

# 汕头牛田洋沿海围垦区锯缘青蟹病害爆发的环境因素

吴清洋<sup>1</sup>, 李远友<sup>1,\*</sup>, 夏小安<sup>1</sup>, 张亮<sup>1</sup>, 王树启<sup>1</sup>, 徐树德<sup>1</sup>, 林尤顺<sup>2</sup>

(1. 汕头大学海洋生物研究所, 广东 汕头 515063; 2. 汕头市大顺实业有限公司, 广东, 汕头 515000)

**摘要:**锯缘青蟹 (*Scylla serrata*) 是汕头市的传统特色和优势养殖品种, 也是拥有 3 万多亩海水养殖池塘的牛田洋围垦区的主养品种。近年来, 每年 9—11 月份, 牛田洋的青蟹病害严重, 经济损失较大。为探讨青蟹发病与养殖环境的关系, 于 2007 年 4 月至 12 月份对牛田洋养殖区的水体理化因子和生物因子进行连续监测研究, 结果发现: 各因子呈现出明显的季节性变化。在发病前的 7—8 月份, 青蟹处于较高水温 ( $\geq 28^{\circ}\text{C}$ ) 和较低盐度 ( $\leq 6$ ) 环境中。在发病期 (9—11 月份), 各种环境因子恶化, 其中铵态氮 ( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ) 和亚硝态氮 ( $\text{NO}_2^--\text{N}$ ) 在 9 月份达到峰值, 分别为  $235.63 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $27.75 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ; 硝态氮 ( $\text{NO}_3^--\text{N}$ ) ( $10.85 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )、无机磷 ( $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ ) ( $39 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) 及生物因子 (水体异养菌  $157.93 \times 10^5 \text{cfu}\cdot\text{L}^{-1}$ 、弧菌  $116.75 \times 10^3 \text{cfu}\cdot\text{L}^{-1}$ , 干重底泥异养菌  $157.93 \times 10^5 \text{cfu}\cdot\text{g}^{-1}$ 、弧菌  $141.65 \times 10^3 \text{cfu}\cdot\text{g}^{-1}$ ) 在 10 月份达到峰值。结果说明: 水体理化因子的恶化和条件致病微生物的大量增生是青蟹病害爆发的重要原因。

**关键词:**锯缘青蟹; 病害; 环境因子

## Research on environmental factors resulting in the outbreak of mud crab (*Scylla serrata*) diseases in Niutianyang reclaiming coastal area of Shantou

WU Qingyang<sup>1</sup>, LI Yuanyou<sup>1,\*</sup>, XIA Xiaolan<sup>1</sup>, ZHANG Liang<sup>1</sup>, WANG Shuqi<sup>1</sup>, XU Shude<sup>1</sup>, LIN Youshun<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Marine Biology Institute of Shantou University, Shantou 515063, China

<sup>2</sup> Shantou Dashun Industry Co., Limited, Shantou 515000, China

**Abstract:** Mud crab *Scylla serrata* is one of the most valuable shellfish and the largest crab fishery in China, which is widely cultured in brackish and seawater ponds along the coast of southeast China. In recent years, mud crab cultured in Niutianyang reclaiming coastal area of Shantou suffered from serious diseases, which resulted in high mortality and great economic loss. To study the relationship between environmental factors and the outbreak of diseases, we carried out a consecutive investigation of water physico-chemical parameters and biological factors from April to December in 2007. It was found that all the investigated factors displayed obvious seasonal variation. In July and August, *S. serrata* inhabited in a relatively high water temperature ( $\geq 28^{\circ}\text{C}$ ) and low salinity ( $\leq 6$ ). During the period of disease outbreak (from Sep. to Nov.), the environmental factors deteriorated. Ammonia-N ( $235.63 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) and nitrite-N ( $27.75 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) reached a peak value in September; while nitrate-N ( $10.85 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ), phosphate-P ( $39 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ) and biological factors (water heterotrophic bacteria  $157.93 \times 10^5 \text{cfu}\cdot\text{L}^{-1}$ , vibrio bacteria  $116.75 \times 10^3 \text{cfu}\cdot\text{L}^{-1}$ , sediment heterotrophic bacteria  $733.25 \times 10^5 \text{cfu}\cdot\text{g}^{-1}$ , vibrio bacteria  $141.65 \times 10^3 \text{cfu}\cdot\text{g}^{-1}$ ) reached their peak values in October. These results suggested that both the deterioration of environmental factors and the proliferation of conditional pathogens are the important reasons for the outbreak of *S. serrata* diseases.

