

Hg²⁺ 在中华绒螯蟹幼蟹鳃内的积累及其对组织结构的影响

赵艳民 王新华* 孙慧

(南开大学生命科学学院 天津 300071)

摘要: 采用生态学单因子梯度实验, 研究不同浓度汞(Hg²⁺)的水环境中中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)幼蟹鳃内汞积累情况及对鳃组织结构的影响。结果表明, 中华绒螯蟹幼蟹的鳃能够从水环境中迅速积累汞, Hg²⁺浓度为10、50、100 μg/L组的水环境中幼蟹鳃内汞含量分别为4.56、25.53、46.51 μg/g干重, 均显著高于对照组幼蟹鳃内汞含量1.68 μg/g干重($P < 0.05$); 水环境Hg²⁺浓度为200、300 μg/L组的幼蟹鳃内汞含量达到了183.75和283.36 μg/g干重, 对水体Hg²⁺蓄积倍数达到了910.35和939.60。光镜观察低浓度组汞能够诱导鳃组织结构发生变化, 如上皮细胞肿胀、鳃叶厚度增加、端部膨胀等; 高浓度组则会导致鳃叶上皮细胞崩解, 鳃组织结构完全破坏。以统计学方法分析了鳃内汞含量同水体汞浓度的相关性, 结果表明, 两者之间存在明显的相关性, 并能够在组织形态上有所体现。鳃是中华绒螯蟹最容易接触水体Hg²⁺的器官, 同时也是蓄积汞的主要器官之一, 水体高浓度的Hg²⁺能够对鳃的组织结构造成明显的破坏, 严重影响幼蟹存活率。

关键词: 汞(Hg²⁺); 中华绒螯蟹; 鳃; 积累; 组织结构

中图分类号: Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2008)01-01-07

Accumulation of Waterborne Mercury in Gills of Juvenile *Eriocheir sinensis* and Its Effect on Gills Structure

ZHAO YanMin WANG XiHua* SUN Hui

(College of Life Science, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: Effects of different waterborne mercury (Hg²⁺) (0, 10, 50, 100, 200, 300 μg/L) on accumulation of mercury in the gills of juvenile *Eriocheir sinensis* were studied by single gradient factor experiments. Gills of *E. sinensis* accumulated mercury rapidly from water environment after 40 days' exposed period. The contents of mercury in gills were 4.56, 25.53 and 46.51 μg/g dry weight in 10, 50 and 100 μg/L Hg²⁺ waterborne groups, whose values were significantly ($P < 0.05$) higher than control groups. The contents of mercury were 183.75 and 283.36 μg/g dry weight in 200 and 300 μg/L Hg²⁺ groups and the accumulation rate attained to 910.35 and 939.60. Light microscopic examination showed that the histoarchitecture of gills were changed greatly in low Hg²⁺ level groups, the changes included the epithelial cells distended, the gill lamellae enlarged, the tips of gill filament swelled seriously. In the 300 μg/L groups, the normal structures of the whole gill lamellae were destroyed completely. The correlation of the accumulation of mercury in gills of *E. sinensis* to the concentrations of Hg²⁺ in water was analyzed by biostatistics method, and showed that there was dramatic correlation between them. Exposure to high concentrations groups Hg²⁺ (mercury chloride) was found to result in several alterations in the histoarchitecture of the gills of *E. sinensis*, and such alterations could affect vital physiological functions, such as respiration, osmotic and ionic regulations of gills,

* 通讯作者, E-mail: xhwang@nankai.edu.cn;

第一作者介绍 赵艳民, 男, 博士研究生; 研究方向: 水生生物学; E-mail: yanminzhao@yahoo.com.cn.

收稿日期: 2007-06-25, 修回日期: 2007-11-19

which in turn could ultimately affect the survival and growth of *E. sinensis*.

