

文章编号: 1000 - 0615(2001)04 - 0298 - 06

海水中几种金属离子对中国对虾幼体体内 碱性磷酸酶和 ATPase 的影响

刘存岐^{1,2}, 王安利², 王维娜², 刘媛²

(1. 华东师范大学河口海岸国家重点实验室, 上海 200062;
2. 河北大学生命科学学院, 河北保定 071002)

摘要:向经过螯合剂 Cephlex 100 处理的海水中添加金属离子, 进行培养中国对虾糠虾幼体和仔虾幼体, 观察金属离子对变态发育及其体内碱性磷酸酶和 ATPase 活性的影响。结果显示当海水中 Cu^{2+} 、 Co^{2+} 、 Mn^{2+} 浓度分别为 40、40、20 $\mu\text{g L}^{-1}$ 时明显激活糠虾幼体体内碱性磷酸酶的活性, 但大于此浓度时则使该酶活性降低; Cu^{2+} 低浓度时能够提高仔虾体内碱性磷酸酶和 ATPase 的活性, 浓度在 40 $\mu\text{g L}^{-1}$ 时碱性磷酸酶的活性达到最高, 在 40~80 $\mu\text{g L}^{-1}$ 浓度范围内 ATPase 活性明显高于对照组, 较高浓度则抑制两种酶的活性。 Co^{2+} 在 20 $\mu\text{g L}^{-1}$ 时明显提高两种酶的活性。而 Ni^{2+} 只使两种酶活性降低。鉴于碱性磷酸酶和 ATPase 与生长发育直接相关, 金属离子对对虾幼体生长的影响与对两种酶活性的影响基本一致, 因此体内这两种酶活性的高低可作为判别环境因素是否适合对虾幼体生存的指标。

关键词:中国对虾; 幼体; 金属离子; 碱性磷酸酶; 三磷酸腺苷酸酶

中图分类号: S917 **文献标识码:** A

Influences of metal ions in sea water on activities of alkaline phosphatase (AKP) and ATPase in mysis and postlarvae of *Penaeus chinensis*

LIU Cun-qi^{1,2}, WANG An-li², WANG Wei-na², LIU Yuan²

(1. The State Key Laboratory of Estuary and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China;
2. College of Life Science, Hebei University, Baoding 071002, China)

Abstract: The influences of some metal ions in seawater treated by Cephlex 100 on metamorphosis, growth and activities of alkaline phosphatase (AKP) and ATPase in mysis and postlarvae of Chinese prawn *Penaeus chinensis* were studied. The results showed: Alkaline phosphatase (AKP) and ATPase are two kinds of enzymes that are related to growth and development of animals. Cu^{2+} , Co^{2+} and Mn^{2+} whose concentrations were 40, 40, 20 $\mu\text{g L}^{-1}$ respectively could increase the AKP activity significantly in mysis, but higher concentrations decreased the AKP activity. Low Cu^{2+} concentrations (40 - 80 $\mu\text{g L}^{-1}$) increased the activities of AKP and ATPase significantly ($P < 0.05$) in postlarvae, and Co^{2+} at 20 $\mu\text{g L}^{-1}$ increased the activities, but Ni^{2+} could not activate these two kinds of enzymes. Because changes of AKP and ATPase activities were relative to the growth directly, the activity of AKP and ATPase could be the indicators for assessment of the physiological condition of the

收稿日期: 2000-11-13

基金项目: 河北省自然科学基金 (397080)

第一作者: 刘存岐 (1967 -), 男, 河北昌黎人, 博士生, 副研究员, 主要从事鱼虾生理生态学。E-mail: liucunqi@sina.com

larvae.

