

## Štruktúra spoločenstva mikroskopických húb v lesných pôdach severného Slovenska. II. Podobnosť mykocenóz (Križna, Kôprová a Furkotská dolina)

Microfungal community structure in forest soils of North Slovakia. II. Similarity of mycocenosis (Križna, Kôprová and Furkotská Vallies)

Alexandra Šimonovičová

V doline Križna, Kôprová a Furkotská (Vysoké Tatry) sme na piatich lesných lokalitách sledovali druhovú skladbu pôdnych mikroskopických húb a podobnosť mykocenóz. Podzol arenický a ranker podzolový predstavujú spracovávané pôdne typy. Pôdy majú nízku až veľmi nízku reakciu pôdneho prostredia a malý obsah organických látok. Z celkového počtu 48 izolovaných druhov pôdnych mikroskopických húb je najčastejšie zastúpený kozmopolitný rod *Penicillium* z čeľade *Moniliaceae*. Zhoršenie pôdnych vlastností vplyvom znečistenia životného prostredia celej tatranskej oblasti sa prejavilo tiež na potlačení druhov čeľade *Mucoraceae*. Najvyššiu podobnosť mykocenóz sme  $S = 0,6$  zistili medzi lokalitami v susedných dolinách.

On five localities in vallies Križna, Kôprová and Furkotská (High Tatra Mts.) we investigated the species structure of soil microscopic fungi and the similarity of mycocenosis. The arenic podzol and podzolic ranker soils were studied. The soils had low to very low acid reaction and very low content of organic matter. In the global number of isolated soil microscopic fungi species (48), the cosmopolitic genus *Penicillium* of the family *Moniliaceae* was dominantly represented. The species of the family *Mucoraceae* were suppressed as the result of the soil quality decreasing which reflects the degradation of the quality of the whole environment in High Tatra Mts. The highest index of similarity -  $S = 0.6$  - was proved between the localities in the neighboring vallies.

### Ú v o d

Značné predimenzovanie celej tatranskej oblasti turistami (Strnka, Petro 1983), niekoľko násobne vyšší obsah ťažkých kovov (Pb, Cd, Cl a Zn) v smrekovom ihličí (Maňkovská 1978) a tiež v lišajníkoch nad hornou hranicou lesa (Maňkovská, Kyselová 1987), znečistená voda mnohých tatranských jazier (Tržilová, Miklošovičová 1988) - to sú negatíva, ktoré vedú k zhoršeniu životného prostredia Tatranského národného parku. Tieto negatívne faktory sa však odrážajú aj na pôde a pôdnych organizmoch.

V príspevku, ktorý obsahovo nadväzuje na mykologickú charakteristiku Tichej doliny (Šimonovičová 1992), popisujeme mykocenózy a ich podobnosť v dolinách Križna, Kôprová a Furkotská.

### Material a metódy

Dolina Križna je svojou rozlohou 655 ha pomerne malá. V nej bola zvolená jedna lokalita: Lokalita 5 (1260 m n. m.): *Adenosylo alliariae-Abietetum* Kuoch 1954. Stredne hlboké (od 61 do 120 cm) a piesočnato-hlinité pôdy (s 20 až 30 % ilu) tvoria pôdny typ - podzol arenický.

Kôprová dolina patrí rozlohou k najväčším a 11 km dĺžkou i k najdlhším tatranským dolinám. V nej sa vybrali dve lokality.

Lokalita 6 (1200 m n. m.): *Mastigobryo-Piceetum* (Schmid et v. Gaisberg 1936) Br.-Bl. Sissing 1939.

Lokalita 7 (1280 m n. m.): *Vaccinio myrtilli-Piceetum* (Szafer et al. 1923) Šoltés 1976, variant s *Lycopodium annotinum*. Pôdny typ a jeho charakteristika je na lokalite 6 a 7 rovnaká ako na lokalite 5.

Doliny Tichá (Šimonovičová 1992), Križna a Kôprová nemajú ešte typický vysokohorský charakter, na rozdiel od Furkotskej doliny (obr. č. 1), kde boli vybrané dve nasledujúce lokality.

Lokalita 8 (1525 m n. m.): *Pino cembrae-Piceetum* Myczkowski, Lesiński 1974. Stredne hlboká (od 61 do 120 cm) a piesočnato-hlinitá (s 20 až 30 % ilu) pôda predstavuje ranker podzolový.

