



盐度对凡纳滨对虾、中国明对虾和斑节对虾 仔虾生长和存活的影响

殷 为, 隋丽英

(天津市海洋资源与化学重点实验室, 天津科技大学海洋科学与工程学院, 天津 300457)

摘要: 为开发渤海滩涂对虾养殖业, 研究盐度(30‰和45‰)对凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)、中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)和斑节对虾(*Penaeus monodon*)仔虾生长和存活的影响. 结果表明, 经过10周的室内养殖, 除斑节对虾外, 凡纳滨对虾和中国明对虾在不同盐度下生长无显著差异($P>0.05$). 凡纳滨对虾无论是在盐度30‰或45‰, 其生长和成活率均显著高于中国明对虾和斑节对虾($P<0.05$), 表明凡纳滨对虾更适于高盐环境养殖.

关键词: 盐度; 生长; 凡纳滨对虾; 中国明对虾; 斑节对虾; 仔虾

中图分类号: S963.71 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2012)01-0023-04

Effect of Salinity on Survival and Growth of *Litopenaeus vannamei*, *Fenneropenaeus chinensis* and *Penaeus monodon* Postlarvae

YIN Wei, SUI Liying

(Tianjin Key Laboratory of Marine Resource and Chemistry, College of Marine Science and Engineering,
Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: The effect of salinity on the growth and survival of *Litopenaeus vannamei*, *Fenneropenaeus chinensis* and *Penaeus monodon* were investigated for developing high salinity aquiculture in Bohai. Postlarvae of the above three species were reared in the culture medium with salinity of 30‰ and 45‰ respectively, and fed with formulated feed. The results showed that salinity had no effect on the growth of *L. vannamei* and *F. chinensis*, while a significant effect of salinity on the growth of *P. monodon* was observed. In addition, the survival rate and growth of *L. vannamei* exposed to salinities of 30‰ and 45‰ were significantly higher than *F. chinensis* and *P. monodon*, indicating that *L. vannamei* was more tolerant of a hypersaline environment.

Key words: salinity; growth; *Litopenaeus vannamei*; *Fenneropenaeus chinensis*; *Penaeus monodon*; postlarvae

渤海湾滩涂广阔, 利用其广阔的水域面积和多级盐度的卤水体系进行对虾粗放型养殖, 采用天然饲料或投喂少量配合饲料, 可降低养殖成本, 减少细菌疾病的传播. 目前滩涂养殖在河北、山东和辽宁等地区发展迅速, 成为水产养殖的一个亮点. 北方滩涂养殖的主要品种为凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)和中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*), 斑节对虾(*Penaeus monodon*)的养殖大多在南方进行.

盐度是影响水产动物机体生理反应的重要环境

因子之一. 对虾滩涂养殖面临的主要问题是其对盐度变化, 尤其是高盐环境的适应性. 虽然对虾属广温、广盐性品种, 但不同品种对虾对环境盐度的适应能力存在差别, 一般说来凡纳滨对虾对盐度的适应范围较广, 而中国明对虾和斑节对虾的适应范围较窄. 以往有关盐度对对虾影响的研究主要集中在中低盐度(0~35‰)范围内, 探讨盐度对对虾生长与存活^[1]、呼吸代谢^[2-4]、营养需求^[5-6]等的影响及其作用机理, 只有少量的研究涉及到较高盐度(>35‰)对

收稿日期: 2011-09-27; 修回日期: 2011-12-15

基金项目: 科技部国际科技合作计划项目(2010DFA32300); 天津市科委国际科技合作项目(09ZCGHHZ01200)

作者简介: 殷 为(1987—), 女, 天津人, 硕士研究生; 通信作者: 隋丽英, 教授, 博士, suily@hotmail.com.

对虾生长的影响^[7]. 本文研究了不同盐度(30‰和45‰)对凡纳滨对虾、中国明对虾和斑节对虾仔虾的生长和存活的影响, 以期为滩涂对虾养殖提供基础实验数据.

