

Cu^{2+} 和 Cd^{2+} 对斑节对虾幼虾的毒性作用*

臧维玲¹ 戴习林¹ 江敏¹ 姚庆桢¹
蔡云龙¹ 陈象¹ 徐桂荣² 丁福江²

(1. 上海水产大学, 200090)

2. 上海申漕特种水产开发公司, 201507)

提 要 研究了 Cu^{2+} 和 Cd^{2+} 对斑节对虾幼虾的急性和亚急性毒性作用, 获得了 Cu^{2+} 和 Cd^{2+} 的半致死浓度、安全浓度和累积量。

关键词 斑节对虾幼虾 Cu^{2+} Cd^{2+} 毒性 半致死浓度 安全浓度 累积量

Toxic Effects of Cu^{2+} and Cd^{2+} on Giant Tiger Prawn *Penaeus monodon* Juvenile

ZANG Wei-ling¹ DAI Xi-lin¹ JIANG Min¹ YAO Qing-zhen¹
CAI Yun-long¹ CHEN Gao¹ XU Gui-rong² DING Fu-jiang²

(1. Shanghai Fisheries University, 200090)

2. Shencao Special Aquaculture Company of Shanghai, 201507)

Abstract Toxic effects of Cu^{2+} and Cd^{2+} on giant tiger prawn *Penaeus monodon* juvenile were studied. The medium lethal concentration (LC_{50}), safety concentration (CS) and accumulated contents (AC) were obtained.

Key words *Penaeus monodon* juvenile Cu^{2+} Cd^{2+} Toxicity LC_{50} Safety concentration Accumulated contents

王俊(1986)^[1]、邹栋梁(1994)^[2]等曾报道了重金属离子铜和镉对斑节对虾急性毒性作用的研究结果, 但有关重金属离子铜和镉的亚急性毒性作用对斑节对虾生长的影响和积累作用及其累积量的研究报道甚少。1999年4~6月在杭州湾畔上海申漕特种水产开发公司育苗场就铜离子和镉离子对斑节对虾幼虾的急性和亚急性毒性作用及其在虾体内的累积量进行了测定, 希冀所得结果将有助于渔业水质指标的制定及渔业水环境保护。

材料和方法

1. 试验用水

试验用水为杭州湾漕泾地区河口水, 其1999年5月2日的主要化学成分含量见表1^[3]。

2. 试验用虾与容器

试验在上海申漕特种水产开发公司育苗场卤虫孵化房进行。试验用斑节对虾幼虾取自该育苗场。试验容器为95 L塑料箱。试验期间箱顶的2/3以黑色塑料薄膜遮盖, 连续曝气, 温度恒定为 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

3. Cu^{2+} 和 Cd^{2+} 对斑节对虾幼虾亚急性毒性作用的测定

试验各设5个浓度组, 同时设平行组和对照组, 用事先配制的母液稀释成试验所需浓度。 Cu^{2+} 和 Cd^{2+} 试验组 (C_{Cu} 和 C_{Cd}) 浓度分别为

* 本项目资金来源为上海市农委科技兴农重点攻关项目——农科攻字(97)第6-03号。

0.010、0.04、0.07、
0.10、0.13 mg/L 和
0.005、0.008、0.011、
0.014、0.017 mg/L。

表 1 杭州湾湾泾地区沿岸水主要化学成分含量(mg/L)(1999.5.2.)

pH	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ²⁻	K ⁺ +Na ⁺	比重
8.10	575.6	205.6	1252.6	8302.1	149.1	5127.8	1.012

每箱放入 120 尾经暂养的幼虾(W=5.83 mg, L=0.89±0.09 cm), 投喂大江公司专用料、蛋羹和碎鱼肉, 每天排污、换水, 换水量为 50%。试验期间定时观察受试虾摄食、活动、蜕壳、体色等情况, 并记取死亡数, 共饲养 20 d。试验前和结束时, 量取体长和体重。对各组存活虾按《海洋监测规范》^[4], 使用惠浦上海分析仪器有限公司出品的 3500 G 型原子吸收分光光度计分别测定其体内 Cu²⁺ 和 Cd²⁺ 的累积量, 据此计算受试虾每公斤体重所含重金属的累积量(mg), 称其为绝对积累量(Ac, mg/kg), 并按下式计算 Cu²⁺ 和 Cd²⁺ 在体内的累积倍数(At): At=Ac/试液金属浓度(mg/L)。

4. Cu²⁺ 和 Cd²⁺ 对斑节对虾幼虾急性毒性作用的测定

试验各设 8 个浓度组, 同时设平行组和对照组, 以所配母液稀释成试验所需浓度。每箱放入 50 尾经暂养的幼虾(W=3.71 mg, L=0.84±0.05 cm), 按急性毒性作用试验方法管理各试验组^[5], 试验前 1 d 及试验期间均停食, 每天排污、换水 1/2, 定时观察受试虾活动状况, 准确记取 24、48、72 与 96 h 死亡数, 据此求得相应的半致死浓度(LC₅₀)。

