

## 2 个凡纳滨对虾全同胞家系在不同盐度下的生长比较

吴立峰<sup>1,2</sup>, 张吕平<sup>1</sup>, 胡超群<sup>1</sup>, 沈琪<sup>1</sup>

(1. 中国科学院南海海洋研究所中国科学院海洋生物资源可持续利用重点实验室, 广东 广州 510301;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 在 1‰—40‰盐度范围内, 设置 9 个盐度梯度(1‰、5‰、10‰、15‰、20‰、25‰、30‰、35‰、40‰), 比较不同盐度对 2 个具有不同遗传背景凡纳滨对虾 *Litopenaeus vannamei* 全同胞家系的影响。结果表明, 盐度对 2 个凡纳滨对虾家系的影响存在较大差异。对虾家系 B03 在 10‰—40‰盐度范围内, 体长、体重差异不明显, 成活率较高; 对虾家系 B08 在 1‰—40‰盐度范围内, 体长、体重、增长率具有明显的变化规律, 从盐度 1‰到 15‰逐渐升高, 15‰以后逐渐减小。对虾家系 B03 的成活率整体高于 B08 的成活率, 2 个家系均难以适应盐度为 1‰和 5‰的水体。研究为凡纳滨对虾的家系选育提供一定的数据支持。

**关键词:** 凡纳滨对虾; 盐度梯度; 生长; 体长; 体重

中图分类号: P735.2 文献标识码: A 文章编号: 1009-5470(2011)01-0152-07

## Comparison on growth rates of two full-sib families of *Litopenaeus vannamei* in different salinities

WU Li-feng<sup>1,2</sup>, ZHANG Lü-ping<sup>1</sup>, HU Chao-qun<sup>1</sup>, SHEN Qi<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Marine Bio-resources Sustainable Utilization, South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Guangzhou 510301, China; 2. Graduate University of CAS, Beijing 100049, China)

**Abstract:** An experiment was conducted to determine effects of different salinities (1‰, 5‰, 10‰, 15‰, 20‰, 25‰, 30‰, 35‰, 40‰) on growth rates of two full-sib families of *Litopenaeus vannamei*. The results suggested that salinity has different effects on the two families. For family B03, no obvious differences in body length and body weight existed in salinity range from 10‰ to 40‰. The growth of family B08 changed obviously with salinity, which increased with salinity in the range of 1‰ to 15‰ but decreased when salinity varied from 15‰ to 40‰. The mean survival rate of family B03 was higher than that of family B08. Both families did not show good tolerance to salinity between 1‰ and 5‰. Our findings provide evidence for the selective breeding of new line of *L. vannamei*.

**Key words:** *Litopenaeus vannamei*; salinity gradient; growth; body length; body weight

凡纳滨对虾 *Litopenaeus vannamei*, 俗称南美白对虾, 又称太平洋白虾, 自然分布于秘鲁至墨西哥的太平洋沿岸, 是目前全球最主要的养殖对虾品种, 在对虾渔业及养殖业中占有重要地位。伴随着养殖规模的迅速扩张, 负面问题也接踵而至。由于追求

短期利益, 在我国的凡纳滨对虾养殖中存在缺乏亲虾品种选择、近亲交配以及药物滥用等问题, 引起凡纳滨对虾出现了较大程度的种质衰退现象, 生长速度大大减慢, 病害频发, 对虾养殖业受到了严重影响。为使对虾养殖业摆脱困境, 走可持续发展道

收稿日期: 2009-12-29; 修订日期: 2010-06-04。蔡卓平编辑

基金项目: 国家“863”计划项目(2006AA10A406); “十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD01A1303); 广东省海洋渔业科技推广专项(A200899A02); 上海市科委创新行动计划重点攻关项目(073919102)

