

文章编号: 0529-6579 (2000) S-0107-08

水体理化因子对斑节对虾生长影响的研究^{*}

李贵生^{1,2}, 何建国¹, 李桂峰¹, 江静波¹

(1. 中山大学生命科学学院, 广州 510275; 2. 暨南大学生物工程学系)

摘 要: 检测和比较了 3 口虾池部分水体理化因子含量的变化及斑节对虾稚虾的生长情况. 水体理化因子含量的变动范围为: 水温 25 ℃~33 ℃; 盐度 5‰~20‰; pH 值 6.6~9.2; 氨氮 0.797~78.496 μg/L; 亚硝酸氮 0~212.344 μg/L; 硫化物 33.920~318.000 μg/L. 各池之间的水温无显著性差别. 盐度以 2 号池最高, 3 号池最低. pH 值以 1 号池最高, 2 号池最低. 氨氮变化较大, 以 2 号池的平均含量最高, 1 号池最低. 3 号池的亚硝酸氮平均含量远高于 1 号池和 2 号池. 硫化物的平均含量也以 3 号池最高, 1 号池最低. 对虾生长速度以 1 号池最快, 3 号池最慢. 经相关分析, 影响对虾生长的水体理化因子有盐度、pH 值、氨氮和亚硝酸氮, 其中以亚硝酸氮的影响作用最大.

关键词: 斑节对虾; 体质量; 亚硝酸氮; 氨氮; 硫化物

中图分类号: S968.22 **文献标识码:** A

斑节对虾 (*Penaeus monodon*) 以其生长快, 个体大的优良生物学特性备受对虾养殖者的青睐, 为世界上养殖面积最多、产量居首位的养殖对虾. 我国广东省沿海地区养殖的对虾也主要是斑节对虾. 斑节对虾的生长除了受其遗传因素所决定外, 还受环境因素等的影响. 环境因素包括水环境及气候的变化. 水环境为对虾生长的直接环境, 气候变化则可通过影响水环境而间接影响对虾的生长. 水环境包括水体理化因子含量的变化及生物因子的作用. 较重要的水体理化因子有温度、盐度、pH 值、溶氧、氨氮、亚硝酸氮、硝酸氮和硫化氢等. 有关水体理化因子含量的变化对养殖对虾生长的影响报道较多^[1~3], 但在养虾池中水体理化因子对对虾的综合影响作用的研究则罕见报道. 为了弄清虾池中水体理化因子含量的变化对斑节对虾生长的影响程度及找出主要影响因子, 以利制定有效措施, 减低有害物质的影响作用, 加速对虾的生长, 我们于 1994 年 7 月~10 月在广东省廉江市龙营围对虾养殖场进行了此项研究.

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39670577); 国家教育部博士基金资助项目; 广东省自然科学基金资助项目

收稿日期: 1999-09-15

1 材料与方法

1.1 水体理化因子的检测

1.1.1 水样的采集 选 3 口虾池取样，每口池的面积为 1.33 hm^2 ，投放的均为斑节对虾。投苗密度为 $9.7\times10^4\sim1.2\times10^5$ 尾/ hm^2 ，1 号池投苗时间为 7 月 15 日，2 号池投苗时间为 7 月 25 日，3 号池于 7 月 11 日投苗。人工饵料喂养。每天取样 1 次，时间为上午 9 时左右，在水深 1/2 处取样。

1.1.2 检测指标 限于现场条件，我们选择了水温、盐度、pH 值、氨氮、亚硝酸氮和硫化物作为检测指标。

1.1.3 检测方法 ①水温直接由取水器上的温度计中读出；②使用 8609 型盐度计测定盐度；③用目视比色法测定 pH 值；④用 Nessler 法（721 分光光度计）测定氨氮；⑤用 α 萘胺-对氨基苯磺酸法（721 分光光度计）测定亚硝酸氮；⑥用对氨基二甲基苯胺比色法（721 分光光度计）测定硫化物。

