

## **Epilitické cyanobaktérie a riasy v podzemnom Mauzóleu Chatam Sófer**

### **Epilithic cyanobacteria and algae in subterrean Mausoleum Chatam Sófer**

BOHUSLAV UHER & LUBOMÍR KOVÁČIK

*Katedra botaniky PríF UK, Révová 39, 811 02 Bratislava 1; uher@fns.uniba.sk*

The species composition of epilithic cyanobacteria and algae in subterrean Mausoleum Chatam Sofer, was investigated over a period of one year (2002) with samples collected and monospecific cultures cultivated. A total of 28 taxa of cyanobacteria and algae were determined, 109 unialgal strains were obtained. The dominant species within these communities are mainly filamentous forms of cyanobacteria (*Nostoc*, *Leptolyngbya*), chlorophytes (*Klebsormidium*), xanthophytes (*Heterococcus*) and also unicellular cyanobacteria (*Chroococcidiopsis*) and chlorophytes (*Chlorella*, *Chlorosarcinopsis*).

**Keywords:** algae, biodeterioration, cyanobacteria, Chatam Sofer, subaerial biotopes.

Na území Bratislavy sa nachádza niekoľko historických cintorínov (Ondrejský cintorín, Evanjelický cintorín Kozia brána, Cintorín sv. Mikuláša, Neologický židovský cintorín atď.). Čiastkové údaje o cyanobaktériách a riasach z náhrobkov cintorínov uverejnili už skôr Kapusta & Kováčik (2000), Uher (2002), Uher & Kováčik (2002).

Chatam Sófer pôsobil v Bratislave v období 1806–1839 ako hlavný rabín a predstavený ješivy (židovskej školy), ktorá tu existovala od 14. storočia až do roku 1939. Kamenná tumba so Sóferovými telesnými ostatkami tvarovo pripomína antický sarkofág. Nachádza sa v betónovej hrobke pred portálom tunela od Dunaja pod úrovňou frekventovanej mestskej komunikácie spolu s ďalšími 23 zachovanými hrobami a 41 náhrobnými kameňmi starého židovského cintorína, ktorý na tomto mieste bol založený v roku 1670 (Stern 1998). Cieľom výskumu bolo prostredníctvom kultivácie zistiť potenciálnu fykoflóru v podzemnom Mauzóleu Chatam Sófer a zároveň stanoviť, ktoré štádium predstavuje pre daný druh „vegetatívnu bunku“.

#### **Materiál a metódy**

Z hľadiska substrátu ide zväčša o pieskovcové náhrobné kamene. Odber vzoriek bol vykonávaný roku 1998 krátko pred totálnou rekonštrukciou Mauzólea, keď vnútorné priestory betónovej krypty boli osvetľované len v čase čoraz častejších návštev židovských veriacich, teplota vzduchu (1 m nad betónovou podlahou) v tom čase v priebehu roka kolísala v rozpätí 9,8–21 °C a relatívna vlhkosť vzduchu 96–98%. Nevyhnutným predpokladom na štúdium účasti cyanobaktérií a rias v procese biodeteriorácie kamenných substrátov je využitie laboratórnych kultívácií. Metodiku laboratórneho štúdia cyanobaktérií sme robili podľa práce Ettl (1978). Cyanobaktérie a riasy boli pestované v tekutom a pevnom živnom médiu (s 1,5% agarom), resp. v tzv. bifáze (Davis 1967), pričom sme použili kultivačné médiá Z podľa Zehndera (Staub 1961), BG11 (Rippka et al. 1979) a BBM (Chantanachat & Bold 1962). Spôsob izolácie a kmeňovej kultivácie sme vykonali podľa práce Komárka (1978). Kultúry sme udržiavali pri laboratórnej teplote cca 22 °C a permanentnom žiarivkovom osvetlení 662 l H resp. 2,14 W.m<sup>2</sup> (PAR), alebo 10,3 μmol.s<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup>. Pri mikroskopovaní sme používali mikroskop značky Zeiss pri zväčšeniach (okulár H objektív) 16 H 10, 16 H 40 a 16 H 100

(olejová imerzia), na meranie objektov sme používali okulár s mikrometrom. Na determináciu a taxonomické vyhodnotenie kultúr cyanobaktérií a rias sme použili viaceré determinačné kľúče a monografie (Albertano & Kováčik 1994, Andrejeva 1975, Ettl & Gärtner 1995, Geitler 1932, Hindák et al. 1978, Komárek & Anagnostidis 1999, Starmach 1966 a i.). Pri štúdiu sme sa pridržovali zásad taxonomickej práce ako uvádza Komárek (1978). Taxonomická nomenklatúra je zjednotená podľa práce Marhold & Hindák (1998), skratky autorov botanických mien rastlín sú podľa práce Brummitt & Powell (1992).