作者简介: 吴立峰(1983—), 男, 湖北省襄樊市人, 硕士, 主要从事对虾遗传育种研究。E-mail: wu.lf@163.com

通信作者: 胡超群。E-mail: cqhu@scsio.ac.cn

路, 对凡纳滨对虾进行新品种(系)的选育成为当前迫切的任务。家系选择是进行新品种(系)选育的最直接、最有效的方法之一<sup>[1]</sup>。本课题组采用群体选育与家系选育相结合的方法, 近年来开展了凡纳滨对虾快速生长新品种的选育工作。

温度、盐度、pH 等环境因子是影响凡纳滨对虾生长的重要因素, 环境因子的适宜与否直接关系到其生长、变态、摄食、活力、体质、体色、成活率等。因此, 弄清楚各环境因子对凡纳滨对虾生长的影响十分必要。关于环境因子对各种海水养殖动物的影响已见于不少的研究报道。Villarreal 等<sup>[2]</sup>研究了温度对加州美对虾 *Farfantepenaeus californiensis* 幼体发育的影响, 发现对幼体的大小和成活率最有利温度分别是 25.8 和 26.6 , 进而得出结论: 26 是加州美对虾幼体发育的最适温度; Su 等<sup>[3]</sup>研究了不同水平的低盐度海水对细角滨对虾 *Litopenaeus stylirostris* 仔虾成活率的影响, 研究发现盐度和发育阶段的不同显著地影响成活率, 而细角滨对虾的最低适应盐度为 10‰—14‰。Lin 等<sup>[4-5]</sup>先后进行了不同盐度下氨氮和亚硝酸盐对凡纳滨对虾幼虾的急性毒性试验; Zhang 等<sup>[6]</sup>研究了体重、温度、盐度、pH、光照和投饵频率对凡纳滨对虾致死溶解氧浓度的影响, 发现体重、温度、盐度、pH 与致死溶解氧浓度显著相关, 通过统计分析认为在最佳的生存条件下, 凡纳滨对虾具有更强的耐低氧能力; Poncepalafox 等<sup>[7]</sup>研究了盐度和温度对凡纳滨对虾幼虾生长和成活率的影响, 发现在盐度为 33‰—40‰, 温度为 28—30 时凡纳滨对虾幼虾能获得最快的生长速度和最高的成活率。尽管目前已有相当多的相关研究成果, 但关于盐度对不同家系的影响研究则少见文献报道。本文研究了 9 个盐度梯度对 2 个不同遗传背景的凡纳滨对虾全同胞家系的影响, 以期对凡纳滨对虾的家系选育工作提供数据支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

凡纳滨对虾亲虾取自广东广垦水产发展有限公司阳江分公司, 来源于南美洲进口亲虾后代及美国夏威夷进口品系的后代。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 家系培育方法

2008 年 6 月, 将上述 2 个种群中成熟的亲虾进行分别进行家系培育, 将同一批次交尾成功的雌虾分别移至已备好孵化用水的 0.5m<sup>3</sup> 玻璃钢桶中。控

制好条件, 待各雌虾产卵后, 将其捞出, 并做好荧光标记。卵留在桶中, 待其孵化后, 分别移至已准备好育苗用水的育苗桶中, 桶体积亦为 0.5m<sup>3</sup>。调整各孵化桶中幼体的密度使其基本一致(约为 200 尾·L<sup>-1</sup>), 多余的幼体取出用作其他实验。各家系经苗种培育, 除去 3 个育苗失败的家系, 最后到 P<sub>15</sub> 期有 17 个家系得以保留。

#### 1.2.2 盐度梯度实验设计

待家系培育至 P<sub>15</sub> 时, 将 17 个家系分别进行常规主要病毒检测, 确认不带病毒后, 选取活力相当, 个体大小相近的 2 个家系 B03 和 B08 作为本文研究对象, 前者来源于南美洲进口亲虾后代, 后者来源于美国夏威夷进口亲虾的后代。