**Key Words:** *Scylla serrata*; diseases; environmental factors

**基金项目:**广东省科技计划重大专项资助项目(2006A36502004); 农业攻关资助项目(2008B020800004); 广东高校产学研结合示范基地科技成果转化重大资助项目(cgzhzd0812); 广东省教育部产学研合作专项资金资助项目(2007B090400049)

收稿日期:2009-02-22; 修订日期:2009-04-27

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yyli@stu.edu.cn

锯缘青蟹 (*Scylla serrata*, 简称青蟹) 是我国东南沿海重要的海洋经济养殖蟹类之一, 也是汕头市海水池塘的传统特色养殖品种, 养殖面积 0.67 万  $\text{hm}^2$ ; 其中, 牛田洋围垦区 0.2 万  $\text{hm}^2$ 。然而, 自 2004 年秋冬以来, 汕头的青蟹养殖发生了前所未有的病害, 死亡现象严重; 据当地企业统计, 每年减产 60% 以上, 年经济损失上亿元。该病害发病迅速、范围广, 主要爆发于每年的 9—11 月份。为了探讨青蟹大规模死亡的原因及有效的防控措施, 对病原、病害发生与养殖环境三者之间的关系进行了较为系统的研究。现已查明: 细菌 (如嗜水气单胞菌、副溶血弧菌) 和寄生性腰鞭毛虫的共同感染是引起青蟹大规模死亡的主要原因之一<sup>[1-2]</sup>。本文主要从养殖水体理化因子 (温度、盐度、溶解氧、pH、化学需氧量、无机氮、无机磷) 和生物因子 (水体底泥中的异养菌与弧菌) 等方面, 探讨青蟹病害发生与养殖环境的关系, 为研究青蟹病害发生的机制和防治方法等提供依据。

## 1 材料及方法

### 1.1 采样点选择

从牛田洋围垦区内的大顺公司的青蟹标准化养殖基地选取 4 个 6.667  $\text{hm}^2$  左右的养殖池塘作为采样、监测点, 于 2007 年 4—12 月, 每月进行 1—2 次的定点环境监测、采样及病害调查; 在天气发生恶劣变化 (如台风、大雨) 或病害高发期, 增加取样和病害调研频率 (每周 1 次)。

### 1.2 现场理化因子测定和样品采集

利用 YSI-6600 型便携式水质检测仪 (美国) 现场测定水温、盐度、溶解氧 (DO)、透明度、pH 值。水样用 HQM-1 采水器采集, 盛放于聚乙烯瓶内, 低温保存带回实验室, 测定其亚硝态氮 ( $\text{NO}_2^-$ -N)、硝态氮 ( $\text{NO}_3^-$ -N)、铵态氮 ( $\text{NH}_4^+$ -N)、无机磷  $\text{PO}_4^{3-}$ -P 含量及化学耗氧量 (COD)、菌群数量; 池塘底泥样品用有机玻璃底泥采集器 (直径 60 mm) 采集, 取中央表层未受干扰泥样约 100 g, 放入洁净无菌培养皿中, 低温带回实验室, 分析菌群数量。样品采集和分析调查方法参照《海洋调查规范》<sup>[3]</sup> 与《海洋监测规范》<sup>[4]</sup>。

### 1.3 水体和底泥细菌数量测定

无菌条件下, 将水样分别稀释 10 倍和 100 倍后, 用无菌吸液器吸取 100  $\mu\text{L}$  进行涂板计数 (2 个重复); 根据菌落数、稀释倍数计算水体中菌群数量 ( $\text{cfu} \cdot \text{L}^{-1}$ )。取约 10 g 泥样, 称重后放入盛有 90 mL 无菌水的锥形瓶内, 剧烈振荡 20 min 后, 静置 20 min, 将上清液分别稀释 100 和 1000 倍, 然后用无菌吸液器吸取 100  $\mu\text{L}$  上清液, 涂板计数; 根据泥样重量、干湿比及稀释倍数计算单位干重底泥所含细菌数量 ( $\text{cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ )。弧菌和异养菌分别采用 TCBS 弧菌特异培养基与 Zobell 2216E 培养基培养。

