

# Analysis of Content of Lead, Chromium and Cadmium in Water and Fishery Products in Taibai Lake

Yonghua Li<sup>1</sup>, Guanghui Li<sup>2</sup>, Yao Zhao<sup>2</sup>, Daohua Pang<sup>1</sup>, Ruining Xie<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nutrition and Food Safety Specialty, School of Public Health, Jining Medical College, Jining Shandong

<sup>2</sup>Food Quality and Safety Specialty, School of Public Health, Jining Medical College, Jining Shandong

Email: yonghuali@126.com

Received: May 5<sup>th</sup>, 2017; accepted: May 18<sup>th</sup>, 2017; published: May 26<sup>th</sup>, 2017

## Abstract

The purpose of the article was to determinate the content of heavy metal lead, chromium and cadmium in water and fishery products in the Taibai Lake, to comprehend the situation of heavy metal pollution in the Taibai Lake, and to provide a theoretical basis for the management of the Taibai Lake. Methods were shown below: Collecting water, mussel, snail, aquatic plants and lotus in the Taibai Lake scenic spot in different directions; Determinating the content of lead, chromium and cadmium in water samples by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) after digestion treatment, and other samples by graphite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS). Results were that using ICP-MS in Taibai Lake water, lead, chromium, cadmium contents were 0.00349, 0.0022, 0.000612 mg/kg; By GFAAS in aquatic plants, lotus, mussel and snail, lead contents were 0.0212, 0.00953, 0.110, 0.09325 mg/kg, chromium contents were 0.898, 0.956, 3.598, 5.128 mg/kg, and cadmium contents were 0.0116, 0.0101, 0.00226, 0.0105 mg/kg. Conclusion was that the lead, cadmium content of measured Taibai Lake water and fish did not exceed the national standard. In lake water, chromium content did not exceed the national standards. In aquatic plants, lotus, snail and mussel the chromium content exceeded the national standard.

## Keywords

The Taibai Lake, Water, Fishery Product, Heavy Metal, ICP-MS, GFAAS

# 太白湖水体及水产品铅、铬及镉含量状况分析

李永华<sup>1</sup>, 李广辉<sup>2</sup>, 赵耀<sup>2</sup>, 庞道华<sup>1</sup>, 谢瑞宁<sup>1</sup>

<sup>1</sup>济宁医学院公共卫生学院营养与食品安全专业, 山东 济宁

<sup>2</sup>济宁医学院公共卫生学院食品质量与安全专业, 山东 济宁

Email: yonghuali@126.com

收稿日期：2017年5月5日；录用日期：2017年5月18日；发布日期：2017年5月26日

## 摘要

目的：对济宁市太白湖水体及水产品中重金属铅、铬、镉的含量进行测定，了解太白湖重金属污染情况，为太白湖治理提供理论依据。方法：在太白湖景区不同方位采集太白湖湖心水、河蚌、田螺、水草、藕等5种试样，试样经过消化处理后，水样中铅、铬、镉3种重金属含量用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)检测，其他试样用石墨炉原子吸收法检测。结果：用ICP-MS测得太白湖湖心水中铅、铬、镉含量分别为0.00349、0.0022、0.000612 mg/kg；用石墨炉原子吸收法测得水草、藕、河蚌、田螺中铅含量分别为0.0212、0.00953、0.110、0.09325 mg/kg，铬含量分别为0.898、0.956、3.598、5.128 mg/kg，镉含量分别为0.0116、0.0101、0.00226、0.0105 mg/kg。结论：所测太白湖湖心水和水产品中铅、镉含量均未超过国家标准；湖心水铬含量未超过国家标准；水草、藕、田螺和河蚌中铬元素含量均超过国家标准。

## 关键词

太白湖，水体，水产品，重金属，ICP-MS，石墨炉原子吸收法

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

重金属通过工业废水、农业回流水、生活污水及其它废弃水等途径未经处理直接排入水体，是造成水体及水产品污染的重要途径[1] [2]。重金属在水中非常稳定，无法被微生物分解，且可以通过食物链在生物体中逐步浓缩富集[3]。人体摄入受污染的水产品后，重金属会在人体内蓄积并导致机体慢性中毒[4]。研究发现，铅进入机体后主要危害神经系统和生殖系统，并可引起高血压[5]；镉会引起贫血、高血压、骨质软化以及著名的骨痛病；铬会引起皮炎、色素沉着，甚至有致癌作用。

