

盐度对斑节对虾蜕壳、存活、生长和饲料转化率的影响

杨其彬¹, 叶乐^{1,2}, 温为庚¹, 王雨¹, 江世贵¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所热带水产研究开发中心, 海南 三亚 572018;

2. 厦门大学海洋学系, 福建 厦门 361005)

摘要: 对平均体重 1.20 ± 0.05 g 的斑节对虾 (*Penaeus monodon*) 稚虾进行为期 30 d 的养殖试验, 分别测定其在不同养殖盐度条件下的蜕壳间期、成活率、特定增长率和饲料转化率。斑节对虾的成活率在盐度 5 时最低, 低于 60%, 与其它盐度试验组差异显著, 而其它试验组之间差异不显著。在 5~25 盐度范围内, 蜕壳间期随着盐度升高而延长, 盐度达 30 以后又缩短, 25 时为最大值; 盐度 5、10 和 15 之间差异显著, 15、20、30 和 35 之间差异不显著。特定增长率和饲料转化率随盐度升高呈现双峰的波浪式变化趋势; 特定增长率在盐度 20 (3.18 ± 0.14) %·d⁻¹ 和 25 (2.98 ± 0.26) %·d⁻¹ 时达到最高。蜕壳间期与生长率存在极显著的正相关关系 ($P < 0.001$)。在盐度 20、25、30 时饲料转化率高, 分别为 (52.76 ± 3.06) %、(54.90 ± 5.14) % 和 (51.56 ± 7.58) %, 与其它盐度试验组之间差异显著。因此, 斑节对虾养殖的适宜盐度应为 20~30, 在此条件下可实现较高的成活率、特定增长率和饲料转化率。

关键词: 盐度; 斑节对虾; 存活率; 生长; 饲料转化率

中图分类号: S968.22

文献标识码: A

文章编号: 1673-2227-(2008)01-0016-06

Effect of salinity on molting, survival, growth and feed conversion rate of juvenile *Penaeus monodon*

YANG Qibin¹, YE Le^{1,2}, WEN Weigeng¹, WANG Yu¹, JIANG Shigui¹

(1. Tropical Fisheries R&D Center, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Sanya 572018, China; 2. Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Juveniles *Penaeus monodon* with average weight (1.20 ± 0.05 g) were cultured at salinities of 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35. The intermolt period, survival rate, specific growth rate (SGR) and feed conversion rate (FCR) were analyzed. The results showed that survival rate of *P. monodon* at salinity 5 was the lowest (<60%) and significantly different ($P < 0.05$) from that of the other salinity groups, and there were no significant ($P > 0.05$) differences in survival rate among the other salinity groups. With the salinity increasing from 5 to 25, the intermolt period increased, and when the salinity was over 30, the intermolt period decreased, the peak was appeared at salinity 25; there were significant differences among salinity 5, 10, 15 groups, but no significant differences among salinity 20, 25, 30, 35 groups. As the salinity increasing, the SGR and FCR showed a wavy line with double peaks. SGR was higher at salinity 20 (3.18 ± 0.14) %·d⁻¹ and 25 (2.98 ± 0.26) %·d⁻¹. There was a significant positive relationship between the intermolt period and SGR ($P < 0.001$). FCR was higher at salinity 20~30 and significantly different from that of the other treatments. The results suggested that the optimal salinity for *P. monodon* culture was 20~30 at which higher survival rate, SGR and FCR can be

收稿日期: 2007-08-28; 修回日期: 2007-10-18

资助项目: 国家高技术研究发展计划 (863 计划) 项目 (2003AA603120; 2006AA10A406); 农业结构调整重大技术研究专项 (06-05-01B)

作者简介: 杨其彬 (1972-), 男, 研究实习员, 从事海水养殖研究。E-mail: yangqibin1208@163.com

通讯作者: 江世贵, E-mail: jiangsg@21cn.com

attained.

