

水体镉暴露对南方鲇仔鱼存活率的影响^①

张玄可, 程卫东, 梁敏, 袁伦强

1. 西南大学 淡水鱼类资源与生殖发育教育部重点实验室, 重庆 400715; 2. 西南大学 生命科学学院, 重庆 400715

摘要: 以南方鲇 *Silurus meridionalis* Chen 初孵仔鱼、10 日龄仔鱼为对象, 采用水体染毒法进行急性镉暴露实验, 研究了南方鲇仔鱼对镉暴露的耐受程度. 初孵仔鱼实验设置一个对照组和 5 个镉处理组(0.04 mg/L, 0.08 mg/L, 0.16 mg/L, 0.32 mg/L, 0.64 mg/L); 10 日龄仔鱼实验设置一个对照组和 5 个镉处理组(0.075 mg/L, 0.15 mg/L, 0.3 mg/L, 0.6 mg/L, 1.2 mg/L). 结果表明: 随镉暴露质量浓度升高, 初孵仔鱼存活率在暴露 24 h 各组间差异不具有统计学意义($p > 0.05$); 暴露 48 h 存活率仅在 0.64 mg/L 组显著低于其余各组($p < 0.05$); 暴露 72 h, 96 h 存活率在 0.16 mg/L, 0.32 mg/L 和 0.64 mg/L 组显著低于其余各组($p < 0.05$). 初孵仔鱼 96 h LC_{50} 为 0.104 mg/L, 10 日龄仔鱼 96 h LC_{50} 为 0.039 mg/L. 镉暴露对 10 日龄仔鱼存活率的影响呈剂量依赖效应和时间依赖效应. 与文献报道的多数鱼类相比, 南方鲇仔鱼对镉暴露相对较敏感; 而 10 日龄仔鱼对镉暴露的敏感程度高于初孵仔鱼. 10 日龄可能是南方鲇仔鱼发育受水体镉污染影响的瓶颈期, 因此南方鲇生境水质保护工作应重点考虑到 10 日龄仔鱼的发育.

关键词: 镉; 南方鲇仔鱼; 安全体积质量分数

中图分类号: Q494

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2015)11-0057-06

镉在自然条件下含量很低, 主要存在于含锌、铅、铜的矿石中. 由于镉存在的普遍性, 我们的食物、水、土壤和空气中都能检测到^[1-2]. 人类活动, 例如化石燃料的燃烧、垃圾填埋产生的废液和农业用水渗漏增加了环境中的镉^[3], 而镉难以被生物降解, 却能够通过食物链富集最终威胁人体健康^[4-5]. 镉的生物学毒性涉及 DNA 损伤、氧化应激、细胞周期紊乱、细胞凋亡和细胞粘附性改变等各方面^[6]. 而鱼卵、仔鱼稚鱼对渔业资源的发生和补充起着决定性作用, 它们的质量直接影响下一代种群的健康和资源的补充^[7]. 大量研究表明, 鱼类早期生活阶段是整个生活史中对各种污染物最为敏感的阶段^[8-11]. 胚胎期的鱼类被卵膜包围, 在胚胎孵化前起到隔离周围不利环境的作用^[12]. 而仔鱼则直接暴露于含镉的水环境, 所以仔鱼比胚胎对镉暴露更加敏感^[13-16]. 因此, 研究鱼类仔鱼阶段对镉的耐受程度对野生鱼类资源保护和水质监测比较有意义. 目前的研究涉及了镉在鱼类胚胎内的转移和富集、仔鱼孵化、染色体畸变、组织坏死等各个方面^[17], 然而关于鱼类不同生长阶段对镉暴露耐受能力变化的报道相对较少, 一些研究表明鱼类对镉暴露的耐受能力会随着生长发育而增强^[18-19], 但缺乏不同生长阶段鱼类对镉暴露敏感性的比较分析.

