

重金属锌在鱼鳃和鱼肉中的积累

李小云 王丽萍^a

(徐州市环境保护科学研究所 江苏省徐州市黄河南路 60 号 221000)

^a(中国矿业大学环境与测绘学院 江苏省徐州市 221000)

摘 要 用原子吸收分光光度法研究锌在鱼体内积累行为, 结果表明, 溶解态和颗粒态锌在鱼鳃和鱼肉中的积累, 可分别用模拟方程: $y = 17.657 \ln(x) - 5.791$ (溶解态锌, 鱼鳃)、 $y = 8.2824 \ln(x) - 1.1144$ (溶解态锌, 鱼肉)、 $y = 35.79 \ln(x) - 4.0646$ (颗粒态锌, 鱼鳃)、 $y = 9.0168 \ln(x) + 3.1344$ (颗粒态锌, 鱼肉) 来表示。锌在鱼鳃和鱼肉中的积累明显超过其他金属的积累量。颗粒态鱼鳃积累尤其大于鱼肉, 说明鱼在对颗粒态锌积累过程中, 部分颗粒态锌是吸附在鱼鳃上的。由于生理功能不同, 金鱼对锌需要量比其他金属多。

关键词 金鱼, 锌, 颗粒态, 积累

中图分类号: X503.225; O657.31

文献标识码: A

文章编号: 1004-8138(2009)02-0265-04

1 前言

Kern 等研究发现重金属排入水体中, 有 60% 以上都结合在悬浮沉积物的表面, 颗粒物作为重金属的载体, 其吸附、絮凝、沉积和迁移过程决定着重金属的去向和归宿^[1]。锌既是一种环境污染物, 也是所有有机体必需的微量元素之一, 已经见镉、铜、铅颗粒态污染物对鱼的影响, 但很少见颗粒态锌对鱼的影响。本文将对溶解态和颗粒态锌在鱼肉及鱼鳃的积累作研究。

2 实验部分

2.1 主要仪器

TA S-990 原子吸收分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司); TH F-95 恒温振荡器(江苏太仓市医疗器械厂); SHB-III 循环水式多用真空泵(郑州长城科技工贸有限公司); ACD 电磁式空气压缩机(浙江森森有限公司); XSZ-HS7 生物显微镜(重庆光电仪器有限公司)。

2.2 材料

金鱼购自徐州市花鸟市场, 体重 11 ± 3 g, 养于实验室的大水族箱中。期间投喂市售颗粒饵料, 每 2—3d 吸去粪便、残饵, 每 5—6d 换水 1 次。实验前 5d 停止投喂, 进行驯养, 使它适应新环境再进行实验^[2]。试验水温大约为 21 ± 1 °C, pH 6.97—8.15。为反映废水的真实水质状况, 本试验过程中不作 pH 调节。

本试验为不更换试验溶液的静态实验, 实验中采用人工曝气的方式确保有足够的溶解氧。实测溶解氧为 $6.9—7.5$ mg/L, 沉淀三天自来水硬度(以 CaCO₃ 计)为 296 mg/L。试验用水使用前均需进

联系人, 电话: (0516) 82566103; 手机: (0) 13952209671; E-mail: ky868686@163.com

作者简介: 李小云(1971—), 女, 河北省张家口市人, 硕士, 工程师, 主要从事环境科研工作。

收稿日期: 2008-07-09; 接受日期: 2008-12-09

行除氯,本试验采用将自来水注入驯养鱼缸后曝气三天的方法。实验选用 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 作为重金属吸附剂,用玛瑙研钵磨碎后过 400 目筛,称重后投入过滤自来水中制成 1.5g/L 悬浊液备用。

2.3 实验方法

2.3.1 吸附动力学曲线

在称量水铝矿的 13 个三角烧瓶中,加入一定量重金属及过滤过的自来水,使总体积为 100mL,浓度为 0.5mg/L 并于振荡器中恒温振荡,于 0—12h 内取样品过滤,测定平衡液中重金属含量并作图。由上述吸附动力学曲线可知锌离子 4h 之后可达吸附平衡。

2.3.2 吸附等温线

配置 15mg/L $\text{Al}(\text{OH})_3$ 过滤自来水悬浊液,于 250mL 磨口三角烧瓶中,加入一定体积过滤自来水和一定体积已知浓度溶液,使总锌浓度范围在 0— 0.35mg/L 呈系列增加,并使溶液总体积为 100mL。在 21.0 ± 0.5 下恒温振荡 4h 达到平衡,经过滤后测定平衡液中金属离子的浓度,并计算出固体粒子上的吸附量,绘出等温线。