1.2 虾样的采集及测量

在上述取水样的 3 口池中，从 8 月 10 日起开始取虾样，每隔 5 d 取 1 次样，每次每口池取 10 尾，现场测量体长及称量。

1.3 分析方法

水体理化因子的检测值按常规统计方法处理，按文献^[4]求出日增重率，然后进行生长情况的对比及与水体理化因子的相关分析，找出影响对虾生长的主要水体理化因子。

2 结果与分析

2.1 各种水体理化因子的变化及比较

3 口池 6 种指标检测结果的统计数据见表 1。

表 1 3 口池中 6 种水体理化因子的统计参数¹⁾

塘号	亚硝酸氮 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	水温/ $^{\circ}\text{C}$	盐度/ $\%$	pH 值	氨氮 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	硫化物 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
1 号	15.254±9.028 (67)	29.300±1.602 (67)	12.300±3.408 (67)	8.300±0.387 (67)	7.447±6.718 (56)	108.587±48.457 (43)
2 号	26.903±9.732 (63)	29.100±1.597 (64)	13.800±3.274 (64)	7.300±0.394 (64)	17.371±21.540 (52)	116.895±51.553 (39)
3 号	56.510±44.631 (64)	29.500±1.644 (64)	8.800±4.091 (64)	7.400±0.207 (64)	14.149±10.236 (53)	129.643±47.802 (40)

1) $\bar{x}\pm\text{SD}$ 括号里为样品数

2.1.1 水温 水温除了主要受气温影响外，还受虾池水体深度的影响，因所选的 3 口池水深很接近（1 号池水深 85 cm，2 号池水深 100 cm，3 号池水深 90 cm），故 3 口池水温的测量值及变化趋势基本相似（图 1）。1 号池最低水温为 $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，最高水温为 $33.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；2 号池最低水温为 $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，最高水温为 $32.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；3 号池的变动范围同 2 号池。各池之间无显著性差别（ $P>0.10$ ）。此外，从图 1 中可看出，7 月底 3 口池的水温均较低，不超过 $29.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；8 月份水温上升，最高可达 $33.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，受台风影响，8 月 28 日 3 口池水温均降至

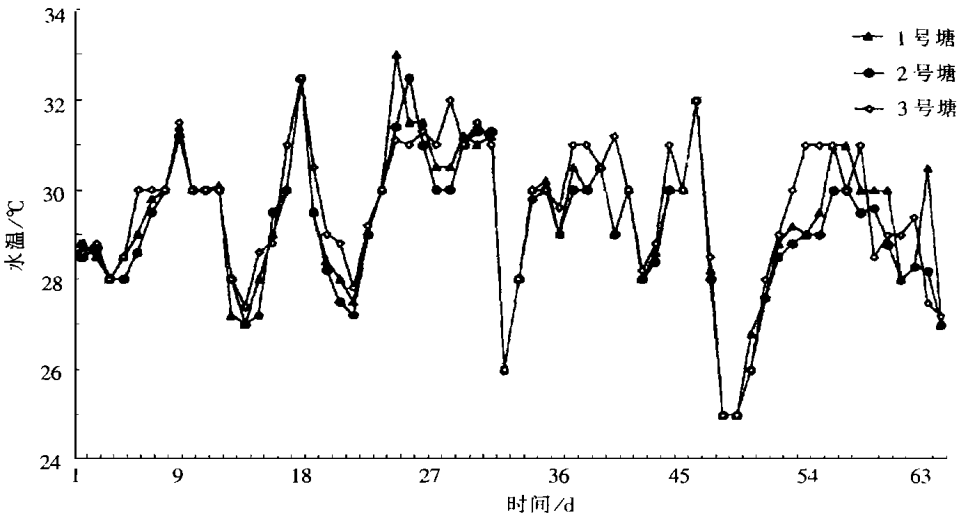


图 1 3 口虾池水温的变化

26.0 °C；9 月份水温呈下降趋势，最低可降至 25.0 °C（受吹北风和东北风的影响）。
2.1.2 盐度 主要受换水量、雨量及水分蒸发的影响。3 口池盐度变化的趋势基本一致，7 月底和 8 月份盐度均在 8.0‰~10.5‰之间变化，9 月份开始逐渐上升（图 2）。1 号池盐度最低值为 8.0‰，最高值为 18.0‰；2 号池最低为 10.5‰，最高为 20.0‰；3 号池最低为 5.0‰，最高为 18.0‰。各池的平均含量均有显著性差别 ($P < 0.01$)，以 2 号池最高，1 号池次之，3 号池最低。