Lokalita 9 (1400 m n. m.): *Vaccinio myrtilli-Piceetum* (Szafer et al. 1923) Šoltés 1976. Charakteristika pôdneho typu, ktorým je podzol arenický je rovnaká ako na lokalite 5, 6 a 7.

Materiál z celkovej hĺbky od 0 do 25 cm sme odobrali v roku 1985. Z piatich lokalít sme získali spolu 11 vzoriek rôzneho charakteru (tab. č. 1). Spracovanie pôdnych vzoriek, kultiváciu a identifikáciu druhov pôdnych mikroskopických húb sme podrobne opísali v predchádzajúcom príspevku (Šimonovičová 1992).

### Výsledky a diskusia

Podzolové pôdy, tj. lokality 5, 6, 7 a 9 sa u nás nachádzajú v stredohorských polohách pod ihličnatými porastami. Surový humus, vytvorený ihličím v rôznom štádiu rozkladu, dosahuje na niektorých lokalitách značnú hrúbku (tab. č. 1). Vrchná časť pôdy je preto ochudobnená o rastlinné živiny. Pôdy kyslého charakteru sú chemicky a fyzikálne nepriaznivé, čo je odrazom podzolového procesu (Šály 1962). Ani kvalita humusu v podzolových pôdach charakterizovaná pomerom C/N od 13 do 22 (Bedrna 1989), nie je dobrá.

Tab. 1 Charakter odobratého materiálu z doliny Križnej (lokalita 5), Kôprovej (lokalita 6-7) a Furkotskej (lokalita 8-9)

Lokalita	Vzorka	Hĺbka v cm	Charakter odobratého materiálu
5	11	0-2	kompaktná vrstva slabo rozloženého ihličia jedle
	12	2-7	sivo-hnedá, stredne prekorenená zemina s obsahom štrku do 20 %
	13	7-25	čokoládovohnedá, hlinito-piesočnatá zemina, stredne prekorenená, s obsahom štrku do 5 %
6	14	0-3	slabo rozložená vrstva smrekového ihličia
	15	3-20	hnedočierna humusová vrstva stredne až silne prekorenená koreňmi drevín
7	16	0-1	slabo rozložená vrstva rastlinného opadu
	17	1-5	hnedočierna humusová vrstva, stredne prekorenená
8	18	0-15	vrstva polorozloženého až nerozloženého limbového ihličia
	19	15-20	sivo-čierny humusový horizont
9	20	0-10	málo rozložené až nerozložené smrekové ihličie
	21	10-15	sivo-hnedý horizont

Rankrové pôdy, tj. lokalita 8, sa u nás nachádzajú vo vyšších polohách, kde vytvárajú nesúvislé pôdne pásma. Pôdy s vrstvou surového humusu sú silno skeletnaté, kyslého charakteru (Šály 1962) a s nízkym obsahom nekvalitného humusu (Bedrna 1989).

Hodnoty pôdnej reakcie stanovené v mol KCl sú vždy nižšie ako hodnoty pH vo vodnom výluhu. Pre podzolové pôdy uvádza Šály (1962) rozpätie pH 4,0-5,0 a pre pôdy rankrové 4,5-5,5. Značne nižšie hodnoty našich vzoriek stanovené vo vodnom výluhu (tab. č. 2) sú spôsobené dlhodobým účinkom kyslých zrážok. Ako uvádza Chudíková (1990), rozpätie pH sa na lesných plochách pohybuje od 2,58 do 6,32 s priemernou hodnotou 4,14. Acidita zrážok sa prechodom cez korunový a kmeňový priestor v lesných porastoch ešte zvyšuje v porovnaní so zrážkami na voľných plochách. Zrážky takéhoto charakteru sa

dostávajú do pôdy, kde vplývajú na mnohé biologické procesy, pričom sa nedá rozlíšiť ich priamy vplyv od nepriameho vplyvu, tj. od zmien pH pôdneho roztoku, strát živín, zhoršenia kvality pôdy apod.

