

洪泽湖鱼体内重金属含量调查

王兆群¹, 肖 扬²

(1. 淮安市环境监测中心站, 江苏 淮安 223001; 2. 洪泽县环境监察局江苏 洪泽 223100)

摘 要: 对洪泽湖鱼体中的 Pb、Cd、Cu、Cr、Zn 等 5 种重金属进行了测定, 分析了不同重金属在鱼的组织器官中的含量分布情况, 并重点探讨了重金属在鱼体内的富集规律。结果显示: 同一类组织器官中重金属的含量、同一金属在不同组织器官中的分布、不同鱼类对同种金属元素的吸收积累存在显著差异, 5 种重金属的含量以肌肉中的含量最低; 均值型指数法显示, 鱼样中肌肉组织残毒污染较小, 属于微污染到轻污染级别; 污染负荷比说明洪泽湖鱼体残毒的主要污染因子是铅、镉。

关键词: 重金属; 洪泽湖; 鱼体; 调查

中图分类号: X503. 22

文献标识码: B

文章编号: 1674-6732(2013)-03-0047-04

Survey of Heavy Metals in Fish Bodies of the Hongze Lake

WANG Zhao-qun¹, XIAO Yang²

(1. Huai'an Environmental Monitoring Central Station, Huai'an, Jiangsu 223001, China; 2. Hongze Environmental Supervision Bureau, Hongze, Jiangsu 223100, China)

ABSTRACT: Five kinds of heavy metals (Pb, Cd, Cu, Cr, Zn) were determined in fishes from Hongze lake, and the content distribution of the different heavy metals in fish tissues and organs was analyzed to probe into the enrichment regularity of heavy metals in fish bodies. The results showed that the heavy metal content in the same kind of tissues and organs, the same metal content in different tissues and organs, and the distribution of the same metal elements in different fishes are significantly different. Muscle contains the least content of the five kinds of metals. Mean index method shows that the pollution is less severe in muscle tissues of fish samples, which belongs to the micro pollution to light pollution levels. Pollution load ratio reveals that the main pollution factor in fish samples in Hongze Lake is lead and cadmium.

KEY WORDS: heavy metal; Hongze Lake; fish bodies; survey

重金属是水生生物体及人体生成和生长所不可缺少的生命元素, 但是当其含量超过一定的界限时就会对生命体产生很强的毒害作用, 重金属进入水体生态系统后, 分布于水生生态系统的各个组分中, 对生态系统各组分产生影响(即生态效应), 并可通过食物链, 危害人类健康。其含量的高低是评价水环境及周边生态环境质量非常重要的指标之一^[1]。

洪泽湖是中国第四大淡水湖泊, 位于江苏省西北部淮安、宿迁两市境内, 位于北纬 33° 6' ~ 33° 40', 东经 118° 10' ~ 118° 52'。其水域面积达 1 597 km², 平均水深为 1.9 m, 容积为 30.4 × 108 m³。水产品种类众多, 品质优良。文章对洪泽湖鱼体中的 Pb、Cd、Cu、Cr、Zn 等 5 种重金属进行了测定, 分析不同重金属在水产品组织器官中的含量分布情况, 并重点探讨了重金属在鱼体内的富集规律。

1 材料和方法

1.1 材料

该试验所用鱼类采用洪泽湖中常见的鲫鱼、鲤鱼、翘嘴红鲌、青、鲢鱼。

1.2 样品处理

鱼类活体解剖, 分别取其脊背、肝脏、内脏、鱼鳞及鱼鳃。

将各类样品放入烘箱中于 60℃ 温度烘干, 研磨, 过 60 目筛, 按四分法称取样品分析。

1.3 仪器及分析

石墨炉原子吸收分光光度计 (PE-100; 美国

收稿日期: 2013-02-25; 修订日期: 2013-03-18

基金项目: 淮安市科技支撑计划(工业、社会发展)项目 (HAS2011003)。

作者简介: 王兆群(1968—), 男, 高级工程师, 本科, 从事生物监测工作。

PE 公司);
原子荧光分光光度计 (AFS - 9700 ;北京海光仪器公司);
样品全自动消解仪 (DEENA ;美国);
所用试剂皆为优级纯。
所用分析方法皆为国家标准方法^[2-6]。

2 鱼体中的金属元素含量

2.1 金属元素在鱼体组织器官中的分布

从测定结果可以看出,同一组织器官中重金属含量高低的基本趋势是:Zn > Cu > Pb > Cr > Cd。
由于鱼体内各组织器官生理功能、代谢水平存在差异,单一重金属离子固然能在鱼体内积累,但实际情况往往是鱼类同时暴露在混合重金属离子中,此时重金属离子之间存在着相互作用(协同、拮抗或加和作用),这种相互作用会影响各重金属在鱼体内的吸收和积累。对同一种金属而言,其不同组织中的含量存在着显著差异。生命必需元素 Zn、Cu 的含量较高,且主要存在于肝脏和内脏