Key words: *Penaeus chinensis*; larva; metal ion; alkaline phosphatase (AKP); ATPase

自八十年代以来,对虾苗种培育取得了突破性进展,使我国对虾养殖业迅猛发展。由于育苗厂大都设置在港湾和河岸附近,苗种极易受到工业污染物尤其是重金属离子的影响,使苗种大量死亡甚至绝产。因此重金属离子对对虾幼体变态的影响受到人们的重视,而研究多集中在金属离子对对虾幼体的毒性方面^[1-3],至于对虾幼体发育对海水中金属离子的需求方面的报道很少^[4,5],也没有检测育苗海水中金属离子是否适合对虾幼体生长的生化指标。关于海水中金属离子对对虾幼体内碱性磷酸酶(AKP)和三磷酸腺苷酶(ATPase)活性的影响尚未见报道。

本实验考虑了海水中重金属离子的背景值,在去除了海水中重金属离子的基础上添加不同浓度的金属离子来进行养殖中国对虾糠虾幼体和仔虾养殖实验,以探讨对虾幼体对金属离子的需求,并分析了 Cu^{2+} 、 Co^{2+} 等金属离子对糠虾幼体和仔虾体内 AKP 和 ATPase 活性的影响与作用,以期对对虾苗种生产起指导作用。

1 材料与方法

1.1 研究材料

实验在河北大学水生生物学研究室进行。中国对虾幼体来自福建乐清县海水水产苗种厂。

1.2 实验海水配置与对虾培育

培育中国对虾糠虾幼体和仔虾的海水按以下方法配置。取 1L 浓缩海水(卤度为 17 度,取自河北省丰南南堡盐场),加入螯合剂 Cephlex100,搅拌 1h,螯合海水中的重金属离子并进行过滤。称取 246gNaCl,37gCaCl₂·2H₂O,分别用无离子水溶解后倒入经螯合的海水中,调节 Na⁺ 和 Ca²⁺ 的比例使之与自然海水一致。加入自来水稀释到盐度为 24。pH 调到 7.8~8.4。用于培育中国对虾幼体。

所用离子试剂均为氯化物分析纯,用处理的海水制成 50μg·mL⁻¹ 的母液。用母液配制不同浓度的实验养殖海水。设置各种离子浓度如表 1。

表 1 养殖用海水中金属离子浓度设置

Tab.1 Gradient concentrations of metal ions in sea water for culture (μg L⁻¹)

浓度	0	1	2	3	4	5	
Cu ²⁺	0	10	20	40	80	120	培育中国对虾糠虾幼体
Co ²⁺	0	10	20	40	80	100	
Mn ²⁺	0	20	40	60	80	100	
Cu ²⁺	0	10	20	40	80	120	培育中国对虾仔虾
Co ²⁺	0	10	20	40	80	100	
Ni ²⁺	0	20	40	60	80	100	

在 800mL 的玻璃瓶中进行养殖实验。每瓶加海水 500mL。每瓶放入糠虾幼体或仔虾 30 尾,仔虾平均体长 8.6mm,平均体重 4.5mg。设两平行实验组和一对照组。培养过程中盐度,pH 维持恒定,温度为室温,每天换水 100mL。投喂卤虫幼体,养殖 11d,统计成活率、体长与体重后测定 AKP 和 ATPase 的酶活力。

1.2 AKP 和 ATPase 酶活性的测定

1.2.1 AKP 酶活性测定

取冷冻仔虾,重蒸水冲洗三次,用吸水纸吸干,加入适量预冷的 0.05M Tris-HCl 缓冲液(pH = 7.4)。冰浴中用超声波匀浆机匀浆。匀浆液在冷冻超速离心机下离心 30min(温度为 0℃,转速 12 000

$r \cdot \text{min}^{-1}$)。取上清液作酶活性测定。

试管中加入 0.05M 硼砂-NaOH 缓冲液 ($\text{pH}=9.4$) 0.8mL, 5mM 对硝基苯磷酸二钠 0.1mL, 37℃ 水浴 5min, 加入粗酶液 0.2mL 混匀, 继续水浴 10min, 加入 0.2N NaOH 2mL 终止反应。用 G-751 分光光度计在 410nm 波长下测定吸光值。在本实验条件下, 每分钟吸光值上升 0.001 定义为 1 个活力单位。空白仅将酶液换为重蒸水。每个样品做两个平行。Folin 酚法测粗酶液的蛋白浓度。