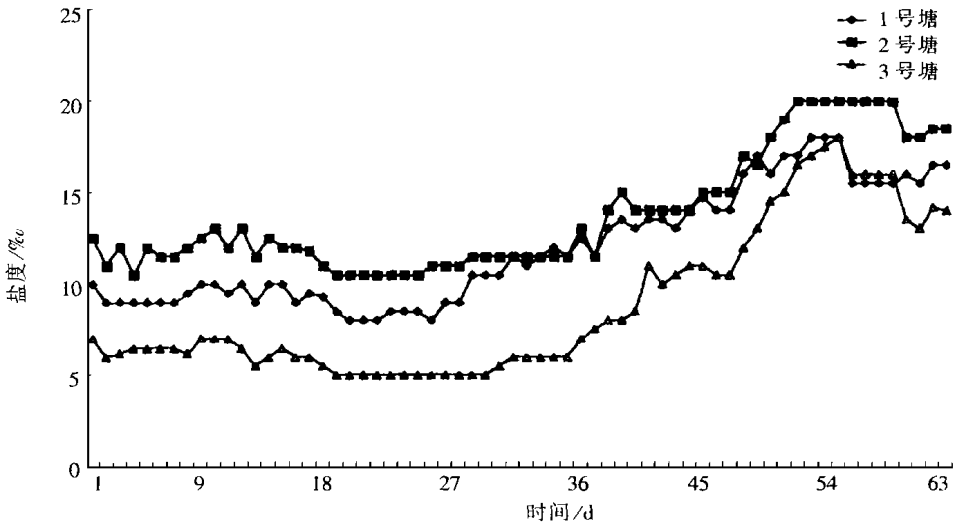


图 2 3 口虾池盐度的变化

2.1.3 pH 值 3 口池的 pH 值变化趋势基本一致（图 3）。1 号池最低为 7.4，最高为 9.2；2 号池最低为 6.6，最高为 8.0；3 号池最低为 7.1，最高为 8.3。3 口池中，以 1 号池最高，3 号池次之，2 号池最低。其中 1 号池与 2 号池、1 号池与 3 号池的差别均有极显著的意义 ($P < 0.01$)，2 号池与 3 号池无明显差别 ($P > 0.05$)。

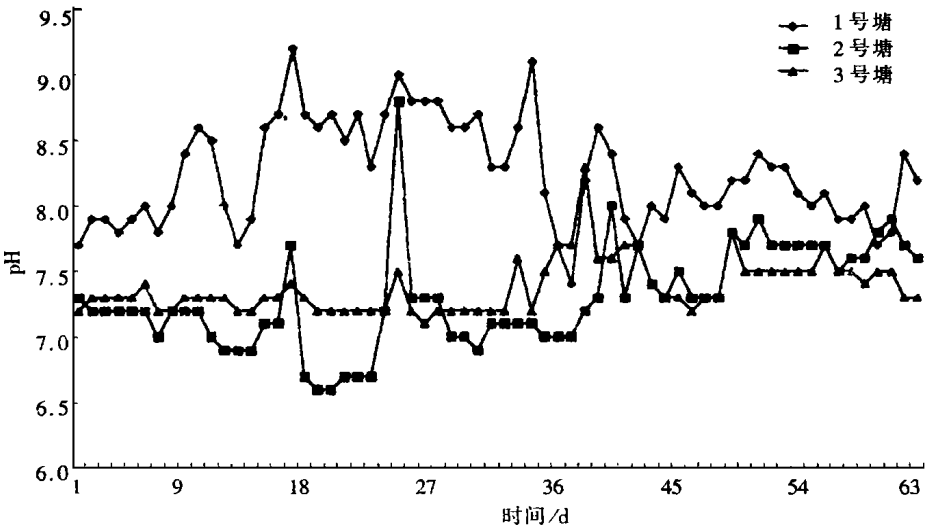


图 3 3 口虾池 pH 值的变化

2.1.4 氨氮 3 口池中氨氮的含量均有变化较大的特点 (图 4). 1 号池的变化范围为 0.797~26.760 $\mu\text{g/L}$; 2 号池 1.009~78.496 $\mu\text{g/L}$; 3 号池 2.018~44.600 $\mu\text{g/L}$. 3 口池的变化规律基本一致, 总的变化趋势是: 7 月底和 8 月份氨氮含量较高, 9 月份含量较低. 2 号池平均含量最高 (见表 1), 3 号池次之, 1 号池最低, 其中 1 号池与 2 号池、1 号池与 3 号池的差别均有极显著的意义 ($P < 0.01$), 2 号池与 3 号池的差别无显著意义 ($P > 0.05$).