2 个家系 B03 和 B08 从盐度 1‰—40‰各设置 1‰、5‰、10‰、15‰、20‰、25‰、30‰、35‰和 40‰共 9 个盐度梯度, 每个盐度梯度设置一个平行, 共计 36 个试验样。每个试验样有仔虾 100 尾, 试验用容器为 0.5m<sup>3</sup> 的玻璃钢桶。在进行盐度梯度试验前, 需要将实验用虾进行淡化或盐化, 即虾苗不能直接置于对应盐度的实验水体中, 而需要一个盐度梯度驯养, 逐渐过渡到所需盐度。具体方法是: 先测量 2 个家系原始水体的盐度, 各梯度组的水体即从该盐度开始, 每天降低或提高 3 个盐度, 逐步达到目的盐度, 这样可以避免过强的应激反应而影响实验结果。

#### 1.2.3 饲养管理

采用饱食投喂, 投饵频率为每天 3 次, 时间分别为 8:30、14:30 和 20:30。根据虾的生长和死亡情况, 灵活掌握投饵量, 同时每餐每个家系内各梯度的投饵量保持一致, 并记录每次的投饵量。投饵 2 小时后, 吸出粪便和残饵, 以免败坏水质。整个实验持续 60d, 实验全程不间断充气增氧, 自然光照。饲养期间的其他水质条件为: 水温 29—31 , 溶解氧浓度 (6.25 ± 0.56)mg·L<sup>-1</sup>, 氨氮浓度 0.20mg·L<sup>-1</sup>, 亚硝酸盐浓度 0.20mg·L<sup>-1</sup>, pH 值 7.95 ± 0.05。

#### 1.2.4 测定方法

在进行盐度梯度试验前, 先分别从 2 个家系中随机取虾 500 尾, 吸干水分后称量总重, 计算出每尾幼虾的平均体重。另各取 30 尾, 用游标卡尺分别测量体长, 并计算平均值, 这些数据作为 2 个家系的初始体长和体重。实验结束前 24h 停止投喂。结束后, 统计每个桶中虾的存活数量, 并从每个桶中随机取 30 尾, 吸干水分后, 用游标卡尺测量体长, 电子天平测量体重, 并计算平均值。这些数据作为

实验结束时 2 个家系各个盐度梯度的体长和体重。为了便于以后的描述,对于 B03 家系,盐度为 1‰试验组编号为 B03-1,盐度为 5‰试验组编号为 B03-5,其余依此类推,同样方法分别命名 B08 家系各试验组。

### 1.2.5 评价指标

增重率/%=(终末体重-初始体重)/初始体重 × 100%

成活率/%=实验结束时的存活数量/实验开始时的数量 × 100%

饵料系数=摄食量/(终末体重-初始体重)

饵料转化率/%=(终末体重-初始体重)/摄食量 × 100%

特定生长率/%=(ln 终末体重-ln 初始体重)/养殖天数 × 100%

### 1.2.6 数据处理

用 SPSS13.0 统计软件进行单因素方差分析(ANOVA)及成组数据比较,设置信区间为 95%;用 Excel 作柱形图,描述统计结果(平均值与标准差)。

## 2 结果与分析

### 2.1 2 个家系的体长比较

2 个家系的初始体长统计结果见表 1,实验结束时 2 个家系的体长统计结果见图 1。由表 1 可知,2 个家系的初始体长差异不显著( $P=0.140$ ),由图 1 可知,盐度对 2 个家系的影响不同。B03、B03-1 对虾家系的 2 个平行组均在实验中途相继全部死亡,B03-5 对虾的体长显著小于其他几个盐度组的对虾

