

文章编号: 1007-2985(2010) 02-0105-03

# 钒<sup>\*</sup>对日本青鳉的急性毒性及安全评价

易浪波, 梅 丹, 刘小英, 彭清静

(吉首大学生物资源与环境科学学院, 湖南 吉首 416000)

**摘要:**以不同月龄的日本青鳉为受试生物,采用半静止生物测试法,比较研究V(V)对日本青鳉成鱼和幼鱼的急性毒性效应。结果表明:V(V)对日本青鳉成鱼的72 h和96 h LC<sub>50</sub>分别为4.91 mg/L和2.73 mg/L,安全质量浓度为0.273 mg/L,钒<sup>\*</sup>对幼鱼的72 h和96 h LC<sub>50</sub>分别为0.85 mg/L和0.43 mg/L,安全质量浓度为0.042 7 mg/L。根据有毒物质对鱼类的急性标准可得钒<sup>\*</sup>对日本青鳉有中至高等毒性,幼鱼对钒<sup>\*</sup>的毒性更为敏感。

**关键词:**钒;日本青鳉;急性毒性;半致死量;质量浓度

**中图分类号:**S941

**文献标识码:**B

钒是一种重要的合金元素,它以钒铁、钒化合物和金属钒的形式被广泛用于冶金、宇航、化工等工业部门。钒在地壳中的总含量估计为0.102%~0.103%,排在金属的第22位,已探明可供开采的世界钒资源总量约13 534万t。攀钢作为全球3大钒产品生产商之一,年产钒钛磁铁矿1 200万t<sup>[1]</sup>。2006年我国五氧化二钒(V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)的产量为3.57万t,消耗量为2.37万t,据推算,2010年国内对V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的需求量为4.2万t<sup>[2]</sup>。钒的广泛应用和大量生产导致含钒废水的大量排放,使钒进入河流、湖泊、海洋等水生生态系统,对水生生物的生存及人类健康构成潜在威胁。国内外以往的整体动物急性中毒试验结果表明:钒可影响小鼠胚胎或胎儿的生长发育,还可引起明显的神经系统障碍、呼吸系统损伤、中毒性肾病、蛋白代谢障碍,高剂量时可致胚胎和胎儿死亡<sup>[3,4]</sup>;摄入过量钒严重威胁人的健康,使食管癌、肝癌、宫颈癌、直肠癌的发生率显著增高<sup>[5-7]</sup>。已有的研究结果表明钒对陆生生物有中到高等毒性,但目前关于钒对水生生物不利影响的研究很少见报道,而我国污水排放标准<sup>[8]</sup>尚未规定钒最高允许排放浓度,渔业水质标准<sup>[9]</sup>也未规定其安全浓度。笔者以经典模型动物日本青鳉(*Oryzias latipes*)为受试生物,研究钒对其不同生长阶段的急性毒性,以期更全面评估钒对水生生物的毒性,为环保部门制订渔业水质标准和钒的排放标准提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验动物

实验所用日本青鳉,引种自日本名古屋大学,鱼的驯化和培养在自行设计的、光温氧可控的循环水培养系统中进行。该系统主要包括培养缸和过滤系统。本实验选用第3代1月龄和6月龄健康鱼。其中:1月龄鱼(幼鱼)平均体长为13.4±0.51 mm,平均体重为0.11±0.04 g;6月龄鱼(成鱼)平均体长为22.5±1.11 mm,平均体重为0.23±0.03 g。

### 1.2 试剂

实验用化学物质NaVO<sub>3</sub>为分析纯。以V(V)的含量计,用双蒸水配制成5.0 g/L的母液备用。

### 1.3 实验条件

实验用水为充分曝气2天的自来水。水温为20~22℃,pH值为6.9~7.5,溶氧(DO)≥7.8 mg/L。实验在5 L的玻璃缸中进行,每缸中加入4 L处理液。

### 1.4 实验方法

参照文献<sup>[10]</sup>制定的实验规程和国家标准《水质、物质对淡水鱼类毒性测定方法》(GB/T 13267291)采用半静止实验

\* 收稿日期:2009-12-19

基金项目:湖南省教育厅资助项目(09c790);吉首大学研究性学习与创新性实验项目(JSU-CX-2008-22)

作者简介:易浪波(1980-),女,吉首大学生物资源与环境科学学院讲师,硕士生,主要从事环境毒理学研究。

的方法. 每个暴露缸中溶液总体积为 4 L, 每天固定时间采用吸管小心清污和换水 2 L, 并及时采用自制加液装置缓慢沿壁加入同浓度等体积液体, 以免水流过急对鱼冲击过大影响实验结果. 整个实验期间定期监测水质情况和处理液浓度, 确保实验条件相对稳定. 根据预实验结果, 确定 1 月龄暴露实验质量浓度梯度为 0.15, 0.23, 0.35, 0.52, 0.78, 1.16 mg/L, 6 月龄鱼暴露实验质量浓度梯度为 1.33, 2.00, 3.00, 4.50, 6.75, 10.13 mg/L.

