

**AKUMULACE A ODBOURÁVÁNÍ MICROCYSTINU LR VE TKÁNÍCH
KAPRA OBECNÉHO (CYPRINUS CARPIO L.) A TOLSTOLOBIKA
BÍLÉHO (HYPOPHTHALMICHTHYS MOLITRIX VAL.)
ACCUMULATION AND DEPURATION OF MICROCYSTIN – LR IN TISSUES OF
COMMON CARP (CYPRINUS CARPIO L.) AND SILVER CARP
(HYPOPHTHALMICHTHYS MOLITRIX VAL.)**

**PALÍKOVÁ M., NAVRÁTIL S., KOPP R., MAREŠ J., BURGER I., HELÍSKOVÁ M.,
ADAMOVSÝ O., PAŠKOVÁ V., HILSCEROVÁ K., BLÁHA L.**

Abstract

The aim of this study was monitoring of possible bioaccumulation of microcystin LR (MC-LR) in selected tissues of common carp (Cyprinus carpio L.) and silver carp (Hypophthalmichthys molitrix Val.) in natural conditions and detection in what time after transfer of fish to water without microcystins the detoxication of these tissues proceeds.

Experimental and control fish were reared in store-pond with cyanobacteria water blooms (genus Microcystis) and in store-pond without cyanobacteria water blooms, respectively, for 28 days. Then the fish were replaced to the water without microcystins for 28 days, too. Samples of hepatopancreas, muscle and skin were taken currently and the concentration of microcystin LR was found using ELISA method.

Maximal average concentration of MC-LR was in both species in hepatopancreas, in average 22,5 (maximal 32,8) ng.g⁻¹ in common carp and 42,1 (maximal 44,3) ng.g⁻¹ in silver carp. In the muscle it was in average 1,6 (maximal 3,2) ng.g⁻¹ and 3,9 (maximal 11,1) ng.g⁻¹ of MC-LR in the common carp and silver carp, respectively. In the skin of common carp the maximal average concentration of MC-LR was detected at the start of experiment -1,5 ng.g⁻¹, in the silver carp the maximal average concentration was 4,89 (maximal 11,1) ng.g⁻¹ of MC-LR.

The calculated hazard index was ever under 1,00 in the muscle and skin (except one case of silver carp at the accumulation phase).

After location of fish to the control store-pond, the depuration of MC-LR lasted two weeks. In the fish exposed to cyanobacterial water bloom (intracellular and extracellular MC-LR 4,87 µg.l⁻¹), certain, however sizeable reduced amount of MC-LR was detected still after four weeks of rearing in the water without water bloom in the muscle and hepatopancreas.

Klíčová slova: sinice, vodní květ, microcystin, kapr obecný, *Cyprinus carpio*, tolstolobik bílý, *Hypophthalmichthys molitrix*,

Key words: cyanobacteria, water bloom, microcystin, common carp, *Cyprinus carpio*, silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix*,

ÚVOD

V souvislosti se zvyšující se eutrofizací vod spojenou s rozvojem vodního květu sinic se do popředí zájmu dostává otázka vlivu cyanobakterií, resp. jejich toxických metabolitů, na zdraví člověka. Působení těchto toxinů pak může být v podstatě trojím způsobem. Po přímém kontaktu se sinicemi, např. při plavání, se mohou objevit alergické reakce, nejčastěji kožní reakce a dermatitidy. Dalším, zřejmě pro člověka nejzávažnějším ohrožením, je obsah cyanotoxinů v pitné vodě. Případy otrav jsou popisovány v Evropě (ve Švédsku v roce 1994 došlo k náhodnému míchání vodárensky neupravené říční vody s pitnou vodou), v Americe (v Pensylvánii onemocnělo 62 % z 8000 lidí akutními gastroenteritidami), v Austrálii (lidé onemocněli „horečkou Barcoo“, která je spojena s konzumací vody obsahující hepatotoxiny). Jediný známý případ úmrtí lidí spojený s cyanotoxiny se stal v Brazílii, zdrojem cyanotoxinů byla nádrž pitné vody využívaná pro dialyzační centrum (přehled intoxikací WHO, 1999). Třetím potenciálním zdrojem je konzumace ryb chovaných v prostředí s výskytem cyanobakterií a potažmo s cyanotoxiny, které jsou ryby schopny akumulovat ve svých tkáních. Několik až poplašných zpráv o toxicitě takovýchto ryb se objevilo i v médiích a jistě pozitivně nepřispívá k propagaci konzumace rybiho masa.

