

· 调查与评价 ·

# 太湖梅梁湾水源水中微囊藻毒素浓度的变化

纪荣平<sup>1,2</sup>, 李先宁<sup>2</sup>, 吕锡武<sup>2</sup>

(1. 扬州大学环境科学与工程学院, 江苏 扬州 225009; 2 东南大学能源与环境学院, 江苏 南京 210096)

**摘 要:**对太湖梅梁湾水源水中的总藻毒素 TMC[(TMC - LR) + (TMC - RR)]和胞外藻毒素 EMC[(EMC - LR) + (EMC - RR)]进行了跟踪检测。结果表明,水体中 TMC - RR、TMC - LR、EMC - RR、EMC - LR 质量浓度平均分别为 1.819  $\mu\text{g/L}$ 、1.090  $\mu\text{g/L}$ 、0.491  $\mu\text{g/L}$ 和 0.077  $\mu\text{g/L}$ ,无锡市的主要水源地水质已受到微囊藻毒素的污染。提出,应加强水源地水体中微囊藻毒素浓度的监测,确保饮用水的安全。

**关键词:**微囊藻毒素;水源;水污染;太湖**中图分类号:** X835 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2007)03-0020-03

## Variation of Microcystins Concentration in Source Water from Meiliang Bay, Taihu Lake

JIRongping<sup>1,2</sup>, LIXian-ning<sup>2</sup>, LUXi-wu<sup>2</sup>

(1. College of Environmental Science &amp; Engineering, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China; 2. College of Energy Sources &amp; Environmental, Southeast University, Nanjing, Jiangsu 210096, China)

**Abstract:** The total microcystins concentration and extracellular microcystin in source water of Meiliang Bay, Taihu Lake were detected on the time monitoring. The average concentrations of total microcystin - RR, LR and extracellular microcystin - RR, LR were 1.819  $\mu\text{g/L}$ , 1.090  $\mu\text{g/L}$ , 0.491  $\mu\text{g/L}$ , 0.077  $\mu\text{g/L}$  respectively. It indicated microcystins polluted the most of the source water in Wuxi city. The microcystins concentration monitoring in source water should be enhanced to protect the drinking water safety.

**Key words:** Microcystins; Water source; Water pollution; Taihu Lake

太湖梅梁湾是无锡市的主要风景区和水源地,许多水厂都在该湖中取水,总取水能力占无锡市区总用水量的 51%。由于周边城镇工业废水与生活污水的大量排入,尤其是大量营养盐的排入,使湖区富营养化严重,2005 年 5 月藻类数量为  $8.86 \times 10^7 \text{ L}^{-1}$  [1]。

微囊藻毒素 (Microcystins, 简称 MC) 是一类具有明显肝毒性的细胞内毒素,在细胞内合成单环七肽,Meriluoto 运用免疫学技术发现微囊藻毒素主要存在于类囊体和类核区域,而细胞壁和鞘内较少 [2],当藻类死亡或细胞破裂时释放到周围水体 [3]。蓝藻中的微囊藻属 (*Microcystis*)、鱼腥藻属 (*Anabaena*)、颤藻属 (*Oscillatoria*) 和念珠藻属 (*Nostoc*) 的某些种类或品系能释放生物毒素类次级代谢产物,引起家畜、鱼、鸟等死亡,也可能引起

人类肝脏癌变 [4-5],危害人类和其他生物的安全,因此开展水源地微囊藻毒素的研究十分重要。

### 1 研究方法

#### 1.1 监测时间

于 2004 年 7 月—12 月每周对湖水中的总藻毒素 TMC[(TMC - LR) + (TMC - RR)]和胞外藻毒素 EMC[(EMC - LR) + (EMC - RR)]进行跟踪监测。

收稿日期: 2006-12-30; 修订日期: 2007-02-28

基金项目: 科技部“十五”重大科技专项基金资助项目 (2002AA601011-03); 江苏省科技厅基金资助项目 (BS2004050); 江苏省教育厅自然科学基金资助项目 (06KJD560214)

作者简介: 纪荣平 (1965—), 男, 副教授, 博士, 主要研究方向为水处理技术与水污染控制工程。

1.2 采样点位

采样点位于无锡市大浮镇董坞里村 (中科院南京地理与湖泊研究所“太湖梅梁湾水质改善技术试验研究基地”) 的湖边, 见图 1。



图 1 采样点

1.3 微囊藻毒素测定方法

采用 Agilent 1100 高效液相色谱仪测定总藻毒素 (total microcystin RR 和 LR, 简称 TMC - RR、TMC - LR) 和胞外藻毒素 (extracellular microcystin RR 和 LR, 简称 EMC - RR、EMC - LR)。

