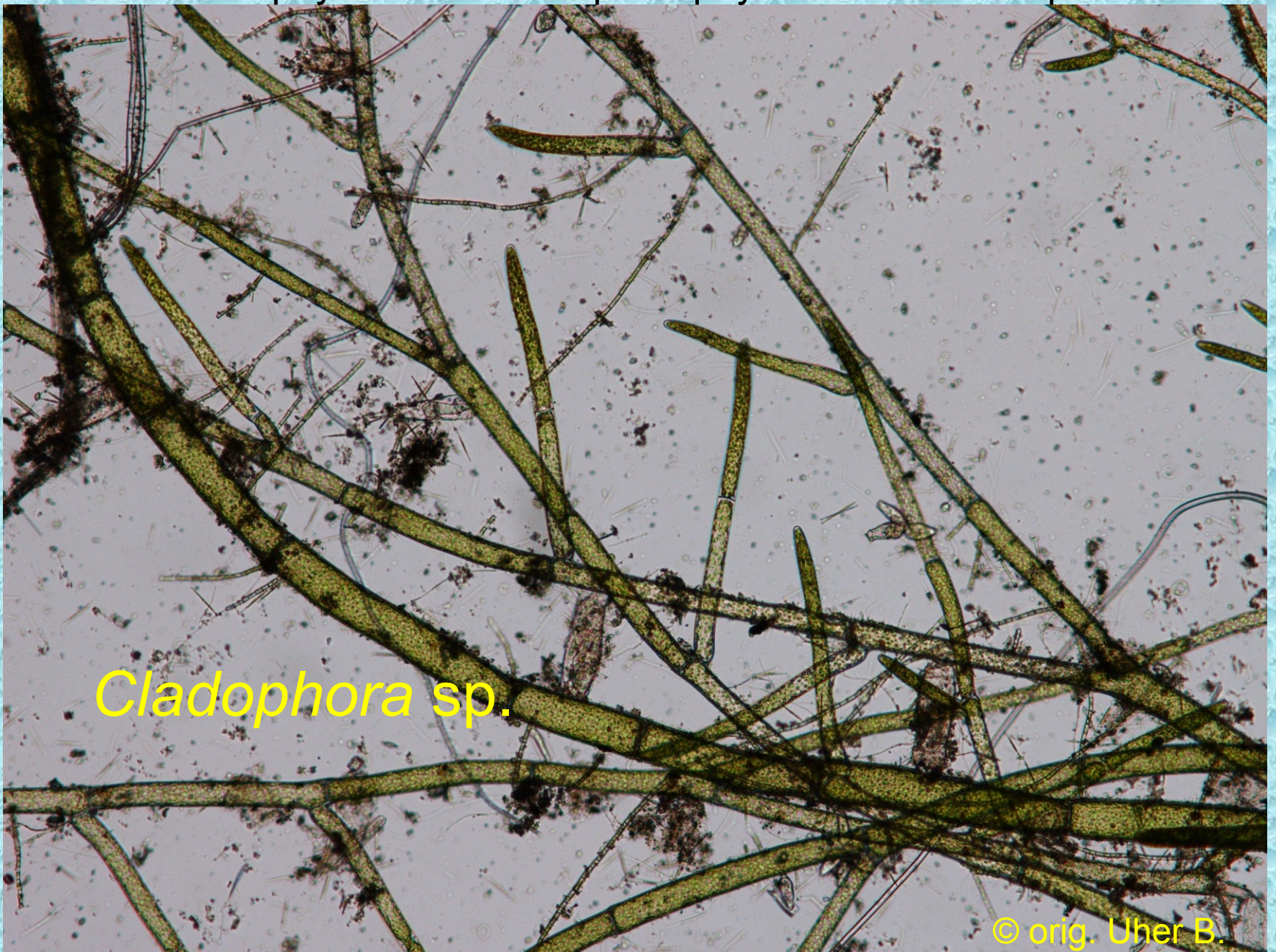
Řád: Cladophorales

- Sifonokladální stélka
- Rhizoidální buňka
- Krystalická celulóza
- Amorfní arabinogalaktan
- Chloroplast s pyrenoidem obaleným dvoudílným škrobovým obalem
- Uzavřená mitóza
- Haplo-diplontní životní cyklus
- Izomorfní rodozměna
- CCW-orientace






Odd.: Chlorophyta Třída: Cladophorophyceae Řád: Cladophorales



*Cladophora* sp.

© orig. Uher B.

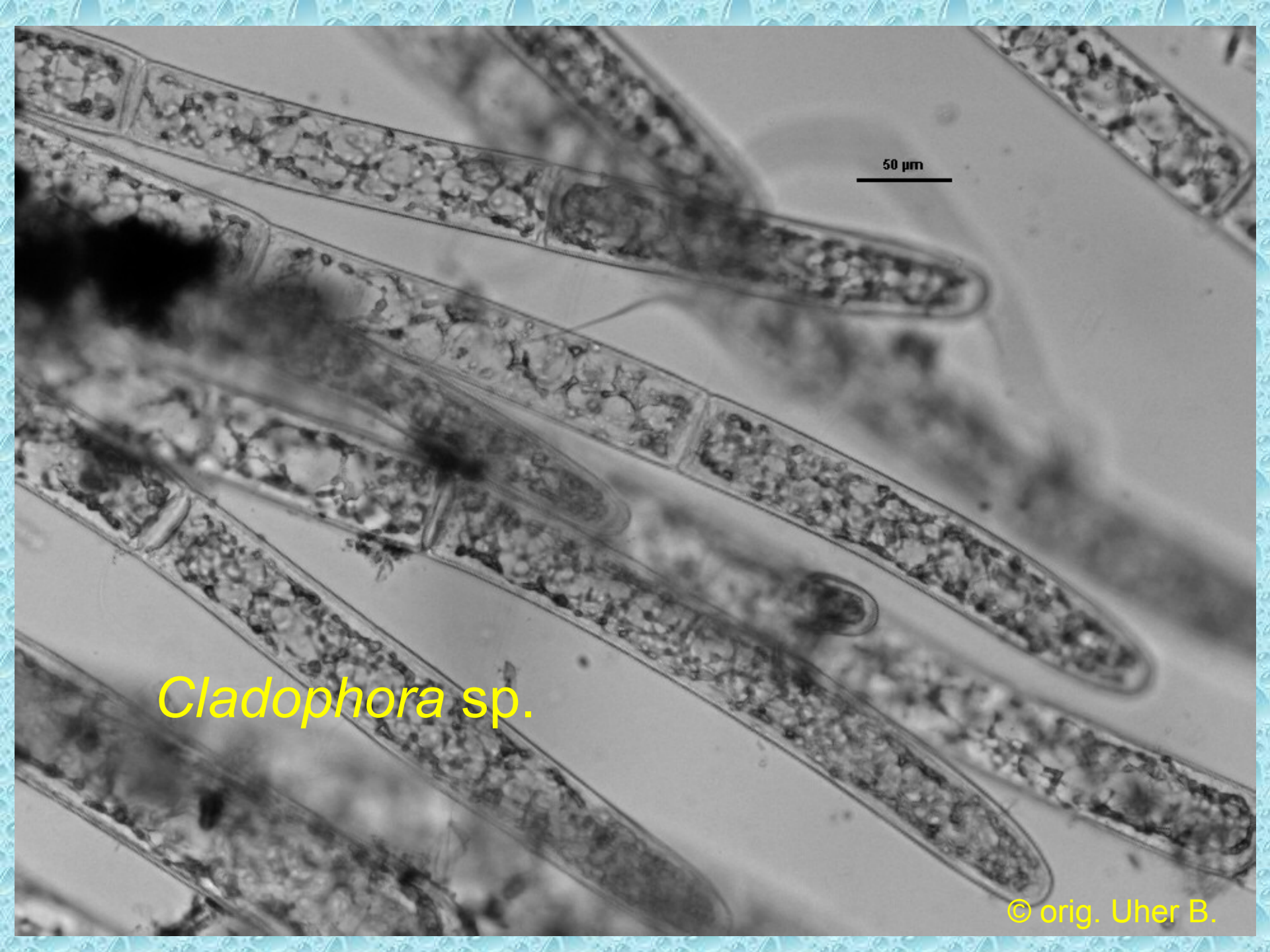




*Cladophora* sp.

© orig. Uher B.





50  $\mu\text{m}$

*Cladophora* sp.

© orig. Uher B.

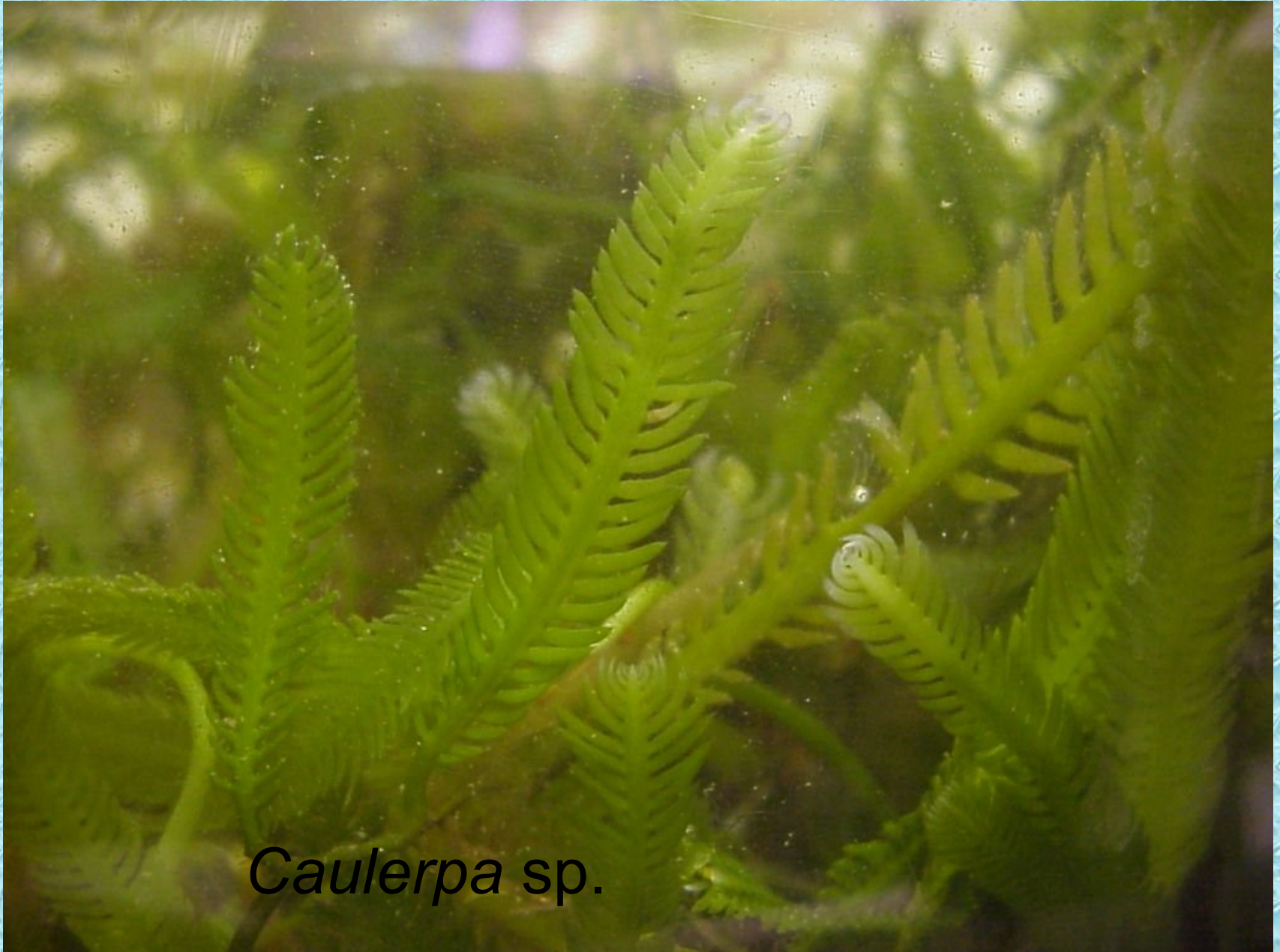


# Odd.: Chlorophyta

Třída: BRYOPSIDOPHYCEAE Řád: Bryopsidales

- Cenocyt
- Proudění cytoplazmy
- Centrální vakuola
- Celulóza, xylan, mannan, glukan
- Heteroplastické druhy - amyloplasty
- Sifonein, sifonoxantin
- Haplo-diplontní cyklus
- Izogamie
- Makroskopický, mnohojaderný gametofyt
- CCW-orientace
- Invazní řasy - agresivní druhy - *Caulerpa taxifolia*

Odd.: Chlorophyta Třída: Bryopsidophyceae Řád: Bryopsidales



*Caulerpa* sp.

