

汞等六种重金属对鱼卵孵化和 仔鱼成活的影响*

崔可锋 刘玉梅 侯兰英

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

提要 本文研究 Hg, Cu, Cd, Zn, Pb 和 Cr 6 种重金属对海洋鱼卵孵化和仔鱼成活的影响。结果表明, 这些重金属对鱼卵孵化的毒性为: $\text{Hg} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Cd} > \text{Cr} > \text{Pb}$, 而对仔鱼成活的影响为: $\text{Hg} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cr}$ 。鱼卵比仔鱼有较大耐毒性, 同一种重金属在不同的水质中的毒性规律是: 无离子水 > 淡水 > 咸淡水 > 海水。本文还测定了 6 种重金属对仔鱼成活的半忍受限 (TLm)。

随着工业生产的迅速发展, 大量废水和废物排入海。了解重金属对海洋鱼卵孵化和仔鱼成活的毒性规律, 对于防止沿海的污染, 保护水产资源和发展海水养殖具有重要的意义。

Erichsen^[3] 综述了污染对鱼卵发育的影响, 试验材料多为鲑、鳟鱼; Spehar^[7] 研究了 Cd 和 Zn 对旗鱼的毒性, 其中包括不同发育阶段等; 其他有关报道多为一两种重金属对鱼卵发育的作用^[4-6, 8]。

我们进行了 Hg, Cu, Cd, Zn, Pb 和 Cr 等六种重金属对海洋鱼卵的孵化和仔鱼成活的毒性研究, 可为控制废水的排放, 渔业水质标准的制定和保护海洋环境提供必要的科学依据。

材 料 和 方 法

1977 年 5—6 月和 1978 年 5—6 月, 清晨在青岛胶州湾胡岛子—李村河口海面(图 1), 用浮网拖网取得鱼卵, 带回实验室, 主要选用牙鲆 *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel) 和焦氏舌鳎 *Cynoglossus joyneri* Gunther 卵, 立即进行实验。鱼卵多发育到胚孔口合闭期。室内水温为 $18 \pm 2^\circ\text{C}$, 共做实验 9 批, 用鱼卵约 5300 粒。

实验用药物为 HgCl_2 , CuSO_4 , CdCl_2 , ZnCl_2 , PbSO_4 和 CrCl_3 , 均为分析纯, 以重金属的含量计算。

先称出一定量的各种药物, 分别用蒸馏水配成 100ppm 的母液, 再用过滤海水稀释成各种浓度的实验用液(表 1)。

用直径 5cm 的胚胎杯盛不同浓度的实验用液 20ml, 每个杯放鱼卵 20 粒, 设 2—6 个

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1390 号。在工作中吴尚黹教授给予热情的帮助, 吴超元教授对本文提出许多宝贵意见, 在此一并志谢。

收稿日期: 1983 年 1 月 8 日。

表 1 6 种重金属实验用液的浓度

重金属	浓 度 (ppm)
Hg	0.18, 0.32, 0.42, 1.00, 1.80, 3.20, 4.20
Cu	0.005, 0.01, 0.05, 0.10, 0.50, 1.00, 1.25
	3.00, 5.00, 10.00, 15.00, 20.00, 25.00, 30.00
Cd	0.10, 0.50, 1.00, 5.00, 10.00, 15.00, 20.00
Zn	0.10, 0.50, 1.00, 5.00, 10.00, 15.00, 20.00, 25.00, 30.00
Pb	0.10, 0.50, 1.00, 5.00, 10.00, 15.00, 20.00, 25.00, 30.00
Cr	0.10, 0.50, 1.00, 5.00, 10.00, 15.00, 20.00

平行试样,另设空白对照,观察 24, 48, 72, 96 小时的孵化率和仔鱼成活率。

$$\text{孵化率} = \frac{\text{孵化数}}{\text{总数}} \times \%,$$

$$\text{成活率} = \frac{\text{成活数}}{\text{总数}} \times \%.$$

在半对数坐标纸上用直线内插法求出半忍受限 TLm 值 (Median Tolerance Limit), 用 96 小时 TLm $\times$ 0.1 计算安全浓度。

