

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2012.06.006

## 斑节对虾家系氨氮耐受性的比较

黄建华<sup>1</sup>, 李永<sup>1,2</sup>, 杨其彬<sup>1</sup>, 苏天凤<sup>1</sup>, 朱彩艳<sup>1</sup>, 江世贵<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东省渔业生态环境重点实验室, 广东广州 510300; 2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306)

**摘要:** 以非洲(F)、泰国(T)、印尼(Y) 3个地理群体的野生斑节对虾(*Penaeus monodon*)为亲本构建家系, 通过96 h氨氮急性毒性试验对其中45个家系进行氨氮耐受性的比较研究。结果表明, 在96 h高氨氮的胁迫下各家系的死亡率为15.56%~100%, 斑节对虾家系间对氨氮的耐受性差异极显著( $P < 0.01$ )。其中死亡率低于30%的高氨氮耐受性家系有7个, 死亡率在30%~60%的中等氨氮耐受性家系有29个, 死亡率高于60%的低氨氮耐受性家系9个。不同父本和母本来源的家系氨氮耐受性由高到低分别为来源非洲、印尼和泰国。不同交配组合氨氮耐受性由高到低分别为F × F、Y × Y、Y × T、T × Y和T × T。对印尼和泰国杂交组合家系的氨氮耐受性进行杂交优势分析, 结果表明, 杂交组合在氨氮耐受性表现出一定的杂交优势(1.98%~19.80%), 其中Y × T组合的杂交优势高于T × Y组合。

**关键词:** 斑节对虾; 家系; 氨氮; 耐受性

中图分类号: Q 346; S 917

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2012)06-0037-07

## Comparison of tolerance to ammonia-N in *Penaeus monodon* families

HUANG Jianhua<sup>1</sup>, LI Yong<sup>1,2</sup>, YANG Qibin<sup>1</sup>, SU Tianfeng<sup>1</sup>, ZHU Caiyan<sup>1</sup>, JIANG Shigui<sup>1</sup>

(1. Key Lab of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture; Key Lab of Fishery Ecology and Environment, Guangdong Province; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China; 2. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** We established families based on 3 different geographic populations of wild *Penaeus monodon* from Africa (F), Thailand (T) and Indonesia (Y), and compared their tolerance to ammonia-N by a 96-hour acute toxicity test. The results show that the mortalities of those families were 15.56%~100% under high ammonia-N (30.0 mg·L<sup>-1</sup>) stress in 96 h, and very significant difference was found among different families ( $P < 0.01$ ). Seven families (mortalities are lower 30%) had high tolerance to ammonia-N; twenty-nine families (mortalities are 30%~60%) had medium tolerance; nine families (mortalities are higher than 60%) had low tolerance. The tolerance to ammonia-N of families established based on different male and female parents from high to low is Africa, Indonesia and Thailand; that of different mate combinations from high to low is F × F, Y × Y, Y × T, T × Y and T × T. The tolerances to ammonia-N of the hybrid combinations between Indonesia and Thailand populations (T × Y and Y × T) were 1.98% and 19.8%, respectively. The study provides references for the selective breeding of *P. monodon* lines with high tolerance to ammonia-N.

**Key words:** *Penaeus monodon*; family; ammonia-N; tolerance

收稿日期: 2012-06-12; 修回日期: 2012-08-16

资助项目: 现代农业(虾)产业技术体系建设专项资金(CARS-47); 广东省科技计划项目(2009BC20308002); 广东省海洋与渔业推广专项(A201101B03, A201101E01); 茂名市重大科技专项(2011A01001)