Na základě studií účinků microcystinů na pokusných zvířatech je v nynější době světovou zdravotnickou organizací WHO doporučován TDI (tolerovatelný denní přívod) microcystinů $0,04 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}/\text{den}$ (WHO, 1998). Je nutno dodat, že v České republice nejsou limity pro obsah microcystinů v potravinách zavedeny do legislativy.

Studiem bioakumulace a odbourávání cyanotoxinů v rybích tkáních se v poslední době zabývalo několik autorů (Magalhães et al., 2001, 2003; Soares et al., 2004; Xie et al., 2005; Chen et al., 2006; Smith et al., 2006). Údaje však nejsou jednotné a liší se i v závislosti na druhu ryby, nicméně většina případů popisuje koncentrace microcystinů ve svalovině převyšující denní doporučený příjem.

Cílem této studie bylo sledování možné bioakumulace microcystinu LR ve vybraných tkáních kapra obecného a tolstolobika bílého v přirozených podmínkách a zjišťování, za jakou dobu po přemístění ryb do vody bez microcystinů dochází k detoxikaci daných tkání.

MATERIÁL A METODIKA

K experimentům byla použita násada tolstolobika bílého (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.) o celkové délce 300 – 390 mm a hmotnosti 230 – 500 g a plůdek kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.) o celkové délce 130 – 170 mm a hmotnosti 30 – 55 g. Experimenty byly prováděny v klecích o objemu $1,2 \text{ m}^3$, resp. 1 m^3 po dobu 28 dnů bez přikrmování. Pokusné klece byly umístěny v sádce s přirozeným výskytem vodních květů sinic (*Microcystis aeruginosa*, *M. ichthyoblabe*, *Anabaena* sp., *Anabaenopsis elenkinii*, *Aphanizomenon* sp., *Planktothrix agardhii*), kontrolní klece byly umístěny do sádky bez výskytu vodního květu sinic. Po ukončení expozice byla část ryb přechovávána po dobu 28 dnů v upravené vodovodní vodě.

V průběhu experimentu byly sledovány základní fyzikálně-chemické parametry vody (nasycení vody kyslíkem, pH vody, teplota vody, množství celkového amoniakálního dusíku) a odebírány populace fytoplanktonu pro stanovení kvalitativního i kvantitativního zastoupení jednotlivých taxonů sinic a řas. Nasycení vody kyslíkem, teplota a pH vody bylo stanovováno pomocí přístrojů WTW Oxi 340i a WTW pH 340i. Amonné ionty byly determinovány Nesslerovou metodou. Ve vodě a v biomase sinic byla rovněž zjišťována koncentrace microcystinů.

Ve čtrnáctidenních intervalech byly odebírány vzorky hřbetní svaloviny, hepatopankreatu a kůže z jedné poloviny těla vždy od pěti kusů ryb. Tyto vzorky byly bezprostředně po odběru zamrazeny v suchém ledu a transportovány do laboratoře. Zde byly uchovávány v teplotě $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ do doby zpracování. Ke stanovení obsahu microcystinu LR byla použita metoda ELISA vyvinutá v laboratořích RECETOX.

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny s využitím t-testu pro srovnání průměrů dvou nezávislých skupin. K statistickému zpracování byl použit program Microsoft Excel (Studentův t-test).

Ze zjištěných hodnot obsahu microcystinu LR (dále MC-LR) ve vzorcích a TDI pro MC-LR byl vypočítán hazard index pro dané tkáně podle vzorce $HI = I / TDI$, kde HI = hazard index, I = koncentrace microcystinu LR ve tkáni ($\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$) x hmotnost konzumované tkáně (300 g) a TDI stanovený WHO přepočítaný na 70kg osobu (2800 ng). V případě, kdy $HI > 1$ existuje riziko zdravotního poškození. Čím vyšší je hodnota HI, tím vyšší je riziko.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Koncentrace microcystinu LR ve vodě jsou uvedeny v tab. 1. Koncentrace microcystinu LR v jednotlivých tkáních kapra obecného uvádí tab. 2, pro tolstolobika bílého tab. 3.

