

重金属离子(Hg^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+)对鲫鱼和鲤鱼呼吸运动机能的影响*

黄溢明 牟凌云 马际春 吴敏 陈敏青

(生物学系)

摘 要

本文研究了不同浓度的醋酸铜、醋酸汞和醋酸银溶液对鲫鱼(*Carassius auratus*)和鲤鱼(*Cyprinus Carpio*)呼吸运动机能的影响。结果表明,上述三种含重金属离子的溶液,其浓度在0.1,0.3,0.5,1.0mg/l范围内,均能迅速地引起鲫鱼和鲤鱼呼吸运动机能的改变。随着离子浓度的增高,这两种鱼的鳃盖运动频率有些减慢,但清除污物的洗涤运动(Cleaning movement, 又称 Cough response) 频率则急剧地增加。同一种重金属离子对不同鱼类的呼吸运动机能有不同的影响。 Cu^{2+} 对鲫鱼的作用大于鲤鱼,相反, Hg^{2+} 对鲤鱼的作用大于鲫鱼,而 Ag^+ 对这两种鱼类的作用都特别明显。在这三种重金属离子中, Ag^+ 对鱼类的呼吸运动机能的影响最大。鲫鱼和鲤鱼对重金属离子具有相当高的敏感性,而且其洗涤运动与重金属离子密切相关,这提示有可能利用这两种淡水养殖鱼类的呼吸运动对重金属离子这种反应特性作为水质重金属污染的生物监测指标。

关键词 重金属离子, 洗涤运动(咳嗽反应), 鲫鱼, 鲤鱼

目前许多水域受污染的情况日益严重,直接影响鱼类的生存和渔业的产量。因此,研究各种污染物对鱼类生理机能的影响以及鱼类对污染物产生的适应性反应,在鱼类资源的开发、利用和保护等方面均具有重要的理论与实践意义^[1-4]。

我们的研究已证明^[5],含重金属离子的电镀厂排放水能引起鲢鱼洗涤运动明显增加,直接影响鱼类的正常呼吸运动机能。本文的目的是进一步比较研究含重金属离子(Hg^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+)的溶液对淡水养殖的鲫鱼和鲤鱼的呼吸运动机能的影响,并为利用鱼类这种洗涤运动作为水环境生物监测指标提供依据。

一、材料与 方法

实验用鱼由广东省顺德县桂洲区鱼苗场提供,雄雌兼有,鲫鱼平均重量为280克,

本文1987年3月收到

* 中国科学院科学基金资助项目

鲤鱼为750克。实验用水取自流经该鱼苗场的西江河水,静置后才使用。水温为 $23 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$, pH值为 7.0 ± 0.1 。实验用的溶液是用化学纯的醋酸铜、醋酸汞和醋酸银,分别配成 1mg/ml 母液,然后以此母液依次配成浓度梯度为 $0.1, 0.3, 0.5, 1.0\text{mg/l}$ 的溶液。鱼在上述三种不同浓度的重金属离子的溶液中处理,每种重金属离子重复描记10条鱼在清水(对照)和不同浓度、不同处理时间($5', 10', 15'$)的呼吸运动曲线。计算出被处理鱼的鳃盖运动和洗涤运动的平均频率(次/分)和与清水对照相比的增加率(%)。具体记录方法与文献[5,6]相同。

二、结果与讨论

鲫鱼和鲤鱼的呼吸运动均具有两种运动形式:鳃盖运动和洗涤运动,也就是在多次鳃盖运动之后有规律地出现一次洗涤运动。

图1是鲤鱼在不同浓度的醋酸铜溶液作用下的呼吸运动曲线,图中圆点表示洗涤运动。

实验结果表明,上述三种含重金属离子(Hg^{2+} , Cu^{2+} , Ag^{+})的溶液均能引起鲫鱼和鲤鱼呼吸运动机能发生明显的变化。从表1和图2可以看出,随着每种重金属离子浓度的增加,这两种鱼的洗涤运动频率均有明显的增加。而鳃盖的运动频率则相应有所下降的趋势。这种情况的出现,其主要机理是这两种鱼类对重金属离子较为敏感,由于呼吸运动的作用,水中的重金属离子不断随水流入鳃中,密集地积聚于鳃组织表面,与鳃上皮分泌的粘液结合成一种不溶解性的金属蛋白质化合物,重金属离子浓度愈大,这种化合物积累愈多,反射性地引起洗涤运动频率的增加,力图消除积聚在鳃上的污物,保证气体交换的正常进行。显然,洗涤运动频率的增加是鱼类的一种保护性反应。这种反应在重金属离子作用开始后便立刻出现,而且持续一段时间,如果金属离子浓度继续增高,严重妨碍了正常的呼吸机能,会导致鱼因窒息而死亡[5]。