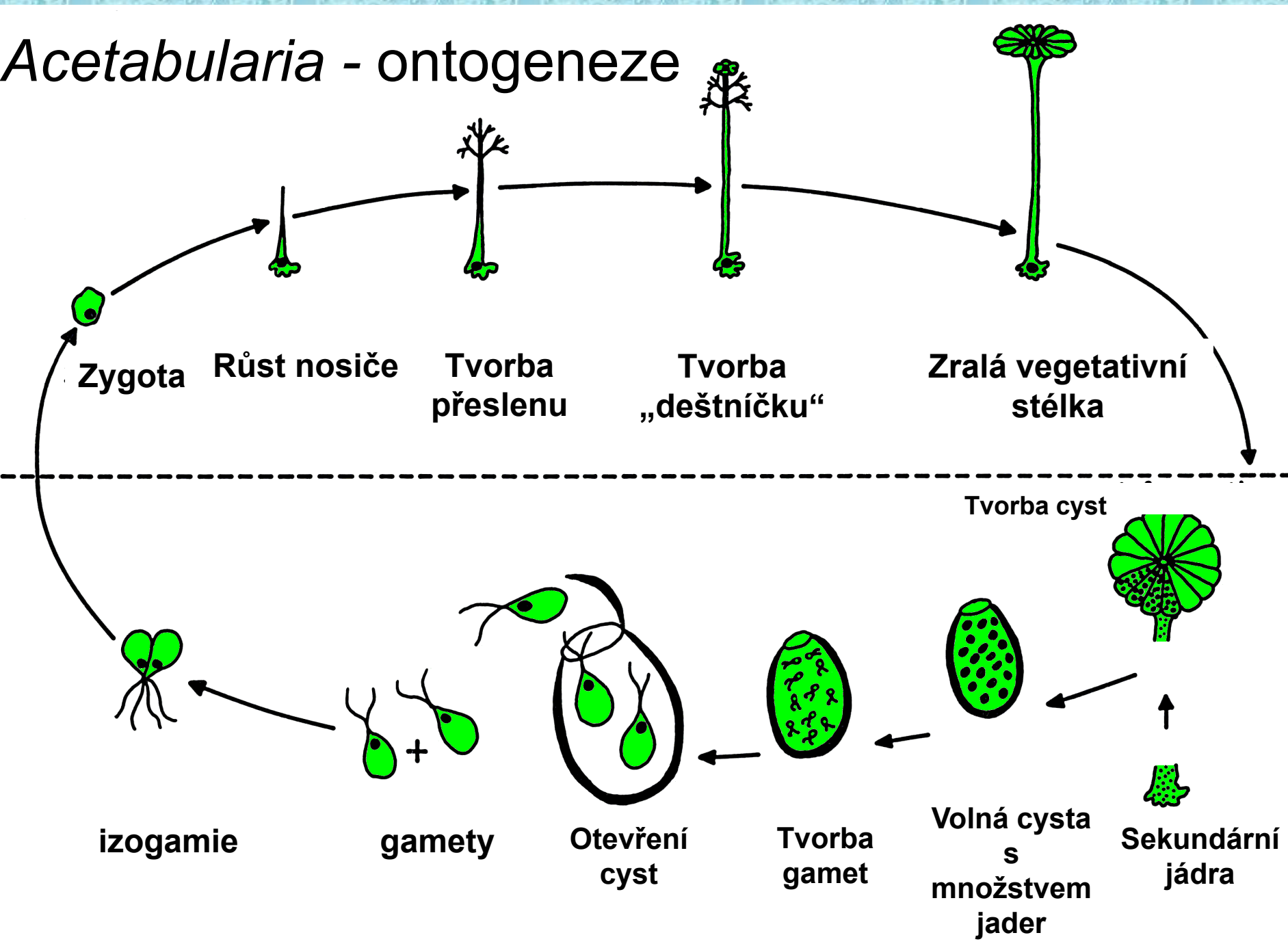
# Odd.: Chlorophyta

Třída: DASYCLADOPHYCEAE Řád: Dasycladales

- Cenocyt
- Osní část s přesleny bočních větví
- Víceletá stélka
- Proudění cytoplazmy
- Inkrustace stélky  $\text{CaCO}_3$
- Celulóza, mannan
- Škrob a fruktan i v cytoplazmě
- Haplontní cyklus
- Izogamie
- Makroskopický, mnohoaderný gametofyt
- Sporofyt jenom zygota
- CCW-orientace



# Acetabularia - ontogeneze



Odd.: Chlorophyta Třída: Dasycladophyceae  
Řád: Dasycladales

*Acetabularia* sp.



# Odd.: Chlorophyta

## Třída: TREBOUXIOPHYCEAE

- Jednobuněčné a vláknité řasy
- Nahé zoospory, gamety
- Kinetozom - CCW konfigurace
- Rhizoplast
- Mitóza uzavřená, metacentrické vřeténko
- Fykoplast
- Asymetrická dělicí rýha (jen ze strany centriol)
- Aplanospory, autospory
- Často tvoří symbionty v lišejnících
- Sladkovodní biotopy



Odd.: Chlorophyta Třída: Trebouxiophyceae  
Řád: Trebouxiales



*Trebouxia* sp.

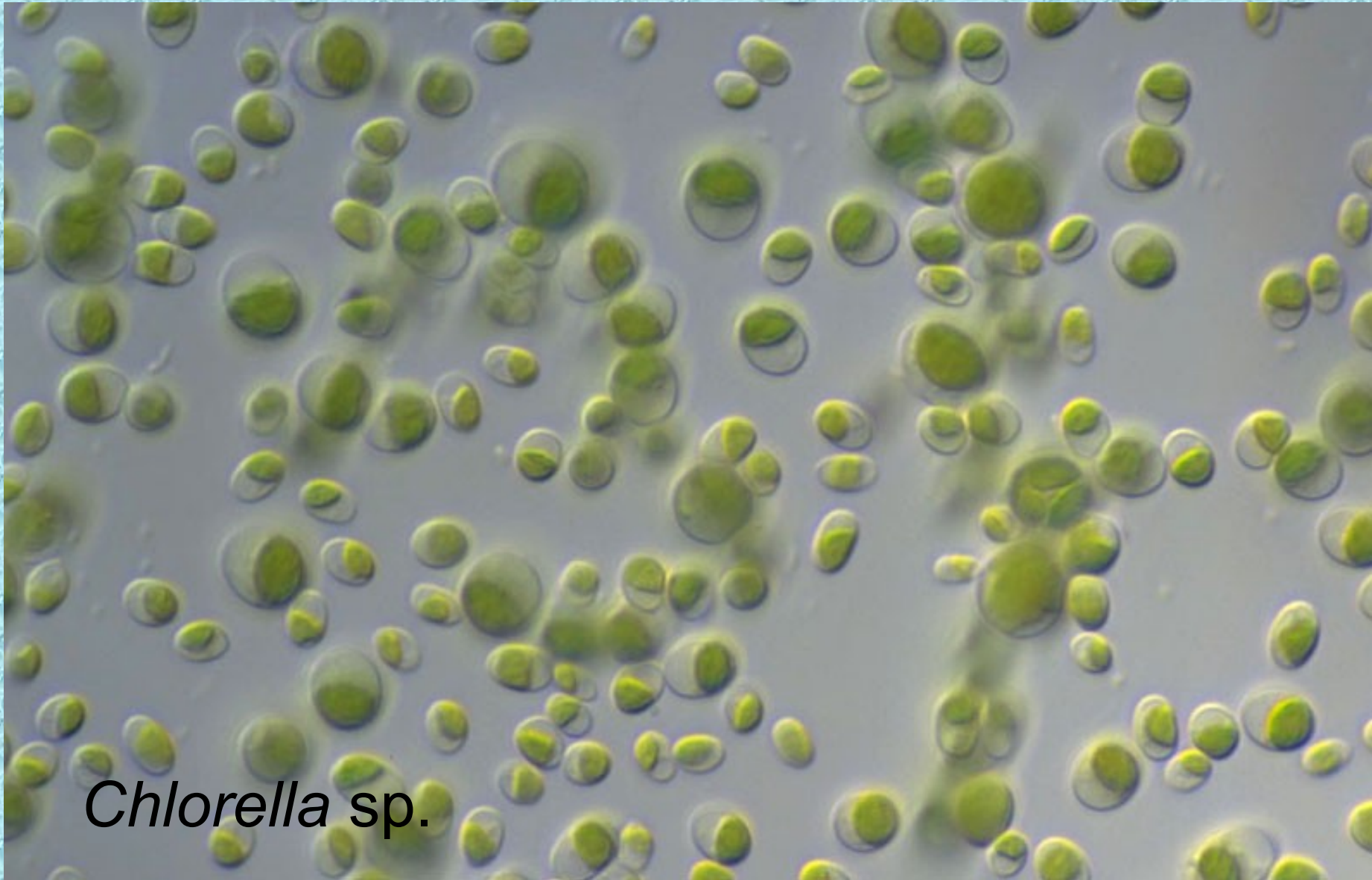


*Trebouxia* sp. - lichenizovaná

© AJ Silverside



Odd.: Chlorophyta Třída: Trebouxiophyceae  
Řád: Chlorellales



*Chlorella* sp.



Odd.: Chlorophyta Třída: Trebouxiophyceae  
Řád: Oocystales

Oocystis



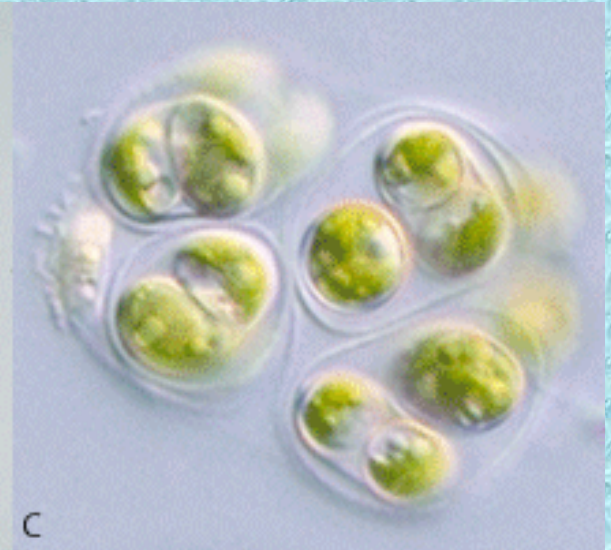
A

A after Prescott (1951)

B, C, D, E after Entwisle et al. (1997)