Z tabulek je patrné, že při vstupu ryb do experimentu byla ve všech sledovaných tkáních zjištěna relativně vyšší koncentrace microcystinu LR. Ryby získané pro experiment

byly tedy již před jeho započítáním vystaveny přítomnosti sinic produkujících toxin. Této skutečnosti se však dalo využít, neboť o kontrolních rybách můžeme rovněž uvažovat od začátku experimentu jako o rybách podrobených vyplavovacímu pokusu. Experiment byl zahájen 10. 8. 2005, tedy ještě před podzimní masivní degradací vodního květu, kdy koncentrace microcystinu ve vodě rapidně vzrůstá (Maršálek a Turánek, 1996). Obsah microcystinu LR ve vodě, dostatečný pro jeho akumulaci v rybí tkáni, je tedy nejen v době podzimního odumírání vodního květu. Přítomnost microcystinů v rybích tkáních i mimo období rozvoje vodního květu koresponduje s prací Magalhães et al. (2003).

Tab. 1. Koncentrace microcystinu - LR ve vodě.

Koncentrace microcystinu - LR		Vstup	14. den	28. den
Expozice	biomasa ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{DW}$)	243,5	382,3	133,4
	IC –intracelulární ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	6,9	4,6	3,6
	EC –extracelulární ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	0,5	1,0	0,1
	IC + EC ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	7,4	5,6	3,7
Kontrola	IC + EC ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	<LOD*	0,14	0,23

*LOD.....limit detekce

Tab. 2. Koncentrace microcystinu LR v jednotlivých tkáních **kapra obecného** (průměr \pm SD v $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ tkáň, HI = hazard index*, statisticky významný rozdíl $p<0,05$ oproti vstupním hodnotám)

		Vstup	14. den	28. den	42. den	56. den
svalovina	expozice	1,2 \pm 0,3	1,6 \pm 0,8	0,7 \pm 0,3	0,8 \pm 0,1*	0,8 \pm 0,5
	HI	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
	kontrola	1,2 \pm 0,3	0	0	0	0
játra	expozice	19,8 \pm 7,5	22,5 \pm 5,6	6,8 \pm 4,2*	18,4 \pm 2,7	5,6 \pm 1,4*
	HI	2,1	2,4	0,7	2,0	0,6
	kontrola	19,8 \pm 7,5	2,3 \pm 0,4*	1,9 \pm 0,7*	0,8 \pm 0,7*	0,9 \pm 0,5*
kůže	expozice	1,5 \pm 1,2	0	1,5 \pm 3,3	0	0
	HI	0,2	0	0,2	0	0
	kontrola	1,5 \pm 1,2	0	0	0	0

Tab. 3. Koncentrace microcystinu – LR v jednotlivých tkáních **tolstolobika bílého** (průměr \pm SD v $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ tkáň, HI = hazard index, * statisticky významný rozdíl $p<0,05$ oproti vstupním hodnotám)

		Vstup	14. den	28. den	42. den	56. den
svalovina	expozice	0,9 \pm 0,3	3,9 \pm 3,6*	1,5 \pm 0,2*	0,3 \pm 0,2*	0,5 \pm 0,2*
	HI	0,1	0,4	0,2	0,03	0,05
	kontrola	0,9 \pm 0,3	0	0	0	0
játra	expozice	17,0 \pm 13,3	18,0 \pm 3,0	9,6 \pm 1,0	25,8 \pm 11,8	42,1 \pm 2,1*
	HI	1,8	1,9	1,0	2,8	4,5
	kontrola	17,0 \pm 13,3	0,9 \pm 1,0	0,5 \pm 0,4	3,0 \pm 1,4	3,5 \pm 1,3
kůže	expozice	0	4,9 \pm 3,6	4,9 \pm 2,9	0	0
	HI	0	0,5	0,5	0	0
	kontrola	0	0	0	0	0

Dá se říci, že změny v koncentracích microcystinů u obou druhů ryb vykazovaly podobné trendy a výrazně se od sebe neodlišovaly.

Budeme-li uvažovat o kontrolních rybách umístěných do prostředí bez vodního květu sinic jako o vyplavovací fázi, je evidentní, že jak ze svaloviny, tak z hepatopankreatu došlo k vyplavení microcystinů již v prvních 14 dnech až na nulové (u svaloviny) nebo na minimální hodnoty (u hepatopankreatu).