结果和讨论

1. Cu²⁺ 对斑节对虾幼虾生长和成活率的影响

受试虾在 C_{Cu} 为 0.01~0.13 mg/L 的低浓度范围内饲养 20 d 后体长和体重的增长情况以及成活率列于表 2。从表 2 可以看出, 在亚急性中毒试验浓度范围内, 经 20 d 的饲养, 各试验组幼虾体长和体重均低于对照组, 且随浓度的增大而减小。当 C_{Cu} 为 0.01 mg/L 时, 虽尚符合我国渔业水质指标的要求, 但对幼虾也产生了毒性作用。试验结束时, 体重为对照组的 92.7%, 可见幼虾对重金属的毒性是较为敏感的。只是在 C_{Cu} 为 0.01~0.04 mg/L 时, 经 20 d 的饲养, 它对幼虾的毒性

作用较轻, 且彼此毒性程度相近, 存活率均不低于对照组, 体重和体长分别为对照组的 93% 和 97% 以上; 但当 C_{Cu} 为 0.07~0.13 mg/L 时, 受试虾体长、体重和成活率均明显低于对照组, 说明此浓度范围对幼虾的毒性作用有明显增强。

表 2 Cu²⁺ 对斑节对虾幼虾生长和成活率的影响

组别	C _{Cu} (mg/L)	体长增长率 (%)	体重增长率 (%)	存活率 (%)
对照组	0.00	79.8	675.3	95.8
1	0.01	78.7	618.5	95.8
2	0.04	74.2	617.7	96.7
3	0.07	70.8	595.7	94.2
4	0.10	66.3	586.1	90.8
5	0.13	61.8	572.0	90.8

2. Cu²⁺ 在斑节对虾幼虾体内的积累作用

图 1、2 分别为幼虾在 C_{Cu} 为 0.01~0.13 mg/L 试液中, 经 20 d 亚急性中毒饲养, 体内的积累量(Ac)和累积倍数(At)与浓度相互关系的散点图。从图 1、2 可看出, Ac 和 At 与浓度间分别存有良好的相关性, 其相关方程分别为: Ac=0.1118 lnC + 1.7353, R=0.9807, 与 At=1.7835 C^{-0.4184}, R=0.9999, 两方程相关系数 R 均在 0.01 水平上显著。图 1 表明, Ac 随 C_{Cu} 增大而增加, 这与以往报道相符^[6,7], 也符合重金属在生物体内积累作用的特点, 但增加值缓慢减小, 因而使 At 随浓度增大而递减, 而且 5 个浓度组的 At 值差异远大于 Ac 值间的差值。结合 Cu²⁺ 对幼虾生长的影响, At 值之所以递减, 可能是因随浓度的加大, 试液对虾的毒性也增大, 以致使其代谢强度减弱, 生长减缓, 从而使虾对试液中 Cu²⁺ 的吸收未能如其浓度增大的幅度发生相应吸收程度的增大, 最终导致上述 Ac 和 At 值的变化特点, 这与以往报道相一致^[6,7]。

3. Cd²⁺ 对斑节对虾幼体生长和成活率的影响

斑节对虾幼虾在 C_{Cd} 为 0.005~0.017 mg/L 的试液中饲养 20 d 后, 其生长情况和成活率列于表 3。由表 3 可看出, 亚急性中毒作用使各试验组

幼虾体长增长率和成活率均低于对照组,这与 Cu^{2+} 的毒性特点类同,但当 C_{Cd} 为0.005~0.014 mg/L时,各试验组虾体长增长率相同,均为对照组的81.7%,其中0.011 mg/L组则因存活率最低,导致体长和体重均异常。值得注意的是,试验组幼虾体重均高于对照组,且随浓度的增加而明显增大,最高浓度组体重为对照组的1.2倍。从表3可发现,所收集到的虾壳数随浓度增加显著增多,最高浓度组虾壳数高达46只,为蜕壳数最少的对照组的4.6倍,以致于体重增加最多,为后者的1.2倍。此种现象的产生可能是在本试验的低浓度范围内养20 d, Cd^{2+} 对于虾的毒性不强,且具有刺激蜕壳的作用,从而导致虾体重的增加。由此可见,如此低的浓度范围,经20 d的饲养,亚急性的毒性作用尚未明显影响受试虾的生长代谢功能。

