

几种重金属对青岛文昌鱼 毒性及生长的影响*

吴贤汉 江新霖 张宝录 曲艳梅

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

摘要 对1991年8月在青岛崂山沙子口海区底层沙中拖网采集的体长为1.8—2.2cm的青岛文昌鱼,进行不同剂量的 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cr^{6+} 等重金属的毒性影响实验。结果表明,青岛文昌鱼对重金属反应敏感,重金属如超过一定浓度便可引起文昌鱼中毒乃至死亡,但微量的重金属则能促进文昌鱼的生长。

关键词 青岛文昌鱼 Cu Zn Cr

学科分类号 Q95-33

铜、锌、铬等是生物体必需的微量营养元素,在机体的代谢中有着重要作用,机体内缺乏这些元素时,可引起器官机能下降,导致病变。但它们又是有毒元素,其浓度超过生物的生态幅度时,则会引起生物中毒。近年来国内外许多学者进行了有关的研究工作(王小奉等,1991;黄美珍等,1991;游文章等,1989;蓝伟光,1991;Ellgaard,1988;Sager,1989)。文昌鱼作为一种原始的脊索动物,是介于无脊椎动物和脊椎动物之间的过渡类型,是动物进化方面一种重要的研究材料,属国家二类保护动物。近年来由于环境日益恶化,文昌鱼资源受到严重危害,其中原因之一是由于工农业废水和生活污水的持续大量排放而引起的海水中重金属元素含量不断地增加。目前关于文昌鱼致毒效应的研究资料不多,国内曾见铬、硒对厦门文昌鱼成体的重金属中毒情况报道(黄展胜等,1990;梁萍等,1989),但铜、锌、铬对青岛文昌鱼致毒效应及其促生长作用还未见报道。进行重金属对青岛文昌鱼的毒性实验,了解重金属污染对文昌鱼的毒性影响,可为保护珍稀的文昌鱼资源及研究人工养殖文昌鱼的所需水质条件提供一定的资料。

1 材料和方法

1.1 实验材料

青岛文昌鱼(*Branchiostoma belcheri tsingtaoensis* Tchang et Koo),1991年8月取自青岛崂山沙子口海区,为一年生幼鱼,体长约为1.8—2.2cm。称取一定量的 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$,加入过滤海水,配制成 $1\,000 \times 10^{-6}$ 贮备液(以重金属含量计),实验时用海水稀释成所需浓度。

1.2 实验方法

* 中国科学院“八五”重大课题资助项目,A08-920813号。吴贤汉,男,出生于1941年2月,研究员,Fax:0086-0532-2870882

收稿日期:1998-03-04,收修改稿日期:1999-05-04

在 12 个 1 000ml 烧杯中,底铺厚约 2cm 的细沙,加入 500ml 天然海水,水温为 20—22℃,盐度为 31.4, pH = 8.0, 每天换相应的海水,投饵,不充气,换水后补充药液。

实验浓度的选择是成体文昌鱼在不同的金属离子浓度下观察 24h 时致毒或致死的浓度。实验分为对照组和实验组,按表 1 所列分组进行,选取 1.8—2.2cm 长度的文昌鱼,随机分组,每组 6 尾,按所列浓度加入 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cr^{6+} 。然后观察文昌鱼活泼、不活泼及死亡等的状态。海水重金属本底浓度为: Cu 1.1×10^{-9} , Zn 3.8×10^{-9} , Cr 2.5×10^{-9} , 与实验浓度相比,可忽略不计。

实验前,将饥饿一天、腹中无物的每组文昌鱼放在滤纸上,于扭力天平称重减去已吸水的滤纸重量即得文昌鱼重。将已称重的文昌鱼放到有沙和海水的烧杯中,在实验组中加入不同浓度的 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cr^{6+} 。按吴贤汉等(1995)培育文昌鱼的方法养殖,观察文昌鱼鱼体的增重及对照组中鱼体的增重。培养 20d 后,停喂饵料 1d,使其空腹,然后同样在滤纸上分别称重。