Key words: salinity; *Penaeus monodon*; survival rate; growth; feed conversion rate

斑节对虾 (*Penaeus monodon*) 俗称草虾、竹节虾, 属暖水性虾类, 具有个体大、生长快、养殖周期短、适盐范围广、杂食性、耐高温、产量高、个体大、可鲜活长途运销、售价高等特点, 是世界上三大养殖虾类品种之一。作为水产养殖的重要种类, 为达到最优化生产, 了解其最适养殖条件是必不可少的。盐度是水产养殖中最重要的环境因素之一, 许多甲壳动物都具有一定程度的广盐适应性^[1]。取得最佳生长、存活和生产效率的盐度水平常常因种类而异^[2-7]。而且, 已有研究表明, 渗透压会引起养殖动物的生理反应如增加耗氧量和氨氮排泄率^[8-10], 进而可能会严重影响养殖环境, 对生产不利。盐度直接影响虾类的蜕壳和生长, 如罗氏沼虾 (*Macrobrachium rosenbergii*) 在低盐度下蜕壳周期较短, 生长较快^[11]; 凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 在较低盐度下生长较快, 高盐度则会抑制其生长^[3]。在对虾的养殖中, 人们常认为低盐度能促进对虾蜕壳和生长, 因而在育苗和养殖中常常利用加淡水来降低盐度, 以促进对虾蜕壳, 从而获得较快的生长效率^[12]。为了验证这一做法在斑节对虾养殖上是否适用, 特设计了该试验, 以探讨斑节对虾养殖的最佳盐度。

1 材料和方法

1.1 实验材料

该试验用虾为中国水产科学研究院南海水产研究所热带水产研究开发中心 (三亚) 培育的虾苗, 室外标粗 30 d 后取 700 尾平均体长 2.5 ~ 3.0 cm 的健康个体饲养于 7 个体积为 1 m³ 的室内水泥池内, 每池放入 100 尾, 进行为期 30 d 的盐度驯化和适应室内试验环境。盐度以每天 3 的速度调节, 将虾逐渐驯化至所需盐度, 调至终盐度后最少稳定 7 d。

对虾完全适应后, 饥饿 1 d, 进行分组试验。分别从相应盐度的水池中挑选个体均匀的健康对虾称重 (湿重) 后移至室内 50 L 塑料箱 (0.95 m × 0.60 m × 1.0 m)。每箱养虾 20 尾, 每组盐度 3 个平行。在塑料箱上方覆盖 20 目的筛绢网以防止对虾跳出。每个水箱放 1 个气泡石, 用小气泵充氧。

驯养期间和试验期间的用水均由经沉淀后过滤的砂滤海水和充分曝气后的自来水调配而成。

驯养期间和试验期间每天投喂 3 次, 使用市售宜海牌人工配合饲料 (广东粤海饲料公司生产), 饲料成分为粗蛋白质 41.0%, 粗脂肪 9.1%, 粗灰分 16.0%, 水分 12.0%。

1.2 饲养管理

每天分 3 次投料, 08:00、17:00 和 22:00。在每次投喂后 2 h 左右, 将残饵和粪便吸出, 残饵于 70℃ 下烘干保存, 用于计算摄食量。发现对虾蜕壳后, 及时将蜕壳捞出并记录, 用于分析蜕壳间期 (intermolt period, IP)。对虾死亡后及时捞出, 称重并纪录。每 2 d 换 1/3 相应盐度的水。

试验持续 30 d。试验结束后, 称重、计算成活率、分析特定增长率 (specific growth rate, SGR)、饲料转换率 (feed conversion rate, FCR)。

每天测量水温和盐度, 每 2 d 测量一次溶解氧和 pH 值。整个试验期间, 水温 27.0 ~ 30.5℃, 溶解氧为 5.9 ~ 8.3 mg·L⁻¹, pH 为 8.1 ± 0.3。

