

草鱼、鲤鱼对汞的积累与排除*

黄 玉 瑶

(中国科学院动物研究所)

汞是一种毒性较大的重金属。工业生产上排出的汞随废水、废渣及雨水冲刷,最终进入水体。水中的汞大部分沉积在水底,一部分沿食物链或直接吸收积累在鱼类及水生生物体中。鱼类对汞的积累快于排除,因此在受到汞污染的水域,鱼体汞含量不断增加。甚至在水中汞含量很低的情况下,鱼体中的汞含量亦可达到可观的水平。有人认为鱼类对水中汞的积累是没有浓度低限的^[1]。沉积在水底的汞在微生物的作用下可转化成毒性更大的甲基汞^[2]。沉积物中的汞也可使鱼体汞含量增加^[3]。水体汞污染可造成持久的影响,最终威胁到人体健康,是水域环境保护中的一个重要问题。

草鱼和鲤鱼是我国重要的淡水养殖鱼类。它们对汞的积累与排除能力研究得不多。这两种鱼的食性不同,对汞的积累与排除能力是否有别,我们进行了一些探讨,以供参考。

材 料 与 方 法

选择当年生的草鱼、鲤鱼鱼种作汞积累与排除实验。实验在室内水族箱中进行。

积累实验,水族箱体积 60 升。放养鱼种 30 尾。水中含有汞、DDT、666 三种毒物,这是模拟蓟运河污染状况而设置的。三种毒物浓度如下:汞 0.001 毫克/升;pp'-DDT 0.001 毫克/升; γ -666 0.02 毫克/升。

草鱼的实验延续 155 天。实验期间每天换水 50 升,药物浓度保持稳定。实验水温控制在 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 。每天投喂未被污染的饵料

(干鱼虫)。水中溶解氧最低在 3 毫克/升以上,鱼类生活基本正常。

实验期间,定期任取 2 尾鱼样,全鱼匀浆后取 1 克样品消化,用 590 测汞仪测汞。

鲤鱼对汞的积累资料引自前一个实验结果^[4],加以计算整理,以作比较。前后的实验方法、条件相同。

排除实验,系将草鱼、鲤鱼鱼种各 30 尾,分别养在 100 升的水族箱中;水中含有汞 0.005 毫克/升,pp'-DDT 0.005 毫克/升, γ -666 0.02 毫克/升。一个月以后,将受到污染的鱼分别移入清水,室温饲养。实验期间每天更换清水 70 升,水温变化在 $11-17^\circ\text{C}$ 之间。定期任取鱼样 2 尾,全鱼匀样测汞。饲养条件及测汞方法同前。

结 果 和 讨 论

1. 鱼类对汞的积累

实验结果表明,草鱼和鲤鱼鱼种都有较强的直接从水中吸收和积累汞的能力。开始接触汞的头几天内,鱼体积累汞的速度较快,以后速度减慢。水中汞浓度 0.001 毫克/升,水温 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$,草鱼全鱼积累汞的趋势如图 1。经过 155 天的积累,草鱼全鱼汞含量达到 5.85 毫克/公斤,浓缩系数为 5.85×10^3 。草鱼积累汞的趋势和鲤鱼是一致的^[4]。

将上述不同接触天数草鱼积累汞的数值点在双对数纸上,发现头几天的积累量偏高,6—71 天之间的各个数值能很好地落在一根

* 参加这项工作的还有许培礼、佟明秀同志;谭燕翔同志协助一部分汞的测定工作。

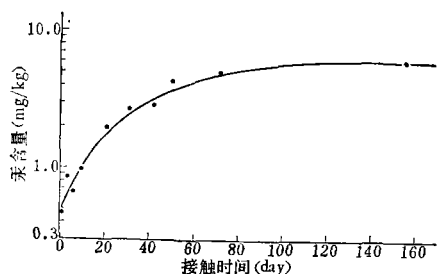


图1 草鱼对汞的积累
(水中汞浓度 0.001 毫克/升, 水温 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$)