表 1 家系 B03 和 B08 的初始体长统计  
Tab. 1 Initial body length of families B03 and B08

家系	平均值/g	方差	F 值	P 值
B03	1.027	0.104	2.309	0.140
B08	0.976	0.098		

注: F 和 P 为统计检验值。

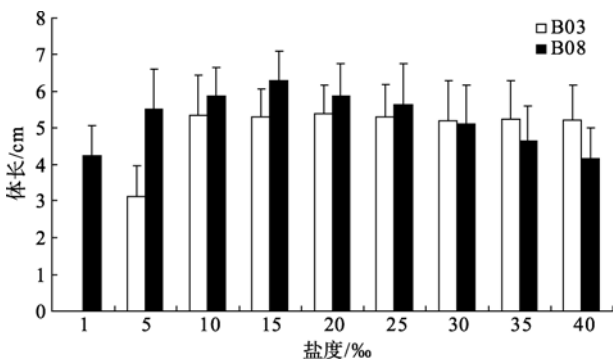


图 1 家系 B03 和 B08 在不同盐度下生长 60 天后的体长比较

Fig. 1 Comparison of body length of family B03 and B08 in different salinities after 60 days

体长,变异系数也最大,其余几个梯度组间对虾体长差异不显著( $P>0.05$ );而家系 B08,从盐度 1‰到 15‰,体长依次增大,到盐度 15‰时到达最高峰,以后又逐渐减小,而且 B03-15 对虾整齐度也是最好。

### 2.2 2 个家系的体重比较

由于仔虾的体重太小,无法准确称量,因此只利用 500 尾仔虾的总体重求平均数得出 2 个家系的平均体重(均约为 0.0043g)。图 2 是实验结束时 B03 和 B08 2 个家系在各盐度梯度下体重的统计结果,可见,对虾体重和体长的变化规律基本一致。

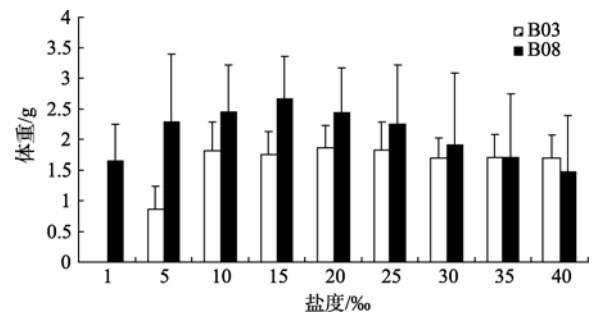


图 2 家系 B03 和 B08 在不同盐度下生长 60 天后的体重比较

Fig. 2 Comparison of body weight of family B03 and B08 in different salinities after 60 days

### 2.3 2 个家系成活率的比较

实验结束时,2 个家系的成活率比较见图 3。可见,对虾家系在 1‰和 5‰盐度下成活率较低,而在 10‰—40‰盐度范围内成活率较高。

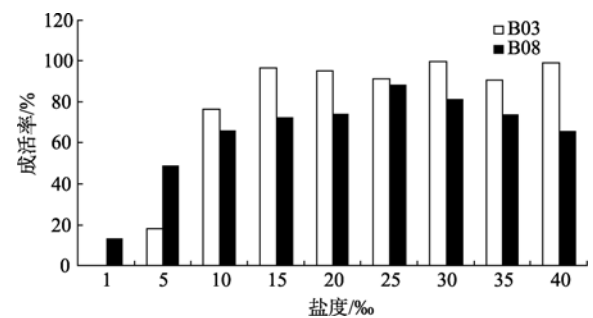


图 3 家系 B03 和 B08 在不同盐度中生长 60 天后的成活率比较

Fig. 3 Comparison of survival rate of family B03 and B08 in nine salinity values

### 2.4 2 个家系各自的增重率、饵料系数、饵料转化率和特定生长率

表 2 和表 3 给出了家系 B03 和 B08 各个梯度的增重率、饵料转化率、饵料系数和特定生长率统计结果。由表可知,家系 B03 和 B08 均是盐度 20‰组在这些指标上表现最大的优势,但家系 B08 表现得更明显。

表 2 家系 B03 在各盐度梯度增重率、饵料系数、饵料转化率和特定生长率

Tab. 2 Weight gain rate, feed efficiency, feed conversion rate, and specific growth rate of family B03 in different salinity gradients