1.3 结果计算及数据统计分析

试验进行 30 d 后对所有虾称重, 试验参数的计算公式如下:

$$\text{蜕壳间期 IP (d)} = \sum T / \sum N_m$$

$$\text{增重率 WG (\%)} = 100 \times (W_t / W_0) / W_0$$

$$\text{特定增长率 SGR (\%·d}^{-1}\text{)} = 100 \times (\ln W_t - \ln W_0) / t$$

$$\text{饲料转化率 FCR (\%)} = 100 \times (W_t - W_0) / F$$

T 为试验虾存活时间, N_m 为蜕壳数量, W_t 、 W_0 分别为终末和初始虾体平均湿重, t 为养殖时间, F 为摄入饲料重量 (投饵量减去残饵量)。

采用 Excel 软件和 SPSS 13.0 软件对试验数据进行统计学分析, 先对数据作单因素方差分析 (ANOVA), 组间若有显著差异, 再作 Duncan's 多重比较, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果

2.1 盐度对斑节对虾蜕壳间期的影响

盐度对斑节对虾 IP 的影响见表 1。斑节对虾平均 IP 呈现单峰模型, 在 5 ~ 25 范围内, IP 随着

表1 不同盐度下斑节对虾的平均蜕壳间期 (平均值 $\pm$ SD)Tab. 1 The mean intermolt period (day) of *P. monodon* at different salinities (Mean $\pm$ SD)

盐度 salinity	5	10	15	20	25	30	35
蜕壳间期/d IP	11.8 $\pm$ 0.7 ^a	15.4 $\pm$ 0.9 ^b	20.7 $\pm$ 0.8 ^c	22.9 $\pm$ 1.7 ^{cd}	25.3 $\pm$ 2.7 ^d	19.9 $\pm$ 1.6 ^c	20.4 $\pm$ 2.1 ^c

注: 同行数据上标字母不同者之间表示存在显著差异 ($P < 0.05$)

Note: Means with the different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

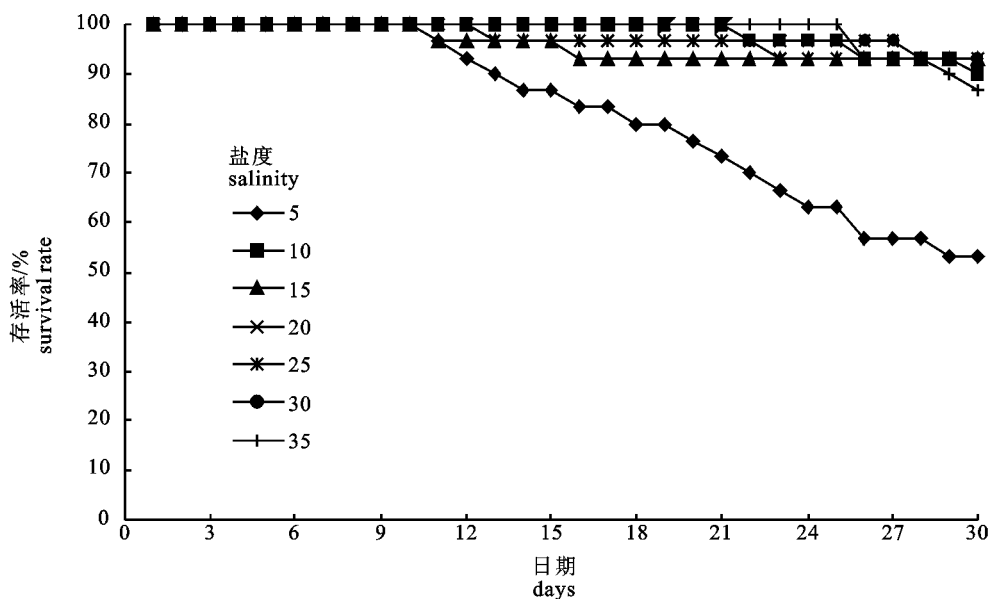


图1 不同盐度条件下斑节对虾的存活率变化情况

Fig. 1 Survival rate of juvenile *P. monodon* under various salinity conditions

盐度升高而延长, 5、10 和 15 之间差异显著, 25 时达到最大值, 除了与 20 差异不显著外, 和其它盐度处理组差异显著; 盐度超过 25 后 IP 又缩短。15、20、30 和 35 之间差异不显著。