Key words: Mercury (Hg^{2+}); *Eriocheir sinensis*; Gill; Accumulation; Histoarchitecture

汞(Hg^{2+}) 俗称水银, 是惟一的液体金属。近年来, 随着以汞为原料的工业生产过程中产生的含汞废水大量排放, 以及农业生产过程中含汞农药的使用, 造成水环境中汞污染^[1]。中华绒螯蟹 (*Eriocheir sinensis*) 隶属甲壳纲 (Crustacea) 十足目 (Decapoda), 俗称河蟹、毛蟹、大闸蟹, 是我国重要的经济水产养殖品种。水环境中的汞污染给中华绒螯蟹的养殖造成了严重威胁。Abel 认为在诸多重金属污染中, 汞对水生生物毒性最强^[2], 目前有关汞对甲壳动物影响的研究主要集中在估算半致死浓度、安全浓度^[3-5], 及以甲壳动物作为指示生物报道汞在甲壳动物体内的积累情况^[6], 然而有关汞对甲壳动物的毒性作用机制研究较少。Péqueux 等研究了汞对中华绒螯蟹体内渗透压调节方面的内容^[7], 但有关汞在中华绒螯蟹鳃组织中的积累以及对组织结构造成的影响还未见报道。本研究通过在水环境中添加不同浓度的 Hg^{2+} , 准确测定中华绒螯蟹鳃内的汞积累量, 并通过组织切片技术, 从细胞学角度来研究 Hg^{2+} 对鳃组织造成的病变和破坏机理, 探讨 Hg^{2+} 对中华绒螯蟹的毒性作用机制, 为丰富重金属毒理学研究以及有效治理汞污染提供实验基础资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料与饲养管理 中华绒螯蟹 1 龄幼蟹取自天津宁河水产养殖场。幼蟹在实验进行之前, 在经过充分曝气的自来水中暂养 10 d。暂养期间投喂上海大江饲料公司生产的蟹用商品饲料(蛋白质含量为 32%, 粗脂肪 4.0%, 粗纤维 8.0% 和灰分 12%), 饲料中汞含量低于检测限。实验用幼蟹平均体重和平均头胸甲宽分别为 (2.01 ± 0.16) g 和 (1.81 ± 0.15) cm。

实验前用 $HgCl_2$ (分析纯) 配制成 Hg^{2+} (1 g/L) 的实验母液保存备用。实验所用容器为 40 cm × 30 cm × 20 cm 的聚乙烯水族箱, 箱中加入 5 L 经充分曝气的自来水(汞浓度为 0.003 4 μ g/L), 以及用此自来水和实验母液配制的实验溶液。按照 24 h 半致死浓度的 1/60、1/12、1/6、1/3 及 1/2 设定 10、50、100、200 及 300 μ g/L 共 5 个汞浓度组, 每箱放入 10 只幼蟹, 持续充气, 对照组以及每个浓度组设 3 个平行。实验期间每天更换实验溶液, 更换溶液之前移除死蟹和残饵, 于 9:00 时和 17:00 时分两次按体重的 8% 投喂饲料(同暂养)。实验期间保持水温 (21 ± 2) °C, pH 7.5 ± 1.0 , 溶氧为 (5.5 ± 0.5) mg/L。

1.2 分析方法

1.2.1 组织切片 用同样管理方法饲养 40 d 后, 解剖幼蟹并进行鳃组织取样, 获得的部分鳃冲洗后用 Bouin's 液固定, 以常规石蜡切片方法包埋、切片, H. E 染色^[8], 进行显微检查和摄影。其余鳃组织置于 -70 °C 冰箱保存, 准备用于鳃中汞含量的测定。

1.2.2 汞含量测定 同一浓度组不同蟹的鳃放在一起混匀, 并于 65 °C 烘干 24 h 至恒重。取 500 mg, 置于聚四氟乙烯塑料内罐中, 加入 5 ml 纯硝酸, 混匀后放置过夜, 加入 7 ml 过氧化氢, 加内盖放入不锈钢外套中, 密封, 于烘箱中 120 °C 消解至完全。冷却后消解液用 0.01 mol/L 硝酸溶液定容至 25 ml, 摇匀, 利用南开大学实验中心的荧光光谱测量系统 (SPEX FL-212, 美国) 采用原子荧光光谱法 (AFS) 测定样品中汞含量。含量测定重复 3 次。根据中华绒螯蟹鳃单位重量中汞的含量, 采用以下公式计算中华绒螯蟹幼蟹鳃对汞的蓄积倍数 (A_t) 和鳃汞增加倍数 (I_n)。

$$A_t = \frac{[\text{各浓度组鳃内汞含量}(\mu\text{g/mg}) - \text{对照组鳃内汞含量}(\mu\text{g/mg}) \times 1000]}{\text{水体汞浓度} \mu\text{g/L}}$$

$$I_n = \frac{\text{各浓度组鳃内汞含量}(\mu\text{g/g}) - \text{对照组鳃内汞含量}(\mu\text{g/g})}{\text{对照组汞含量}(\mu\text{g/g})}$$

