

文章编号:1004-8227(2011)02-0179-06

## 微囊藻毒素在滇池螺蛳各组织中的积累及动态分布

张君倩<sup>1,2</sup>, 谢志才<sup>1\*</sup>, 王 智<sup>1,2</sup>, 宋立荣<sup>1</sup>, 李 林<sup>1</sup>, 甘南琴<sup>1</sup>

(1. 中国科学院水生生物研究所, 淡水生态与生物技术国家重点实验室,  
湖北 武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:**螺蛳是我国的一种特有腹足类, 主要分布于云南省的高原湖泊中, 是重要的经济螺类。为了探讨微囊藻毒素(MC)在螺蛳各组织中的分布及季节动态规律, 于2008年1月及5~10月间按月采集滇池螺蛳样品, 用酶联免疫检测法(Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay, ELISA)检测了肝脏、消化道、性腺及肌肉中MC含量。结果表明, MC在螺蛳的肝胰腺、消化道、性腺及肌肉中MC的含量均值分别为 $3.38 \pm 1.90$ 、 $2.72 \pm 1.63$ 、 $1.23 \pm 0.97$ 和 $0.35 \pm 0.43 \mu\text{g/g DW}$ ; 统计分析表明肝胰腺和消化道中MC含量无显著差异, 但两者显著高于性腺, 性腺显著高于肌肉。MC在各组织中含量最高月份出现在7月, 含量最低月份出现在5月。相关性分析表明, 性腺和肌肉组织中MC含量与周围环境水体中总MC含量之间显著正相关。按照WHO推荐的人体每日可允许摄入量TDI( $\leq 0.04 \mu\text{g/kg}$  人体重)标准进行推算发现, 食用螺蛳可能存在潜在的风险。

**关键词:**微囊藻毒素; 螺蛳; 生物积累; 滇池

**文献标识码:**A

随着湖泊富营养化日趋严重, 大规模蓝藻水华频繁爆发, 并且产生大量蓝藻毒素。蓝藻毒素可以在水生生物体内积累, 这对摄食这些水生生物的消费者会产生毒害作用<sup>[1]</sup>。在这些蓝藻毒素中, 微囊藻毒素(MC)是最为普遍、毒性和危害性最大的种类之一<sup>[2,3]</sup>。有研究表明, MC对动物体肝脏的损害相当严重<sup>[4,5]</sup>。MC通过食物链的传递, 对人类健康构成极大威胁, 这一环境问题已引起世界范围内的高度重视。

目前, 已有不少研究报道了MC在水生动物体内的生物积累<sup>[6~13]</sup>。国内研究报道多限于东部平原湖泊太湖及巢湖, 调查了多种动物体内MC的组织分布和生物积累, 包括虾类、螺类、蚌类、鱼类甚至水鸟也有相关报道<sup>[11~21]</sup>。然而在滇池, 关于MC生物积累的研究却鲜见报道。滇池作为中国污染最为严重的三大湖泊中唯一的高原湖泊, 具有独特的热带高原季风气候和水文地质条件, 以微囊藻为主的蓝藻水华多年以来频繁爆发, 水体中MC含量水平较高<sup>[22]</sup>。

有关MC在淡水螺类体内的积累, 国外研究报道了加拿大湖泊中几个不同营养级螺类体内的MC含量<sup>[23,24]</sup>以及在日本温带湖泊中螺类各组织中MC的分布和积累<sup>[25]</sup>; 国内的研究报道同其它动物一样, 仅限于太湖和巢湖的研究<sup>[11,19,21]</sup>。

螺蛳(*Margarita melanioides* Nevill), 属于软体动物腹足类前腮亚纲, 是我国特有种类, 仅分布于云南省的高原湖泊中, 是重要的经济螺类。云南捕螺蛳为食已有数百年的历史, 其肉味鲜美, 螺黄(性腺)营养丰富, 为当地人之美味<sup>[26]</sup>。随着滇池富营养化的加剧, 螺蛳的分布明显退缩, 生物量大幅降低<sup>[27,28]</sup>。