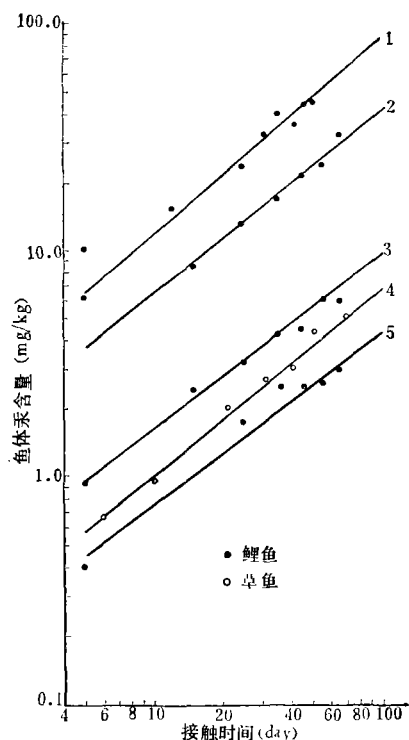


图2 不同浓度汞溶液中鲤鱼、草鱼体内汞含量与接触时间的关系

- | | |
|---------------|--------------------------------------|
| 1 0.0164 毫克/升 | 1 $\log Y = 0.2179 + 0.8516 \log X$ |
| 2 0.0085 毫克/升 | 2 $\log Y = 0.0594 + 0.7670 \log X$ |
| 3 0.0018 毫克/升 | 3 $\log Y = -0.5437 + 0.7622 \log X$ |
| 4 0.0010 毫克/升 | 4 $\log Y = -0.8166 + 0.8248 \log X$ |
| 5 0.0008 毫克/升 | 5 $\log Y = -0.8215 + 0.7287 \log X$ |

直线附近, 155 天的数值则有所偏低。鲤鱼也有类似情况, 头 5、6 天的数值偏高, 5、6 天以后至 65 天之间的数值能较好地落在直线附近。鲤鱼的实验只延续 65 天。

计算 6—71 天之间鱼体汞的积累量, 草

鱼在 0.001 毫克/升汞溶液中, 水温 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 全鱼汞的积累量与接触天数的关系式为 $\log Y = -0.8166 + 0.8248 \log X$ (式中 Y 为全鱼汞含量, 毫克/公斤; X 为接触天数)。鲤鱼接触不同汞浓度的积累量与接触天数的关系式见图 2。

图 2 中可以看到, 鲤鱼在规定的汞浓度范围内, 鱼体汞的积累量随溶液汞浓度的提高而增加; 而且在不同浓度组中, 鱼体汞含量与接触天数的关系曲线具有近似的斜率。

鲤鱼鱼种生活在汞浓度为 0.0008、0.0018、0.0085 和 0.0164 毫克/升溶液中, 按各自的回归式计算, 50 天时各组鲤鱼全鱼汞积累量为 2.61、5.64、23.02 和 46.22 毫克/公斤。这些数值点在对数纸上能很好地落在一根直线上 (图 3)。因此可用回归式表示如下: $\log Y = 2.3888 + 0.9362 \log X$ (式中 Y 为全鱼汞含量, 毫克/公斤; X 为水中汞浓度, 毫克/升)。

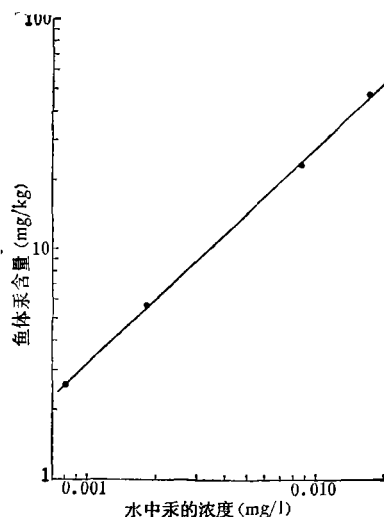


图3 鲤鱼鱼体汞积累与水中汞浓度的关系
(接触时间 50 天, $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$)

