

研究简报

# 半静态重金属除去装置在对虾育苗中的应用\*

## APPLICATION OF SEMI-STATIC HEAVY METAL REMOVING DEVICE IN SEEDLING-REARING OF *PENAEUS CHINENSIS*

高成年 袁有宪 张渡溪

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)  
Gao Chengnian, Yuan Youxian and Zhang Duxi  
(Yellow Sea Fisheries Research Institute, Qingdao 266071)

郭相平

(即墨市渔业技术推广站, 266200)  
Guo Xiangping  
(Fisheries Technical Extension Station of Jimo City, 266200)

关键词 重金属, 中国对虾, 半静态除去装置

KEYWORDS heavy metal, *Penaeus chinensis*, semi-static removing device

众所周知, 重金属离子对海洋生物幼体有不同程度的毒害作用。随水域污染的加剧, 给增养殖业的关键环节——育苗带来了困难。

在对虾育苗中, Cook 等<sup>[1,2]</sup>首先使用了螯合剂 EDTA 来提高卵子孵化率和幼体成活率。随后, EDTA 广泛应用于对虾人工育苗与高密度养殖中<sup>[3,4,5,12,13,15]</sup>。1981年, Lawrence 等<sup>[6,11]</sup>通过 EDTA 改变铜、镉等离子对蓝对虾 (*P. stylirostris*) 无节幼体的毒性, 阐明了 EDTA 在对虾育苗与养殖中的主要作用是改变重金属元素的存在形态, 减少游离金属离子的浓度, 降低其毒性。关于 EDTA 在水生生物培养与育苗中的作用及 EDTA 的性质, 袁有宪<sup>[1]</sup>已做过全面评述。

作者以前研究<sup>[10,16]</sup>了高分子吸附剂对中国对虾 (*Penaeus chinensis*) 卵子孵化和不同发育阶段幼体的存活与变态, 以及对海水主要物理化学性质的影响; 研究了半静态重金属除去装置除去育苗水体中重金属离子的性能<sup>[4]</sup>; 均获得了十分满意的效果。本文首次报道高分子重金属除去装置<sup>[2]</sup>应用于中国对虾育苗生产中所取得的令人满意的结果。

\*国家自然科学基金资助项目。本工作曾得本所邓景耀教授和林庆礼教授支持和帮助, 谨表谢意。袁有宪为通讯联系人。

收稿年月: 1991年8月; 1992年7月修改。

(1) Yuan Youxian et al. Egg hatching and metamorphosis to protozoa of *Penaeus chinensis* by removal of heavy metals from rearing systems with polymeric absorbent. *Aquaculture*, 108(1992).

(2) 袁有宪等, 1991. 一种半静态育苗水体重金属离子除去装置及其性能。

## 材料与方 法

实验于 1991 年 5 月 16—23 日, 在即墨市温泉对虾育苗场进行。取当年育苗用海捕亲虾所产卵子。在长 4.7m, 宽 3.5m, 深 1.4m 的育苗池中加入过滤海水(盐度 29‰)1.2m, 加入一定浓度铜、锌、铅、镉离子, 充气搅拌。在育苗池中放置五个除去装置, 其位置为正中央一个, 池四角距两池壁均 1.0m 处各一个, 装置距池底为 0.6m。在 20°C 下, 充气, 33 小时后, 用微分电位溶出分析(PSA)<sup>(3)</sup> 测定海水中铜、锌、铅、镉除去后的残留浓度。放入对虾卵子(或幼体), 按生产操作, 记录卵子孵化率、变态率或存活率, 同时做对照实验。重金属离子标准溶液分别以  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{ZnCl}_2$ 、 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 、 $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  配制浓度各为 2,000mg  $\text{Me}^{2+}/\text{l}$  的去离子水溶液。试剂均为分析纯。

## 结果与讨论

### (一) 除去育苗水体中重金属

在育苗池对角两个除去装置的上方表面, 取水样测定重金属浓度随时间变化平均值(表 1)。可看出, 吸附 8 小时, 除去率仅为 64.5% 铜、84.7% 锌、68.8% 铅、69.2% 镉; 吸附 33 小时, 分别达到 93.6%、90.7%、87.2%、76.9%。其结果与前文对高分子吸附剂性能研究的结果相同<sup>(4)</sup>。应该指出, 高分子吸附剂对重金属离子的除去, 不仅与吸附时间有关, 与吸附温度亦有关, 呈正比。育苗生产常用孵化温度为 18°C—20°C。本实验是在 20°C 下完成的。在生产应用中, 不必特意提高水温。放水后, 保持孵化温度即可。若水温太低, 需延长吸附时间。