实验组	增重率/%	饵料转化率/%	饵料系数	特定生长率/%
B03-1	—	—	—	—
B03-5	19008.6	41.1	2.432	8.77
B03-10	39992.6	85.6	1.168	9.99
B03-15	38896.3	83.3	1.201	9.94
B03-20	41044.4	87.9	1.138	10.03
B03-25	40570.4	86.9	1.151	10.01
B03-30	37533.3	80.4	1.244	9.88
B03-35	37644.4	80.6	1.241	9.89
B03-40	37300.4	79.9	1.252	9.87

注: “—”表示未取得该组数据。

表 3 家系 B08 在各盐度梯度增重率、饵料系数、饵料转化率和特定生长率

Tab. 3 Weight gain rate, feed efficiency, feed conversion rate and specific growth rate of family B08 in different salinity gradients

实验组	增重率/%	饵料转化率/%	饵料系数	特定生长率/%
B08-1	40095.1	68.3	1.464	9.99
B08-5	55692.7	94.9	1.054	10.54
B08-10	59530.1	101.4	0.986	10.65
B08-15	64774.0	110.3	0.906	10.79
B08-20	59160.2	100.8	0.992	10.64
B08-25	54668.3	93.1	1.074	10.51
B08-30	46180.5	78.7	1.271	10.23
B08-35	41526.0	70.7	1.414	10.05
B08-40	35814.6	61.0	1.639	9.81

2.5 2 个对虾家系总体比较

为了对 2 个对虾家系的总体生长情况进行比较, 将每个梯度的测量数据结合成活率, 计算出 2 个对虾家系各自总的体长、体重、增重率、饵料系数、

饵料转化率和特定生长率(用每个梯度的数据乘以成活率后相加, 再除以各个梯度成活率的和得到), 列于表 4。由表可知, 家系 B08 较 B03 在各项指标上均表现出优势。

表 4 2 个家系体长、体重、增重率、饵料系数、饵料转化率和特定生长率比较

Tab. 4 Comparison of body length, body weight, weight gain rate, feed efficiency, feed conversation rate, and specific growth rate of the two families

对虾家系	体长/cm	体重/g	增重率/%	饵料转化率/%	饵料系数	特定生长率/%
B03	5.211	1.733	38411.1	78.0	1.282	9.92
B08	5.361	2.130	51851.2	88.2	1.133	10.42

3 讨论

3.1 对虾家系选育的优势

国内外开展的对虾育种工作大多以群体选育为主<sup>[8-11]</sup>, 近年来逐渐兴起以家系为研究对象开展选育工作, 对象包括有马氏珠母贝 *Pinctada martensii*、海湾扇贝 *Argopecten irradians*、虾夷扇贝 *Patinopecten yessoensis*、牙鲆 *Paralichthys olivaceus*

等<sup>[12-15]</sup>。与群体选育相比, 家系选育具有速度快、效果明显、工作效率高、操作灵活以及优良性状突出等优点。家系遗传构成比较均一、亲代和子代的基因型容易测定, 因而家系选育在水产动物优良品种选育上开始得到较为广泛的应用。家系选育的另一个重要优点就是通过对全同胞或半同胞家系表型性状的观测, 可以对亲本的一些难以测定的性状的育种值进行估计, 这样就可以通过家系选育对生长

速度和疾病抗性数量性状进行选育。在家系选育中,还有一个值得注意的问题就是,为了维持尽可能低的近交率和尽可能高的选择强度,家系选育中要求家系的数量不能低于50个家系<sup>[15]</sup>。此研究所用试验材料来自2个地理养殖群体,以比较不同遗传背景的家系的生长差异,获得的17个全同胞家系为以后的选择育种和家系选育研究打下坚实的基础(其他家系及生长比较结果另文报道)。