### 1.4 数据分析

数据为 4 个采样点的平均值  $\pm$  标准误 ( $n=4$ ), 数据处理及图表制作均使用 Excel 2003 及 Origin 7.0 完成。

## 2 实验结果

### 2.1 病害发生情况

2007 年 4—8 月份, 青蟹健康状况良好, 基本没有病害发生。自 9 月中下旬开始有较多的病蟹, 主要表现为黑鳃、甲壳黄斑、体内腹水等症状, 10 月份青蟹病害尤为严重。仅大顺公司的青蟹养殖就减产了 30%, 年经济损失在百万元以上。

### 2.2 水温、盐度、溶解氧、pH 的月变化情况

监测期间, 池塘的水温、盐度、溶解氧、pH 变化情况见图 1。结果显示, 全年水温呈现春季低、夏秋季节高、冬季低的变化趋势; 其中, 7—10 月份的水温较高 (28.85—32.2  $^{\circ}\text{C}$ ), 其它月份较低 (19.91—28.37  $^{\circ}\text{C}$ ) (图 1 A)。盐度变化与水温的变化趋势相反, 夏秋季节较低, 其它季节较高; 4—12 月份的盐度为 4.41—8.24, 其中 8—9 月份受台风及雨水影响盐度最低, 为 4.41—4.53 (图 1 A)。水体溶解氧 DO 值变化范围 4.69—7.8  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 最低值出现在 10 月份 (4.69  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), 低于健康养殖的底限 5.0  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  (图 1 B)。4—9 月份 pH 值较为稳定, 基本维持在 7.41—8.13 之间, 但在病害最严重的 10 月份, pH 值骤降至 6.22 (图 1 B)。

### 2.3 无机氮、无机磷、化学需氧量的月变化情况

养殖区水体的总无机氮 (DIN) 中以  $\text{NH}_4^+$ -N 为主, 占 DIN 的 59.4%, 其次是  $\text{NO}_3^-$ -N (34.7%),  $\text{NO}_2^-$ -N 所

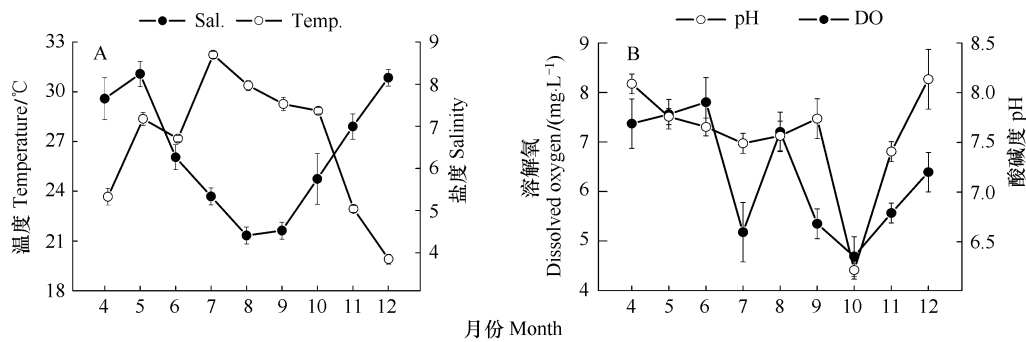


图1 青蟹养殖池塘的水温、盐度、溶解氧及 pH 的月变化情况

Fig. 1 Variation of monthly averages of temperature, salinity, dissolved oxygen and pH in the water of survey area