2.2 盐度对斑节对虾存活率的影响

盐度对斑节对虾存活率的影响显著 (图 1)。在低盐度 (5) 条件下, 斑节对虾的存活率从试验开始 10 d 后急剧下降, 与其它试验组存在显著差异, 养殖 30 d 后, 其成活率不到 60%。而在盐度 10~35 间, 斑节对虾存活率无显著性差异。

2.3 盐度对斑节对虾生长和饲料转化率的影响

养殖期间未发生任何虾病, 经过 30 d 的试验, 结果见表 2。在盐度 5~35 范围内, 斑节对虾 SGR 和 FCR 均呈现同规律的双峰模型 (图 2 和图 3)。盐度 5 时 SGR 和 FCR 最低, 与其它盐度组差异显著, 在 10 时, 斑节对虾 SGR 和 FCR 有一个小峰值, 15 时下降, 随后上升, 在 25 时 SGR 和 FCR

达到最高峰, 超过 25 后 SGR 和 FCR 又下降, 20、25 和 30 处理组之间差异不显著, 但与 15 和 35 处理组间差异显著。

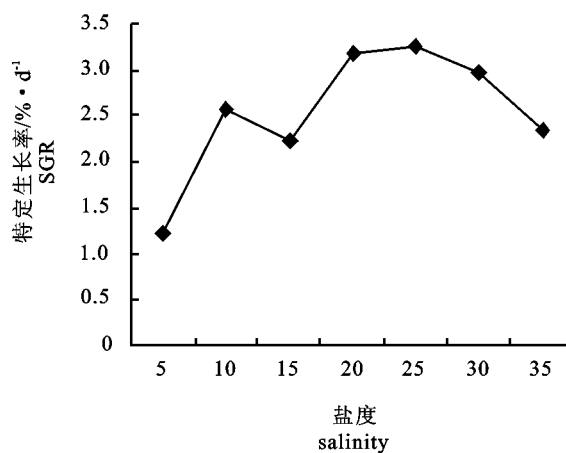


图2 不同盐度条件下斑节对虾的特定增长率

Fig. 2 The SGR of juvenile *P. monodon* under various salinity conditions

表 2 盐度对斑节对虾生长和饲料转化率的影响 (平均值 $\pm$ SD)Tab. 2 Growth and FCR of juvenile *P. monodon* under various salinities (Mean $\pm$ SD)

盐度 salinity	5	10	15	20	25	30	35
初始重量/g initial body weight	1.22 $\pm$ 0.03	1.27 $\pm$ 0.00	1.21 $\pm$ 0.03	1.16 $\pm$ 0.03	1.20 $\pm$ 0.02	1.16 $\pm$ 0.05	1.15 $\pm$ 0.07
终末重量/g final body weight	1.75 $\pm$ 0.10 ^a	2.74 $\pm$ 0.17 ^{cd}	2.35 $\pm$ 0.21 ^{bc}	3.01 $\pm$ 0.12 ^{de}	3.20 $\pm$ 0.41 ^e	2.83 $\pm$ 0.23 ^{de}	2.31 $\pm$ 0.21 ^{ab}
增重率/% weight gain ratio	144 $\pm$ 5.7 ^a	216 $\pm$ 13.4 ^{bc}	195 $\pm$ 17.0 ^b	259 $\pm$ 10.4 ^d	266 $\pm$ 35.2 ^d	245 $\pm$ 19.2 ^{cd}	201 $\pm$ 17.0 ^b
特定增长率/% $\cdot$ d ⁻¹ SGR	1.22 $\pm$ 0.13 ^a	2.56 $\pm$ 0.21 ^{bc}	2.22 $\pm$ 0.30 ^b	3.18 $\pm$ 0.14 ^d	3.24 $\pm$ 0.44 ^d	2.98 $\pm$ 0.26 ^{cd}	2.33 $\pm$ 0.28 ^b
饲料转化率/% FCR	18.50 $\pm$ 0.98 ^a	40.27 $\pm$ 4.58 ^b	35.80 $\pm$ 3.72 ^b	52.76 $\pm$ 3.06 ^c	54.90 $\pm$ 5.14 ^c	51.56 $\pm$ 7.58 ^c	38.77 $\pm$ 3.04 ^b