### 3.2 凡纳滨对虾的最适生长盐度

凡纳滨对虾作为一种广盐性海洋生物,能在较大的盐度范围内存活和生长,但也有最适生长盐度范围。盐度对南美白对虾生长的影响主要与渗透压的调节有关, Panikkar<sup>[16]</sup>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:在高盐度条件下,虾类要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。凡纳滨对虾为广盐性虾类,按照上述原理,凡纳滨对虾处于基本等渗的环境时,因盐度差而额外付出的代谢能最少,用于摄食、生长及其他生理过程的转换率最高<sup>[17]</sup>。

目前关于凡纳滨对虾生长最适盐度的研究果差异较大。Ponce-palafox 等<sup>[7]</sup>认为凡纳滨对虾的最适盐度范围为33‰—40‰; Huang 等<sup>[18]</sup>认为凡纳滨对虾的最适生长盐度为20‰左右;王兴强等<sup>[19]</sup>根据盐度和特定生长率的回归关系计算出凡纳滨对虾的最适盐度为22.93‰; Bray 等<sup>[20]</sup>报道的最适盐度为5‰—15‰;黄凯等<sup>[21]</sup>认为在盐度为20‰时南美白对虾生长最好;沈丽琼等<sup>[22]</sup>认为凡纳滨对虾在盐度15‰—25‰环境中生长较快;朱春华等<sup>[23]</sup>则认为凡纳滨对虾的最适生长盐度范围为14‰—22‰。关于凡纳滨对虾生长最适盐度的差异,王兴强<sup>[19]</sup>认为可能与盐度的适应时间、盐度范围、个体大小、发育阶段和饵料种类等的不同有关;沈丽琼等<sup>[22]</sup>认为还应考虑凡纳滨对虾不同生态种群存在遗传性状显著差异。而笔者认为这与遗传背景这类可遗传因素的差异存在很大的关系,这在一定程度上也解释了本实验中盐度对2个家系影响不同的原因。

本论文实验是在桶内进行的,与室外大塘养殖中的水环境有一定的区别,相比之下更接近于室内水泥池的养殖环境。实验得出在盐度为20‰和25‰时,家系B03生长最快,盐度为15‰时,家系

B08生长最快;盐度为30‰时,家系B03成活率最高,盐度25‰时,家系B08成活率最高。其中生长最适盐度与沈丽琼<sup>[22]</sup>、朱春华<sup>[23]</sup>的研究结果基本一致,但至于成活率,王兴强<sup>[19]</sup>等的报道显示成活率在盐度35‰时最高,与本文结果不一致,当中原因有待进一步研究。

### 3.3 低盐度下的成活率和生长速度

低盐度对虾养殖是近年发展起来的一种对虾养殖模式,在我国南方及河口地区的对虾养殖中占有重要地位。由于沿海养殖用地日益减少,土地租金成本高昂,已有部分内陆地区开始在淡水中试养对虾,但普遍淡化养殖盐度在1‰—8‰不等,这种较低盐度的对虾养殖在我国发展相当迅速。目前,国内外在凡纳滨对虾低盐度养殖技术、疾病防治及营养需求等方面已开展过较多研究,证实凡纳滨对虾在低盐度养殖环境中生长速度比海水环境快<sup>[24-26]</sup>。在本研究中,低盐度组对虾的生长情况与已有相关报道的有所出入,梁萌青等也曾报道了类似的情况<sup>[27]</sup>,笔者认为可能是由于种群来源、放养密度、饵料差异、各种水环境因子等不同所致。