作者简介: 黄建华(1972-), 男, 副研究员, 从事对虾遗传育种研究。E-mail: hjh210440@sina.com.cn

通讯作者: 江世贵, E-mail: jiangsg@21cn.com

氨氮是养殖水体环境中主要的污染物,是水环境评估的重要标志之一。以氨氮质量浓度升高为标志的养殖水质恶化直接影响养殖水生动物的免疫力,间接地增加水生动物对病原菌的易感性<sup>[1-2]</sup>。水体中的氨氮主要是以非离子氨(NH<sub>3</sub>)和离子氨(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)2种形式存在,两者处于动态平衡。由于NH<sub>3</sub>不带电荷,具有较高的脂溶性,能够穿透细胞膜,对生物造成毒害作用<sup>[3]</sup>。NH<sub>3</sub>进入水生生物体内后对酶水解反应和膜稳定性产生明显影响,使水生生物表现出呼吸困难、不摄食、抵抗力下降、惊厥、昏迷甚至死亡等现象,影响其生理、生化指标与生长状况,严重时可导致养殖生物大批死亡,造成经济损失<sup>[4]</sup>。因此,养虾先养水,维护对虾养殖良好的环境是养殖成功的保障。但是,对虾养殖水体环境中理化因子的作用和调控机理非常复杂,受天气、水环境、生物及人工投饵等多因子作用。目前暴雨、台风等恶劣天气对养殖水体环境的影响和给养殖对虾造成的应激引发病害至今仍有有效的方法解决。开展耐逆(环境变化)对虾新品种的选育是一种有效解决以上问题的方法。

家系选育是选择育种的重要方法,特别是对抗病和抗逆等遗传力低的经济性状的选择育种是一种较有效的方法<sup>[5]</sup>。ARGUE等<sup>[6]</sup>利用家系选育对凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)生长和抗TSV(桃拉综合症病毒)进行选育,最终选育出子代的生长速度较未选育组快21%,选育出的对虾较对照组成活率高20%。世界各海水养殖大国均非常重视并已开展对虾优良品种的选育,在凡纳滨对虾、中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)、斑节对虾(*Penaeus monodon*)等几个主要养殖品种良种选育上取得了重大进展,在抗病或抗逆方面的选育也取得了一些进展。何玉英等<sup>[7]</sup>研究发现中国明对虾家系早期幼体对高氨氮和高pH的耐受性差异显著,具有较大的选择潜力;孙苗苗等<sup>[8]</sup>研究发现不同斑节对虾家系耐高氨氮性能具有显著差异;黄忠等<sup>[9]</sup>对人工选育的6个斑节对虾家系进行了生长、饲料利用以及成活率的研究,结果发现不同家系的增重率、饵料系数和成活率存在差异性;王专伟等<sup>[10]</sup>研究了斑节对虾家系生长与抗白斑病毒病的关系。

笔者通过对斑节对虾各家系在96h高氨氮胁迫下的死亡率结果分析,比较了不同来源、不同交配组合、不同方式构建的家系对氨氮的耐受性,筛

选出一批耐高氨氮的家系,为耐高氨氮斑节对虾品种选育提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 家系建立

试验在中国水产科学研究院南海水产研究所三亚热带水产研究中心进行。利用948项目“国外优质斑节对虾种质资源引进”从泰国(T)、印度尼西亚(Y)、非洲(F)引进野生斑节对虾亲虾,室内暂养1d,待水温回升至26~27℃,雌虾进行人工镊烫眼柄催熟,雌、雄分池培育,亲虾培养水温控制在27~28℃,每天4次分别投喂活沙蚕、鱿鱼、牡蛎,每天吸污换水50%,对亲虾进行营养强化培育。对于已经自然交配的卵巢达到IV~V期成熟雌虾,每尾分别移入单独的产卵池产卵、幼体孵化和苗种培育。对于蜕壳后未交配的雌虾,采用巢式不平衡设计进行人工精英移植,参照杨其彬等<sup>[11]</sup>的方法构建群体内和群体间家系、培育苗种,每种组合构建4个以上家系。

### 1.2 试验管理

对产卵时间相近和标粗养殖成功的家系进行急性毒性试验,每个家系挑选大小相近的个体[(5.0±0.5)cm],每组3个平行,每个平行放30尾虾;试验在500L的玻璃纤维桶中进行,水体为300L。每个家系设有试验组和对照组,对照组所用水为经沉淀、消毒的自然海水,试验组水体中氨氮质量浓度为30mg·L<sup>-1</sup>[通过急性毒性试验,获得斑节对虾96h半致死质量浓度(LD<sub>50</sub>)为29.94mg·L<sup>-1</sup>],氨氮质量浓度用氯化铵(分析纯)来调节。试验期间不充气,定时观察个体死亡情况,及时取出死亡个体和粪便,准确记录96h内的死亡尾数。