本研究以滇池螺蛳为对象, 调查水华爆发期MC在螺蛳体内不同组织的积累水平及动态分布, 并对肌肉和螺黄中MC的污染是否构成食品安全威胁进行了初步评估。试图通过调查MC在高原湖泊特有螺类的分布规律来探讨MC对高原湖泊特有螺类的污染现状, 并为制定MC在螺类水产品中的安全限量标准提供依据。

收稿日期:2010-03-29; 修回日期:2010-05-23

基金项目:国家科技重大专项“水体污染的控制与治理”(2008ZX07102-005, 2008ZX07105-004)、中国科学院重要方向性项目(KZCX2-YW-426)、NSFC-云南联合基金(U0833604)和淡水生态与生物技术国家重点实验室(2009FB16)联合资助。

作者简介:张君倩(1983~), 女, 湖北省武汉人, 博士研究生, 主要研究方向为水生无脊椎动物。E-mail: yinchenry305@hotmail.com

\* 通讯作者 E-mail: Zhaxie@ihb.ac.cn.

## 1 材料与方 法

### 1.1 采样区域

采样区域设置在位于滇池东北岸的福保湾,此湾是由大清河和海河冲击扇包围形成的湖湾,湖岸线长约 3.16 km,面积约 1 km<sup>2</sup>(图 1)。福保湾由于长期接纳来自大清河、海河及湖湾周边地区的污染物,受到了严重污染。目前,福保湾面临水体严重富营养化、水生植被消失、蓝藻水华堆积及周边产业结构不合理等诸多问题。螺蛳采集区域为福保湾边缘靠近滇池外海地带,采样区域示意图如下:

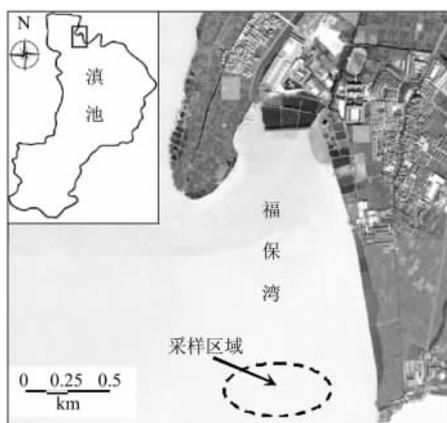


图 1 采样区域在滇池福保湾的位置

Fig.1 Map of the Sampling Area in Fubao Bay of Lake Dianchi

### 1.2 样品采集

于 2008 年 1 月及微囊藻水华爆发期 5~10 月份每月下旬在滇池福保湾采集螺蛳样品 15 只,随机抽取 5 只螺蛳样品为一组,同分 3 组。采集的样品于 -20℃ 冷冻保存带回实验室解剖,得到肝胰腺、消化道、性腺和肌肉 4 部分组织后,于 -20℃ 冷冻保存备用待测。在水华爆发期 5~10 月份每月采集螺蛳样品的同时,采集螺蛳生境水样。

## 2 样品处理方法

### 2.1 螺蛳样品中毒素提取及测定

将螺蛳样品进行冷冻干燥,干燥后碾磨成粉末状,准确称取肝脏、消化道、性腺和肌肉各 0.1 g 分别置于 50 mL 的洁净锥形瓶中,加入 20 mL 5% 乙酸溶液浸泡在磁力搅拌器上搅拌提取 2 h,离心 (8 000 r/min, 8 min),取上清液,残渣再用 20 mL 90% 甲醇重复提取 2 次,离心,取第二次上清液在旋

转蒸发器中减压浓缩至近干,将第一次所取上清液转入蒸干的瓶中,过预先已活化的 Sep-Pak C18 固相萃取小柱 (10 mL 100% 甲醇活化, 10 mL 重蒸水调整)。依次用 10 mL 重蒸水、10 mL 20% 甲醇淋洗小柱,吹干,用 10 mL 含 0.1% TFA 的甲醇洗脱,洗脱液在旋转蒸发器中减压浓缩至干。用 1.0 mL 去离子水定容后, -20℃ 冷冻保存待测。