太白湖位于山东省济宁市太白湖新区，南接微山湖，北靠济宁老城区，西边毗邻京杭大运河、东边洸府河围绕，生态资源得天独厚，是山东省绿色生态示范区和国家 4A 级旅游景区。近年来，随着对太白湖的升级改造，太白湖区生态环境得到极大改善。但是，由于太白湖区及周边水产资源、农业资源及矿产资源丰富，农产品的种植、矿产资源的开发无不对太白湖水体及水产品造成严重污染[6]。本研究通过采用电感耦合等离子体质谱法以及石墨炉原子吸收法检测太白湖水体及水产品铅、镉、铬的含量，掌握太白湖水体及水产品受铅、镉、铬污染的基本情况，监测发生的变化趋势和分析可能的原因，从而提出科学有效的防治措施，改善太白湖水质，恢复自然生态资源，提高湖区水产品的食用安全性，为开展太白湖水产品安全风险监测和促进太白湖的生态建设提供科学依据。

## 2. 材料和方法

### 2.1. 材料与试剂

铅、铬、镉标准品：购自美国安捷伦科技有限公司，规格为 10 ppm；所用硝酸、高氯酸均为优级纯；

水为去离子水。

## 2.2. 仪器与设备

7700X 液相色谱 - 电感耦合等离子体质谱仪(Agilent); AA900Z 石墨炉原子吸收光谱仪(铂金埃尔默公司)。

## 2.3. 试样采集

采集太白湖湖水、水草、藕、田螺和河蚌等 5 种试样。试样采集后均置于棕色瓶放在冰箱冷冻保存, 待成批检测。试样采集的地点, 时间, 采样量及温度见表 1。

## 2.4. 试样的前处理

### 2.4.1. 试样的预处理

采集的水样先用 0.45  $\mu\text{m}$  微孔滤膜过滤, 再经过 1% 的硝酸酸化处理, 与采集的水草、藕、田螺和河蚌试样一起于置于 4 $^{\circ}\text{C}$  冰箱中密封保存, 待测。

### 2.4.2. 铅检测试样的处理

精确称取 5.000 g 水草、藕、田螺和河蚌 4 种试样分别置于 25 mL 瓷坩埚中, 先小火加热炭化至无烟后, 再移入马弗炉中 500 $^{\circ}\text{C}$  灰化 8 小时, 取出冷却, 在 4 种试样中各加 1 mL 混合酸后在电炉上小火加热, 至完全消解, 取出放冷, 用 0.5 mol/L 硝酸溶解, 并定容至 10 mL 容量瓶中。同样方法做试剂空白。

### 2.4.3. 铬检测的试样处理

精确称取 3.000 g 水草、藕、田螺和河蚌 4 种试样分别置于 25 mL 瓷坩埚中, 先小火加热炭化至无烟后, 再移入马弗炉中 550 $^{\circ}\text{C}$  灰化 4 小时, 取出冷却, 为防止灰化不彻底, 于 4 种试样中各加入 4 滴硝酸, 在可调试电炉上小火加热, 蒸干后, 再转入 550 $^{\circ}\text{C}$  马弗炉内持续灰化 2 小时, 待试样呈灰白状, 取出冷却, 用硝酸(1 + 1)溶解, 并定容至 10 mL 容量瓶中。同样方法做试剂空白。

### 2.4.4. 镉检测的试样处理

精确称取 2.000 g 水草、藕、田螺和河蚌 4 种试样分别置于 10 mL 瓷坩埚中, 先小火加热炭化至无烟后, 再移入马弗炉 500 $^{\circ}\text{C}$  灰化 8 小时, 取出冷却, 加 1 mL 混合酸在可调试电炉上小火加热, 待混合酸蒸干后, 再转入马弗炉 500 $^{\circ}\text{C}$  持续灰化 2 小时, 直到试样消化完全, 呈灰白色或浅灰色。取出放冷, 用硝酸(1%)溶解, 并定容至 25 mL 容量瓶中。同样方法做试剂空白。

**Table 1.** Place, time, weigh and temperature of collecting sample.

**表 1.** 试样采集的地点, 时间, 采样量及温度

试样 Sample	采样地点 Place	采样时间 Time	采样量 Weigh	温度( $^{\circ}\text{C}$ ) Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )
水(water)	湖心(middle of the lake)	2015.3.25	1000 ml	18
水草(water plant)	湖南侧(south of the lake)	2015.3.25	400 g	18
藕(lotus root)	湖南侧(south of the lake)	2015.4.6	500 g	18
田螺(river snails)	湖南侧(south of the lake)	2015.3.25	200 g	18
河蚌(freshwater mussel)	湖南侧(south of the lake)	2015.4.6	500 g	18