2 结果与讨论

2.1 Cu^{2+} 对青岛文昌鱼的毒性实验

按表 1 所示剂量进行铜对文昌鱼的毒性实验,结果见表 2。由于文昌鱼具有潜入沙底的生活习性和生理机能,因此在实验刚开始时,它们全部埋藏在沙层中,沙表面及水体中不见鱼,但它们在沙中的潜居持续时间则随 Cu^{2+} 剂量的不同而异。在 0.10×10^{-6} 剂量组中,鱼体自始至终在沙中潜居,用玻璃棒轻轻插入沙中微搅,只见其偶尔显露,旋即钻入沙中,活力一直保持旺盛,与对照组情况无任何差别。在 0.50×10^{-6} 组中,经 48h 时即有少数鱼钻出沙层,停于沙表面,此时用玻璃棒轻轻接触鱼体,也能钻入沙中,有个别只缓缓游动几下,便又落在沙表面,这表明鱼体已有不同程度的中毒,表现为不活泼状态。中毒较轻者尚未丧失潜沙机能,中毒较重者,正常生理机能已受损害,此时的重金属浓度为致毒浓度。至 72h 个别鱼体呈弯曲状停于沙表面,即已有死亡出现,至 120h,死亡已达半数。

表1 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cr^{6+} 毒性实验的分组

Tab.1 The grouping of toxic experimentation on Cu^{2+} , Zn^{2+} and Cr^{6+}

实验分类 浓度($\times 10^{-6}$)	Cu^{2+}			Zn^{2+}			Cr^{6+}			对照 空白
	0.10	0.50	1.0	1.0	5.0	10	2.0	10	50	

表2 Cu^{2+} 对文昌鱼的毒性效应(尾)

Tab.2 The toxic effects of Cu^{2+} on amphioxus (ind)

时间(h)	浓 度($\times 10^{-6}$)											
	0.10			0.50			1.0			对照		
	活泼	不活泼	死亡	活泼	不活泼	死亡	活泼	不活泼	死亡	活泼	不活泼	死亡
0	6			6			6			6		
24	6			6			4	2		6		
48	6			5	1		2	3	1	6		
72	6			2	3	1		3	3	6		
96	6				4	2		2	4	6		
120	6				3	3			6	6		

在 1.0×10^{-6} 组中,经 24h 就有半数鱼体钻出沙层停在沙表面,个别已丧失潜沙能力,48h 即出现死亡,至 72h 已有半数死亡,到 120h 已全部死亡。由表 2 可知,幼文昌鱼在 48h 时铜的半致毒浓度为 0.50×10^{-6} — 1.0×10^{-6} ,在 72h 及在 120h 时铜的致死浓度分别为 0.5×10^{-6} 和 1.0×10^{-6} ,与所见报道比较, Cu^{2+} 对青岛文昌鱼的致死浓度低于其对鲷等鱼类和贝类的致死浓度,而稍高于其对虾类的致死浓度。

2.2 Zn^{2+} 对青岛文昌鱼的毒性实验

按表 1 所示剂量进行锌对文昌鱼的毒性实验,结果见表 3。 1.0×10^{-6} 锌的剂量组结果同对照组,鱼体活力始终正常。 5.0×10^{-6} 组持续 72h 即有少数鱼钻出沙中,120h 出现死亡,192h 死亡达半数。 10.0×10^{-6} 组在 24h 后观察,就有 2 条停于沙表面,48h 有半数鱼体钻出沙层,72h 时已有半数死亡,至 96h 已全部死亡。其中毒、死亡症状与 Cu^{2+} 中毒基本相同。从表 3 中可看出,幼文昌鱼在 48h 锌的半致毒浓度为 10.0×10^{-6} ,在 72h 锌的半致死浓度也为 10.0×10^{-6} 。 Zn^{2+} 对青岛文昌鱼的致死浓度低于其对鲷等鱼类和贝类的致死浓度,而稍高于其对虾类的致死浓度。

表3 Zn^{2+} 对文昌鱼的毒性效应(尾)

Tab.3 The toxic effects of Zn^{2+} on amphioxus (ind.)