1.2.3 鳃叶平均厚度的测定 在显微镜下, 测量鳃轴与鳃叶末端之间中段不同部位 10 次, 取平均值作为鳃叶厚度。

1.3 数据处理 所有结果均以 3 个平行组数据的平均值 \pm 标准差 (Mean \pm SD) 表示, 其中鳃叶厚度和鳃内汞含量用 SPSS 软件单因素方差分析 Duncan 法进行显著性检验及多重比较。同时, 对鳃内汞含量与水体汞浓度进行相关性分析, 并对其相关系数进行显著性检验^[9]。

2 结果

2.1 不同汞浓度条件下幼蟹存活率 不同 Hg^{2+} 浓度实验组中华绒螯蟹幼蟹存活率见图 1。随着水体中 Hg^{2+} 浓度的升高, 幼蟹存活率呈下降趋势。10 $\mu g/L$ 浓度组中华绒螯蟹幼蟹死亡率为 86.67%, 与对照组存活率 96.67% 相比没有统计学差异, 但 50 $\mu g/L$ 浓度组幼蟹存活率 73.33% 与对照组相比出现显著差异, 300 $\mu g/L$ 浓度组幼蟹存活率降低至 43.33%, 约为对照组的 1/2。

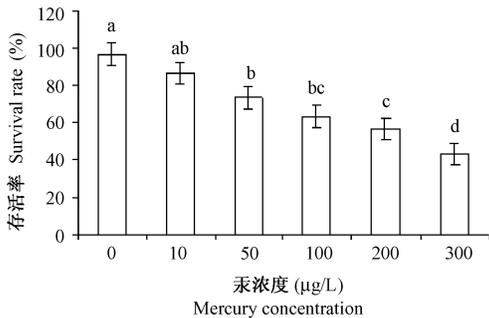


图 1 不同 Hg^{2+} 浓度条件下处理 40 d 后中华绒螯蟹幼蟹的存活率

Fig. 1 Survival rate of juvenile *E. sinensis* exposed to different concentrations of mercury for 40 days

实验结果以平均值 \pm 标准差显示 ($n = 3$), 上标字母相同表示无统计学差异 ($P > 0.05$), 反之差异显著 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。

Survival rates of each concentration are showed as mean with standard deviation (Mean \pm SD; $n = 3$). Bars with the same letter are not significantly different ($P > 0.05$).

2.2 不同 Hg^{2+} 浓度梯度水环境对鳃组织结构的影响 显微组织切片的观察结果(图版 I: 1,

2) 表明, 中华绒螯蟹幼蟹同其他甲壳动物一样, 其鳃由外形规则的鳃叶和起支持输导作用的鳃轴组成。鳃叶厚度为 $(8.93 \pm 0.71) \mu m$, 由上皮层和血腔组成。上皮层由紧密覆盖外表的角质层表皮、相互紧密的扁平上皮细胞层及基膜组成, 鳃叶血腔平均径宽 $(6.88 \pm 0.92) \mu m$ 。鳃上皮柱状细胞向鳃腔突起, 形成“隔”; 将鳃腔分隔成许多小通道, 通道内有游离的血细胞散落其间。外部形态清晰整齐, 无扭曲增生情况, 鳃叶之间无分泌物。

10 $\mu g/L$ 汞浓度条件下(图版 I: 3, 4), 鳃叶平均厚度增加为 $(12.8 \pm 1.01) \mu m$, 为对照组的 1.43 倍, 二者之间差异显著 ($P < 0.05$), 但其形态与对照组没有明显的区别, 只是血腔内血细胞增多, 鳃叶之间分泌物较少。

50 $\mu g/L$ 汞浓度条件下(图版 I: 5, 6), 鳃叶厚度为 $(14.67 \pm 1.76) \mu m$, 鳃叶末端开始膨大, 鳃叶出现波状拱起, 比对照组显著增厚 ($P < 0.05$), 上皮细胞肿胀, 血细胞数目增加, 鳃叶之间分泌物大量出现。

100 $\mu g/L$ 汞浓度条件下(图版 II: 1, 2), 鳃叶厚度继续增加, 尤其是鳃丝端部膨胀严重, 为对照组的 1.83 倍, 鳃叶中段厚度增加主要体现在鳃上皮细胞的肿胀, 除了柱状细胞分隔血腔, 鳃上皮细胞层变厚, 导致血腔减小, 鳃叶之间的分泌物仍然很多。