样品中 MC 的测定均采用酶联免疫检测法 (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay, ELISA),检测灵敏度为 0.1 ng/mL,测定方法见文献[29],最后样品中 MCs 的浓度均换算成 MC-LR 的浓度。

### 2.2 水体总毒素的测定

取水样 100 mL 用 GF/C 过滤,滤纸上主要为微囊藻,用于测定藻内 MC 的含量而滤液用于测定水样溶解态 MC 的含量。测定方法为 ELISA,见文献[29]。水体总毒素为水柱藻类毒素与溶解性毒素浓度之和。

### 2.3 数据处理

所有统计分析均采用 SPSS 13.0 (SPSS 13.0, Chicago) 数据处理软件。利用双尾检验及 Pearson 相关系数确定不同组织 MC 含量与环境水体中 MC 含量的相关性,实验数据的差异性比较采用 *t* 检验或非参数检验 (K-W 检验) 比较不同组分的差异。差异显著性水平设为 0.05。

## 3 结果

### 3.1 螺蛳采样区域 MC 环境浓度

在 2008 年 5 月至 10 月期间,采样区域水体中总毒素和溶解性毒素含量的季节动态如图 2 所示。

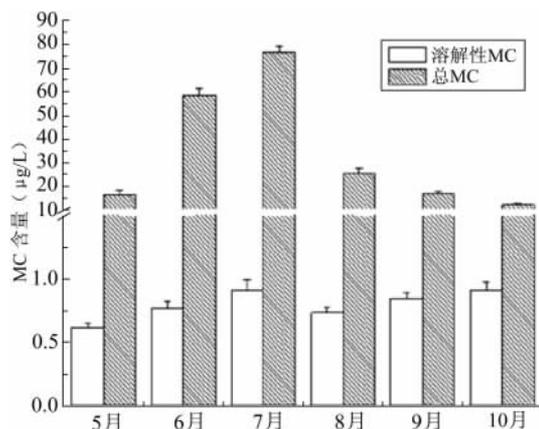


图 2 采样区域水体中总 MC 及溶解性 MC 含量的月变化  
Fig.2 Monthly Changes of Total and Dissolved Microcystins Contents in the Water Columns of Sampling Areas

在螺蛳的采样区域,水体总毒素含量最高出现在 7 月,为 76.45  $\mu\text{g/L}$ ,最低出现在 10 月,为 11.78  $\mu\text{g/L}$ ;水体中溶解性毒素含量最高出现在 7 月,为 0.91  $\mu\text{g/L}$ ,最低出现在 5 月,为 0.61  $\mu\text{g/L}$ (图 2)。

### 3.2 MC 在螺蛳体内的组织分布和季节动态

研究期间,螺蛳体内各组织中 MC 含量如图 3 所示。在整个研究期间,MC 在肌肉、性腺、肝胰腺及消化道中的含量分别为  $0.35 \pm 0.43$ 、 $1.23 \pm 0.97$ 、 $3.38 \pm 1.90$  和  $2.72 \pm 1.63$   $\mu\text{g/g DW}$ 。统计分析发现,肌肉中 MC 的含量显著低于肝胰腺、消

化道和性腺中 MC 的含量( $p < 0.05$ );性腺中 MC 的含量显著低于消化道和肝胰腺中 MC 的含量( $p < 0.05$ );消化道中 MC 的含量与肝胰腺之间无显著差异( $p > 0.05$ )。

如图 3 所示,在整个调查期间,滇池福保湾螺蛳 4 种组织中 MC 的含量最低出现在 5 月,而到 6 月份显著增加( $p < 0.05$ ),MC 在各组织中含量的最高值出现在 7 月份,然后逐月下降;1 月份含量与 9、10 月含量水平相当。

