

海水中铜在扇贝组织的蓄积及其对酶活性的影响

吕景才^{1,2}, 赵元凤^{1,2}, 吴益春¹, 刘长发^{1,2}, 张明珠¹, 张天扬¹

(1. 大连水产学院生命科学与技术学院, 大连 116023; 2. 农业部海洋水产增养殖学与生物技术重点开放实验室, 大连 116023)

摘要: 采用暴露实验方法, 研究了不同浓度的铜 (Cu^{2+}) 对栉孔扇贝 (*Chlamys farreri*) 鳃、肌肉、内脏团组织铜蓄积量及超氧化物歧化酶 (SOD) 活性的影响。结果表明: 随水体中铜浓度升高, 扇贝各组织的铜蓄积量明显上升, 依次为内脏 > 鳃 > 肌肉。 Cu^{2+} 浓度对栉孔扇贝各组织超氧化物歧化酶 (SOD) 活性均有明显影响, 酶活性随 Cu^{2+} 浓度升高表现为抑制-诱导-抑制的规律。栉孔扇贝各组织 SOD 酶对水体中 Cu 污染反应敏感, 存在剂量-效应关系, 对海洋铜污染具有指示作用。能灵敏指示海洋铜污染的扇贝优选组织是鳃, 其次是内脏。

关键词: 栉孔扇贝; 铜蓄积量; 酶活性; 超氧化物歧化酶 (SOD)

中图分类号: X503.225

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)05-0131-05

吕景才, 赵元凤, 吴益春, 等. 海水中铜在扇贝组织的蓄积及其对酶活性的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(5): 131-135

Lǚ Jǐngcái, Zhao Yuánfēng, Wú Yìchūn, et al. Accumulation of copper in the tissues of *Chlamys farreri* and its effects on the activity of superoxide dismutase in the seawater[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(5): 131-135 (in Chinese with English abstract)

0 引言

随着工业废水排放量的增加, 中国水域重金属污染日趋严重, 给水生生物的生存环境造成了严重的影响。与其它污染物相比, 重金属极难降解, 进入环境后可沿生物链放大, 最终积累在人类食品中, 对人类身体健康产生潜在危害, 而成为人们关注的食品安全问题^[1-4]。重金属离子通过破坏细胞膜或抑制细胞分裂导致水生生物生长和繁殖异常, 生物体畸变, 甚至死亡。而生物死亡、生长受阻或繁殖受影响及最终导致生态系统破坏, 这些已是污染物的晚期影响, 因此, 探索能反映低浓度污染物对生物早期影响的参数, 是水生态毒理学研究迫切需要解决的问题^[5]。生物体在分子水平上的改变可反映污染物对生物早期的作用, 因而可作为灵敏的指标, 用于检测污染物对生物个体、种群的早期影响, 从而达到保护生物及生态系统的目的。抗氧化防御系统作为一类有前途的分子生态毒理指标, 已逐渐引起国内外学者的关注。超氧化物歧化酶 (Super Oxide Dismutase SOD) 是机体抗氧化防御系统的重要酶之一, 其广泛存在于需氧和耐氧生物体各组织中, 它主要通过催化 O_2^- 歧化反应: $2\text{O}_2^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$ 从而达到清除活性氧的作用^[6], 使机体免受氧化伤害。据 Zeng Y W (2002)^[7] 的研究, 抗氧化防御系统的一个重要特征是其活性或含量可由于污染的胁迫而发生改变。因而, SOD 酶活性变化可间接反映环境中氧化污染的存在, 可作为环境污染胁迫的指标。

目前, 对于重金属在鱼类蓄积的研究以及重金属对

鱼类酶活性影响的研究已有报道^[8-13], 而关于重金属在贝类组织的蓄积及其对贝组织酶活性影响方面的研究则鲜有报道。扇贝作为中国沿岸海域的主要养殖经济品种之一, 其肉鲜、味美, 深受人们喜爱。本文以栉孔扇贝为材料, 采用暴露实验方法研究了其鳃、内脏团、肌肉组织对重金属铜的蓄积规律, 以及铜浓度对其组织酶活性的影响, 旨在为海洋污染的综合治理及生态风险评价提供一些有价值的参数。