U ryb, které byly umístěny do sádky s přítomností vodního květu sinic, došlo v průběhu prvních dvou týdnů k nárůstu koncentrací microcystinu LR ve tkáních (vyjma kůže u kapra). Vzhledem k vstupním hodnotám obsahu microcystinu LR ve tkáních usuzujeme, že ryby byly vystaveny cyanotoxinům již dříve a měly tedy již nastartovaný detoxikační mechanismus. Mechanismus detoxikace popisuje např. Malbrouck a Kestemont (2006). Byly však náhle umístěny do prostředí s vyšším obsahem toxinů a došlo k určité akumulaci MC-LR, zejména v hepatopankreatu a ve svalovině. Naopak u vzorku kůže u kapra byl zaznamenán pokles na nulové hodnoty, které jsou zjišťovány i po zbytek experimentu. Je nutno dodat, že kůže je vzhledem ke svým mechanickým vlastnostem těžko homogenizovatelný materiál, a to především v porovnání s játry. Menší hodnoty stanoveného MC-LR mohou být tedy důsledkem nedokonalého rozrušení buněk a tedy menšího množství vyextrahovaného toxinu, který je následně stanoven metodou ELISA.

Během třetího a čtvrtého týdne pobytu ryb v expoziční nádrži došlo opět ke snížení koncentrací MC-LR v hepatopankreatu i ve svalovině. To mohlo být způsobeno adaptací ryb na vyšší obsah toxinu a schopností jejich organismu účinněji odbourávat microcystin LR. Nejsou však schopny v prostředí obsahujícím určité koncentrace MC-LR zcela tento toxin odbourat a ten stále v určitém množství persistuje v organismu. Rovněž tento pokles může ale být způsoben změnou obsahu (pokles) microcystinu LR v nádrži (viz tab. 1), který do určité míry koreluje s jeho koncentrací v rybích tkáních v daném čase.

Ryby z pokusné i kontrolní sádky byly po uplynutí 28 dnů umístěny do upravené vodovodní vody. Nastala tedy druhá fáze experimentu, tzv. fáze vyplavování, kde se sledovala schopnost tkání vyloučit MC-LR ven z těla. U svaloviny zjišťujeme snížení (tolstolobik) nebo udržování (kapr) určité hladiny MC-LR na stejných (nizkých) hodnotách až do konce pokusu. U jater došlo oproti očekávání ke zvýšení koncentrací MC-LR ve vzorcích již při prvním odběru (42. den). Toto zvýšení pokračovalo u tolstolobika i v 56. dni, kdy u kapra již došlo k opětovnému poklesu. Nárůst koncentrace toxinu v jaterní tkáni je možné spojit s detoxikační funkcí jater. Játra jsou orgánem, který je do detoxikačních procesů nejvíce zapojen (např. Falconer and Yeung, 1992; Malbrouck a Kestemont, 2006). V době, kdy se organismus snaží co nejrychleji zbavit škodlivého toxinu, byla jeho největší koncentrace naměřena právě v orgánu tímto procesem nejvíce zaměstnaným. Dále lze argumentovat faktem, že ryby nebyly ve vyplavovací části experimentu krmeny. Při omezení přísunu potravy, resp. při jejím úplném zamezení, se zmenšuje také hmotnost jater (obsahují menší podíl tuku), na níž se obsah MC-LR přepočítává. V takovém případě je nárůst obsahu MC-LR v jaterní tkáni relativní. U tolstolobika se mohl relativní nárůst projevit markantněji, neboť jako fytoplanktonofág měl lepší dostupnost potravy v akumulačním období. U tolstolobika docházelo rovněž k markantnějšímu odbourávání toxinu ze svaloviny, tudíž k většímu zatížení hepatopankreatu.

