

Hg, Cu, Cd, Zn 对真鲷仔鱼的急性毒性研究*

蓝伟光** 陈 霓

(厦门水产学院, 361021)

收稿日期 1991年2月19日

关键词 急性毒性, Hg, Cu, Cd, Zn, 仔鱼, 真鲷

提要 本文采用静水生物试验法测定了 Hg, Cu, Cd, Zn 对真鲷仔鱼(2周龄)的急性毒性。结果表明: Hg, Cu, Cd, Zn 对真鲷仔鱼 24h 的 LC_{50} 分别为 0.025, 0.31, 5.00 和 3.70 mg/L, 48h 的 LC_{50} 分别为 0.016, 0.24, 1.72 和 2.22 mg/L, 72h 的 LC_{50} 分别为 0.006, 0.11, 0.56 和 0.92 mg/L, 96h 的 LC_{50} 分别为 0.004, 0.07, 0.27 和 0.44 mg/L。Hg, Cu 对真鲷仔鱼的影响极为显著, Zn, Cd 的影响虽然很大, 但比 Hg, Cu 低得多。Cd 的毒性比 Zn 强, 但毒理作用较为缓慢。4 种重金属的毒性顺序为 $Hg > Cu > Cd > Zn$ 。

国内外对真鲷的研究工作主要集中在养殖生物学、仔鱼人工培育、营养与饵料及病害防治等问题^[1]上, 而重金属等海水污染物质对真鲷的毒性研究则尚未见文献报道。

一些早期的研究结果^[2,3]表明, 胚胎和仔鱼期是鱼类对重金属的最敏感阶段, Hynes (1970)强调了在生物一生中 most 敏感的时期进行毒性实验的重要性^[4]。本文研究和讨论了 Hg, Cu, Cd, Zn 等 4 种重金属对真鲷仔鱼(2周龄)的急性毒性。

I. 材料与方法

实验仔鱼于 1989 年 12 月取自厦门水产学院海水养殖试验场。将人工孵化后培育 2 周的真鲷仔鱼取回实验室, 在水族箱中预养 12h 后选择健康、正常的仔鱼(0.50~0.70cm)进行毒性实验。

分别用分析纯 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $CdCl_2 \cdot 2.5H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $HgCl_2$ 按文献[6]方法配制 1000mg/L 贮备液(以重金属含量计, 下同), 实验前用经沙滤、沉淀并筛绢(N-103号)过滤的海水稀释成各种浓度的试验用液(根据预备试验确定试验溶液的浓度范围, 现配现

用)。试验海水盐度 24~28, 实验水体中溶解氧高于 5mg/L, 由于海水中 Hg, Cu, Cd, Zn 的本底浓度相对实验浓度较低, 可以忽略不计。

急性致毒实验采用静水实验法。试验时分别用 500mL 烧杯盛不同浓度的实验溶液 400mL, 每一烧杯放入 10 尾仔鱼。各浓度组均设二重复, 另设未经重金属海水处理的对照组。试验均在恒温条件下进行, 水温控制在 $20 \pm 0.5^\circ C$ 。每 12h 投喂饵料一次, 饵料种类是褶皱臂尾轮虫(*Brachionus plicatilis* Müller), 投喂密度为 3~5 个/ml。烧杯不充气、不加盖, 每 12h 更换实验溶液 3/4 以上。实验过程中随时观察, 死亡仔鱼立即用吸管移出水体, 记录 12, 24, 36, 48, 72 和 96h 的仔鱼存活率(死亡率)。

实验结果取重复组的加权平均值, 对照组的自然死亡率根据 Abbott 公式^[11]修正, 将修正后的中毒死亡率换算成概率单位后与相应的浓度对数回归, 将文献[7]的方法编成 BASIC 程序, 在 IBM-PC 微型计算机上计算回归方程,