进一步分析表1和图2的结果还可以看出,含不同种类重金属离子的溶液引起这两种鱼类的洗涤运动频率的增加程度是不同的。在上述浓度范围内, Ag^{+} 引起的洗涤运动频率的增加率最高达 481.2% (鲫鱼)和 487.8% (鲤鱼); Cu^{2+} 的最高增加率是 178.5% (鲤鱼)和 215.5% (鲫鱼);而 Hg^{2+} 的最高增加率为 156.0% (鲫鱼)和 177.8% (鲤鱼)。由此可见, Ag^{+} 对这两种鱼类的呼吸运动机能的影响程度最大。有文献报导[7],鱼在含银浓

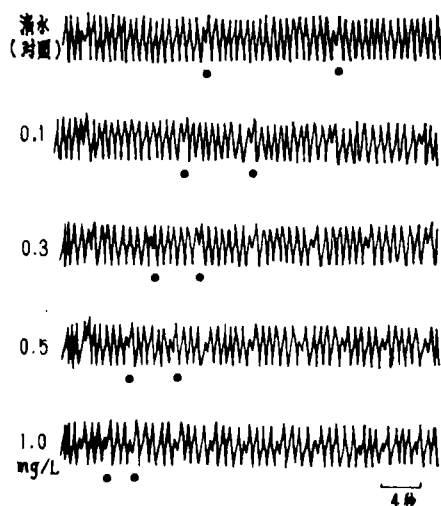


图1 鲤鱼在不同浓度的醋酸铜溶液作用下的呼吸运动曲线
(圆点处是洗涤运动,其间是鳃盖呼吸运动)
Fig.1 The respiratory movements of Carp exposed to the different concentrations of copper acetate solution
(Black point indicates the cleaning movements)

度为 $7\mu\text{g/l}$ 的溶液中暴露两个月后,其鳃中的含银量超过了对照组鱼鳃含银量的200倍。1978年美国环境保护局出版推荐的水质评比标准中提出 Ag^+ 的浓度标准是 Cu^{2+} 的十分之一^[7],这也许是考虑到 Ag^+ 对鱼类呼吸机能的影响较为强烈的缘故。至于 Hg^{2+} 是一种具有极大毒性的物质,在短期内其急性作用效应并不十分强烈,对鱼的呼吸机能的影响程度低于 Ag^+ 和 Cu^{2+} ,但其特点是生物浓缩效应极大,有研究工作证明^[8],鲫鱼和红鲤在含 Hg^{2+} 0.001mg/l 的水中饲养,鲫鱼14天后由水富集汞的增倍数为158;红鲤38天后由水富集汞的增倍数高达746。因此,可以认为,由于重金属离子各自的性质及其作用不同,因而对于鱼类呼吸运动机能的影响程度也就有差别。

表1 鲫鱼及鲤鱼在不同浓度的醋酸铜、醋酸汞和醋酸银溶液中的呼吸运动频率变化表

Tab. 1 The Changes in frequency of respiratory movements in Carp, Crucian Carp exposed to the different concentrations of copper, mercuric and silver acetate solutions