## 2.5. 标准系列的配制

将 10 ppm 的标准品使用溶液用纯化后的 2% 的硝酸稀释成浓度梯度为 0 ng/mL、2 ng/mL、5 ng/mL、10 ng/mL、20 ng/mL、50 ng/mL 的标准系列。

## 2.6. 测定方法和条件

采用磷酸二氢铵做基体改进剂，用石墨炉原子吸收光谱法测定水草、藕、田螺和河蚌中的铅、铬、镉的含量；用 ICP-MS 测定水体中的铅、铬、镉的含量。石墨炉原子吸收法测定条件见表 2。

## 2.7. 数据处理

所有试样均测三次，取平均值。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 铅、铬、镉的标准曲线、线性范围及检出限

按表 2 仪器的工作条件分别检测铅、铬、镉标准系列的吸光度值，横坐标为质量浓度值( $\mu\text{g/L}$ )，纵坐标为吸光度值，绘制标准工作曲线，得到回归方程和相关系数。见表 3 及图 1、图 2、图 3。

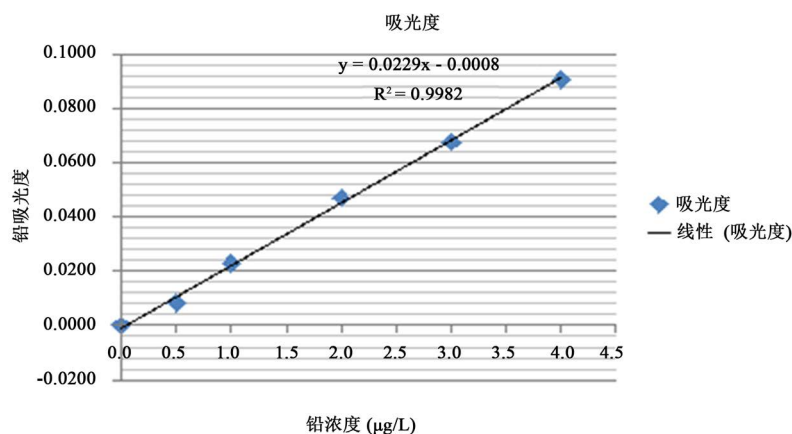


Figure 1. Standard curve of Pb

图 1. 铅的标准曲线

Table 2. GFAAS determination condition of Pb, Cr, Cd

表 2. 铅、铬、镉的石墨炉原子吸收法测定条件

元素	波长(nm)	狭缝(nm)	灯电流(mA)
铅(Pb)	283.3	0.2	7
铬(Cr)	357.9	0.2	7
镉(Cd)	228.8	0.4	10

Table 3. The regression equation, correlation, linear range, the detection limit of Pb, Cr, Cd

表 3. 铅、铬、镉的回归方程、相关性、线性范围以及检出限

元素	回归方程	相关系数	线性范围( $\mu\text{g/L}$ )	检出限( $\text{ng/mL}$ )
铅(Pb)	$Y = 0.0229X - 0.0008$	0.999076	0~3.96	0.03
铬(Cr)	$Y = 0.0131X - 0.0024$	0.998612	0~39.19	0.2
镉(Cd)	$Y = 0.0472X + 0.0070$	0.997831	0~3.89	0.004