4. Cd^{2+} 在斑节对虾幼虾体内的积累作用

幼虾在 C_{Cu} 为0.01~0.13 mg/L试液中,经20 d的亚急性中毒饲养后,体内的积累量(Ac)和累积倍数(At)列于表4。由表4可看出,Ac和At随浓度变化的特点与 Cu^{2+} 基本类同,只是其Ac变化幅度较大,Ac_{max}与Ac_{min}相差1倍以上,而铜的相应值仅差13%,且变化较平稳。结合图1、2可发现,当 C_{Cu} 和 C_{Cd} 均处于我国渔业水质指标要求的极限值时(0.01 mg/L和0.005 mg/L),仅饲养20 d,受试虾对两者的累积倍数分别高达123.8与98.6倍。可见,代谢作用旺盛的幼虾对重金属有着极强的吸收和积累作用,所以苗种培育应制定更严格的行业水质指标。正因为此,在虾类等苗种培育用水中,常需加入一定量的 EDTANa_2 ,以消除重金属的毒性作用。

5. Cu^{2+} 和 Cd^{2+} 对斑节对虾幼虾的急性毒性作用

试验所用浓度和相应受试虾死亡数经回归处理所求得的 Cu^{2+} 和 Cd^{2+} 对于斑节对虾幼虾的24 h、48 h、72 h与96 h之半致死浓度(LC₅₀)列于表5。由表5可看出,

表3 Cd^{2+} 对斑节对虾幼虾生长和存活率的影响

组别	C_{Cd} (mg/L)	体长增长率 (%)	体重增长率 (%)	成活率 (%)	蜕壳数
对照组	0.000	79.8	375.3	95.8	10
1	0.005	65.2	817.7	92.5	15
2	0.006	65.2	836.5	91.7	23
3	0.011	67.4	954.2	83.3	15
4	0.014	65.2	850.0	90.8	28
5	0.017	64.0	860.5	91.7	46

表4 斑节对虾幼虾对不同浓度 Cd^{2+} 的积累量和累积倍数⁺

组别	浓度 (mg/L)	积累量 (mg/kg)	累积倍数
对照组	0.000		
1	0.005	0.493	98.6
2	0.008	0.501	62.6
3	0.011	0.525	47.7
4	0.014	0.660	47.1
5	0.017	1.043	61.5

Cd^{2+} 的各LC₅₀值远低于 Cu^{2+} 的相应值,其96 h LC₅₀仅为后者的19.2%,这再次支持了以往资料

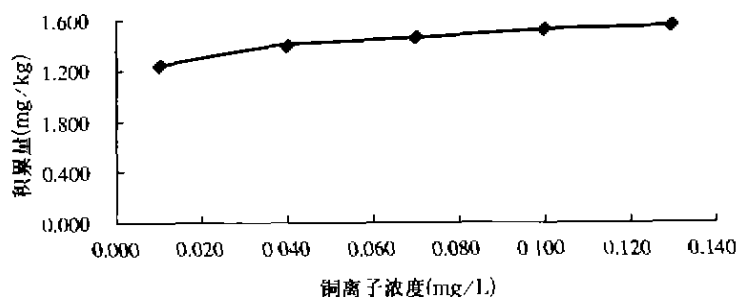


图1 铜离子积累量与浓度的关系

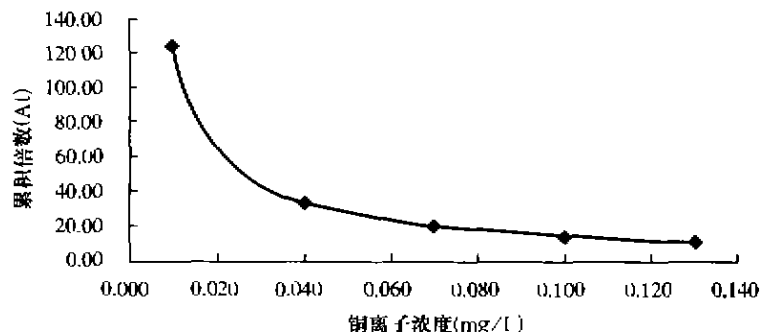


图2 铜离子累积倍数与浓度的关系

表5 Cu^{2+} 和 Cd^{2+} 对斑节对虾
幼虾的半致死浓度 (mg/L)

时 间 (h)	Cu^{2+}	Cd^{2+}
24	2.101	0.411
26	1.067	0.286
72	0.948	0.250
96	0.827	0.159