* 本校学生王 健、黄科敏等参加部分实验工作; 福建省自然科学基金资助课题, 本文在第三届国际海洋水产专家会议(北京, 1990)上宣读。

** 蓝伟光为本刊特约通讯员。

LC₅₀ 及 LC₅₀ 的 95% 可信限。

II. 结果

实验对照组在 24h 后出现了一定的自然死亡率, 48h 为 10%, 72h 为 20%, 96h 为 25%。

总的看来, 低浓度组中的仔鱼其活动、摄食情况与对照组基本相似, 存活率略有降低。随着重金属浓度的增加和实验时间的延长, 真鲷

仔鱼的存活率逐步降低, 高浓度组的仔鱼起初显得很活跃, 一段时间后, 活动开始变弱, 随着时间推移, 中毒程度加重, 相继出现死亡。死亡仔鱼常伴随脊椎和尾骨弯曲等畸变现象。

图 1 为不同浓度 Hg 对真鲷仔鱼存活率的影响

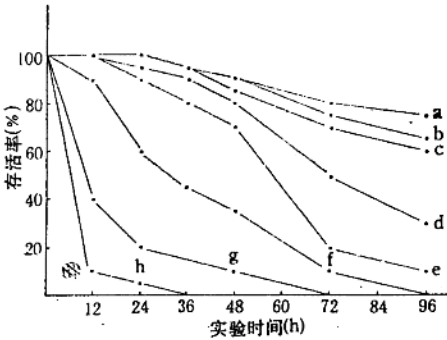


图 1 不同浓度的 Hg 试验溶液对真鲷仔鱼存活率的影响

a 为对照组; b~h 分别为 1, 2, 5, 10, 20, 50 和 100 $\mu\text{g/L}$
Fig. 1 Effect of different concentration Hg test solutions on Survival rates of Larvae of red sea bream *Chrysophrys major*

a: control, b-h: 1, 2, 5, 10, 20, 50 and 100 $\mu\text{g/L}$, respectively

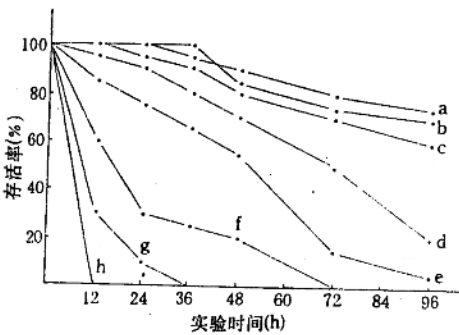


图 2 不同浓度的 Cu 试验溶液对真鲷仔鱼存活率的影响

a 为对照组, b~h 分别为 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1 和 2 mg/L

Fig. 2 Effect of different concentration Cu test solutions on survival rates of Larvae of red sea bream *Chrysophrys major*

a: control, b-h: 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 and 2.0 mg/L , respectively

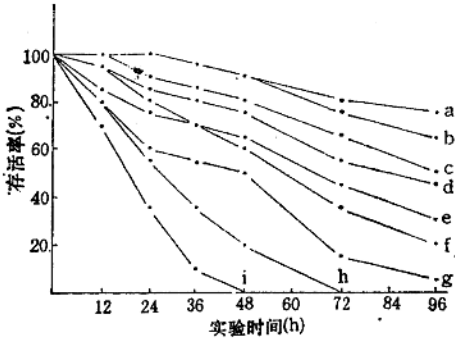


图 3 不同浓度的 Cd 试验溶液对真鲷仔鱼存活率的影响

a 为对照组, b~i 为 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 和 10 mg/L

Fig. 3 Effect of different concentration Cd test solutions on survival rates of larvae of red sea bream, *Chrysophrys major*

a: control, b-i: 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 and 10 mg/L , respectively

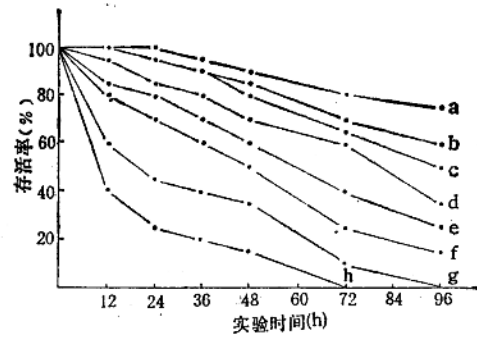


图 4 不同浓度的 Zn 试验溶液对真鲷仔鱼存活率的影响

a 为对照组, b~h 分别为 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 和 10 mg/L

Fig. 4 Effect of different concentration Zn test solutions on survival rates of Larvae of red sea bream, *Chrysophrys major*

a: control, b-h: 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5 and 10 mg/L , respectively