1 材料与方法

1.1 对虾仔虾来源与饲料

实验所用中国明对虾仔虾取自天津汉沽区杨家泊对虾育苗场, 出池盐度为 33‰; 凡纳滨对虾仔虾取自河北鑫海水产生物有限公司对虾育苗场, 出池盐度为 35‰; 斑节对虾仔虾为美国夏威夷 MOANA 公司经过选育的 SPF 苗种, 出池盐度为 41‰.

实验前, 将三种对虾仔虾暂养 10 d, 用经充分曝气的地下淡水或海盐调节盐度, 进行盐度驯化, 盐度调节梯度为每天 $\pm 2\%$. 驯化期间投喂卤虫无节幼体, 每日 3 次. 待分别调至目标盐度 30‰和 45‰并稳定后, 开始实验. 随机挑选个体均匀、活力好的健康仔虾, 移至 200 L 玻璃缸(0.58 m \times 1.24 m \times 0.28 m), 每缸 100 尾仔虾, 水体 150 L. 养殖水体盐度分别为 30‰和 45‰, 每组设置 3 个平行样. 对虾初始平均体重和体长分别为: 凡纳滨对虾 0.023 g 和 1.50 cm(盐度 30‰), 0.022 g 和 1.40 cm(盐度 45‰); 中国明对虾 0.020 g 和 1.34 cm(盐度 30‰), 0.019 g 和 1.32 cm(盐度 45‰); 斑节对虾 0.035 g 和 1.68 cm(盐度 30‰), 0.019 g 和 1.39 cm(盐度 45‰).

实验采用自制配合饲料饲喂仔虾, 饲料配方见表 1.

表 1 实验用对虾仔虾饲料配方

Tab.1 Ingredient composition of experimental feed of postlarvae

原料	质量分数/%	原料	质量分数/%
高筋面粉	28.8	精炼鱼油	2.0
进口鱼粉	50.0	虾多维	1.0
鱿鱼内脏膏	4.0	虾微量	0.2
大豆蛋白	5.0	氯化胆碱	1.0
菌体蛋白	3.0	磷酸二氢钙	1.0
复合氨基酸	2.0	大豆磷脂	2.0

原料经粉碎过筛(粒度 $\leq 220 \mu\text{m}$), 称重并充分混匀后, 加入蒸馏水制成面团, 用家用绞肉机制成条形饲料, 在 40 °C 恒温干燥箱中烘干 2 d, 使饲料含水量低于 10%. 条形饲料经过粉碎过筛后制成不同粒径的饲料颗粒, 密封后放入冰箱冷藏保存.

1.2 日常饲养管理

养殖实验在河北鑫海水产生物有限公司对虾育苗车间进行, 为期 10 周. 实验期间养殖水体温度为 24.5 ~ 26.8 °C, 溶解氧为 6.6 ~ 7.3 mg/L, pH 为 8.3 ~ 8.6, 氨氮 $< 0.01 \text{ mg/L}$. 实验用水均由经消毒沉淀后过滤的卤水(盐度为 80‰)和经过充分曝气后的地下水淡水调配而成.

饲料投喂量根据对虾的体重和摄食情况进行适当调整, 日投喂量从实验开始时 1.2 g/d 增加至实验结束时 8.0 g/d. 每天投喂 4 次, 根据对虾的摄食习性, 每次投喂比例不同, 即 6:00 投喂 35%, 11:00 投喂 15%, 16:00 投喂 15%, 20:00 投喂 35%. 不同阶段饲料粒度分别为: 130 μm (1 ~ 2 周), 160 μm (3 ~ 5 周)和 220 μm (6 ~ 10 周). 每天上午投喂前清除粪便和残饵, 实验前期日换水量为 1/3, 实验后期日换水量为 1/2. 实验采用静水系统, 24 h 充气.

1.3 生长指标测定

实验期间, 每 3 或 4 周进行对虾体质量测量. 随机从每缸取 10 ~ 15 尾虾, 用分析天平称量(精确度 0.000 1 g), 计算出每尾虾的平均体质量. 实验结束时, 统计每缸中对虾存活个体数, 对存活对虾进行称量, 计算出平均体质量; 逐个测定每缸中存活对虾的体长, 计算出平均个体体长.

