

Dr. Bent Madsen vo svojom životopise napísal, že ho voda vždy priťahovala ako žena a zasvätil jej ochrane celý svoj doterajší život. Od roku 1965 do 1972 pôsobil na Univerzite v Copenhagene ako ekológ a zoológ. Vo funkcii docenta pracoval aj na Univerzite Lund vo Švédsku, kde bol zodpovedný za rozvoj ekológie, neskôr v tejto špecializácii pokračoval na Univerzite v Odense v Dánsku.

Bol poradcom ministra životného prostredia a hoci už je na dôchodku, ešte stále je žiadaným odborníkom. Dostal rôzne ceny z rúk ministrov, architektov, učiteľov i športovcov a rybárov. Nadšenie pre ochranu prírody a dobré zdravie vo veku 78 rokov robia tohto skromného človeka a vedca nevšedným a charizmatickým. Zažil v živote veľa neobyčajných stretnutí a náhod a pre nás bolo veľkým zážitkom stretnúť sa s ním a zdieľať jeho názory o revitalizácii tečúcich vôd.

Budeme poctení, ak Dr. Bent Lauge Madsen opäť navštíví Slovensko a podelí sa s nami o jeho cenné skúsenosti z výskumu a ochrany tečúcich vôd.

Eva BULÁNKOVÁ

## ODBORNÉ PRÍSPEVKY

### **Endocelulárna symbióza na príklade cyanel a rias žijúcich v protoplaste jednobunkových živočíchov**

Endocellular symbiosis in case of cyanelles and algae living in the protoplast of unicellular animals

František HINDÁK

*Botanický ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 845 23 Bratislava  
e-mail: frantisek.hindak@savba.sk*