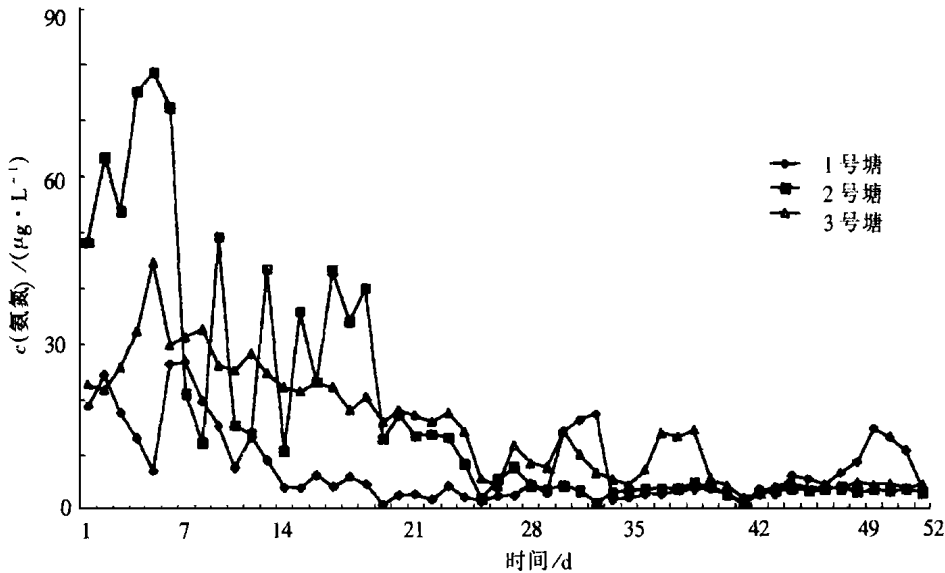


图 4 3 口虾池氨氮的变化

2.1.5 亚硝酸氮 3 口池中, 亚硝酸氮的含量差别较大 (图 5). 3 号池的含量远高于 1 号池和 2 号池, 其差别有极显著意义 ($P < 0.001$), 2 号池的含量也明显高于 1 号池 ($P < 0.001$). 3 口池的亚硝酸氮含量也有变化较大的特点, 1 号池的变化幅度为 0~38.125 $\mu\text{g/L}$; 2 号池 10.617~51.156 $\mu\text{g/L}$; 3 号池 8.687~212.344 $\mu\text{g/L}$.

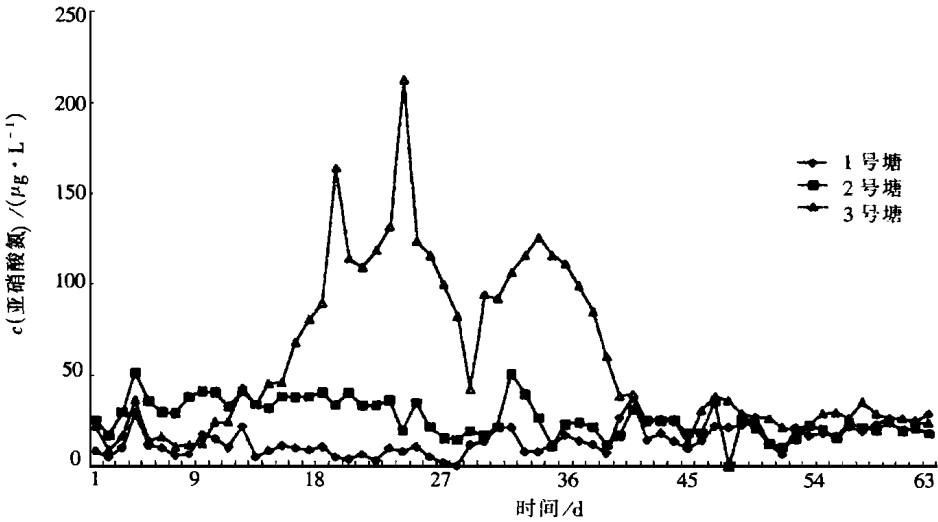


图5 3口虾池亚硝酸氮的变化

2.1.6 硫化物 3口池的硫化物含量均较高(见表1)。其中以3号池最高,2号池次之,1号池最低。3号池与1号池的差别有显著意义($P>0.05$),3号池与2号池以及2号池与1号池之间的差别均无显著意义($P>0.20$)。3口池硫化物含量升降的变化规律基本相似(图6)。1号池在33.920~254.400 $\mu\text{g/L}$ 之间变化;2号池在38.160~318.000 $\mu\text{g/L}$ 之间变化;而3号池的变化范围则为50.880~233.200 $\mu\text{g/L}$ 。