结 果

实验结果表明,空白对照组的受精鱼卵在 48 小时内 90% 以上能孵化成仔鱼,其成活率也在 90% 以上。

总的看来,随浓度的增加和时间的延长,鱼卵的孵化率和仔鱼成活率逐步降低。

图 2 为 Hg 的影响。0.40ppm 以下,孵化率为 80—90% 以上; 1.00ppm 为 60—70%; 随浓度增加,孵化率减低。对仔鱼的影响, 0.40ppm 24 小时的成活率为 80%, 96 小时为 40%; 1.00ppm 24 小时为 70%, 至 96 小时全部死亡,随时间的延长和浓度的增加,成活率渐减。其 TLm 值随时间的增加而减低,由 24 小时的 3.90ppm,减至 96 小时的 0.37ppm。

Cu 的影响见图 3, 1.00 ppm 以下孵化率为 80% 以上; 10.00ppm 以上使鱼卵全部不能孵化; 3.00ppm 能孵化一半; 随浓度增加,孵化率减低。对仔鱼的影响, 0.50ppm 24 小时的成活率为 90% 以上, 96 小时为 36%; 2.50ppm 24 小时的成活率为 80%, 96 小时为 22%。Cu 对仔鱼的 TLm 值 48 小时为 1.80ppm, 72 小时为 0.50ppm, 96 小时为 0.08 ppm。

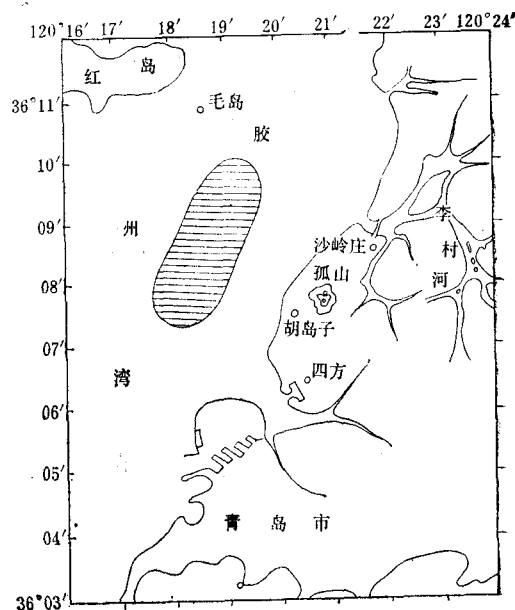


图 1 拖网采鱼卵区

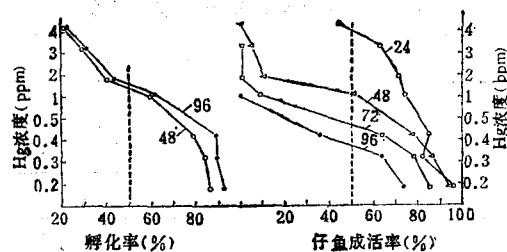


图2 Hg 对鱼卵孵化和仔鱼成活的影响
(图中数字 24, 48, 72, 96 为小时数,下同)