占比例最小(5.9%)。不同月份 DIN 的组成存在差异,但其各成分的变化趋势基本一致(图 2 A,B,C)。调查期间, $\text{NO}_3^- \text{-N}$  的变化范围为  $16.57\text{--}160.34 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , 峰值出现在 10 月份,为  $160.34 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  (图 2 A); 而  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$  和  $\text{NO}_2^- \text{-N}$  变化范围分别为  $76.11\text{--}235.63 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $2.50\text{--}27.75 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , 最大值均出现在 9 月份(图 2 B,C)。  $\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$  浓度变化范围为  $8.07\text{--}39 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , 其变化趋势与  $\text{NO}_3^- \text{-N}$  基本一致, 10 月份最高而 4 月份最低(图 2 D)。化学需氧量(COD)的变化也较大( $1.52\text{--}5.41 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ), 在 9—10 月份维持在较高水平( $(5.41 \pm 0.26) \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )(图 2 E)。

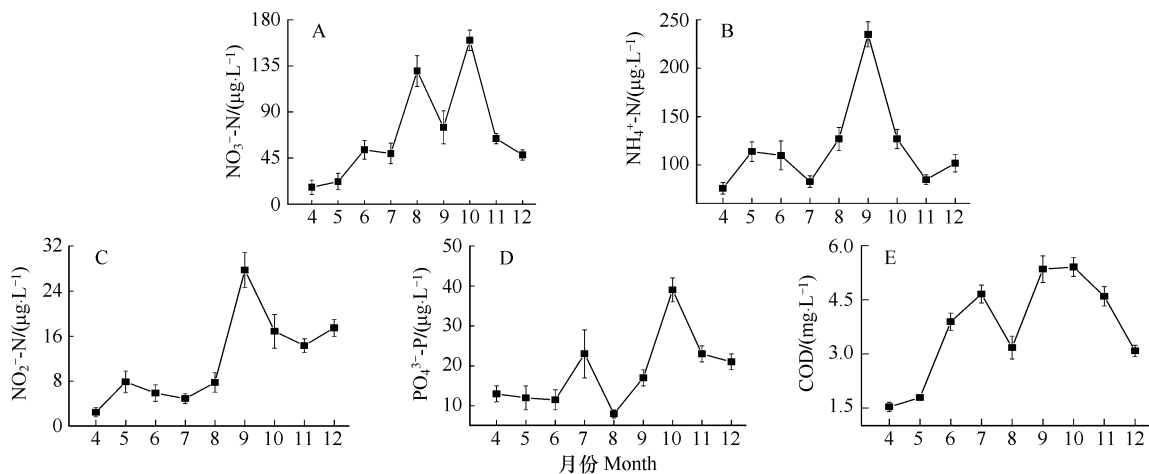


图2 调查水域无机氮、无机磷、化学耗氧量月平均值变化

Fig. 2 Variations of monthly average DIN, DIP and COD in the survey waters

## 2.4 养殖区底泥和水中微生物含量的月变化情况

养殖区干重底泥中异养菌数量的月均值变化范围为  $10.13\text{--}733.25 \times 10^5 \text{cfu}\cdot\text{g}^{-1}$ , 季节变化极为显著, 表现为典型的单峰型周年变化模式, 且峰值出现在病害严重的 10 月份, 为  $733.25 \times 10^5 \text{cfu}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 水体中异养菌数量的月均值变化范围为  $14.25\text{--}57.93 \times 10^5 \text{cfu}\cdot\text{L}^{-1}$ , 与底泥中菌群数量变化趋势一致(图 3)。

干重底泥中弧菌数量月均值的变化范围为  $0.13\text{--}141.65 \times 10^3 \text{cfu}\cdot\text{g}^{-1}$ , 也表现为典型的单峰型周年变化模式, 峰值也出现在病害严重的 10 月份; 水体中弧菌数量变化范围为  $9.75\text{--}116.75 \times 10^3 \text{cfu}\cdot\text{L}^{-1}$ , 与底泥中菌群数量变化趋势一致(图 4)。

