

## 近江牡蛎作为海洋重金属镉污染 指示生物的研究\*

陆超华 谢文造 周国君

(中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州 510300)

**摘 要** 采用更新式在自然光照和室温条件下进行了近江牡蛎 (*Crassostrea rivularis*) 对镉的累积和排出实验。近江牡蛎对海水中镉的累积是净累积型, 其体内的镉含量与海水的镉浓度及暴露时间呈显著的线性正相关 ( $P < 0.01$ ), 镉从近江牡蛎体内排出的生物学半衰期为 77d, 近江牡蛎对镉的累积随海水盐度的升高而呈明显的下降趋势, 盐度的升高有碍于其体内残留镉的排出。近江牡蛎是比较理想的海洋重金属镉污染的指示生物。

**关键词** 近江牡蛎, 指示生物, 重金属

十多年来, 美国、法国、澳大利亚和英国等国家利用贻贝和牡蛎作为指示生物监测海洋重金属污染进行了不少研究并取得了长足的进展, 研究的内容涉及贻贝或牡蛎对试验液中溶解态重金属的累积及排出, 水温、盐度的变化对贻贝或牡蛎累积及排出重金属的影响, 美国、法国已利用贻贝和牡蛎监测沿岸海域的重金属污染及其变化趋势<sup>[5~7, 9~11]</sup>。

多年调查结果表明, 近江牡蛎对重金属有较高的累积能力, 其体内的重金属含量在时间和空间上均存在一定的梯度, 这初步显示了近江牡蛎作为海洋重金属污染指示生物的潜能<sup>[1~3, 8]</sup>。然而近江牡蛎对重金属累积和排出的研究目前尚未见报道。基于此, 本文报道了近江牡蛎作为海洋重金属污染指示生物的研究实验结果。

### 1 材料与方法

#### 1.1 实验材料

实验用的近江牡蛎于 1994 年 9 月取自珠江口深圳湾牡蛎养殖场的 2 龄牡蛎。实验前将牡蛎洗刷干净, 清除附着物, 暂养在深圳盐田实验基地实验室中装有砂滤天然海水的水泥池内自然光照和室温下进行。暂养期间不投饵。挑选生长正常、个体大小误差在 10% 范围内的近江牡蛎进行实验。

镉标准液用光谱纯的金属盐制备成金属浓度为  $1\ 000\ \mu\text{g}/\text{ml}$  的水溶液。

水为经沉淀砂滤的天然海水, 盐度范围为  $30.5\sim 31.5$ , pH 值为  $7.8\sim 7.9$ 。

收稿日期: 1997-04-04

\* 农业部青年科学基金项目(编号: 农业部渔 85-93-青-16)部分内容。

## 1.2 实验方法

**1.2.1 容器和牡蛎壳对金属的吸附实验** 实验用的容器为1 000L 聚乙烯桶或60L 水槽,用海水洗刷后加满海水泡浸3d,然后用海水冲洗。在1个装有20L 砂滤海水的聚乙烯桶内,放入4只用海水洗刷干净的牡蛎壳,加入镉的标准液1.00ml。每天取水样1次,共取样3d,供测定桶内海水的重金属浓度的变化。

**1.2.2 近江牡蛎对镉的累积和排出实验** 对镉的累积实验采用更新式。按一定浓度间距设5个浓度组和1个对照组。每个暴露水槽注入实验液50L,放入经暂养1个月后的近江牡蛎10只。10d后,存活的牡蛎用洁净的海水冲洗后,立即开壳剥离软组织装于聚乙烯袋内,在-20℃保存至重金属测定。实验期间水温范围为23.9~28.1℃。

近江牡蛎对镉的累积速率实验。将近江牡蛎100只放入镉浓度为50μg/L的桶中,实验时间为12d,在实验的第0、2、4、8、12d从实验桶内和暂养池中随机取8只存活牡蛎进行重金属含量测定。实验水温范围为22.2~28.1℃。

将累积速率实验余下的存活牡蛎移入桶内,进行为期35d的排出净化实验。在实验的第3、6、12、20、35d从桶内和暂养池中随机取8只存活牡蛎进行重金属含量测定。实验水温范围为20.4~24.6℃。

实验期间不投饵,用小型充氧机连续充气,每隔24h更换实验液或海水1次,并将死亡的牡蛎取出水槽。实验在自然光照和室温下进行。

**1.2.3 盐度对近江牡蛎累积和排出镉的影响实验** 在槽中放入15只近江牡蛎,实验液的镉浓度为50μg/L,在盐度范围12~32内设5个浓度梯度的实验及对照实验。暴露10d后,从每个实验水槽中随机取6只存活的牡蛎,测定其体内的重金属含量。