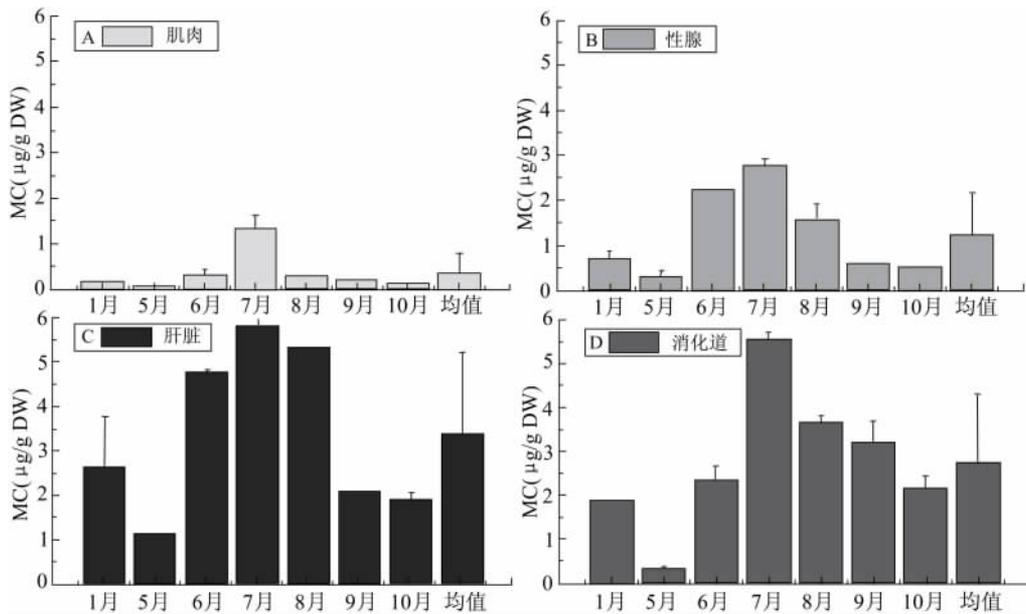


图 3 2008 年滇池福保湾螺蛳肌肉、性腺、肝脏和消化道中 MC 含量的季节动态

Fig. 3 Seasonal Changes of MC Concentrations in Muscle, Gonad, Hepatopancreas and Digestive Tracts of *Margarya melanioides* in Fubao Bay of Lake Dianchi, 2008

### 3.3 MC 在螺蛳不同组织及周围水体环境中的相关性分析

MC 在螺蛳不同组织及周围水体环境中含量的相关性分析如表 1 所示。可以看出,性腺和肝胰腺中的 MC 含量显著正相关,消化道和肌肉中的 MC 含量显著正相关。将螺蛳各组织中 MC 含量与环境水体中含量进行相关性分析,各组织均与水体溶解性 MC 的相关性不显著;而性腺和肌肉两组织中 MC 含量与周围环境水体中总 MC 含量之间显著正相关(表 1)。

### 3.4 螺黄(性腺)和肌肉的积累水平及食品安全推算

根据 WHO 规定的人体每日可允许摄入的 MC 量 TDI(Tolerable Daily Intake)( $\leq 0.04$   $\mu\text{g/kg}$  人体重)的标准<sup>[2]</sup>。假设螺蛳组织含水率为 80%,成人体重 60 kg,每人每天摄食螺蛳肌肉或螺黄 300 g,

表 1 螺蛳不同组织内 MC 含量与环境水体中 MC 含量的相关性分析

Tab. 1 Correlation Coefficients Between MC Contents in Various Tissues and MC Contents in Water Column

		总 MC	溶解性 MC	性腺	肝胰腺	消化道	肌肉
总 MC	Pearson-coefficient	1					
	Sig. (2-tailed)						
溶解性 MC	Pearson-coefficient	0.293	1				
	Sig. (2-tailed)	0.573					
性腺	Pearson-coefficient	0.951**	0.300	1			
	Sig. (2-tailed)	0.003	0.564				
肝胰腺	Pearson-coefficient	0.795	0.252	0.940**	1		
	Sig. (2-tailed)	0.059	0.630	0.005			
消化道	Pearson-coefficient	0.643	0.671	0.731	0.778	1	
	Sig. (2-tailed)	0.168	0.144	0.099	0.068		
肌肉	Pearson-coefficient	0.853*	0.508	0.804	0.706	0.844*	1
	Sig. (2-tailed)	0.031	0.303	0.054	0.117	0.035	