表 1 育苗池中重金属的加入量和残留量

Table 1 Added and remnant concentrations of heavy metals in hatching pond

项 目	重 金 属			
	铜	锌	铅	镉
本底值 ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	1.0	8.3	2.5	0.3
加入量 ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	10.0	10.0	10.0	1.0
吸附后残留 ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )				
8小时(33小时)	3.9(0.7)	2.8(1.7)	3.9(1.6)	0.4(0.3)
除去率(%)				
8小时(33小时)	64.5(93.6)	84.7(90.7)	68.8(87.2)	69.2(76.9)

注: 四种重金属栏内, 括号中的数值是 33 小时后吸附残留值及除去率( $\mu\text{g}/\text{l}$ ; % )。

### (二) 提高卵子孵化率和无节幼体变态率

1991 年 5 月 16 日在即墨市温泉镇育苗场选两个 20m<sup>3</sup> 水体育苗池(13 号、14 号) 进行。其中 14 号池只加相同浓度重金属离子, 不加吸附装置, 作为对照。当时正值亲虾产卵高峰, 好卵率在 80% 左右。两个池中的卵子取自同一亲虾池。实验的其他步骤按常规生产进行。记录见表 2。可以看出, 在卵子的胚

(3) 袁有宪等, 1991。海水中锌镉铅铜的微分电位溶出分析。

(4) 同前页(2)。

表 2 除去重金属提高对虾卵子孵化率和无节幼体变态率的实验结果  
 Table 2 Egg hatching and metamorphosis from nauplii to protozoa of *P. chinensis* by removal of heavy metals

池号 日期 (年.月.日)	13 (试验池)				14 (对照池)			
	温度 (°C)	pH	幼体(卵)数 (万)	发育情况	温度 (°C)	pH	幼体(卵)数 (万)	发育情况
1991.5.16	22	8.34	1,400(E)	好卵80%	22	8.34	820(E)	好卵80%
	22	8.42		卵内无节幼体80%	22	8.42		卵内无节幼体80%
5.17	23	8.31	1,125(N)	N <sub>II</sub> 、N <sub>III</sub> , 刚毛完整	23	8.31	430(N)	N <sub>II</sub> 、N <sub>III</sub> , 部分幼体刚毛弯曲
			1,058(N)	孵化率80.0%	23	8.31	531(N)	孵化率58.6%
5.18	23	8.33	928(N)	N <sub>III</sub> 期, 幼体刚毛完整			347(N)	N <sub>III</sub> 期, 70%幼体刚毛 折断, 死亡34%
			861(N)	N <sub>V</sub> 期, 幼体正常			357(N)	N <sub>IV</sub> 、N <sub>V</sub> 期, 70%幼体刚 毛折断, 活动力差
5.19	23.5	8.36	589(Z)	幼体发育正常, 变态率 68.4%(42.1%)	23.5	8.34	144(Z)	幼体刚毛折断, 极不 活泼, 变态率40.3% (17.6%)
			39(N)				93(N)	

胎发育期间, 受重金属离子的影响表现上不明显。卵内无节幼体均可达到80%。但最终孵化率试验池为80%, 对照池为58.6%。由于受重金属离子的致毒, 对照池中的部分无节幼体刚毛弯曲、折断且活动能力差。与实验室中进行的试验结果吻合<sup>(5)</sup>。当发育到第三期无节幼体时, 对照池中发育正常。当试验池中发育到第五期无节幼体时, 对照池中部分幼体仍在第四期。最终以第五期无节幼体数量计算, 到溞状幼体的变态率试验池为68.3%, 对照池为40.3%; 以卵子数量计算到溞状幼体的产率, 试验池为42.1%, 对照池仅为17.6%。

Rosenthal 和 Alderdice<sup>(14)</sup> 曾得结论, 生命过程中对环境因素最敏感的阶段为(1) 配子体, (2) 胚胎期, (3) 从内源食物向外源食物转变的幼体阶段。Lawrence 等<sup>(11)</sup> 认为在对虾高密度养殖过程中, 溞状幼体阶段可能是最为敏感的, 也是最困难的, 因为从无节幼体到溞状幼体的变态是从内源食物到外源食物转变的阶段。故一般研究环境物质对对虾的影响, 均从无节幼体向溞状幼体变态阶段进行<sup>(5)(13)</sup>。