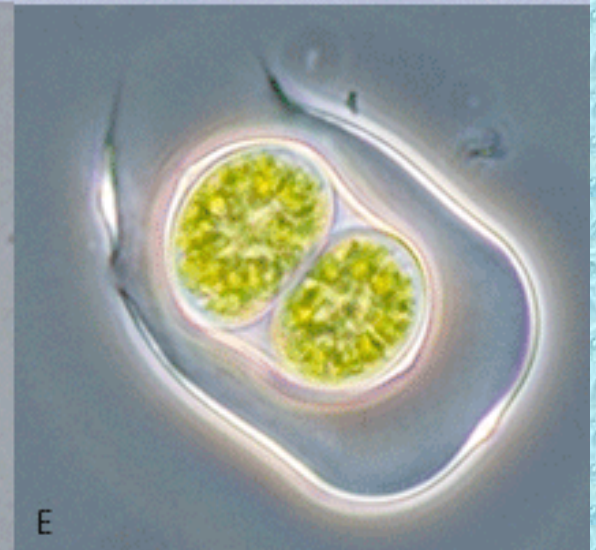
B



C



D

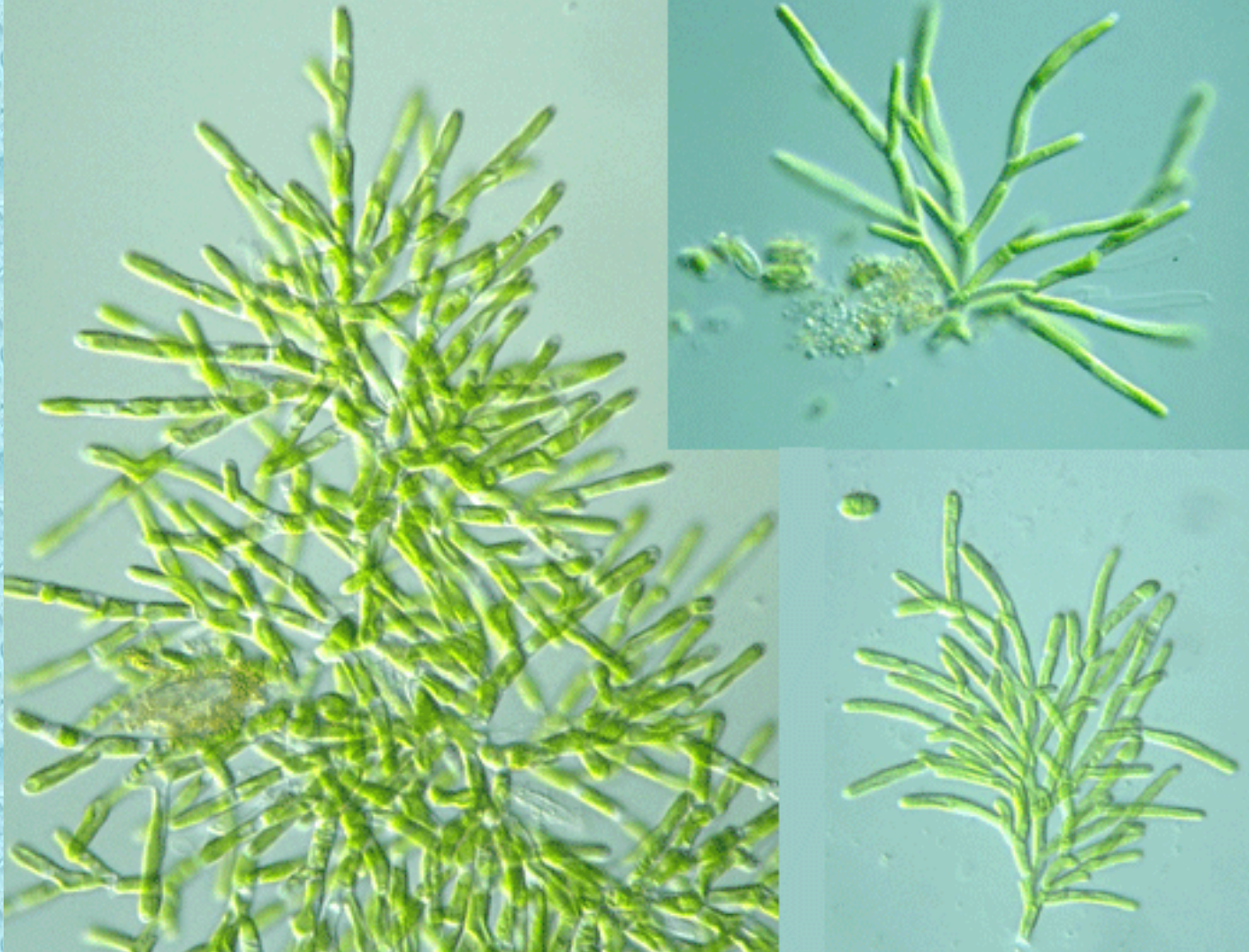


E



Odd.: Chlorophyta Třída: Trebouxiophyceae  
Řád: Microthamniales

Microthamnion





Odd.: Chlorophyta Třída: Trebouxiophyceae  
Řád: Microthamniales

*Stichococcus* sp.

10  $\mu$ m

A light micrograph showing several green, rod-shaped cells of Stichococcus sp. The cells are arranged in various orientations, some singly and some in small groups. They have a distinct green color and a slightly irregular, rod-like shape. A scale bar at the bottom indicates 10 micrometers.

© orig. Uher B.

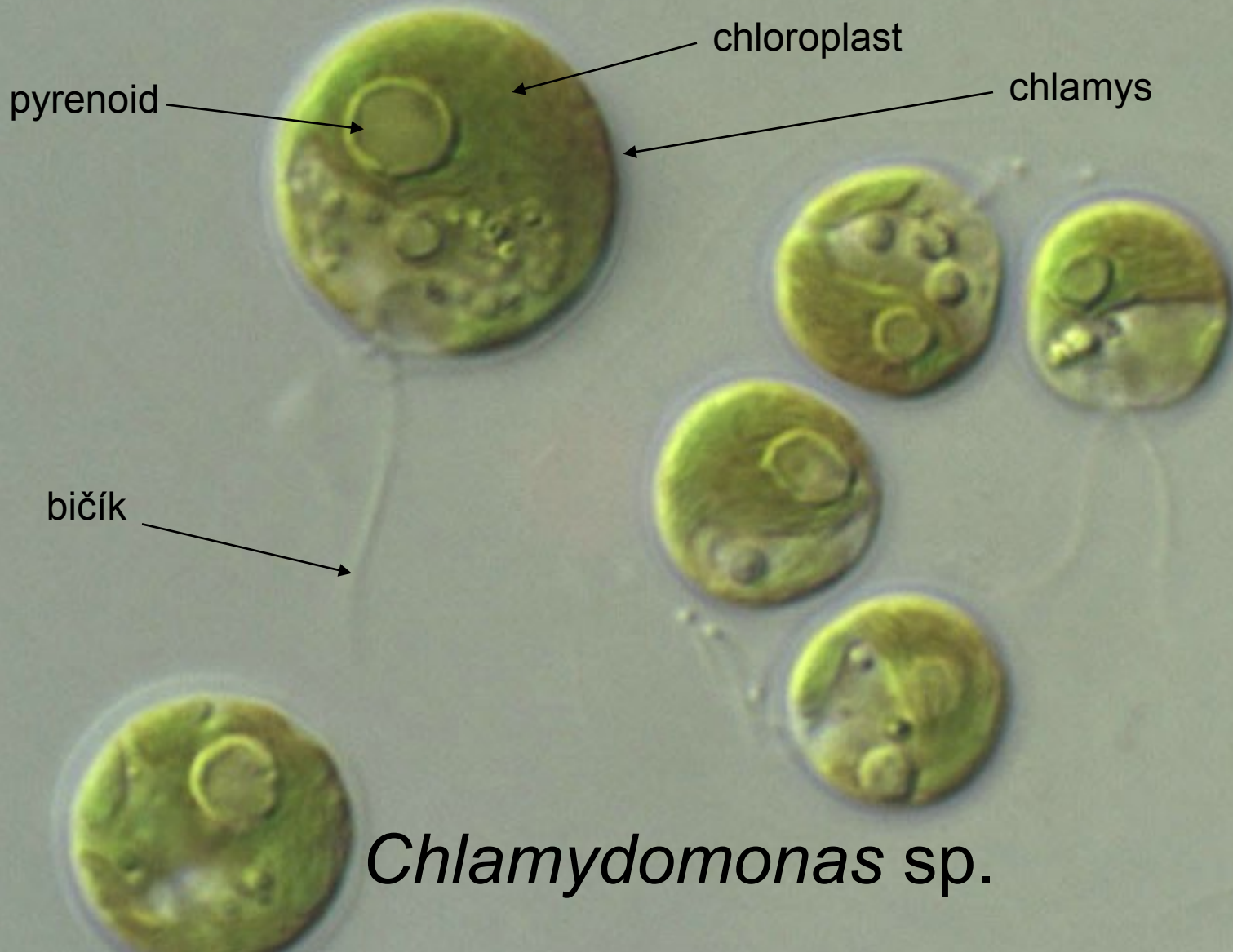


# Odd.: Chlorophyta

## Třída: CHLOROPHYCEAE

- Bičíkovci, kapsální, kokální, vláknité řasy
- Zoospory, spermatozoidy
- Kinetozom - CW konfigurace převládá (DO u některých)
- Bičíky bez mastigonem, stejně dlouhé
- Rhizoplast (centrin)
- Chlamys - hydroxyprolin (*Chlamydomonas*)
- Algenan, alkadieny (*Botryococcus*)
- Sporopolenin (*Scenedesmus*, *Pediastrum*) - fosilizace
- Aplanospory, hemiaplanospory, autospory
- Mitoza uzavřená
- Kolonie, cenobium

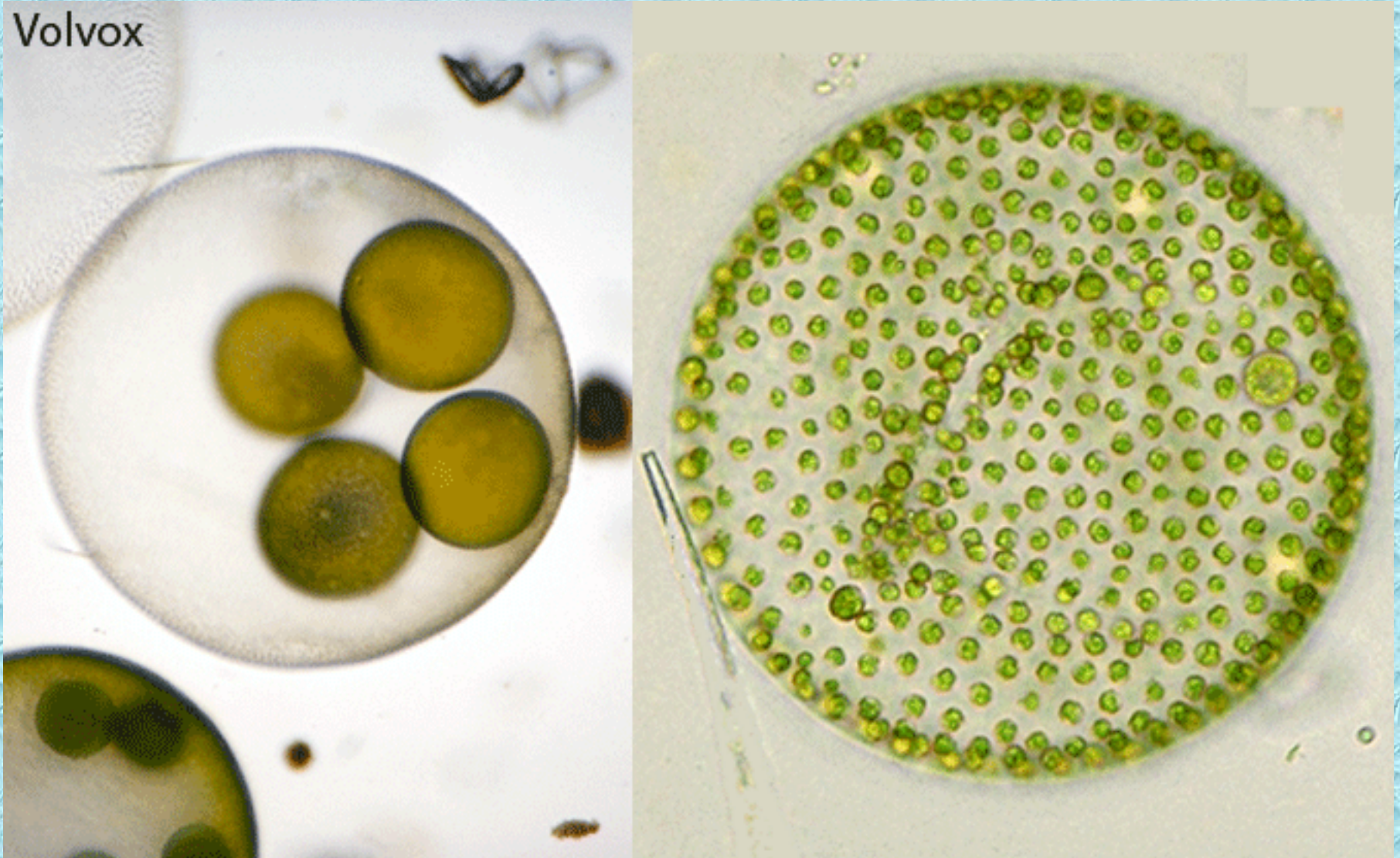
Odd.: Chlorophyta Třída: Chlorophyceae  
Řád: Chlamydomonadales





Odd.: Chlorophyta Třída: Chlorophyceae  
Řád: Volvocales

Volvox



All after Entwisle et al. (1997)