### 1.3 统计分析

用Excel 2003计算各家系死亡率的平均值、标准差、杂种优势,用SPSS 13.0对数据作单因素方差分析(ANOVA),对差异显著的性状用Duncan's多重比较法分析不同组合间的差异显著性( $P < 0.05$ )。杂交子代的杂交优势率 $H(\%)$ 计算公式<sup>[12]</sup>为:

$$H(\%) = \frac{\bar{F}_1 - \frac{1}{2}(\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{\frac{1}{2}(\bar{P}_1 + \bar{P}_2)} \times 100$$

其中 $\bar{F}_1$ 、 $\bar{P}_1$ 、 $\bar{P}_2$ 分别代表杂交一代、亲本1、亲本2的平均值。

## 2 结果

### 2.1 氨氮胁迫下各家系的死亡率

各家系在氨氮胁迫下的死亡率见表 1。对各家系的氨氮耐受性进行单因素方差分析, 结果表明, 在 96 h 高氨氮的胁迫下各家系的死亡率为 15.56% ~100%, 不同家系对氨氮的耐受性差异极显著 ( $P <$

0.01)。氨氮耐受性最强的家系为 F243 × F381, 平均死亡率为 15.56%, 氨氮耐受性最弱的家系为 T182 × T104, 3 个重复组死亡率均为 100%。如果将家系平均死亡率低于 30% 划分为高氨氮耐受性家系, 30% ~60% 为氨氮耐受性中等的家系, 高于 60% 划分为氨氮耐受性弱的家系, 则氨氮耐受性强、中、弱的家系数分别有 7、29、9 个。

表 1 氨氮胁迫下各家系的死亡率

Tab. 1 Effect of ammonia-N on mortality of different *P. monodon* families

家系 family	死亡率/% mortality	家系 family	死亡率/% mortality	家系 family	死亡率/% mortality
F243 × F381	15.56 ± 6.94	Y154	37.78 ± 5.09	Y126 × Y175	68.89 ± 6.94
F305 × F279	20.00 ± 6.67	Y159	37.78 ± 15.03	Y174 × T115	28.89 ± 9.62
F392 × F254	24.44 ± 5.09	Y164	37.78 ± 3.85	Y125 × T115	37.78 ± 13.47
F433 × F399	31.11 ± 5.09	Y171	44.44 ± 10.18	Y128 × T181	42.22 ± 13.47
F281 × F379	51.11 ± 10.18	Y175	44.44 ± 6.94	Y126 × T115	44.44 ± 10.18
F433 × F379	53.33 ± 13.33	Y180	44.44 ± 8.39	Y106 × T181	66.67 ± 15.28
F318 × F268	77.78 ± 8.39	Y181	44.44 ± 18.36	T111 × Y137	37.78 ± 6.94
Y160	22.22 ± 3.85	Y197	53.33 ± 12.02	T154 × Y137	40.00 ± 6.67
Y162	24.44 ± 5.09	Y179	62.22 ± 13.47	T113 × Y137	57.78 ± 6.94
Y198	24.44 ± 9.62	Y153	73.33 ± 17.32	T121 × Y137	60.00 ± 8.82
Y101	33.33 ± 10.00	Y113 × Y104	37.78 ± 5.09	T174 × Y168	73.33 ± 8.82
Y174	33.33 ± 5.77	Y158 × Y104	37.78 ± 7.70	T173	37.78 ± 3.85
Y103	35.56 ± 3.85	Y175 × Y104	44.44 ± 3.85	T139	62.22 ± 8.39
Y149	35.56 ± 9.62	Y158 × Y184	51.11 ± 5.09	T169 × T116	68.89 ± 12.62
Y126	37.78 ± 5.09	Y115 × Y168	53.33 ± 10.00	T182 × T104	100.00 ± 0