注: \* 表示  $p < 0.05$ ; \*\* 表示  $p < 0.01$

MC 在组织中的含量取采样期间均值,计算得出人体每日摄入的 MC 量 EDI (Estimated Daily Intake)<sup>[11,30]</sup> 如表 2 所示。可见,肌肉和性腺的 EDI 均超过 WHO 规定的 TDI,肌肉摄入是规定的最大摄入量的 8.8 倍,性腺更高,是 WHO 规定的最大摄入量的 30.8 倍。再进行推算得出,一个成年人,每天可摄食螺蛳肌肉最大量为 34.3 g,每天可摄食螺蛳螺黄最大量仅为 9.76 g。

表 2 每人每天可食用螺蛳各组织的最大量、EDI 及 EDI/TDI

Tab.1 Maximum of Tissues for Daily Intake of One

Person, EDI and EDI/TDI

组织	每人每天最大食用量(g)	EDI( $\mu\text{g kg}^{-1}\text{day}^{-1}$ 人体重)	EDI/TDI
肌肉	34.3	0.35	8.8
性腺	9.76	1.23	30.8

## 4 讨论

本研究发现 MC 在螺蛳不同组织中的分布具有一定规律性。实验期间,肝脏中 MC 含量的均值最高,这与太湖关于铜锈环棱螺的研究结果一致<sup>[11]</sup>,肝脏是 MC 非常明显的靶器官,对 MC 的富集能力很强。此外,消化道中 MC 含量也较高,本研究中发现 9 月份和 10 月份,螺蛳消化道中 MC 含量略高于肝脏,这种结果与 Xie 等<sup>[25]</sup> 对日本 *Sinotia histrica* 各组织中 MC 的含量研究结果相似。本研究发现,在 9 月份和 10 月份肝脏中 MC 的含量远低于 8 月份,这可能因为毒素在肝脏中经历了 7、8 月份的高峰后,肝脏产生适应性,对 MC 具有一定的降解能力,这种现象暗示有些螺类种类对 MC 有部分降解的能力<sup>[25,31]</sup>,但是究竟有没有降解能力及大小如何,还有待进一步研究。

由于 1 月份数据缺失,仅探讨了 5~10 月份螺蛳各组织中 MC 的含量与周围环境中 MC 含量的相关性(表 1)。本研究发现,肌肉中 MC 的含量与消化道中 MC 的含量之间显著正相关( $r=0.844, p=0.035$ ),肝胰腺中以及性腺中 MC 的含量与消化道中 MC 的含量也显示出一定的正相关(表 1),说明肌肉、肝胰腺以及性腺中 MC 的积累受食物中 MC 含量的影响。Chen 等<sup>[11]</sup> 对巢湖铜锈环棱螺各组织中 MC 的相关性分析也得出与此相似的结论。本研究中发现,螺蛳性腺和肌肉两组织中 MC 含量与周围环境水体中总 MC 含量之间显著正相关,螺蛳肝胰腺中 MC 的含量与水体总 MC 也存在一定

的正相关性,其相关系数  $r$  为 0.795。我们的研究与 Ame 的研究存在一定的差别,Ame 等发现在阿根廷一富营养化湖泊中某种鱼肝脏中 MC 的含量与水体中总 MC 的含量显著正相关,但是肌肉中 MC 的含量与水体总 MC 含量不存在相关性<sup>[32]</sup>。在本研究中,发现螺蛳各组织中 MC 的积累水平与水体溶解性 MC 含量的相关性不明显,可能是由于螺蛳具有较厚的角质层且螺壳厚重,从而减少 MC 通过被动扩散到生物体的量<sup>[33]</sup>。