## Výsledky a diskusia

V podzemnom Mauzóleu Chatam Sófer sme determinovali celkom 28 taxónov, z čoho je 7 cyanobaktérií, 1 žltozelená riasa a 20 zelených rias.

Nasledujúci zoznam obsahuje všetky druhy cyanobaktérií a rias súhrnne za celé obdobie výskumu v podzemnom Mauzóleu Chatam Sófer, s uvedenou frekvenciou kmeňov Kováčik et Uher 1998/ \* s poradovým číslom v zátvorke.

---

### CYANOBACTERIA/CYANOPHYTA

Trieda: *Cyanophyceae*

Rad: *Chroococcales*

Čeľad: *Synechococcaceae*

*Aphanothece pallida* (\*2)

Čeľad: *Xenococcaceae*

*Chroococcidiopsis umbratilis* (\*5, 72)

Rad: *Oscillatoriales*

Čeľad: *Pseudanabaenaceae*

*Leptolyngbya cf. fragilis* (\*56, 58), *Leptolyngbya nostocorum* (\*77), *Leptolyngbya cf. tenuis* (\*38)

Rad: *Nostocales*

Čeľad: *Nostocaceae*

*Nostoc edaphicum* (\*31, 73, 74, 78, 79, 89, 99, 100, 101, 102), *Nostoc microscopicum* (\*80, 87)

### HETEROKONTOPHYTA

Trieda: *Xanthophyceae*

Rad: *Tribonematales*

Čeľad: *Heterococcaceae*

*Heterococcus brevicellularis* (\*106, 107)

### CHLOROPHYTA

Trieda: *Chlamydoephyceae*

Rad: *Chlorococcales*

Čeľad: *Chlorococcaceae*

*Cystomonas cf. indica* (\*61, 62), *Tetracystis excentrica* (\*60)

Rad: *Chlorellales*

Čeľad: *Characiaceae*

*Kentrosphaera gibberosa* (\*103)

Čeľad: *Chlorellaceae*

*Chlorella vulgaris* (\*11, 15, 29, 37, 67, 91), *Ch. lobophora* (\*16, 109), *Ch. cf. kessleri* (\*21, 53, 64), *Muriella terrestris* (\*1, 14, 17, 25, 27, 30, 32, 33, 34, 40, 45, 46, 51, 52, 59, 65, 68, 70, 71, 75, 83, 85, 86, 95, 98, 108), *M. zofingiensis* (\*26, 36, 41, 57, 63), *M. cf. terrestris* 1 (\*8), *M. cf. terrestris* 2 (\*92, 104, 105)

Čeľad: *Radiococcaceae*

*Gloeocystis cf. vesiculosa* (\*28)

Čeľad: *Oocystaceae*

*Oocytis* sp. (\*42), *O. asymmetrica* (\*7), *O. minuta* (\*66, 88)

---

---

Čeľad: *Scenedesmaceae*

*Scenedesmus* cf. *acutus* (\*48), *S. obliquus* (\*9, 19)

Čeľad: *Chlorosarcinaceae*

*Chlorosarcinopsis pseudominor* (\*18, 93, 12, 22, 23, 49)

Trieda: *Charophyceae*

Rad: *Klebsormidiales*

Čeľad: *Klebsormidiaceae*

*Klebsormidium flaccidum* (\*3, 4, 20, 50, 72, 84), *Stichococcus* sp. (\*97), *S. bacillaris* (\*69)

---

Poznanie životných cyklov je dôležité pre správnu determináciu mnohých taxónov cyanobaktérií a rias. V študovanom materiáli sme zistili úplný životný cyklus pri druhoch *Heterococcus brevicellularis* Vicher, *Chlorosarcinopsis pseudominor* Groover & Bold, *Scenedesmus obliquus* G. S. West, *Oocystis asymmetrica* W. & G. S. West sensu Komáromy, *Klebsormidium flaccidum* (Kütz.) Silva, Mattox & Blackwell a *Kentrosphaera gibberosa* Vodeničarov et Benderliev.