### 2.2 不同父本和母本来源家系氨氮耐受性比较

比较不同父本和母本来源的家系在 96 h 高氨氮胁迫下的死亡率。结果表明, 父本或母本为非洲来源的家系平均死亡率最低 [(39.04 ± 22.49)%], 氨氮耐受性最强, 其次是印尼来源和泰国来源的家系 (表 2)。父本为非洲来源的家系氨氮耐受性显著高于父本为泰国来源的家系 ( $P < 0.05$ ), 而与父本为印尼来源的家系无显著差异 ( $P > 0.05$ )。母本为非洲和印尼来源的家系氨氮耐受性显著高于泰国来源的母本家系 ( $P < 0.05$ ), 而非洲和印尼来源的母本家系氨氮耐受性无显著差异 ( $P > 0.05$ )。母本为印尼来源的家系死亡率要低于印尼来源的父本家系, 而母本为泰国来源的家系死亡率则高于泰国来源的

父本家系, 但均无显著差异。

### 2.3 不同组合的家系氨氮耐受性及杂交优势分析

5 种亲本组合的家系对氨氮的耐受性由高到低依次为 F × F > Y × Y > Y × T > T × Y > T × T (表 3)。用 Duncan s 多重比较法对 5 种组合家系在氨氮胁迫下的死亡率差异显著性进行方差分析, 结果显示, T × T 组合家系对氨氮耐受性极显著低于其他 4 种组合家系 ( $P < 0.01$ ), T × Y 组合家系氨氮耐受性显著低于 F × F、Y × Y 和 Y × T 组合家系 ( $P < 0.05$ ), F × F、Y × Y 和 Y × T 组合家系对氨氮耐受性差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

对泰国和印尼来源的自交组合和杂交组合家系

在高氨氮胁迫下的死亡率进行杂交优势分析(表3)。结果表明,泰国和印尼群体的杂交组合家系

的氨氮耐受性表现出杂交优势, Y ×T 和 T ×Y 杂交优势分别为 - 19.80% 和 - 1.98%。

表2 不同父本和母本来源家系的氨氮耐受性比较

Tab. 2 Comparison of ammonia-N tolerance for different male and female parent families

父本来源 origin of male parent	家系数量 number of family	平均死亡率/% average mortality	母本来源 origin of female parent	家系数量 number of family	平均死亡率/% average mortality
非洲 Africa	7	39.04 ±22.49 <sup>a</sup>	非洲 Africa	7	39.04 ±22.49 <sup>a</sup>
印尼 Indonesia	29	44.44 ±15.45 <sup>ab</sup>	印尼 Indonesia	29	42.75 ±15.13 <sup>a</sup>
泰国 Thailand	9	54.32 ±23.14 <sup>b</sup>	泰国 Thailand	9	59.75 ±20.42 <sup>b</sup>

注: 同列数字右上字母不同代表有显著差异( $P < 0.05$ ), 相同则无显著差异( $P > 0.05$ ), 后表同此

Note: alues with different superscripts within the same row are significantly different from one another( $P < 0.05$ ), and those with the same superscripts have no significant difference. The same case in the following tables

表3 不同组合对氨氮耐受性比较

Tab. 3 Comparison of ammonia-N tolerance for families of different mate combinations

组合 combination	家系数 number of family	平均死亡率/% average mortality	杂交优势/% heterosis
F ×F	7	39.05 ±22.51 <sup>a</sup>	-
Y ×Y	22	42.50 ±12.90 <sup>ab</sup>	-
T ×T	4	67.22 ±25.62 <sup>c</sup>	-
Y ×T	5	44.00 ±14.00 <sup>ab</sup>	- 19.80
T ×Y	5	53.78 ±14.86 <sup>b</sup>	- 1.98

表4 父系半同胞家系间的氨氮耐受性比较

Tab. 4 Comparison of ammonia-N tolerance of half-sib families from same male parent