1 材料与方法

1.1 试剂与仪器

试剂: 浓硝酸、30% 过氧化氢、氢氧化钠、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 均为优级纯。

仪器: 瑞士 Metrohm 746/747 伏安极谱仪, SHIMADZU 的 TOC-V cpH 总有机碳测定仪, MILLI-Q 高纯水设备, pH S-3CB 型酸度计, 温度计, 可调式恒温电热板, 101C-1B 型电热鼓风干燥箱, 微量进样器, Beckman 高速离心机, 恒温水浴, 751-GW 紫外分光光度计, 分析天平, 超氧化物歧化酶试剂盒 (购自南京建成生物工程研究所)。

1.2 材料

栉孔扇贝: 购自大连佳鑫养殖公司, 壳长 2.5~4.0 cm, 体重 18~28 g, 实验前在室温下暂养于室内 48 L 盛有天然海水的玻璃钢中 5 d, 使其尽量排尽体内粪便, 为避免残饵和粪便对金属形态影响, 暂养及实验期间不投喂。

1.3 暴露实验

在预实验的基础上, Cu^{2+} 浓度设 0, 0.01, 0.02, 0.05, 0.10, 0.15 mg/L 6 个处理, 每个缸中放 4 个扇贝, 装水 32 L; 实验期间不控温, 水温 19.0 ± 2 , 总碱度为 $2.51 \pm 0.04 \text{ mg/L}$, pH 值 8.04 ± 0.05 , 昼夜充气。实验进行 10 d。实验结束后, 将 6 个浓度组中栉孔扇贝

收稿日期: 2004-07-29 修订日期: 2004-11-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30271029)

作者简介: 吕景才 (1955-), 男, 吉林人, 教授, 从事渔业水环境研究。大连 大连水产学院生命科学与技术学院, 116023。

Email: lvjingcai@dlfu.edu.cn



全部解剖, 取样。

1.4 样品的处理与测定

1) 铜蓄积量。实验结束后, 将 6 个浓度组中栉孔扇贝全部解剖。用高纯水将扇贝软体部冲洗干净后解剖取鳃、内脏、肌肉组织, 分别置于 50 mL 烧杯中, 称取湿重, 在 105 °C 下烘干 4 h 至样品恒重, 在分析天平上精确称取干重。按照《海洋监测规范》^[14] 中样品消解的方法, 先用几滴水湿润, 加 2 mL 硝酸, 盖上表面皿于电热板上低温加热, 待泡沫基本消失后, 徐徐加入 1 mL 过氧化氢(30%), 于 160~200 °C 蒸至近干, 分别补加 0.5 mL 硝酸和过氧化氢, 蒸至近干再重复 1 次, 用水洗净表面皿, 洗涤液并入消化液中, 移去表面皿, 继续蒸发, 移到电炉上(约 450 °C)加热至不溶物呈白色(除尽有机物质)加入 2 mL 盐酸, 于高温电热板上蒸干, 取下冷却, 加入 1 mL (1:1) 盐酸于电热板上微热浸取不溶物后全量转移至 50 mL 容量瓶中, 再用高纯水定容。

铜含量测定采用阳极溶出伏安法在 Metrohm 746 型极谱仪上进行, 在极谱仪电解池中加入 3 mol·L⁻¹ KCl 溶液 1 mL 和 20 mL 硝化液, 分别测定不同硝化样品的金属浓度。实验所用玻璃器皿在使用前均用 10% 硝酸浸泡 24 h 以上。曝气时间 300 s, 富集时间 120 s, 扫描电压范围 -1150~50 mV, 扫描速度 60 mV·s⁻¹。