螺蛳各组织中 MC 含量均是在 7 月最高,可能是由于 7 月份为微囊藻水华爆发强度最大的时期。其后 3 个月 MC 含量逐月降低,9、10 月的含量与 1 月份相近,可能与秋冬季节微囊藻水华状况波动较小有关。各组织中 MC 含量最低都发生在 5 月,可能是由于滇池春天 3~5 月易爆发束丝藻水华,微囊藻被抑制,释放到环境中的 MC 减少,因此被螺蛳等摄食吸收的 MC 也较少。但到 6 月份,微囊藻替代束丝藻成为水华优势种,微囊藻水华开始全面爆发,到 7 月达到高峰,因此在螺蛳各组织中 7 月份的 MC 含量最高。这种在微囊藻水华暴发严重时期,水生生物体内毒素积累量达到最高的现象在 Chen 等<sup>[11]</sup> 对巢湖及 Zhang 等<sup>[21]</sup> 对太湖铜锈环棱螺各组织 MC 含量水平的研究中有所报道。

由于蓝藻水华频繁发生,富营养化水体中常常伴随 MC 的污染。大量的研究表明 MC 能在水生生物体内积累而通过食物链(网)传递而危害生态系统或人类健康,关于 MC 在水产品中的食用安全性受到广泛的关注<sup>[7~14]</sup>。本文检测到螺蛳肌肉和性腺中的 MC 含量均超过 WHO 推荐的人体每日可允许摄入的 MC 量( $\leq 0.04 \mu\text{g}/\text{kg}$  人体重)的标准,可能危及到人体健康,具有潜在的风险。并推算出了每日摄入螺肉和螺黄的最大限量值,为安全食用螺蛳提供了科学依据。建议水华爆发严重期慎用螺蛳,并加强对滇池水生生物 MC 监测。

## 参考文献:

- [1] DUY T N, LAMP K S, SHAW G R, et al. Toxicology and risk assessment of freshwater cyanobacterial (blue-green algal) toxins in water[J]. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 2000, 163: 113~186.
- [2] CHORUS I, BARTRAM J. Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring, and management[M]. London, UK: E&FN Spon, 1999: 416.
- [3] CARMICHAEL W W. The Cyanotoxins[C]//CALLOW J A