1.2.2 ATPase 酶活性测定

取冷冻仔虾, 用重蒸水冲洗三次, 吸水纸吸干, 加入适量预冷的缓冲液 (250mM 蔗糖, 5mM EDTA, 50mM 咪唑-乙酸缓冲液, $\text{pH}=7.4$), 冰浴中用超声波匀浆机匀浆。取 0.25mL 匀浆液与 0.55mL 缓冲液 (含 MnCl_2 6mM, NaCl 100mM, KCl 10mM, Tris-乙酸缓冲液 25mM, $\text{pH}=7.4$) 混合在 1.5mL 的离心管中, 25℃ 水浴 20min, 加入 0.55mL 的 10mM Na_2ATP 反应 10min, 再加入 0.15mL 的 1.2mM TCA 终止反应。0℃ 离心 5min ($12\,000r \cdot \text{min}^{-1}$)。取上清液 0.5mL 用钼蓝法测定无机磷, 在 660nm 波长下用 G-751 分光光度计测定吸光值, ATPase 活力用毫微摩尔无机磷/毫克蛋白/小时 [$\text{nmolPi} \cdot (\text{mg} \cdot \text{h})^{-1}$] 表示。空白仅将匀浆液换为重蒸水即可, 重复上述步骤。每个样品做两个平行。Folin 酚法测粗酶液的蛋白浓度。

2 结果与分析

2.1 海水中 Cu^{2+} 、 Co^{2+} 、 Mn^{2+} 浓度对糠虾幼体体内 AKP 活性的影响

海水中不同浓度 Cu^{2+} 、 Co^{2+} 、 Mn^{2+} 对中国对虾糠虾幼体体内碱性磷酸酶活性的影响见表 2。当海水中添加 Cu^{2+} 浓度为 $40\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时糠虾幼体体内 AKP 的酶活性最高, 并显著高于对照组 ($P < 0.05$), 当浓度大于 $40\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 酶活性又开始降低, 在浓度为 $120\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时达到最低。以上说明养殖用海水中适当的 Cu^{2+} 浓度能够促进中国对虾糠虾幼体体内酶活性的提高, 而高浓度的 Cu^{2+} 则抑制其活性。

表 2 海水中不同浓度 Cu^{2+} 、 Co^{2+} 、 Mn^{2+} 对中国对虾糠虾幼体体内碱性磷酸酶活性的影响

Tab.2 Influences of different Cu^{2+} 、 Co^{2+} 、 Mn^{2+} concentrations in the sea water on the activity of AKP in mysis of *P. chinensis*

浓度 ($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)			AKP 比活 ($\text{U} \cdot \text{mg}^{-1}$)		
Cu^{2+}	Co^{2+}	Mn^{2+}	Cu^{2+}	Co^{2+}	Mn^{2+}
0	0	0	0.917 \pm 0.039	1.556 \pm 0.015	1.168 \pm 0.049
10	10	20	1.126 \pm 0.000	1.566 \pm 0.014	1.711 \pm 0.030
20	20	40	1.027 \pm 0.007	1.185 \pm 0.000	1.195 \pm 0.000
40	40	60	1.697 \pm 0.021	2.12 \pm 0.024	1.179 \pm 0.026
80	80	80	1.036 \pm 0.012	1.25 \pm 0.035	0.841 \pm 0.032
120	100	100	0.671 \pm 0.037	0.768 \pm 0.000	0.679 \pm 0.027

当海水中添加 Co^{2+} 浓度为 $40\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 中国对虾糠虾幼体体内 AKP 活性最高, 超过 $40\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 则使酶活性降低; 当海水中 Mn^{2+} 添加浓度为 $20\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时 AKP 活性达到最高, 高浓度的则抑制其活性。

2.2 海水中 Cu^{2+} 浓度对仔虾成活、生长、AKP 和 ATPase 活性的影响

海水中不同 Cu^{2+} 浓度对中国对虾仔虾成活, 生长, AKP 和 ATPase 活性的影响见表 3。实验结果表明向养殖海水中添加 Cu^{2+} 的实验组中国对虾仔虾的存活率都明显高于对照组 ($P < 0.05$), 当海水中 Cu^{2+} 浓度为 $10\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时成活率最高, 但各实验组之间没有差异, 可见 $10 \sim 120\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 范围内的 Cu^{2+} 浓度均促进仔虾成活。养殖海水中添加 Cu^{2+} 的实验组仔虾体长和体重的增加也都明显高于对照组, 当添加 Cu^{2+} 浓度为 $40\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 体长和体重增加量最大。