Tab. 2 Všeobecná charakteristika vzoriek z doliny Križnej (lokalita 5), Kôprovej (lokalita 6-7) a Furkotskej (lokalita 8-9) doliny

Lokalita	Vzorka	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	%C <sub>ox</sub>	%N <sub>t</sub>	C/N	% humusu
5	11	4,45	3,73	20,99	1,87	11,22	36,20
	12	3,22	2,83	19,10	0,39	23,22	15,69
	13	3,55	3,14	14,69	0,22	21,32	8,10
6	14	4,38	3,94	24,89	2,21	11,26	42,92
	15	3,90	2,96	26,69	1,56	17,11	46,03
7	16	3,89	2,79	25,30	1,87	13,53	43,6
	17	3,71	3,69	25,80	1,42	18,17	44,48
8	18	4,30	3,50	13,75	0,66	20,83	23,71
	19	3,90	2,90	14,12	0,50	28,24	24,34
9	20	3,72	2,80	13,80	0,70	19,71	23,79
	21	3,78	2,83	12,34	0,70	17,63	30,39

V terestrickom ekosystéme je známa pufrovacia schopnosť pôdy, ktorá prispieva k odolnosti voči kyslému prostrediu. Aj niektoré skupiny pôdnych mikroorganizmov, napr. mikroskopické huby majú schopnosť prispôbiť sa týmto životným podmienkam. Adaptabilita jednej skupiny pôdnych mikroskopických húb sa však prejaví na úkor druhej skupiny, ktorá je potlačená a tak dochádza k následným zmenám v druhovej skladbe mikroskopických húb a tým i k zmenám mykocenóz.

Z piatich lokalít v troch tatranských dolinách sme izolovali spolu 48 druhov pôdnych mikroskopických húb (tab. č. 3). Ich druhové spektrum je na jednotlivých lokalitách rôzne, pričom najviac druhov (27) bolo izolovaných na lokalite 5 v Križnej doline a 26 druhov vo Furkotskej doline na lokalite 8. Rovnaký počet druhov (18) sme zistili na lokalite 6 v Kôprovej doline a na lokalite 9 vo Furkotskej doline. Lokalitu 7 v Kôprovej doline charakterizuje najmenší počet zástupcov pôdnych mikroskopických húb, t.j. 11. Rozdiely v druhovom zložení pôdnych mikroskopických húb na uvedených lokalitách sú ešte výraznejšie v percentuálnom zastúpení tried, rodov a čeľadí (tab. č. 4). Zástupcovia čeľade *Mucoraceae* veľmi rýchlo kolonizujú substrát, ktorý obsahuje dostatočné množstvo ľahko prístupných organických látok. Percentuálne zastúpenie čeľade *Mucoraceae* (tab. č. 4) je na všetkých lokalitách značne potlačené. Na lokalite 8 vo Furkotskej doline sme neizolovali

Tab. 3 Druhy mikromycét z Krížnej (lokalita 5), Kôprovej (lokalita 6-7) a Furkotskej (lokalita 8-9) doliny