200 $\mu g/L$ 汞浓度条件下(图版 II: 3, 4), 鳃叶扭曲膨胀, 厚度达到了 $17.47 \mu m$, 为对照组的 1.96 倍, 由末端开始细胞坏死严重, 同时柱状细胞开始破损解体, 鳃叶中段鳃整体结构遭到严重破坏, 鳃叶之间的分泌物减少。

300 $\mu g/L$ 汞浓度条件下(图版 II: 5, 6), 由于柱状细胞崩解, 整个上皮层解体, 整片鳃叶几乎仅为几丁质的空泡, 内部没有上皮层填充导致鳃叶厚度减小, 为 $6.53 \mu m$, 破损的上皮细胞游离于血腔之内, 鳃整体结构破坏严重, 鳃叶之间分泌物消失。

2.3 不同 Hg^{2+} 浓度梯度水环境中幼蟹鳃内汞的积累 中华绒螯蟹幼蟹鳃饲养 40 d 后, 鳃内汞含量结果见表 1。表 1 中的数据显示: 中华

绒螯蟹幼蟹鳃中的汞含量随着水体汞浓度的增加迅速增高, 10 $\mu\text{g/L}$ 的浓度组中鳃内汞含量已经高达 4.56 $\mu\text{g/g}$ 干重, 显著高于对照组的 1.68 $\mu\text{g/g}$ 干重; 随着汞浓度上升至 50、100、200 和 300 $\mu\text{g/L}$, 鳃内汞含量分别为: 25.23、46.51、183.75 和 283.56 $\mu\text{g/g}$ 干重。中华绒螯蟹幼蟹

鳃对汞的蓄积能力很强, 各实验组幼蟹鳃内汞含量蓄积倍数分别为: 288、471、448、910.35 和 936.60。随着汞浓度的增加, 幼蟹鳃蓄积的汞含量也增加, 与对照组相比, 各组蓄积倍数分别为: 1.71、14.02、26.68、106.38 和 167.79。

表 1 不同 Hg^{2+} 浓度条件下中华绒螯蟹幼蟹鳃厚度以及鳃中汞含量 ($n = 3$)

Table 1 Gill lamella diameter and mercury content in the gills of *E. sinensis* in different Hg^{2+} concentrations

水体 Hg^{2+} 浓度 Mercury level ($\mu\text{g/L}$)	鳃叶厚度 Gill lamella thickness (μm)	总汞含量 ($\mu\text{g/g}$ 干重) Total mercury ($\mu\text{g/g}$ dry weight)	汞蓄积倍数 Mercury accumulation index (At)	汞增加倍数 Mercury increased index (In)
0	8.93 ± 0.71 ^a	1.68 ± 0.35 ^a		
10	12.81 ± 1.01 ^b	4.56 ± 0.84 ^b	288.00	1.71
50	14.67 ± 1.76 ^{bc}	25.23 ± 1.92 ^c	471.00	14.02
100	16.33 ± 2.79 ^c	46.51 ± 1.85 ^d	448.30	26.68
200	17.47 ± 1.46 ^c	183.75 ± 3.13 ^e	910.35	108.38
300	6.53 ± 0.92 ^a	283.56 ± 3.67 ^f	939.60	167.79

鳃叶厚度、汞含量以平均值 ± 标准差表示; 数值上标相同字母表示组间差异不显著 ($P > 0.05$); 反之表明差异显著 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。

Values in a row with the same letter are not significant differences ($P > 0.05$); whereas are significant differences ($P < 0.05$ or $P < 0.01$).

通过对中华绒螯蟹鳃内汞含量与水体汞浓度进行相关分析, 获得直线回归方程:

$$y = 968.49x - 15652$$

式中, y 代表中华绒螯蟹幼蟹鳃蓄积汞的含量, x 为水体汞的浓度, 相关系数 $R^2 = 0.9736$ 。

3 讨论

鳃是水生生物的重要器官, 除了呼吸作用外还承担调节渗透压和调节离子平衡的作用。外界有毒作用物可能损伤鳃组织, 严重影响水生生物呼吸作用以及渗透调节作用^[10, 11]。Péqueux 等人的研究表明, 在低渗环境中汞严重影响中华绒螯蟹鳃组织调节离子平衡、维持体内较高渗透压的能力^[7]。本研究表明, 10 和 50 $\mu\text{g/L}$ 的汞浓度组, 中华绒螯蟹鳃叶厚度增加, 鳃腔内血细胞数目增多, 鳃叶之间开始出现分泌物, 但是总体上基本结构没有发生改变, 表明在水环境中的汞削弱了中华绒螯蟹鳃组织调节离子平衡的能力, 导致环境中的水进入上皮细胞, 引起了鳃上皮细胞的肿胀、增生。镉与某些低浓度的杀虫剂同样诱发了甲壳动物鳃类似