鱼种	溶液	运动形式	洗涤波频率(次/分)					呼吸波频率(次/分)				
		浓度 mg/l	清水	0.1	0.3	0.5	1.0	清水	0.1	0.3	0.5	1.0
鲫鱼	醋酸铜	数值	4.57 ± 0.72	6.72 ± 1.76	7.90 ± 1.14	11.08 ± 1.65	14.42 ± 2.12	97.05 ± 14.54	89.65 ± 7.03	84.34 ± 7.13	79.98 ± 2.38	81.25 ± 1.60
		增加率 (%)		47.05	72.87	142.5	215.5		-7.62	-13.06	-17.59	-16.28
	醋酸汞	数值	3.27 ± 0.46	3.62 ± 0.95	4.27 ± 0.82	7.41 ± 2.09	8.87 ± 1.99	97.63 ± 3.76	86.73 ± 6.64	92.15 ± 6.87	82.92 ± 5.75	84.56 ± 5.88
		增加率 (%)		10.70	30.58	126.6	156.0		-11.16 %	-5.61	-15.07	-13.39
	醋酸银	数值	3.24 ± 1.04	16.17 ± 2.17	18.84 ± 2.60	15.97 ± 1.58	12.87 ± 1.03	85.88 ± 2.72	96.60 ± 6.43	97.67 ± 5.97	96.41 ± 4.81	82.75 ± 7.46
		增加率 (%)		399.1	481.2	392.9	297.2		12.48	13.73	12.26	-3.64
鲤鱼	醋酸铜	数值	6.42 ± 0.94	9.10 ± 2.36	9.50 ± 3.59	10.13 ± 2.90	17.88 ± 6.26	107.7 ± 10.44	91.64 ± 13.46	91.84 ± 12.15	94.51 ± 16.95	100.2 ± 17.46
		增加率 (%)		41.74	47.98	57.79	178.5		-14.91	-14.73	-12.25	-6.96
	醋酸汞	数值	4.18 ± 1.60	5.34 ± 2.16	9.15 ± 5.95	11.12 ± 4.95	11.61 ± 3.62	91.24 ± 7.36	89.33 ± 9.94	80.38 ± 12.4	88.67 ± 20.1	83.42 ± 23.1
		增加率 (%)		27.75	118.9	166.0	177.8		-2.10	-11.9	-2.82	-8.57
	醋酸银	数值	4.42 ± 0.89	12.92 ± 4.41	25.25 ± 5.50	25.98 ± 4.17	23.77 ± 4.32	89.87 ± 12.04	74.68 ± 10.08	73.68 ± 7.88	79.20 ± 12.43	76.40 ± 12.42
		增加率 (%)		192.3	471.3	487.8	437.8		-16.90	-18.01	-11.87	-14.99

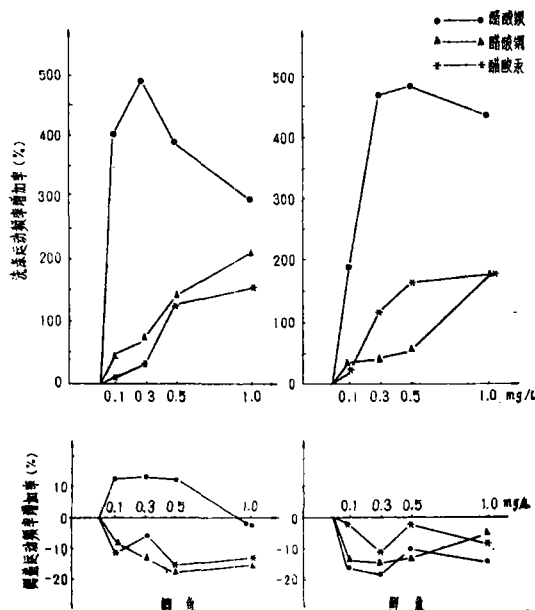


图2 鲫鱼与鲤鱼在含三种重金属离子溶液中的洗涤运动频率及鳃盖运动频率增加率的变化曲线

Fig.2 Changes of percentage in frequency of cleaning movements and respiratory movements in Carp and Crucian Carp exposed to the copper, mercuric and silver acetate solutions

●—● indicates silver acetate solution,
▲—▲ indicates copper acetate solution
— indicates mercuric acetate solution

比较鲫鱼和鲤鱼在含不同重金属离子的不同浓度溶液中的洗涤运动频率的增长率(见图3),可以清楚地看出,同一种重金属离子引起洗涤运动频率的变化程度,在鲫鱼与鲤鱼中也有不同。从各个浓度的洗涤运动的增加率来看,含 Cu^{2+} 溶液对鲫鱼的作用效应较对鲤鱼的作用显著;相反,含 Hg^{2+} 溶液对鲤鱼的作用效应较对鲫鱼的作用显著。至于含 Ag^+ 溶液的情况又有所不同,在低浓度时鲫鱼的反应比鲤鱼强烈;而在较高浓度时,刚好相反,即鲤鱼的反应比鲫鱼大一些。同一种重金属离子对不同鱼类的呼吸运动