Druhy	Lokalita				
	5	6	7	8	9
Zygomycetes					
<i>Mucorales - Mucoraceae</i>					
<i>Mucor pusillus</i> Lindt	+	+	-	-	-
<i>M. fragilis</i> Bainier	+	-	-	-	-
<i>M. hiemalis</i> Wehmer	-	-	-	-	+
<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrenberg	-	+	+	-	-
<i>Thamnidium elegans</i> Link	-	-	+	-	-
<i>Mortierella ramanniana</i> (Möller) Linnemann	+	-	-	-	-
Deuteromycetes					
<i>Moniliales - Moniliaceae</i>					
<i>Acremonium strictum</i> W. Gams	+	-	-	+	-
<i>A. murorum</i> (Corda) W. Gams	-	-	-	+	-
<i>Trichoderma koningii</i> Oudem.	-	+	-	+	+
<i>T. viride</i> Pers. ex Gray	-	+	+	-	-
<i>Botryotrichum piluliferum</i> Sacc. et March.	-	+	-	-	+
<i>Penicillium thomii</i> Maire	-	+	+	+	+
<i>P. frequentans</i> Westling	+	+	+	+	+
<i>P. spinulosum</i> Thom	+	+	+	+	+
<i>P. roseopurpureum</i> Dierckx	+	+	+	+	+
<i>P. waksmanii</i> Zaleski	+	+	-	+	-
<i>P. chermesinum</i> Biourge	+	+	+	+	+
<i>P. decumbens</i> Thom	+	+	-	+	-
<i>P. fuscum</i> (Sopp) Thom	+	+	-	+	-
<i>P. restrictum</i> Gilman et Abbott	+	+	-	-	-
<i>P. brevicompactum</i> Dierckx	+	-	-	-	-
<i>P. notatum</i> Westling	+	-	-	+	-
<i>P. viridicatum</i> Westling	+	-	-	-	-
<i>P. funiculosum</i> Thom	+	+	-	-	+
<i>P. purpurogenum</i> Stoll	+	-	-	-	-
<i>P. variabile</i> Sopp	+	+	-	+	+
<i>P. diversum</i> Raper et Fennell	+	+	+	+	+
<i>P. spiculisporum</i> Lehman	+	-	-	-	-
<i>P. albidum</i> Sopp	-	-	-	+	-
<i>P. digitatum</i> Saccardo	-	-	-	-	+
<i>P. expansum</i> Link ex Gray	-	-	-	+	-
<i>P. canescens</i> Sopp	-	-	-	-	-
<i>P. granulosum</i> Bainier	-	+	-	-	+
<i>P. rubrum</i> Stoll	-	-	+	-	+
<i>P. rugulosum</i> Thom	-	-	-	+	-
<i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tiraboschi					
<i>A. candidus</i> Link	+	-	-	-	-
<i>A. repens</i> (Corda) DeBary	-	-	-	+	-
<i>A. fumigatus</i> Fresenius	-	-	-	+	-
<i>Moniliales - Dematiaceae</i>					
<i>Humicola nigrescens</i> Omvik					
<i>Humicola nigrescens</i> Omvik	+	+	-	-	-
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fres.) de Vries					
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fres.) de Vries	-	+	-	+	+
<i>C. herbarum</i> Link ex Fr.	-	-	-	+	+
<i>C. sphaerospermum</i> Penz.	-	-	-	+	+
<i>Curvularia lunata</i> (Wakker)	-	-	-	+	-
<i>Alternaria alternata</i> Fr. Keissler	-	+	-	+	-
<i>A. tenuissima</i> (Fries) Wiltshire	+	+	-	+	-
Ascomycetes					
<i>Emericella nidulans</i> (Eidam) Vuill.					
<i>Emericella nidulans</i> (Eidam) Vuill.	+	-	-	-	-
<i>Talaromyces flavus</i> (Klöcker) Stolk et Samson					
<i>Talaromyces flavus</i> (Klöcker) Stolk et Samson	+	-	+	-	+
Spolu: 48	27	18	11	26	18

ani jedného predstaviteľa tejto čeľade. Podobnú situáciu sme zistili aj v Tichej doline na lokalite 3 (Šimonovičová 1992), kde mala čeľaď *Mucoraceae* v porovnaní s ostatnými lokalitami najmenšie percentuálne zastúpenie. Obidve spomínané lokality vo Furkotskej a v Tichej doline charakterizuje limbový porast, pričom je pôdny typ na každej z nich iný. Potlačenie zástupcov čeľade *Mucoraceae* na jednej strane a mohutný rozvoj zástupcov čeľade *Moniliaceae* na druhej strane indikuje zhoršenie mykocenóz vplyvom už spomenutého okyslenia pôdneho prostredia. Najčastejším rodom čeľade *Moniliaceae* je *Penicillium*, ktorého bohaté druhové spektrum je zastúpené na všetkých lokalitách. Najvyššie percentuálne zastúpenie čeľade *Moniliaceae* (79,9 %) je však na lokalite 8 vo Furkotskej doline reprezentovanej limbovým porastom. Podobne na lokalite 3 v Tichej doline, tiež s porastom limby, sme predstaviteľov tejto čeľade izolovali najčastejšie (Šimonovičová 1992). Kozmopolitné zastúpenie druhov rodu *Penicillium* je dané jeho vlastnosťami produkovať mnohé fungálne metabolity, dnes zaraďované medzi mykotoxíny (Betina 1990). Je to napr. kyselina mykofenolová (*P. brevicompactum*; *P. viridicatum*) kyselina penicilová (*P. thomii*; *P. canescens*), citrinín (*P. expansum*; *P. canescens*), patulin (*P. granulatum*) apod. Mantle (1989) uvádza, že predstavitelia rodu *Penicillium* spp. produkujú až okolo 400 rôznych metabolitov. Veľká adaptačná schopnosť voči pH (Bäath et al. 1984) im umožňuje vyskytovať sa tiež v substráte rôzneho charakteru.

