

Výskyt cyanobaktérií a rias v nárastoch „lampenflóry“ v šiestich sprístupnených jaskyniach na Slovensku

Occurrence of cyanobacteria and algae in growths of lampflora in six show caves of Slovakia

KATARÍNA ŠRAMKOVÁ & LUBOMÍR KOVÁČIK

Katedra botaniky PríF UK, Révová 39, 811 02 Bratislava 1, ksramkova@fns.uniba.sk, kovacic@fns.uniba.sk

Abstract: The first systematic floristic observation of phycoflora is presented from six selected show caves in Slovakia (Belianska, Bojnická, Bystrianska, Gombasecká, Domic a Driny).

A total of 26 taxa were identified, comprising cyanobacteria (5), diatoms (5) and chlorophytes (16). The soil species of cyanobacteria and algae are dominated in this special subterranean environment. The species *Myrmecia incisa* Reisinger, *Chlorella emersonii* Shihira et Krauss, *Scotiellopsis reticulata* Punčochářová & Kalina and *Klebsormidium crenulatum* (Kützinger) Lokhorst are first records for the territory of the Slovak Republic.

Keywords: cyanobacteria, algae, show caves, lampflora, Slovakia.

Aj napriek bohatému a rôznorodému výskumu slovenských jaskýň, doposiaľ neexistuje významnejšia vedecká práca zaoberajúca sa druhovým zastúpením cyanobaktérií a rias v tomto špecifickom biotope. Zatiaľ boli publikované iba dve práce, ale tie sa týkajú fykoflóry slovenských jaskýň len čiastočne. Prát (1925) v Jasovskej jaskyni pri Košiciach okrem hubových vlákien a spór rodu *Alternaria* určil v nárastoch pokrývajúcích drobné kvaple na strope jaskyne aj bunky cyanobaktérií rodov *Aphanocapsa*, *Aphanothece* a *Chroococcus*, inkrustované vlákna *Schizothrix* a zelenú riasu *Gongrosira*. Pilous (1961) sa zaoberal machorastami Demänovskej doliny. Uvádza okrem iného aj flóru jedenástich neprístupných jaskýň spomínanej doliny podľa hĺbky výskytu jednotlivých druhov. V hlbších častiach jaskýň (viac ako 10 m) determinoval okrem machorastov aj niekoľko druhov vyšších rastlín. Z jaskýň určil celkovo vyše sto druhov rastlín. Z cyanobaktérií uvádza len výskyt *Nostoc commune* a tzv. „čtetné sinné řasy, avšak v neurčitelném stadiu“. O riasach sa zmieňuje len ako o prítomnej všeobecnej skupine a konkrétne spomína iba druh *Pleurococcus vulgaris*.

V speleologickej terminológii je zaužívaný termín „lampenflóra“ na označenie vegetácie (cyanobaktérie, riasy, machorasty, papraďorasty), ktorá sa vyskytuje v umelo osvetlených jaskyniach, najmä na miestach vystavených osvetleniu z lúčov. V sprístupnených jaskyniach však výskyt týchto rastlín predstavuje v speleologickom ponímaní nežiaduci jav, pretože pôsobia deštruktívne na substrát, najmä tvorbou organických kyselín (Hebelka 1989).

Cieľom výskumu bolo zistiť druhové zastúpenie cyanobaktérií a rias vyskytujúcich sa v šiestich slovenských sprístupnených jaskyniach (Belianska, Bojnická hradná, Bystrianska, Gombasecká, Domic a Driny).

Ekologické podmienky v sprístupnených jaskyniach

Základným a limitujúcim činiteľom, ktorý umožňuje fotosyntetickým organizmom rásť v jaskynnom prostredí je svetlo z nainštalovaných lúč. Vhodné svetelné podmienky sú však dôležité najmä pri vzniku a počiatočnom vývine lampenflóry. V mnohých prípadoch im stačí len krátka doba osvetlenia. Výsledky merania intenzity svetla v zahraničných jaskyniach ukazujú, že pre súvislý rast cyanobaktérií a rias už postačuje intenzita svetla 10 – 50 luxov (Johnson in Hebelka 1989).