将上述暴露10d后存活的牡蛎移入不加入重金属离子的不同盐度的洁净水体中进行排出净化。21d后,取存活的牡蛎测定其体内的重金属含量。水温范围为20.4~24.6℃。

**1.2.4 样品中的镉含量测定** 海水样品中的镉含量用有机溶剂萃取石墨炉原子吸收法测定\*。牡蛎样品中的镉含量用原子吸收火焰法测定。用同一样品测定10个平行样的方法进行了精密度实验,测得重金属镉的变异系数在6%范围。为了验证本分析方法的准确度,测定了由中国科学院生态环境研究中心和国家海洋局第二海洋研究所制备的国家一级标准物质贻贝(GBW08571)的镉含量,测定值与其标准值之差在8%范围之内。

## 2 结果与讨论

### 2.1 近江牡蛎对不同浓度镉的累积

图1为近江牡蛎软组织累积的镉与暴露水体中镉浓度的关系曲线。利用最小二乘法直线回归来分析近江牡蛎软组织累积的镉含量与暴露水体中镉浓度的关系,结果表明近江牡蛎软组织的镉含量与暴露水体的镉浓度呈显著的正相关关系( $P < 0.01$ ),其直线方程式为: $Y = 0.877X + 34.6$  ( $r = 0.981$ ),式中 $Y$ 为近江牡蛎软组织的镉含量(μg/g dry wt), $X$ 为水体的镉浓度(μg/L)。由此可见,近江牡蛎对其栖息水体中镉的累积是净累积型。

### 2.2 近江牡蛎对镉的累积速率

近江牡蛎对重金属镉的累积是净累积模式,在暴露过程中,水体中的镉不断地被生物体累积(图2)。直线回归分析结果表明,近江牡蛎累积的镉与暴露时间之间呈显著的正相关

\* 周国君,等.海水中Cd、Cr、Cu、Ni、Pb和Zn同时富集原子吸收测定方法研究.南海水产研究,1992,(5):34~40

关系( $P < 0.01$ ), 其直线回归方程式为:  $Y = 15.3 + 8.71t$  ( $r = 0.998$ ), 式中  $Y$  为近江牡蛎软组织的镉含量( $\mu\text{g/g dry wt}$ ),  $t$  为累积时间(d)。

在本实验条件下, 近江牡蛎在水体的镉浓度为  $50\mu\text{g/L}$  时暴露 12d 的过程中, 其对镉的累积速率为:  $8.71\mu\text{g/g} \cdot \text{dry wt}$ 。

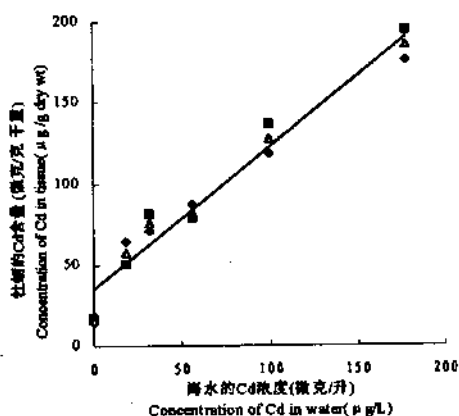


图 1 近江牡蛎对水中不同浓度镉的累积(10d)

Fig.1 Accumulation of cadmium by *Crivularis rivularis* exposed to different concentration of cadmium