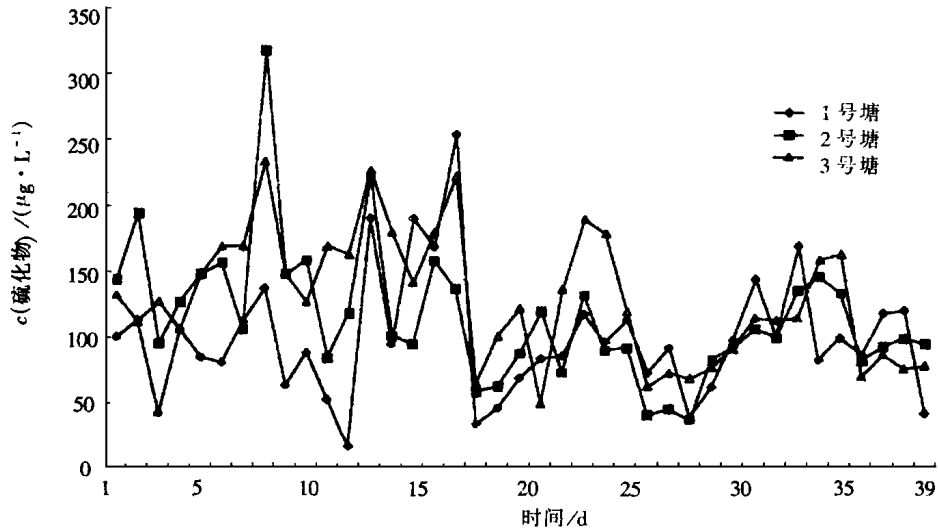


图6 3口虾池硫化物的变化

2.2 对虾生长情况的比较

3口池对虾的生长情况见表2。从表中可知,1号池对虾生长速度最快,2号池次之,3号池的生长速度最慢。

表 2 斑节对虾的生长情况¹⁾

养殖天数 d	1 号池		2 号池		3 号池	
	平均体重/g	日增重率/%	平均体重/g	日增重率/%	平均体重/g	日增重率/%
30	2.33	16.62	2.48	10.58	1.82	7.63
35	3.36	12.02	2.50	5.24	2.03	4.88
40	4.31	9.36	3.35	5.50	3.28	6.59
45	5.62	8.60	5.33	6.57	4.45	6.51
50	6.46	7.42	6.10	5.77	4.68	5.39
55	6.48	6.15	6.26	4.88	5.00	4.70
60	7.15	5.55	7.03	4.51	5.10	4.08
65	8.57	5.31			6.20	4.06

1) 2 号池因虾病发作为养殖 65 d 前已收完虾

2.3 水体理化因子对对虾生长的影响

3 口池的水温均在斑节对虾的适温范围内, 未见其对对虾的生长有不良影响. 硫化物中的 H₂S 主要表现出急性毒性作用, 在 3 口实验池中, 其对对虾的影响较小 ($r = -0.412$, $P > 0.05$). 盐度与对虾的生长表现出明显的负相关 ($r = -0.734$, $P < 0.01$), 盐度越高, 生长越慢, 这与前人的报道结果相同^[7]. pH 值与对虾的生长呈正相关 ($r = 0.833$, $P < 0.01$). 亚硝酸氮和氨氮均明显地影响对虾的生长 (分别为 $r = -0.660$, $P < 0.05$; $r = -0.658$, $P < 0.05$).