1.3.1 水样预处理

(1) TMC 检测水样

取 500 mL 水样按 5% 比例加入冰醋酸, 混匀过夜, 用 whatman GF/C 玻璃纤维膜过滤, 滤液备用。

(2) EMC 检测水样

取 1 L 水样直接用 whatman GF/C 玻璃纤维膜过滤, 滤液备用。

1.3.2 水样中微囊藻毒素 (MC) 的富集纯化

向已预处理的 Supelco C18 固相萃取 (SPE) 柱中通入预处理后的滤液, 过柱速度 < 5 mL/min; 然后依次用 40 mL 去离子水、20 mL 10% 甲醇、20 mL 20% 甲醇淋洗吸附了 MC 的 SPE 柱, 以尽量除去 MC 之外的杂质。

1.3.3 MC 的洗脱与定容

用 5 mL 含 0.1% 三氟乙酸 (TFA) 的纯甲醇 (色谱醇) 分 3 次洗脱 SPE 柱, 将 MC 洗脱溶出于 5 mL 带刻度的锥底管中; 将锥底管置于 45 的水浴锅中, 吹入净化的空气 (经两层 0.22 μm 微孔滤膜过滤), 直至蒸发至约 0.2 mL, 用含 0.1% TFA 的纯甲醇定容至 0.4 mL; 将定容后的样品用 0.45 μm 的针头过滤器过滤, 滤液装入样品瓶中, -20 保存待测。

2 结果与讨论

胞外藻毒素 EMC 和总藻毒素 TMC 质量浓度变化见图 2。

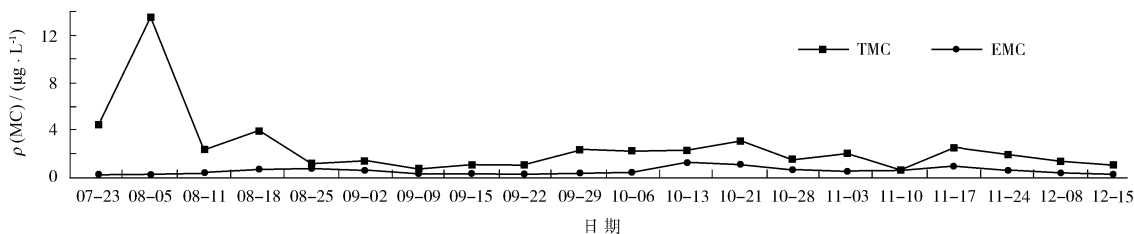


图 2 胞外藻毒素和总藻毒素质量浓度变化

由图 2 可见, 8 月 4 日—18 日蓝藻“水华”暴发期间 (叶绿素 - a 质量浓度为 35.4 μg/L ~ 266.1 μg/L) TMC [(TMC - LR) + (TMC - RR)] 质量浓度较高, 最高达到 13.67 μg/L, 而水体中 EMC [(EMC - LR) + (EMC - RR)] 质量浓度为 0.19 μg/L ~ 0.67 μg/L。8 月 25 日至 9 月 9 日, 当藻浓度较高时 (叶绿素 - a 质量浓度为 23.8 μg/L ~ 35.4 μg/L), 水体中 EMC - RR 质量浓度超过 0.5 μg/L, 但 EMC - LR 质量浓度较低, 平均为 0.077 μg/L。10 月 13 日—21 日叶绿素 - a 质量浓

度为 22.1 μg/L ~ 36.4 μg/L, EMC 质量浓度达到 1.16 μg/L ~ 1.24 μg/L, 主要是 EMC - RR 所占比例较高, (EMC - RR) > 1.0 μg/L, 而 EMC - LR 的质量浓度远低于我国生活饮用水卫生规范和世界卫生组织 (WHO) 规定的 < 1.0 μg/L 的卫生标准。值得注意的是水体中胞外藻毒素质量浓度之和 [(EMC - LR) + (EMC - RR)] 超过 1.0 μg/L, 说明太湖梅梁湾水体已受到微囊藻毒素的污染。(EMC) / (TMC) 变化见图 3。