## 3 讨论与结论

### 3.1 温度、盐度、DO 和 pH 与病害爆发的关系

温度是诸多环境因子中最为重要的因素之一, 长时间的高水温会显著降低虾蟹类的抗病力、血细胞浓度、

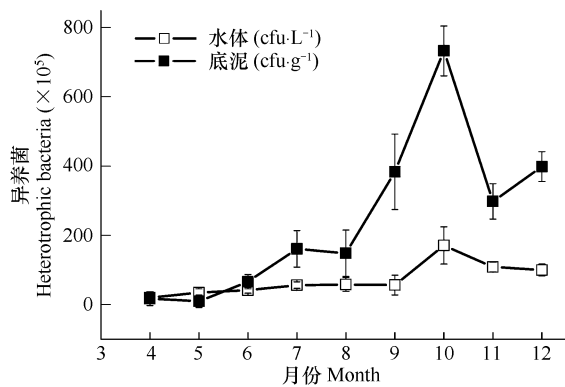


图3 调查养殖区水体和干重底泥中异养细菌月均值的周年变化  
Fig. 3 Variations of monthly averages of Heterotrophic bacteria abundance in water and sediment

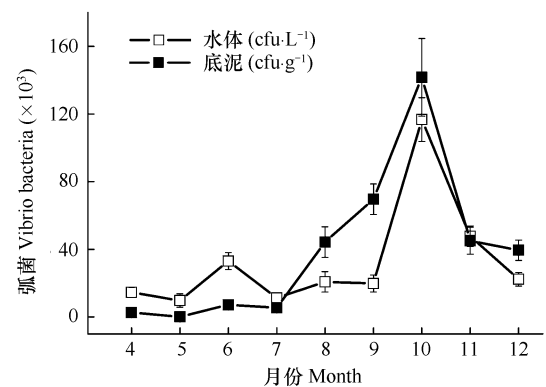


图4 调查养殖区水体和干重底泥中弧菌月均值的周年变化  
Fig. 4 Variation of monthly averages of Vibrio bacteria abundance in water and sediment

血细胞酚氧化酶活力、血细胞吞噬活力<sup>[5-7]</sup>,也可能影响盐度、溶解氧、微生物、浮游动植物等其它环境参数,进而对养殖生物产生不利的影响<sup>[8]</sup>。牛田洋围垦区从7月底开始,水温就维持在30℃左右,持续的高水温是养殖水体溶解氧较低及细菌大量滋生的可能原因,对青蟹的抗病力及免疫功能也可能造成一定程度的损伤,从而导致9月份病害开始爆发。同时,盐度作为一个重要环境因子,与养殖生物的渗透压密切相关。甲壳类多为渗透压顺应者,体内渗透压可调整至与外界相当。当体外渗透压突变时,机体会消耗更多的能量用于调节渗透压,这样就会影响其生理功能<sup>[9-13]</sup>;同时虾蟹等甲壳类的抗病力及免疫指标(血细胞密度、血清蛋白质含量、血清酚氧化酶活力)也会随着盐度的降低而降低<sup>[14-15]</sup>。受台风及暴雨的影响,牛田洋养殖区的盐度在7、8月份骤降,这对青蟹的抗病力及免疫能力造成不利影响,给病原的侵入提供可能,为病害的爆发创造了条件。溶解氧是养殖生物赖以生存的首要条件,水中溶解氧过低不仅会影响养殖虾蟹类的新陈代谢,降低其代谢速率<sup>[16]</sup>,还能够引起其总血淋巴细胞密度、酚氧化酶活力等免疫指标的降低,以及会使病原菌易感性和染菌后死亡率的提高<sup>[17-20]</sup>。受温度偏高及残饵、粪便沉积等影响,调查区9—10月份的溶氧量明显低于其它月份,尤其是10月份,DO值仅维持在(4.6±0.43)mg·L<sup>-1</sup>,已低于健康养殖的底限5.0mg·L<sup>-1</sup>;低DO的胁迫,再加上此时大量病原菌入侵,导致青蟹在10月份大量染病死亡。甲壳类动物适宜生长的pH值为7.6—8.5<sup>[21]</sup>,pH值过高或过低均不利于其生长<sup>[9,22-24]</sup>。本研究中,在青蟹病害严重的10月份,水体的pH值最低,对青蟹病害的恶化起到推动作用。经上述分析可知,牛田洋青蟹病害爆发与水温的持续偏高,以及盐度、溶氧和pH值持续偏低等环境理化因子的变化有关。