南方鲇 *Silurus meridionalis* Chen 是长江上游重要经济鱼类, 处于水生生态系统食物链的较高营养级, 曾经广泛分布于长江上游及各流水系, 但目前野生资源面临枯竭. 鉴于此, 本文以南方鲇仔鱼为实验对象, 研究了南方鲇仔鱼对水环境镉暴露的耐受能力, 为南方鲇生境水质保护提供基础资料.

① 收稿日期: 2014-01-08

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2012CB723205); 重庆市科委重点实验室专项经费项目(2013CSTC).

作者简介: 张玄可(1987-), 男, 河南许昌人, 硕士研究生, 主要从事鱼类生态生理学研究.

通信作者: 袁伦强, 副教授.

1 材料与方法

1.1 实验对象和实验条件

实验初孵仔鱼和 10 日龄仔鱼均由本实验室孵化. 实验用水为硬度 104.9 mg/L CaCO₃ 的曝气自来水, 水温(22.5±0.5)℃, 溶氧大于 6 mg/L, 光制条件为 14 L/10 D. 卵黄囊期用 500 mL 烧杯, 10 日龄仔鱼用容积 7 L 塑料盆. 开口摄食后投喂水蚯蚓.

无水氯化镉为分析纯(99.99%, 上海晶纯生化科技股份有限公司), 用蒸馏水配制成镉质量浓度为 1 000 mg/L 的母液, 实验前将母液按设计的质量浓度溶入实验各组水体, 并放置 3 d 以上, 每天搅拌使其充分溶解. 每 12 h 换水体体积的 1/2.

1.2 实验方法

初孵仔鱼实验设置一个对照组和 5 个镉处理组(0.04 mg/L, 0.08 mg/L, 0.16 mg/L, 0.32 mg/L, 0.64 mg/L); 10 日龄仔鱼实验设置一个对照组和 5 个镉处理组(0.075 mg/L, 0.15 mg/L, 0.3 mg/L, 0.6 mg/L, 1.2 mg/L). 每组 3 个重复, 每个重复 20 尾仔鱼.

实验进行 96 h, 分别统计初孵仔鱼、10 日龄仔鱼在不同质量浓度实验溶液中 24 h, 48 h, 72 h 和 96 h 的存活率, 以 SPSS 软件的 Probit analysis 计算 48 h, 72 h 和 96 h 的半致死浓度(LC₅₀值), 以 96 h LC₅₀/10 值作为水体中重金属对仔鱼的安全质量浓度.

1.3 数据处理

存活率=(各组总数-死亡个体数)/各组总数×100%
所得数据用 Excel(2007)和 SPSS(11.5)计算和处理, 描述性统计值以平均值±标准误(mean±S. E)表示, 采用 LSD 分析其显著性, $p<0.05$ 为差异具有统计学意义.

2 结果与分析

2.1 初孵仔鱼

随镉暴露质量浓度升高, 初孵仔鱼暴露 24 h 存活率无明显差异($p>0.05$); 暴露 48 h 存活率仅在 0.64 mg/L 组显著低于各处理组($p<0.05$); 暴露 72 h、96 h 存活率在 0.16 mg/L, 0.32 mg/L 和 0.64 mg/L 组显著低于其他各组($p<0.05$). 南方鲇初孵仔鱼存活率随镉暴露时间延长和暴露质量浓度的升高逐渐降低, 0.32 mg/L 处理组暴露 96 h 全部死亡(表 1).