Odd.: Chlorophyta Třída: Chlorophyceae  
Řád: Chlorococcales



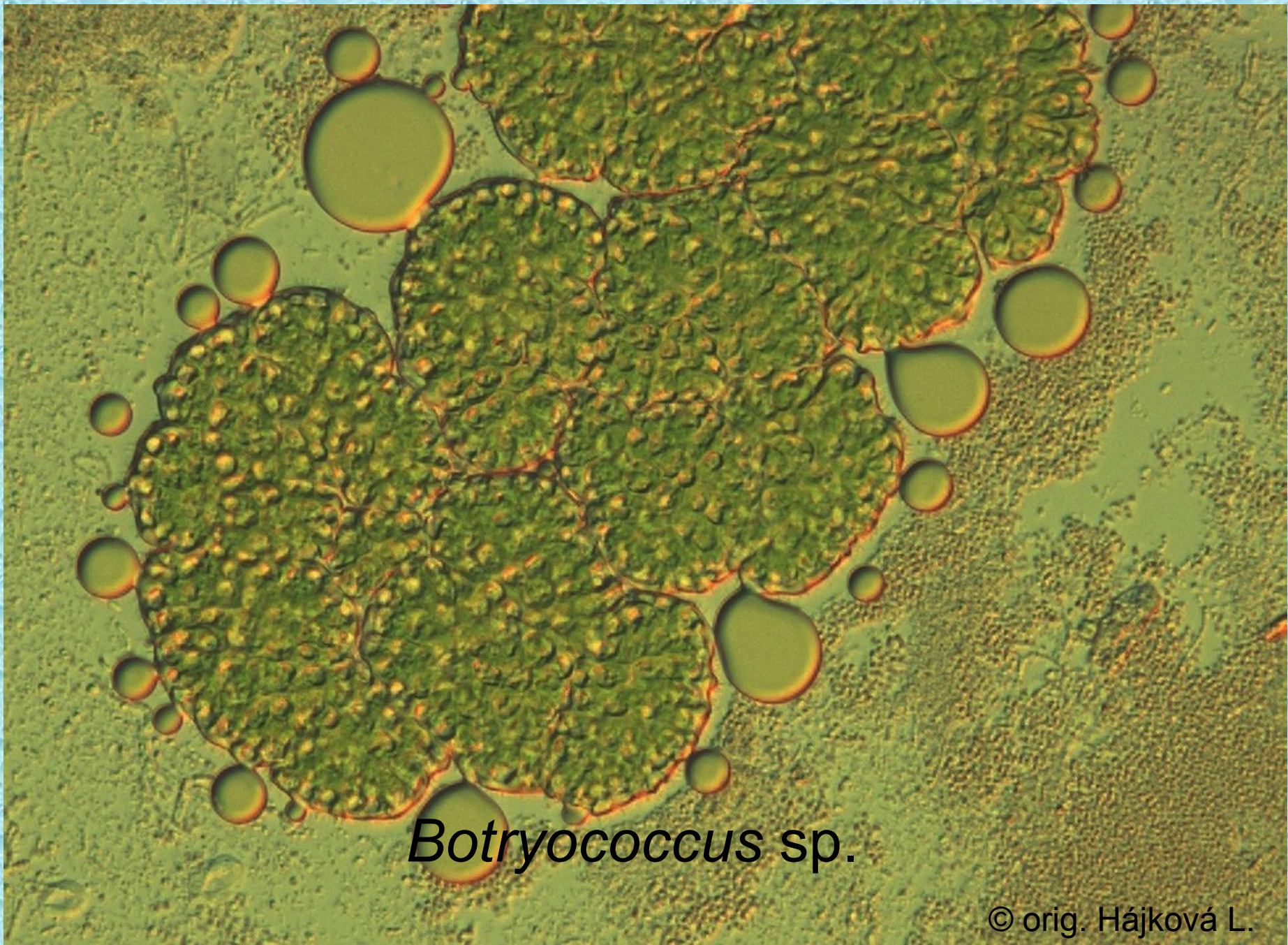


Odd.: Chlorophyta Třída: Chlorophyceae Řád: Chlorococcales



*Botryococcus* sp.

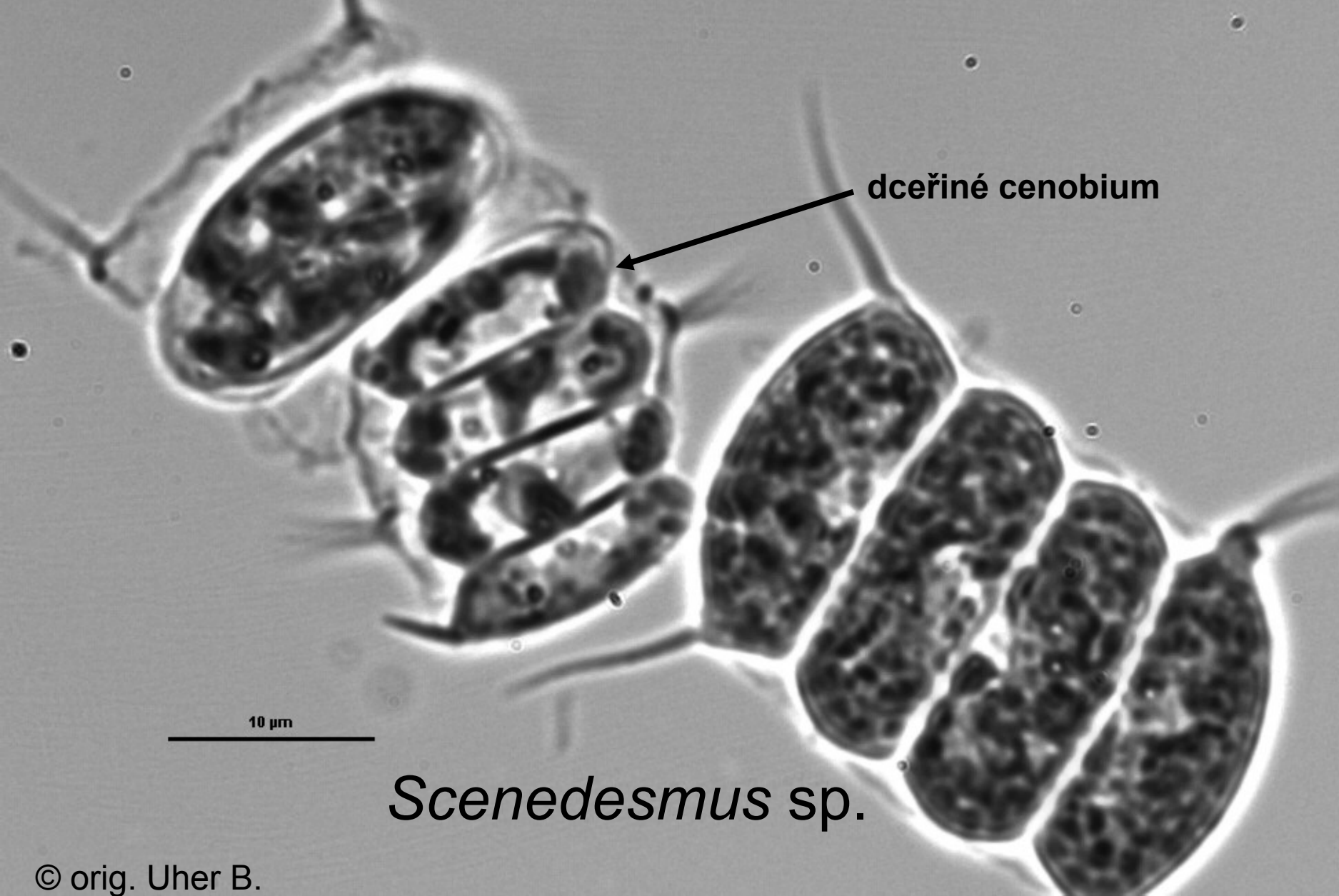




*Botryococcus* sp.



Odd.: Chlorophyta Třída: Chlorophyceae Řád: Chlorococcales



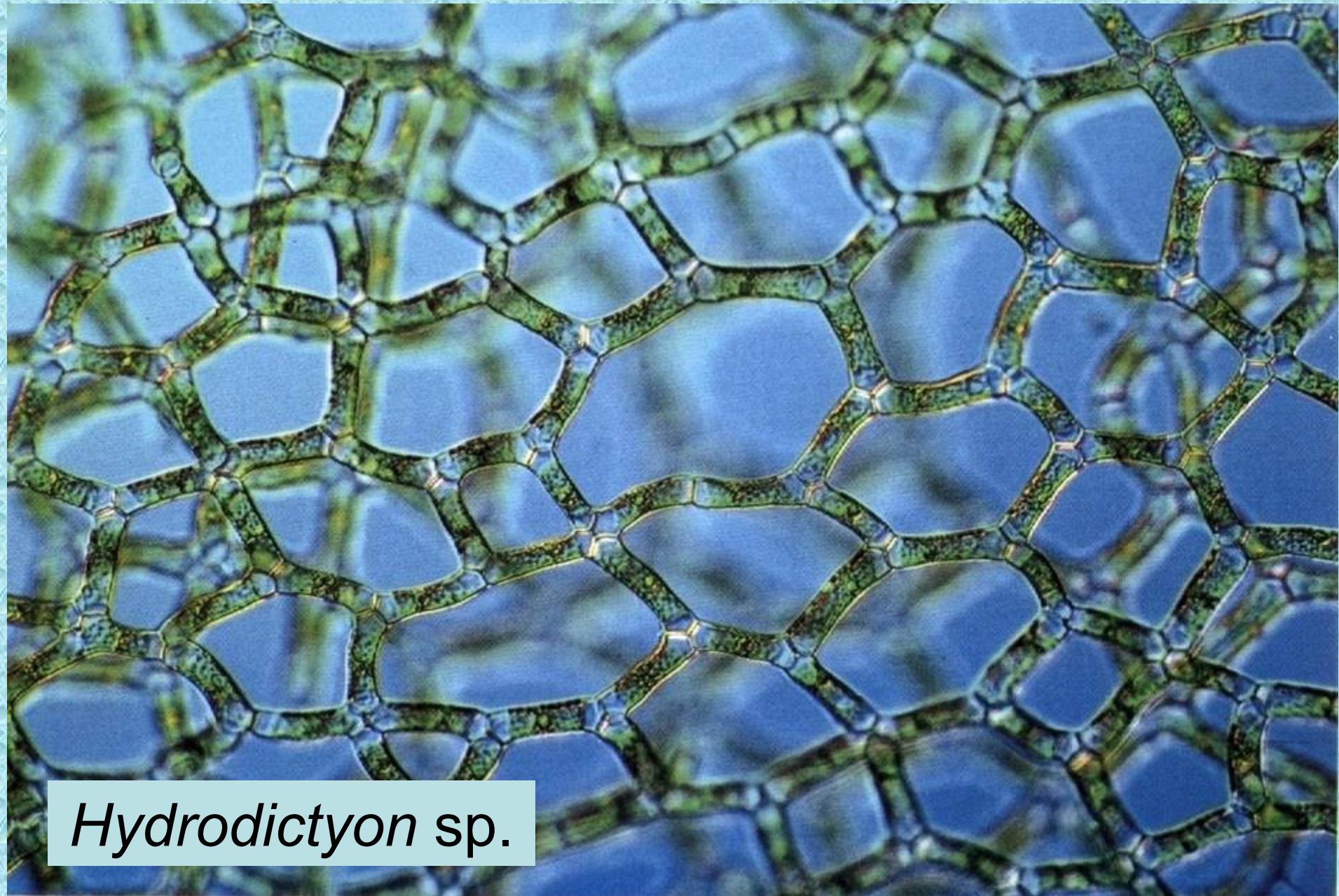
dceřiné cenobium

10 μm

*Scenedesmus* sp.