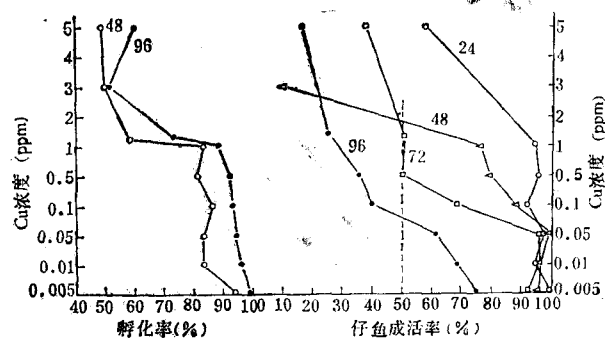


图3 Cu 对鱼卵孵化和仔鱼成活的影响

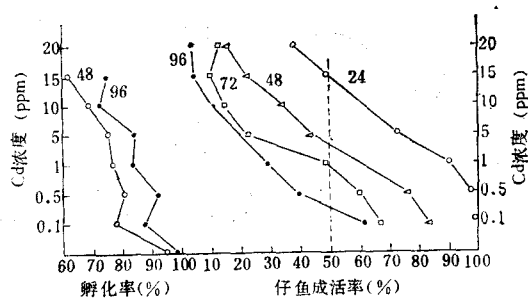


图4 Cd 对鱼卵孵化和仔鱼成活的影响

Cd 如图 4, 1.00ppm 以下浓度的孵化率为 80% 以上; 10.00ppm 其孵化率为 70%。对仔鱼的影响, 1.00ppm 24 小时的成活率为 90%, 96 小时为 30%; 5.00ppm 24 小时为 70%, 96 小时为 15%; 其 TLm 值 24 小时为 10.00ppm, 96 小时为 0.25ppm。

Zn 如图 5, 5.00ppm 以下受精鱼卵 80% 以上能孵化; 25.00ppm 的孵化率为 30%。对仔鱼的影响, 1.00ppm 48 小时的成活率为 90% 以上, 96 小时为 35%; 5.00ppm 48 小时的成活率为 80% 以上, 96 小时为 25%。其 TLm 值 48 小时为 22.50ppm, 72 小时为 10.00ppm, 96 小时为 0.50ppm。

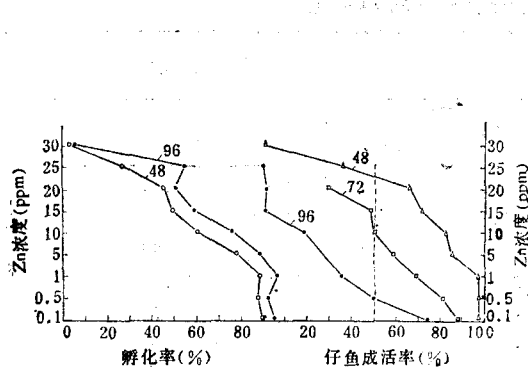


图5 Zn对鱼卵孵化和仔鱼成活的影响

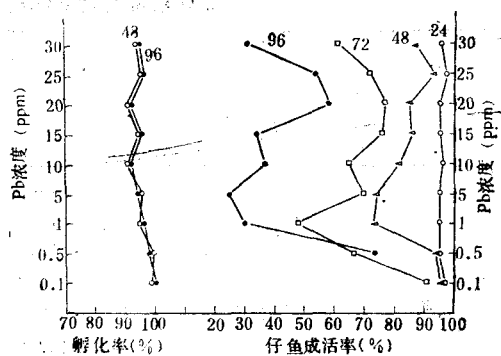


图6 Pb对鱼卵孵化和仔鱼成活的影响

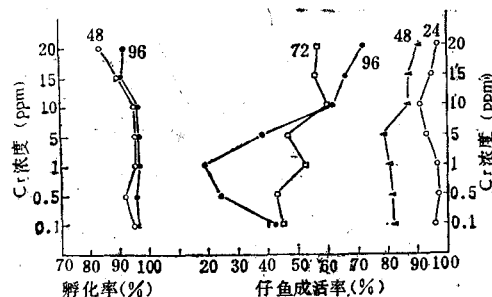


图7 Cr对鱼卵孵化和仔鱼成活的影响

Pb 如图6, 在实验的各浓度的Pb中, 受精鱼卵的孵化率都在90%以上, 没有明显的影响。在各浓度的Pb中, 48小时的仔鱼成活率为80—90%, 之后随时间的延长和浓度的增加则成活率降低, 其TLm值72小时为1.00ppm; 96小时为0.75ppm。

Cr 如图7, 在实验的各浓度的Cr中, 受精鱼卵的孵化率都在85%以上, 没有明显的影响。在各浓度的Cr中, 48小时的仔鱼成活率为80—90%。但有趣的是5.00ppm以上的浓度, 随时间的推移和浓度的增加, 其成活率反而升高, 两年的结果相同。对仔鱼的TLm值72小时为0.90ppm, 96小时为7.50ppm。

