

汞、铅对草鱼的急性毒性及安全浓度评价

温茹淑, 郑青梅, 方展强, 甄红娜 (1. 嘉应学院生物系, 广东梅州 514015; 2. 华南师范大学生命科学学院, 广东广州 510631)

摘要 采用静水法生物测试研究了重金属汞、铅对草鱼鱼苗的急性毒性, 旨在评价水环境中汞和铅对鱼类的影响。结果表明: 汞对草鱼鱼苗的毒性属于剧毒, 而铅属于中等毒性。汞和铅对草鱼鱼苗 24、48、72、96 h 的半致死浓度 (LC_{50}) 分别为 0.431、0.388、0.375、0.362 ng/L; 586.860、582.673、582.673、576.412 ng/L。汞和铅对草鱼鱼苗的安全浓度分别为 0.036、57.641 ng/L, 远远高于渔业水质标准。

关键词 草鱼鱼苗; 汞; 铅; 急性毒性; 安全浓度

中图分类号 S912 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)16-04863-02

Acute Toxicity of Mercury and Lead to Grass Carps and Safety Assessment

WEN Rusu et al (Department of Biology, Jiaying University, Meizhou, Guangdong 514015)

Abstract Acute toxicity of Mercury and lead to Grass carps' fries was studied with the static test method. It was conducted to evaluate the impact of mercury and lead on fishes. The results showed that mercury to Grass carps' fries was a drastic toxicant, while lead was a median toxicant. The LC_{50} of mercury to grass carps' fries were 0.431, 0.388, 0.375, 0.362 ng/L in 24, 48, 72, 96 h respectively, while LC_{50} of lead to grass carps' fries were 586.860, 582.673, 582.673, 576.412 ng/L. The safe concentrations of mercury and lead are 0.036 and 57.641 ng/L respectively. The safe concentrations of mercury and lead to Grass carps' fries were far higher than the standard of Fishery Water Quality.

Key words Grass carps' fries; Hg; Pb; Acute toxicity; Safe concentration

草鱼 (*Ctenopharyngodon iddus* C. et V) 是我国重要的经济鱼类, 是四大家鱼之一。分布面广, 在湖泊、水库、网箱、河塘中大量与鲢、鲤等鱼混养, 生活能力强, 可以在水体的各个水层中活动和觅食。目前有关重金属对草鱼的急性毒性研究作用主要集中铜、锌、镉、铬等^[1-4]。但重金属汞、铅对草鱼的毒性作用尚未见报道。笔者通过研究汞、铅对草鱼鱼苗的急性毒性, 旨在为评价重金属对水生生物的影响、制订废水排放浓度标准、渔业水质标准、防治污染和保护渔业资源等提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物 草鱼鱼苗购自梅州市郊区程江镇某鱼苗养殖场, 平均体长 10 ± 1.5 cm, 体重量 6.5 ± 1.5 g, 体质健壮, 规格整齐, 无病无伤。鱼种自鱼苗场运回后放入水泥池中驯养 1 周再进行试验。试验选择身体健康, 反应灵敏, 大小基本一致的鱼苗随机分组。

1.2 试验药剂 $HgCl_2 \cdot 2H_2O$ 和 $Pb(NO_3)_2$ 均为广州化学试剂厂的产品 (A.R)。 $HgCl_2 \cdot 2H_2O$ 配制成 100 ng/L 母液储藏备用, 然后稀释成所需要的各级不同浓度; 用 $Pb(NO_3)_2$ 直接配成不同浓度的试验液。

1.3 试验条件 采用长 40 cm, 宽 22 cm, 高 27 cm 的塑料水族箱进行饲养, 试验用水为经充分曝气处理后的自来水。每个玻璃水族箱内盛 20 L 试验液, 空气压缩机 24 h 增氧, pH 值为 7.0 左右, 温度在 (22 ± 2) 。为防止饵料影响, 试验期间不喂食, 试验期间也不更换试验药液。

1.4 试验方法 试验按照水污染鱼类毒性试验方法进行^[5]。首先根据汞、铅对其他鱼种的毒性试验的相关研究设置药物浓度范围, 然后再进行预备试验。各金属以对数等比估算 5 个浓度, 每一浓度放入 5 尾鱼苗, 药液处理 24 h, 找出各重金属的 100% 致死浓度与全存活的最大浓度。根据预备试验结果, 按等对数间距设 5 个浓度组、1 个对照组, 同时