对虾生长分别采用个体增重、增重率、特殊体重增长率、个体肥满度和成活率等指标进行评价, 各个指标的计算方法如下.

$$\text{个体增重} = \bar{m} - \bar{m}_0$$

$$\text{增重率} = \frac{\bar{m} - \bar{m}_0}{\bar{m}_0} \times 100\%$$

$$\text{特殊体重增长率} = \frac{\ln \bar{m} - \ln \bar{m}_0}{t} \times 100\%$$

$$\text{成活率} = \frac{n}{n_0} \times 100\%$$

$$\text{肥满度} = \frac{m}{l^3} \times 100\%$$

式中: \bar{m} 为取样个体平均质量, g; \bar{m}_0 为取样个体初始平均质量, g; t 为实验时间, d; n 为实验结束时虾体数目, 只; n_0 为实验开始时虾体数目, 只; m 为取样个体质量, g; l 为取样个体体长, cm.

1.4 数据统计分析

数据以“平均值 \pm 标准差”表示. 实验结果采用 SPSS 16.0 软件包进行单因素方差分析(one-way ANOVA). 所有数据在进行显著性差异检验之前, 用 Levene's test 检验均匀性. 如果均匀性不好, 则将数

据转化成对数或平方根后再进行分析. 采用 Duncan 多重比较法检验组间显著性差异 ($P < 0.05$).

2 结果

不同盐度下, 凡纳滨对虾、中国明对虾和斑节对虾的生长情况见表 2.

结果表明: 养殖 3 周后, 对虾个体增重为 0.04 ~ 0.10 g, 增重率为 220.41% ~ 453.40%, 特殊体重增长率为 5.53% ~ 8.14%, 其中凡纳滨对虾在盐度 45‰ 时生长明显高于其在盐度 30‰ 下的生长, 而其他两种

对虾在 30‰ 和 45‰ 盐度下的生长显著低于凡纳滨对虾, 以盐度 30‰ 下中国明对虾和斑节对虾最低 ($P < 0.05$). 养殖 7 周后, 对虾个体增重为 0.21 ~ 0.37 g, 增重率为 774.47% ~ 1 692.90%, 特殊体重增长率为 4.42% ~ 5.89%, 凡纳滨对虾和中国明对虾在 30‰ 和 45‰ 盐度下的生长没有显著差异, 且凡纳滨对虾均显著高于中国明对虾和斑节对虾, 以盐度 30‰ 下斑节对虾最低 ($P < 0.05$). 实验进行 10 周后, 对虾个体增重为 0.48 ~ 1.21 g, 增重率为 1 810.52% ~ 5 605.76%, 特殊体重增长率为 4.21% ~ 5.77%, 不同对虾的生长趋势同养殖 7 周的生长状况.