3 讨 论

3.1 虾池中水体理化因子的变化

许多因素均可影响虾池中水体理化因子的含量. 如气候、换水情况、投饵情况、对虾放养密度及生物因子等. 水温直接受气温影响, 其变化规律与气温相同. 恶劣的天气对水体理化因子影响较大, 如刮台风时, 可使氨氮、亚硝酸氮和硫化物的含量上升, 导致虾病的发作^[5]. 阴天和雨天上述有害因子也有升高的趋势, 但下大雨时可下降(因雨水的稀释作用). 换水量较大时, 虾池中的盐度趋近于海水. 投饵量大时可增加残饵, 污染水质, 使氨氮、亚硝酸氮等含量增加. 放养密度过大, 对虾的代谢物和排泄物增多, 也可使氨氮、亚硝酸氮等有害物质的含量增加. 浮游植物的光合作用可使 pH 值出现规律性变化, 也可影响氨氮含量的变化. 在白天, 当浮游植物进行光合作用时, 水中的 CO₂ 含量减少, pH 值升高, 氨氮降低; 夜间浮游植物光合作用停止, 动植物呼吸代谢和有机物氧化分解所产生的 CO₂ 和氨氮不断积累, 使水中 pH 值逐渐下降, 氨氮含量逐渐升高. 硫化物生成的速度则取决于有机质的含量、环境氧化还原电位及硫酸盐还原菌的作用.

通过对部分水体理化因子日变化的研究发现, 水温和 pH 值均为下午高于上午, 而亚硝酸盐和硝酸盐则上午高于下午, 盐度和氨上、下午无明显差别^[6]. 亚硝酸盐是由氨氮在亚硝酸菌作用下氧化生成的. 虾池中亚硝酸盐的变化主要取决于浮游植物的吸收和生物颗粒的腐解, 以及水体的运动情况. 水生生物的排泄物或死亡后的残骸, 随着下沉而逐渐氧化腐解成氨, 再进一步氧化成亚硝酸盐, 使亚硝酸盐的含量升高, 而水生植物则能吸收亚硝酸盐, 从而降低其含量.

虾池中的各种水体理化因子既相互联系又相互制约. 如盐度升高可使 pH 值升高, 同时

降低氨氮、亚硝酸氮和硫化物的含量^[5]。可能高盐度时抑制了一些细菌的繁殖,使氨氮、亚硝酸氮和硫化物的生成减少。

3.2 水体理化因子对对虾生长的作用

研究较多的是盐度与对虾的生长^[1, 3]。不同的对虾,其适盐范围不同。同一种对虾,其不同生长期对盐度的要求也不同^[7]。对万氏对虾的研究表明,在对虾的耐受范围内(5‰~49‰),最后体重与盐度呈负相关^[3]。我们在养殖斑节对虾时也发现低盐度可刺激斑节对虾的生长,但盐度太低时也可使斑节对虾发病死亡。盐度对对虾的影响是多方面的,它可影响对虾活饵料的生长繁殖,改变对虾应用的营养成分,改变溶氧的扩散速度和消耗量^[8]。

水温可通过影响对虾的摄食和消化酶的活性而影响对虾的生长。各种对虾对水温有不同的要求。斑节对虾可忍受 15~35℃,最适温度为 25~33℃^[9]。

pH 值是反映水环境生态平衡的一个综合指标。各种对虾对 pH 值的耐受范围有区别。斑节对虾可耐受的 pH 值为 7.0~9.0,最适 pH 值为 7.9~8.5。pH 值过低将会引起对虾甲壳软化^[11],也可引起营养物的减少,包括磷和光合作用的碳源的减少,从而降低池中对虾的产量。

氨氮由非离子氨 ($\text{NH}_3\text{-N}$) 和离子氨 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) 组成,有毒性的是 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。 $\text{NH}_3\text{-N}$ 因不具电荷,具有相对高的脂溶性,故容易透过细胞膜,能从水中向生物体内渗透引起中毒。在低 pH 值的情况下, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 在总氨氮中占比例很高时也可表现出毒性作用^[10]。据研究,氨氮与斑节对虾杆状病毒 (MBV) 感染度的高低有密切关系^[11]。

亚硝酸氮含量高时对对虾的生长是不利的。在对印度对虾 (*Penaeus indicus*) 进行的试验中,证明亚硝酸氮 6.4 mg/L 对其生长产生了不良影响,在 34 d 的试验中,对虾的生长几乎减慢了 50%。

硫化物在水中以 S^{2-} 、 HS^- 和 H_2S 等 3 种形式存在,其毒性主要来自 H_2S , H_2S 是毒性很强的气体。我们在研究中发现有一口池的硫化物含量明显高于上述的 3 口实验池,结果对虾在养殖早期即发病死亡。