每个浓度梯度设 3 次重复, 1 月龄和 6 月龄鱼实验每次重复放鱼 10 尾, 实验持续 96 h. 实验前一天停止喂食, 实验期间不喂食. 实验开始后, 前 8 h 连续观察, 然后定期观察. 记录鱼的中毒症状并及时剔除死亡个体, 记录 24, 48, 72, 96 h 实验鱼的存活数量.

### 1.5 数据统计与分析

采用 SPSS 13.0 统计软件进行回归分析. 按照概率单位法, 将各处理组不同时间平均累计死亡百分数转换成概率单位, 利用概率单位加权回归法(Bliss 法) 计算  $LC_{50}$  值及各自的 95% 可信限<sup>[11]</sup>, 采用  $96\text{ h } LC_{50} * 0.1$  计算安全质量浓度.<sup>[12]</sup>

## 2 结果与分析

### 2.1 不同月龄日本青鳉中毒症状

1 月龄日本青鳉在高质量浓度( $\geq 0.78\text{ mg/L}$ ) 处理液中初期表现为局促不安, 剧烈环形游动, 持续数小时后活动能力减弱, 在缸底缓慢游动, 用玻璃棒敲击缸壁无明显反应. 24 h 后各处理组均出现不同程度的中毒症状, 主要表现为游动缓慢, 平衡能力较差, 反应迟钝, 后期平躺缸底长时间不动, 偶又快速螺旋上游或侧翻, 最后沉于缸底, 直至死亡.

6 月龄日本青鳉在各质量浓度处理液中初期均无明显中毒反应. 16 h 后高质量浓度处理液( $\geq 6.75\text{ mg/L}$ ) 可见日本青鳉快速环游, 后游动能力减弱. 24 h 后用玻璃棒敲击缸壁有明显回避反应. 36 h 后各处理组鱼活动能力减弱, 且平衡能力较差, 有时会快速螺旋上游或侧翻, 然后沉入缸底, 鳃盖活动停止, 直至死亡.

1 月龄日本青鳉中毒症状较 6 月龄日本青鳉出现时间早, 且反应更为激烈, 表现出对毒物更强的敏感性. 24 h 后幼鱼实验各处理组鱼活动能力明显减弱, 反应迟钝, 而成鱼表现出更强的耐受能力.

### 2.2 钒对不同月龄日本青鳉的毒性影响

钒对不同月龄日本青鳉的毒性影响结果见表 1. 成鱼实验组前 24 h 只有高质量浓度组( $\geq 6.75\text{ mg/L}$ ) 有极少个体死亡, 48 h 低质量浓度组( $\leq 2.00\text{ mg/L}$ ) 仍未见鱼死亡, 大于 50% 的个体死亡都发生在 72 h 之后. 成鱼的中毒症状和死亡率随暴露时间的长短和暴露浓度的高低成递增效关系. 幼鱼实验组前 24 h 高质量浓度组各鱼均出现不同程度的中毒症状, 高质量浓度组有少数个体死亡, 绝大部分个体都在 48 h 后出现死亡, 48 h 前对钒的耐受性较好.

表 1 V(V) 对日本青鳉的急性毒性实验结果

Table 1 The Experimental Results of Acute Toxicity of V(V) on Japanese medaka

测试对象	$\rho_{V(V)}$ /( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	不同时间的死亡率/%				测试对象	$\rho_{V(V)}$ /( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	不同时间的死亡率/%			
		24 h	48 h	72 h	96 h			24 h	48 h	72 h	96 h
成鱼	0.00	0	0	0	0	幼鱼	0.00	0	0	0	0
	1.33	0	0	5	10		0.15	0	0	0	10
	2.00	0	0	23	43		0.23	0	0	13	23
	3.00	0	17	40	57		0.35	0	10	23	33
	4.50	0	20	50	70		0.52	10	10	30	57
	6.75	3	27	57	87		0.78	10	17	43	73
	10.13	3	30	73	100		1.16	27	47	63	100

钒对不同月龄日本青鳉 72 h 和 96 h 半致死质量浓度和安全质量浓度见表 2. 钒对成鱼和幼鱼的 72 h  $LC_{50}$  分别为 4.91 和 0.85 mg/L, 96 h  $LC_{50}$  分别为 2.73 和 0.43 mg/L, 可见钒对幼鱼的毒性较强, 且大 5 倍多.

