

# 重金属在罗非鱼淡水白鲢和鲤鱼体内的蓄积

阮 晓<sup>1</sup>, 郑春霞<sup>1</sup>, 王 强<sup>2</sup>, 周疆明<sup>1</sup>, 邹 岩<sup>3</sup>

(1. 新疆农业大学环境系, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 浙江大学农业与生物技术学院, 浙江 杭州 310027;  
3. 新疆电力试验研究所, 新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘 要:** 分别测定了新疆红雁热电养鱼场罗非鱼、淡水白鲢及鲤鱼的鳃、肝、肾、肌肉等部位中铁、铜、锌、铅、镉、铬、镍、砷等重金属蓄积量。结果表明, 藻类沉积的重金属是鱼体重金属蓄积的主要来源; 重金属主要蓄积于三种鱼的鳃、肝、肾等器官组织, 肌肉重金属蓄积量明显低于鳃、肝、肾部位的蓄积量; 热带鱼种与鲤鱼重金属解毒机制差异明显, 冬季鲤鱼内源性重金属解毒能力明显劣于热带鱼种罗非鱼和淡水白鲢, 重金属向肌肉转运加快, 是鲤鱼肌肉重金属蓄积量有所增加的原因。

**关键词:** 重金属; 鱼; 蓄积; 部位

**中图分类号:** X503. 225    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000 – 0267(2001)05 –

## Accumulation of Heavy Metal in *Tilapia nilotica*, *Colossoma brachypomum* and *Cyprinus carpio*

RUAN Xiao<sup>1</sup>, ZHENG Chun-xia<sup>1</sup>, WANG Qiang<sup>2</sup>, ZHOU Jiang-ming<sup>1</sup>, ZOU Yan<sup>3</sup>

(1. Department of Environmental Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052 China;  
2. Agricultural and Bio – Engineering College, Zhejiang University, Hangzhou 310027 China)

**Abstract:** *Cyprinus carpio*, *Colossoma brachypomum* and *Tilapia nilotica* were collected from fishpond of Hong Yan Company in Urumqi. Contents of heavy metal were measured for gill – liver, kidney and muscle of the fish studied. It was found that the accumulation of heavy metal in fish came from depositional heavy metal in algae of the fishpond. Plenty of heavy metal was accumulated in gill, liver, kidney of the fish, while the heavy metal contents in muscle were far less than the contents in other three organs of the fish. Detoxification was different between tropical species and *Cyprinus carpio*. In winter the detoxification of *Cyprinus Carpio* was less efficient than that of *Tilapia nilotica* and *Colossoma brachypomum*. The heavy metals were accumulated and transported to the muscle of *Cyprinus carpio* associating with the increasing pollution of the metals in the fish. .

**Keywords:** heavy-metal; fish; accumulation; organ

新疆地处亚温带, 气候寒冷, 鱼类繁殖季节晚, 制约了水产养殖业发展。自 1982 年以来, 乌鲁木齐市红雁水产公司成功地利用热电厂冷却塔高密度循环温流水, 在年水温 12 ℃—33 ℃的水泥池中同时繁养引进的热带鱼种罗非鱼、淡水白鲢及鲤鱼。在此特殊生态系统中, 通过比较研究热带鱼种和鲤鱼体的鳃、肝、肾、肌肉等部位对重金属铜、镉、镍、铬、铅、砷、铁、锌的蓄积, 对合理利用电厂水资源, 优化引进鱼种, 确保生态系统及人体健康具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1. 1 样品采集与分析

收稿日期: 2000 – 09 – 28

作者简介: 阮 晓(1969—), 女, 新疆农业大学环境系讲师, 硕士, 主要从事环境化学与环境监测方面的教学科研工作。

于 1999 年 11 月, 采集红雁热电养鱼场罗非鱼 [ *Tilapia nilotica* (Linnaeus) ]、淡水白鲢 [ *Colossoma brachypomum* (Cuvier) ]、鲤 鱼 [ *Cyprinus carpio* (Linnaeus) ], 分别解剖分离了鳃、肝、肾等组织器官。分别测定各种鱼鳃、肝、肾、肌肉及鱼场水样, 饵料藻类的重金属总量。

### 1. 2 试样制备

分别称取各种鱼鳃、肝、肾、肌肉 1 g 左右倒入已洗净的三角烧瓶中, 加入 7: 3 的 HNO<sub>3</sub> 与 HClO<sub>4</sub> 混合液 20 mL, 置于电热板(400 ℃)上加热至近干。待试液冷却后再加入 1: 1 的盐酸 5 mL。继续加热到试液无色透明, 并加热至近干, 稍冷却后用加热的去离子水冲洗入 50 mL 容量瓶中定容, 每一样品同时做 3 个重复。