从碱性磷酸酶 (AKP) 活性看, 添加 Cu^{2+} 浓度为 $10\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $20\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $40\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时均能明显激活 AKP 的活性。但添加浓度为 $80\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $120\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 实验组 AKP 比活则明显低于对照组。可见 Cu^{2+} 浓度为 $10 \sim 40\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时可促进 AKP 的活性, 高于 $80\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时会抑制 AKP 的活性。

表 3 不同 Cu^{2+} 浓度对中国对虾仔虾成活,生长, AKP 和 ATPase 活性的影响Tab. 3 Influences of different Cu^{2+} concentrations on survival, growth and activities of AKP and ATPase in postlarvae of *P. chinensis*

浓度($\mu\text{g L}^{-1}$)	成活率(%)	平均体长(mm)	平均体重(mg)	AKP 比活($\text{U} \cdot \text{mg}^{-1}$)	ATPase 比活($\text{nmolpi} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)
0	55.0	12.5	13.8	1.268 \pm 0.011	1.292 \pm 0.107
10	66.7	12.7	15.0	1.479 \pm 0.011	1.261 \pm 0.100
20	65.0	13.0	17.0	1.492 \pm 0.017	1.368 \pm 0.122
40	61.7	14.4	20.1	1.449 \pm 0.011	1.453 \pm 0.070
80	63.3	13.2	17.5	1.060 \pm 0.011	1.866 \pm 0.030
120	65.0	13.0	17.3	0.679 \pm 0.017	1.153 \pm 0.017

养殖用海水中 Cu^{2+} 浓度为 $40 \mu\text{g L}^{-1}$, $80 \mu\text{g L}^{-1}$ 时中国对虾仔虾体内 ATPase 活性显著高于对照组 ($P < 0.05$), 而添加 Cu^{2+} 浓度为 $120 \mu\text{g L}^{-1}$ 的实验组 ATPase 比活小于对照组, 但不明显。

综合以上不同浓度的 Cu^{2+} 对中国对虾仔虾各指标的影响, Cu^{2+} 浓度为 $40 \mu\text{g L}^{-1}$ 左右时, 对中国对虾仔虾生长发育有利。

2.3 海水中 Co^{2+} 浓度对仔虾成活, 生长, AKP 和 ATPase 活性的影响

海水中不同浓度的 Co^{2+} 对中国对虾仔虾成活、生长、AKP 和 ATPase 活性的影响见表 4。当海水中 Co^{2+} 浓度为 $20 \mu\text{g L}^{-1}$ 时, 中国对虾仔虾成活率、平均体长的增量最大, 明显高于对照组 ($P < 0.05$), 而平均体重亦最高, 但与对照组比较没有显著性差异。在此浓度下成活率和平均体长比对照组均高出 10%, 可见 Co^{2+} 浓度为 $20 \mu\text{g L}^{-1}$ 时明显有利于仔虾的存活与生长。

从 AKP 活性看, 当海水中 Co^{2+} 浓度为 $20 \mu\text{g L}^{-1}$ 时, AKP 活性最大, 浓度为 $100 \mu\text{g L}^{-1}$ 时活性最小。海水中 Co^{2+} 浓度为 $10 \mu\text{g L}^{-1}$, $20 \mu\text{g L}^{-1}$, $40 \mu\text{g L}^{-1}$ 时实验组仔虾体内 AKP 酶活性明显高于对照组, 差异特别显著 ($P < 0.01$); 而当 Co^{2+} 浓度为 $100 \mu\text{g L}^{-1}$ 时仔虾的酶活明显低于对照组 ($P < 0.01$)。可见, 当海水中 Co^{2+} 浓度为 $10 \sim 40 \mu\text{g L}^{-1}$ 时可激活仔虾体内酶 APK 的活性, 而当浓度为 $100 \mu\text{g L}^{-1}$ 以上时则抑制酶的活性。

表 4 不同浓度的 Co^{2+} 对中国对虾仔虾存活、生长、AKP 和 ATPase 活性的影响Tab. 4 Influences of different Co^{2+} concentrations on survival, growth and activities of AKP and ATPase in postlarvae of *P. chinensis*