讨 论

以上的实验结果表明, 在48小时之内, 6种重金属在实验浓度内没有达到使受精卵中毒死亡, 48小时后80%能孵化成仔鱼, 表2的结果也表明6种重金属对鱼卵孵化的TLm值一般比仔鱼成活的TLm高得多, 说明卵子比仔鱼有较高的耐毒性。6种重金属毒性的, 依次为 $Hg > Cu > Zn > Cd > Cr > Pb$ (表2)。

6种重金属对仔鱼成活的影响, 曲线多呈S形, 在接近Lc50时趋于平缓(图2—7)。其对仔鱼的致死浓度比卵子低, 其顺序为 $Hg > Cu > Cd > Zn > Pb > Cr$ (表2)。而对卵子来说, Zn的毒性比Cd强, 这可能是因为Zn穿透卵膜的能力比Cd强。实验结果表明, 海洋鱼类卵子对重金属比仔鱼有较大的忍受性, 可能主要是卵膜起保护作用。Eri-

表2 6种重金属对鱼卵孵化和仔鱼成活的TLm值(ppm)

重 金 属	项 目 TLm(ppm) 时间(小时)	鱼卵孵化		仔 鱼 成 活			
		48	96	24	48	72	96
Hg		1.30	1.50	3.90	1.00	0.46	0.37
Cu		3.00	3.00	/	1.80	0.50	0.08
Cd		<20.00	<20.00	10.00	4.00	0.95	0.25
Zn		14.50	20.00	/	22.50	10.00	0.50
Pb		<30.00	<30.00	/	/	1.00	0.75
Cr		<20.00	<20.00	/	/	0.90	7.50

表3 重金属在不同水质中的毒性比较

重 金 属	TLm(ppm)		水 质	鱼 类	水温(°C)	实验日期	备 注
	48 小时	96 小时					
Hg	0.168	0.143	淡水 ¹⁾	白鲢	22.7±1.5	1973年12月	无离子水为 离子交换水。 淡水为 除氯自来水。 咸淡水为 含5‰氯化钠的 海、江交汇水 [S(‰)为9]。 海水为: 含30—32 S(‰)。
	1.00	0.37	海水	牙鲆仔鱼	18.0±2.0	1977—1978年 5—6月	
Cu	0.08	<0.03	无离子水 ²⁾	面丈鱼	15.0±3.0	1974年4月	
	0.17	0.158	淡水 ¹⁾	白鲢	26.0±1.5	1973年11月	
	0.32	0.18	淡水 ²⁾	面丈鱼	19.5±2.5	1974年4—5月	
	1.80	0.63	咸淡水 ²⁾	面丈鱼	16.0±2.0	1974年4月	
	1.80	0.08	海水	牙鲆仔鱼	18.0±2.0	1977—1978年 5—6月	
Zn	2.44	2.00	淡水 ¹⁾	白鲢	21.7±1.2	1973年6月	
	22.50	0.50	海水	牙鲆仔鱼	18.0±2.0	1977—1978年 5—6月	

chsen 以苯酚为例说明卵子对毒物的抗性超过鱼类。上海市水产研究所做了氰化物的试验,结果表明对鱼卵作用的浓度比鱼类高(TLm96 CN⁻ 对鱼卵为 1.28ppm, 对鱼苗为 0.21ppm)¹⁾。看来卵膜的保护作用对生物繁殖后代有重要的意义。

重金属在不同的环境条件下,其毒性有明显的变化(表3)。上海市水产研究所^{1,2)}做了 Hg, Cu, Zn 等在多种水质中对面丈鱼(尖头银鱼, *Salanx acuticeps* Regan)和白鲢的毒性试验,与我们在海水中的试验结果比较,虽然在鱼类和温度上有所差异,但同一种重金属在不同的水质中的毒性规律是很明显的,即无离子水>淡水>咸淡水>海水。海水是一种很好的缓冲液,含有多种离子,有毒的重金属离子在海水中,可产生复杂的化学

1) 上海市水产研究所, 1975。几种常见毒物对白鲢的毒性试验。(油印本)

2) 上海市水产研究所, 1975。铜离子对面丈鱼发育影响的初步试验。(油印本)