Klimatickým špecifikom jaskýň je najmä nižšia teplota a pomerne vysoká relatívna vlhkosť vzduchu. V jaskyniach, kde nedochádza k prúdeniu vzduchu, je teplota vzduchu v priebehu roku pomerne stála. V slovenských sprístupnených jaskyniach teplota vzduchu spravidla nepresahuje +10 °C (okrem jaskyne Domica, kde teplota kolíše medzi 10,2 – 11,4 °C) a relatívna vlhkosť vzduchu sa pohybuje nad 90 % (Bella 1997).

Rozšírenie lampenflóry v jaskyniach je okrem svetla podmienené rôznou vlhkosťou substrátu. Práve terestrické cyanobaktérie a riasy majú schopnosť odolávať kolísaniu takejto vlhkosti a môžu sa vyskytovať na akomkoľvek type substrátu. Významný vplyv na vlhkosť substrátu, a tým aj rozvoj lampenflóry má vzdialenosť lúč. V bezprostrednej blízkosti dopadajúceho svetla dochádza k vysychaniu lampenflóry (Hebelka 1989).

Metodika

Odber vzoriek v jaskyniach bol realizovaný v letných mesiacoch roku 2003 po dohode so Správou slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši a Správou Bojnického zámku. Vzorky lampenflóry boli odobraté v týchto sprístupnených jaskyniach: Belianska (8 odberových miest), Bojnická hradná (6), Bystrianska (2), Gombasecká (8), Domica (6) a Driny (4). Odber vzoriek z nárastov lampenflóry bol vykonaný zoškrabaním pomocou skalpela do odberových nádobiek. Počet odberových miest závisel od množstva výskytu makroskopicky viditeľných zelených, či zelenkastých nárastov a od možnosti bezpečného prístupu k nárastu. V laboratóriu boli jednotlivé vzorky zaliate výživným tekutým kultivačným médiom Z podľa Zehndera (Staub 1961) a po 2 – 3 týždňoch (pri existencii viditeľného nárastu) rozpašované v Petriho miskách na kultivačné médium Z spevnené 2% agarom. Po náraste z agaru v Petriho miskách boli izolované jednotlivé unialgálne kmene cyanobaktérií, resp. rias a pestované opäť na pevnom i v tekutom výživnom médiu Z v skúmavkách pri laboratórnej teplote cca 20 °C a nepretržitom žiarivkovom osvetlení 662 lx resp. 2,14 W.m² (PAR). Zistené taxóny boli determinované z kultúr (okrem rozsievok, kde bola použitá metóda trvalých preparátov zalievania do pleuraxu) podľa citovanej literatúry (Geitler 1925, Komárek & Fott 1983, Lokhorst 1996, Krammer & Lange-Bertalot 1986, 1988, Ettl & Gärtner 1995).

Výsledky a diskusia

V šiestich slovenských sprístupnených jaskyniach bolo zistených celkom 26 taxónov. Najväčšie zastúpenie mali zelené riasy (16 taxónov), pričom dominovali kokálne typy (13). Zvyšok tvorili vláknité typy cyanobaktérií (5 taxónov) a rozsievky (5). Najviac taxónov bolo zistených v Belianskej (13) a Gombaseckej jaskyni (14), naopak najchudobnejšiu fykofloru mala Bystrianska jaskyňa (1).

Pre územie Slovenska boli zistené štyri nové taxóny, z nich to boli tri kokálne zelené riasy: *Myrmecia incisa* Reisigl, *Chlorella emersonii* Shihira et Krauss, *Scotiellopsis reticulata* Punčochárová et Kalina a jedna vláknitá zelená riasa *Klebsormidium crenulatum* (Kützigg) Lokhorst (Hindák & Hindáková 1998, Kapusta & Kováčik 2000, Uher & Kováčik 2004).

Zoznam nájdených taxónov v šiestich sprístupnených jaskyniach Slovenska.