### 1. 3 Fe、Cu、Zn、Pb、Cr、Cd、Ni 含量测定

参照文献[1]法,日本岛津 AA-670 原子吸收光谱仪上测定。

1.4 砷含量测定

参照文献[2]法测定。

2 结果与讨论

2.1 鱼池重金属污染源调查分析

热带鱼种罗非鱼、淡水白鲢与鲤鱼同池繁育于长方形水泥池中。水体中重金属含量均低于国家渔业水质标准<sup>[3]</sup>(表 1)。池中无底泥,饵料藻类(表 1)重金属沉积量较高,是鱼池中鱼体重金属蓄积的主要来源。饵料藻类重金属沉积可能是由乌鲁木齐降尘引起,其

相互依赖关系还有待进一步研究。

2.2 不同鱼类的重金属蓄积特征

8 种重金属在罗非鱼、淡水白鲢和鲤鱼肌肉中含量明显低于鳃、肝、肾等器官中含量,重金属主要蓄积在三种鱼的鳃、肝、肾部位(图 1)。饵料藻类中 Fe 含量高达 2 660.84 mg·kg<sup>-1</sup>,其含量远远超过藻类中其他重金属含量 80—1 000 余倍,致使 Fe 在不同鱼类鳃、肝、肾蓄积总量显著高于其他重金属的蓄积总量。鲤鱼肌肉中重金属蓄积量明显高于罗非鱼和淡水白鲢肌肉中蓄积量,其中 Pb、Ni、Cr、Cd、As 含量均超过国家食品限量卫生标准<sup>[8-10]</sup>(表 1,图 1)。

2.3 重金属在罗非鱼不同部位的蓄积

表 1 三种鱼肌肉、饵料藻类及水体的重金属元素含量  
Table 1 Contents of heavy metals in 3 muscles of fish, fish feedstuff, algae, and water

| 样品及国家限量标准                        | 元素       |       |       |       |       |       |          |       |
|----------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|
|                                  | Fe       | Cu    | Zn    | Pb    | Ni    | Cr    | Cd       | As    |
| 罗非鱼肌肉/mg·kg <sup>-1</sup>        | 4.55     | 3.70  | 0.30  | 6.54  | 1.27  | 0.11  | —        | 1.16  |
| 淡水白鲢肌肉/mg·kg <sup>-1</sup>       | 3.11     | 1.91  | 0.71  | 8.09  | 2.17  | 1.28  | 0.086    | —     |
| 鲤鱼肌肉/mg·kg <sup>-1</sup>         | 4.45     | 12.99 | 19.58 | 8.63  | 9.82  | 5.77  | 1.15     | 1.19  |
| 鱼重金属限量卫生标准/mg·kg <sup>-1</sup> ≤ |          | 50    | 50    | 0.5   |       | 2     | 0.1      | 0.5   |
| 饵料藻类/mg·kg <sup>-1</sup>         | 2 660.84 | 18.15 | 2.37  | 27.62 | 16.11 | 30.12 | 1.81     | 3.42  |
| 水样/mg·L <sup>-1</sup>            | 0.017    | 0.071 | 0.037 | 0.042 | 0.025 | 0.041 | 0.000 45 | 0.007 |
| 渔业水质国家标准/mg·L <sup>-1</sup>      | 0.3      | 0.01  | 0.1   | 0.05  | 0.05  | 0.1   | 0.005    | 0.05  |

重金属元素在鳃、肝、肾中的蓄积量及波动幅度均大于肌肉。由于鳃的特殊结构有利于水中离子穿过,鳃成为鱼体直接从水中吸收重金属的主要部位<sup>[4]</sup>,因为肝的解毒作用和肾的排泄作用,组织内可诱导产生大量束缚重金属的金属硫蛋白,使肝、肾成为鱼体内蓄积重金属的主要部位<sup>[5]</sup>。相比之下,肌肉对重金属的亲性和远比上述器官、组织弱。在罗非鱼的鳃、肝、肾中,Fe 在肾中积累量最高,超过肝、鳃中 Fe 含量 2 倍。由于 Ni 与 Cu、Fe 发生竞争性作用,与 Fe 的作用是协同性的<sup>[6]</sup>,导致 Ni 在肾中积累,Cu 在肾中积累相对肝减少。Cu 在鳃、肝、肾中的积累量仅次于 Fe,其在肝中积累量最高(图 1)。金属硫蛋白(Metallothioneins. MT)是一种非酶的 Zn 结合蛋白。在正常生理条件下,它主要是 Zn 或 Zn、Cu 结合蛋白。重金属与硫蛋白结合稳定性次序 Cu> Cd> Zn<sup>[7]</sup>。Zn、Cu 与 Cd 发生置换作用,使形成铜金属硫蛋白,铬金属硫蛋白束缚在鳃、肝、肾中,使 Cu、Cd 积累加剧,而使 Zn 的积累量低于白鲢,远远低于鲤鱼(图 1)。Cd、Cu、Ni、Cr、As 等重金属结合到鳃、肝、肾的 MT 中,以非毒形式存在于体内,这种内源性的重金属解毒机制大大减少了重金属向其他器官组织的输送,使肌肉中重