Odd.: Chlorophyta Třída: Chlorophyceae Řád: Sphaeropleales

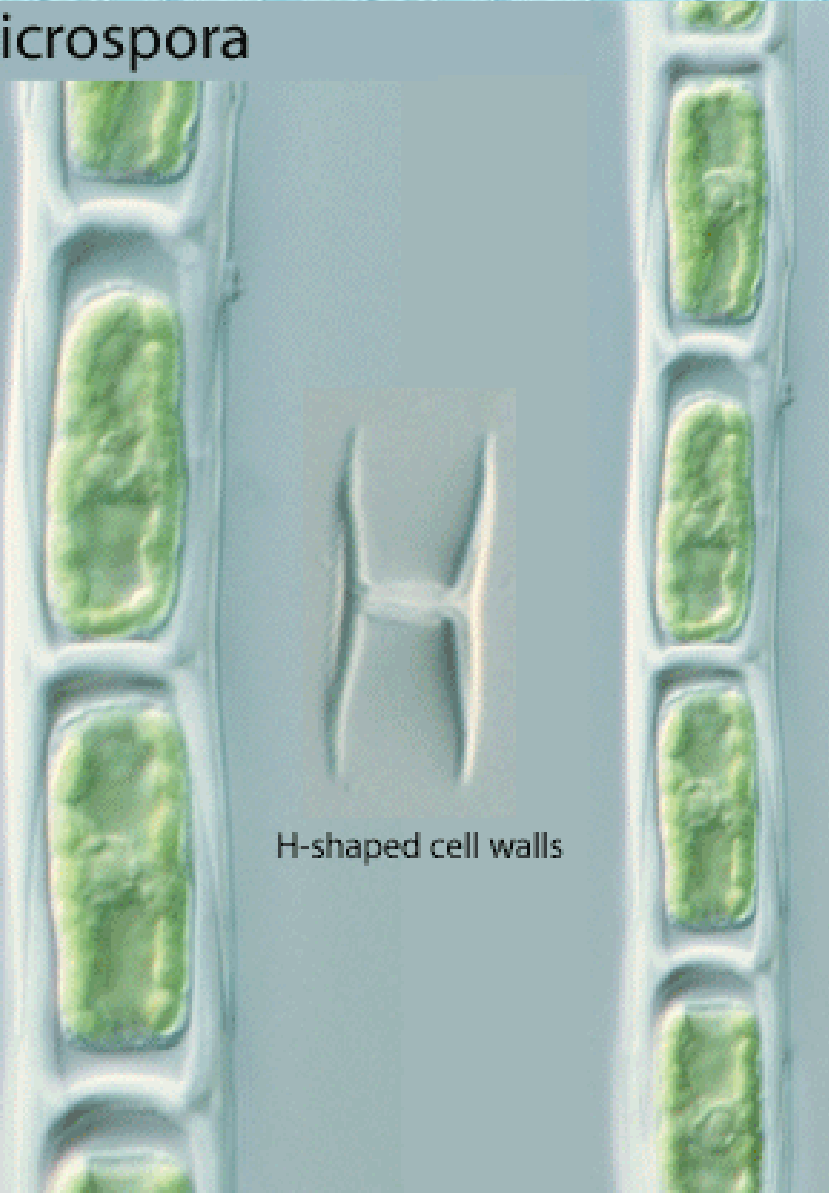


*Hydrodictyon* sp.

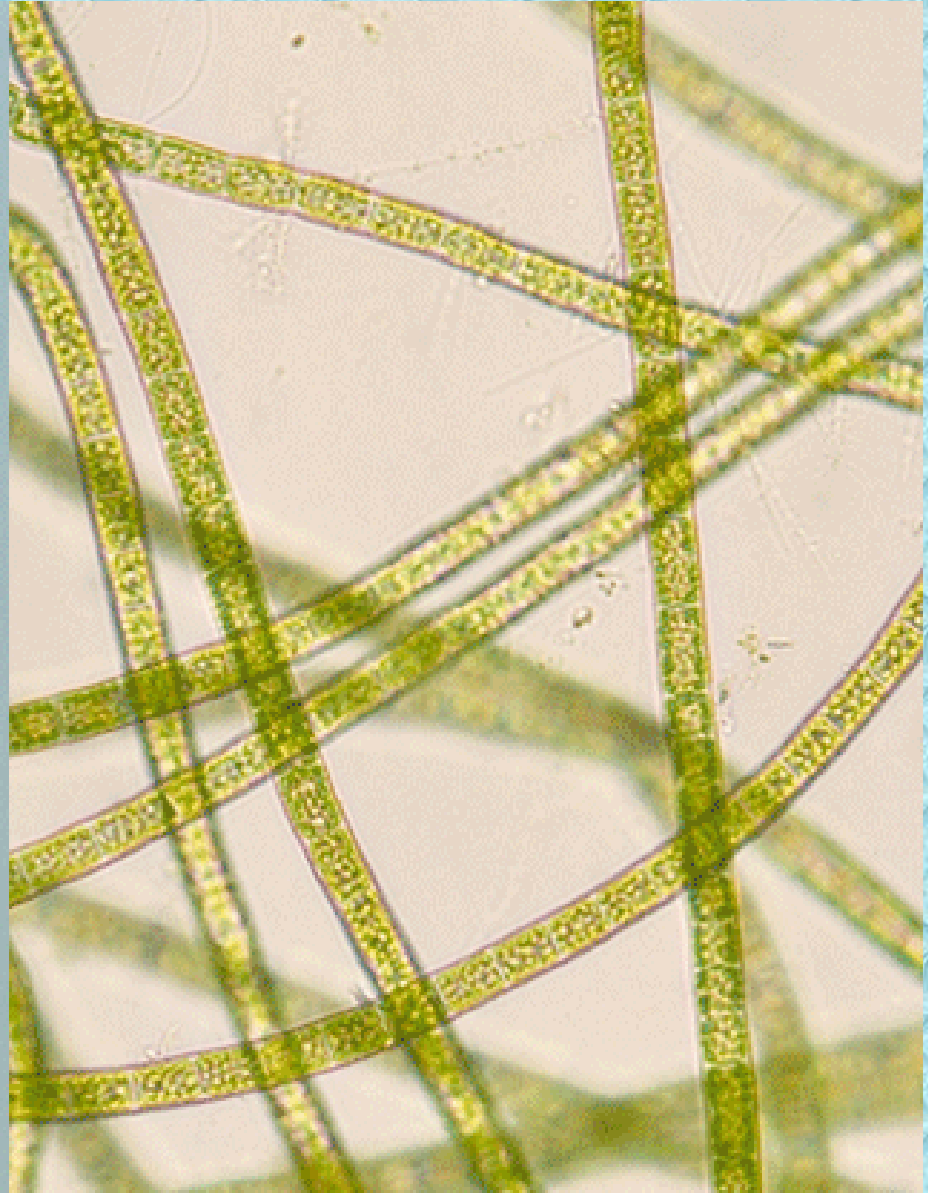


Odd.: Chlorophyta Třída: Chlorophyceae  
Řád: Microsporales

Microspora



H-shaped cell walls





Odd.: Chlorophyta Třída: Chlorophyceae  
Řád: Oedogoniales



Iniciální stadium

*Oedogonium* sp.

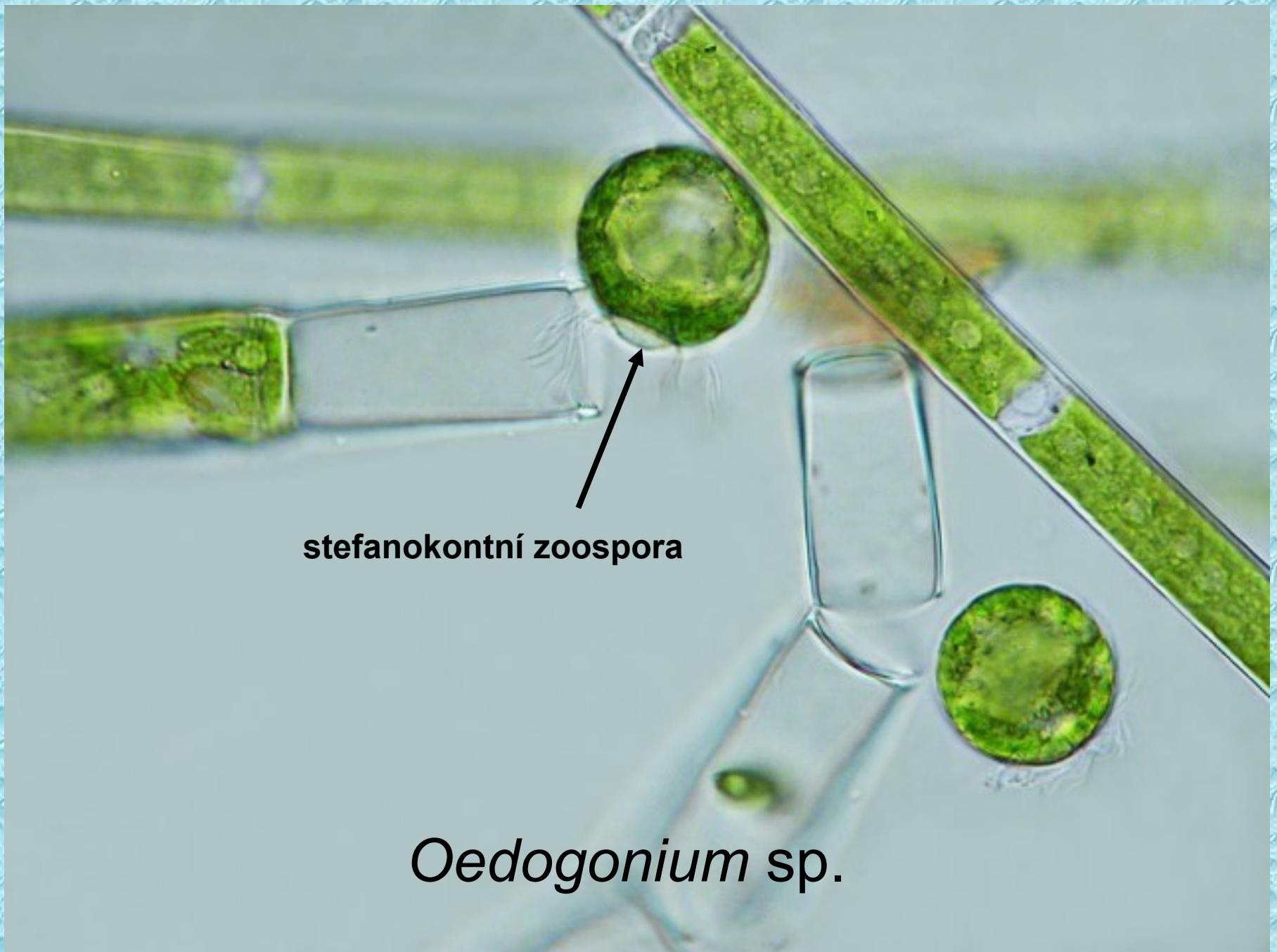
Odd.: Chlorophyta Třída: Chlorophyceae Řád: Oedogoniales



*Oedogonium* sp.

© orig. Hájková L.

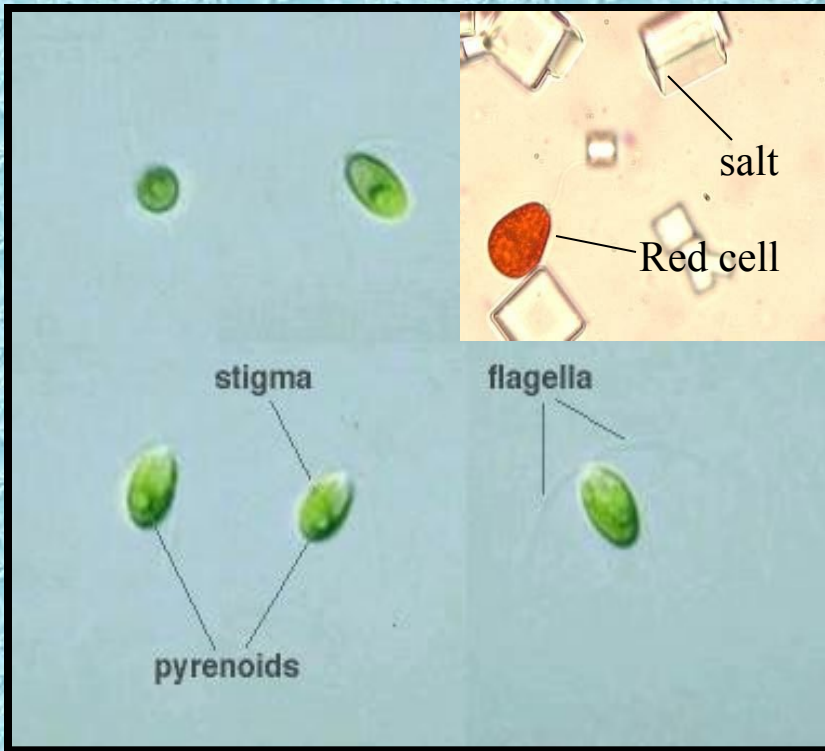
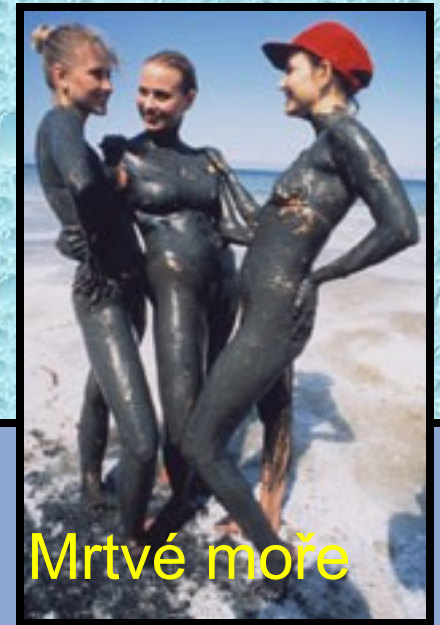
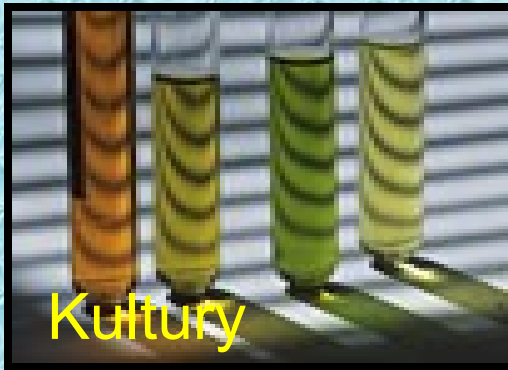




**stefanokontní zoospora**

*Oedogonium* sp.