V zátvorkách sú uvedené skratky jaskýň (Belianska – BE, Bojnická hradná – BO, Bystrianska – BY, Gombasecká – GO, Dmica – DO a Driny – DR). Číslo za lomkou (/) uvádza, na koľkých miestach porastených lampenflórou bol taxón v jednotlivých jaskyniach zistený. (Celkový počet miest porastených lampenflórou resp. odberových miest: BE – 8, BO – 6, BY – 2, GO – 8, DO – 6, DR – 4). Nové taxóny pre územie Slovenska sú označené hviezdíčkou pred menom (*).

CYANOPHYCEAE

Stigonematales: *Leptolyngbya* sp. 1 (BE/1), *Leptolyngbya* sp. 2 (BE/1, BO/2, GO/2), *Leptolyngbya* sp. 3 (BE/1), *Leptolyngbya* sp. 4 (BE/2). – **Nostocales:** *Nostoc* sp. (GO/2).

BACILLARIOPHYCEAE

Naviculales: *Hantzschia amphioxys* (GO/1), *Navicula contenta* (BE/1, BO/2, GO/1, DR/1), *N. saprophila* (GO/1), *Nitzschia* sp. (GO/1), *N. inconspicua* (GO/1, DR/1).

CHLOROPHYCEAE

Chlorellales: *Chlorella* sp. 1 (DO/1), *Chlorella* sp. 2 (BE/1), **Ch. emersonii* Shihira et Krauss (BO/1), *Ch. kessleri* Fott et Nováková (BE/1, GO/1), *Ch. lobophora* (GO/1, BE/1), *Muriella* sp. (BE/1, BO/1, BY/2, GO/4, DO/3, DR/1), *M. terrestris* J. B. Petersen (BE/3, DR/1), **Myrmecia incisa* Reisigl (BE/1, BO/1), *Pseudochlorococcum* sp. (GO/1), *Pseudococcomyxa simplex* (BE/2), *Scenedesmus obliquus* (DR/1), **Scotiellopsis reticulata* Punčochárová et Kalina (BO/1), *S. terrestris* (GO/1 DO/1).

CHAROPHYCEAE

Klebsormidiales: **Klebsormidium crenulatum* (Kützigg) Lokhorst (GO/1), *K. flaccidum* (BE/2), *Stichococcus bacillaris* (GO/1, DO/1).

Výskyt cyanobaktérií a rias, resp. lampenflóry v jaskyniach je sekundárnym javom podmieneným najmä možnosťou prenosu spór a buniek do jaskyne (prievan, podzemné toky, priesaková voda, živočíchy, návštevnosť).

V jaskyniach Belianska, Bystrianska, Gombasecká a Dmica boli nárasty lampenflóry odstraňované 4% roztokom chlórnanu sodného približne tri roky pred odberom vzoriek. V jaskyni Driny je lampenflóra odstraňovaná každý rok. Bojnická hradná jaskyňa pred odberom vzoriek ešte čistená nebola. Preventívnym opatrením speleológov obmedzujúcim rast lampenflóry v sprístupnených jaskyniach je inštalácia lúč s nižším svetelným výkonom alebo lúč so svetlom, ktoré má redukované spektrálne zloženie v oblasti fotosynteticky aktívneho žiarenia a skrátenie doby osvetlenia počas prehliadky jaskyne na minimálnu možnú mieru (Zelinka 1996).

V jaskyni Driny, ktorá je každoročne po sezóne čistená od nárastov, boli zistené štyri taxóny (*Navicula contenta*, *Nitzschia inconspicua*, *Muriella terrestris* a *Scenedesmus obliquus*). Príčinou by mohol byť otvorený prístup priamo do jaskyne cez objavný komín ústiaci do vrchnej časti vstupnej siene jaskyne, odkiaľ sú druhy

vnášané dovnútra dažďovou vodou a potom návštevníkmi zanášané do iných, hlbších častí jaskyne. V Bystrianskej jaskyni bol zistený len jediný taxón, a to drobná kokálna zelená riasa z rodu *Muriella*. Vyskytovala sa na dvoch dostupných plošne pomerne malých nárastoch, v značnej miere už zasintovaných. V nečistenej Bojníckej hradnej jaskyni nebola aj napriek tomu zistená vyššia druhová diverzita. Determinovaných bolo šesť taxónov s dominanciou kokálnych zelených rias (*Myrmezia incisa*, *Chlorella emersonii*, *Muriella* sp.).