中,顺序如下,Cu:内脏 > 肝脏 > 鳞 > 腮 > 肌肉;Pb、Cr:内脏 > 肝脏 > 腮 > 鳞 > 肌肉;Zn:鳞 > 腮 > 内脏 > 肝脏 > 肌肉;Cd:内脏 > 肝脏 > 鳞 > 腮 > 肌肉。
鱼类生活在水体中,鱼类对重金属离子都有较强的吸收和蓄积能力,由表 1 可以看出,重金属在鱼体不同部位的含量存在显著差异,但不同部位的含量与重金属的种类有关。鱼鳞直接受水中重金属含量的影响,锌的含量最高。金属元素在鱼鳃中的含量要比鱼肉中高得多。以鲤鱼为例,镉在鱼肉中的平均含量为 0.032 mg/kg,而在鱼鳃中的平均含量要达 0.125 mg/kg,后者比前者高 3.9 倍,锌的平均含量为 18.3 mg/kg,而在鱼鳃中的平均含量达 33.6 mg/kg 后者比前者高 1.8 倍,铅在鱼肉中为 0.212 mg/kg,而在鳃中为 0.481 mg/kg。鱼类通过鳃不断吸收溶解的氧,从而使溶解在水中的重金属离子停地经过鳃。由于鳃的特殊结构有利于水中离子穿过,鳃就成为直接从水中吸收重金属的主要部位。生命非必需元素 Pb、Cr 和 Cd 在鱼体内含量较低,这主要与它们的生理作用有关^[7]。

表 1 鱼体不同器官组织中的重金属平均含量 (n = 6 , $\bar{x} \pm s$) mg/kg

鱼种	器官组织	重金属元素				
		Zn	Cu	Pb	Cd	Cr
鲤鱼 (下层鱼)	肌肉	18.3 ± 1.2	1.85 ± 0.55	0.212 ± 0.21	0.032 ± 0.27	0.094 ± 0.34
	肝脏	27.4 ± 2.3	4.91 ± 0.46	0.526 ± 0.26	0.121 ± 0.15	0.192 ± 0.19
	内脏	30.3 ± 3.5	5.69 ± 0.67	0.636 ± 0.34	0.181 ± 0.11	0.216 ± 0.15
	鳃	33.6 ± 4.1	3.83 ± 0.58	0.481 ± 0.16	0.125 ± 0.06	0.172 ± 0.10
	鳞	56.7 ± 3.8	4.25 ± 0.42	0.354 ± 0.33	0.176 ± 0.09	0.126 ± 0.12
鲫鱼 (下层鱼)	肌肉	15.2 ± 0.92	1.59 ± 0.61	0.203 ± 0.06	0.066 ± 0.02	0.081 ± 0.03
	肝脏	22.5 ± 4.2	4.45 ± 0.10	0.534 ± 0.01	0.587 ± 0.12	0.125 ± 0.23
	内脏	27.5 ± 5.3	5.25 ± 0.18	0.543 ± 0.01	0.615 ± 0.07	0.174 ± 0.14
	鳃	35.4 ± 2.3	3.26 ± 0.13	0.427 ± 0.05	0.308 ± 0.36	0.136 ± 0.31
	鳞	51.4 ± 8.6	4.33 ± 0.25	0.325 ± 0.15	0.534 ± 0.04	0.105 ± 0.18
翘嘴 红鲌 (中、上层鱼)	肌肉	8.83 ± 0.64	0.566 ± 0.28	0.218 ± 0.27	0.021 ± 0.01	0.112 ± 0.03
	肝脏	25.3 ± 5.1	2.18 ± 0.47	0.852 ± 0.22	0.227 ± 0.01	0.347 ± 0.04
	内脏	26.7 ± 4.9	2.34 ± 0.51	0.936 ± 0.35	0.249 ± 0.03	0.405 ± 0.06
	鳃	28.5 ± 5.3	1.83 ± 0.36	0.429 ± 0.13	0.152 ± 0.05	0.214 ± 0.14
	鳞	35.6 ± 4.6	1.88 ± 0.09	0.401 ± 0.07	0.141 ± 0.07	0.196 ± 0.04