### 3.4 2个对虾家系各自的生长优劣

对虾家系B08在体长、体重、成活率、增重率、饵料系数、饵料转化率及特定生长率等方面整体优于家系B03,但若考虑各个梯度,2个家系则各有一定优劣。家系B03适应低盐度的能力较差,但在盐度10‰以上,该家系却能较好地适应,在这些梯度范围内体长、体重、增重率、饵料转化率、饵料系数、特定生长率等差别不大,且具有较高的成活率,其中成活率最低为76.5%(盐度10‰时),最高为99.5%(盐度30‰时)。家系B08适应低盐的能力比B03好,但并不强,因为在盐度1‰和5‰时,成活率与其他梯度组相比仍然存在较大的差异,且该家系在盐度10‰及以上时的成活率显著小于家系B03的成活率,而其余参数则是从低盐度开始逐渐增大,到15‰时达到顶峰,以后又逐渐下降,呈现一个波形变化趋势。本论文用数据证实盐度对不同遗传背景(家系B03的父母本来源于南美洲进口亲虾后代,家系B08的父母本来源于美国夏威夷进口亲虾后代)对虾家系的影响存在差异,这为今后的对虾家系选育工作提供了一定的理论支持,也为解决众多研究结果中关于凡纳滨对虾最适盐度的争议提供了依据。研究结果同时揭示,在以后的研究工作中应利用更多不同来源的群体构建家系,以提高新品种(系)的培育效率。

## 4 结论

本研究通过设置 9 个盐度梯度(1‰、5‰、10‰、15‰、20‰、25‰、30‰、35‰、40‰), 比较不同盐度对 2 个具有不同遗传背景凡纳滨对虾全同胞家系 B03 和 B08 的影响, 主要得到以下结论:

1) 对虾家系 B08 在体长、体重、成活率、增重率、饵料系数、饵料转化率及特定生长率等各项指标上均优于家系 B03, 但若考虑不同盐度梯度, 2 个家系则各有一定优势。

2) 家系 B03 除了盐度 1‰组和 5‰组(各项指标均较小)外, 其余各盐度梯度均没有表现出明显的变化规律, 大小较接近, 且成活率均较高, 盐度 30‰和 40‰组均达到了 99.5%, 可见家系 B03 对 10‰以

上盐度适应性较强, 但整体表现并不突出, 与家系 B08 有差距。

3) 家系 B08 在各盐度梯度下, 体长、体重和成活率均表现出了较大的差异, 呈现出一定的变化规律。从盐度 1‰到 25‰, 成活率逐渐增加, 到 25‰时最高, 之后又逐渐降低; 在高盐度时的成活率明显高于低盐度时的成活率; 体长和体重, 从盐度 1‰到 15‰, 逐渐增大, 到盐度 15‰时达到最大, 之后逐渐减小。体长、体重与成活率这 2 类指标间的变化规律不一致, 说明对增重和成活的最佳盐度并不在同一点上, 这就需要我们综合考察各类条件, 寻找一个平衡点, 确定一个最适宜的生长盐度范围。综合各类指标, 家系 B08 的最适盐度在 15‰—25‰之间。