Všetky determinované taxóny sa vyskytovali na mierne vlhkých substrátoch vo vzdialenosti od zdroja svetla 20 cm až 2 – 3 m. Jedine v Belianskej jaskyni to bolo na dvoch miestach do 5 m a dvoch do 10 m od zdroja svetla.

Porovnaním výsledkov s publikovanými údajmi z jaskýň okolitých štátov (Česká republika, Maďarsko, Rakúsko) aj v slovenských sprístupnených jaskyniach sa vyskytujú predovšetkým pôdne typy cyanobaktérií a rias. V Javoříčských a Mládečských jaskyniach a tiež v Kateřínskej jaskyni na Morave boli zistené taxóny totožné s fykoflorou slovenských jaskýň, ako napr. *Pseudococcomyxa simplex*, *Stichococcus bacillaris* a *Klebsormidium flaccidum*. V Kateřínskej jaskyni sa vyskytovali i bližšie nedeterminované druhy rodov *Nostoc* sp. a *Leptolyngbya* sp. (Kaštovský 1995, Kubešová et al. 2002). V maďarských jaskyniach (Baradla, Lillafüred, Kölyuk a Ördöglyuk) boli zhodné výskyty druhov *Navicula contenta*, *Hantzschia amphyoaxis* a *Stichococcus bacillaris* (Claus 1964a, b, Komáromy 1977, Komáromy et al. 1985). V rakúskej jaskyni Hermannshöhle to boli podobne *Navicula contenta*, *Muriella terrestris* a *Stichococcus bacillaris* (Schagerl 1991).

V publikovaných štúdiách z jaskýň sú často taxóny cyanobaktérií a rias determinované len na úroveň rodu (ako „sp.“), pretože ich taxonómia je časovo a metodicke náročná, t.j. vyžaduje laboratórnu kultiváciu. V mnohých prípadoch sú údaje o daných taxónoch v literatúre nedostatočné, čo poskytuje z botanického hľadiska mnoho nevyriešených otázok pre ďalší výskum lampenflóry.

Pod'akovanie

Autori ďakujú RNDr. V. Košelovi, CSc. z Katedry zoológie PríF UK za odber vzoriek z Belianskej jaskyne, RNDr. P. Bellovi, PhD. zo Správy slovenských jaskýň (SSJ) v Liptovskom Mikuláši, pracovníkom jednotlivých správ jaskýň a Správe Bojnického zámku za umožnenie odberu vzoriek, RNDr J. Zelinkovi zo SSJ za ústretovosť, poskytnutie informácií a literatúry ohľadom čistenia lampenflóry. Za pomoc pri determinácii rozsievok J. P. Marin (Murcia, Španielsko), niektorých taxónov Mgr. B. Uherovi, PhD. a za cenné pripomienky k textu prof. RNDr. F. Hindákovi, DrSc.

Literatúra

- Bella, P. 1997. *Slovensko, Sprístupnené jaskyne*. Žilina : Knižné centrum. 64 p.
Claus, G. 1964a. Algal and their mode of life in the Baradla Cave at Aggtelek II. *Int. J. Speleol.* 1964, 1, p. 13 – 17.
Claus, G. 1964b. Daten zur Kenntnis der Algenflora der Höhle Kölyuk von Mánfa. *Int. J. Speleol.* 1964, 1, p. 541 – 551.