Z měření vyplývá, že nejvíce se MC-LR akumuluje v játrech, o řád menší koncentrace byla zjištěna ve svalovině a v kůži. Tato zjištění odpovídají literárním údajům i u jiných druhů ryb (např. Xie et al., 2005; Chen et al., 2006). Naše výsledky vypočteného HI ukazují, že pro svalovinu nebyl ani v jednom případě překročen limit daný světovou zdravotnickou organizací WHO. V tomto smyslu jsme na tom zatím lépe, než uvádějí jiné studie, ale je potřeba vzít v úvahu fakt, že expoziční sádka odpovídala svou koncentrací microcystinů pitné vodě nebo rekreačním nádržím, koncentrace toxinů byla tedy relativně nízká. Studie Maršálek a Bláha (2001) uvádí hodnoty obsahu extracelulárních microcystinů v českých vodních nádržích a tocích. V nádržích pro pitnou vodu 0 - 45 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, v rekreačních nádržích 0 - 180

$\mu\text{g.l}^{-1}$ a $225 \mu\text{g.l}^{-1}$ v nádržích pro chov ryb (s dominancí rodu cyanobakterie *Microcystis ichthyoblabe*). Koncentrace microcystinů zjištěná v biomase cyanobakterií je udávána v rozmezí 0 - $4450 \mu\text{g.g}^{-1}$ sušiny (Maršálek et al., 2001). Na základě těchto informací a především z hodnot zjištěných z vod určených k chovu ryb vyplývá, že ryby z některých nádrží s masivním rozvojem vodního květu sinic by zřejmě mohly představovat zdravotní riziko pro lidského konzumenta, avšak během jejich „sádkování“ ve vodě bez přítomnosti cyanobakterií dojde pravděpodobně i zde relativně rychle k vyplavování microcystinů z tkání. V dalších studiích by bylo třeba se zaměřit na akumulaci a odbourávání microcystinů v rybách z nádrží s masivním rozvojem vodního květu sinic.

ZÁVĚR

Rybí organismus je schopen akumulovat MC-LR ve svých tkáních, což potvrzuje nejen řada již provedených studií, ale rovněž naše experimentální výsledky. Výrazná akumulace MC-LR byla prokázána v hepatopankreatu. Ve svalovině a v kůži se MC-LR akumuluje minimálně v řádově nižší koncentraci.

Nicméně rybí organismus dokáže akumulovaný MC-LR ze svých tkání odbourat. Vytvoří-li se podmínky pro vyplavení toxického microcystinu z tkání, tj. v prostředí bez cyanobakterií a jejich toxinů, lze podstatný pokles koncentrací zaznamenat již do 14 dnů.

Maximální vypočtený průměrný hazard index u svaloviny a kůže byl 0,4 a 0,5 u tolstolobika a 0,2 u kapra. U tolstolobika v jednom individuálním případě byl HI u svaloviny a kůže 1,2.

Souhrn

Cílem této studie bylo sledování možné bioakumulace microcystinu LR (MC-LR) ve vybraných tkáních kapra obecného a tolstolobika bílého v přirozených podmínkách a zjišťování, za jakou dobu po přemístění ryb do vody bez microcystinů dochází k detoxikaci daných tkání.

Ryby byly chovány v sádkách s výskytem vodního květu sinic a v sádkách s nulovým (minimálním) výskytem cyanobakterií po dobu 28 dnů a po uplynutí této doby byly přemístěny do upravené vodovodní vody takéž na 28 dní. Průběžně byly odebírány vzorky jater, svaloviny a kůže od pokusných a kontrolních ryb. Ve vzorcích byla zjišťována koncentrace microcystinu LR pomocí metody ELISA.

Maximální průměrná koncentrace MC-LR byla u obou druhů v hepatopankreatu, u kapra průměrně $22,5$ (max. $32,8$) ng.g^{-1} tkáně, u tolstolobika průměrně $42,1$ (max. $44,3$) ng.g^{-1} tkáně. Ve svalovině kapra byla maximální průměrná koncentrace MC-LR $1,6$ (max. $3,2$) ng.g^{-1} tkáně, u tolstolobika byla maximální průměrná koncentrace $3,9$ (max. $11,1$) ng.g^{-1} tkáně. V kůži kapra byla zjištěna maximální průměrná koncentrace na začátku experimentu $-1,5 \text{ ng.g}^{-1}$ tkáně, u tolstolobika byla maximální průměrná koncentrace microcystinu LR $4,89$ (max. $11,1$) ng.g^{-1} tkáně.

Vypočtený hazard index u svaloviny a kůže byl (vyjma jednoho případu tolstolobika v akumulační fázi) pod 1,00.