的改变^[12, 13]。从 100 $\mu\text{g/L}$ 的浓度组开始, 高浓度的汞迅速破坏了鳃上皮细胞调节渗透压的能力, 大量水进入鳃腔导致鳃的整体结构发生巨大改变, 养殖状态时可见中华绒螯蟹行为上的表现是焦躁、行动缓慢。从本研究看来, 中华绒螯蟹鳃所能承受 Hg^{2+} 的最大浓度应为 50 $\mu\text{g/L}$ 左右。

Canli 等通过研究发现鳃是挪威龙虾 (*Nephrops norvegicus*) 从水体吸收并蓄积汞的主要器官^[14]。本研究结果显示, 中华绒螯蟹的鳃从水体吸收并蓄积汞的能力很强, 且蓄积的汞与水体中 Hg^{2+} 浓度存在明显的相关性。低浓度组中华绒螯蟹鳃汞增加倍数较小, 而高浓度组鳃汞增加倍数较大。这可能是低浓度 Hg^{2+} 条件下, 尽管鳃叶组织结构发生了部分改变, 但自身对外界污染物仍然具有一定的调节能力, 如大量分泌物的出现; 而高浓度组中华绒螯蟹鳃叶上皮细胞受损严重、临近解体, 鳃分泌物质的功能也不能完成, 大量高浓度汞溶液进入鳃腔并蓄积。Barradas 等的研究显示汞通过中华绒螯蟹鳃表皮进入血淋巴主要是通过扩散作用

完成^[15],但也可能存在依赖载体蛋白并消耗能量的主动运输途径。本研究鳃汞在低浓度组增加倍数较低,可能是低浓度组鳃上皮细胞以及鳃组织结构保持完整,具备调控 Hg^{2+} 的能力,而较高浓度组鳃上皮细胞结构发生破坏,对 Hg^{2+} 调控能力丧失,水体中 Hg^{2+} 迅速扩散到鳃内,导致鳃汞增加倍数迅速增加。因此未来的研究应着眼于了解甲壳动物鳃调节鳃内外的汞浓度的机理。

研究表明,水体汞对挪威龙虾的毒性远大于饵料中汞的毒性^[14]。而 Pêqueux 等的研究表明通过消化道进入中华绒螯蟹体内,经由血淋巴蓄积在鳃中的汞含量,远少于鳃直接从水体吸收并蓄积的汞^[7]。作为一种软酸, Hg^{2+} 与生物分子中的巯基具有很强的亲和性,进入各器官的汞多以结合态存在^[6],进入到中华绒螯蟹鳃细胞内部的 Hg^{2+} 可能与鳃上皮细胞及起支撑锚定作用的柱状支持细胞内部的蛋白,尤其是维持细胞完整性的微管蛋白和微丝蛋白相结合,破坏了细胞内部正常结构,影响鳃的正常功能。此外,二价汞离子与蛋白质和酶中的巯基结合成牢固的硫汞键($-SHg$),改变蛋白质尤其是酶的结构和功能,也是汞的毒性较强的原因^[1]。而以饵料途径经由消化道进入体内的重金属很快转移到肝胰腺滑面内质网中,通过氧化、甲基化、结合等方式降低毒性^[18],则可能是甲壳动物对饵料中重金属耐受含量较高的原因之一。对水生甲壳动物而言,汞是一种非必需重金属元素,毒性很强,但是重金属的毒性不仅仅取决于重金属的浓度,更取决于重金属的形态,不同的形态产生不同的生物效应^[17]。此外环境污染往往是多种金属同时存在并进入体内,彼此间相互作用复杂多样^[1]。因此,未来研究应关注在中华绒螯蟹体内各组织器官中汞的存在形式,如化合态、价态、结构态和结合态,如何分布和进行形态转化,以及其他重金属对汞毒性的联合作用。

参 考 文 献

[1] 孟紫强编著. 环境毒理学. 北京: 中国环境科学出版社,

121~ 127.