Po prvý raz vôbec sa pozorovalo pohlavné rozmnožovanie izogamiou pri druhu *Kentrosphaera gibberosa* var. *gibberosa*, a tvorba zygospór v bifázových kultúrach.

Pri druhoch *Scenedesmus obliquus* (Turp.) Kütz. a *Oocystis asymmetrica* W. & G. S. West sensu Komáromy, ktoré Komárek a Fott (1983) zaradili do rodu *Ecdysichlamys* na základe typu materských bunkových stien, sme dospeli k záverom, že bunkové steny sú často po prasknutí dlho s dcérskymi bunkami, pričom netvorí puzdro okolo vegetatívnych buniek. Tento diakritický znak je stabilný pre týchto zástupcov z dvoch odlišných rodov, čo vyplýva z funkčnej adaptácie na terestrické podmienky. Podobný morfológický prejav majú aj na agarom spevnenom médiu BBM alebo v bifázových kultúrach, ale v roztoku BBM už je prejav výrazne odlišný a *S. obliquus* vytvára cenóbiá, ktoré sa netvorí pri druhu *O. asymmetrica*.

Na základe štúdia cyanobaktérií a rias a doplnujúcich štúdií môžeme zhodnotiť potenciálne biodeteriorizačné riziká pre kamenné náhrobky v synergickom pôsobení environmentálnych faktorov (najmä vlhkosti a teploty) za významné.

V tomto čiastkovom výskume sme potvrdili, že všetky determinované taxóny sú pôvodne terestrické (resp. subaerické) a že pôda býva najčastejším zdrojom "infekcie" kameňa ako vhodného substrátu pre mikroorganizmy.

Pri porovnaní s inými biodeteriorizačnými štúdiami, sme opakovane potvrdili výskyt zástupcov z rodov *Aphanothece*, *Chroococciopsis*, *Leptolyngbya*, *Nostoc*, *Chlorosarcinopsis*, *Muriella*, *Chlorella*, *Stichococcus*, *Scenedesmus*, *Oocystis* a *Klebsormidium* aj na tejto lokalite (cf. Anagnostidis et al. 1992, Andrejeva 1973, Asencio & Aboal 2000, Grilli Ciaola et al. 1987, Kapusta & Kováčik 2000, Lee & Eggleston 1989, Leitao et al. 1996, Mannino 1991, Ortega-Calvo et al. 1991, Ortega-Calvo et al. 1993, Schlichting Jr. 1975, Tomaselli et al. 1982).

#### **PodĎakovanie**

Výskum bol riešený v rámci projektu Grantovej agentúry VEGA č. 1/9114/02 a Grantu pre doktorandov PRIF UK 10/2002 s názvom „Ultraštruktúralne aspekty ataku cyanobaktérií a rias v procese biodeteriorizácie stavebných kameňov kultúrneho významu v Bratislave“.

Autori ďakujú Prof. RNDr. Františkovi Hindákovi, DrSc. za kritické pripomienky k determinovaným taxónom cyanobaktérií a rias.