- (Eds.). *Advances in Botanical Research*. London: Academic Press, 1997; 211~256.
- [4] BEASELY V R, LOVELL R A, HOLMES K R. Microcystin-LR decreases hepatic and renal perfusion, and causes circulatory shock, severe hypoglycemia, and terminal hyperkalemia in intravenously dosed swine[J]. *Toxicol Environ Health*, 2000, 61A:281~303.
- [5] GUZMAN R E, SOLTER P. Hepatic oxidative stress following prolonged sublethal microcystin-LR exposure [J]. *Toxicol Pathol*, 1999, 27:582~588.
- [6] AMORIM A, VASCONCELOS V. Dynamics of microcystins in the mussel *Mytilus galloprovincialis* [J]. *Toxicon*, 1999, 37: 1041~1052.
- [7] OZAWA K, YOKOYAMA A, ISHIKAWA K, et al. Accumulation and depuration of microcystins produced by the cyanobacterium *Microcystis* in a freshwater snail [J]. *Limnology*, 2003, 4 (3): 131~138.
- [8] FERRAO-FILHO A S, KOZLOWSKY-SUZUKI B, AZEVEDO S M F O. Accumulation of microcystins by a tropical zooplankton community [J]. *Aquatic toxicology*, 2002, 59 (3-4): 201~208.
- [9] XIE L Q, XIE P, OZAWA K, et al. Dynamics of microcystins-LR and-RR in the phytoplanktivorous silver carp in a sub-chronic toxicity experiment [J]. *Environmental Pollution*, 2004, 127: 431~439.
- [10] XIE L Q, XIE P, GUO L G, et al. Organ distribution and bioaccumulation of microcystins in freshwater fishes with different trophic levels from the eutrophic Lake Chaohu, China [J]. *Environmental Toxicology*, 2005, 20: 293~300.
- [11] CHEN J, XIE P, GUO L G, et al. Tissue distributions and seasonal dynamics of the hepatotoxic microcystins-LR and-RR in a freshwater snail (*Bellamya aeruginosa*) from a large shallow, eutrophic lake of the subtropical China [J]. *Environmental Pollution*, 2005, 134(3): 423~430.
- [12] CHEN J, XIE P. Tissue distributions and seasonal dynamics of the hepatotoxic microcystins-LR and RR in two freshwater shrimps, *Palaemon modestus* and *Macrobrachium nipponensis*, from a large shallow, eutrophic lake of the subtropical China [J]. *Toxicon*, 2005, 45: 615~625.
- [13] CHEN J, XIE P. Seasonal dynamics of the hepatotoxic microcystins in various organs of four freshwater bivalves from the large eutrophic Lake Taihu of subtropical China and the risk to human consumption [J]. *Environmental Toxicology*, 2005, 20(6): 572~584.
- [14] CHEN J, XIE P, ZHANG D W, et al. In situ studies on the bioaccumulation of microcystins in the phytoplanktivorous silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) stocked in Lake Taihu with dense toxic *Microcystis* blooms [J]. *Aquaculture*, 2006, 261(3): 1 026~1 038.
- [15] CHEN J, XIE P, ZHANG D W, et al. In situ studies on the distribution patterns and dynamics of microcystins in a biomani-pulation fish-bighead carp (*Aristichthys nobilis*) [J]. *Environmental Pollution*, 2007, 147(1): 150~157.
- [16] CHEN J, XIE P. Microcystin accumulation in freshwater bivalves from Lake Taihu, China, and the potential risk to human consumption [J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2007, 26(5): 1066~1073.
- [17] CHEN J, XIE P. Accumulation of hepatotoxic microcystins in freshwater mussels, aquatic insect larvae and oligochaetes in a large, shallow eutrophic lake (Lake Chaohu) of subtropical China [J]. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2008, 17(7A): 849~854.
- [18] CHEN J, ZHANG D W, XIE P, et al. Simultaneous determination of microcystin contaminations in various vertebrate (fish, turtle, duck and water bird) from a large eutrophic Chinese lake, Lake Taihu, with toxic *Microcystis* blooms [J]. *Science of the Total Environment*, 2009, 407(10): 3 317~3 322.
- [19] ZHANG D W, XIE P, LIU Y Q, et al. Bioaccumulation of the hepatotoxic microcystins in various organs of a freshwater snail from a subtropical Chinese lake, Taihu lake, with dense toxic *Microcystis* blooms [J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2007, 26(1): 171~176.
- [20] ZHANG D W, XIE P, LIU Y Q, et al. Transfer, distribution and bioaccumulation of microcystins in the aquatic food web in Lake Taihu, China, with potential risks to human health [J]. *Science of the Total Environment*, 2009, 407 (7): 2 191~2 199.
- [21] ZHANG D W, XIE P, LIU Y Q, et al. Spatial and temporal variations of microcystins in hepatopancreas of a freshwater snail from Lake Taihu [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2009, 72: 466~472.
- [22] 潘晓洁, 常锋毅, 沈银武, 等. 滇池水体中微囊藻毒素含量变化与环境因子的相关性研究 [J]. *湖泊科学*, 2006, 18(6): 572~578.
- [23] KOTAK B G, ZURAWELL R W, PREPAS E E, et al. Microcystin-LR concentration in aquatic food web compartments from lakes of varying trophic status [J]. *Can J Fish Aquat Sci*, 1996, 53: 1 974~1 985.
- [24] ZURAWELL R W, KOTAK B G, PREPAS E E. Influence of lake trophic status on the occurrence of microcystin-LR in the tissue of pulmonate snails [J]. *Freshwater Biology*, 1999, 42: 707~718.
- [25] XIE L Q, YOKOYAMA A, NAKAMURAA K, et al. Accumulation of microcystins in various organs of the freshwater snail *Sinotaia histrica* and three fishes in a temperate lake, the eutrophic Lake Suwa, Japan [J]. *Toxicon*, 2007, 49: 646~652.
- [26] 刘月英, 张文珍, 王耀先, 等. 中国经济动物志. 淡水软体动物 [M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [27] 罗民波, 段昌群, 沈新强, 等. 滇池水环境退化与区域内物种多样性的丧失 [J]. *海洋渔业*, 2006, 28(1): 71~78.
- [28] 王丽珍, 刘永定, 陈亮, 等. 滇池底栖无脊椎动物群落结构及水质评价 [J]. *水生生物学报*, 2007, 31(4): 590~593.
- [29] HU C L, GAN N Q, HE Z K, et al. A novel chemiluminescent