- [2] Abel P D. Water Pollution Biology. Chichester, UK: Ellis Horwood, 1989
- [3] 邹栋梁,高淑英.铜、锌、镉、汞、锰和铬对斑节对虾仔虾急性致毒的研究.海洋环境科学,1994,13(3):13~ 18
- [4] Botton M L. Toxicity of cadmium and mercury to horseshoe crab (*Limulus polyphemus*) embryos and larvae. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*, 2000, **64**: 137~ 143.
- [5] Bianchini A, Gilles R. Toxicity and accumulation of mercury in three species of crabs with different osmoregulatory capacities. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*, 1996, **57**: 91~ 98.
- [6] Clifford A H, Rudnick D, Williams E. Mercury burdens in Chinese mitten crabs (*Eriocheir sinensis*) in three tributaries of southern San Francisco Bay, California, USA. *Environmental Pollution*, 2005, **133**: 481~ 487.
- [7] Pêqueux A, Bianchini A, Gilles R. Mercury and osmoregulation in the Euryhaline crab, *Eriocheir sinensis*. *Comp Biochem Physiol C*, 1996, **113**(2): 149~ 155
- [8] 芮菊生,杜懋琴,陈海明等.组织切片技术,北京:人民教育出版社,1980,98~ 107.
- [9] 陆健身,赖麟.生物统计学.北京:高等教育出版社,2003,106~ 133.
- [10] Koch H J. Cholinesterase and active transport of sodium chloride through isolated gills of the crab *Eriocheir sinensis* (M. Edw). *Colston Papers*, 1953, **6**: 15
- [11] 卢敬让,赖伟.镉对中华绒螯蟹鳃组织及其亚显微结构的影响.海洋与湖沼,1991,23(6):566~ 569.
- [12] 赵维信,魏华,贾江等.镉对罗氏沼虾组织转氨酶活性及组织结构的影响.水产学报,1995,19(1):21~ 27.
- [13] Saravana P, Geraldine P. Histopathology of the hepatopancreas and gills of the prawn *Macrobrachium malcolmsonii* exposed to endosulfan. *Aquatic Toxicology*, 2000, **50**: 331~ 339
- [14] Canli M, Robert W. Mercury and cadmium uptake from seawater and from food by the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1995, **14**(5): 819~ 828.
- [15] Baradas C, Pêqueux A. Uptake of mercury by the gills of the fresh water Chinese crab *Eriocheir sinensis* (Milne Edwards). *Comp Biochem Physiol C*, 1996, **113**(2): 157~ 160.
- [16] 沈金灿,黄志勇,庄峙厦等. Hg^{2+} 在大鼠组织器官中的分布及其存在形态研究.光谱学与光谱分析,2005,25(10):1688~ 1692.
- [17] 刘清,王子健,汤鸿霄.重金属形态与生物毒性及生物有效性关系的研究进展.环境科学,1996,17(1):89~ 92