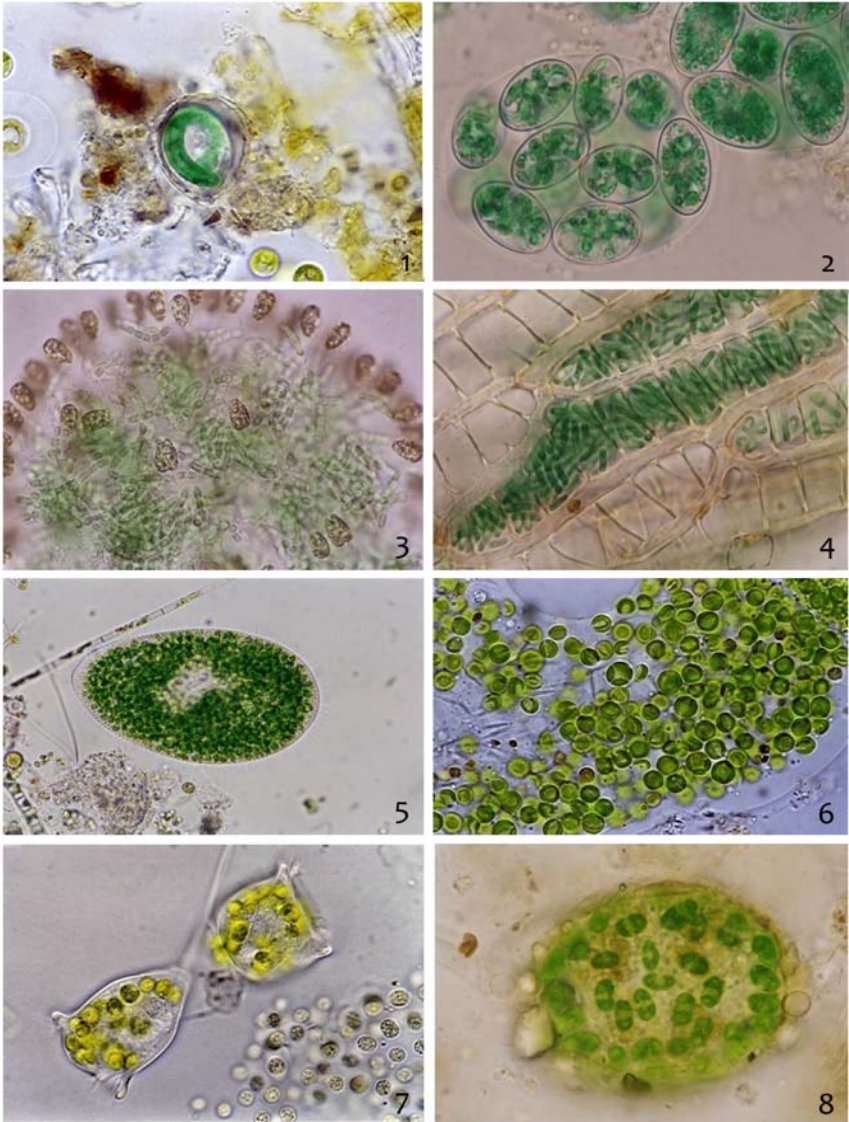
#### **Abstract**

This contribution is an introduction to the problematic of the endocellular symbiosis of cyanelles and algae with microscopic unicellular animals. Several types of phototrophic endosymbionts are presented, i.e. prokaryotic cyanelles (Glaucochyta), and eukaryotic coccoid green algae (Chlorophyta). Classification of these organisms is only slightly documented, therefore their molecular data are needed to elucidate their position in the phylogenetic system of living creatures.

*Keywords: cyanelles, coccoid green algae, endocellular symbiosis, Protozoa*

#### **Úvod**

Formy symbiózy mikroskopických siníc (cyanel) a rias s inými živými organizmami sú rozmanité (cf. Fott 1967; Round 1981; Rai et al. 2002). V tomto príspevku chceme poukázať na endocelulárnu symbiózu, pri ktorej hositeľ je mikroskopický jednobunkový živočích a endosymbiont žije priamo v jeho protoplaste, nie epizooticky na jeho povrchu, či v medzibunkových priestoroch (*Synechococcus* sp., Obr. 4) alebo endogleicky v slize kolónie (*Synechococcus*



Obr. 1-8: 1 – Koreňonožec *Paulinella chromatophora* s dvoma cyanelami; 2 – *Glaucocystis nostochinearum* s hviezdovitou usporiadanými cyanelami; 3 – kolóniová sinica *Woronichinia naegeliana* s endogleickými bunkami kokálnej sinice *Synechococcus endophyticus*; 4 – *Synechococcus* sp. rozmnožený v medzibunkových priestoroch rašelinníka; 5 – črievička *Paramecium bursaria* s endosymbiotickými zelenými riasami *Chlorella vulgaris* (bunky s pyrenoidom); 6 – zelené riasy *Chlorella* sp. (bunky bez pyrenoidu) v bunke nálevníka; 7 – nálevník z rodu *Vorticella* s endocelulárnymi chlorelami; 8 – koreňonožec s vnútrobunkovými jednobunkovými zelenými riasami typu *Stichococcus* (Foto: autor).

*endophyticus*, Obr. 3) (Hindák 2008). Endocelulárny/endoprotoplastický typ symbiôzy je zrejme jeden z najstarších, pretože vzťah medzi bunkou živočícha a jeho fototrofnou zložkou – cyanelou, alebo zelenou jednobunkovou riasou, je bezprostredný. Hostiteľským organizmom bol v pravekej histórii vývoja živých organizmov jednobunkový heterotrofný bičíkovec, alebo iný apochlorický prvok, ktorý ako potravu prijal sinicu alebo riasu, ale ju nestrávil. Táto korisť sa prispôsobila na podmienky života v jeho bunke, delila sa a pri rozmnožovaní živočícha sa stala súčasťou novovzniknutých dcérskych buniek. Výhody takejto symbiôzy boli vzájomné, obidvaja partneri využívali vyprodukované metabolity. Sinica alebo riasa mala u hostiteľa zabezpečený úkryt pred predátormi až dovtedy, kým sa tento živočích nestal potravou iného predátora a hostiteľ zasa dostával k dispozícii kyslík a organické látky, ktoré fotosyntézou produkovali cyanely a riasy.

Štúdiu vzájomných vzťahov medzi hostiteľom a endosymbiontom sa venovalo mnoho pozornosti (cf. Round 1981), napriek tomu veľa otázok aj elementárneho charakteru, akou je napr. ich presná taxonomická identifikácia, zostáva stále nezodpovedaných. Príčinou je neobyčajná metodická náročnosť výskumu, a to najmä v tých prípadoch, keď sa jedná o obligatórnu symbiôzu, pri ktorej obidvaja partneri sú natoľko na seba naviazaní, že nemôžu existovať jeden bez druhého. Týka sa to predovšetkým tých organizmov, kde fotobiontnou zložkou sú cyanely. Zistilo sa, že cyanely u *Paulinella chromatophora* (Obr. 1) majú rovnakú ultraštruktúru ako prokaryotické sinice, ale bunková stena im chýba (cf. Fott 1967; Rai et al. 2002). Partneri sa nedajú samostatne kultivovať a jeden bez druhého hynie.