表 2 V(V) 对日本青鳉 72 h 和 96 h 半致死和安全质量浓度

Table 2 The Half Lethal Concentration and Safe Concentration of V(V) on Japanese medaka

mg/L

测试对象	$LC_{50}(72\text{ h})$	$LC_{50}(72\text{ h})$ 95% 置信区间	$LC_{50}(96\text{ h})$	$LC_{50}(96\text{ h})$ 95% 置信区间	安全浓度
成鱼	4.91	3.34~ 8.82	2.73	1.94~ 3.58	0.273
幼鱼	0.85	0.67~ 1.25	0.43	0.33~ 0.56	0.0427

## 3 讨论

毒性实验是水体污染的生物检测类型之一, 由受试生物的中毒反应可以评价或确定毒物的毒性. 从日本青鳉幼鱼和成鱼的中毒症状和半致死量可以看出, 钒对日本青鳉有较强的毒性. 根据有毒物质对鱼类的急性标准(表 3), 从本实验结果可知, 钒对日本青鳉幼鱼属于高毒物质, 对成鱼属于中毒物质, 故钒对日本青鳉有中至高等毒性, 较低浓度就可产生毒害作

用。我国污水排放标准尚未规定钒最高允许排放浓度, 加强含钒废水的监管实属当务之急。

表 3 有毒物质对鱼类的急性标准

Table 3 The Acuteness Standard of Toxic Substances to the Fish

等级	剧毒	高毒	中毒	低毒
$\rho$	< 0.1	0.1~ 1	1~ 10	> 10

注 表中质量浓度为 96 h 的  $LC_{50}$  值

钒对日本青鲮幼鱼和成鱼的安全质量浓度分别为 0.042 7 mg/L 和 0.273 mg/L, 根据我国制订的淡水渔业水质标准, 镍、铅最高允许浓度均为 0.05 mg/L, 铜为 0.01 mg/L, 本实验得知钒对日本青鲮的安全浓度鉴于镍、铅和铜之间, 毒性较强, 故制定渔业水质中钒标准浓度对渔业生产将有重要意义。

本实验结果还表明, 钒对日本青鲮的毒性作用大体上与试液浓度和接触时间长短有关, 随着浓度的升高, 染毒时间的延长, 日本青鲮的中毒症状越明显, 死亡率越高。这说明钒对日本青鲮的慢性毒性影响也是十分严重的。

实验结果同时说明幼鱼对钒更敏感, 呈现明显的浓度和效应关系。因此, 对毒物急性毒性的检测更适合使用幼鱼进行, 更利于监测毒物毒性。钒对日本青鲮毒性较强, 笔者的后续研究将开展慢性毒性实验, 以期全面掌握钒的毒理学效应。日本青鲮成鱼对钒显示出较好的剂量和效应关系, 且个体大, 故慢性毒性实验更适用日本青鲮成体。

#### 参考文献:

- [1] 陈迪, 张强. 我国钒产业概况及其环境问题 [J]. 冶金丛刊, 2009, 5(183): 39-42.
- [2] 王秋霞, 马化龙. 我国钒资源和  $V_2O_5$  研究、生产的现状及前景 [J]. 矿产保护和利用, 2009, 10(5): 47-50.
- [3] 周炯亮. 中国医学百科全书毒理学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981: 77.
- [4] WIDE M. Effect of Short-Term Exposure to Five Industrial Metals on the Embryonic and Fetal Development of the Mouse [J]. Environ Res., 1984, 33: 47.
- [5] 曾昭华, 曾雪萍. 地下水中钒的形成及其与人群健康的关系 [J]. 云南环境科学, 1996, 15(3): 56-57.
- [6] 曾昭华, 廖苏平. 中国癌症与土壤环境中钒元素的关系 [J]. 吉林地质, 2002, 21(3): 93-98.
- [7] ROJAS E, HERRERA L A, POIRIER L A, et al. Are Metals Dietary Carcinogens [J]. Mutation Research, 1999, 443: 157-181.
- [8] 国家环境保护局, 国家技术监督局. GB 8978-1996 污水综合排放标准 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.
- [9] 国家技术监督局. GB 11607-89 渔业水质标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1990.
- [10] 国家环保总局. 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: 118-498.
- [11] 周一平. 用 SPSS 软件计算新药的  $LD_{50}$  [J]. 药学进展, 2003, 27(5): 314-316.
- [12] 周永欣, 章宗涉. 水生生物毒性试验方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1989.

## Acute Toxicity and Safety Concentration of Vanadium(V) on Japanese Medakas

YI Lang-bo, MEI Dan, LIU Xiao-ying, PENG Qing-jing

(College of Biology and Environmental Sciences, Jishou University, Jishou 416000, Hunan China)

**Abstract:** Different month aged *Japanese medakas* (*Oryzias latipes*) were selected as test species to compare acute toxicity effect made by Vanadium(V) on adult fish and adolescent fish by using the semi-static bioassay method. The result showed that 72 h  $LC_{50}$  and 96 h  $LC_{50}$  made by V(V) on adult fish were 4.91 mg/L and 2.73 mg/L, and the safety concentration was 0.273 mg/L. 72 h  $LC_{50}$  and 96 h  $LC_{50}$  made by V(V) on adolescent fish were 0.85 mg/L and 0.43 mg/L, and the safety concentration was 0.042 7 mg/L. Based on the criterion of toxicity made by toxic substances on fish, it is shown that V(V) is moderate or highly toxic to Japanese medaka, and adolescent fish is more sensitive to its toxicity.

**Key words:** Vanadium(V); *Japanese medaka*; acute toxicity; median lethal dose; safety concentration

(责任编辑 易必武)