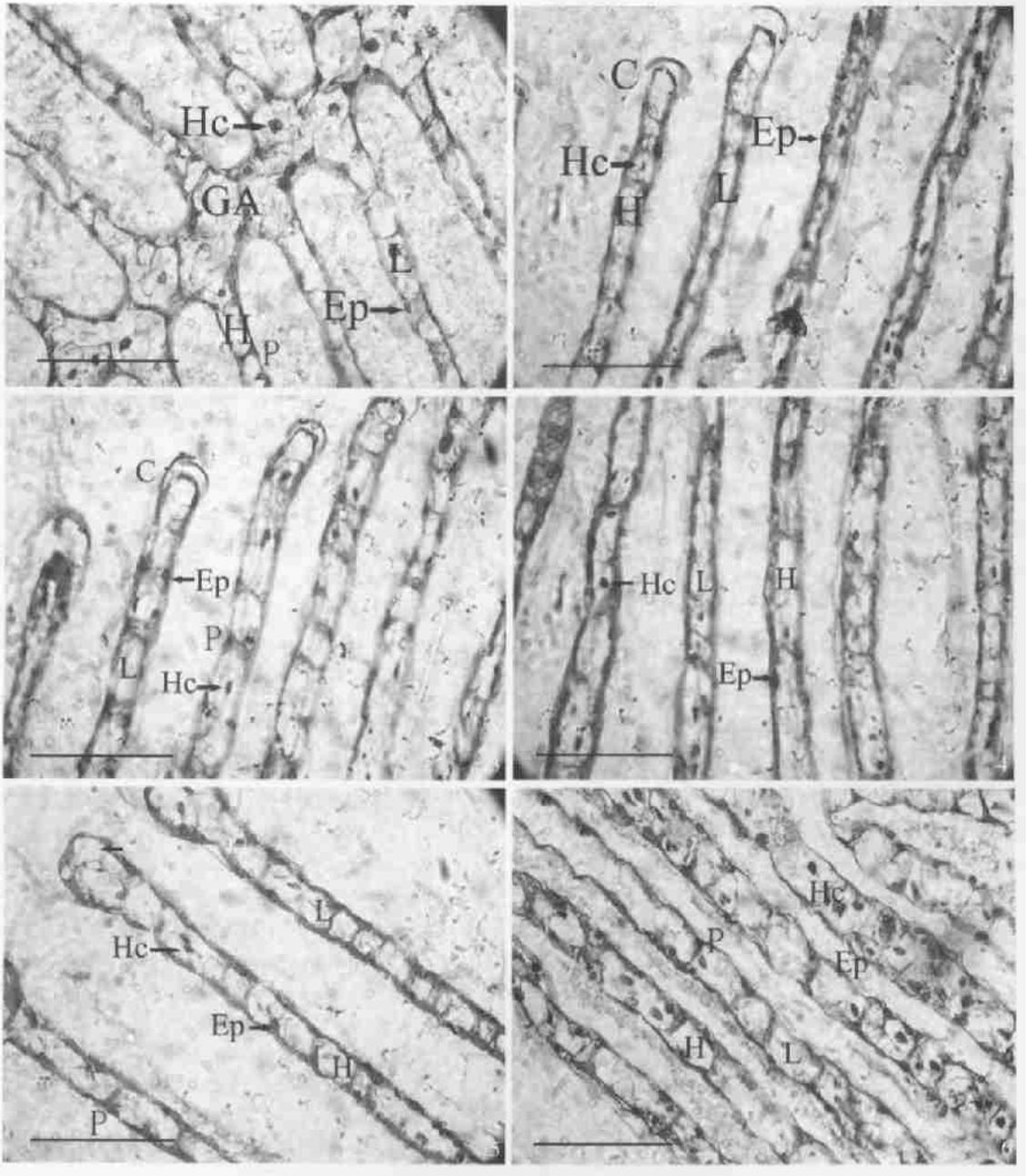
赵艳民等: Hg^{2+} 在中华绒螯蟹幼蟹鳃内的积累及其对组织结构的影响

图版 I

ZHAO Yan-Min *et al.*: Accumulation of Waterborne Mercury in Gills of Juvenile

Eriocheir sinensis and Its Effect on Gills Structure

Plate I



1, 2 对照组中华绒螯蟹鳃叶; 3, 4. $10 \mu\text{g/L } Hg^{2+}$ 处理组中华绒螯蟹鳃叶; 5, 6. $50 \mu\text{g/L } Hg^{2+}$ 处理组中华绒螯蟹鳃叶。
× 400, 标尺= $50 \mu\text{m}$ 。

1, 2 Sections of gill lamella in untreated group; 3, 4. Sections of gill lamella in $10 \mu\text{g/L } Hg^{2+}$ group; 5, 6 Sections of gill lamella in $50 \mu\text{g/L } Hg^{2+}$ group. × 400, Bar= $50 \mu\text{m}$.