续表 1

鱼种	器官组织	重金属元素				
		Zn	Cu	Pb	Cd	Cr
青鱼 (中、下层鱼)	肌肉	9.85 ± 0.71	0.615 ± 0.32	0.196 ± 0.14	0.031 ± 0.02	0.055 ± 0.02
	肝脏	26.9 ± 2.8	2.29 ± 0.14	0.390 ± 0.02	0.167 ± 0.01	0.238 ± 0.02
	内脏	27.9 ± 3.7	2.41 ± 0.10	0.363 ± 0.15	0.188 ± 0.04	0.299 ± 0.06
	鳃	29.7 ± 7.2	1.92 ± 0.08	0.275 ± 0.01	0.096 ± 0.09	0.194 ± 0.04
	鳞	37.6 ± 9.5	1.97 ± 0.11	0.225 ± 0.09	0.105 ± 0.10	0.156 ± 0.13
鲢鱼 (上层鱼)	肌肉	9.76 ± 0.79	0.523 ± 0.23	0.227 ± 0.04	0.045 ± 0.02	0.101 ± 0.02
	肝脏	26.4 ± 2.5	2.25 ± 0.22	0.485 ± 0.19	0.187 ± 0.01	0.368 ± 0.07
	内脏	27.1 ± 6.3	2.37 ± 0.27	0.514 ± 0.13	0.196 ± 0.08	0.412 ± 0.05
	鳃	30.1 ± 0.29	1.76 ± 0.16	0.362 ± 0.08	0.095 ± 0.07	0.317 ± 0.10
	鳞	37.3 ± 8.6	1.84 ± 0.06	0.320 ± 0.03	0.106 ± 0.10	0.190 ± 0.09

鱼体内的肝和内脏对毒物的富集能力明显高于肌肉。这主要是因为鱼类摄食后经内脏消化吸收的过程中以及通过鳃粘膜吸附和体表渗透等途径,使这些毒物进入体内参与代谢后又多在内脏富集,因此鱼体肝的残毒含量,明显高于肌肉含量。重金属在内脏中特别是肝脏中的积累主要与金属硫蛋白 MT 的诱导作用有关,MT 主要的生物学功能是调节鱼体内自由金属离子的浓度,它能够通过巯基与金属离子结合,从而降低重金属离子的毒性,特别是 Pb、Cd 这两种非生物必需元素的毒疗作用。因为肝的解毒作用,组织内可诱导产生大量束缚重金属的 MT,使肝成为体内蓄积重金属的主要部位^[8]。

2.2 不同鱼类对同种金属元素的吸收和积累

不同鱼类对同种金属元素的吸收积累是有一定差异的,其基本的富集规律是底层鱼 > 中层鱼 > 上层鱼,肉食性鱼 > 非肉食性鱼。例如 Cd、Zn 则在鲤和鲫鱼中较高,Cu 在内脏中含量较高;Pb 和 Cr 的分布为内脏 > 肝脏 > 鳃 > 鱼鳞 > 肌肉,这说明金属元素在鱼体内的含量不仅与它们的生活环境有关,而且也与它们的食性有关。另外,肉食性鱼的金属元素含量要高于非肉食性鱼,其主要原因是与食物链有关,营养级越高,对金属元素的富集量也就越高。翘咀红帕是肉食性鱼,它们所处的营养级为 3—4 级,元素经过逐级富集(其中有一部分要被生物体所排泄),其体内的某些金属元素(Pb 和 Cr)就较其它鱼类高。

2.3 鱼体残毒污染状况

利用均值型指数法评价洪泽湖鱼体残毒污染状况^[9,10],其数学表达式为 $PI = 1/n \sum Ci/Si$, 其中 Ci 为鱼样内污染物的平均质量分数, Si 为某种污染物的评价标准,PI 为鱼体残毒污染指数值。由表 2 可知,鱼样中肌肉组织残毒污染较小,PI 值为 0.190~0.313,根据鱼体残毒污染程度分级(表 3),洪泽湖鱼体残毒属于微污染到轻污染级别,应引起足够重视^[11]。

表 2 洪泽湖鱼体肌肉组织残毒污染指数和负荷比结果

鱼种	PI 指数	重金属元素负荷比				
		Zn	Cu	Pb	Cd	Cr
鲤鱼	0.268	0.341	0.345	1.24	0.239	0.175
鲫鱼	0.313	0.243	0.254	1.67	0.421	0.129
翘嘴红鲌	0.190	0.232	0.149	1.88	0.221	0.294
青鱼	0.201	0.245	0.153	1.60	0.308	0.137
鲢鱼	0.245	0.199	0.107	2.28	0.367	0.206
评价标准 ^[12]		≤ 40	≤ 20	≤ 0.5	≤ 0.1	≤ 2.0

表 3 鱼体残毒污染程度分级

污染指数	级别	分级依据
< 0.1	未污染	多数项目未检出,个别项目检出也在标准内
0.1~0.2	微污染	检出值均在标准内,个别项目接近标准值
0.2~0.5	轻污染	个别项目超过标准值

续表3

污染指数	级别	分级依据
0.5~0.7	中污染	2项超过标准值
0.7~1.0	重污染	相当一部分检出值超过标准值
> 1.0	严重污染	相当一部分检出值超过标准值数倍或几十倍