家系编号 family No.	平均死亡率/% average mortality	95% 置信区间 95% confidence interval			
		下限 lower limit	上限 upper limit	极小值 minimum	极大值 maximum
Y113 ×Y104	37.78 ±5.09 <sup>ab</sup>	25.13	50.43	33.33	43.33
Y158 ×Y104	37.78 ±7.70 <sup>ab</sup>	18.65	56.90	33.33	46.67
Y175 ×Y104	44.44 ±3.85 <sup>abcd</sup>	34.88	54.01	40.00	46.67
T111 ×Y137	37.78 ±6.94 <sup>ab</sup>	20.54	55.01	30.00	43.33
T154 ×Y137	40.00 ±6.67 <sup>abc</sup>	23.44	56.56	33.33	46.67
T113 ×Y137	57.78 ±6.94 <sup>cdef</sup>	40.54	75.01	50.00	63.33
T121 ×Y137	60.00 ±8.82 <sup>def</sup>	38.09	81.91	53.33	70.00
T174 ×Y168	73.33 ±8.82 <sup>f</sup>	51.43	95.24	66.67	83.33
Y115 ×Y168	53.33 ±10.00 <sup>bcde</sup>	28.49	78.17	43.33	63.33
Y106 ×T181	66.67 ±15.28 <sup>ef</sup>	28.72	104.61	53.33	83.33
Y128 ×T181	42.22 ±13.47 <sup>abcd</sup>	8.76	75.69	30.00	56.67
Y174 ×T115	28.89 ±9.62 <sup>a</sup>	4.99	52.79	23.33	40.00
Y125 ×T115	37.78 ±13.47 <sup>ab</sup>	4.31	71.24	30.00	53.33
Y126 ×T115	44.44 ±10.18 <sup>abcd</sup>	19.15	69.74	33.33	53.33
F281 ×F379	51.11 ±10.18 <sup>bcde</sup>	25.81	76.41	40.00	60.00
F433 ×F379	53.33 ±13.33 <sup>bcde</sup>	20.21	86.46	40.00	66.67

2.4 父系和母系半同胞家系的氨氮耐受性比较分析

对来自 6 个父本的 16 个父系半同胞家系在氨氮胁迫下的死亡率比较分析发现，不同母本的父系半同胞家系间的死亡率不同，其中父本和母本均来自印尼和非洲群体的父系半同胞家系的氨氮耐受性无显著差异 ( $P > 0.05$ )，但父本和母本来自泰国和印尼的部分杂交父系半同胞家系间存在显著差异 ( $P < 0.05$ ) (表 4)。T111 × Y137 与 T113 × Y137 和 T121 × Y137, T174 × Y168 和 Y115 × Y168, Y106 × T181 和 Y128 × T181 存在显著差异 ( $P < 0.05$ )，父本为 T115 的 3 个杂交父系半同胞不存在显著差

异 ( $P > 0.05$ )。

对 4 个母本均来自印尼群体的 9 个母系半同胞家系在氨氮胁迫下的死亡率比较分析发现，除 Y126 和 Y126 × Y175 外，另 2 个父本和母本均来自印尼群体的 Y158 和 Y175 母系半同胞家系间的氨氮耐受性无显著性差异 ( $P > 0.05$ )，但父本来自泰国群体的杂交家系的氨氮耐受性高于其父母本均为印尼的母系半同胞家系，Y174 × T115 > Y174, Y126 × T115 > Y126 × Y175, 且后者存在显著差异 ( $P < 0.05$ ) (表 5)。

表 5 母系半同胞家系间的氨氮耐受性比较

Tab. 5 Comparison of ammonia-N tolerance of half-sib families from same female parent

家系编号 family No.	平均死亡率/% average mortality	95% 置信区间 95% confidence interval			
		下限 lower limit	上限 upper limit	极小值 minimum	极大值 maximum
Y158 × Y104	37.78 ± 7.70 <sup>abc</sup>	18.65	56.90	33.33	46.67
Y158 × Y184	51.11 ± 5.09 <sup>c</sup>	38.46	63.76	46.67	56.67
Y175	44.44 ± 6.94 <sup>bc</sup>	27.21	61.68	36.67	50.00
Y175 × Y104	44.44 ± 3.85 <sup>bc</sup>	34.88	54.01	40.00	46.67
Y174 × T115	28.89 ± 9.62 <sup>a</sup>	4.99	52.79	23.33	40.00
Y174	33.33 ± 5.77 <sup>ab</sup>	18.99	47.68	30.00	40.00
Y126	37.78 ± 5.09 <sup>abc</sup>	25.13	50.43	33.33	43.33
Y126 × T115	44.44 ± 10.18 <sup>bc</sup>	19.15	69.74	33.33	53.33
Y126 × Y175	68.89 ± 6.94 <sup>d</sup>	51.65	86.13	63.33	76.67