### (三) 对溞状幼体存活的影响

为研究本文介绍的方法防治金重属对对虾育苗生产全过程的应用效果, 又对溞状幼体的存活进行了研究。另取两个育苗池(1号、26号), 分别加入与上节(二)中相同浓度的重金属离子。1号池为试验池, 放置与先前同样的除去装置、吸附30小时; 26号池为对照池。在投放溞状幼体前两池均加单氏角毛藻 *Chaetocero muelleri* 100,000cell/ml。将(二)中13号池中的第一期溞状幼体移入。结果列入表3。可看出, 12小时, 试验池(1号)与对照池(26号)无差别; 24小时, 幼体数量变化没有差异, 但对照池中幼体活泼性差。48小时, 试验池中幼体数量减少15%, 发育正常, 对照池中减少34%, 不仅活泼程度差, 发育期别亦滞后。72小时, 试验池中幼体发育到溞状第三期, 个别出现糠虾幼体, 正常, 存活率为73.2%; 对照池中亦发育到溞状第三期, 但幼体基本正常, 存活率为62.2%。

以上结果不如(二)中那样明显, 出于两方面的原因。其一, 溞状幼体阶段加进植物饵料单氏角毛藻, 由于微藻对重金属离子有较强的螯合能力<sup>(10)</sup>, 降低了重金属的离子态浓度, 毒性减小。其二, 溞状幼体从第一期到第三期的生长阶段, 较从无节幼体到溞状幼体的变态阶段对重金属的忍耐程度提高

(5) 见383页注(1)。

表3 除去重金属对对虾溞状幼体存活的影响

Table 3 Survival of protozoa of *P. chinensis* by removal of heavy metals

池号 日期 (年、月、日)	1(试验池)				2(对照池)			
	温度 (°C)	pH	幼体数量 (万)	发育情况	温度 (°C)	pH	幼体数量 (万)	发育情况
1991.5.20	24	8.44	198	Z <sub>I</sub> 期, 幼体正常, 胃肠饱满。	24	8.44	123	Z <sub>I</sub> 期, 幼体正常, 胃肠饱满。
	24		171	少量幼体为Z <sub>II</sub> 期, 正常。	24		112	少量幼体为Z <sub>II</sub> 期, 正常。
5.21	25	8.55	189	Z <sub>I</sub> 、Z <sub>II</sub> 期各半, 胃肠饱满, 活泼。	25	8.58	123	Z <sub>I</sub> 、Z <sub>II</sub> 期各半, 胃肠饱满, 活泼性差。
	25		162	Z <sub>II</sub> 期多, 胃肠饱, 活泼。	25		114	Z <sub>II</sub> 期多, 胃肠饱, 活泼性差。
5.22	26	8.32	169	Z <sub>II</sub> 期, 幼体正常。	26	8.36	81	Z <sub>II</sub> 期, 活泼性略差。
	26	8.45	158	Z <sub>II</sub> 期占40%, Z <sub>III</sub> 期占60%幼体正常。	26	8.50	92	Z <sub>II</sub> 期占50%, Z <sub>III</sub> 期占50%基本正常。
5.23	26	8.40	145	Z <sub>III</sub> 期, 幼体活泼、正常。	26	8.43	77	Z <sub>III</sub> 期, 基本正常。
总存活率(%)	73.2				62.6			

了。

另外可以说明, 实验沿用(二)试验池中第一期溞状幼体, 并没有发现到第三期溞状幼体发育上的异常。与前文<sup>〔10〕〔6〕</sup>报道的高分子吸附剂对对虾无不良影响的结果是一致的。可以认为用本文报道的方法消除重金属离子污染, 至溞状幼体生长阶段是有利无害的。

#### (四) 关于重金属除去装置的优点

半静态除去装置靠育苗池中充气造成的垂直对流进行固液界面反应, 勿需专门动力设施。

据 George 和 Coombs<sup>〔9〕</sup> 对贻贝的研究, EDTA 会加速贻贝对镉的吸收积累, 其在对虾育苗生产中是否会造成类似不良后果, 尚不清楚。而高分子吸附剂则已经证明对幼体无害。吸附剂吸附容量为 0.5 meq/g, 在重金属离子总浓度为 50 $\mu$ g/l 的污染水域, 若均以锌计, 则每立方水体用 1.6g 即可将其全部除去。每个除去装置含吸附剂 750g, 若五个装置同用, 则理论上对 20 立方水体可以使用 115 次。