# „Moderní“ využití řasy *Dunaliella salina*



⇒ Karotenoidy

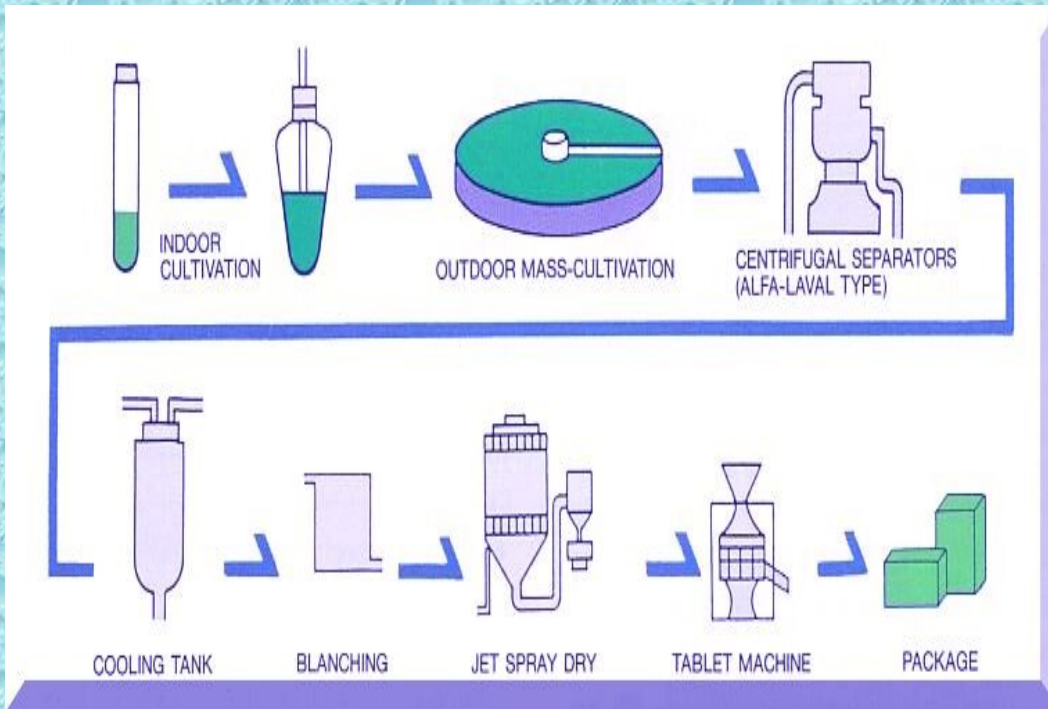
⇒ UV-ochranné faktory

⇒ Barviva v potravinářství, kosmetice





# Využití řasy *Chlorella* spp.



⇒ Proteiny

⇒ Karotenoidy

⇒ Posílení imunity

⇒ Léčení ekzémů

⇒ Léčení maligních tumorů

# Přehled systému CHAROPHYTA

třídy:

- **Mesostigmatophyceae**
- **Klebsormidiophyceae**
- **Coleochaetophyceae**
- **Charophyceae**
- **Zygnematophyceae**



# Vývojová větev Charophytae, odd.: CHAROPHYTA

- Výchozí pro zelené rostliny
- Volně žijící bičíkovci
- Kokální a vláknité řasy
- Přeslenitá vzpřímená stélka
- Fragmoplast
- Plasmodesmy
- Chloroplast s pyrenoidem (škrobová zrnka)
- Bičíkový aparát - kinetozom + 60 srostlých mikrotubulů - mnohohvrstevnatá struktura (MLS)
- Kinetozomy propojeny kontraktilní spojkou
- Spájkivky - žádná bičíkatá stadia
- Zoospory, spermatozoidy
- Izogamie, anizogamie, oogamie, konjugace

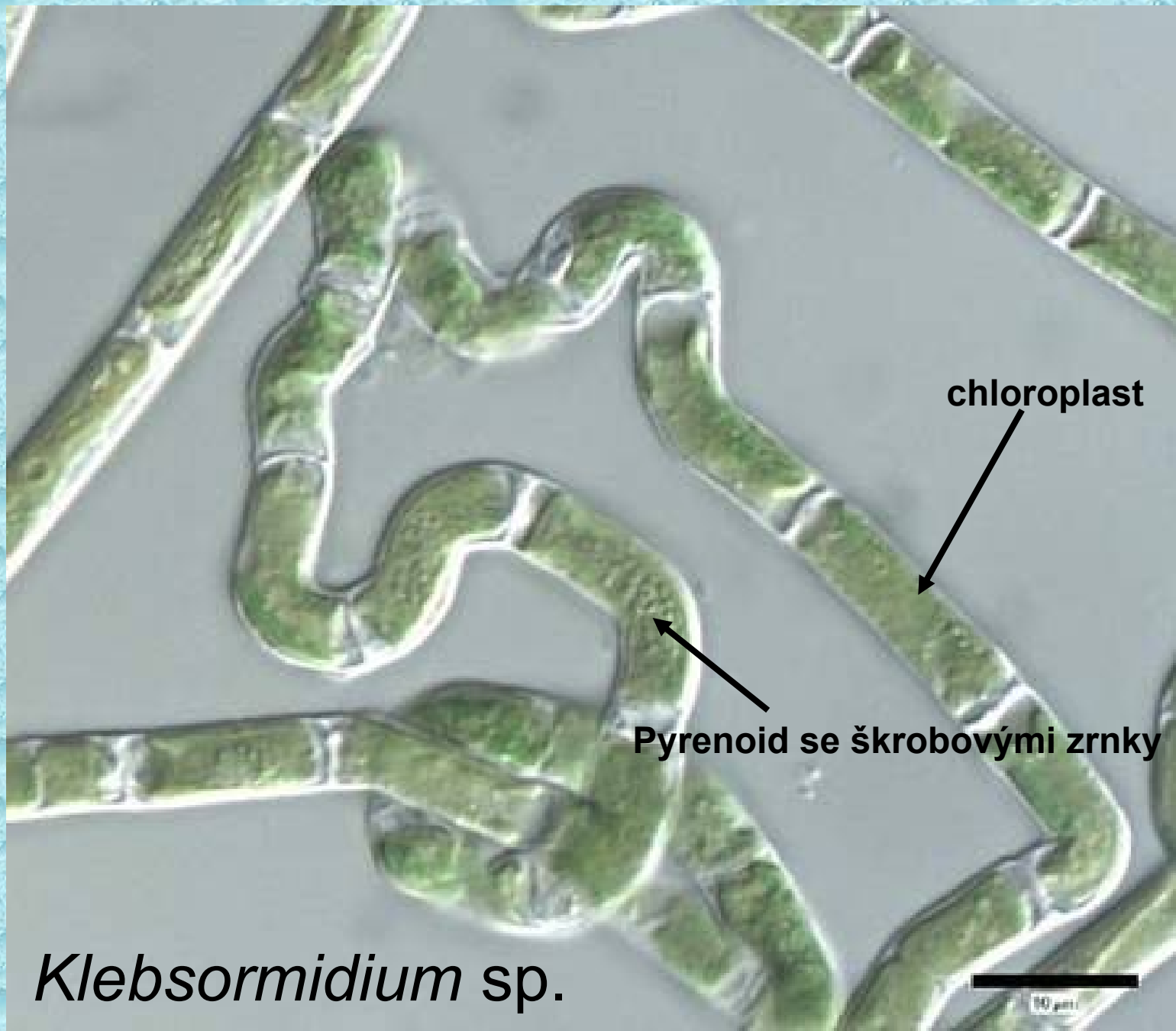
# Odd.: Charophyta

Třída: KLEBSORMIDIOPHYCEAE Řád: Klebsormidiales

*Klebsormidium* sp.







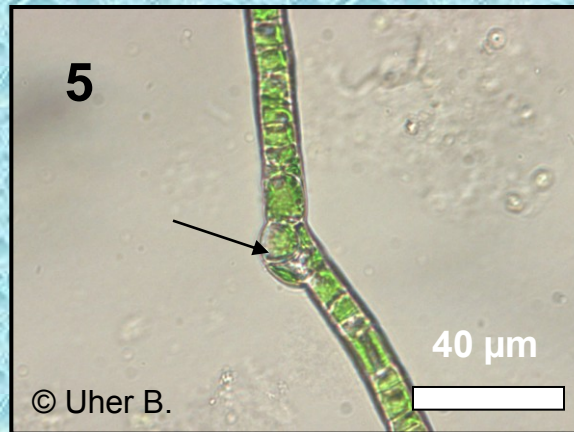
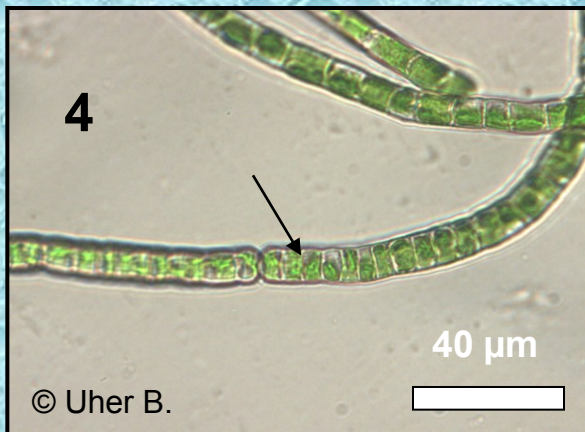
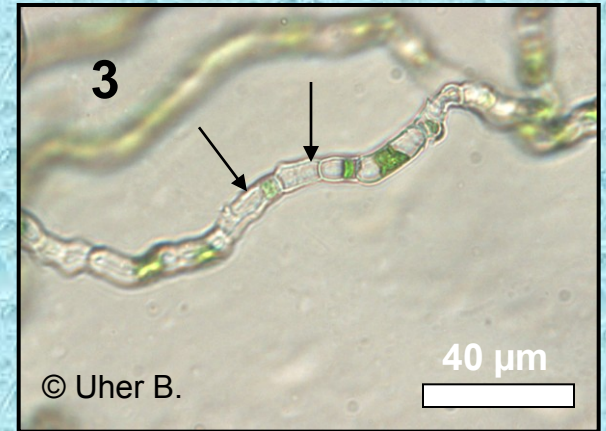
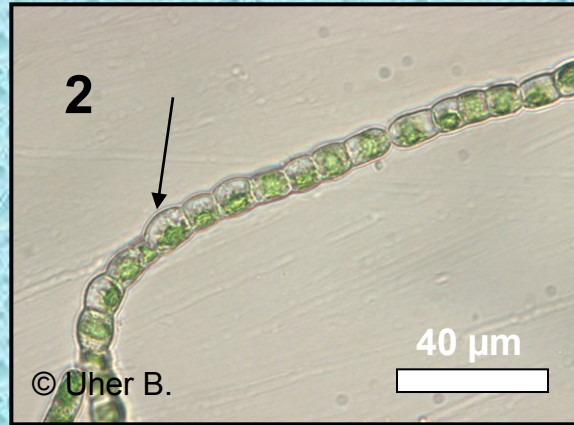
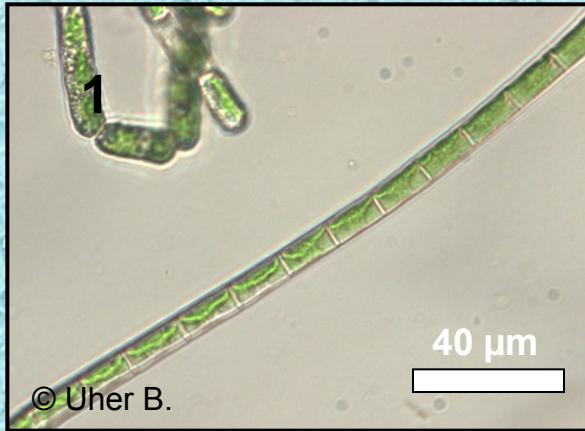
chloroplast

Pyrenoid se škrobovými zrnky

*Klebsormidium* sp.