各设 1 个平行组。每一浓度放鱼 10 尾, 在试验过程中观察它们的行为、中毒症状、死亡等效应。死亡的标准是鱼腹部向上, 鳃盖停止运动, 且用小镊子或玻璃棒夹鱼的尾柄部, 在 5 min 内没有产生刺激反应。鱼死之后马上从水族箱中捞出, 并且将鱼体称重, 解剖, 观察中毒鱼肝、肾、鳃的变化。记录各组幼鱼 24、48、72、96 h 死亡数。

1.5 数据处理方法 根据药物浓度、死亡时间和死亡率按照平均致死量法^[6] 求出 24、48、72、96 h 的半致死 LC_{50} , 根据公式 $lg LC_{50} = X_m - i(p - 0.5)$ 求出 LC_{50} 。 $lg LC_{50}$ 95% 置信区间的反对数得 LC_{50} 的 95% 置信区间。并根据 96 h 的 LC_{50} , 按照公式 $MPC = 96 h LC_{50} / 10$ 求出最大安全浓度。

2 结果与分析

2.1 草鱼的中毒症状与解剖观察 汞和铅高浓度组试验鱼在试验开始大约 2 h 后出现不良症状, 大约 4 h 后出现死亡。试验鱼刚放入含汞试验液后表现兴奋, 在试验液中上下窜动, 快速游动。随着时间推移, 低浓度组试验鱼渐趋于平静, 而高浓度组试验鱼仍然持续不安。接着试验鱼体色渐渐转黑, 过一段时间后不断试图跳出鱼缸, 表现为极度不安状态。持续 2 h 左右, 试验鱼开始浮头, 身体逐渐失去平衡, 在水中侧游、翻转、横冲直撞, 最后完全丧失游泳能力而沉入水底, 呼吸停止而死去。低浓度组试验鱼, 出现中毒症状的时间较迟, 一旦中毒, 亦表现同样症状。试验鱼刚放入含铅试验液中, 反应较为平静, 或静伏于试验容器底部, 或作缓慢游动, 很少出现试图跳出鱼缸的现象。随时间推移, 游动速度明显减慢, 面对外界刺激反应渐迟钝, 逐渐丧失运动能力, 躺卧缸底, 呼吸减慢直至停止而死去。

将中毒后的死鱼进行解剖发现, 鱼体表粘液分泌增多, 鳃丝肿胀, 肝肿大、色泽变暗, 胆囊肿大、胆汁充盈, 肾脏充血、色泽变暗。汞中毒的死鱼鳃丝呈灰色, 胆汁明显变黑。铅中毒的死鱼鳃丝颜色变暗, 鳃丝上附着有白色絮状物。

试验结束后, 把所存活的试验鱼以常规方法管理, 随着时间推移鱼苗死亡率不断升高, 7 d 后死亡率达到 40%, 而未受重金属药液污染的草鱼鱼苗几乎没死亡。由此可见, 试验后存活下来的草鱼部分个体已经受到了致命创伤。

基金项目 广东省科技计划项目(2004B401015) 资助。

作者简介 温茹淑(1974-), 女, 广东梅县人, 硕士, 讲师, 从事动物学教学及研究工作。

收稿日期 2007-03-06

2.2 重金属对草鱼鱼苗的急性毒性 汞和铅对草鱼鱼苗的急性毒性试验结果见表1。根据1.5 数据统计的方法对数据进行分析结果表明,汞和铅对草鱼鱼苗的安全浓度分别为0.036 2、57.641 ng/L。

表1 汞和铅对草鱼鱼苗急性毒性试验结果

浓度 ng/L	24 h			48 h			72 h			96 h			
	I 组	II 组	平均 %	I 组	II 组	平均 %	I 组	II 组	平均 %	I 组	II 组	平均 %	
汞	0.09	1	0	5	1	0	5	1	0	5	1	0	5
0.187 5	1	0	5	1	0	5	1	0	5	1	0	5	5
0.375	2	2	20	4	3	35	5	3	40	6	3	45	45
0.75	10	10	100	10	10	100	10	10	100	10	10	100	100
铅	562.08	1	0	5	1	1	10	1	1	10	3	2	25
604.05	10	8	90	10	8	90	10	8	90	10	8	90	90
649.15	9	10	95	10	10	100	10	10	100	10	10	100	100
697.63	10	10	100	10	10	100	10	10	100	10	10	100	100