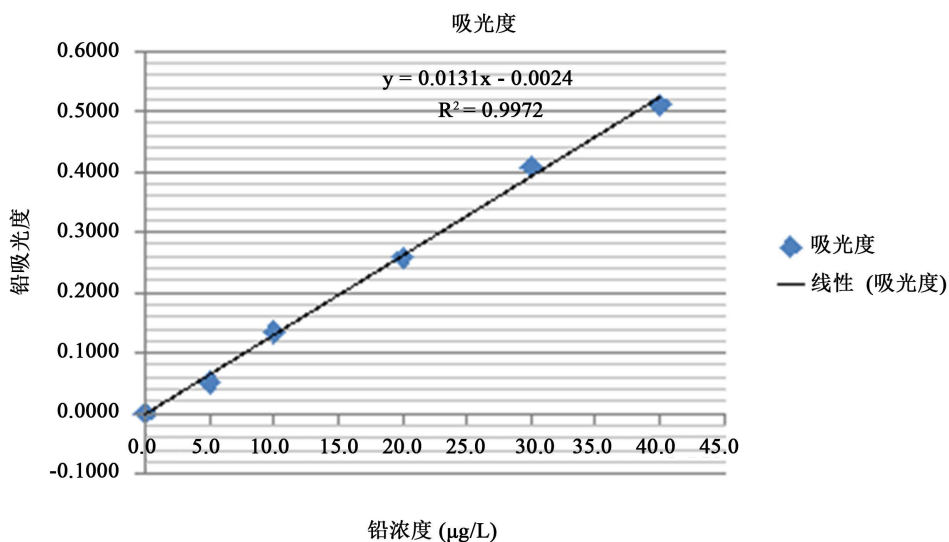


Figure 2. Standard curve of Cr  
图 2. 铬的标准曲线

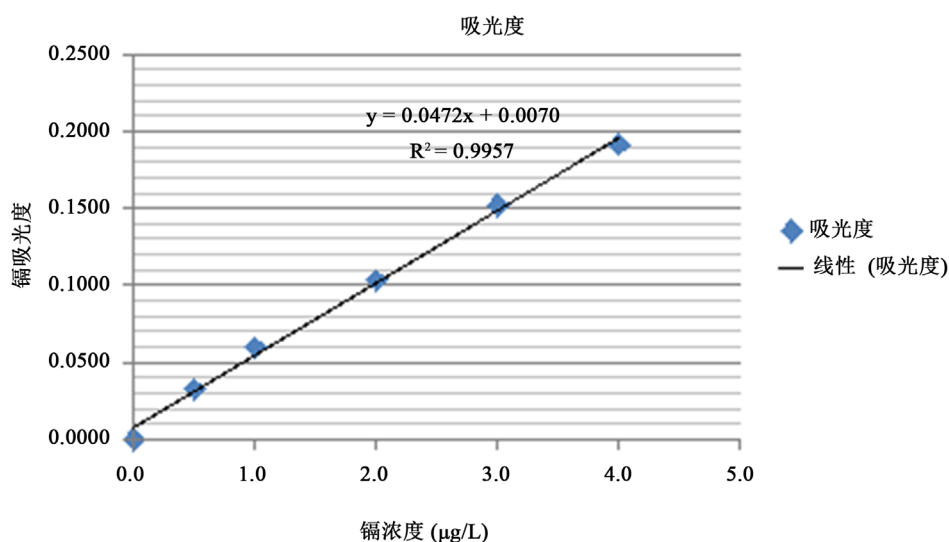


Figure 3. Standard curve of Cd  
图 3. 镉的标准曲线

### 3.2. 太白湖区湖水及水产品铅、铬、镉的浓度

太白湖水样、水草、藕、田螺和河蚌中铅、铬、镉的浓度以及相对应的国家限量标准(GB 2762-2012), 见表 4。

## 4. 讨论

随着经济发展和人类活动, 对工业废水、城镇生活污水、农业污水的不合理排放都会严重污染环境, 还会威胁水生植物、水生动物的正常生长, 破坏生态系统的稳定性。由于重金属难降解、易积累、毒性大等特点, 影响水产品的质量安全, 最终会威胁整个生态系统的稳定[7] [8]。太白湖位于中国济宁市南部, 南接微山湖, 北靠济宁老城区而济宁市又拥有丰富的煤炭资源、矿产资源和大量的耕地面积, 大规模的

**Table 4.** Determination of the content of lead, chromium and cadmium in water and aquatic plants, lotus, snail, mussel in the Taibai Lake**表 4.** 济宁市太白湖湖水以及水草、藕、田螺、河蚌中铅、铬、镉浓度(mg/kg)

试样	铅(以 Pb 计) mg/kg		铬(以 Cr 计) mg/kg		镉(以 Cd 计) mg/kg	
	试样含量	国家标准	试样含量	国家标准	试样含量	国家标准
水(mg/kg)	0.00349	≤0.01 <sup>1</sup>	0.00229	≤0.05 <sup>1</sup>	0.000612	≤0.005 <sup>1</sup>
水草(mg/kg)	0.0116	≤0.1	0.898	≤0.5	0.0212	≤0.1
藕(mg/kg)	0.00953	≤0.1	0.956	≤0.5	0.0101	≤0.1
田螺(mg/kg)	0.09325	≤0.5 <sup>2</sup>	5.128 <sup>a</sup>	≤2.0	0.0105	≤0.5 <sup>2</sup>
河蚌(mg/kg)	0.110	≤1.5 <sup>3</sup>	3.598 <sup>a</sup>	≤2.0	0.00226	≤2.0 <sup>3</sup>