100 µm

## VÝVOJOVÁ STADIA



Obr. 1-6. Charophyta: Obr. 1-3. *Klebsormidium flaccidum*, Obr. 1. Přímé vlákna s nástěnnými chloroplasty; Obr. 2. Vypoulená zoosporangia (šipka); Obr. 3. Prázdňé zoosporangia (buňky) se štěrbinou (šipky); Obr. 4-6. *Klebsormidium crenulatum*, Obr. 4. Dospělé vlákno; Obr. 5. Začátek nepravého větvení (šipka); Obr. 6. Fragmentace vlákna.



# Odd.: Charophyta

Třída: KLEBSORMIDIOPHYCEAE Řád: Klebsormidiales

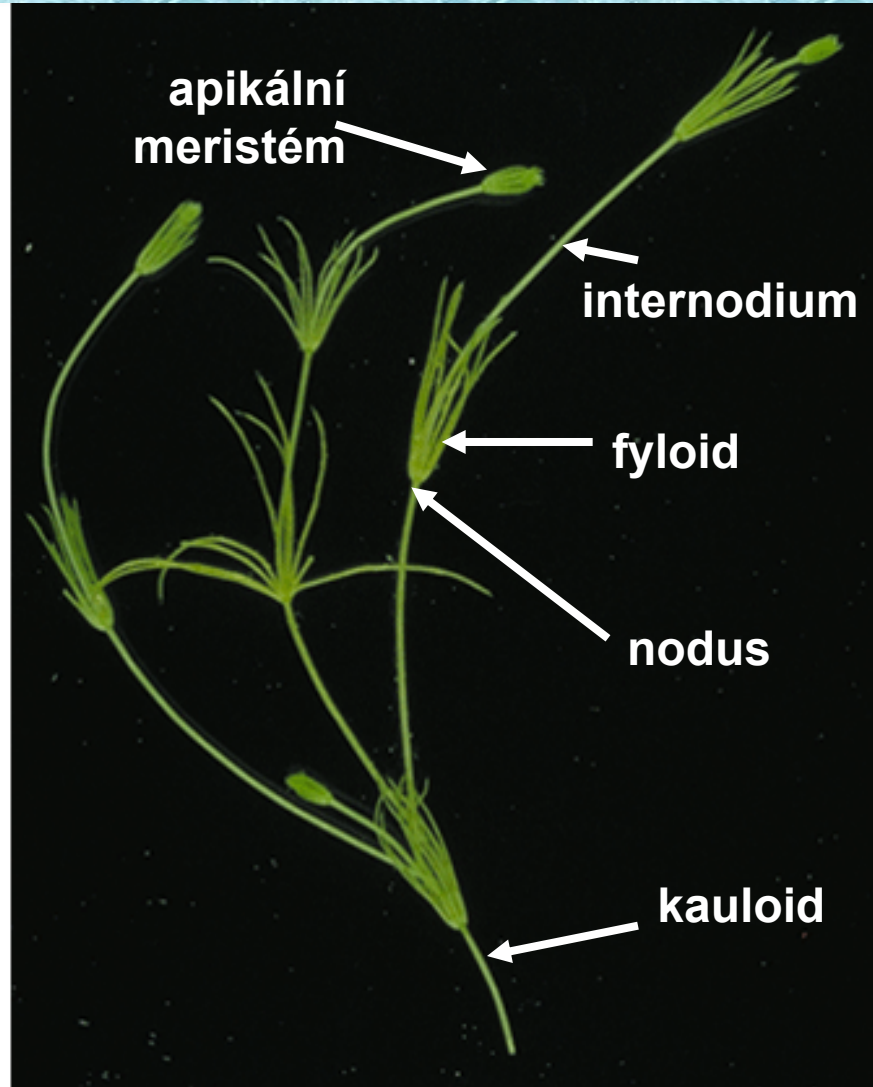
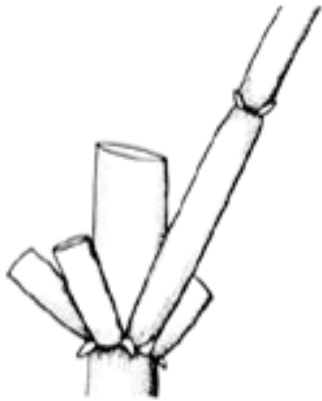


*Chlorokybus* sp.

# Odd.: Charophyta

Třída: CHAROPHYCEAE Řád: Charales

Chara



All after Entwisle et al. (1997)



*Chara* sp.



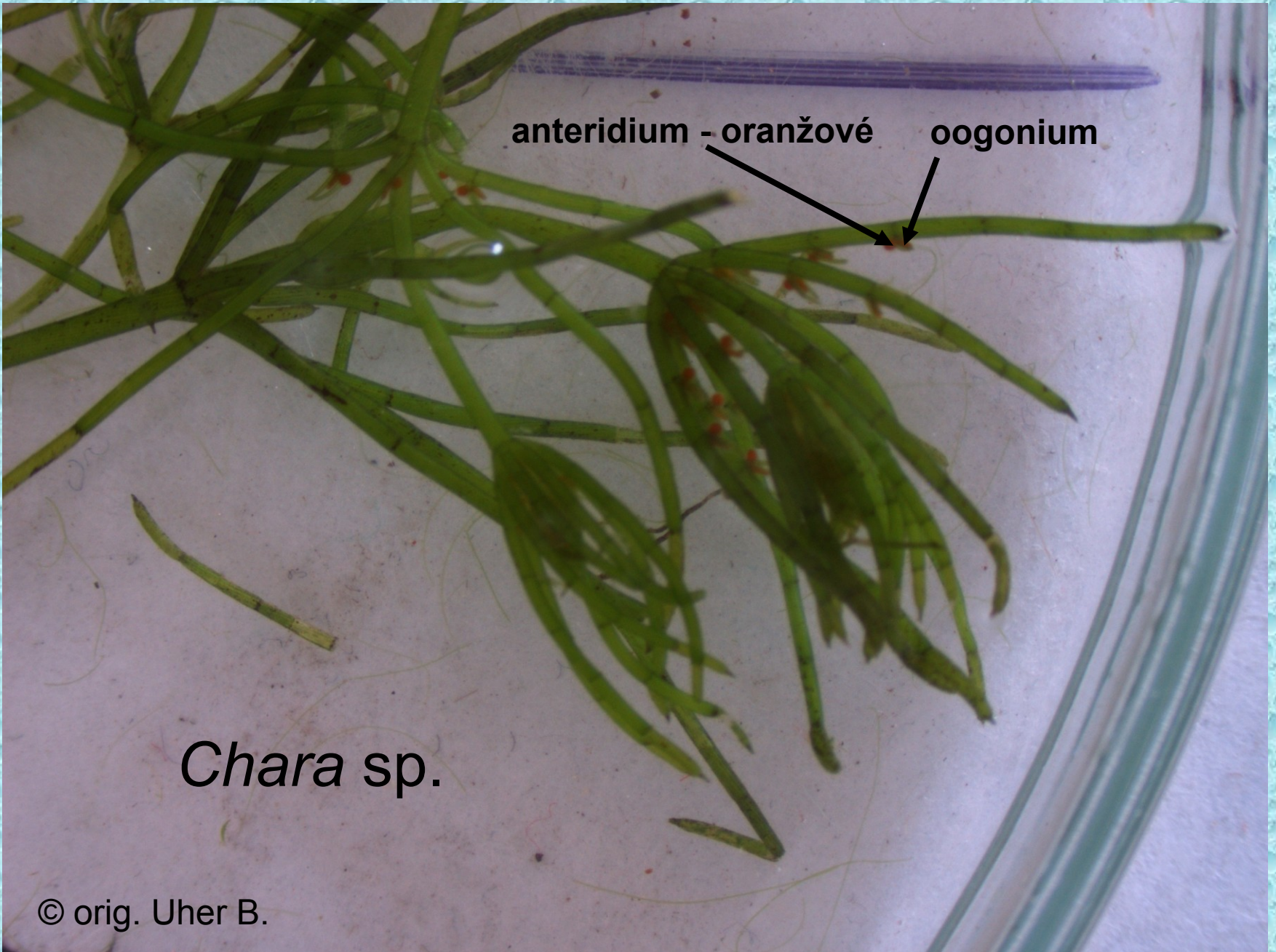


Odd.: Charophyta Třída: Charophyceae Řád: Charales

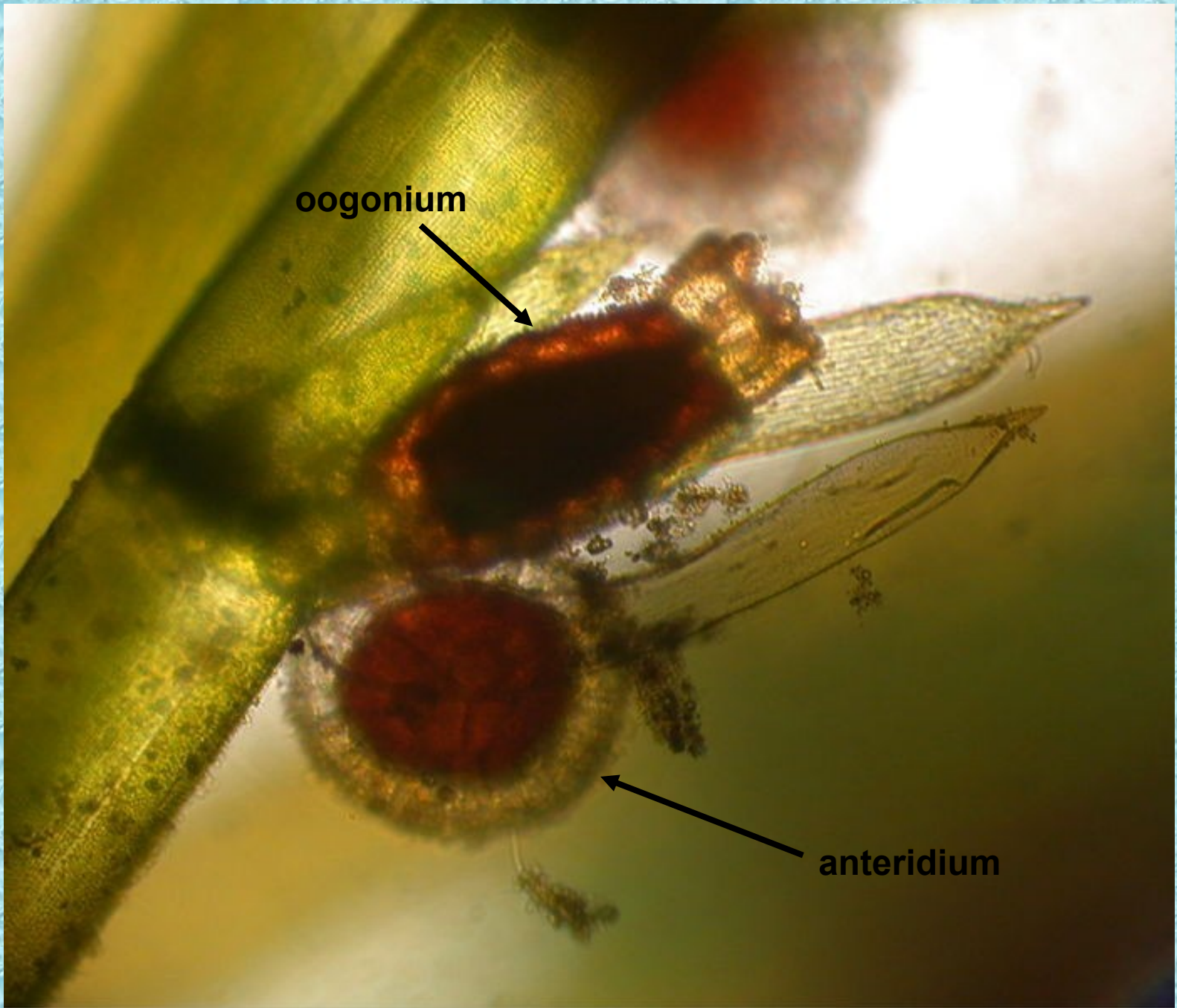
anteridium - oranžové oogonium

*Chara* sp.