注：同行数据上标字母不同者之间表示存在显著差异 ($P < 0.05$)

Note: Means with the different superscript letters are significantly different ($P < 0.05$).

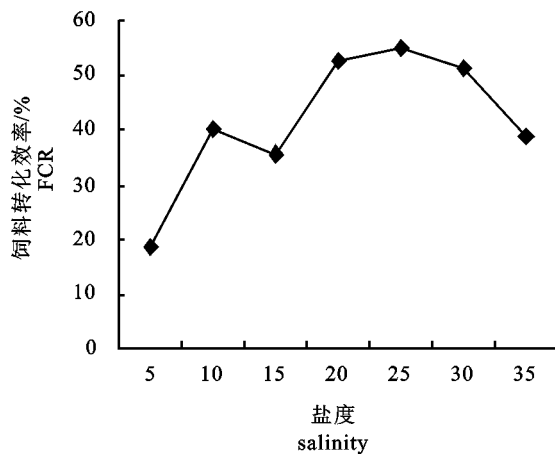


图 3 不同盐度条件下斑节对虾的饲料转化率

Fig. 3 The FCR of juvenile *P. monodon* under various salinity conditions

2.4 蜕壳间期和特定增长率的关系

IP 和 SGR 之间的关系见图 4。从图中可以看出，随着 IP 延长，斑节对虾的 SGR 呈增加的趋势。运用 Pearson 相关系数进行检验，IP 和 SGR 存在极显著的正相关关系 ($P < 0.001$)。

3 讨论

3.1 盐度和存活率

低盐度下 (5) 斑节对虾存活率很低，这与 CAWTHORNE 等^[13]的研究结果是一致的，说明斑节对虾对长时间的低盐度适应能力比较差。在试验

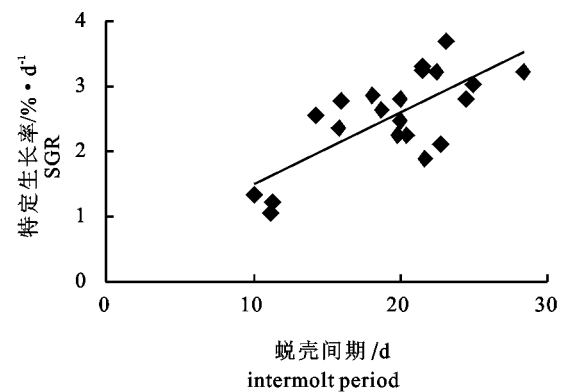


图 4 蜕壳间期和特定增长率的关系

Fig. 4 The relationship between intermolt period and SGR

中发现，在低盐度条件下，斑节对虾死亡的主要原因是蜕壳不遂所致，属于蜕壳综合症 (molt death syndrome, MDS)。因此，在低盐度条件下，斑节对虾 IP 缩短，由于不正常的蜕壳，对其存活率影响很大。这说明斑节对虾不适宜在低盐度下生存，其较适宜的生存盐度应在 10 以上，这点与其它对虾如凡纳滨对虾^[3]能在低盐度较好的生长是不一样的。