计算的等温线为: $P = 20.30C^{1/1.79}$, ($r = 0.98, n = 8$)

式中: P ——颗粒吸附态浓度 (mg/kg); C ——平衡时水相锌浓度 (mg/L)。

2.3.3 溶解态暴露实验

选金鱼 36 尾称重计量后放入试验鱼缸,每一鱼缸所用试验鱼为 4 尾。转移期间处理不当的鱼均应弃除。同一实验,所有试验用鱼应在 30min 内分组完毕^[3]。

在盛有 25L 并曝气的玻璃水族箱中进行,为期 5d 和 10d,锌的暴露浓度分别为 $0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8\text{mg/L}$ 。

2.3.4 吸附态暴露实验

锌和悬浮物浓度按照上述等温线计算,使水溶态锌含量恒定为 0.04mg/L ,吸附态浓度分别为 $0, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5\text{mg/L}$,经过大约 4h 使吸附作用达到平衡后进行吸附态锌暴露实验,实验在盛有 25L 矿物悬浊液并曝气的玻璃水族箱中进行,为期 5d 和 10d。选金鱼 36 尾称重计量后放入试验鱼缸,每一鱼缸所用试验鱼为 4 尾。

暴露实验结束后,分别将鱼断尾排除血液并解剖出鳃和肌肉,消解后测定锌含量。样品测定按照国家环境保护总局编《水和废水监测分析方法(第四版)》^[3]。同时取鱼的新鲜鳃丝于光学显微镜(400 倍)下照相。

3 结果与讨论

3.1 鱼鳃和鱼体对溶解态锌的吸收

重金属锌在鱼体内积累 5 天,鱼鳃和鱼肉锌的浓度都随暴露锌浓度的升高而升高,当溶液锌浓度为 0mg/L 时,鱼鳃和鱼肉锌浓度分别为 1.19mg/kg 和 0.66mg/kg ,当锌浓度为 0.5mg/L 时为 26.3mg/kg 和 14.06mg/kg ,从 0.5mg/L 时积累增加较为缓慢,至 0.8mg/L 时达 36.21mg/kg 和 17.71mg/kg ,比 0.5mg/L 时增加了 9.91mg/kg 和 3.65mg/kg ,即仅增加了 37.68% 和 25.96%,而且鱼鳃积累增加的幅度明显大于鱼肉增加幅度。锌在鱼体积累 10 天没有明显的变化,说明已经达到吸附平衡,锌的积累过程可以用模拟方程,鱼鳃: $y = 17.657 \ln(x) - 5.791$, 相关系数 $r^2 = 0.8699$; 鱼肉: $y = 8.2824 \ln(x) - 1.1144$, 相关系数 $r^2 = 0.9717$ 来表示,见图 1。

3.2 鱼鳃和鱼体对颗粒态锌的吸收

重金属锌在鱼体内积累 5 天,鱼鳃和鱼肉锌的浓度都随暴露总锌浓度的升高而升高,当溶液总锌浓度为 0mg/L 时,鱼鳃和鱼肉锌浓度分别为 1.09mg/kg 和 0.53mg/kg ,当浓度为 0.39mg/L 时为 50.34mg/kg 和 17.15mg/kg ,从 0.39mg/L 时积累增加较为缓慢,至 0.54mg/L 时达 62.18mg/kg 和 18.15mg/kg ,比 0.39mg/L 增加了 11.84mg/kg 和 1.00mg/kg ,即仅增加了 23.52% 和

5. 83%, 而且鱼鳃积累增加的幅度尤其大于鱼肉, 说明鱼在对重金属锌积累过程中, 颗粒态锌很大一部分是吸附在鱼鳃上的。锌在鱼体积累 10 天没有明显的变化, 说明已经达到吸附平衡, 锌的积累过程可以用模拟方程, 鱼鳃: $y = 35.79 \ln(x) - 4.0646$, 相关系数 $r^2 = 0.9055$; 鱼肉: $y = 9.0168 \ln(x) + 3.1344$, 相关系数 $r^2 = 0.8851$ 来表示, 见图 2。