表 1 镉暴露对南方鲇初孵仔鱼存活率的影响 %

质量浓度/ (mg·L ⁻¹)	24 h	48 h	72 h	96 h
0	93.33±4.41ax	88.33±9.28ax	88.33±9.28bx	88.33±9.28bx
0.04	90.00±5.00ax	86.67±4.41ax	73.33±13.02bx	73.33±13.02bx
0.08	90.00±2.89az	81.67±4.41ayz	76.67±1.67bxy	70.00±2.89bx
0.16	95.00±5.00ay	86.67±6.67ay	13.33±6.01ax	10.00±5.00ax
0.32	95.00±2.89ay	85.00±7.64ay	1.67±1.67ax	0.00±0.00ax
0.64	96.67±1.67az	33.33±17.40by	1.67±1.67ax	0.00±0.00ax

注: 表 1 中数据用平均值±标准误表示; a,b,c: 相同列中不同字母表示差异具有统计学意义($p<0.05$); x,y,z: 相同行中不同字母也表示差异具有统计学意义($p<0.05$).

2.2 10 日龄仔鱼

随镉暴露质量浓度升高, 10 日龄仔鱼存活率在各时间点呈明显下降的趋势. 随镉暴露时间延长, 10 日龄仔鱼存活率在同一质量浓度处理中差异的统计学意义降低($p<0.05$), 而对照组差异不具有统计学意义($p>0.05$). 镉暴露对 10 日龄仔鱼存活率的影响呈明显剂量依赖效应和时间依赖效应(表 2).

表 2 镉暴露对南方鲇 10 日龄仔鱼不同时间存活率的影响

％

质量浓度/ (mg · L ⁻¹)	24 h	48 h	72 h	96 h
0	81.67±7.27dx	76.67±9.28ex	75.00±10.00cx	68.33±13.64cx
0.075	76.67±4.41dew	51.67±3.33cz	33.33±4.41by	20.00±2.89bx
0.15	65.00±2.89cez	36.67±3.33bcy	20.00±5.00abx	10.00±2.89abx
0.3	56.67±1.67bcw	26.67±4.41abz	11.67±3.33ay	1.67±1.67ax
0.6	36.67±4.41az	21.67±1.67aby	11.67±4.41axy	1.67±1.67ax
1.2	48.33±7.64abz	16.67±7.27ay	3.33±1.67axy	0.00+0.00ax

注：表 2 中数据用平均值±标准误表示；a,b,c: 相同列中不同字母表示差异具有统计学意义($p<0.05$)；x,y,z: 相同行中不同字母也表示差异具有统计学意义($p<0.05$)。

2.3 镉暴露对南方鲇初孵仔鱼和 10 日龄仔鱼半致死浓度比较

镉暴露对南方鲇初孵仔鱼和 10 日龄仔鱼的 96 h LC₅₀ 分别为 0.104 mg/L,0.039 mg/L, 均表现出逐渐降低的趋势(表 3)。与文献报道的多数鱼类相比, 镉暴露对南方鲇仔鱼的 96 h LC₅₀ 处于较低水平(表 4)。

表 3 镉暴露对南方鲇仔鱼半致死浓度 (LC₅₀ 值) 和安全质量浓度

mg · L⁻¹

48 h	72 h	96 h	安全质量浓度	
初孵仔鱼	0.566	0.108	0.104	0.010 4
10 日龄仔鱼	0.157	0.050	0.039	0.003 9

表 4 镉暴露对仔鱼发育的 LC₅₀ 值

实验鱼种	生长阶段	暴露时间/ h	LC ₅₀ 值/ (mg · L ⁻¹)	文献来源
唐鱼 <i>Tanichthys albonubes</i>	初孵仔鱼	24	36.5	陈国柱等 ^[20]
		48	20.59	
真鲷 <i>Pagrus major</i>	仔鱼	96	5.6	CAO 等 ^[21]
褐牙鲈 <i>Paralichthys olivaceus</i>	初孵仔鱼	96	4.17	曹亮 ^[9]
黑鲷 <i>Spatus macrocephalus</i>	仔鱼	72	2.76	王小奉等 ^[22]
花鲢 <i>Aristichthys nobilis</i>	初孵仔鱼	96	0.24	陈锡涛 ^[18]
	8 日龄仔鱼	96	0.54	
淡水石斑 <i>Cichlasomn mangguense</i>	3 日龄仔鱼	96	0.481	何斌等 ^[23]
半滑舌鲷 <i>Cynoglossus semilaevis</i>	初孵仔鱼	96	0.178	柳学周等 ^[19]
	10 日龄仔鱼	96	0.274	
	20 日龄仔鱼	96	0.441	
早繁鲢鱼 <i>Miichthys miiuy</i>	初孵仔鱼	96	0.129	柳敏海等 ^[24]
南方鲇 <i>Silurus meridionalis</i>	初孵仔鱼	96	0.104	本研究
	10 日龄仔鱼	96	0.039	