注: <sup>1</sup>为包装饮用水标准; <sup>2</sup>为甲壳类标准; <sup>3</sup>为双壳类标准; <sup>a</sup>为超出食品安全国家标准。

资源开采在带动经济发展的同时也造成了重金属的污染, 重金属以各种形式进入水体造成水资源的污染 [9] [10]。这些情况可能会污染太白湖景区的水体及水产品。

我国水产品资源相对丰富, 在人民的膳食结构中占有一定比例。但近年来, 随着经济的发展, 环境污染不断加重, 水产品质量、安全和卫生存在诸多隐患, 水产品质量与安全问题依然突出 [11] [12]。屡屡发生的水产品安全事件不仅严重威胁人民群众的身心健康, 还制约了我国水产品的出口, 产生巨大的出口壁垒, 对我国的水产品出口和国际水产品贸易产生较大的阻碍作用 [13]。

本研究中, 通过采用 ICP-MS 检测水体中的重金属, 结果显示: 水体中铅、铬、镉的含量分别是 0.00349、0.00229、0.000612 mg/kg。与食品安全国家标准(GB 2762-2012)比较均未超标, 而且采用的标准是包装饮用水的标准, 说明太白湖受到重金属的污染少。分析原因可能有: 1) 污染来源少。自 2009 年太白湖景区全面封闭开发建设以来, 按照“以人为本, 突显生态”的原则, 致力于绿色、生态、和谐的景区建设, 没有排污的工厂和企业, 只有青山绿水的生态景观。2) 政府有力的治理措施。对传统产业实施技术改造, 关闭淘汰重污染企业; 建设人工湿地, 利用生态系统净化水体; 强化环境在线监控, 在重点位置设置监控点。3) 公众的环保意识增强。高效、低毒、低残留农药的大力发展, 一次性不可降解塑料袋的减少使用, 废电池回收并集中处理。

通过石墨炉原子吸收法检测水产品中的重金属, 结果显示: 水草中铅、铬、镉含量分别为 0.0212、0.898、0.0116 mg/kg, 藕中铅、铬、镉含量分别为 0.00953、0.956、0.0101 mg/kg, 河蚌中铅、铬、镉含量分别为 0.110、3.598、0.00226 mg/kg, 田螺中铬和镉含量分别为 5.128、0.0105 mg/kg, 水产品中的重金属含量与食品安全国家标准(GB 2762-2012)比较发现, 所测太白湖水体和水产品中铅、镉含量均未超过国家标准; 水中铬含量未超过国家标准, 水草、藕、田螺和河蚌中铬元素含量均超过国家标准。提示北湖水体有一定的重金属污染存在, 而且要特别注意铬的污染。被铬污染的食物可以通过消化道进入人体, 对人体的肝脏、肾脏造成损伤, 同时还具有生殖毒性及遗传毒性 [14]。

另外通过比较水体、水草、田螺、莲藕和河蚌中铬的浓度, 可以发现在这些试样中铬浓度均成递增趋势, 显示了生物富集这一现象。生物富集危害历来就被重视, 重金属元素的浓度会通过食物链, 最终在体内呈几何放大倍数, 从而造成难以忽视的重大影响。韦丽丽对三峡水库水生生物的重金属含量分析, 进一步说明了重金属通过食物链存在生物放大现象 [15]。为了防止这一危害, 应从源头抓起, 严格控制水体中重金属含量, 并且应做好水体重金属污染的应急处理以及相应的修复工作。而对于湖泊重金属污染的修复有林蔚等在小型湖泊重金属污染应急处理与修复研究中的报道提出的喷洒生石灰降低重金属镉的应急处理, 还有通过水生植物对水体中的重金属元素的吸附作用来降低水体中的重金属元素浓度 [16]。陶成等在水体重金属污染的微生物治理研究与应用中提出的利用微生物对重金属的转化作用和吸附作用降