2.3 汞、铅对草鱼的中毒症状比较 对分别由汞、铅中毒致死的草鱼鱼苗进行比较观察,可见由汞致死的鱼苗的体色明显比由铅致死的黑,甚至眼眶也呈现黑色;汞、铅致死鱼苗的鳃、肝脏、脾均发生肿大,色泽变暗,但汞试验组死鱼胆汁明显比铅试验组的浓黑。以上现象表明汞比铅对鱼体机能的损害程度更大。试验还发现高浓度铅试验组致死鱼苗身上披着白絮,背部、额部白絮分布更多。解剖后发现,其鳃也布满了白絮,且浓度越高,白絮越多,存活的时间越短;而低浓度组的致死鱼苗鳃中的白絮聚集较少甚至没有。可见高浓度铅药液致死鱼苗快速死亡的原因除药物本身的化学毒性作用外,中毒后白絮堵塞鳃造成鱼苗无法顺畅呼吸导致窒息而死也是个重要原因。试验结束后存活鱼苗的后续情况与皱纹盘幼鲍受铅、汞、镉的急性中毒情况一致^[7]。目前国内外学者对关于汞、铅对不同鱼类的毒害机理已经进行了多方位的探讨^[8-10]。试验中汞、铅对草鱼鱼苗的毒理机制如何,有待于下一步的研究。

2.4 汞、铅对草鱼鱼苗的毒性作用 由表1可见,汞、铅对草鱼鱼苗的毒害作用,表现为:同一时间而言,随着金属离子浓度的升高,鱼的死亡率逐渐升高。数据分析结果表明,汞对草鱼鱼苗24、48、72、96 h 的 LC_{50} 分别为0.431、0.388、0.375、0.362 ng/L;铅对草鱼鱼苗24、48、72、96 h 的 LC_{50} 为586.860、582.673、582.673、576.412 ng/L。由此可见,汞、铅对草鱼鱼苗的毒性效果不同,其毒性大小顺序是:汞>铅。汞、铅对草鱼鱼苗的毒性随着时间的推移变化较小,24、48、72、96 h 半致死浓度的变化均在10%以内,一开始能存活的个体,一般能耐长久处理。

2.5 草鱼鱼苗与其他鱼种对汞、铅的敏感性的比较 由于受试生物的不同,或体重大小的不同,其具体的毒性效果不一样。如:汞对凡纳滨对虾幼虾24、48、72、96 h 的半致死质量浓度分别为0.141 5、0.135 7、0.126 4、0.120 9 ng/L^[11];汞对泥鳅仔鱼的毒性研究的24、48 h 的半致死浓度分别为0.62、0.45 ng/L^[12];而对剑尾鱼的研究发现,其24、48、96 h 的 LC_{50} 为1.71、1.35、0.84 ng/L^[13]。其96 h 的 LC_{50} 为汞对草鱼鱼苗的96 h 的 LC_{50} 的2倍多,可见草鱼鱼苗对汞的敏感性较其他鱼种高。

而对于铅,由刘亚杰等对海湾扇贝稚贝毒性试验得知,铅对海湾扇贝稚贝的24、48 h 的半致死浓度分别1.273 3、1.799 9 ng/L^[14]。据胡家会等对玫瑰无须鱼毒性的初步研究^[15],铅离子质量浓度为200 ng/L 时,玫瑰无须鱼24 h 内全部死亡,而最低有效质量浓度为100 ng/L。王银秋^[16]等对鲫鱼和泥鳅的毒性试验得知,铅对平均体重1.9 g 的鲫鱼24、48、96 h 的半致死质量浓度分别为282.4、279.1、276.0 ng/L;对平均体重6.7 g 的鲫鱼对24、48、96 h 的半致死质量浓度分别为287.4、277.1、273.9 ng/L;铅对泥鳅的24、48、96 h 的半致死质量浓度分别为320.3、392.294.5 ng/L。其结果均远远小于草鱼鱼苗96 h 的 LC_{50} 。可见草鱼鱼苗对铅的敏感性明显比其他鱼种低。