3 讨论

氨氮作为对虾养殖中最主要的污染物质，对对虾生长和成活有不利影响。因此，对虾养殖池塘水质环境调控技术和提高对虾对环境应激的适应力成为对虾健康养殖技术的研究热点。该研究表明，斑节对虾不同家系对氨氮的耐受性存在较大的遗传变异，使选择具有高氨氮耐受性的对虾品系成为可能，并有助于从养殖品种的遗传改良方面解决对虾养殖后期环境恶化和高产量之间的矛盾。目前有关对虾耐高氨氮性状的选育研究报道极少。何玉英等<sup>[7]</sup>以 24 h、48 h 和 72 h 平均 LD<sub>50</sub> 值综合评价中国对虾家系幼体 (P<sub>5</sub>) 对氨氮的耐受性，筛选出对氨氮耐受性最强的家系 8 个；孙苗苗等<sup>[8]</sup>以 48 h 平均 LD<sub>50</sub> 值 (43 mg·L<sup>-1</sup>) 评估了 13 个斑节对虾家系稚虾 [(3.46 ± 0.10) g] 对氨氮的耐受性，发现不

同家系对氨氮的耐受性差异极显著 ( $P < 0.01$ )，显示了斑节对虾高氨氮耐受性选育的潜力。已有研究表明，随着对虾幼体发育生长，其对氨氮耐受性增强，仔虾对氨氮的耐受性明显强于无节幼体、蚤状幼体和糠虾幼体<sup>[13]</sup>。可见不同种类对虾和同种类不同规格对虾对氨氮的耐受性也不一样。王新安等<sup>[14]</sup>研究大菱鲂 (*Scophthalmus maximus*) 家系的生长性能时发现，不同家系在不同生长阶段的生长数据不一致，建议对大菱鲂进行遗传改良时，进行个体选择的时期应不低于 9 月龄；于飞等<sup>[15]</sup>研究认为大菱鲂不适合早期选择，否则，选择的效率和可信度会十分有限。因此，选择对虾哪个生长阶段才能有效评估其真实的耐氨氮能力，仍有待进一步的研究。

笔者研究发现，尽管同一来源的亲体作母本和父本构建家系的死亡率不同，但没有显著性差异，

不同群体家系的平均氨氮耐受性由高到低为非洲来源 > 印尼来源 > 泰国来源。除 Y126 和 Y126 × Y175 外, 父母本均来自相同群体的父系和母系半同胞家系间的氨氮耐受性没有显著性差异 ( $P > 0.05$ )。分析表明, 泰国和印尼群体的杂交家系的氨氮耐受性表现出杂交优势, Y × T 组合 (19.8%) 优于 T × Y (1.98%) 组合。父本来自泰国群体的杂交家系的氨氮耐受性高于其父母本均为印尼的母系半同胞家系, Y174 × T115 > Y174, Y126 × T115 > Y126 × Y175, 且后者存在显著差异 ( $P < 0.05$ ), 也表明印尼和泰国群体杂交优势的存在。季士治等<sup>[16]</sup>研究发现大菱鲆的西班牙和英国群体自交和杂交组合的后代在体长和体质量生长上表现出杂交优势。笔者研究相同父本不同母本的 T111 × Y137 与 T113 × Y137 和 T121 × Y137, T174 × Y168 和 Y115 × Y168, Y106 × T181 和 Y128 × T181 3 对杂合父系半同胞家系之间死亡率存在显著性差异, 表明斑节对虾对氨氮的耐受性可能存在一定的母性效应。孙苗苗等<sup>[8]</sup>认为斑节对虾的生长和对氨氮抗性方面也存在一定的母系效应。BENZIE 等<sup>[17]</sup>证实来自同一雄性不同雌性的斑节对虾后代的生长存在显著差异, 表现出明显的母系遗传影响。姚雪梅等<sup>[18]</sup>发现凡纳滨对虾杂交子一代的生长和成活率遗传力偏向母本, 母系遗传占主导地位。笔者研究只有 4 对母系半同胞家系, 部分家系间存在杂交优势, 因此对父系的影响还难以进行分析。