C. 角质层表皮; Ep. 上皮; H. 血腔; Hc. 血细胞; L. 鳃叶; P. 柱状细胞; Va. 空泡。

C. Cuticle; Ep. Epithelium; H. Hemocoel; Hc. Hemocyte; L. Lamella; P. Pillar cell; Va. Vacuole.

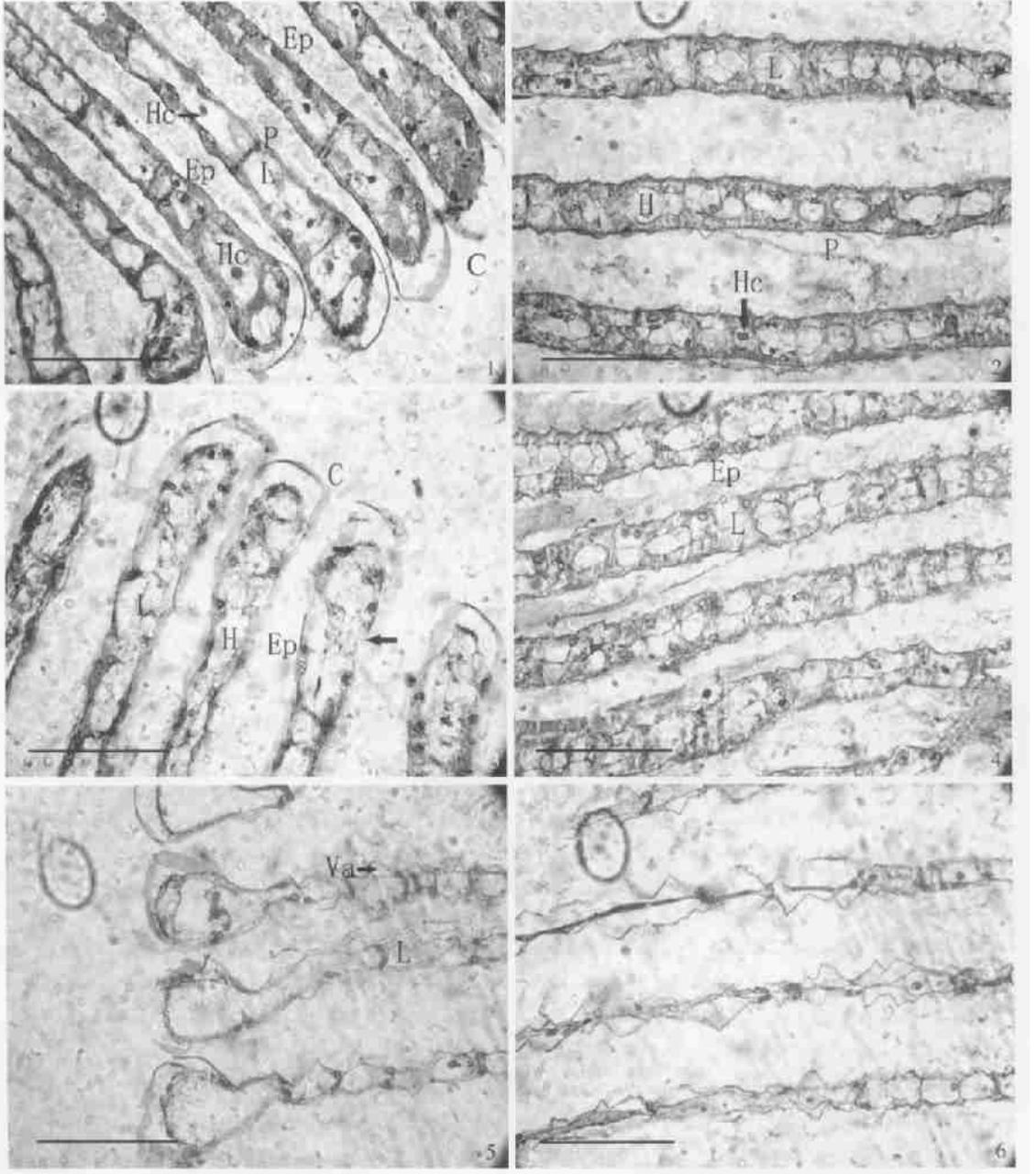
赵艳民等: Hg^{2+} 在中华绒螯蟹幼蟹鳃内的积累及其对组织结构的影响

图版 II

ZHAO Yan-Min *et al.*: Accumulation of Waterborne Mercury in Gills of Juvenile

Eriocheir sinensis and Its Effect on Gills Structure

Plate II



1, 2 $100 \mu\text{g/L } Hg^{2+}$ 处理组中华绒螯蟹鳃叶; 3, 4. $200 \mu\text{g/L } Hg^{2+}$ 处理组中华绒螯蟹鳃叶; 5, 6. $300 \mu\text{g/L } Hg^{2+}$ 处理组中华绒螯蟹鳃叶。× 400, 标尺= 50 μm 。

1, 2 Sections of gill lamella in $100 \mu\text{g/L } Hg^{2+}$ group; 3, 4 Sections of gill lamella in $200 \mu\text{g/L } Hg^{2+}$ group; 5, 6 Sections of gill lamella in $300 \mu\text{g/L } Hg^{2+}$ group. × 400, Bar= 50 μm .

C. 角质层表皮; Ep. 上皮; H. 血腔; Hc. 血细胞; L. 鳃叶; P. 柱状细胞; Va. 空泡。

C. Cuticle; Ep. Epithelium; H. Hemocoel; Hc. Hemocyte; L. Lamella; P. Pillar cell; Va. Vacuole.