2) 酶活性测定。解剖取扇贝鳃、内脏团、肌肉各 0.50 g, 分别放入玻璃匀浆器内, 加双蒸水 2 mL 冰浴内匀浆, 再倒入离心管中, 加 3 mL 双蒸水冲洗匀浆器, 合并倒入离心管中, 4500 r/min, 4 离心 30 min。取上清液(粗酶液), 置于 -20 °C 待测。

测定步骤按购买自南京建成生物工程研究所的考马斯亮蓝, 超氧化物歧化酶 SOD 试剂盒的说明进行操作, 而后用 751-GW 分光光度仪在相应波长测定吸光值。SOD 酶活性单位定义为: 每毫克组织蛋白在 1 mL 反应液中, SOD 酶抑制率达 50% 时所对应的 SOD 量为一个活性单位(u)。

1.5 数据处理与分析

重金属离子在鱼体组织中的浓度按下列公式计算

$$\text{鱼组织内金属离子含量} = \frac{C \cdot 50}{W}$$

式中 C——极谱仪测浓度, mg·L⁻¹; W——样品的湿重, g。所有数据处理采用 Excel 7.0 版中的数据分析师工具库软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同浓度铜对栉孔扇贝鳃、内脏、肌肉蓄积的影响

在 10 d 的不同浓度的铜对栉孔扇贝铜组织蓄积影响实验中, 各组的常规理化指标基本一致。

由表 1 可见, 在实验条件相同的情况下, 随着铜浓度增加, 栉孔扇贝各组织中铜蓄积速率及蓄积量均明显上升。对照组扇贝各组织铜的蓄积量最低, 其内脏团、鳃、肌肉组织铜蓄积量分别为 6.935、2.098、1.790 (mg·kg⁻¹湿重); 铜浓度为 0.15 mg/L 实验组, 其内脏团、鳃、肌肉组织铜蓄积量最高, 分别为 88.81、51.02、

25.11 (mg·kg⁻¹湿重)。栉孔扇贝在各浓度铜的水体中, 内脏团的蓄积量和浓集系数总是大于鳃和肌肉。从图 1 可见, 随着铜浓度的升高, 内脏 Cu 的蓄积量高于鳃和肌肉。这与 Lorentzen, M aage, Julsham n^[15] 用混有不同浓度 Cu 的食物来投喂大西洋鲑的研究结果相一致。朱明远等^[16] 对栉孔扇贝对麻痹性贝毒的积累和排出研究表明, 扇贝内脏的毒性占据了全贝毒性的 97% 以上, 鳃、外套膜其次, 再次为腹足, 比例最小的为闭壳肌。本实验结果与朱明远等关于栉孔扇贝对麻痹性贝毒吸收实验结果相似。这说明, 栉孔扇贝各组织对麻痹性贝毒和重金属的蓄积可能具有相似的机理。

表 1 栉孔扇贝鳃、内脏和肌肉对水体铜的蓄积量和富集系数
Table 1 Accumulating amount and concentration coefficient of copper by gills, viscera and muscle of *Chlamys farreri*

实验水体 Cu 浓度/mg·L ⁻¹	蓄积量/mg·kg ⁻¹ 湿重			富集系数		
	鳃	内脏团	肌肉	鳃	内脏团	肌肉
对照组(0)	2.098	6.935	1.790	—	—	—
0.01	4.042	9.255	3.903	404.2	925.5	390.3
0.02	4.498	11.17	6.890	224.9	558.5	344.5
0.05	29.32	31.13	12.25	586.4	622.6	245.0
0.10	33.69	39.64	12.86	336.9	396.4	128.6
0.15	51.02	88.81	25.11	340.1	586.7	167.4

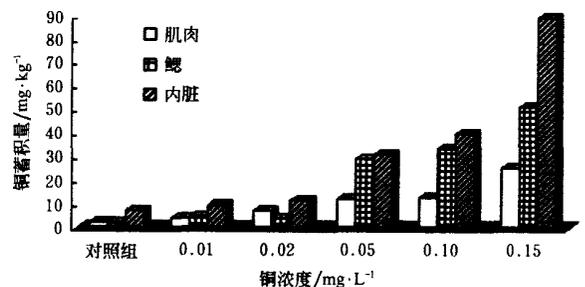


图 1 铜浓度对栉孔扇贝组织铜的蓄积量的影响
Fig. 1 Effect of copper concentration on copper accumulation in the tissues of *Chlamys farreri*