2.4 镉暴露对南方鲇仔鱼安全质量浓度分析

镉暴露对南方鲇初孵仔鱼的安全质量浓度为 0.010 4 mg/L, 高于我国《地表水环境质量标准》(GB2828-2002) V 类标准(以下简称“水质标准”), 但镉暴露对南方鲇 10 日仔鱼的安全质量浓度为 0.003 9 mg/L 却低于 II 类水质标准(表 5)。

表 5 镉暴露对南方鲇仔鱼安全质量浓度分析

mg · L⁻¹

	安全质量浓度	水质 I 类标准	水质 II、III、IV 类标准	水质 V 类标准
初孵仔鱼	0.010 4	<0.001	<0.005	<0.01
10 龄仔鱼	0.003 9			

3 讨 论

水环境中镉质量浓度过高会对鱼类产生鳃损伤、扰乱钙平衡^[25-26]。目前,研究重金属污染物对鱼类的急性毒害作用一般采用半致死浓度(LC₅₀)进行评价^[27-28]。已有研究结果表明镉对鱼类仔鱼的 LC₅₀ 差别较大(表 4),本研究结果表明镉对南方鲇初孵仔鱼和 10 日龄仔鱼的 96 h LC₅₀ 分别为 0.104 mg/L, 0.039 mg/L, 与文献报道的多数鱼类相比处于较低水平(表 4),提示南方鲇仔鱼对水体中镉耐受能力相对较低。有毒物质对鱼类的毒性作用可根据鱼类急性中毒实验的 96 h LC₅₀ 分为四级^[29],其中 96 h LC₅₀ (mg/L) < 0.1 为剧毒,所以镉对南方鲇仔鱼来说属于剧毒物。

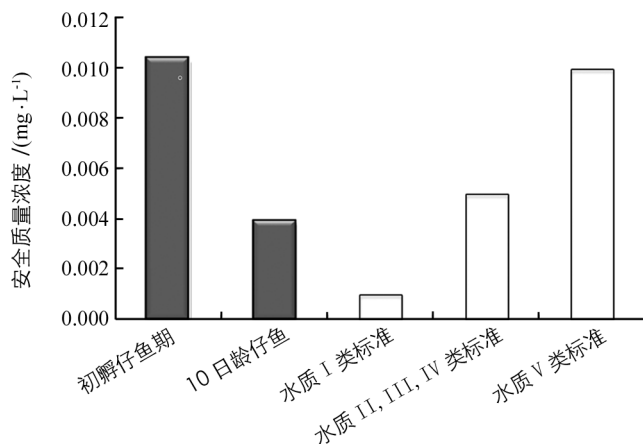
本实验结果显示,镉对南方鲇初孵仔鱼安全质量浓度为 0.010 4 mg/L,高于水质 V 类标准即农业用水区及一般景观要求水域,而 10 日

龄仔鱼安全质量浓度为 0.003 9 mg/L,低于 II 类水质标准即集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、仔稚幼鱼的索饵场等(图 1),应引起人们的注意。然而,在现实环境中,普遍存在的问题是复合的污染物而不是单一因素,并且镉的毒性还与水体 pH、硬度、温度、盐度有密切关系^[30-34]。因此,本实验结果仅能作为环境监测的生物学指标参考,水环境质量级别的判断还应结合镉暴露带来的胚胎发育、仔鱼畸形、金属硫蛋白的表达等高度敏感的生物指标。