关于 Cd^{2+} 对水生生物的毒性强于 Cu^{2+} 的观点^[1, 2]。若按通常所采用的以 $0.01 \cdot 96 \text{ h LC}_{50}$ 计算值作为重金属对水生生物的安全浓度, 则在本试验条件下 ($25 \pm 0.5^\circ\text{C}$, $S = 16.6$), Cu^{2+} 和 Cd^{2+} 对斑节对虾幼虾 (0.84 cm , 3.71 mg) 安全浓度分别为 $8.27 \cdot 10^{-3} \text{ mg/L}$ 和 $1.59 \cdot 10^{-3} \text{ mg/L}$, 均略低于我国渔业水质标准规定值, 并低于邹栋梁等 (1994) 提出的 Cu^{2+} 和 Cd^{2+} 对该虾仔虾各 LC_{50} 值, 如铜 96 h LC_{50} 为本试验的 3.8 倍, 此与其试验温度低 (22°C), 盐度高有关, Forstner (1983)^[3]、阿拉巴斯特 (1986)^[4] 曾指出, 温度降低、硬度和盐度增高均将减弱重金属的毒性。

参考文献

1. 王 俊. 养虾资料汇集, 474~481. 台湾: 牧文堂印刷有限公司, 1986.
2. 邹栋梁, 高淑英. 铜、锌、镉、汞、锰和镉对斑节对虾仔虾急性致死毒的研究. 海洋环境科学, 1994(2): 13~18.
3. 臧维珍, 江 敏, 戴习林等. 杭州湾沿岸水化学状况. 上海水产大学学报, 2000(2): 200~203.
4. 国家海洋局. 海洋监测规范, 435~460. 北京: 海洋出版社, 1996.
5. 邱郁春. 水污染鱼类毒性试验方法, 50~65. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.
6. 臧维珍, 徐轩成, 戴习林等. 锌对淡水石斑鱼与美国豹纹牛蛙蝌蚪急性毒性与积累作用. 淡水渔业, 1992(6).
7. Zeng Weiling, Zhang Jianda, Dai Xilin *et al.*. Toxic effects of Zn^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} and NH_4^+ on Chinese Prawn. Chin. J. Oceanol. Limnol. 1993, 11(3): 274~279.
8. Forstner, U. and G. J. W. Wittmann. Metal Pollution in the Aquatic Environment, 273~312. by Springer-Verlag Berlin Heidelberg Printed in Germany, 1983.
9. 阿拉巴斯特 (姜礼藩译, 1986). 淡水鱼类的水质标准, 93~117. 北京: 科学普及出版社, 1992.

发稿编辑 汤惠明

校对 朱大白

(上接第 197 页)

雄鱼的数量。通常 1 尾雄鱼精巢, 经研磨并用等渗液稀释后, 可配 6~7 尾雌鱼。

江黄颡鱼卵巢内有大量粘蛋白存在, 对受精卵采用滑石粉脱粘处理时, 会产生很多粒状物, 给流水孵化带来不利影响。因此, 受精卵还是不作脱粘处理, 让其附着在鱼巢上孵化为好。据观察, 刚孵出的仔鱼有一个“静止附着阶段”, 仔鱼喜欢用口下方的“胡须状”粘着器粘附在鱼巢上, 此段时间在孵出后 24~36 h。当胸鳍出现, 仔鱼能平衡游动, 此阶段便结束。在这一阶段如缺乏粘附条件, 会造成仔鱼大批死亡。在本试验前期, 当仔鱼出膜 8 h 后, 将安置在孵化桶内的鱼巢提出, 结果造成大批仔鱼死亡。根据上述观察, 在试验后期采取了改进措施: 一是用塑料窗纱网片代替棕榈作鱼巢 (人工粘卵时鱼卵分布均匀, 且通透性好, 孵化时不易粘附脏物), 孵化效果明显优于后者; 二是用孵化环道代替孵化桶 (水流平缓), 有利于刚孵出的仔鱼顺利度过静止附着阶段。采用上述措

施, 出苗率明显提高。

如前所述, 江黄颡鱼是在水底石砾上产卵, 要求光线弱, 水温日变化小。因此, 孵化时必须防止水温骤变, 特别是忌高温。在试验前期, “峡山口点”第一批试验获得了大量受精卵, 由于孵化时不慎引进了高温水源, 水温高达 31.5°C , 致使鱼卵全部死亡。后来采取兑井水等降温措施, 将孵化水温保持在 $24.5 \sim 26.5^\circ\text{C}$, 孵化取得了成功。

参考文献

1. 王 武等. 鱼类增养殖学. 北京: 中国农业出版社, 2000.
2. 杨家云. 四川经济鱼类研究: 嘉陵江瓦氏黄颡鱼的繁殖生物学. 西南师范大学出版社, 1996.
3. 黄二春, 朱大明, 余炳基等. 瓦氏黄颡鱼人工繁殖. 科学养鱼, 2000(10): 23~24.
4. 万松良, 刘能干, 葛 雷等. 瓦氏黄颡鱼的生物学特性及人工养殖技术. 渔业致富指南, 2001(8): 40~42.
5. 祁锡纳, 孙道平等. 黄颡鱼人工繁殖及夏花培育. 淡水渔业, 2000(11): 14~16.

发稿编辑 汤惠明

校对 朱大白