在实验进行到第 10 天, 0.15 mg/L 铜浓度的实验组出现了 2 个死亡和个别将要死亡的扇贝, 故实验在第 10 天终止。可见栉孔扇贝虽然对铜的富集能力较强, 但对其耐受性较小。刘明星^[17] 等报道, 渤海菲律宾蛤仔对 Zn、Pb 的富集系数均为 1900, 蔡立哲^[18] 等计算出厦门海域的菲律宾蛤仔对 Zn、Pb 的富集系数分别为 1128 和 1290, 但它们还完好生存, 项黎新^[19] 等人报道的三角帆蚌在高于国家安全浓度 10 倍的重金属海水中, 不仅具有很高的富集性和耐受性, 而且具有很高的净化水体重金属的能力。这表明毛蚶、三角帆蚌、菲律宾蛤仔对重金属的富集能力要大于扇贝, 其对重金属的耐受性也要高于扇贝。软体动物对重金属解毒机制在于重金属能诱导金属硫蛋白合成^[20, 21], 从而调节金属在体内的平衡。如果进入体内细胞的重金属浓度较高, 重金属使巯基组氨酸三甲基内盐生理学积累达到饱和, 则重金属离子的超量能激发新的巯基组氨酸三甲基内盐的 mRNA 的转

译, 这样, 虽然重金属在细胞中富集可能是异常的高, 但大部分重金属是以一种无毒形式结合于新合成的巯基组氨酸三甲基内盐上。这可能是贝类对重金属的浓集系数较高且耐受性强不至于死亡的原因。

2.2 铜在栉孔扇贝体内的蓄积分布

由图 1 可见, 在 10 d 的不同浓度的铜对栉孔扇贝铜组织蓄积影响实验中, 内脏团铜蓄积量最高。重金属在扇贝各组织中蓄积量顺序为: 内脏团> 鳃> 肌肉。内脏团成为扇贝体蓄积重金属的主要部位与肝的解毒作用和肾的排泄作用有关, 重金属进入体内后在肝、肾等组织内可诱导产生大量束缚重金属的金属硫蛋白(MT), 使肝、肾成为扇贝体蓄积重金属的主要部位^[22, 23]。MT 的主要生物学功能是调节扇贝体内自由金属离子的浓度, 进入扇贝体内的多余重金属离子将和 MT 结合在体内被储存起来。因此, 使内脏团重金属蓄积量很大。鳃中蓄积量大于肌肉, 可能与鳃的特殊结构利于水中离子穿过, 鳃成为扇贝体直接从水中吸收重金属的主要部位有关。鳃是呼吸器官, 与水接触频繁, 流经鳃的血液较多, 由于流经鳃的血液含有金属硫蛋白酶等, 它们能与金属结合。相比之下, 肌肉对重金属的亲性和性远比上述器官、组织弱, 所以在肌肉内的蓄积量最低。由此认为, 从食品安全角度说, 食用贝柱(闭壳肌)要比食用整体贝肉安全得多。