另外从经济效益上考虑, 采用该装置为一次性投资, 反复多次使用, 较一次性使用的化学物质显然可以降低生产成本。

## 结 语

采用半静态重金属离子除去装置可有效地除去海水中重金属离子。消除其对对虾卵子和幼体的危害。从而提高对虾卵子的孵化率和无节幼体到溞状幼体的变态率, 促进幼体的生长和存活。与采用 EDTA 等一次性使用的化学试剂比较, 半静态重金属除去装置中含有高分子吸附剂具有长期、反复使用的优点, 可大大降低育苗生产的成本。采用将重金属离子从海水中除去的方法, 不仅在水产增殖育苗生产中有广泛的应用价值, 而且对避开重金属元素影响的生物学研究和防治重金属的急性或累积性中毒有着重要的学术意义。

(6) 同 383 页注(1)。

## 参 考 文 献

- [1] 袁有亮, 1991. 螯合剂EDTA的性质及其在水生物培养与育苗中的作用. 水产学报, 15(3): 260—271.
- [2] 袁有亮等, 1991. 育苗水体重金属离子除去装置. 实用新型专利公报, 7(49, 上): 83; 专利号91211635.8.
- [3] Beard, T. W. and J. F. Wickins, 1980. Breeding of *Penaeus monodon* Fabricius in laboratory recirculation system. *Aquaculture*, 20: 79—89.
- [4] Brown, A. Jr et al., 1980. Maturation and spawning of *Penaeus stylirostris* under controlled laboratory conditions. *Proc. World Maricul. Soc.*, 11: 488—499.
- [5] Castillo, F. L. Jr and A. L. Lawrence, 1981. The effects of EDTA (ethylenedinitrotetraacetic acid) on the survival and development of shrimp nauplii (*Penaeus stylirostris* Stimpson) and the interactions of EDTA with the toxicities of cadmium, calcium and phenol. *J. World Maricul. Soc.*, 12: 292—304.
- [6] Chamberlain, G. W. and A. L. Lawrence, 1981. Maturation, reproduction, and growth of *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris*. *Ibid* 12: 209—224.
- [7] Cook, H. L., 1969. A method for rearing penaeid shrimp larvae for experimental studies. *FAO Fish. Rep.*, 3: 709—715.
- [8] Cook, H. L. and M. A. Murphy, 1966. Rearing penaeid shrimp from egg to postlarvae. *Proc. 19th Ann. Conf. Southeastern Assoc. of Game and Fish Comm.*, 19: 283—288.
- [9] George, S. G. and T. L. Coombs, 1977. The effects of chelating agents on the uptake and accumulation of cadmium by *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, 39: 261—268.
- [10] Gnassia-Barelli, M., M. Romeo, F. Lamond and D. Pesando, 1978. Experimental studies on the relationship between natural copper complexes and their toxicity to phytolankton. *Mar. Biol.*, 47: 15—19.
- [11] Lawrence, A. L. et al., 1981. Decreased toxicity of copper and manganese ions to shrimp nauplii (*Penaeus stylirostris* Stimpson) in the presence of EDTA. *J. World Maricul. Soc.*, 12: 271—280.
- [12] Licop, M. S. R., 1988. Sodium-EDTA effects on survival and metamorphosis of *Penaeus monodon* larvae. *Aquaculture*, 74: 239—247.
- [13] Mock, C. R. and M. A. Murphy, 1970. Technique for raising penaeid shrimp from egg to postlarvae. *Proc. World Maricul. Soc.*, 1: 143—156.
- [14] Rosenthal, H. and D.F. Alderdice, 1976. Sublethal effects of environmental stressors, natural and pollutional, on marine fish eggs and larvae. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 33: 2047—2065.
- [15] Simon, C. M., 1978. The culture of the diatom *Chaetoceros gracilis* and its use as a food for penaeid protozoal larvae. *Aquaculture*, 14: 105—113.
- [16] Yuan Yuxian et al., 1992. Metamorphosis to postlarvae of *Penaeus chinensis* Osbeck by removal of heavy metals from rearing systems with polymeric absorbent. *J. World Aquacul. Soc.*, 23(3): 188—193.