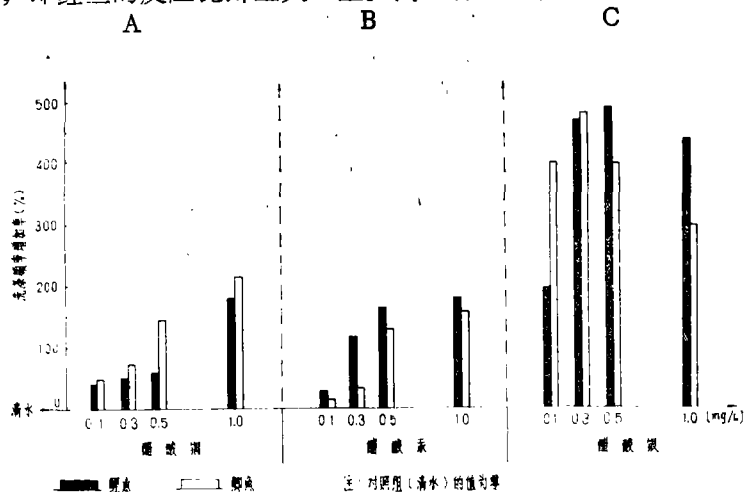


图3 在醋酸铜、醋酸汞和醋酸银的不同浓度溶液中鲤鱼和鲫鱼的洗涤运动频率增加率的比较
Fig.3 Comparison of changes of percentage in frequency of cleaning movements in Carp and Crucian Carp exposed to the different concentrations of copper, mercuric and silver acetate solutions.

□, Carp,

■, Crucian Carp.

A, Copper acetate solution

B, Mercuric acetate solution

C: Silver acetate solution

机能的作用程度有不同,这反映不同鱼类对该种重金属离子的敏感性有差别,这可能与各种鱼类的生理机能特性有关。深入研究不同重金属离子对鱼类呼吸机能的影响以及不同鱼类对各种重金属离子的敏感特性,对于制定渔业水域水质标准、确定安全浓度和最大允许浓度方面有其实意义。

在水环境污染的生物监测方面,利用某些鱼类的呼吸频率、特别是咳嗽反应作为监测指标的研究工作在国外已有报导^[9-12],但国内在这方面的研究工作刚刚开始。我们在研究水污染物对鱼类生理机能影响的工作过程中,发现我国淡水养殖鱼类(例如鲢鱼、鲤鱼、鲫鱼等)对重金属离子非常敏感,而所引起的咳嗽反应与重金属离子的浓度密切相关,这为进一步研究利用这种生理反应作为水质重金属污染的生物监测指标提供了理论依据。

参 考 文 献

- [1] Lockwood A.P.M., *Effects of Pollutants on Aquatic Organisms*, Combridge University Prees, 1976, P. 163.
- [2] Строганов Н. С., *Современные Вопросы экологической Физиологии рыб*, Москва, 1979, СТР. 19.
- [3] 黄溢明, 生理科学进展, 13 (1982), 2, 162.
- [4] 王德铭, 环境科学, 4(1983), 6, 61.
- [5] 黄溢明等, 中山大学学报(自然科学版), 1986, 1, 102.
- [6] 马际春等, 中山大学学报(自然科学版), 1981, 3, 123.
- [7] 美国环境保护局编(许宗仁译), 水质评价标准, 中国建筑工业出版社, 1981, p. 63, 74.
- [8] 长江水产研究所, 水质污染对鱼类影响的调查研究, 第二集 1975, 38.
- [9] Sparks R. E. et al., *Water Res.*, 6(1972), 895.
- [10] Drummond R. A. et al., *J. Fish Pes. Bd. Can.*, 30(1973), 698.
- [11] Lunn C. R. et al., *Can. J. Zool.*, 54(1976), 214.
- [12] Carlson R. W. et al., *Water Research*, 12 (1978), 1.

The Effects of Heavy Metal Ions (Cu^{2+} , Hg^{2+} , Ag^{+}) on the Respiratory Movements in Carp and Crucian Carp*

Huang Yiming Mo Linyun Ma Jichun

Wu Min Chen Mingqing

Abstract

Carp (*Cyprinus carpio*) and Crucian carp (*Carassius auratus*) are very sensitive to the heavy metal ions (Cu^{2+} , Hg^{2+} , Ag^{+}), when they are exposed to the copper, mercuric and silver acetate solutions in concentration range of 0.1, 0.3, 0.5, 1.0 mg/l. The frequency of cleaning movement (cough responses) usually is increase with increasing concentration of the ion solution while the frequency of opercular movements is slightly decreased. The silver acetate caused the largest percentage increase in cough frequency from pre-exposure levels, reaching 487.8 % at the 0.5 mg/l concentration, the largest percentage increase in cough rate reached only 57.7% and 166.8% in the copper acetate and the mercuric acetate at similar concentrations. Cough response of carp and crucian carp is a rapid and sensitive physiological characteristic and may be used to evaluate the quality of industrial effluents.

Keywords Heavy metal ions, Cleaning movement (cough response), Carp, Crucian carp.

* This study was supported by the Science Fund of The Chinese Academy of Sciences.