时间(h)	浓 度($\times 10^{-6}$)											
	1.0			5.0			10.0			对照		
	活泼	不活泼	死亡	活泼	不活泼	死亡	活泼	不活泼	死亡	活泼	不活泼	死亡
0	6			6			6			6		
24	6			6			4	2		6		
48	6			6			3	3		6		
72	6			5	1			3	3	6		
96	6			4	2				6	6		
120	6			1	4	1				6		
192	6				3	3				6		

2.3 Cr^{6+} 对青岛文昌鱼的毒性实验

按表 1 所示剂量进行铬对文昌鱼的毒性实验,结果如表 4 所示, 2.0×10^{-6} 剂量组结果

表4 Cr^{6+} 对文昌鱼的毒性效应

Tab.4 The toxic effects of Cr^{2+} on amphioxus

时间(h)	浓 度 ($\times 10^{-6}$)											
	2.0			10.0			50.0			对照		
	活泼	不活泼	死亡	活泼	不活泼	死亡	活泼	不活泼	死亡	活泼	不活泼	死亡
0	6			6			6			6		
24	6			6			4	2		6		
48	6			6			3	3		6		
96	6			5	1			5	1	6		
120	6			3	2	1		3	3	6		
144	6			2	3	1			6	6		
216	6				3	3				6		

同对照组情况一样。10.0 × 10⁻⁶组时间持续 96h 时,只有一条鱼体呈中毒状,至 120h 只有一条鱼体出现死亡,至 216h 有半数死亡。在 50.0 × 10⁻⁶组,至 24h 时,鱼体即出现中毒症状,96h 全部钻出沙,显现不活泼状态,并已出现死亡,至 120h 死亡已达半数,至 144h 全部死亡,其中毒、死亡症状同前。此结果与黄展胜等(1990)所报告的基本相一致。由表 4 可知,幼文昌鱼在 48h 时铬的半致毒浓度为 50.0 × 10⁻⁶,在 120h 铬的半致死浓度也为 50.0 × 10⁻⁶。

2.4 微量的 Cu²⁺、Zn²⁺、Cr⁶⁺ 对青岛文昌鱼生长的影响

按 1.2.2 的实验方法,随机分为 8 组,按表 5 设置的浓度进行微量金属对文昌鱼生长影响的试验,结果见表 5。

表5 微量重金属对文昌鱼生长的影响¹⁾

Tab.5 The effect of trace heavy metal on the growth of amphioxus

组别	浓度 (×10 ⁻⁶)	实验前鱼体平均 重量(mg/ind)	实验后鱼体平均 重量(mg/ind)	增重 (mg/ind)	增重百分数 (%)	平均增重 百分数(%)
对照组	0	64.30	70.67	6.34	9.8	11.7
	0	58.25	66.11	7.86	13.5	
Cu ²⁺	0.1	44.16	54.33	10.17	23.0	19.2
	0.01	52.35	60.41	8.06	15.4	
Zn ²⁺	1.0	63.33	75.25	11.92	18.8	17.4
	0.1	60.10	69.72	9.62	16.0	
Cr ⁶⁺	2.0	52.33	61.12	8.79	16.8	17.0
	0.2	61.20	61.77	10.57	17.2	

1) 平均水温为 21℃

从表 2 到表 4 的结果表明,铜、锌、铬是有毒元素。但表 5 的结果表明,铜、锌、铬也是营养元素,文昌鱼在 0.01 × 10⁻⁶或 0.1 × 10⁻⁶铜的存在下,养殖 20d 后,增重幅度为 15.4%—23.0%,平均增重为 19.2%;在 0.1 × 10⁻⁶或 1.0 × 10⁻⁶锌的存在下,增重幅度为 16.0%—18.8%,平均增重为 17.4%;在 0.2 × 10⁻⁶或 2.0 × 10⁻⁶铬的存在下,增重幅度为 16.8%—17.2%,平均增重为 17.0%;对照组增重 11.7%。实验组的鱼体平均增重比对照组要高出 5 到 8 个百分点,可见上述剂量的重金属对文昌鱼的生长具有一定的促进作用。

3 结语

3.1 海水中重金属离子含量超过一定浓度便会引起文昌鱼中毒,先是活动能力下降,继而丧失活动力,身体渐成弯曲状而死亡,最后腹部全部腐烂。

幼文昌鱼在 48h 时铜的半致毒浓度为 0.50 × 10⁻⁶—1.0 × 10⁻⁶,在 72h 及在 120h 时的半致死浓度分别为 0.5 × 10⁻⁶和 1.0 × 10⁻⁶;在 48h 时锌的半致毒浓度为 10.0 × 10⁻⁶,而该浓度下文昌鱼达到半致死时,需 72h;在 48h 时铬的半致毒浓度为 50.0 × 10⁻⁶,而该浓度下文昌鱼达到半致死时,需 120h。文昌鱼中毒死亡时间随 Cu²⁺、Zn²⁺、Cr⁶⁺ 的剂量增大而缩短。在以上三种重金属中,Cu²⁺ 毒性最大,Zn²⁺ 次之,Cr⁶⁺ 最弱。