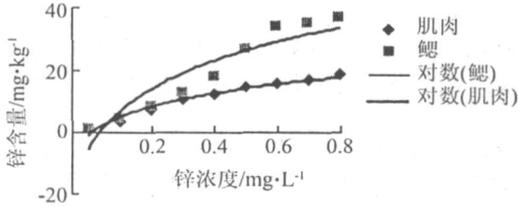


图 1 溶解态锌在鱼鳃和肌肉的积累

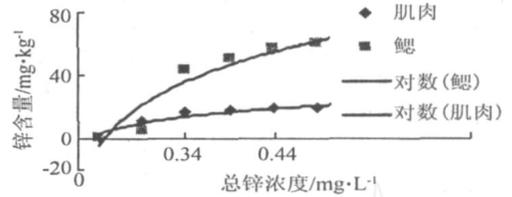


图 2 颗粒态锌在鱼鳃和肌肉的积累

3.3 颗粒态锌在鱼鳃中富集的机理

由图 3 和图 4 可知, 积累过程中鱼肉内颗粒态和溶解态锌的积累不断增加, 同时鱼鳃内颗粒态和溶解态锌的积累也不断增加, 但是颗粒态锌积累和溶解态积累相比鱼肉变化并不明显, 相反, 颗粒态锌和溶解态锌的鱼鳃积累变化却尤为显著, 见图 3, 图 4。

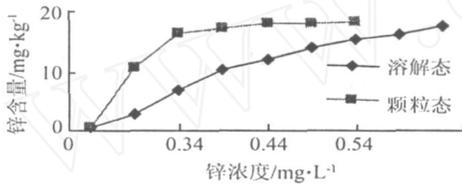


图 3 锌在鱼肌肉的积累

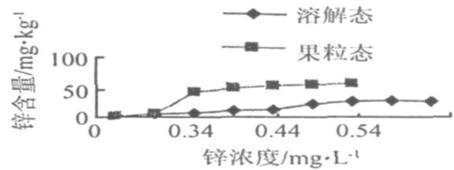


图 4 锌在鱼鳃的积累

目前普遍认为, 污染物质主要是通过鱼鳃从水中吸收积累。在对鳃丝压片进行的观察, 见图 5。可以看到颗粒物在鳃丝表面的附着, 而未经颗粒态暴露的鱼鳃则不能观察到异物的存在, 颗粒物主要附着在鳃丝表面粘液积聚处, 在类似的刘长发对颗粒态铅和镉积累实验中同样可以发现这样的附着, 鳃部粘液对颗粒物及其锌的附着起很大作用, 粘液脱落会带走吸附的颗粒物及未进入鳃部细胞的锌^[4]。

刘长发研究认为暴露 10 天的金鱼血液中金属含量与鳃中的金属含量呈显著性线性相关, 肠、肌肉的铅镉蓄积量与血液中的铅镉含量基本没有相关关系。可以认为金鱼吸收吸附态锌是颗粒物从水到鳃吸附, 金属锌则以游离态或其他形式进入鳃组织, 再转移到血液的浓度梯度驱动的被动扩散过程。而溶解态锌的吸收很可能是通过体表吸收和食物吞咽。

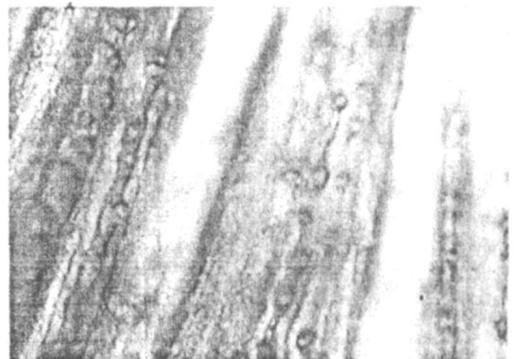


图 5 受颗粒态锌污染的鱼鳃显微镜图片 (放大 400 倍)

3.4 溶解态锌在鱼体中富集机理

锌和其他金属是动物生命活动中必需的微量元素, 由于其生理功能不同, 需要量也不同。人体内锌含量为 1.4—2.3g, 广泛分布于各组织器官中(约 20% 的锌存在于皮肤中)。

重金属在多种鱼体内均有积累现象, 不同组织器官中的积累量是不均衡的, 肌肉中重金属的含量较低^[5]。由图 1 虽然锌在金鱼不同组织器官中的积累量不均衡, 鱼鳃积累量大于鱼肉, 但是溶解态锌在鱼鳃和肌肉中的积累并没有显著差异。另外鲤鱼暴露于含 Cd 的水体中 106 天后, 肌肉中 Cd 的积累才变得明显^[6]。而由图 1 锌在肌肉中积累 5