2.3 Cu 浓度变化对扇贝组织 SOD 酶活性的影响

图 2、3、4 分别为栉孔扇贝各组织铜蓄积量和 SOD 酶活性随铜浓度的变化曲线。由图可见, 扇贝 3 种组织铜蓄积量均随水体铜浓度升高而呈明显上升趋势; 3 种组织 SOD 酶活性均随水体铜浓度升高, 铜蓄积量的增加而呈现出抑制- 诱导- 抑制的规律。0.01、0.02 mg/L 低浓度的铜对 3 种组织 SOD 酶活性均有显著的抑制作用; 鳃、肌肉和内脏团酶活性分别为最初的 0.13、0.20、0.05 倍和 0.07、0.24、0.09 倍, 对内脏抑制最为显著; 随着铜浓度继续升高, 则出现不同程度的诱导作用, 在 0.05 mg/L 时诱导达到最高峰, 鳃、肌肉和内脏团 3 种组织 SOD 酶活性分别为最初的 0.14、2.47、0.52 倍; 诱导顺序为肌肉> 内脏> 鳃。在实验浓度范围内, 内脏和鳃组织 SOD 酶始终处于显著抑制状态。表明内脏和鳃组织 SOD 酶对铜污染反映敏感, 也说明海洋铜污染对内脏和鳃组织的损伤较肌肉严重。

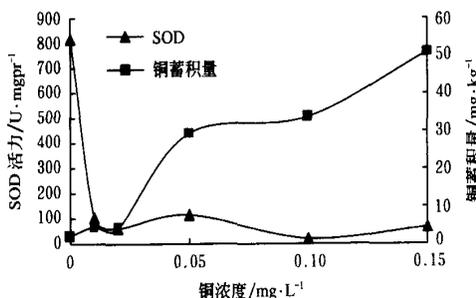


图 2 铜浓度对栉孔扇贝鳃铜蓄积量和 SOD 酶活性的影响
Fig 2 Effects of copper concentration on the copper accumulation and SOD activity in the gills of *Chlamys farreri*

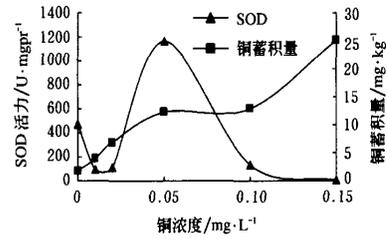


图 3 铜浓度对栉孔扇贝肌肉铜蓄积量和 SOD 酶活性的影响
Fig 3 Effects of copper concentration on the copper accumulation and SOD activity in the muscle of *Chlamys farreri*

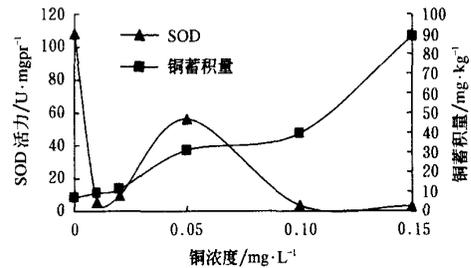


图 4 铜浓度对栉孔扇贝内脏铜蓄积量和 SOD 酶活性的影响
Fig 4 Effects of copper concentration on the copper accumulation and SOD activity in the viscera of *Chlamys farreri*

图 2、3、4 中, 扇贝各组织铜蓄积量与水体铜浓度呈正相关, 各组织酶活性与铜浓度亦显著相关。表明, 扇贝各组织酶活性的变化与各组织铜蓄积量的变化有直接的关系。可以认为, 在较低铜浓度下, 栉孔扇贝 3 种组织的酶活性的降低, 是由于水体中铜在扇贝各组织中蓄积及自由基产生, 破坏了扇贝机体的生理平衡, 从而导致 0.01、0.02 mg/L 低浓度的铜对 3 种组织 SOD 酶活性均有显著的抑制作用。随着铜浓度继续增加, 机体的应激系统、抗氧化防御系统被全面激活, 在自由基的诱导下 SOD 酶活性逐渐升高, 以清除过量的自由基, 使机体免受氧化伤害, 从而表现为酶活性有不同程度的升高。由于自由基反应速度非常快, 随着 Cu²⁺ 污染浓度继续升高, 有些未得到及时清除的自由基对细胞产生了不可逆的伤害, 细胞结构受到一定程度的损伤, 细胞衰老加速, 因此, 酶活性又逐渐回落^[12]。从而导致中毒反应发生, 酶活性再次下降, 出现更为显著的抑制。