表 1 Hg, Cu, Cd, Zn 对真鲷仔鱼的急性毒性实验结果

Tab. 1 Experimental results of acute toxicity of Hg, Cu, Cd, Zn to larvae of red sea bream, *Chrysophrys major*

重金属	实验时间 (h)	概率单位~浓度 ($\mu\text{g/s}$) 对数回归方程	n	相关系数 R	LC ₅₀ (mg/L)	LC ₅₀ 的 95% 可信限 (mg/L)
Hg	24	$Y = 2.637x + 1.328$	5	0.994	0.025	0.020~0.031
	48	$Y = 2.098x + 2.484$	5	0.974	0.016	0.010~0.026
	72	$Y = 2.193x + 3.312$	5	0.991	0.006	0.004~0.008
	96	$Y = 2.298x + 3.706$	4	0.983	0.004	0.002~0.006
Cu	24	$Y = 2.329x - 0.808$	5	0.990	0.310	0.230~0.420
	48	$Y = 1.670x + 1.036$	5	0.979	0.240	0.140~0.400
	72	$Y = 2.390x + 0.113$	4	0.956	0.110	0.040~0.280
	96	$Y = 3.120x - 0.747$	4	0.980	0.070	0.040~0.120
Cd	24	$Y = 0.783x + 2.104$	7	0.983	5.000	3.110~8.020
	48	$Y = 1.075x + 1.521$	6	0.968	1.720	0.960~3.080
	72	$Y = 1.355x + 1.278$	6	0.986	0.560	0.400~0.780
	96	$Y = 1.459x + 1.450$	6	0.980	0.270	0.190~0.390
Zn	24	$Y = 1.189x + 0.758$	7	0.986	3.700	2.500~5.480
	48	$Y = 1.208x + 0.960$	7	0.993	2.220	1.750~2.800
	72	$Y = 1.378x + 0.916$	6	0.981	0.920	0.630~1.330
	96	$Y = 1.279x + 1.616$	5	0.999	0.999	0.420~0.470

影响;图 2 为 Cu 的影响;图 3 为 Cd 的影响;图 4 为 Zn 的影响。

Hg, Cu, Cd, Zn 等重金属对真鲷仔鱼的急性毒性实验结果列于表 1。

目前比较普遍使用的安全浓度的计算公式是 $96\text{h LC}_{50} \times 0.1^{[8]}$, 据此计算的 Hg, Cu, Cd, Zn 对真鲷仔鱼的安全浓度及国家渔业水质标准列于表 2 中。

表 2 Hg, Cu, Cd, Zn 对真鲷仔鱼的安全浓度及国家渔业水质标准

Tab. 2 Safe concentrations of Hg, Cu, Cd, Zn to larvae of red sea bream, *Chrysophrys major* and National Standard of Fisheries Water

毒物名称	安全浓度($96\text{hLC}_{50} \times 0.1$) (mg/L)	国家渔业水质标准 (mg/L)
Hg	0.0004	0.0005
Cu	0.0070	0.0100
Cd	0.0270	0.0050
Zn	0.0440	0.1000

III. 讨论

III.1. 4 种重金属的毒性顺序为

$\text{Hg} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Zn}$

(见表 1), 这与有关报道的结论是一致的。Hg, Cu 对真鲷仔鱼的影响极为显著, 其安全浓度比目前国家渔业水质标准规定的要低 (见表 2), 因此在修订水质标准时应予考虑。进行真鲷人工苗种培育时, 用水需特别注意 Hg, Cu 有否超标。Cd, Zn 对真鲷仔鱼的毒性与 Hg, Cu 比较相对较弱, 但 Zn 的安全浓度仍低于国家规定的渔业水质标准 (见表 2)。24h LC₅₀ Cd 比 Zn 大, 96h LC₅₀ Zn 却比 Cd 大。这说明 Cd 的毒性比 Zn 强, 但毒理作用较为缓慢, 此结论与 Eisler 对底鳉 (*Fundulus heteroclitus*)^[13]、Liao 对日本对虾 (*Penaeus japonicus*)^[16] 的研究报道相似。