3.2 微量重金属是动物生长发育必需的,文昌鱼亦不例外。微量的 Cu²⁺ (0.01 × 10⁻⁶或 0.1 × 10⁻⁶)、Zn²⁺ (0.1 × 10⁻⁶或 1.0 × 10⁻⁶)、Cr⁶⁺ (0.2 × 10⁻⁶或 2.0 × 10⁻⁶) 等均能对文昌鱼的生长起一定作用,实验组的鱼体平均增重比对照组要高出 5 到 8 个百分点。说明在文昌鱼养殖中,海水中微量的 Cu²⁺、Zn²⁺、Cr⁶⁺ 金属离子对文昌鱼无毒害作用,并能促进其生长发育。

参 考 文 献

- 王小奉,洪幼环,1991. 重金属对黑鲟鱼卵、仔鱼的毒性. 福建水产, 3: 35—38
- 吴贤汉,张士瑾,王 峰等,1995. 青岛文昌鱼的实验室培育. 海洋与湖沼, 26(5): 135—136
- 黄美珍,1991. 汞、铜等重金属对长毛对虾受精卵及幼体发育的影响. 福建水产, 2: 9—14
- 黄展胜,郁建控,苏循荣等,1990. 铬对文昌鱼毒性效应和生长的影响. 海洋环境科学, 9(3): 22—26
- 梁 萍,方永强,洪桂英等,1989. 硒对文昌鱼毒性效应与生长的影响. 台湾海峡, 8(2): 156—161
- 游文章,黄恩志,廖朝兴,1989. 鱼类与微量元素. 国外水产, 4: 23—27
- 蓝伟光译,1991. 重金属对日本对虾的毒性. 福建水产, 1: 78—83
- Ellgaard E G, Guillot J L, 1988. Kinetic analysis of the swimming behavior of bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus* Rafinesque, exposed to copper: hypoactivity induced by sublethal concentrations. J Fish Biol, 33(4): 601—608
- Sager M D, 1989. The effects of Calcium concentration on the toxicity of copper, lead and zinc to yolk-sac fry of browntrout, *Salma crutta* L., in soft, acid water, J Fish Biol, 35(3): 323—332

**TOXIC EFFECTS OF SEVERAL HEAVY METAL ON AMPHIOXUS
AND LIVING ACTIVITY OF *BRANCHIOSTOMA BELCHERI*
TSINGTAOENSIS TCHANG ET KOO**

WU Xian-han, JIANG Xin-ji, ZHANG Bao-lu, QU Yan-mei

(Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

Abstract This paper reports toxic effects of several heavy metals such as copper, zinc and cadmium on amphioxus (*Branchiostoma belcheri tsingtaoensis* Tchang et Koo) and its growth.

It will make amphioxus poisoned when the contents of heavy metal ions in the sea water exceed a concentration limit. Firstly its living activity decreases, then lost moving ability and dead, finally decayed in its whole abdomen. The semitoxic concentration of copper is 0.5×10^{-6} — 1.0×10^{-6} in 48 hours; the semilethal concentration of copper is 0.5×10^{-6} in 72 hours and 1.0×10^{-6} in 120 hours; the semitoxic concentration of zinc is 50.0×10^{-6} in 48 hours, but it takes 72 hours to get semilethal on this concentration; the semitoxic concentration of cadmium is 50.0×10^{-6} in 48hr, but it takes 120 hours to get semilethal on this concentration. The dosages of Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{6+} are larger, and the death times of amphioxus are shorter. In the three heavy metals, the toxic effects of Cu^{2+} are the highest, Zn^{2+} less, and Cr^{6+} the least.

The trace heavy metals are necessary to animals growth just as amphioxus. Cu^{2+} (0.01×10^{-6} or 0.1×10^{-6}), Zn^{2+} (0.1×10^{-6} or 1.0×10^{-6}), Cr^{6+} (0.2×10^{-6} or 2.0×10^{-6}) are able to promote the growth of amphioxus, increasing its weight 5—8 percent. The growth of amphioxus can be promoted if trace Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{6+} are added into the seawater.

Key words *Branchiostoma belcheri tsingtaoensis* Tchang et Koo Cu Zn Cr

Subject classification number Q95—33