2.6 汞、铅对草鱼鱼苗的安全浓度 草鱼鱼苗对汞和铅的安全浓度分别为0.036 2、57.641 ng/L。从国家环保局1986年制订《生物技术检测规范(水环境部分)》^[17]的标准看来,汞对草鱼鱼苗的毒性属于剧毒,而铅对草鱼鱼苗的毒性属于中等毒性。因此汞和铅对草鱼鱼苗具有强烈的毒性效应。另外根据我国制订的淡水渔业水质标准(试行TJ35-79),汞在渔业水质中最高容许浓度为0.000 5 ng/L,而铅最高容许浓度为0.1 ng/L。试验测得汞、铅的安全浓度远远高于标准,可见,草鱼对汞、铅的耐受性较高,因此在实际应用中,应引起有关部门的注意。

4 结论

草鱼鱼苗对汞和铅的安全浓度分别为0.036 2、57.641 ng/L,毒性大小为汞>铅。按化学物质对鱼类的毒性分级标准,汞对草鱼鱼苗的毒性属于剧毒,而铅对草鱼鱼苗的毒性属于中等毒性。草鱼鱼苗对汞和铅的安全浓度远大于淡水渔业水质标准,由此可见草鱼鱼苗对汞、铅的耐受性较高。草鱼鱼苗对汞的敏感性明显比其他鱼种高,而对铅的敏感性明显比其他鱼种低。

参考文献

- [1] 蔺玉华,卢建民,梁智龙,等. 铬对鲤、草鱼胚胎发育及鱼苗的毒性影响[J]. 水产学杂志,2000,13(2):32-35.
- [2] 侯丽萍,马广智. 镉与锌对草鱼种的急性毒性和联合毒性研究[J]. 水利渔业,2002,32(3):44-46.
- [3] 张重谋,喻运珍,王守荣. 草鱼种对络合铜的敏感性试验[J]. 水利渔业,2000,20(2):33-34.
- [4] 冯健,刘永坚,田丽霞,等. 草鱼试验性镉中毒的肝、肾病理学研究[J]. 中山大学学报,2003,42(2S):226-229.
- [5] 邱郁春. 水污染鱼类毒性试验方法[M]. 北京:中国环境出版社,1992:50-61.
- [6] 惠秀娟. 环境毒理学[M]. 北京:化学工业出版社,2003:81-187.
- [7] 隋国斌,杨凤,孙丕海,等. 铅、镉、汞对皱纹盘幼鲍的急性毒性试验[J]. 大连水产学院学报,1999,14(1):22-26.
- [8] 蓝伟光,杨孙楷. 海水污染物对对虾毒性研究的进展[J]. 福建水产,1990(1):44-45.
- [9] KLAVERKAMP J F, MACDONALD WA, ILLIIE WR, et al. Joint toxicity of mercury and selenium in salmonid eggs[J]. Archive of Environmental Contamination and Toxicity, 1983,12:415-419.
- [10] 陈荣,柴敏娟. Hg^{2+} 、 Cd^{2+} 对鱼类嗅觉的毒性及 Ca^{2+} 的解毒作用[J]. 厦门大学学报:自然科学版,2001,40(3):726-734.
- [11] 王志铮,吕敢堂,许俊,等. G^{6+} 、 Zn^{2+} 、 Hg^{2+} 对凡纳滨对虾幼虾急性毒性和联合毒性研究[J]. 海洋水产研究,2005,26(2):8-12.
- [12] 周立红,陈学豪,秦德忠. 四种重金属对泥鳅胚胎和仔鱼毒性的研究[J]. 厦门水产学院学报,1994,16(1):11-19.
- [13] 王春风,方展强. 汞和硒对剑尾鱼的急性毒性及其安全浓度评价[J]. 环境科学与技术,2005,28(2):32-35.
- [14] 刘亚杰,王笑月. 锌、铜、铅、镉金属离子对海湾扇贝稚贝的急性毒性

(上接第4864 页)

试验J]. 水产科学,1995,14(1) :10- 12.

- [15] 胡家会,张永忠,张培玉. 铅、铬和硒对玫瑰无须鲃毒性的初步研究[J]. 经济动物学报,2004,8(3) :171- 174.

- [16] 王银秋,张迎梅、赵东芹. 重金属镉、锌对鲫鱼和泥鳅的毒性[J]. 甘肃科学学报,2003,15(1) :35- 38.

- [17] 国家环境保护局. 生物监测技术规范 水环境部分[S]. 北京: 国家环境保护局,1986 :95.