鲁双庆(2002)^[12]研究了 Cu²⁺ 对黄鳍肝脏 SOD、CAT、GSH-PX 活性的影响, SOD 酶在黄鳍暴露 24 h 被显著抑制, 在处理 48 h 后酶活性逐渐恢复并超过对照组水平, 之后又回落到低于对照组水平, 即表现为抑制- 恢复- 抑制的过程, 这与本文扇贝各组织 SOD 酶活性变化规律相一致。

在本实验浓度范围内, 鳃和内脏 SOD 酶活性始终表现为抑制, 但鳃的抑制程度始终大于内脏。肌肉 SOD 酶活性出现一个较高诱导, 虽最终表现为明显抑制, 但抑制倍数明显低于鳃和内脏。所以相对而言, 扇贝鳃

SOD 酶对铜污染物反映最为敏感,其次是内脏和肌肉。

国家渔业水质标准铜的安全浓度为 0.01 mg/L , 本实验设定铜的初始浓度也为 0.01 mg/L , 这个安全浓度已导致了栉孔扇贝酶活性的显著降低。此结果表明,这个安全浓度对栉孔扇贝并不安全,铜毒性高,在 0.01 mg/L 的低浓度即对扇贝酶系统产生了影响,所以应控制水体中铜的排放,至于再低于这个浓度是否会对扇贝组织酶系统产生影响还有待于进一步探讨。

以上研究结果表明:栉孔扇贝组织 SOD 酶对水环境中的重金属反应敏感,且存在剂量-效应关系,对海洋重金属污染具有指示作用。能灵敏指示海洋铜污染的扇贝优选组织是鳃,其次是内脏。

3 结 论

1) 栉孔扇贝各组织对水体中铜具有较强的富集能力,随铜浓度升高,各组织铜蓄积量均明显上升,各组织铜蓄积量和富集系数顺序均为:内脏>鳃>肌肉。

2) 栉孔扇贝各组织 SOD 酶活性变化与各组织铜蓄积量变化和水中铜浓度变化直接相关。随水中铜浓度升高和各组织铜蓄积量增加,SOD 酶活性表现为抑制-诱导-抑制的规律。

3) 栉孔扇贝的 3 种组织 SOD 酶对铜的敏感次序为:鳃>内脏团>肌肉。

4) 栉孔扇贝 3 种组织 SOD 酶对海洋铜的早期污染均具指示作用,能灵敏指示海洋铜污染的扇贝优选组织是鳃,其次是内脏。

[参 考 文 献]