- immunoassay for microcystin (MC) detection based on gold nanoparticles label and its application to MC analysis in aquatic environmental samples [J]. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 2008, 88: 267~277.
- [30] SONG L R, CHEN W, PENG L, et al. Distribution and bioaccumulation of microcystins in water columns: A systematic investigation into the environmental fate and the risks associated with microcystins in Meiliang Bay, Lake Taihu [J]. *Water Research*, 2007, 41: 2 853~2 864.
- [31] GERARD C, BRIENT L, ROUZIC B L. Variation in the response of juvenile and adult gastropods (*Lymnaea stagnalis*) to cyanobacterial toxin (microcystins-LR) [J]. *Environmental Toxicology*, 2005, 20: 592~596.
- [32] AME M, GALANTI L, MENONE M, et al. Microcystin-LR, -RR, -YR and -LA in water samples and fishes from a shallow lake in Argentina [J]. *Harmful Algae*, 2010, 9: 66~73.
- [33] 谢 平. 水生动物体内的微囊藻毒素及其对人类健康的潜在威胁 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.

## BIOACCUMULATION OF MICROCYSTINS IN VARIOUS TISSUES OF THE FRESHWATER SNAIL *MARGARYA MELANIOIDES* (AN ENDEMIC SPECIE OF YUNNAN PROVINCE) FROM A LARGE SHALLOW PLATEAU LAKE, THE EUTROPHIC LAKE DIANCHI, CHINA

ZHANG Jun-qian<sup>1,2</sup>, XIE Zhi-cai<sup>1</sup>, WANG Zhi<sup>1,2</sup>, SONG Li-rong<sup>1</sup>, LI Lin<sup>1</sup>, GAN Nan-qin<sup>1</sup>

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Wuhan 430072, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** *Margarya melanioides* Nevill, an important economic mollusk, is an endemic gastropod in China, and mainly distributes in plateau lakes of Yunnan Province. In order to investigate the bioaccumulation of microcystins (MCs) in various tissues of *Margarya melanioides*, the snail samples were collected monthly in January and from May to October, 2008. Microcystins contents in hepatopancreas, digestive tracts, gonads and muscle were measured with ELISA. During the study period, the average of the MCs contents in hepatopancreas, digestive tracts, gonad and muscle of *Margarya melanioides* were  $3.38 \pm 1.90$ ,  $2.72 \pm 1.63$ ,  $1.23 \pm 0.97$  and  $0.35 \pm 0.43 \mu\text{g/g DW}$ , respectively. MCs contents in hepatopancreas had no significant difference with MCs contents in digestive tracts. MCs contents in these two tissues were significant higher than those in gonad, and that in gonad tracts were significant higher than those in muscle. The highest microcystins levels of various tissues occurred in July, and the lowest contents occurred in May. MCs contents in hepatopancreas and in gonad had significant positive correlation with the total MCs concentrations in surrounding water columns. According WHO proposed a provisional tolerable daily intake (TDI) of 0.04  $\mu\text{g/kg bw}$  per day for MC-LR to estimate, considering an adult of 60 kg, who ingests, on the average, 0.3 kg of snail muscle or 0.3 kg of snail gonad a day, the contents in edible parts of *Margarya melanioides* were above the provisional WHO TDI level, suggesting the risk of consuming *Margarya melanioides* in Lake Dianchi.

**Key words:** microcystins (MCs); *Margarya melanioides* Nevill; bioaccumulation; Lake Dianchi