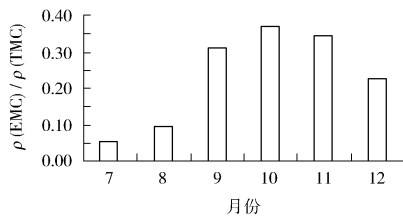


图 3 (EMC) / (TMC)的变化

由图 3 可见,8 月份“水华”暴发时, (EMC) / (TMC)较低,只有 0.09,微囊藻毒素主要存在于藻细胞内。“水华”暴发后由于藻类数量的降低, TMC 质量浓度减小,而 EMC 质量浓度升高,故 (EMC) / (TMC)也明显升高,10 月份 (EMC) / (TMC)达到了 0.37,说明细胞内的藻毒素释放较为缓慢,有一个滞后过程。

微囊藻产生的毒素种类会因季节和水温等条件的变化而改变, (MC - LR) / (MC - RR)变化见图 4。

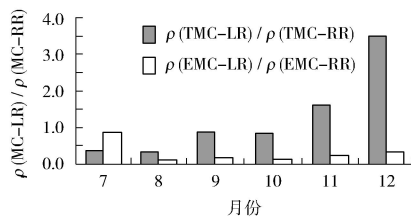


图 4 (MC - LR) / (MC - RR)的变化

由图 4 可见, (EMC - LR) / (EMC - RR)变化不大,始终较低 (0.10 ~ 0.86),说明水体中以 MC - RR 污染为主;而 (TMC - LR) / (TMC - RR)变化较大,7 月和 8 月份较低,分别为 0.34、0.33,9 月份后,比值明显升高,9 月份和 10 月份比

值分别为 0.87、0.83,11 月份比值为 1.61,12 月份比值达到了 3.49,说明胞内藻毒素 - LR [ (TMC - LR)与 (EMC - LR)之差 ]所占比例明显升高,7 月和 8 月份以 MC - RR 污染为主,9 月和 10 月份 MC - RR 和 MC - LR 的污染相当,11 月和 12 月份以 MC - LR 污染为主。说明微囊藻所产生的毒素种类会随季节和水温等条件的变化而改变。

### 3 结语

作为无锡市的主要水源地——梅梁湾,由于富营养化严重,藻类大量繁殖,水体已受到微囊藻毒素的污染。“水华”暴发期间,水体中的微囊藻毒素浓度较低<sup>[6]</sup>,随着藻细胞的死亡,水体中的微囊藻毒素浓度随之增大,并且胞内藻毒素 - LR 的含量也明显升高,因此“水华”暴发后受微囊藻毒素污染的水体对人体健康的危害更大,应加强水源地水体中微囊藻毒素浓度的监测,确保饮用水的安全。

### [参考文献]

- [1] 纪荣平,吕锡武,李先宁,等. 人工介质对水源水中藻类去除特性研究[J]. 环境科学, 2007, 28(1): 75 - 79.
- [2] MER LUOTO J. Chromatography of microcystins[J]. Analytica Chimica Acta, 1997, 352: 277 - 298.
- [3] 张哲海,梅卓华,孙洁梅,等. 玄武湖蓝藻水华成因探讨[J]. 环境监测管理与技术, 2006, 18(2): 15 - 18.
- [4] DING W X, SHEN H M, ZHU H G, et al. Genotoxicity of microcystic cyanobacteria extract of a water source in China[J]. Mutation Research, 1999, 442, 69 - 77.
- [5] 陈晓东,陈爱民,林萍. 江苏省环境问题与恶性肿瘤[J]. 环境监测管理与技术, 2000, 12(1): 14 - 17.
- [6] 陈迪军,阎修花,李春光,等. 塔山水库蓝藻暴发的成因及控制[J]. 环境监测管理与技术, 2001, 13(1): 27 - 28.

## · 简讯 ·

### 第三届世界生态高峰会闭幕

第三届世界生态高峰会日前在北京闭幕。来自 70 多个国家的 1 400 多名生态学工作者讨论并通过了旨在推进全球生态建设和可持续发展的《北京生态宣言》。

“宣言”建议,将生态学列为决策管理的重要工具,呼吁人类社会立即行动起来,建立健全环境法规,积极承诺和执行国际公约,并把生态学原理应用到日常生活中去,实现民众、政府及科学家之间最为广泛的合作。

此次峰会由国际生态学会、欧洲生态学联盟、中国生态学会、美国生态学会等 20 多个国内外生态学相关领域的学术组织和团体共同发起,是国际生态学领域有史以来参与的国际组织和代表国家最多的一次大型、综合性、高层次学术交流活动,内容涉及生态复杂性、可持续发展科学、复合生态系统、生态健康、全球变化与生态效应、城市化与生态建设、循环经济与产业生态学等领域的前沿议题。共收到来自全球 70 多个国家和地区的论文 1 300 多篇。

摘自 www. jshh. gov. cn 2007 年 5 月 27 日