## 参考文献

- [1] 何玉英, 李健, 刘萍, 等. 中国对虾家系幼体对氨氮和 pH 值的耐受性比较[J]. 中国海洋大学学报, 2008, 38(5): 761–765.
- [2] VILLARREAL H, A HERNANDEZ-LLAMAS A. Influence of temperature on larval development of Pacific brown shrimp *Farfantepenaeus californiensis*[J]. Aquaculture, 2005, 249(3): 257–263.
- [3] SU XINHONG, SHEN CHANGCHUN, YANG ZHANGWU, et al. Effect of low salinity on growth and survival of post-larvae of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*, at different stages[J]. The Israeli Journal of Aquaculture, 2005, 57(4): 271–277.
- [4] LIN Y C, CHEN J C. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2001, 259: 109–119.
- [5] LIN Y C, CHEN J C. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels[J]. Aquaculture, 2003, 224: 193–201.
- [6] ZHANG PEIDONG, ZHANG XIUMEI, LI JIAN, et al. The effects of body weight, temperature, salinity, pH, light intensity and feeding condition on lethal DO levels of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)[J]. Aquaculture, 2006, 256: 579–587.
- [7] PONCE-PALAFIX J, MARTINEZ-PALACIOS C A, ROSS L G. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931[J]. Aquaculture, 1997, 157: 107–115.
- [8] ARGUE B J, ARCE S M, LOTZ J M, et al. Selective breeding of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) for growth and resistance to Taura Syndrome Virus[J]. Aquaculture, 2002, 204: 447–460.
- [9] HETZEL D J S, CROSS P J, DAVIS G P, et al. Response to selection and heritability for growth in the Kuruma prawn, *Penaeus japonicus*[J]. Aquaculture, 2000, 181: 215–223.
- [10] GOYARD E, PATROIS J, PEIGNON J M, et al. Selection for better growth of *Penaeus stylirostris* in Tahiti and New Caledonia[J]. Aquaculture, 2002, 204: 461–468.
- [11] 李健, 刘萍, 何玉英, 等. 中国对虾快速生长新品种“黄海 1 号”的人工选育[J]. 水产学报, 2005, 29(1): 1–5.
- [12] 何毛贤, 管云雁, 林岳光, 等. 马氏珠母贝家系的生长比较[J]. 热带海洋学报, 2007, 26(1): 39–43.
- [13] 秦艳杰, 刘晓, 张海滨, 等. 海湾扇贝正反交两个家系形态学指标比较分析[J]. 海洋科学, 2007, 31(3): 22–27.
- [14] 张存善, 杨小刚, 宋坚, 等. 虾夷扇贝家系的建立及不同家系的早期生长研究[J]. 南方水产, 2008, 4(5): 44–50.
- [15] 陈松林, 田永胜, 徐天军, 等. 牙鲆抗病群体和家系的建立及其生长和抗病性能初步测定[J]. 水产学报, 2008, 32(5): 665–673.
- [16] PANIKKAR N K. Osmotic behavior of shrimps and prawns in relation to their biology and culture[J]. FAO Fish Rep, 1968, 57: 527–538.
- [17] 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.
- [18] HUANG H J. Factors affecting the successful culture of *Penaeus stylirostris* and *Penaeus vannamei* at an estuarine power plant site: temperature, salinity, inherent growth variability, damselfly nymph predation, population density and distribution, and polyculture[D]. PhD dissertation Texas A & M University, College Station, TX, USA, 1983.
- [19] 王兴强, 曹梅, 马牲, 等. 盐度对凡纳滨对虾存活、生长和能量收支的影响[J]. 海洋水产研究, 2006, 27(1): 8–13.
- [20] BRAY W A, LAWRENCE A L, LEUNG-TRUJILLO J R, et al. 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: 133–146.
- [21] 黄凯, 王武, 卢洁, 等. 盐度对南美白对虾的生长及生化成分的影响[J]. 海洋科学, 2004, 28(9): 20–25.

- [22] 沈丽琼, 陈政强, 陈昌生, 等. 盐度对凡纳滨对虾生长与免疫功能的影响[J]. 集美大学学报:自然科学版, 2007, 12(2): 108–113.
- [23] 朱春华. 盐度对南美白对虾生长性能的影响[J]. 水产科技情报, 2002, 29(4): 166–168.
- [24] IMAD P S, ALLEN D D, DAVID B R. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture[J]. Aquaculture, 2003, 217: 373–383.
- [25] CHENG KAIMIN, HU CHAOQUN, LIU YANNI, et al. Effects of dietary calcium, phosphorus and calcium: phosphorus ratio on the growth and tissue mineralization of *Litopenaeus vannamei* reared in low salinity water[J]. Aquaculture, 2006, 251: 472–483.
- [26] LARANMORE S, LARAMORE C R, SCARPA J. Effect of low salinity on growth and survival of postlarvae and juvenile *Litopenaeus vannamei*[J]. Journal of the World Aquaculture Society, 1994, 122: 133–146.
- [27] 梁萌青, 王士银, 王家林, 等. 海水养殖与低盐养殖凡纳滨对虾生长性能酶活及RNA/DNA比值的差异[J]. 海洋水产研究, 2008, 29(4): 69–73.