反应——螯合或络合作用,而使毒性降低,一般地说,同一种毒物在海水和半咸水中的毒性比在淡水中小得多(表 3)¹⁾。

Pb 和 Cr 对鱼类的毒害作用不是很高,比 Hg 和 Cu 等低得多。特别与对照组比较,在高浓度的 Cr 中仔鱼的成活率较高,这种现象我们在贻贝和对虾幼体的毒性试验中,也同样发现过。在海水实验中,高浓度的 Pb 出现白色沉淀, Cr 出现白色絮状物,这与它们的存在形式和价态有关,可能产生某些隐蔽或吸附作用。实验的始末测定了试液的 pH 值,对照组为 8.0—8.1,各浓度组为 7.7—8.1,没有较大的变化。

6 种重金属对仔鱼 96 小时的安全浓度, Hg 为 0.04ppm, Cu 为 0.01ppm, Cd 为 0.03 ppm, Zn 为 0.05ppm, Pb 为 0.08ppm 和 Cr 为 0.80ppm。

参 考 文 献

- [1] 张崇理, 1959. 比目鱼——牙鲆 *Paralichthys olivaceus* (T. & S.) 的早期发育史。中国科学院海洋研究所丛刊 1(4): 71—80。
- [2] 戚庆泰等, 1962. 中国经济动物志——海洋鱼类。科学出版社, 142—151 页。
- [3] Erichsen, J. R., 1964. The effects of pollution on fish eggs. In: Fish and River Pollution. London Butterworths, pp. 186—193.
- [4] Harold, H. Lee and C. H. Xu, 1984. Effects of metals on sea Urchin development: A rapid bioassay. Mar. Poll. Bull. 15(1): 18—21.
- [5] Rosenthal, H. and K. R. Sperling, 1974. Effects of cadmium on development and survival of herring eggs. In: J. H. S. Blaxtered. The Early lifehistory of Fiish. Springer verlug, Berlin, pp. 383—396.
- [6] Rosenthal, H. and D. F. Slderdice, 1976. Sublethal effects of environmental stressers, natural and pollutional, on marine fish eggs and larval. J. Fish Res. Board Can 33: 2049—2065.
- [7] Spehar, R. L., 1976. Cadmium and zinc toxicity to flagfish, *Jardanella floridae*. J. Fish Res. Board Can. 33: 1939—1945.
- [8] Weis, J. S. and P. Weis, 1977a. Effects of heavy metals on embryonic development of the Killifish. *Fundulus heferoclitus*. J. Fish Biol. 11: 49—54.

1) 1958 年意大利威尼斯国际会议对各盐度水体的分类规定如下: 淡水 ($S < 0.5\%$); 混合小盐区 ($0.5\% < S < 5\%$); 混合中盐区 ($5\% < S < 18\%$); 混合多盐区 ($18\% < S < 30\%$)。

EFFECTS OF SIX HEAVY METALS ON HATCHING EGGS AND SURVIVAL OF LARVAL OF MARINE FISH*

Cui Keduo, Liu Yumei and Hou Lanying

(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao)

ABSTRACT

The present investigation deals with the effects of six heavy metals on hatching the eggs and survival of larvae of flatfish, *Paralichthys olivaceus* (Temminck & Schlegel) and *Cynoglossus semilaevis* Günther, taken from Jiaozhou Bay, Qingdao.

The metal ions tested are Hg, Cu, Zn, Cd, Pb and Cr.

The results show that the toxic order of these metals is $Hg > Cu > Zn > Cd > Cr > Pb$ for the hatching of eggs, while it is $Hg > Cu > Cd > Zn > Pb > Cr$ for the survival of larval fish. The eggs tolerate higher concentrations as compared with larval fish. It is supposed that the egg membrane may play an important role in the prevention of the penetration of metal ions.

The toxicity of the metals tested varies with the nature of water being in the order of nonion water > fresh water > brackish water > sea water. This may be due to a complex chemical process involved.

TLm 96 (Median Tolerance Limit) of the six heavy metals for larval fish tested are 0.37 ppm for Hg, 0.08 ppm for Cu, 0.25 ppm for Cd, 0.50 ppm for Zn, 0.75 ppm for Pb and 7.50 ppm for Cr.

* Contribution No. 1390 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.