## Literatúra

- Albertano P. & Kováčik L., 1994: Is the genus *Leptolyngbya* (Cyanophyta) a homogenous taxon? – *Algol. Stud.*, 75: 37–51.
- Anagnostidis K., Gehrmann C. K., Gross M., Krumbein W. E., Lisi S., Pantazidou A., Urzi C. & Zagari M., 1992: Biodeterioration of marbles of the Parthenon and Propylaea, Acropolis, Athens - associated organisms, decay and treatment suggestions. – In: Decrouez D., Chamay J. & Zezza F. (eds.), The conservation of monuments in the Mediterranean Basin, Proc. 2-nd Int. Symp., Genève, 19.-21.11. 1991. Musée d'Art et d'Histoire Naturelle, Genève, pp. 305–325.
- Andrejeva V.M., 1975: Novije vidy *Chlorella* Beijer. – *Bot. Ž.*, 63: 441–460.
- Asencio A.D. & Aboal M., 2000: A contribution to knowledge of chasmoendolithic algae in cave-like environments. – *Algol. Stud.*, 98: 133–151.
- Brummitt, R.K. & Powell, C.E. (eds), 1992: Authors of plant names. Royal Botanic Garden, Kew, pp. 1–732.
- Davis J.S., 1967: A technique for long term maintenance of alga cultures. – *Transac. Illinois St. Acad. Sci.*, 60: 1–109.
- Ettl H., 1978: Metódy laboratórneho štúdia rias. – In: Hindák, F. (ed.), *Sladkovodné riasy*. SPN, Bratislava, pp. 163–185.
- Ettl H. & Gärtner G., 1995: *Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York.
- Garty J., 1990: Influence of epilithic microorganisms on the surface temperature of building walls. – *Can. J. Bot.*, 68: 1349–1353.
- Geitler L., 1932: Cyanophyceae. – In: Rabenhorst, L.(ed.), *Kryptogamen Flora 14*. Akademische Verlags-Gesellschaft, Leipzig, pp 1–1196.
- Grilli Ciaola M., Forni C. & Albertano P., 1987: Characterization of the algal flora growing on ancient Roman frescoes. – *Phycologia*, 26: 387–390.
- Hindák F. (ed.), 1978: *Sladkovodné riasy*. SPN, Bratislava.
- Chantanachat S. & Bold H.C., 1962: Phycological studies II. Some algae from arid soils. –*Texas Publ.*, 6218: 1–74.
- Kapusta M. & Kováčik L., 2000: Epilitická fykoflóra vybraných antropogénnych objektov mesta Bratislavy. – *Bull. Slov. Bot. Spoločen.*, 22: 15–22.
- Komárek J. & Anagnostidis K., 1999: *Cyanoprokaryota 1. Teil. Chroococcales*. – In: Ettl, H., Gärtner, G., Heinig, H. & Mollenhauer, D. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Bd.19/1. Gustav Fischer Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm, pp.1–548
- Lee T.F. & Eggleston P.M., 1989: Airborne algae and cyanobacteria. – *Grana*, 28: 63–66.
- Leitão M.T., Santos M.F., Sérgio C., Ormonde J. & Carvalho C.M., 1996: Plantas criptogámicas na atmosfera de coimbra, Portugal. – *Anales Jardin Bot. de Madrid*, 54:30–36.
- Marhold K. & Hindák F., 1998: *Zoznam vyšších a nižších rastlín Slovenska* (CD-ROM). Veda, Bratislava.
- Ortega-Calvo M., Hernandez-Marine M. & Saiz -Jimenez C., 1991: Biodeterioration of Building Materials by Cyanobacteria and Algae. – *International Biodeterioration*, 28: 165–185.
- Ortega-Calvo J.J., Hernandez-Marine M. & Saiz-Jimenez C., 1993: Cyanobacteria and algae on historic buildings and monuments. *Recent Adv. – Biodeter. and Biodegr.*, 1: 173–203.
- Rippka R., Deruelles J., Waterbury J.W., Herdman M. & Stanier R.G., 1979: Genetic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. – *J. Gen. Microbiol.*, 11: 1–61.
- Schlichting H.E. Jr., 1975: Some subaerial algae from Ireland. – *Br. Phycol. J.* 10: 257-261.
- Staub R., 1961: Ernährungsphysiologisch-autökologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* DC. – *Schweiz. Z. Hydrol.*, 23: 82–198.
- Starmach K., 1966: Cyanophyta - Sinice, Glaucophyta - Glaukofity. – In: Starmach, K. (ed.), *Flora Śladkovodna Polski*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 2: 1–808.
- Stern T., 1998: Beth Olam - Dom večnosti. Židovské cintoríny na Slovensku. – *Pamiatky a múzeá*, 1: 33–38.
- Tomaselli L., Margheri M.C. & Florenzano G., 1982: Indagine sperimentale sul ruolo dei cianobatteri e delle microalge nel deterioramento di monumenti ed affreschi. – In: Proc. 3rd Int.Congress on Deterioration and Preservation of Stones. Università degli Studi, Istituto di Chimica Industriale, Venice, Padova, pp. 313–325.
- Uher B., 2002: Úloha cyanobaktérií a rias v procese biodeteriorizácie stavebného kameňa kultúrneho významu. – In: *Zborník abstraktov prác diplomantov a doktorandov, Študentská vedecká konferencia*, Bratislava, 11.–12. 4. 2002. PriF UK, Bratislava, pp. 41.
- Uher B. & Kováčik L., 2002: Epilithic green algae from the tombstone in historic cemetery in Bratislava, Slovakia. – In: Hindák F. (ed.), *Programme & Abstracts. – Biology and Taxonomy of Green Algae IV*, International Symposium, Congress Center of the Slovak Academy of Sciences, Smolenice-Castle, Slovakia, June 24.–28, 2002. SAV, Bratislava, pp.87.