笔者认为 Zn 浓度超过生物的生态幅度时即引起生物体的中毒。而 Cd 的毒性早在 50 年代就因其引起疼痛病而闻名^[16]。目前尚未证据表明生物体对 Cd 的必需性, Cd 对生物体的毒性很可能是由于取代了酶和蛋白质分子中的活性中心原子 (如 Fe, Mn, Cu, Zn 等) 而引起中毒现象的发生, 但这种取代有一个竞争和抑制的过程, 其毒性只有经过足够的时间才完全表现出来, 因此 Cd 的毒性虽然比 Zn 强, 但毒性作

较为缓慢。

III.2. Hg, Cu, Cd, Zn 是几种常见的重金属,其主要来源为工业污水,沿岸海区通常是工业比较发达的地区,受工业排污的影响,近岸海域发生污染的现象经常发生,此时受污染海区的 Hg 浓度达到每升几微克, Cu 浓度达到每升几十微克是很可能的。真鲷属近海底栖鱼类,仔鱼阶段游动能力较差,基本不具有对恶劣环境的回避能力。若实验室的结果符合现场海区的话,则当真鲷繁殖季节遇上海区污染时,真鲷的自然增殖便会受到极大的影响。因此沿海的重金属污染很可能是造成目前真鲷的自然资源受到一定程度破坏的重要原因之一。

III.3. 实验时仅以重金属的总投放量为依据,只考虑单一重金属的毒性效应。事实上不同形态的重金属对鱼虾类的影响迥然不同,各种重金属离子共存时可能存在着某种协同和拮抗作用^[9]。受试生物生长发育时期的不同以及盐度、温度、溶氧等环境因子的改变都可能使重金属对真鲷仔鱼的毒性产生很大的差别。有关上述因素的影响,尚待进一步探讨。

参考文献

- [1] 陈其晨等, 1988. 重金属对鱼类毒性的综合研究. 水产学报 2(1): 21~32.
- [2] 崔可铎等, 1987. 汞等六种重金属对鱼卵孵化和仔鱼成活的影响. 海洋与湖沼 18(2): 138~143.
- [3] 孙 耀等, 1987. 铜对黑鲷早期发育的影响. 海洋科学

4: 47~51.

- [4] 孙 耀等, 1988. 汞、锌、铅对黑鲷胚胎发育的影响. 海洋科学 3: 54~57.
- [5] 吴玉霖等, 1990. 重金属对牙鲆胚胎和仔鱼的影响. 海洋与湖沼 21(4): 386~392.
- [6] 陈建初等, 1980. 重金属对淡水水生动物之半致死影响. (台)中国水产 325: 5~8.
- [7] 杜荣骞, 1985. 生物统计学. 高等教育出版社, 257~273.
- [8] 周永欣等, 1983. 水生生物与环境保护. 科学出版社, 125.
- [9] 蓝伟光等, 1990. 海水污染物对对虾的毒性研究进展. I. 对虾的重金属毒性研究. 福建水产 1: 41~45.
- [10] 中川久機, 石尾真弥, 1988. メダカの卵および仔魚に対するカドミウムの毒性および蓄積性. 日本水産学会誌 54(12): 2153~2158.
- [11] Abbott, W. S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
- [12] Christensen, G. M., 1975. Biochemical effects of methylmercuric chloride, cadmium chloride and altvins of the brook trout, salvelinus fontinalis. Toxicol. Appl. Pharmacol. 32: 191-197.
- [13] Eisler, R., 1971. Cadmium poisoning in fundulus heteroclitus and other marine organisms. J. Fish. Res. Board Can. 28: 1225-1234.
- [14] Foscarini, R., 1988. A review. Intensive farming procedure for red sea bream (Chrysophrys major) in Japan. Aquacult. 72(3/4): 191-246.
- [15] Hynes, H. B. N., 1970. The biology of polluted waters. Univ. Toronto Press, Toronto, Can. 502.
- [16] Liao, I. C., and C. S. Hsien, 1988. Toxicity of heavy metals to Penaeus japonicus I. Toxicities of copper, Cadmium, and zinc to penaeus japonicus. J. Fish. Soc. Taiwan 15(2): 69-78.
- [17] Pickering, Q. H. and M. H. Gast, 1972. Acute and chronic toxicity of cadmium to fathead minnow. J. Fish. Res. Board Can. 29: 1099-1106.