Pravdepodobne pokročilejší typ endocelulárnej symbiôzy predstavuje spoložitie prvokov s jednobunkovými zelenými riasami z okruhu rodov *Chlorella* alebo *Stichococcus*. Teoreticky táto symbiôza môže byť buď striktnie obligatórna, t.j. jeden druh riasy môže žiť v bunkách iba jediného druhu symbionta, alebo viac druhov živočíchov má ten istý druh symbiotickej riasy, čo však doteraz nebolo experimentálne dokázané. Známy je aj voľnejší typ spoložitia, pri ktorom obidva organizmy môžu žiť samostatne. Príkladom môže byť známa črievička *Paramecium bursaria*, u ktorej nachádzame jedince ako bez symbiontov (apochlorické), tak aj so symbiontmi (zelené, Obr. 5). Vnútri protoplastu žijúce chlorelly (nazývané tiež endochlorelly alebo zochlorelly) sa dajú samostatne kultivovať v laboratóriu na bežných médiách pre zelené riasy. Obdobne je to aj v prípade zochlorelly bez pyrenoidu. Naproti tomu riasy z okruhu rodu *Stichococcus* žijúce v protoplaste schránkatých koreňonožcov sa doteraz nepodarilo izolovať a kultivovať mimo tela svojho hostiteľa (Obr. 8).

### **Prehľad hlavných typov endocelulárnych symbiotických organizmov**

V našich sladkovodných biotopoch sa nachádza neprebádané množstvo fototrofných endosymbiontov, ktorých hostiteľské organizmy – jednobunkové prvky (améby, koreňonožce, nálevníky, a pod.), sú zväčša už známe. Taxonomickú rôznorodosť endosymbiontov vidieť z nasledujúceho prehľadu, ktorý pre lepšiu orientáciu má formu určovacieho kľúča. Treba však zdôrazniť,

že vzhľadom na nedostatok informácií v tejto vednej oblasti je prehľad iba orientačný.

#### Kľúč na určovanie študovaných endobiontov

- 1a Endocelulárna symbióza s **prokaryotickými cyanelami** majúcimi funkciu chloroplastov ..... Glaucophyta  
[napr. *Paulinella chromatophora* (Obr. 1), *Chalarodora azurea*, *Cyanoptyche gloeocystis*, *Gloeochaete witrockiana*, *Glaucocystis nostochinearum* (Obr. 2)]
- 1b Endocelulárna symbióza s **eukaryotickými zelenými jednobunkovými riasami** ..... 2
- 2a Rozmnožovanie buniek **autospórami** typu *Chlorella* ..... 3
- 3a Endochlorelly **guľovité** ..... 4
- 4a Guľovité endochlorelly s **pyrenoidom** typu *Chlorella vulgaris* ..... 5
- 5a Bunky 3-7 µm v priemere ..... *Chlorella vulgaris* (Obr. 5, 7)
- 5b Bunky väčšie ..... *Chlorella* sp.
- 4b Guľovité endochlorelly **bez pyrenoidu** .....  
..... *Chlorella minutissima* (Obr. 6)
- 3b **Oválne** endochlorelly s pyrenoidom ..... *Chlorella* sp.
- 2b Rozmnožovanie priečnym **delením bunky na dve časti** typu .....  
..... *Stichococcus* (doteraz nezaradený druh, Obr. 8)

Skupina organizmov s endocelulárnymi cyanelami púta pozornosť biológov aj z hľadiska riešenia otázky pôvodu chloroplastov u rias (teória endosymbiotického pôvodu chloroplastov u rias, v tomto prípade u červených rias). Cyanely majú schopnosť fotosyntézy a v bunke hostiteľa fungujú ako chloroplasty. Bunky hostiteľského živočícha majú pravé jadro – eukaryon, niekedy aj pulzujúce vakuoly (*Chalarodora azurea*, *Cyanoptyche gloeocystis*), štetinovité výbežky (*Gloeochaete witrockiana*), alebo zhrubnutú bunkovú stenu, podobne ako chlorokokálna riasa *Oocystis* (*Glaucocystis nostochinearum*, Obr. 2). Ich pozícia v systéme živých organizmov nie je vyriešená. Starmach (1966) akceptoval Skujom (1948) navrhnuté oddelenie Glaucophyta, naproti tomu niektorí iní algológovia (cf. Fott 1966; Hindák 2008) ich tradične ponechávajú v jednotlivých systematických skupinách.