© orig. Uher B.







**oogonium**



**anteridium**



# Odd.: Charophyta

Třída: ZYGNEMATOPHYCEAE Řád: Zygnematales



- Konjugace
- Haplontní vývojový cyklus
- Zygospóra
- Fragmoplast
- Nemají bičíky!
- Buněčná stěna - primární, sekundární



Odd.: Charophyta Třída: Zygnematophyceae Řád: Zygnematales



*Mougeotia* sp.

© orig. Uher B.



Odd.: Charophyta Třída: Zygnematophyceae Řád: Zygnematales

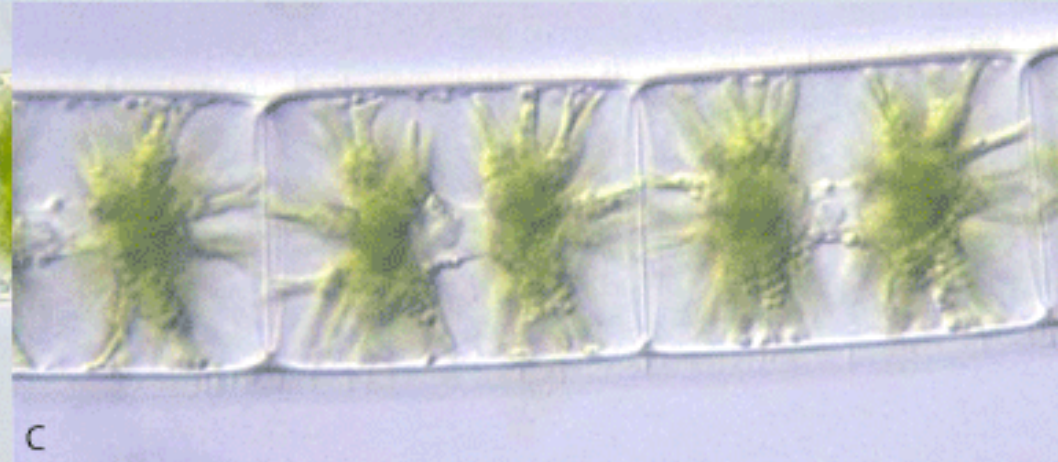
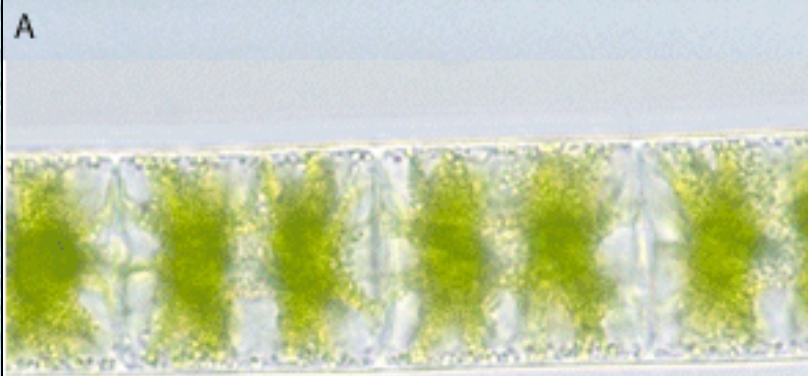
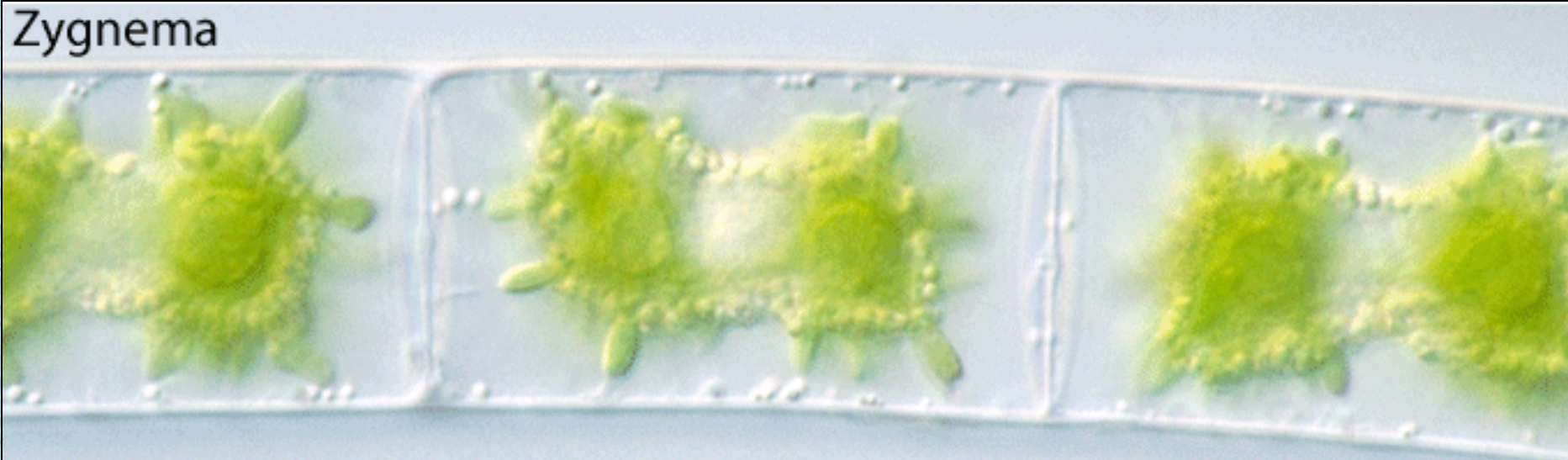
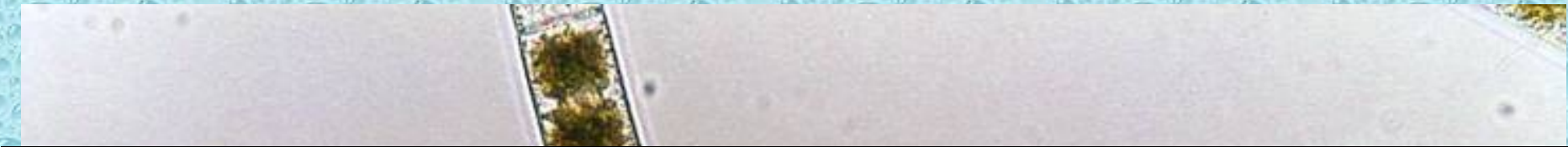
*Spirogyra* sp.

© orig. Uher B.





Odd.: Charophyta Třída: Zygnematophyceae Řád: Zygnematales



A, B after Entwisle et al. (1997)

C © Y. Tsukii, see [http://protist.i.hosei.ac.jp/Protist\\_menuE.html](http://protist.i.hosei.ac.jp/Protist_menuE.html)



Odd.: Charophyta Třída: ZYGNEMATOPHYCEAE  
Řád: Desmidiiales



*Closterium* sp.

© orig. Uher B.



Odd.: Charophyta Třída: Zygnematophyceae Řád: Desmidiiales

*Micrasterias* sp.

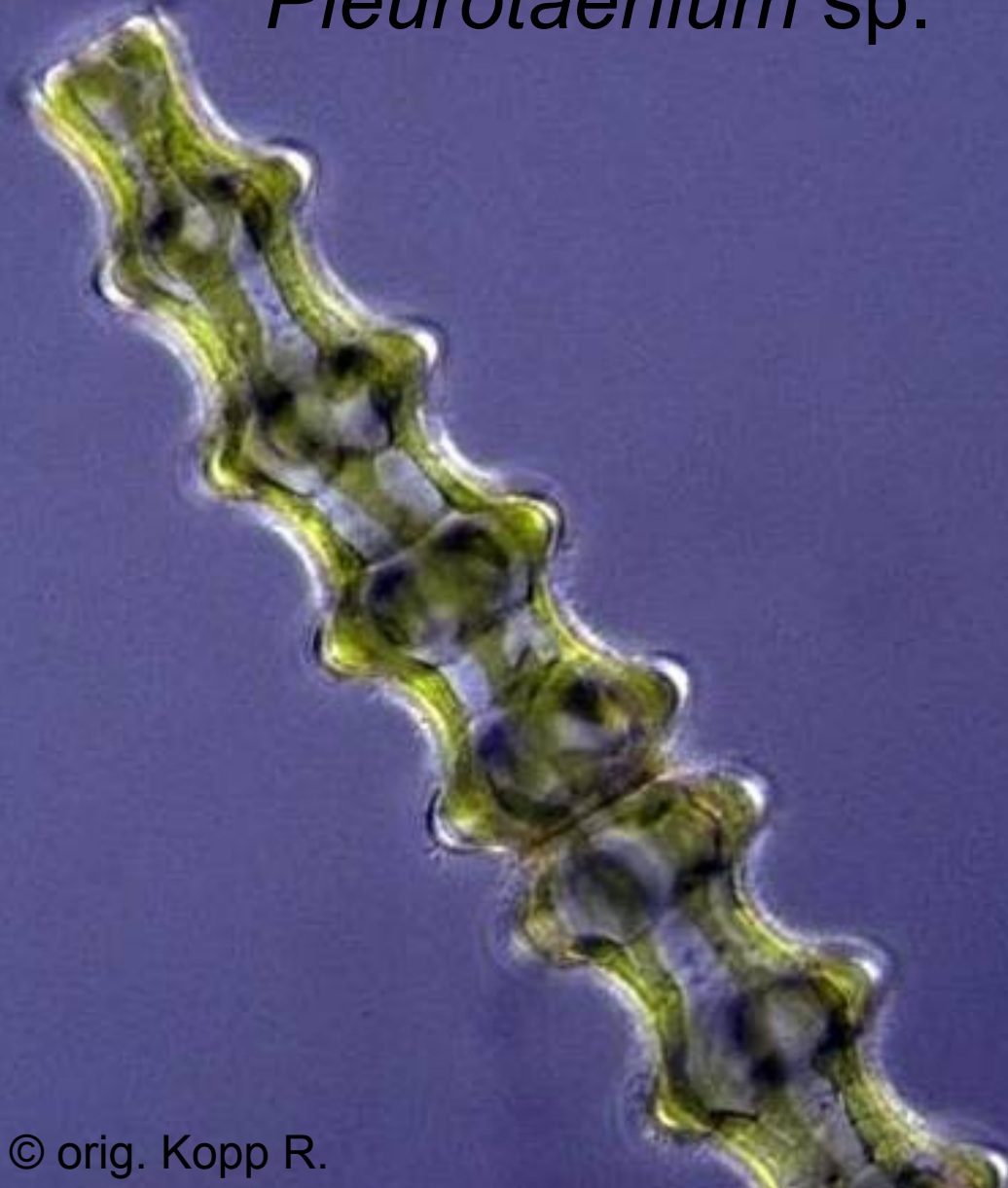


© orig. Uher B.

50  $\mu$ m

Odd.: Charophyta Třída: Zygnematophyceae Řád: Desmidiiales

*Pleurotaenium* sp.



© orig. Kopp R.



Odd.: Charophyta Třída: Zygnematophyceae Řád: Desmidiiales

*Xanthidium* sp.



© orig. Uher B.



*Xanthidium* sp.



© orig. Uher B.



# Využití parožnatek

- Dříve v minulosti často jako přírodní hnojivo
- Modelové buňky - studie v cytologii (velké buněčné organely)
- Bioindikátory
- Citlivost na těžké kovy ve vodě
- V akvaristice - produkují feromony, které stimulují vodní živočichy (ryby) k rozmnožování...

Děkuji za pozornost