低重金属的含量[17]。以及王谦等在大型水生植物修复重金属污染水体研究进展中提到的利用大型水生植物对重金属进行治理[18]。张海锋则对水生植物修复重金属污染的特性和影响因素及存在的问题和展望进行了详细的介绍[19]。江用彬等详细介绍了藻类在吸附重金属上具有吸附量大、吸附快速可逆、吸附用藻类种类丰富、吸附过程动态平衡、应用处理经济等优点[20]。

本研究通过采用电感耦合等离子体质谱法以及石墨炉原子吸收法检测太白湖水体及水产品铅、镉、铬的含量,掌握了太白湖水体及水产品受铅、镉、铬污染的基本情况,从而提出科学有效的防治措施,改善太白湖水质,恢复自然生态资源,提高湖区水产品的食用安全性,为开展太白湖水产品安全风险监测和促进太白湖的生态建设提供科学依据。

## 基金项目

济宁市科技局(2014jnyf07)。

## 参考文献 (References)

- [1] 岳霞, 刘魁, 林夏露, 等. 中国七大主要水系重金属污染现状[J]. 预防医学论坛, 2014, 20(3): 209-223.
- [2] Devic, G., Sakan, S. and Dordevic, D. (2016) Assessment of the Environmental Significance of Nutrients and Heavy Metal Pollution in the River Network of Serbia. *Environmental Science and Pollution Research International*, **23**, 282-297. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5808-5>
- [3] He, B., Yun, Z., Shi, J., et al. (2013) Research Progress of Heavy Metal Pollution in China: Sources, Analytical Methods, Status and Toxicity. *Chinese Science Bulletin*, No. 2.
- [4] 于晓莉, 刘强. 水体重金属污染及其对人体健康影响的研究[J]. 绿色科技, 2011(10): 123-126.
- [5] 王娜, 刘新宇. 铅对人体健康的危害及污染处理方法[J]. 城市建设理论研究, 2013(23): 1-7.
- [6] 王云倩, 曹霏霏, 顾聪敏, 等. 南四湖的水环境问题研究[J]. 江苏师范大学学报, 2014, 32(2): 7-11.
- [7] Cao, H., Chen, J., Zhang, J., et al. (2010) Heavy Metals in Rice and Garden Vegetables and Their Potential Health Risks to Inhabitants in the Vicinity of an Industrial Zone in Jiangsu China. *Journal of Environmental Sciences*, **11**, 1792-1799.
- [8] 时圣刚. 重金属对环境与人体健康影响浅议[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(14): 6425-6426.
- [9] 李爽, 张祖陆. 南四湖表层底泥重金属空间分布及污染程度评价[J]. 水资源保护, 2012, 28(4): 6-11.
- [10] 谢文平, 陈昆慈, 朱新平. 珠江三角洲河网区水体及鱼体内重金属含量分析与评价[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(10): 1917-1923.
- [11] 黄运坤, 李艳飞. 水环境镉污染对人体健康影响研究进展[J]. 中外健康文摘, 2013, 50(12): 258-259.
- [12] 王增焕, 林钦, 王许诺, 等. 大亚湾经济类海洋生物体的重金属含量分析[J]. 南方水产, 2009, 5(1): 23-27.
- [13] Yi, Y., Yang, Z. and Zhang, S. (2011) Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Sediment and Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Fishes in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River Basin. *Environmental Pollution*, **159**, 2575-2585.
- [14] 钟传德. 铬的毒性研究进展[J]. 中国畜牧兽医, 2014, 41(7), 131-135.
- [15] 韦丽丽, 周琼, 谢从新, 等. 三峡库区重金属的生物富集、生物放大及其生物因子的影响[J]. 环境科学, 2016, 37(1): 325-334.
- [16] 林蔚, 汪小强, 卫新来. 小型湖泊重金属污染应急处理与修复研究[J]. 安徽农学通报, 2014, 20(23): 91-94.
- [17] 陶成, 邓天龙, 李泽琴. 水体重金属污染的微生物治理研究与应用[J]. 化学工程师, 2003(2): 46-51.
- [18] 王谦, 成水平. 大型水生植物修复重金属污染水体研究进展[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(5): 96-102.
- [19] 张海锋, 胥焘, 黄应平, 等. 水生植物修复沉积物中重金属污染的机制及影响因素研究进展[J]. 亚热带水体保持, 2015, 27(1): 37-40.
- [20] 涂书新, 韦朝阳. 我国生物修复技术的现状与展望[J]. 地理科学进展, 2004, 23(6): 20-31.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[hjfn@hanspub.org](mailto:hjfn@hanspub.org)