本研究中,南方鲇生活史仔鱼期对镉的敏感程度:10 日龄仔鱼 > 初孵仔鱼。推测:南方鲇仔鱼阶段器官功能、形态构造等生理变化剧烈,而 10 日龄南方鲇正处于由内源性营养转为外源性营养的过渡期,加上消化道等器官系统尚未发育完善^[35],从而抵抗镉暴露毒害的能力较差。有研究发现大西洋原银汉鱼 *Fundulus heteroclitus* 和底鳉 *Menidia menidia* 在 7 日龄由于鳃丝的分化对镉的敏感程度高于初孵仔鱼^[36],与本研究 10 日龄南方鲇仔鱼结果类似。因此,10 日龄很可能是南方鲇仔鱼发育受水体镉污染影响的瓶颈期,南方鲇生境水质保护工作应重点考虑到 10 日龄仔鱼的发育。

参考文献:

- [1] 成杭新,杨忠芳,奚小环,等.长江流域沿江镉异常示踪与追源的战略与战术[J].第四纪研究,2005,25(3): 285—291.
- [2] 程永毅,李忠意,陈杰华,等.重庆地区紫色土壤镉有效性水平及分异特性研究[J].西南大学学报:自然科学版,2012,34(1): 85—91.
- [3] MUNTAU H, BAUDO R. Sources of Cadmium, Its Distribution and Turnover in the Freshwater Environment [J]. IARC Scientific Publications, 1992(118): 133—148.
- [4] ENEMAN J D, POTTS R J, OSIER M, et al. Suppressed Oxidant-Induced Apoptosis in Cadmium Adapted Alveolar Epithelial Cells and Its Potential Involvement in Cadmium Carcinogenesis [J]. Toxicology, 2000, 147(3): 215—228.
- [5] VELTMAN K, MARK A J, HUIJBREGTS A, et al. Cadmium Bioaccumulation Factors for Terrestrial Species: Application of the Mechanistic Bioaccumulation Model OMEGA to Explain Field Data [J]. Science Total Environ, 2008, 406(3): 413—418.
- [6] JENNIFER T, JOHN B. Cadmium: Toxic Effects on the Reproductive System and the Embryo [J]. Reproductive Toxicology, 2008, 25(3): 304—315.
- [7] 金显仕,赵宪勇,金田湘,等.黄渤海生物资源与栖息环境[M].北京:科学出版社,2005: 110—111.



I 类主要适用于源头水、国家自然保护区; II 类主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、仔稚幼鱼的索饵场等; III 类主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区; IV 类主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区; V 类主要适用于农业用水区及一般景观要求水域。