3.2 蜕壳间期和生长效率

蜕壳伴随虾类的整个生命过程。与厚壳的甲壳动物相比，对虾类的蜕壳更加频繁。一般认为对虾生长是通过蜕壳来实现其阶梯式体长增长的，即在蜕壳时体长快速增加，而蜕壳后到下次蜕壳前体长

几乎增加很少^[14]。

此试验发现,不合适的盐度都会引起蜕壳频率增加。不仅降低盐度可以促进斑节对虾蜕壳,盐度过高在一定程度上也会使 IP 缩短。但是,蜕壳频率的增加并不能促进其生长加速,这在其他品种的甲壳动物已经得到验证^[15-16]。VIJAYAN 和 DIWAN^[15]在研究印度明对虾 (*Fenneropenaeus indicus*) 时发现频繁蜕壳并不能导致生长的加快,另外 ALLAN^[17]也指出,各种环境胁迫如迅速降盐、增温可刺激斑节对虾加快蜕壳,但蜕壳频率的增加并不能导致生长加快,所以,蜕壳与生长虽然有一定的关系,但不一定呈正相关。蜕壳主要受体内蜕壳激素调控,外界环境因子如温度、盐度、光照等对蜕壳也有影响。

PANIKKAR^[18]研究发现,广盐性虾类可通过血淋巴的渗透调节和离子调节来适应外界环境盐度的变化,具有二重性。在高盐度,虾类需将体内多余的盐分排出体外,保持体内的正常水分;在较低的盐度条件下又需要摄取足够的盐分,排掉多余的水分,在这种渗透压主动调节过程中,虾类要消耗体内储存的能量,以适应外界的盐度变化,因而代谢率升高,降低了生长效能。另一方面,低盐度条件下斑节对虾蜕壳频率增加,也就增加了蜕壳能的消耗,减少了用于生长的能量。对虾生活的盐度在等渗点附近时新陈代谢能耗降低,从而引起生长加快^[7]。也有报道梭子蟹 *Portuns* 最佳生长盐度在等渗点以下^[8]。此试验没有测定斑节对虾的等渗点,因此,这点差异是否是对虾和蟹类之间普遍的差别有待进一步研究。无疑的是,过高或过低盐度对于蜕壳可能需花费更多时间及更多的能量才恢复正常的血液渗透压,这种延长蜕壳时间无疑增加了被敌害攻击和自相残杀的机会,并使它们延缓觅食能力的恢复。因此,蜕壳是对虾生长的结果,决不是因蜕壳而引起生长。只有当各种因素都适合时对虾才能加快生长,并导致正常蜕壳,否则对虾即使蜕壳也不生长,甚至出现负生长。不正常的蜕壳往往也是造成对虾死亡的一个重要因素。此试验得出 IP 和生长率存在极显著的正相关关系,是否适用于各种不同发育阶段的对虾以及其它不同种类的对虾还有待进一步的研究。

3.3 斑节对虾养殖的最佳盐度

从目前的研究来看,斑节对虾能承受较宽的盐度变化范围,但对最低盐度与最佳盐度要求仍无最后定论。CAWTHORNE 等^[13]研究报道认为,斑节对虾仔虾能承受的最低盐度是 2,所有斑节对虾在淡水中 4 h 内死亡;在低于 10 的盐度中斑节对虾幼虾死亡率很高和生长率很低。此试验得出的结论是,从生长角度看,斑节对虾幼虾养殖的合适盐度是 20~30 之间。有趣的是,生长效率最佳的盐度条件下,即 25 左右,斑节对虾的免疫能力也是最强的^[19],由此可以认为,25 左右的盐度是斑节对虾养殖最理想的盐度。

参考文献:

- [1] PEQUEUX A. Osmotic regulation in crustaceans [J]. J Crustac Biol, 1995, 15 (1): 1-60.
- [2] ROUSE D B, KARTAMULIA I. Influence of salinity and temperature on molting and survival of the Australia freshwater crayfish (*Cherax tenunimanus*) [J]. Aquac, 1992, 105 (1): 47-52.
- [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]. Aquac, 1994, 122 (2/3): 133-146.
- [4] KUMLU M, JONES D A. Salinity tolerance of hatchery-reared post-larvae of *Penaeus indicus* H. Milne Edwards originating from India [J]. Aquac, 1995, 130 (2/3): 287-296.
- [5] KUMLU M, EROLDGAN O T, SAGLAMTIMUR B. The effect of salinity and added substrates on growth and survival of *Metapenaeus monoceros* post-larvae (Decapoda: Penaeidae) [J]. Aquac, 2001, 196 (1/2): 177-188.
- [6] SOYEL I H, KUMLU M. The effects of salinity on postlarval growth and survival of *Penaeus semisulcatus* [J]. Turk J Zool, 2003, 27: 221-225.
- [7] RUSCOE I M, SHELLEY C C, WILLIAMS G R. The combined effects of temperature and salinity on growth and survival of juvenile mud crabs (*Scylla serrata*) [J]. Aquac, 2004, 238 (1/4): 239-247.
- [8] CHEN J C, LIN J L. Osmolality and chloride concentration in the haemolymph of subadult *Penaeus chinensis* subjected to different salinity levels [J]. Aquac, 1994, 125 (1/2): 167-174.
- [9] LEMOS D, PHAN V N, ALVAREZ G. Growth, oxygen consumption, ammonia-N excretion, biochemical composition and energy content of *Farfantepenaeus paulensis* Pérez-Farfante (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) early postlarvae in different salinities [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2001, 261 (1/2): 55-74.
- [10] SILVIA G J, ANTONIO U R A, FRANCISCO V O, et al. Ammo-

- nia efflux rates and free amino acid levels in *Litopenaeus vannamei* postlarvae during sudden salinity changes [J]. Aquac, 2004, 233 (1/4): 573 – 581.
- [11] 徐桂荣, 朱正国, 臧维玲, 等. 盐度对罗氏沼虾幼虾生长的影响 [J]. 上海水产大学学报, 1997, 6 (2): 124 – 127.
- [12] 黄加琪, 林琼武. 影响日本对虾蜕壳因素的探讨 [J]. 海洋科学, 2003, 27 (2): 30 – 31.
- [13] CAWTHORNE D F, BEARD T, DAVENPORT J, et al. Responses of juvenile *Penaeus monodon* Fabricius to natural and artificial sea waters of low salinity [J]. Aquac, 1983, 32 (1/2): 165 – 174.
- [14] COELHO S R. Effects of environmental salinity and dietary levels on digestibility in four species of penaeid shrimp [D]. Texas: Texas A & M University, 1981: 66.
- [15] VUAYAN K K, DIWAN A D. Influence of temperature, salinity, pH and light on molting and growth in the Indian white prawn *Penaeus indicus* (Crustean: Dceapoda: Penaeidae) under laboratory conditions [J]. Asian Fish Sci, 1995, 8 (1): 63 – 72.
- [16] ROMANO N, ZENG Chaoshu. The effects of salinity on the survival, growth and haemolymph osmolality of early juvenile blue swimmer crabs, *Portunus pelagicus* [J]. Aquac, 2006, 260 (1/4): 151 – 162.
- [17] ALLAN G L, MAGUIRE G B. Effect of pH and salinity on survival, growth and osmoregulation in *Penaeus monodon* Fabricius [J]. Aquac, 1992, 107 (1): 33 – 47.
- [18] PANIKKAR N K. Osmotic behavior of shrimps and prawns in relation to their biology and culture [R]. FAO Fish Rep, 1968, FR-BCSP/67/E/25: 527 – 538.
- [19] WANG F I, CHEN J C. Effect of salinity on the immune response of tiger shrimp *Penaeus monodon* and its susceptibility to *Photobacterium damsela* subsp. *damsela* [J]. Fish Shellf Immunol, 2006, 20 (5): 671 – 681.