- Ettl, H. & Gärtner, G. 1995. *Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen*. Stuttgart; Jena; New York : Gustav Fischer, 1995. 721 p.
- Geitler, L. 1925. Cyanophyceae. In Pascher, A. (ed.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. 12, Jena : Verlag von Gustav Ficher. 481 p.
- Hebelka, J. 1989. *Výskyt flóry kolem svítidel v turisticky přístupných jeskyních a možnosti jejich likvidace*. Interná štúdia ČÚOP-SČMJ, Blansko, p. 1 – 26.
- Hindák, F. & Hindáková, A. 1998. Sinice/cyanobaktérie a riasy. In Marhold, K. & Hindák, F. (eds). *Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska*. Bratislava : Veda, 1998. p. 11 – 100.
- Kapusta, M. & Kováčik, E. 2000. Epilitická fykoflóra vybraných antropogénnych objektov Bratislavy. *Bull. Slov. Bot. Spoločn.* 2000, roč. 22, p. 15 – 22.
- Kaštovský, J. 1995. *Nárosty řas z Mladečských a Javoříčských jeskyní*. Bak. práce. Msc. Depon. in Biol. Fak. Jihoč. Univ., České Budejovice.
- Komárek, J. & Fott, B. 1983. Chlorophyceae (Grünalgen) Ordnung: Chlorococcales. In Huber-Pestalozzi, G. (ed.). *Die Binnengewässer*. Stuttgart : Schweizerbart, 1983. 16, 7, p. 1 – 1 044.
- Komáromy, Zs. P. 1977. The Algal Flora of the Ördöglyuk Cave at Szoplak (Hungary). *Ann. Hist.-Nat. Mus. Natl. Hung.* 1977, 69, p. 29 – 35.
- Komáromy, Zs. P., Padisák, J. & Rajcý, M. 1985. Flora in the lamp-lit areas of the cave „Anna-barlang“ near Lillafüred (Hungary). *Ann. Hist.-Nat. Mus. Nat. Hung.* 1985, 77, p. 103 – 122.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986. Bacillariophyceae, 1. Teil: Naviculaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart; Jena : 1986. 2/1, p 1 – 876.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1988. Bacillariophyceae, 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Stuttgart; Jena : 1988. 2/2, p. 1 – 596.
- Kubešová, S., Faimon, J., Štelcl, J & Zimák, J. 2002. The study of „lampflora“ in the Kateřinská cave (The Moravian karst, Czech Republic). In Hazslinsky, T. (ed.). *International conference on cavelighting, proceedings (14 – 19 November 2000, Budapest)*. Hungarian Speleological Society, Budapest. p. 73–76.
- Lokhorst, G. M. 1996. Comparative taxonomic studies on the genus *Klebsormidium* (Charophyceae) in Europe. *Crypt. Stud.* 1996, 5, p. 1 – 132.
- Pilous, Z. 1961. Machová vegetace Demánovské doliny v Nízkyh Tatrách. *Rozpravy ČSAV, Řada Mat. Přírod. Véd.* 1961, 71, 2, p. 36 – 59.
- Prát, S. 1925. Das Aëroplankton neu geöffneter Höhlen. *Centralbl. Bakteriol., 2. Abth.* 1925, 64, p. 39 – 40.
- Schagerl, M. 1991. Die Algen der Lampenflora in der Hermannshöhle bei Kirchberg/Wechsel (Niederösterreich). *Verh. Zool.-Bot. Ges. Österreich.* 1991, 128, p. 83 – 106.
- Staub, R. 1961. Ernährungsphysiologisch-autökologische Untersuchungen an der planktischen Blaualge *Oscillatoria rubescens* DC. *Schweiz. Z. Hydrol.* 1961, 23, p. 82 – 198.
- Uher, B. & Kováčik, E. 2004. Epilitická cyanobaktérie a riasy v podzemnom Mauzóleu Chatam Sófer. *Bull. Slov. Bot. Spoločn.*, 2004, Supl. č. 10, p. 83 – 86.
- Zelinka, J. 1996. Doterajšie skúsenosti z likvidácie nežiadúcej vegetácie v sprístupnených jaskyniach Slovenska. In *Kras a jaskyne. Výskum, využívanie a ochrana : Zborník referátov z vedeckej konferencie (10. – 11. október 1995, Liptovský Mikuláš)*. Žilina : Knížné centrum, 1996. p. 135 – 138.