Tab. 4 Percentuálne zastúpenie tried, radov a čeľadí pôdnych mikromycét z Krížnej (lokalita 5), Kôprovej (lokalita 6-7) a Furkotskej (lokality 8-9) doliny

	5	6	7	8	9
Zygomycetes					
<i>Mucorales</i>	11,1	11,1	18,2	-	5,5
<i>Mucoraceae</i>	11,1	11,1	18,2	-	5,5
Deuteromycetes					
<i>Moniliales</i>	82,1	88,9	72,7	100,0	89,0
<i>Moniliaceae</i>	70,4	72,2	72,2	76,9	72,3
<i>Dematiaceae</i>	11,7	16,7	-	23,1	16,7
Ascomycetes	7,4	-	9,1	-	5,5
Počet druhov: 48	27	18	11	26	18

Ako uvádza Singh (1977), pre rast *P. nigricans* je optimálna hodnota pH 2,8. V kyslom prostredí je tento druh tolerantný k pomerne vysokým koncentráciám soli Fe, Ni, Co a Cr. Zástupcovia rodu *Penicillium* prenikajú do značnej hĺbky pôdneho horizontu. Behera a Mukerji (1985) ich napr. izolovali z hĺbky až 100 cm. Peniciliá produkujú tiež značné množstvo enzýmov, napr. celulózy, lipázy, proteázy, pektinolytické enzýmy - čo im umožňuje degradovať rôzny materiál. Schopnosť zástupcov rodu *Penicillium* produkovať takúto širokú škálu rôznorodých látok im umožňuje kolonizovať substrát alebo prostredie,

ktoré iným druhom nevyhovuje. Sú schopné potlačiť alebo i celkom zastaviť rast nežiadúcich konkurenčných druhov a sú tiež odolné voči antropogénnym vplyvom (Marfenina, Mirčink 1988).

Čeľaď *Dematiaceae* predstavujú štyri rody a sedem druhov mikroskopických húb. Je to čeľaď pomerne málo zastúpená, pričom na lokalite 7 sme neizolovali ani jedného jej predstaviteľa. Triedu *Ascomycetes* zastupuje iba druh *Emericella nidulans* a *Talaromyces flavus*, ktorí na lokalite 6 a 8 chýbajú (tab. č. 4).

Index podobnosti mykocenóz S podľa Sørensen (Odum 1977), resp. Sxy podľa Jaccarda (Laméc 1976) stanovený na základe druhovej skladby pôdných mikroskopických húb na jednotlivých lokalitách vyjadruje tabuľka č. 5.

Tab. 5 Index podobnosti mykocenóz S (Sxy) a index rozdielnosti mykocenóz 1-S (1-Sxy) na lokalite 5 v Križnej, 6-7 v Kôprovej a 8-9 vo Furkotskej doline

Lokalita	S	1-S	Sxy	1-Sxy
5-6	0,6	0,4	0,4	0,6
5-7	0,3	0,7	0,2	0,8
5-8	0,4	0,6	0,3	0,7
5-9	0,4	0,6	0,3	0,7
6-7	0,5	0,5	0,4	0,6
6-8	0,6	0,4	0,4	0,6
6-9	0,5	0,5	0,4	0,6
7-8	0,3	0,7	0,2	0,8
7-9	0,5	0,5	0,4	0,6
8-9	0,5	0,5	0,3	0,7

Tak isto ako pri stanovení podobnosti mykocenóz v Tichej doline (Šimonovičová 1992), aj v Križnej, Kôprovej a Furkotskej doline sme na susedných lokalitách zistili index podobnosti S = 0,5; resp. Sxy = 0,4. Najvyšší index podobnosti S = 0,6 sme zistili medzi mykocenózami na lokalite 5-6 a 6-8. Križna dolina (lokalita 5) a Kôprová dolina (lokalita 6) majú celkový charakter veľmi podobný. Pôdny typ, ktorým je podzol arenický, je na oboch rovnaký a tiež rozdiel v nadmorskej výške týchto dvoch lokalit je veľmi malý. Rastlinné spoločenstvo je však na každej z nich iné. Medzi Kôprovou dolinou (lokalita 6) a Furkotskou dolinou (lokalita 8) sú rozdiely podstatne väčšie. Celkový charakter každej z dolín je iný, tiež rastlinné spoločenstvo ako i pôdny typ. Rozdiel vyše 300 m v nadmorskej výške dáva tiež predpoklad na iné, drsnejšie klimatické podmienky.