本实验结果表明,3 口实验池中,1 号池一直保持最高的日增重率,3 号池对虾的生长明显低于 1 号池和 2 号池。经相关分析,发现在 6 种水体理化因子中,影响斑节对虾生长的有亚硝酸氮、氨氮、pH 值和盐度,其中亚硝酸氮的影响作用最大,3 号池对虾生长缓慢的原因主要是由于该池亚硝酸氮含量较高所致。

参考文献:

- [1] ALLAN G L, MAGUIRE G B. Effects of pH and salinity on survival, growth and osmoregulation in *Penaeus monodon* Fabricius[J]. Aquaculture, 1992, 107(1): 33~47.
- [2] Allan G L, Maguire G B, Hopkins S J. Acute and chronic toxicity of ammonia to juvenile *Metapenaeus macleayi* and *Penaeus monodon* and the influence of low dissolved oxygen levels[J]. Aquaculture, 1990, 91(3/4): 265~280.
- [3] BRAY W A, LAWRENCE A L, LEUNG-TRUJILLO J R. The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei*, with observations on the interaction of IHNV virus and salinity[J]. Aquaculture, 1994, 122(2/3): 133~146.
- [4] 胡品虎, 唐天德, 沈涛. 中国对虾在池池中生长特性的研究[J]. 水产养殖, 1995, (4): 18~21.
- [5] 李贵生, 何建国, 李桂峰, 等. 虾池水体理化因子与气候的关系[J]. 中山大学学报论丛, 1996(增

刊): 50~57.

- [6] 李贵生, 何建国, 李桂峰, 等. 虾池水体理化因子日变化的研究[J]. 中山大学学报论丛, 1996(增刊): 45~49.
- [7] 庄雪峰. 我国对虾主要养殖种类的耐盐性[J]. 水产养殖, 1992(5): 28~29.
- [8] GANDY R, SLOANE L. Effect of salinity on oxygen consumption in postlarvae of the penaeid shrimps *Penaeus monodon* and *P. stylirostris* without and with acclimation[J]. Mar Biol, 1981, 65: 297~301.
- [9] 宋盛宪, 杨华泉. 斑节对虾养殖[M]. 北京: 海洋出版社, 1992: 21~22.
- [10] ARMSTRONG D A, CHIPPENDALE D, KNIGHT A W, et al. Interaction of ionized and un-ionized ammonia on short-term survival and growth of prawn larvae, *Macrobrachium rosenbergii*[J]. Biol Bull, 1978, 154: 15~31.
- [11] 李贵生, 何建国, 李桂峰, 等. 斑节对虾杆状病毒感染与水体理化因子[J]. 中山大学学报论丛, 1996(增刊): 26~30.

Studies on the Influence of Physical and Chemical Elements of Prawn-farming Pond Water on the Growth of *Penaeus monodon*

Li Gui-sheng^{*}, HE Jian-guo, LI Gui-feng, JIANG Jing-bo

Abstract: The levels of partial physical and chemical elements of water and growth rate of *Penaeus monodon* in three prawn-farming ponds were detected and compared. The variant levels of water temperature, salinity, pH, ammonia, nitrite and sulphuret levels in three ponds water were 25.0~33.0 °C, 5.0‰~20.0‰, 6.6~9.2, 0.797~78.496 mg/L, 0~212.344 mg/L and 33.920~318.000 mg/L respectively. The average water temperature was no statistical differences among three ponds. The average level of salinity in pond 2 was the highest while the average level of salinity in pond 3 was the lowest. The average pH value was the highest in pond 1 and the lowest in pond 2. The level of ammonia varied greatly and it was the highest in pond 2 and the lowest in pond 1. The average levels of nitrite and sulphuret were the highest in pond 3 and the lowest in pond 1. The growth rate in pond 1 was the highest while the growth rate in pond 3 was the lowest. It was apparent that the growth rate of *Penaeus monodon* can be affected by salinity, pH, ammonia and nitrite by correlation analysis. The principal elements that effected on the growth of *Penaeus monodon* in pond 3 were nitrite and pH.

Keywords: *Penaeus monodon*; body weight; nitrite; ammonia; sulphuret

^{*} School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China