按照以上关系式计算, 水中汞浓度 0.001 毫克/升, 接触 50 天, 鲤鱼全鱼汞的积累量为 3.28 毫克/公斤, 草鱼为 3.84 毫克/公斤。在本实验条件下, 草鱼对汞的积累能力比鲤鱼强。

同样按上式计算,鲤鱼在0.0005毫克/升汞溶液中(目前国家规定渔业水质标准汞的最大允许量),50天时,鲤鱼全鱼汞的积累量为1.25毫克/公斤。若按鱼肉汞含量为全鱼汞含量的三分之一计^[4],50天时鱼肉汞含量为0.42毫克/公斤。超过0.3毫克/公斤的食用卫生标准。当水中汞浓度为0.0001毫克/公斤,50天时鲤鱼全鱼汞含量为0.25毫克/公斤,合鱼肉汞含量为0.08毫克/公斤。从残毒积累的观点看,水中汞浓度低于0.0001毫克/升时比较合乎卫生标准。

瑞典人较早报道狗鱼对汞的浓缩系数为 3×10^3 ^[5];有人总结食用水生生物对各种化学物质的浓缩系数时,其中淡水鱼类对汞的浓缩系数比较笼统地定在 10^3 数量级^[6]。本实验草鱼和鲤鱼对汞的浓缩系数也是在这个范围之内。

有人指出,鱼类直到死亡为止可不断积累水中的汞^[1]。我们对鲤鱼鱼种的实验中也观察到这种现象。水中汞浓度为0.0164毫克/升,31天后鲤鱼开始出现死亡现象,54天时,除取样以外,其余的实验鱼全部死完。从开始死亡到全部死完这段时间里,鱼体汞积累量还是不断增加(图2:1)。因此,鱼类对汞的积累及其浓缩系数,须要较长时间的观察。

2. 鱼类对汞的排除

实验结果表明,草鱼和鲤鱼都有一定的排汞能力,排除趋势基本相似:头20天内排除速度较快,以后明显减慢,到125天时,鱼体尚有约40%的汞未被排除。草鱼、鲤鱼的这种排汞趋势与有关报道资料基本上是一致的^[6]。在本实验条件下,两种鱼体内的汞含量随清养天数而下降的情况可分别用回归式表示如下:草鱼(全鱼汞含量10毫克/公斤) $\log Y = 0.4743 - 0.1986 \cdot \log X$;鲤鱼(全鱼汞含量6毫克/公斤) $\log Y = 0.8158 - 0.1719 \log X$ (Y为全鱼汞含量;毫克/公斤;X为排除天数)。

草鱼、鲤鱼排汞实验结果说明,受到汞污染的鱼类,经过一定时间的清水饲养,鱼体汞含量将逐步排除,从而可达到食用卫生标准。

结 束 语

1. 草鱼、鲤鱼鱼种都可直接从水中吸收汞并积累在鱼体中。开始接触汞的头几天汞的积累速度较快,以后则逐步缓慢。但实际积累量在不断增加,到死亡为止,鱼类在不断积累水中的汞。

2. 在5—80天的时间内,草鱼、鲤鱼全鱼汞的积累量随接触汞的时间的延长而增加,可用曲线回归式予以表示。水中汞浓度0.001毫克/升,水温 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$,草鱼的回归式为 $\log Y = 0.8166 + 0.8248 \cdot \log X$ 。水中汞浓度0.0008毫克/升,鲤鱼的回归式为 $\log Y = 0.8215 + 0.7282 \log X$ 。草鱼鱼种对汞的积累量略大于鲤鱼。

3. 鱼种汞的积累量随水中汞浓度的提高而相应增加。鲤鱼在0.0008、0.0018、0.0085和0.0164毫克/升汞溶液中,50天时各组鲤鱼全鱼汞积累量与水中汞浓度的关系用下式表示: $\log Y = 2.3888 + 0.9362 \log X$ 。按此式计算,水中汞浓度小于0.0001毫克/升时,鱼体汞含量基本合乎食品卫生标准。