表 2 不同盐度下(30‰和 45‰)三种对虾的生长指标

Tab.2 Growth indexes of three Penaeid species reared at salinity of 30‰ and 45‰

养殖时间/周	盐度/‰	品种	增重/g	增重率/%	特殊体重增长率/%	肥满度/%	成活率/%
3	30	V	0.08 ^b	344.68 ± 6.67 ^b	7.11 ± 0.07 ^b		
		C	0.04 ± 0.01 ^d	220.41 ± 32.70 ^c	5.53 ± 0.48 ^{dc}		
		M	0.08 ± 0.01 ^b	243.77 ± 23.74 ^{dc}	5.87 ± 0.33 ^d		
	45	V	0.10 ± 0.01 ^a	453.40 ± 34.75 ^a	8.14 ± 0.30 ^a		
		C	0.06 ± 0.01 ^c	312.64 ± 42.94 ^{bc}	6.73 ± 0.48 ^{bc}		
		M	0.05 ^{cd}	278.61 ± 17.91 ^{cd}	6.34 ± 0.23 ^{cd}		
7	30	V	0.37 ± 0.04 ^a	1 623.41 ± 177.74 ^a	5.80 ± 0.22 ^a		
		C	0.29 ± 0.04 ^b	1 458.88 ± 178.73 ^{ab}	5.60 ± 0.24 ^{ab}		
		M	0.27 ± 0.03 ^b	774.47 ± 88.72 ^d	4.42 ± 0.21 ^d		
	45	V	0.37 ± 0.02 ^a	1 692.90 ± 98.45 ^a	5.89 ± 0.11 ^a		
		C	0.25 ± 0.03 ^{bc}	1 289.70 ± 147.97 ^{bc}	5.36 ± 0.22 ^{bc}		
		M	0.21 ± 0.01 ^c	1 074.39 ± 37.42 ^c	5.03 ± 0.07 ^c		
10	30	V	1.21 ± 0.07 ^a	5 358.77 ± 323.81 ^a	5.71 ± 0.09 ^a	0.92 ± 0.02 ^a	90.33 ± 6.66 ^a
		C	0.55 ± 0.01 ^{bc}	2 793.55 ± 21.26 ^b	4.81 ± 0.06 ^b	0.67 ± 0.01 ^b	46.00 ± 2.34 ^c
		M	0.62 ± 0.01 ^b	1 810.52 ± 28.73 ^c	4.21 ± 0.02 ^c	0.91 ± 0.17 ^a	71.33 ± 14.19 ^b
	45	V	1.21 ± 0.01 ^a	5 605.76 ± 471.76 ^a	5.77 ± 0.12 ^a	0.92 ± 0.02 ^a	81.33 ± 6.11 ^{ab}
		C	0.48 ± 0.02 ^c	2 437.23 ± 101.43 ^b	4.62 ± 0.05 ^b	0.62 ± 0.06 ^b	53.00 ± 2.43 ^c
		M	0.51 ± 0.04 ^c	2 615.90 ± 223.10 ^b	4.71 ± 0.12 ^b	0.97 ± 0.03 ^a	75.00 ± 6.25 ^b

注: 表中同一列数据上不同上标字母代表有显著差异 ($P < 0.05$); V 为凡纳滨对虾; C 为中国明对虾; M 为斑节对虾.

对养殖 10 周后的凡纳滨对虾、中国明对虾和斑节对虾的肥满度和成活率的测定计算, 结果表明: 盐度对三种对虾的肥满度无显著影响, 但中国明对虾在盐度为 30‰ 和 45‰ 下的肥满度 (分别为 0.67% 和 0.62%) 显著低于凡纳滨对虾 (分别为 0.92% 和 0.92%) 和斑节对虾 (分别为 0.91% 和 0.97%) ($P < 0.05$). 盐度对三种对虾的成活率亦无显著影响, 但在盐度为 30‰ 和 45‰ 下, 凡纳滨对虾成活率 (分别为 90.33% 和 81.33%) 显著高于斑节对虾 (分别为 71.33% 和 75.00%), 中国明对虾最低 (分别为 46.00% 和 53.00%) ($P < 0.05$).

3 讨论

盐度对对虾生长的影响主要与渗透压的调节有关. 环境与体液的渗透压差异造成对虾生长的变化, 在非等渗环境下, 对虾必须对环境盐度作出应激反应. 根据渗透压调节原理, 对虾在等渗透点时, 因盐度差而额外付出的代谢能最少, 用于生长及其它生理过程的转化率最高, 因此渗透压调节能力是评估对虾应对不适环境下生理状况的一个重要指标. 相关研究^[8]结果指出, 凡纳滨对虾的盐度适应范围广, 在盐

度 1‰~50‰范围内均可存活,并且保持较好的生长速度;但是随着盐度的升高,其生长率逐渐降低,对虾生长在盐度 2‰时最好,盐度 35‰时次之,在盐度 50‰时最差^[7]. 中国明对虾最适生长盐度为 20‰^[9],在盐度 15‰~35‰时存活率和生长率较高,盐度大于 35‰对中国明对虾生长不利^[10]. 斑节对虾能生活在盐度为 5‰~45‰的水域,生长最适宜的盐度为 20‰~30‰^[11]. 本研究中,随养殖时间的延长(即养殖 7 周和 10 周后),盐度 30‰和 45‰下凡纳滨对虾的生长率显著高于中国明对虾和斑节对虾,说明凡纳滨对虾对高盐度(30‰和 45‰)的适应性优于中国明对虾和斑节对虾. 该研究结果与上述报道一致. 但本研究中并没有发现不同盐度(30‰和 45‰)对凡纳滨对虾生长的显著影响,这可能与实验对虾所处的生长发育阶段不同有关. Peren-velazquez 等^[7]所用凡纳滨对虾的初始体重为 0.36 g,而本实验中凡纳滨对虾为仔虾 PL15(Postlarvae, PL)经过 10 d 盐度驯化的对虾,初始体重为 0.022~0.028 g. 推测凡纳滨对虾的个体大小和生长阶段在很大程度上影响其生长和成活,早期驯化可以消除不同盐度下凡纳滨对虾的生长差异.