金属的亲合力远低于鳃、肝、肾等器官,因而罗非鱼肌肉中重金属含量较低,基本符合国家食品限量卫生标准<sup>[8-10]</sup>(表 1,图 1)。

2.4 重金属在淡水白鲢不同部位的蓄积

Waston<sup>[11]</sup>认为血中 Pb、Fe 的含量与它们吸收量之间,以及 Pb 与 Fe 的吸收量之间均是正相关关系,即是 Fe 吸收高时,Pb 吸收也高。我们研究也表明,由于饵料藻类中 Fe、Pb 沉积量位居 8 种重金属之第一、二位,使 Fe、Pb 在三种鱼鳃、肝、肾积累明显。相对罗非鱼和鲤鱼,淡水白鲢的肝、肾中 Fe 含量最高,引起 Pb 在淡水白鲢鱼体积累最多。在三种鱼鳃、肝、肾中,淡水白鲢 Cu 积累量最小,主要由 Cd 参与竞争 MT 结合形成镉硫蛋白而积累,使 Zn 积累略高于罗非鱼。除 Fe、Pb、Cd 以外,其他重金属在淡水白鲢肝、鳃、肾、肌肉中均无明显的积累。淡水白鲢肌肉中重金属含量也基本符合国家食品限量卫生标准<sup>[8-10]</sup>(表 1,图 1)。

2.5 重金属在鲤鱼不同部位的蓄积

相对于罗非鱼和淡水白鲢,鲤鱼肝、肾中 Fe 积累明显降低,Pb 含量由于 Fe 含量下降也有所下降,鲤鱼肝、肾 Pb 含量与罗非鱼接近。致使 Pb 与肌肉中蛋白质疏基亲和力加强,肌肉中 Pb 含量相对另两种鱼



图 1 不同鱼体不同部位的重金属蓄积量  
Figure1 Accumulation of heavy metals in various parts of the fish studied

有所增高。鲤鱼肝中 Zn 积累量分别是罗非鱼与淡水白鲳的 150 倍和 40 倍左右,在肾中 Zn 积累量也分别为它们的 70 倍和 50 倍左右,Zn 在鲤鱼肝、肾的过度积累,阻碍了 Cu、Cd 与 MT 结合,促使 Cu、Cd 向鱼肌肉转化明显。总之,由于 Zn 在肝、肾过度积累,导致其他重金属内源解毒能力下降,使重金属加快向肌肉转运,而使鲤鱼肌肉中重金属含量明显高于罗非鱼和淡水白鲳(表 1,图 1)。

3 结论

温流水养鱼场鱼体有明显的重金属蓄积趋势,肌肉中蓄积量明显低于鳃、肝、肾等器官组织。在年均温 12℃—33℃的电厂温流水养鱼池中,冬季鲤鱼体的重金属解毒机制明显差于热带鱼种罗非鱼、淡水白鲳,较适合养殖热带鱼种。三种鱼体各部位 Pb 均有明显积累,可能由于乌鲁木齐大气降尘中 Pb 在饵料藻

类中长期沉积而引起。

参考文献:

[1]李玉珍,邓宏筠. 原子吸收分析应用手册[M]. 北京:北京科学技术出版社,1990.

[2]中国标准出版社第二编辑室. 环境保护国家标准汇编:1989—1994[M]. 北京:中国标准出版社,1995. 257.

[3]中国标准出版社第二编辑室. 环境保护国家标准汇编:1989—1994[M]. 北京:中国标准出版社,1995. 165.

[4]Reid S D, McDonald D G. Metal binding activity of gills of rainbow trokut (Dncorhynchus mykiss)[J]. *Can J Fish Aquat Sci*, 1991, 48: 1 061 – 1 068.

[5]Allen P. Soft – tissue accumulation of lead in the blue tilapia , Ore – ochromis aureus(Steindachner), and the modifying effects of cadmium and mercury[J]. *Biological Trace Element Research*, 1995, **50**(3): 193 – 208.

[6]F H Nielsen, et al. In New Zealand workshop on trace elements in New Zealand proceedings[A]. J V Dunckly(ed), University of Otago,

Dunedin, N Z, 1982. 165.

京:中国标准出版社,1995.

[7]王 夔. 生命科学中的微量元素(下卷)[M]. 北京:中国计量出版社,1992. 191 – 195.

[10]中国预防医学科学院标准处. 食品卫生国家标准汇编(4)[M]. 北京:中国标准出版社,1995.

[8]中国预防医学科学院标准处. 食品卫生国家标准汇编(2)[M]. 北京:中国标准出版社,1995.

[11]Waston W S, et al. Lancet, 1980, 2: 236.

[9]中国预防医学科学院标准处. 食品卫生国家标准汇编(3)[M]. 北