图 1 镉暴露对南方鲇仔鱼安全质量浓度分析

- [8] WITESKA M, JEZIERSKA B, CHABER J. The Influence of Cadmium on Common Carp Embryos and Larvae [J]. Aquaculture, 1995, 129(1-4): 129-132.
- [9] 曹 亮. 铜、镉对褐牙鲈(*Paralichthys olivaceus*)早期发育阶段的毒理效应研究 [D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2010: 43-138.
- [10] STASIUNAITE P. Long-Term Heavy Metal Mixture Toxicity to Embryos and Levins of Rainbow Trout (*Orhynchus mykiss*) [J]. Acta Zoologica Lituanica. Hydrobiologia, 1999, 9(2): 40-46.
- [11] SCHOLZ S, FISCHER S, GÜNDEL U, et al. The Zebrafish Embryo Model in Environmental Risk Assessment-Applications Beyond Acute Toxicity Testing [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2008, 15(5): 394-404.
- [12] ICONOMIDOU V A, CHRYSSIKOS D G, GIONIS V, et al. Secondary Structure of Chorion Proteins of the Teleostean Fish *Dentex dentex* by ATR FT-IR and FT-Raman Spectroscopy [J]. Journal of Structural Biology, 2000, 132(2): 112-122.
- [13] GAIKOWSKI M P, HAMILTON S J, BUHL K J, et al. Acute Toxicity of Firefighting Chemical Formulations to Four Life Stages of Fathead Minnow [J]. Ecotoxicol Environ Safe, 1996, 34(3): 252-263.
- [14] WILLIAMS N D, HOLDWAY D A. The Effects of Pulse-Exposed Cadmium and Zinc on Embryo Hatchability, Larval Development, and Survival of Australian Crimson Spotted Rainbow Fish (*Melanotaenia fluviatilis*) [J]. Environ Toxicol, 2000, 15(3): 165-173.
- [15] JOHNSON A, CAREW E, SLOMAN K A. The Effects of Copper on the Morphological and Functional Development of Zebrafish Embryos [J]. Aquat Toxicol, 2007, 84(4): 431-438.
- [16] JEZIERSKA B, LUGOWSKA K, WITESKA M. The Effects of Heavy Metals on Embryonic Development of Fish (a review) [J]. Fish Physiol Biochem, 2009, 35(4): 625-640.
- [17] 刘腾腾. 镉对日本青鲈(*Oryzias latipes*)的毒性效应及其机制研究 [D]. 济南: 山东师范大学, 2012: 9-30.
- [18] 陈锡涛. 镉对花鲢 *Aristichthys nobilis* 仔鱼, 鱼苗和鱼种的急性毒性及其安全浓度的评价 [J]. 环境科学与技术, 1991(4): 5-8.
- [19] 柳学周, 徐永江, 兰功刚. 几种重金属离子对半滑舌鳎胚胎发育和仔稚鱼的毒性效应 [J]. 海洋水产研究, 2006, 27(2): 33-42.
- [20] 陈国柱, 方展强. 铜、锌、镉对唐鱼胚胎及初孵仔鱼的急性毒性及安全浓度评价 [J]. 生物学杂志, 2011, 28(2): 28-31.
- [21] CAO Liang, HUANG Wei, SHAN Xiu-juan, et al. Cadmium Toxicity to Embryonic-Larval Development and Survival in Red Sea Bream *Pagrus major* [J]. Ecotoxicol Environ Safe, 2009, 72(7): 1966-1974.
- [22] 王小奉, 洪幼环. 重金属对黑鲷鱼卵、仔鱼的毒性 [J]. 福建水产, 1991(3): 35-38.
- [23] 何 斌, 何利君, 杜 军, 等. 4 种重金属离子对淡水石斑胚胎及仔鱼急性毒性的研究 [J]. 水利渔业, 2006, 26(4): 94-106.
- [24] 柳敏海, 陈 波, 罗海忠, 等. 五种重金属对早繁鲢鱼胚胎和仔鱼的毒性效应 [J]. 海洋渔业, 2007, 29(1): 57-62.
- [25] VOYER R A, YEYICH P P, BARSZCZ C A. Histological and Toxicological Responses of the Mummichog, *Fundulus heteroclitus* (L.) to Combinations of Levels of Cadmium and Dissolved Oxygen in a Freshwater [J]. Water Res, 1975, 9(12): 1069-1074.
- [26] WICKLUND-GLYNN A, NORRGREN L, MUSSENER A. Differences in Uptake of Inorganic Mercury and Cadmium in the Gills of the Zebrafish, *Brachydanio rerio* [J]. Aquat Toxicol, 1994, 30(1): 13-26.
- [27] GARY A. Toxicities of Cadmium, Copper, and Zinc to Four Juvenile Stages of Chinook Salmon and Steelhead [J]. Transactions of the American Fisheries Society, 1978, 107(6): 841-847.
- [28] CHINNI S, KHAN R N, YALLAPRAGADA P R. Acute Toxicity of Lead on Tolerance, Oxygen Consumption, Ammonia-N Excretion, and Metal Accumulation in *Penaeus indicus* Postlarvae [J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2002, 51(2): 79-84.
- [29] 张志杰, 张维平. 环境污染生物监测与评价 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1991: 69.
- [30] PAGENKOPF G K. Gill Surface Interaction Model for Trace-Metal Toxicity to Fishes: Role of Complexation, pH, and Water Hardness [J]. Environ Science Technol, 1983, 17(6): 342-347.
- [31] ROSENBERG R J, COSTLOW J D. Synergistic Effects of Cadmium and Salinity Combined with Constant and Cycling Temperatures on the Larval Development of Two Estuarine Crab Species [J]. Marine Biology, 1976, 38(4): 291-303.