天就很明显,而且 10 天积累量并没有很大变化。

从进入鱼体内的途径看,最主要是通过呼吸作用由鳃和食物由胃、肠道进入,还可以通过皮肤渗入等次要方式进入体内^[7]。由于皮肤本来不是吸收器官,并且被厚的角蛋白膜覆盖,因此,重金属一般不大经皮肤吸收,本研究则认为食物途径和皮肤吸收也是鱼类对金属吸收的重要途径。对生物体所必需的物质,当其浓度低时,通过主动运输摄入生物体内,甚至会超过其需要量;而对有害的物质则用障壁和被动运输来控制。动物对 Zn 的需要量比其他金属大,因而要求对 Zn 的积累能力也较后者大。谢瑞文在研究锌和碘在鲢鱼体内的积累与分布时发现鲢鱼对水中 Zn 的积累能力比对碘的积累能力强,积累实验 8d 时 Zn 的浓集系数是碘的 17.5 倍,原因是由鱼体对这两种元素的不同需要量决定的^[8]。

虽然锌对于生物体来说是一种必须的金属,但是,如果体内的锌超过了一定的浓度,将会阻塞层与层之间的通道,阻碍呼吸运动,阻碍机体的生长和成熟。当鱼类和软体动物的体内锌的含量超标时,它们的身体上会出现蓝色的斑点,很多的生态系统中的锌的含量已经超过了所规定的标准,故有必要开展进一步的实验以便更全面地探究锌在生物体内的行为。

4 结论

重金属锌在鱼体内积累 5 天,溶解态和颗粒态锌在鱼鳃和鱼肉的积累都随锌浓度的升高而升高,而且鱼鳃锌积累大于鱼肉积累。锌在鱼鳃和鱼肉积累量明显超过其他金属的积累量,肌肉中的含量明显高。锌在鱼体积累 10 天没有明显的变化,说明已经达到吸附平衡;颗粒态鱼鳃积累尤其大于鱼肉,说明鱼在对颗粒态锌积累过程中,颗粒态锌很大一部分是吸附在鱼鳃上的,金鱼吸收颗粒态锌是颗粒物从水到鳃吸附,金属锌则以游离态或其他形式进入鳃组织,再转移到血液的浓度梯度驱动的被动扩散过程。食物途径和皮肤吸收也是鱼类对溶解态金属吸收的重要途径。

参考文献

- [1] Kern U, Li C C, Westrich B. A assessment of Sediment Contamination from Pollutant Discharge in Surface Waters[J]. *Water Science and Technology*, 1998, 37(6—7): 1—8
- [2] 刘长发,陶澍,龙爱民等. 金鱼对颗粒态镉的鳃吸收[J]. *环境科学学报*, 2001, 21(1): 24—28
- [3] 国家环境保护总局编. 水和废水监测分析方法[M]. (第 4 版). 北京: 中国环境科学出版社, 2002. 324—326
- [4] 刘长发,陶澍,曹军等. 金鱼鳃对颗粒态铅的吸收[J]. *应用生态学报*, 2000, 11(2): 283—286
- [5] 陆超华. 南海北部海域经济水产品的重金属污染及评价[J]. *海洋环境科学*, 1995, 14(2): 12—18
- [6] Rainbow P S. 中国近岸水域重金属的生物监测[J]. *海洋环境科学*, 1992, 11(2): 34—40
- [7] 周新文. 混合重金属离子在鲫鱼 (*Carassius auratus*) 中的积累机制与分子毒性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2001.
- [8] 谢瑞文,吴恩应,肖周业等. Zn 和 I 在鲢鱼体内的积累与分布[J]. *中山大学学报*, 2005, 11(1): 224—228

Accumulation of Heavy Metals Zinc in Gills and Muscles

L I X iao-Yun W A N G L i-Ping^a

(*Environmental Protection Science Research Institute of Xuzhou, Xuzhou, Jiangsu 221000, P. R. China*)

a(School of Environment Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221000, P. R. China)

Abstract Accumulation of zinc in goldfish were studied with an atom absorption techniques. Accumulation trends of zinc were observed in gills and muscles, which could be expressed as $y = 17.657 \ln(x) - 5.791$ (free zinc: gills), $y = 8.2824 \ln(x) - 1.1144$ (free zinc: muscles), $y = 35.79 \ln(x) - 4.0646$ (particulate zinc: gills), $y = 9.0168 \ln(x) + 3.1344$ (particulate zinc: muscles). Accumulation of zinc in gills and muscles exceeded apparently which of other metals. Accumulation of particulate zinc in gills were greater than that of in muscles. This could make a description of that part of particulate zinc were adhered on the gills on the uptake and accumulation progress for the different of physiology function, demand amount of zinc to goldfish were more than that of other metals.

Key words Goldfish, Zinc, Particulate, Accumulation