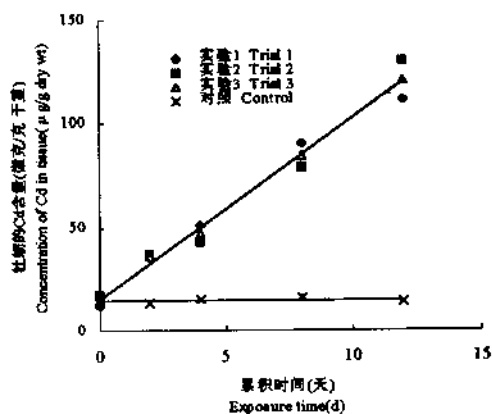


图 2 不同暴露时间近江牡蛎对镉( $50\mu\text{g/L}$ )的累积

Fig. 2 Cadmium uptake by *Crivularis* with exposure time

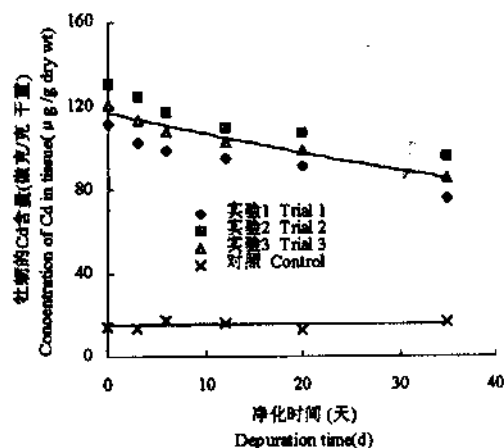


图 3 近江牡蛎体内镉的排出

Fig. 3 Losses of cadmium from *C. rivularis*

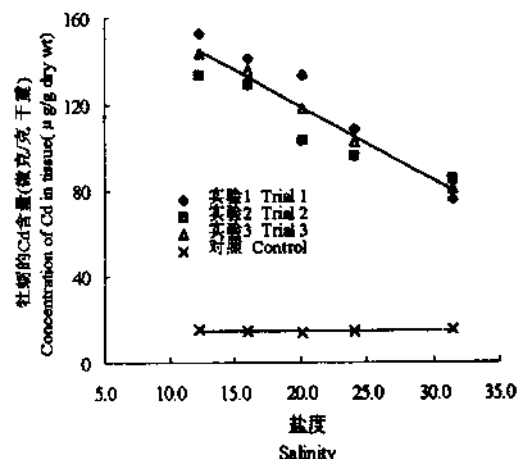


图 4 盐度对近江牡蛎累积镉的影响

Fig. 4 Cadmium uptake by *C. rivularis* at different salinities

棘刺牡蛎(*Saccostrea echinata*)对镉和铅的累积随盐度的升高而降低<sup>[7]</sup>。盐度的变化对贻贝(*Mytilus edulis*)累积镉没影响, 贻贝对镉、铜的累积随盐度的升高而降低, 对铅的累积随盐度的升高而增加<sup>[10]</sup>。Bass 推测随着盐度的降低双壳类贝类耗氧量增加, 增加的空气流速导致贝类对金属的累积增加<sup>[5]</sup>。盐度的变化很可能会影响水体金属的形态和金属间的作用, 从而影响金属的生物可利用性<sup>[6]</sup>。

### 2.3 近江牡蛎体内镉的排出

从实验结果可以看出(图 3), 近江牡蛎从暴露状态移入天然海水中后, 体内的镉就开始排出, 但排出的速度较慢, 至实验末期(第 35d), 其体内累积镉的排出率约为 29%。

根据文献<sup>[4]</sup>计算了镉从近江牡蛎体内排出的净化速率以及生物学半衰期( $B1/2$ )。在本实验条件下, 镉从近江牡蛎体内排出的表达式为  $C_t = 116.6e^{-0.009t}$ , 净化速率  $K = 0.009 \mu\text{g/g} \cdot \text{d}$ , 镉从近江牡蛎体内排出的生物学半衰期为 77d。

#### 2.4 盐度对近江牡蛎累积镉的影响

实验结果表明(图 4), 在其它条件相同时, 近江牡蛎对镉的累积随水体盐度的升高而呈下降趋势。方差分析表明, 各盐度实验组间近江牡蛎体内的镉含量存在显著差异( $P < 0.05$ )。利用最小二乘法直线回归分析其体内的镉含量与暴露水体盐度之间的关系, 结果二者之间呈显著的负相关关系( $P < 0.01$ ), 其线性方程式为:  $Y = 186 - 3.38X$  ( $r = 0.996$ ), 式中  $Y$  为近江牡蛎软组织的镉含量( $\mu\text{g/g dry wt}$ ),  $X$  为水体盐度。