本研究中中国明对虾和斑节对虾的生长明显低于凡纳滨对虾,其原因除了后者具有较广泛的盐度适应范围外,可能还与温度^[12-13]和饲料蛋白质^[14-16]水平密切相关.

对虾在不同盐度下渗透调节耗能和对饲料蛋白消化率不同,在非等渗的高盐条件下,用于调节渗透压的蛋白质消耗较大. 迄今为止,有关高盐度下对虾饵料蛋白质需求的研究很少,今后应对高盐度下(如盐度 30‰~60‰),饵料蛋白质水平对对虾生长的营养调控作用以及饵料蛋白质和高盐度的交互作用开展相关研究工作.

参考文献:

- [1] Huang K, Wang W, Lu J, et al. Salinity effects on growth and biochemical composition of *Penaeus vannamei*[J]. Marine Science, 2004, 9(4): 20-25.
- [2] 崔莹,臧维玲,马海娟. 南美白对虾瞬时耗氧速率与溶氧水平和海水盐度的相关关系[J]. 上海水产大学学报, 2003, 12(1): 76-79.
- [3] 王吉桥,罗鸣,张德治,等. 水温和盐度对南美白对虾幼虾能量收支的影响[J]. 水产学报, 2004, 28(2): 161-166.
- [4] 王兴强,马牲,董双林. 盐度和蛋白质水平对凡纳滨对虾存活、生长和能量转换的影响[J]. 中国海洋大学学报:自然科学版, 2005, 35(1): 33-37.
- [5] 黄凯,王武,李春华. 南美白对虾必需氨基酸的需要量[J]. 水产科学, 2003, 27(5): 456-461.
- [6] 刘栋辉,何建国,刘永坚,等. 极低盐度下饲料蛋白质分数对凡纳对虾生长表现和免疫状况的影响[J]. 中山大学学报:自然科学版, 2005, 44(增刊 2): 217-223.
- [7] Perez-Velazquez M, González-Félix M L, Jaimes-Bustamente F, et al. Investigation of the effects of salinity and dietary protein level on growth and survival of pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* [J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2007, 38(4): 475-485.
- [8] Pante M J R. Influence of environmental stress on the heritability of molting frequency and growth rate of Penaeid Shrimp, *Penaeus vannamei*[D]. Houston, USA: University of Houston-Clear Lake, 1990.
- [9] 张硕,董双林. 饵料和盐度对中国对虾幼虾能量收支的影响[J]. 大连水产学院学报, 2002, 17(3): 227-233.
- [10] 荣长宽,陶丙春,郭立. 盐度变化对人工培育的中国对虾仔虾成活率及生长率的影响[J]. 中山大学学报:自然科学版, 2000, 39(增刊): 96-98.
- [11] 杨其彬,叶乐,温为庚,等. 盐度对斑节对虾蜕壳、存活、生长和饲料转化率的影响[J]. 南方水产, 2008, 4(1): 16-21.
- [12] 田相利,董双林,王芳. 不同温度对中国对虾生长及能量收支的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(4): 678-682.
- [13] 蔡泽平,陈浩如. 大亚湾两种重要经济虾类热效应[J]. 生态学报, 2005, 25(5): 1115-1122.
- [14] 李二超,陈立侨,曾嶂,等. 不同盐度下饵料蛋白质含量对凡纳滨对虾生长、体成份和肝胰腺组织结构的影响[J]. 水产学报, 2008, 32(3): 425-433.
- [15] 李爱杰. 水产动物营养与饲料学[M]. 北京:中国农业出版社, 1996: 8-80.
- [16] 王吉桥,徐锟. 对虾对营养物质的需要量[J]. 大连水产学院学报, 2002, 17(3): 196-208.

责任编辑:周建军