Po umístění ryb do kontrolní sádky (tj. bez obsahu cyanobakterií) došlo k degradaci MC-LR do dvou týdnů. U ryb vystavených dalšímu čtyřtýdennímu působení MC-LR ($1\text{C}+\text{EC } 4,87 \mu\text{g.l}^{-1}$) bylo ještě po čtyřech týdnech „sádkování“ v nádrži s čistou vodou zjištěno určité, nicméně podstatně redukované, množství MC-LR ve svalovině a v hepatopankreatu.

Poděkování

Předložená práce vznikla díky finanční podpoře z Výzkumného záměru Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy České republiky MSM6215712402 s názvem „Veterinární aspekty bezpečnosti a kvality potravin“.

LITERATURA

- Chen, J., Xie, P., Zhang, D. W., Ke, Z. X., Yang, H. 2006. In situ studies on the bioaccumulation of microcystins in the phytoplanktivorous silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) stocked in Lake Taihu with dense toxic *Microcystis* blooms. *Aquaculture*, 261(3): 1026 – 1038
- Magalhães, V., F., Soares, R.M., Azevedo, S. M. F. O., 2001. Microcystin contamination in fish from the Jacaraguã Lagoon (RJ, Brazil). Ecological implication and human health risk. *Toxicon*, 39: 1077 – 1108

- Magalhães, V., F., Marinho, M. M., Domingosa, P., Oliveiraa, A. C., Costaa, S. M., Azevedob, L. O., Azevedoa S. M. F. O. 2003. Microcystins (cyanobacteria hepatotoxins) bioaccumulation in fish and crustaceans from Sepetiba Bay (Brasil, RJ). *Toxicon*, 42: 289 – 295
- Malbrouck Ch., Kestemont P., 2006. Effects of microcystins on fish. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2006, 25(1): 72 – 86
- Maršálek, B., Turánek, J., 1996. Biologicky aktivní látky produkované sinicemi vodního květu. In *Vodní květy sinic*. Brno: Nadatio Flos-aquae, s. 86 - 100
- Maršálek, B., Bláha, L., Turánek, J. 2001. Microcystin-LR and total microcystins in cyanobacterial blooms in the Czech Republic 1993-1998. In: Chorus, I. et al. *Cyanotoxins - Occurrence, Causes, Consequences*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 56 - 62
- Maršálek, B., Bláha, L., 2001. Dissolved microcystins in raw and treated drinking water in the Czech Republic. In: Chorus, I. et al. *Cyanotoxins - Occurrence, Causes, Consequences*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 212 - 217
- Smith, J. L., Haney, J., F., 2006. Foodweb transfer, accumulation and depuration of microcystins, a cyanobacterial toxin in pumpkinseed sunfish (*Lepomis gibbosus*). *Toxicon*, 48(5): 580 – 589
- Soares, R. A., Magalhães, V., F., Averezo, S. M. F. O., 2004. Accumulation and depuration of microcystins (cyanobacteria hepatotoxins) in *Tilapia rendalli* (Cichlidae) under laboratory conditions. *Aquatic Toxicology*, 70 (1): 1 - 10
- Falconer, I. R., Yeung, D. S. K., 1992. Cytoskeletal changes in hepatocytes induced by *Microcystis* toxins and their relation to hyperphosphorylation of cell proteins. *Chem.-Biol. Interactions*, 81: 181 - 196
- WHO, 1998. *Guidelines for drinking water quality*. World Health Organisation, Geneva
- WHO, 1999. Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management
- Xie, L., Xie, P., Guo, L., Li, L., Miyabara, Y., Park, H-D., 2005. Organ distribution and bioaccumulation of microcystins in freshwater fish at different trophic levels from the eutrophic lake Chaohu, China. *Environmental Toxicology*, 20: 293 – 300

Adresy autorů:

Paliková M., Navrátil S., Burger, I., Helísková, M.: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Ústav veterinární ekologie a ochrany životního prostředí, Palackého 1-3, Brno, Česká republika

Kopp R., Mareš J.: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství, Zemědělská 1, Brno, Česká republika

Adamovský O., Pašková V., Hilscherová K., Bláha L.: Centrum pro cyanobakterie a jejich toxiny (Botanický ústav AV ČR & Masarykova univerzita), Kamenice 3, Brno, Česká republika