浓度($\mu\text{g L}^{-1}$)	成活率(%)	平均体长(mm)	平均体重(mg)	AKP 比活($\text{U} \cdot \text{mg}^{-1}$)	ATPase 比活($\text{nmolpi} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)
0	63.35	12.2	14.4	1.417248 \pm 0.012	1.028 \pm 0.021
10	71.7	12.8	15.2	1.850838 \pm 0.011	1.027 \pm 0.023
20	73.3	13.4	17.0	2.687388 \pm 0.005	1.144 \pm 0.000
40	71.7	12.6	15.4	2.021123 \pm 0.010	0.860 \pm 0.047
100	50	12.4	15.2	1.232301 \pm 0.004	0.503 \pm 0.042

从 ATPase 比活看, 海水中 Co^{2+} 浓度为 $20 \mu\text{g L}^{-1}$ 时 ATPase 活性最大, $100 \mu\text{g L}^{-1}$ 时酶活性最小。经方差分析表明当 Co^{2+} 浓度为 $20 \mu\text{g L}^{-1}$ 时实验组酶活性高于对照组且差异显著 ($P < 0.05$); 当 Co^{2+} 浓度为 40 、 $100 \mu\text{g L}^{-1}$ 实验组酶活性明显低于对照组。可见当海水中 Co^{2+} 浓度为 $20 \mu\text{g L}^{-1}$ 时可激活 ATPase 的活性, 浓度高于 $40 \mu\text{g L}^{-1}$ 时则抑制 ATPase 的活性。

2.4 海水中 Ni^{2+} 浓度对仔虾成活, 生长, AKP 和 ATPase 活性的影响

海水中不同浓度的 Ni^{2+} 对中国对虾仔虾成活、生长、AKP 和 ATPase 活性的影响见表 5。向养殖用海水中添加 Ni^{2+} , 对中国对虾对虾仔虾成活率、体长和体重的影响不大, 而且实验组成活率、体长和体重的增长有低于对照组的趋势。

从中国对虾仔虾 AKP 和 ATPase 活性上看, 养殖用海水中添加 Ni^{2+} 对 AKP 和 ATPase 活性激活作用

不明显,并有随着添加浓度的增加 AKP 和 ATPase 活性有下降的趋势。

因此,在养殖中国对虾仔虾的海水中添加作用不大。

表5 不同浓度的 Ni^{2+} 对中国对虾仔虾成活,生长,AKP 和 ATPase 活性的影响

Tab.5 Influences of different Ni^{2+} concentrations on survival and growth and activities of AKP and ATPase in postlarvae of *P. chinensis*

浓度($\mu\text{g L}^{-1}$)	成活率(%)	平均体长(mm)	平均体重(mg)	AKP 比活($\text{U} \cdot \text{mg}^{-1}$)	ATPase 比活($\text{nmolpi} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)
0	56.7	12.7	15.4	2.341 \pm 0.004	1.289 \pm 0.030
20	48.3	13.5	16.9	1.760 \pm 0.000	1.027 \pm 0.024
40	55.0	12.7	16.5	1.551 \pm 0.002	0.979 \pm 0.022
80	60.0	12.3	12.9	1.642 \pm 0.007	1.097 \pm 0.044
100	41.7	11.8	12.8	1.447 \pm 0.001	1.009 \pm 0.028

3 讨论

AKP 存在于动植物体内,是一种对底物专一性较低的磷酸单酯水解酶,是重要的解毒体系,并与一些营养物质的消化吸收有关^[6,7]。何海琪和孙凤^[8]提纯了中国对虾体内的碱性磷酸酶并对其特性进行了研究,证实 Co^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 等离子均是碱性磷酸酶的抑制剂,这个结果与我们的实验结果不一致,即当海水中 Cu^{2+} 浓度在 $10 \sim 40 \mu\text{g L}^{-1}$ 时,对中国对虾糠虾和仔虾体内 AKP 有明显激活作用, Cu^{2+} 浓度超过 $80 \mu\text{g L}^{-1}$ 对 AKP 有抑制作用; Co^{2+} 浓度在 $10 \sim 40 \mu\text{g L}^{-1}$ 时对中国对虾仔虾体内 AKP 有明显的促进作用, Co^{2+} 浓度超过 $100 \mu\text{g L}^{-1}$ 对 AKP 有抑制作用。同时我们发现当海水中 Mn^{2+} 添加浓度在 $20 \mu\text{g L}^{-1}$ 时 AKP 活性达到最高并远远高于对照组。