2.4 污染负荷比

污染负荷比可用来说明鱼体残毒的主要污染物。评价标准见参考文献^[13,14],其数学表达式为 $L = P_i / \sum P_i$ 。其中: L ——污染物负荷比; P_i ——单项污染指数; $P_i = C_i / C_{si}$ (C_i 为污染因子实测值, C_{si} 为评价标准值)。由表2可知,洪泽湖鱼肌肉组织残毒负荷比中,肌肉内铅和镉贡献值较大,说明洪泽湖鱼体残毒的主要污染因子是Pb、Cd。

通常认为,由于高营养级的生物以低营养级的生物为食物,随着营养级的增加,某些金属元素和难分解化合物在食物链内逐级增加。WANG W X发现Zn在从浮游植物到鲢鱼类的传递中可能被食物链所放大^[15]。生活在水体中的生物可以富集某些金属,JIRO K等将莱氏拟乌贼暴露在含0.2 mg/L Cd海水中14 d后,生物浓缩系数达到15.5^[16]。鱼体残毒的增加会危害生态系统安全和人体健康,因此应进一步研究鱼体对重金属富集,以及洪泽湖生态环境的变化对鱼体富集的影响,加强生态安全评价。

3 结论

(1) 同一类组织器官中重金属的含量存在显著差异:从上述结果可以看出,其重金属含量高低的基本趋势是:Zn > Cu > Pb > Cr > Cd。生命必需元素Zn、Cu的含量较高,且主要存在于肝脏和内脏中;生命非必需元素Pb、Cr和Cd在鱼体内含量较低。

(2) 同一金属在不同组织器官中的分布存在显著差异:由于鱼体内各组织器官生理功能、代谢水平存在差异,对同一金属而言,其不同组织中的分布也存在显著差异,5种重金属的含量以肌肉

中的含量最低。这是因为重金属进入鱼体内的主要途径是通过饵料的摄取、体表渗透和鳃膜的吸附等,故内脏、内脏、鳃、积累的重金属比肌肉的多。

(3) 不同鱼类对同种金属元素的吸收积累是有一定差异的,其基本的富集规律是底层鱼 > 中层鱼 > 上层鱼,肉食性鱼 > 非肉食性鱼。

(4) 洪泽湖鱼样中肌肉组织残毒污染较小,PI值为0.190~0.313,属于微污染到轻污染级别;在洪泽湖鱼肌肉组织残毒负荷比中,肌肉内铅和镉贡献值较大,说明洪泽湖鱼体残毒的主要污染因子是铅、镉。

[参考文献]

- [1] 徐承水. 环境中有害微量元素对人体健康的影响[J]. 广东微量元素科学, 1999, 6(10): 1-3.
- [2] GB/T 5009.12—2003 食品中铅的分析方法[S].
- [3] GB/T 5009.13—2003 食品中铜的分析方法[S].
- [4] GB/T 5009.14—2003 食品中锌的分析方法[S].
- [5] GB/T 5009.15—2003 食品中镉的分析方法[S].
- [6] GB/T 14962—94 食品中铬测定方法[S].
- [7] 董绪燕, 孙智达, 戚向阳, 等. 武汉淡水鱼中重金属含量分析及安全性初步研究[J]. 卫生研究, 2006, 35(6): 719-721.
- [8] 高淑英, 邹栋梁. 湄洲湾生物体内重金属含量及其评价[J]. 海洋环境科学, 1994, 13(1): 39-45.
- [9] 陆雍森. 环境评价[M]. 上海: 同济大学出版社, 1990.
- [10] 何力, 张真, 翟良安, 等. 长江库区江段鱼体污染状况[J]. 中国水产科学, 1998, 5(4): 52-56.
- [11] 石俊艳, 于伟君, 刘中, 等. 鸭绿江等河流鱼体残毒调查报告[J]. 淡水渔业, 1994(3): 8-13.
- [12] GB18406 无公害水产品及其海洋生物标准[S].
- [13] 中国标准出版社总编室. 中国国家标准汇编[M]. 北京: 中国标准出版社, 1994.
- [14] 张征, 何力, 倪朝辉, 等. 三峡库区鱼体组织残毒分析[J]. 吉首大学学报: 自然科学版, 2006, 27(1): 101-104.
- [15] WANG W X. Interaction of Trace Metals and Different Marine Food Chains [J]. Mar. Ecol. Prog. Ser., 2002, 243: 295-309.
- [16] JIRO K, NOBUYUKI N, SUSUMU S. Bioaccumulation of Waterborne and Dietary Cadmium by Oval Squid, Sepioteuthis Lessoniana, and Its Distribution Among Organs [J]. Marine Pollution Bulletin, 2000, 40(11): 961-967.

(本栏目编辑 陆 敏)