4. 草鱼和鲤鱼都有排汞能力;头20天排除速度较快,可排除40—50%,以后则逐步缓慢,125天时,大约尚有40%的汞残留在体内。草鱼全鱼汞含量10毫克/公斤,逐日排除情况为 $\log Y = 0.4743 - 0.1986 \log X$;鲤鱼全鱼汞含量6毫克/公斤,逐日排除情况为 $\log Y = 0.8158 - 0.1719 \log X$ 。

参 考 文 献

- [1] D'Itri, F. M., In *Bioassay Techniques and Environmental Chemistry*, G. E. Glass Ed. Ann Arbor Science (1974).
- [2] Wood, J. M., *Advances in Environmental Science and Technology*, Vol. II, 39 (1971).
- [3] Kudo, A. and D. C. Mortimer, *Environ. Pollut.*, 19 (3), 239—245 (1979).

- [4] 中国科学院动物研究所水生生态组, 环境科学, 1, 12—15 (1979).
- [5] Johnels, A. G. et al., *Oikos*, 18, 323—333

- (1967).
- [6] 山縣登編著, 生物浓缩——环境科学特論, 产业图书株式会社 (1978).

澳门水相中重金属锌、镉、铅和铜化学形态的研究

林植青 王肇鼎 郑建录

(中国科学院南海海洋研究所)

一、前 言

在河水、海水交汇的河口区, 重金属元素的形态变化及其物理化学变化过程, 是河口研究和环境保护工作需要了解的问题。尤其是对于环境质量评价条件, 除了考虑元素总含量, 更重要的是应考虑元素的存在形态及其变化规律, 只有这样才能提高评价结果的精确度和真实性。

澳门与香港的地理位置, 遥遥相对地紧扼住珠江口的左右两侧。其水相中重金属的含量与形态的状况如何, 可直接反映出珠江口海区的物理化学过程的变化结果。但以往多年来, 珠江口的污染调查仅限于测定重金属元素等污染物的总含量*, 而对其形态及变化还未进行过研究, 也未见有文章报道。因此, 本文对澳门站的重金属元素形态进行了研究, 可望对珠江口海区重金属等污染物的迁移转化和环境质量评价的研究有所裨益。

二、调查和实验

(一) 澳门测站环境状况的调查

1980年4月底(30日), 我们对珠江口进行化学调查研究时, 专门在澳门做了调查。调查船为《前卫514》号。考察地点在澳门大桥下面主航道上。现场的理化特征: 海水呈黄色混浊, 水温 27℃, 水深 4.5 米, 盐度为 0.78‰, 水样 pH7.71。考察期间, 澳门

水面受西江河水影响较大。而在澳门附近东面十几里的珠江口 6 号站**, 其盐度为 19.24‰, 两处水的咸淡相差悬殊。

(二) 测定方法和步骤

Batley G. E. 等^[1]提出以螯合离子交换树脂分离、紫外光照射和阳极溶出伏安法测定海水中微量重金属化学形态的研究方法, 就目前来说, 较之过滤和萃取等方法理想^[2,3], 本文参照此法分析水样, 具体步骤如下:

水样取回后, 需尽快以国产醋酸纤维膜(孔径 0.45 μm) 抽滤, 以分去悬浮体(另测定)。滤液按下面四种步骤分别将各种形态分离: (1)、未经处理的滤液; (2)、通过国产 CR-1 钠型螯合离子交换树脂柱后; (3)、以紫外光照射后; (4)、经紫外光照射后, 再通过螯合离子树脂柱。每种分离步骤所得到的溶液分别取出两份, 每份 25ml, 一份直接调 pH 为 4.7, 另一份加入 2ml 2NHNO₃ 煮沸氧化后, 再调 pH 为 4.7, 最后皆用阳极溶出伏安法 (AD-1 型极谱仪) 进行 Zn、Cd、Pb、Cu 的测定。

经上述处理、测定后, 再进行简单数学运算, 即可得到重金属各元素的总含量和七种

* 珠江口污染调查协作组, 珠江口海区污染调查报告, 1978.

** 郑建录等, 珠江口海域重金属的河口化学研究 I. 珠江口海域水相中微量重金属的化学形态的研究, 1980.