### 3.2 无机氮、无机磷和化学耗氧量与病害爆发的关系

自4月份青蟹放苗开始,随着残饵及排泄物在水体及底泥中的积累,养殖池中的环境因子(DIN、DIP、COD)呈现一定的恶化趋势。这些环境因子的恶化除了会导致浮游动植物和有害病原菌的大量增生,对养殖动物造成间接危害外,还会对青蟹造成直接伤害。因为水体中较高浓度的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N不仅会影响甲壳类动物正常的新陈代谢和渗透调节<sup>[25-27]</sup>,还会导致虾蟹类抗病力的下降及对病原体易感性的提高<sup>[28-29]</sup>;据报道,高浓度的NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N会影响中国对虾体内酚氧化酶、超氧化物歧化酶和溶菌酶活力等抗病力指标,以及虾蟹类血淋巴中含氮废物的排泄、血淋巴蛋白质水平、血淋巴渗透压和离子浓度等代谢指标的变化<sup>[30-33]</sup>。可见,养殖环境中DIN、DIP和COD的恶化也是牛田洋围垦区青蟹病害爆发的原因之一。

### 3.3 水体、底泥微生物与病害爆发的关系

在生物分类学上,异养细菌是在生物分类学上能利用有机物质作为碳源和能源进行生长繁殖的一类细菌的统称。养殖环境中的异养细菌与环境有着密切的关系,其数量及动态变化可反映养殖区的水质特征,可作

为评价水体富营养化的一个指标<sup>①</sup>。本研究采用经典的 ZoBell 平板计数方法检测细菌数量,受细菌生长环境、营养基质等因素的限制,所分离的异养细菌主要为一些可培养的、好气性的细菌,虽然不能全面反映出牛田洋养殖区的异养细菌全貌,但是可以用来评价养殖水体底泥环境质量的优劣。牛田洋青蟹采用直接投喂红肉蓝蛤的方式进行养殖,其饵料利用率较低,造成很多残饵沉积;残饵和养殖生物的排泄物、残骸等为异养细菌的生长繁殖提供了良好的营养条件。弧菌是养殖环境中常见的细菌之一,弧菌多为条件致病菌<sup>[34-35]</sup>,当养殖水体环境恶化时,才可能引起养殖生物致病及死亡。每年 8—9 月份是牛田洋青蟹生长发育的最佳时期,这一时期的投饵量和青蟹的排泄量均达到全年的峰值,为异养菌及弧菌的大量繁殖创造了条件,这可能是它们在 10 月份达到峰值的原因。条件性致病菌(副溶血弧菌等)的大量增殖,再加上环境条件(水温、盐度、溶氧、pH、DIN、DIP、COD)的变化,使得病菌大量入侵到青蟹体内并引起发病,导致病害爆发。

综合上述分析,结合从病蟹体内分离到的病原(副溶血弧菌、嗜水气单胞菌及寄生性腰鞭毛虫)<sup>[1-2]</sup>,可以得出结论:养殖环境因子的恶化、条件致病菌(副溶血弧菌及嗜水气单胞菌)的大量增生等是牛田洋锯缘青蟹 9—11 月份爆发病害的重要原因。因此,改善养殖环境是降低病害发生的重要措施。通过实时监测养殖水体环境因子的变化,采取相应的预防和改善措施,做到以防为主、防治结合,减少病害给养殖生产带来的经济损失。