I. Doliny Tichá, Křižná, Kóprová a Furkotská vo Vysokých Tatrách.

A. Šimonovičová del.

Druhovú skladbu pôdnych mikroskopických húb sa mení pod vplyvom ekologických faktorov. V tejto súvislosti ide vždy o interakciu viacerých faktorov pôsobiacich ako regulačné a autoregulačné mechanizmy reprodukcie v mikrobiálnych spoločenstvách. Vzťah medzi pôdnymi mikroskopickými hubami, rastlinným spoločenstvom a vlastnosťami pôdy v terestrickom ekosystéme je veľmi úzky. Preto je značne obtiažne jednoznačne určiť, ktorý z týchto faktorov je primárny a určujúci pri stanovení podobnosti dvoch mykocenóz.

#### Literatúra

- BÄÄTH E., LUNGGREN B. et SÖDERSTRÖM B. (1984): Fungal populations in podzolic soil experimentally acidified to simulate acid rain. - *Microb. Ecol.* 10: 197-203.
- BEDRNA Z. (1989): Metody chemického výzkumu půd. In: DYKÝJOVÁ D. et al.: *Metody studia ekosystémů.* - Academia, Praha: 206-227.
- BEHERA N. et MUKERJI K. G. (1985): Seasonal variation and distribution of microfungi in forest soils of Delhi. - *Folia Geobot. Phytotax.* 20: 291-311.
- BETINA V. (1990): Mykotoxiny - chémia, biológia, ekológia. - Alfa, Bratislava: 284 pp.
- CHUDÍKOVÁ O. (1991): Vplyv imisii na lesné porasty TANAP-u. - Zborník prednášok z konferencie k 40. výročiu uzákonenia Tatranského národného parku: 224-231.
- LAMÉE F. (1976): *Osnovy biogeografie.* - Izd. Progress, Moskva: 309 pp.
- MANTLE P. G. (1989): Current views on the occurrence and significance of *Penicillium* toxins. - *J. Appl. Bacter. Symp. Supp.*: 83s-88s.
- MAŇKOVSKÁ B. (1978): The contents of Pb, Cd and Cl in needles of *Picea excelsa* L. caused by air pollution of motor vehicles in the High Tatras. - *Biológia, Bratislava*: 33, 10, 775-780.
- MAŇKOVSKÁ B. et KYSEĽOVÁ Z. (1987): Obsah ťažkých kovov v lišajníkoch z oblasti Tatranského národného parku. - *Biológia, Bratislava*: 42, 9, 893-901.
- MARFENINA O. E. et MIRČINK T. G. (1988): Mikroskopičeskije griby pri antropogennom vozdejstvii na počvu. - *Požvovedeniije* 9: 107-112.
- ODUM E. P. (1977): *Základy ekologie.* - Academia, Praha: 733 pp.
- SINGH N. (1977): Effect of pH on the tolerance of *Penicillium nigricans* to copper and other heavy metals. - *Mycologia* 69: 750-755.
- STRNKA M. et PETRO I. (1983): Registrácia návštevnosti TANAP-u v dňoch 6. - 8. 8. 1981. - Zborník prác o Tatranskom národnom parku 24: 198-240.
- ŠÁLY R. (1962): Hlavné typy lesných pôd na Slovensku. - Vyd. SAV, Bratislava: 233 pp.
- ŠIMONVIČOVÁ A. (1992): Štruktúra spoločenstva mikroskopických húb v lesných pôdach severného Slovenska. I. Podobnosť mykocenóz (Tichá dolina). - *Čes. Mykol.* 46: 99-105 (1993).
- TRŽILOVÁ B. et MIKLOŠOVIČOVÁ L. (1988): Mikrobiologicko-hygienická charakteristika kvality vody tatranských jazier. - Zborník prác o Tatranskom národnom parku 28: 191-216.

Adresa autora:

RNDr. Alexandra Šimoničová, CSc., Ústav ekobiológie SAV, Štefánikova 3, 814 34 Bratislava.