- [1] Bryan G W. Pollution due to heavy metals and their compounds[J]. *Marine Ecology*, 1984: 1289- 1430
- [2] Eisler R. Trace metal concentrations in marine organisms [M]. New York: Pergamon Press, 1981.
- [3] Kennish M J. Practical handbook of estuarine and marine pollution[M]. Boca Raton, FL: CRC Press, 1997.
- [4] Rainbow P S. The significance of trace metal concentrations in marine invertebrates. In: Dallinger R and Rainbow P S, eds. *Ecotoxicology of metals in invertebrates* [J]. Boca Raton: Lewis, 1993: 4- 23
- [5] 徐立红, 张甬元, 陈宜瑜. 分子生态毒理学研究进展及其在水环境保护中的意义[J]. *水生生物学报*, 1995, 19: 171- 185
- [6] 程侃声, 王象坤, 卢义宣, 等. 云南稻种资源的综合研究与利用. I 云南稻种的光温反应型和早中晚稻[J]. *作物学报*, 1984, 10(3): 163- 171.
- [7] Zeng Y W, Shen S Q, Li Z C, et al. Ecogeographic and genetic diversity based on morphological characters of indigenous rice (*Oryza sativa* L.) in Yunnan, China [J]. *Genet Resour Crop Evol*, 2002, 49(in press).
- [8] 刘长发, 陶 澍, 龙爱民. 金鱼对铅和镉的吸收蓄积[J]. *水生生物学报*, 2001, 25(4): 344- 349
- [9] Conto-Cimier-C-de, Petit-Ramel M, Faure. Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology-C, Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, 1999, 122(3): 345- 352
- [10] 杨丽华, 方展强, 郑文彪, 等. 镉对鲫鱼鳃和肝脏超氧化物歧化酶活性的影响[J]. *安全与环境学报*, 2003, 3(3): 13 - 16
- [11] 陈 亮. 低浓度铅暴露对鲫鱼肝脏抗氧化系统的影响[J]. *环境化学*, 2002, 9, 21(5): 486- 489
- [12] 鲁双庆. Cu^{2+} 对黄鳍肝脏保护酶 SOD, CAT, GSH-PX 活性的影响[J]. *中国水产科学*, 2002, 9(2): 138- 141
- [13] 郭红岩, 陈 亮, 王晓蓉, 等. 低浓度镉暴露对鲫鱼肝脏多种酶活性的影响[J]. *南京大学学报*, 2001, 37(6): 665- 669
- [14] 张春明, 许昆灿, 陈维岳, 等. *海洋监测规范* [M]. 北京: 海洋出版社, 1991: 87- 99
- [15] Lorentzen, Maage, Julshamn. Supplementing copper to a fish meal based diet fed to Atlantic salmon parr affects liver copper and selenium concentrations[J]. *Aquaculture Nutrition*, 1998, 4(1).
- [16] 朱明远, H. Sherwood. 栉孔扇贝体内麻痹性贝毒的积累与排出过程研究[J]. *海洋学报*, 2000, 25(2): 75- 83
- [17] 刘明星. 渤海鱼类, 甲壳动物, 软体动物的痕量金属含量[J]. *环境科学学报*, 1983, 3(2): 149- 155
- [18] 蔡立哲, 洪华生, 洪丽玉. 菲律宾蛤仔对锌铜的积累特征[J]. *环境科学学报*, 1999, 19(3): 319- 322
- [19] 项黎新, 邵健忠. 三角帆蚌对水体 Cr, Pb 和 Cd 的净化与吸收[J]. *浙江大学学报(理学版)*, 2002, 29(5): 569- 572
- [20] 吴 坚. 微量金属对海洋生物的生物化学效应[J]. *海洋环境科学*, 1991, 10(2): 58- 64
- [21] Roesijadi G. Behavior of metallothionein-bound metals in a natural population of an estuarine mollusca[J]. *Mar Environ Res*, 1994, 38(4): 147- 168
- [22] 王海黎, 陶 澍. 生物标志物在水环境研究中的应用[J]. *中国环境科学*, 1999, 19(5): 421- 426
- [23] Allen P. Soft-tissue accumulation of lead in the blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner), and the modifying effects of cadmium and mercury[J]. *Biological Trace Element Research*, 1995, 50(3): 193- 208

Accumulation of copper in the tissues of *Chlamys farreri* and its effects on the activity of superoxide dismutase in the seawater

Lü Jingcai^{1,2}, Zhao Yuanfeng^{1,2}, Wu Yichun¹, Liu Changfa^{1,2}, Zhang Mingzhu¹, Zhang Tianyang¹

(1. College of Life Science and Technology, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China;

2. Key Laboratory of Mariculture and Biotechnology, Ministry of Agriculture, Dalian 116023, China)

Abstract: An exposure experiment was conducted to study the effects of different concentrations of copper (Cu^{2+}) on copper accumulation and activities of Super Oxide Dismutase (SOD) in gills, muscle and viscera of *Chlamys farreri*. The results showed that copper accumulation in the tissues increased significantly with the increase of copper concentration in the seawater, the order of copper accumulation in the tissues of *Chlamys farreri* was as follows from high to low: viscera, gills and muscle. Copper concentration has significant effect on the activity of SOD and it indicates the law of restraint-induction-restraint with the increase of copper concentration. Such results show that the activity of SOD responds sensitively to the copper contamination and it is a reliable indicator of copper pollution. The optimum selective tissue for the indication of copper contamination on *Chlamys farreri* should be gills, followed by viscera.

Key words: *Chlamys farreri*; copper accumulation; activity of enzyme; Super Oxide Dismutase (SOD)