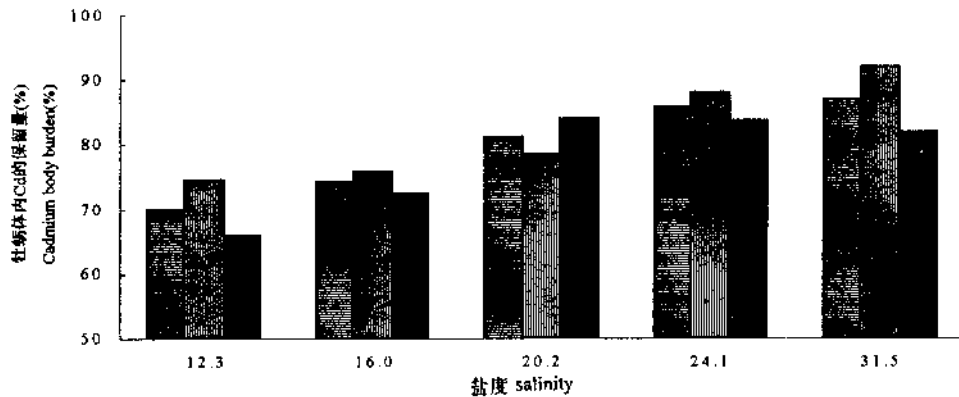


图 5 盐度对近江牡蛎体内镉排出的影响

Fig. 5 Losses of Cd from *C. rivularis* at different salinities

#### 2.5 盐度对近江牡蛎体内镉排出的影响

盐度变化对近江牡蛎体内镉排出的影响效应见图 5。经过 21d 的排出实验, 其体内镉的保留量随盐度的升高呈增加的趋势, 方差分析表明各盐度组间近江牡蛎体内镉的保留量存在显著差异( $P < 0.05$ )。表明水体盐度的升高有碍于近江牡蛎体内残留的镉排出。

### 3 小结

研究结果表明, 近江牡蛎对水环境中镉的累积是净累积型, 其体内的镉含量与水体中的镉浓度存在简单的线性关系, 镉从近江牡蛎体内排出有一定的生物学半衰期。因此, 近江牡蛎体内的镉含量能如实地反映水环境的镉污染状况和水域近期的镉污染过程。综上所述, 近江牡蛎是比较理想的海洋重金属镉污染指示生物。值得注意的是, 由于盐度对近江牡蛎累积和净化镉存在一定影响, 而近江牡蛎分布在河口海区, 河口海区盐度的季节变化较大且分布存在梯度, 因此在实际应用中应考虑不同采样站位盐度的差异问题。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 陆超华,全桂英.重金属在近江牡蛎软体部和贝腔液中的分布.海洋环境科学,1992,11(3):41~44
- [ 2 ] 陆超华.近江牡蛎作为重金属污染生物指示种的初步研究.台湾海峡,1994,13(1):14~20
- [ 3 ] 陆超华,贾晓平,周国君.广东沿海牡蛎镉含量的空间分布和时间变化.海洋环境科学,1995,14(4):27~33
- [ 4 ] 李永祺,丁美丽.海洋污染生物学.北京:海洋出版社,1991.266
- [ 5 ] Bass L E. Influence of temperature and salinity on oxygen consumption of tissues in the American oyster ( *Crassostrea virginica* ). Comp Biochem Physiol, 1977, 58: 125~130
- [ 6 ] Claisse D. Chemical contamination of French coasts - the results of a ten years mussel watch. Mar Pollut Bull, 1989, 20 (10):523~528
- [ 7 ] Denton G R W, Burdon - Jones C. Influence of temperature and salinity on the uptake, distribution and depuration of mercury, cadmium and lead by the black - lip oyster *Saccostrea echinata* . Mar Biol, 1981, 64:317~326
- [ 8 ] Lu Chaohua, Jia Xiaoping, Lin Qin, et al. Temporal and spatital fluctuations in trace metal levels in the oyster *Crassostrea rivularis* . In: Morton B, Xu Gongzhao, Zou Renlin, Pan Jinpei and Cai Guoxiong. The Marine Biology of the South China Sea II . China: World Publishing Co. 1993. 223~227
- [ 9 ] NOAA/ORCA. NOAA Mussel watch: recent trends in coastal environmental quality. 6001 Executive Blvd, Rockville, MD, 1992. 21
- [ 10 ] Phillips D J H, Segar D A. Use of bioindicators in monitoring conservative contaminants programme design imperatives. Mar Pollut Bull, 1986, 17: 10~17
- [ 11 ] Rainbow P S, Phillips D J H. Cosmopolitan biomonitors of trace metals. Mar Pollut Bull, 1993, 26(11): 593~601

## Studies on *Crassostrea rivularis* as a biological indicator of cadmium Pollution

Lu Chaohua Xie Wenzao Zhou Guojun

(South China Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300)

**Abstract** The results from the study on accumulation and elimination of Cd in *Crassostrea rivularis* body are as follows: The pattern of Cd absorbed by *C. rivularis* is net accumulation. The content of Cd in *C. rivularis* body is in linear direct proportion to the Cd concentration in sea water ( $P<0.01$ ). The content of Cd in tissues is in linear direct proportion to the exposure time ( $P<0.01$ ). The Cd accumulated by the oyster withdraws slowly and its biological half - life is 77d. The accumulation of Cd in *C. rivularis* body decreases with the increase of water salinity and increase of water salinity obstructs the elimination of Cd in *C. rivularis* tissues. As a result, this kind of oyster is a reliable biological indicator of Cd pollution.

**Key words** *Crassostrea rivularis*, Biological indicator, Heavy metal