#### **Diskusia**

Ako vidieť aj z tohto krátkeho prehľadu, škála endozoických symbiotických organizmov je doteraz len čiastkovo preskúmaná a viaceré druhy nie sú ešte presne zaradené. Prvoradá požiadavka je dôkladná znalosť životných cyklov endobiontov v prírodných ekosystémoch a v laboratórnych podmienkach. V ideálnom prípade to vyžaduje izolovať monodruhové kultúry, ktoré zaručujú, že sa jedná o jeden a ten istý organizmus. U niektorých predstaviteľov prokaryotických glaukofytov (napr. *Gloeochaete witrockiana*, *Glaucocystis nostochinearum*) a u väčšiny zelených jednobunkových rias to bude metodicky zvládnuťelné, o čom svedčia už existujúce kmene glaukofytov (napr. *Glaucocystis nostochinearum*, Obr. 2) v algologických zbierkach. Komplikova-

nejšia a doteraz bez úspechu je izolácia cyanel napr. u koreňonožca *Paulinella chromatophora* alebo u *Chalarodora azurea*. Aj v prípade endosymbiontov sa veľa sľubuje od získania molekulárnych údajov, ktoré ukážu na ich fylogenetické postavenie v systéme živých organizmov. Osobitnú pozornosť pri tom treba venovať tzv. kryptickým druhom, ktoré sú morfológicky podobné niektorým známym druhom, ale geneticky sú odlišné.

### PodĎakovanie

Práca bola financovaná s podporou projektov VEGA 2/130/10 a 2/0073/13.

### Literatúra

- FOTT, B. 1967. Sinice a řasy. Academia, Praha, 520 pp.
- HINDÁK, F. 2008. Colour atlas of cyanophytes. Veda, Bratislava, 253 pp.
- HINDÁK, F. & HINDÁKOVÁ, A. 2012. *Chalarodora azurea* Pascher 1929 – a rare glaucophyte found in the peat-bog Klin (Orava, northern Slovakia), pp. 53-60. In: WOŁOWSKI, K., KACZMARSKA, I., EHRMAN J.M. & WOJTAL, A.Z. (eds), Current advances in algal taxonomy and its applications: phylogenetic, ecological and applied perspective. Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- RAI, A.M., BERGMAN, B. & RASMUSSEN, U. 2002. Cyanobacteria in symbiosis. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 355 pp.
- ROUND, F.E. 1981. The ecology of algae. Cambridge Univ. Press, 653 pp.
- SKUJA, H. 1948. Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Sweden. Symb. Bot. Upsal. 9(3): 1-399.
- STARMACH, K. 1966. Cyanophyta – sinice, Glaucophyta – glaukofity. Flora slodkowodna Polski, Warszawa 2: 1-807.

## Masový rozvoj fototrofných mikroorganizmov v okolí termálneho gejzíra v Gánovciach

Mass development of phototrophic microorganisms near a thermal geyser at Gánovce

František HINDÁK & Alica HINDÁKOVÁ

Botanický ústav, Dúbravská cesta 9, 845 23 Bratislava;  
e-mail: frantisek.hindak@savba.sk, alica.hindakova@savba.sk

### Abstract

Communities of phototrophic microorganisms of a thermal geyser at Gánovce near Poprad, C. Slovakia, were studied. Three main groups of organisms were producing macroscopic masses near geyser: cyanobacteria, green algae and diatoms. From cyanobacteria, *Phormidium beggiatoforme* formed yellow to brown masses, *P. tenue* green to black masses, nostocalean species *Rivularia haematites* dark brown to black colonies. Filaments of a zygnematacean alga *Spirogyra* sp. steril. were accommodated in a shallow pool forming huge green masses. Diatoms in spite of their small cells were responsible for dark yellow to brown color on the surface of flooded soil near geyser or occurred solitary among other cyanobacteria and algae.