#### References:

- [ 1 ] Xia X A, Wu Q Y, Li Y Y, Lin Y S, Huang J S, Zheng D Y. Isolation and identification of two bacterial pathogens from diseased mud crab *Scylla serrata*. *Journal of Tropical Oceanography*, 2010.
- [ 2 ] Li Y Y, Xia X A, Wu Q Y, Liu W H, Lin Y S. Infection with *Hematodinium* sp. in mud crabs *Scylla serrata* cultured in low salinity water in southern China. *Diseases of Aquatic Organisms*, 2008, 82(2): 145-150.
- [ 3 ] The State Bureau of Technology Supervision. *Oceanographic research criterion*. Beijing: China Standard Press, 1992.
- [ 4 ] National Bureau of Oceanography. *Oceanographic monitor criterion*. Beijing: Oceanographic Press, 1991: 143-155.
- [ 5 ] Cheng W, Chen J C. Effects of pH, temperature and salinity on immune parameters of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Fish & Shellfish Immunology*, 2000, 10(4): 387-391.
- [ 6 ] Vargas-Albores F, Baltazar P H, Clark G P, Baraias F M. Influence of temperature and salinity on the yellowlegs shrimp, *Penaeus californiensis* Holmes, prophenoloxidase system. *Aquaculture Research*, 1998, 29(8): 549-553.
- [ 7 ] Steenbergen J F, Steenbergen S M, Schapiro H C. Effects of temperature on phagocytosis in *Homarus americanus*. *Aquaculture*, 1978, 14(1): 23-30.
- [ 8 ] Le Moullac G, Haffner P. Environmental factors affecting immune responses in Crustacean. *Aquaculture*, 2000, 191(1): 121-131.
- [ 9 ] Allan G L, Maguire G B. Effects of pH and salinity on survival, growth and osmoregulation in *Penaeus monodon* Fabricius. *Aquaculture*, 1992, 107(1): 33-47.
- [ 10 ] Brito R, Chimal M E, Rosas C. Effect of salinity in survival, growth and osmotic capacity of early juveniles of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Decapoda: Penaeidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2000, 244(2): 253-263.
- [ 11 ] McCoid V, Miget R, Finne G. Effect of environmental salinity on the free amino acid composition and concentration in penaeid shrimp. *Journal of Food Science*, 1984, 49(2): 327-331.
- [ 12 ] McNamara J C, Moreira G S, Souza S C R. The effect of salinity on respiratory metabolism in selected ontogenetic stages of the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii* (Decapoda, Palaemonidae). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 1986, 83(2): 359-363.
- [ 13 ] Ponce-Palafox J, Martinez-Palacios C A, Rosas L G. The effect of salinity and temperature on the growth and survival rate of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture*, 1997, 157(1/2): 107-115.
- [ 14 ] Perazzolo L M, Gargioni R, Ogliari P, Barracco M AA. Evaluation of some hemato-immunological parameters in the shrimp *Farfantepenaeus paulensis* submitted to environmental and physiological stress. *Aquaculture*, 2002, 214(1/4): 19-33.
- [ 15 ] Li C W, Guan Y Q, Yu Z M. Effects of salinity variation on outbreak of white spot syndrome and immunocompetence in *Penaeus japonicus*. *Marine Environmental Science*, 2002, 21(4): 6-9.
- [ 16 ] Rosas C, Sánchez A, Díaz-Iglesia E, Brito R, Martínez E, Soto L A. Critical dissolved oxygen level to *Penaeus setiferus* and *Penaeus schmitti*