- [32] KUZMINA V V, GOLOVANOV I L, KOVALENKO E. Separate and Combined Effects of Cadmium, Temperature, and pH on Digestive Enzymes in Three Freshwater Teleosts [J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2002, 69(2): 302—308.
- [33] HALLARE A, SCHIRLING M, LUCKENBACH T, et al. Combined Effects of Temperature and Cadmium on Developmental Parameters and Biomarker Responses in Zebrafish (*Danio rerio*) Embryos [J]. Journal of Thermal Biology, 2005, 30(1): 7—17.
- [34] BORGMANN U, COUILLARD Y, Doyle P, et al. Toxicity of Sixty-Three Metals and Metalloids to *Hyalella Azteca* at Two Levels of Water Hardness [J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 2005, 24(3): 641—652.
- [35] 李金金, 倪加加, 李学梅, 等. 南方大口鲇消化道细菌群落结构与其胃肠分化的关系 [J]. 水生生物学报, 2013, 37(4): 613—619.
- [36] MIDDLEAUGH D P, DEAN J M. Comparative Sensitivity of Eggs, Larvae and Adults of the Estuarine Teleosts, *Fundulus heteroclitus* and *Menidia menidia* to Cadmium [J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 1977, 17(6): 645—652.

Effects of Cadmium Exposure on the Survival Rate of Larval Southern Catfish (*Silurus meridionalis* Chen)

ZHANG Xuan-ke, CHENG Wei-dong,
LIANG Min, YUAN Lun-qiang

1. Key Laboratory of Freshwater Fish Reproduction and Development (Ministry of Education), Southwest University, Chongqing 400715, China;
2. School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: The tolerance of 1- and 10-day-old larval southern catfish to cadmium exposure was examined through exposure to the water-borne Cd in an acute toxicity experiment. The concentrations of water-borne Cd was designed as 0 (the control), 0.04, 0.08, 0.16, 0.32 and 0.64 mg/L for 1-day-old larvae, and as 0 (the control), 0.075, 0.15, 0.3, 0.6 and 1.2 mg/L for 10-day-old larvae. The results showed that survival rate of 1-day-old larvae had no significant difference among all the groups ($p > 0.05$) after 24 h exposure; survival rate in the group of 0.64 mg/L was significantly lower than that of other groups ($p < 0.05$) after 48 h exposure, and survival rates in the groups of 0.16 mg/L, 0.32 mg/L, and 0.64 mg/L were significantly lower than in other groups ($p < 0.05$) after 72 h and 96 h exposure. The median lethal concentration in 96 hours (96 h LC_{50}) was 0.104 mg/L for 1-day-old larvae, and 0.039 mg/L for 10-day-old larvae. Effects of cadmium exposure on survival rate of 10-day-old larvae showed a clear dose-response effect and a time dependent effect. Compared with most fish species reported in relevant literature, the larvae of southern catfish were more sensitive to Cd exposure, and its 10-day-old larvae were more sensitive to exposure of Cd than the 1-day-old larvae. The age of 10 days of southern catfish larvae may be the bottleneck period of water-borne Cd pollution and, therefore, this stage of the development of the fish should given priority in water quality protection work.

Key words: cadmium; larvae of southern catfish (*Silurus meridionalis*); safe concentration