有许多学者发现在动物迅速生长的组织细胞中有许多磷酸酶和核糖核酸^[9,10]。Muhammad^[11]根据实验证实罗氏沼虾蜕皮间期壳中钙沉积、吸收钙的速率与其体内的碱性磷酸酶的活性有关,既蜕皮后的罗氏沼虾碱性磷酸酶活性显著高于蜕皮间期以增加钙的吸收。Muhammad^[12]还证实碱性磷酸酶的活性与虾蜕皮直接相关。本实验结果也表明, Cu^{2+} 、 Co^{2+} 对中国对虾仔虾生长的影响与碱性磷酸酶的活性高低一致。因此,碱性磷酸酶活性可作为检测海水中金属离子浓度是否适合中国对虾仔虾存活与生长发育的重要指标,以判断中国对虾仔虾的机能状态。

三磷酸腺苷酸酶(ATPase)是一族酶,它是 Na^+ - K^+ 泵、 Ca^{2+} 泵、 H^+ 泵的构成成分,在物质跨膜转运中是一种非常重要的酶,常以 ATPase 复合物形式存在。 Na^+ / K^+ 的主动运输需要特殊的运载酶^[13], Na^+ - K^+ ATPase 普遍存在于动物细胞膜上,是离子在膜间运输的一个主要的调解者,调节动物在细胞或器官上的离子平衡^[14]。由于生理上处于胁迫条件时 ATP 库内 ATP 减少^[15],因此 ATPase 活性的检测可以作为动物身体状态好坏的指标。Bouaricha 等^[16]测定了日本对虾胚后发育各阶段体内 Na^+ - K^+ ATPase 活性,发现在对虾连续发育的各阶段 Na^+ / K^+ ATPase 活性是变化着的。在无节幼体期没有活性,在蚤状幼体期略有上升,在糠虾幼体 2、3 期活性迅速增加。从糠虾幼体后期到仔虾的转换时期活性明显增加,与幼体发育从渗透压的顺应到仔虾与成虾主动调节相一致。头胸部的 Na^+ - K^+ ATPase 从 PL₃、PL₄ 升高到 PL₅ 达到最高,在这个阶段渗透压的调节能力是最强的。并强调在幼体发育过程中, Na^+ - K^+ ATPase 活性的变化与渗透调整的超微结构相关,也与渗透调节和耐盐性有关。Nan 等^[17]发现去除眼柄的斑节对虾幼虾的生长率显著高于没有去除眼柄的幼虾,且鳃中拥有高的总 ATPase 和 Na^+ - K^+ ATPase 活性,因此认为总 ATPase 和 Na^+ - K^+ ATPase 活性生理状况的指标,也是环境适应性的指标。从本实验的结果来看 ATPase 的活性的高低与对虾仔虾的生长表现出极大的一致性,所以 ATPase 活性的高低可以评价对虾仔虾所生存的环境。

总之,当海水中 Cu^{2+} 、 Co^{2+} 浓度为 $20 \sim 40 \mu\text{g L}^{-1}$ 时,对中国对虾仔虾生长发育最佳并对其体内 AKP 和 ATPase 有激活作用。 Ni^{2+} 对中国对虾仔虾作用效果不明显,可能需要量极微有关。因此,碱性磷酸

酶和三磷酸腺苷酸酶可作为检测海水中金属离子浓度是否适合中国对虾仔虾生长发育的重要指标,这将对虾苗孵化与养殖生产有指导作用。

参考文献:

- [1] 吴彰宽,陈国江. 23 种有害物质对对虾的急性致毒实验[J]. 海洋科学,1988,(4):36-40.
- [2] 王安利,王维娜,李铁水,等. 铜、锌、锰和铬对中国对虾仔虾的急性致毒及相互关系的研究[J]. 海洋学报,1992,14(4):134-140.
- [3] 许章程,洪丽卿,郑邦定. 重金属对几种海洋双壳类和甲壳类生物的毒性[J]. 台湾海峡,1994,13(4):381-387.
- [4] 袁有宥,曲克明,刘立波,等. 中国对虾卵子孵化及无节幼体变态对海水环境中铜的需要[J]. 海洋学报,1995,17(1):83-89.
- [5] 高成年,曲克明,张渡溪. 中国对虾(*Penaeus chinensis*) 卵子孵化和无节幼体变态水环境中锌离子的最佳活度[J]. 中国水产科学,1995,2(1):1-7.
- [6] Harada M. Protein Phosphatase activity of calf intestinal alkaline phosphatase[J]. *Experientia*, 1981,37:547-548.
- [7] Register T C, Wuthier R E. Effect of vandate a potent alkaline phosphatase inhibitor on 45Ca and 32P uptake by a matrix vesicle-enriched fractions from chicken epiphyseal cartilage[J]. *J Biol Chem*, 1984,259:3511-3518.
- [8] 何海琪,孙 凤. 中国对虾酸性磷酸酶和碱性磷酸酶的特性研究[J]. 海洋与湖沼,1992,23(5):555-560.
- [9] Biesele J J. Alkaline phosphatase in mouse skin under methy cholanthrene treatment[J]. *Cancer Res*, 1949,4:737-741.
- [10] Biesele J J. Phosphatase and nucleic acids in silk glands: cytochemical aspects of fibrilla protein secretion uart[J]. *J Mier Sci*, 1951,92:87-90.
- [11] Muhammad A Latif. Effects of environmental alkalinity on calcium-stimulated dephosphorlating enzyme activity in the gills of postmoult and intermoult giant freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1992, 107A(4):597-601.
- [12] Muhammad A Latif. A study of the effects of alkalinity and hardness on postlarvae and juveniles of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) [D], U K:Institute of Aquaculture, University of Stirling, 1992.
- [13] Towle D W, Palmer G E, Harris J L. Role of gill Na^+ , K^+ -ATPase in acclimation of blue crab, *Callinectes sapidus*, low salinity[J]. *J Exp Zool*, 1976, 196:315-322.
- [14] Towle D W. Role of Na^+ , K^+ -ATPase in ionic regulation by marine and estuarine animals[J]. *Mar Biol Lett*, 1981, 2:107-122.
- [15] Chen J C, Nan F H. Effect of ambient ammonia on ammonia-N excretion and ATPase activity of *Penaeus chinensis* [J]. *Aquat Toxicol*, 1992,23, 1-10.
- [16] Bouaricha N, Thuet P, charmantier G, et. al. The Na^+ - K^+ ATPase and carbonic anhydrase activity in larvae, postlarvae and adults of the shrimp *Penaeus japonicus* (DECAPODA, PENAEIDEA) [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1991,100A(2):433-437.
- [17] Nan F-h, Sheen S-S, Liu P-C, et. al. The effect of eyestalk ablation on growth, haemolymph composition and gill Na^+ , K^+ -ATPase activity of *Penaeus monodon* juveniles [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1993, 106A(4):621-626.

欢迎订阅 2002 年《现代渔业信息》

《现代渔业信息》杂志系农业部主管、中国水产科学研究院东海水产研究所主办和农业部东海区渔政渔港监督管理局等四十五个单位协办的一个供全国农、林、水系统各级领导、高等院校教师、科技人员以及生产单位工作者参阅的渔业科技综合性信息刊物。报道的主要内容侧重于国外渔业生产、水产科学技术的新动态、新工艺、新材料和新方法等信息;同时报道国内渔业生产、科技及教育等方面进展动态。

本刊为月刊,国际标准刊号:ISSN1004-8340,国内统一刊号:CN31-1465/S。邮发代号:4-625,国内发行:上海市邮政局报刊发行局。每期定价4.00元(包括邮费)全年12期,共计48.00元。请到当地邮局办理订阅。若当地邮局订阅不便,仍可与《现代渔业信息》杂志编辑部发行部联系办理订阅。帐号:东海水产研究所1001222309026400731 工行杨树浦桥分理处。

杂志地址:上海市军工路300号,邮编:200090。

广告、发行部联系人:徐吟梅。电话:021-65684690-8046,021-65682889