① 日本水产学会,1973

- postlarvae(PL10-18) exposed to salinity changes. *Aquaculture*, 1997, 152(1/4): 259-272.
- [17] Cheng W, Liu C H, Hsu J P, Chen J C. Effect of hypoxia on the immune response of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* and its susceptibility to pathogen *Enterococcus*. *Fish & Shellfish Immunology*, 2002, 13(5): 351-365.
- [18] Direkbusarakom S, Danayadol Y. Effect of oxygen depletion on some parameters of the immune system in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) // Flegel, T. W. eds. *Advances in shrimp biotechnology*, National center for Genetic Engineering and Biotechnology, Bangkok, 1998: 147-149.
- [19] Le Moullac G, Soyez C, Saulnier D, Ansquer D, Avarre J C, Levy P. Effect of hypoxic stress on the immune response and the resistance to vibriosis of the shrimp *Penaeus stylirostris*. *Fish & Shellfish Immunology*, 1998, 8(8): 621-629.
- [20] Mikulski C M, Burnett L E, Burnett K G. The effect of hypercapnic hypoxia on the survival of shrimp challenged with *Vibrio parahaemolyticus*. *The Journal of Shellfish Research*, 2000, 19(1): 301-311.
- [21] Wang F G, Liu J C. The relationship between environmental factors of water and shrimp culture. *Marine Science*, 1991, 4:6-8.
- [22] Castinho P C, Martins I A, Bianchini A. Gill  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATPase and osmoregulation in the estuarine crab, *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851 (Decapoda, Grapsidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2001, 256(2): 215-227.
- [23] Pequeux A. Osmotic regulation in crustacean-Review. *Journal of Crustacean Biology*, 1995, 15(1): 1-60.
- [24] Lin X T, Zhang Q M, Xu Z N, Ji X L. Advancement of the study on respiratory metabolism of decapod crustaceans. *Journal of Fisheries of China*, 2000, 24(6): 575-580.
- [25] Armstrong D A, Chipendale D, Knight A W, Colt J E. Interaction of ionized and un-ionized ammonia on short-term survival and growth of prawn larvae, *Macrobrachium rosenbergii*. *Biological Bulletin*, 1978, 154(1): 15-31.
- [26] Chen J C, Cheng S Y, Chen C T. Changes of haemocyanin, protein and free amino acid levels in the haemolymph of *Penaeus japonicus* exposed to ambient ammonia. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 1994, 109(2): 339-347.
- [27] Chen J C, Nan F H. Effect of ambient ammonia on ammonia-N excretion and ATPase activity of *Penaeus chinensis*. *Aquatic Toxicology*, 1992, 23(1): 1-10.
- [28] Cheng W, Chen J C. The virulence of *Enterococcus* to freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* and its immune resistance under ammonia stress. *Fish & Shellfish Immunology*, 2002, 12(2): 97-109.
- [29] Sun J J, Ding M L. Effect of ammonia-N on anti-disease ability of *Penaeus chinensis*. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1995, 30(3): 267-272.
- [30] Wu Z H. Histopathological research on chronic poisoning of *Penaeus chinensis* by nitrite and ammonia. *Journal of Central China Normal University*, 1999, 33(1): 119-221.
- [31] Chen J C, Lee Y. Effects of nitrite exposure on acid-base balance, respiratory protein, and ion concentrations of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* at low pH. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 1997, 33(3): 290-297.
- [32] Cheng S Y, Chen J C. The time-course changes of nitrogenous excretion in the kuruma shrimp *Penaeus japonicus* following nitrite exposure. *Aquatic Toxicology*, 2001, 51(4): 443-454.
- [33] Gowen R J, Bradbury N B. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: a review. *Oceanography Marine Biology Annual Review*, 1987, 25: 563-575.
- [34] Lin H P, Qiu D Q, Tan L Y. Isolation and identification of one strain of *Vibrio parahaemolyticus*. *Fisheries Science*, 2007, 26(5): 296-299.
- [35] Yu X H, Wang Y H, Tang C, Yue H. Progress in studies on *Aeromonas hydrophila*. *Journal of Southwest University*, 2007, 33(3): 507-514.

#### 参考文献:

- [1] 夏小安, 吴清洋, 李远友, 林尤顺, 黄吉生, 郑端义. 锯缘青蟹两种细菌性病原菌的分离与鉴定. *热带海洋学报*, 2010.
- [3] 国家技术监督局. 海洋调查规范. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [4] 国家海洋局. 海洋监测规范. 北京: 海洋出版社, 1991: 143-155.
- [15] 李才文, 管越强, 俞志明. 盐度变化对日本对虾暴发白斑综合症病毒病的影响. *海洋环境科学*, 2002, 21(4): 6-9.
- [21] 王方国, 刘金灿. 水体环境因子与对虾养殖的关系. *海洋科学*, 1991, 4:6-8.
- [25] 林小涛, 张秋明, 许忠能, 计新丽. 虾蟹类呼吸代谢研究进展. *水产学报*, 2000, 24(6): 575-580.
- [30] 孙舰军, 丁美丽. 氨氮对中国对虾抗病力的影响. *海洋与湖沼*, 1999, 30(3): 267-272.
- [31] 吴中华. 中国对虾慢性亚硝酸盐和氨中毒的组织病理学研究. *华中师范大学学报*, 1999, 33(1): 119-121.
- [35] 蔺红苹, 邱德全, 谭龙艳. 一株副溶血弧菌的分离和鉴定. *水产科学*, 2007, 26(5): 296-299.
- [36] 于学辉, 王远微, 汤承, 岳华. 嗜水气单胞菌的研究进展. *西南民族大学学报*, 2007, 33(3): 507-514.