笔者以高氨氮胁迫 96 h 下家系的平均死亡率为评价指标, 从 45 个家系中筛选高氨氮耐受性家系 7 个, 中等氨氮耐受性家系 29 个, 低氨氮耐受性家系 9 个。其中非洲和印尼群体构建的家系具有较高的氨氮耐受性。在高氨氮耐受性家系中非洲来源的有 3 个, 印尼来源的有 3 个, 另一个为印尼和泰国组合家系 (Y174 × T115)。下一步将对筛选出的抗逆性强的家系进行保种, 通过连续选育和纯化提高家系内斑节对虾耐氨氮的能力。根据每代家系对氨氮耐受性强弱, 经连续选育后构建不同氨氮耐受性的配套系, 同时利用现代分子生物学方法筛选氨氮耐受性特异性分子标记, 为实际生产中的斑节对虾遗传改良和高健康品种的选育提供技术支撑。

#### 参考文献:

- [1] IU C H, CHEN J C. Effect of ammonia on the immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus* [J]. *Fish & Shellfish Immunol*, 2004, 16(3): 321 - 334.
- [2] CHENG A W, HSIAO B I S, CHEN J C. Effect of ammonia on the immune response of Taiwan abalone *Haliotis diversicolor supertexta* and its susceptibility to *Vibrio parahaemolyticus* [J]. *Fish & Shellfish Immunol*, 2004, 17(3): 193 - 202.
- [3] 雷衍之. 养殖水环境化学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 117 - 124.  
LEI Yanzhi. *Aquaculture environmental chemistry* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 117 - 124. (in Chinese)
- [4] RANDALL D J, TSUIT K N. Ammonia toxicity in fish [J]. *Mar Pollut Bull*, 2002, 45(1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/12): 17 - 23.
- [5] 吴仲庆. 水产生物遗传育种学 [M]. 3 版. 厦门: 厦门大学出版社, 2000: 146 - 186.  
WU Zhongqing. *Genetics and breeding aquaculture* [M]. 3rd edition. Xiamen: Xiamen University Press, 2000: 146 - 186. (in Chinese)
- [6] ARGUE B L, ARCE S M, LOTZ J M, et al. Selective breeding of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) for growth and Taura Syndrome Virus [J]. *Aquaculture*, 2002, 204(3/4): 447 - 460.
- [7] 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.  
HE Yuying, LI Jian, LIU Ping, et al. Comparison of the resistance to pH value and ammonia in Chinese shrimp (*Farfantepenaeus chinensis*) families [J]. *Periodic Ocean Univ China*, 2008, 38(5): 761 - 765. (in Chinese)
- [8] 孙苗苗, 黄建华, 杨其彬, 等. 13 个斑节对虾家系的生长及抗氨氮特性比较 [J]. *上海海洋大学学报*, 2011, 20(4): 510 - 516.  
SUN Miaomiao, HUANG Jianhua, YANG Qibin, et al. Comparison on characteristics of growth and resistance to ammonia among 13 families of *Penaeus monodon* [J]. *J Shanghai Ocean Univ*, 2011, 20(4): 510 - 516. (in Chinese)
- [9] 黄忠, 林黑着, 黄建华, 等. 斑节对虾 6 个家系生长、饲料利用和全虾营养成分的比较 [J]. *南方水产*, 2009, 5(1): 42 - 47.  
HUANG Zhong, LIN Heizhao, HUANG Jianhua, et al. Growth, feed utilization and whole-body composition of six *Penaeus monodon* families [J]. *South China Fish Sci*, 2009, 5(1): 42 - 47. (in Chinese)
- [10] 王专伟, 黄建华, 杨其彬, 等. 15 个斑节对虾家系生长及抗白斑病毒分析 [J]. *海洋科学进展*, 2011, 29(4): 521 - 528.  
WANG Zhuanwei, HUANG Jianhua, YANG Qibin, et al. Analysis on growth and white spot syndrome virus (WSSV) resistance of 15 *Penaeus monodon* families [J]. *Adv Mar Sci*, 2011, 29(4): 521 - 528. (in Chinese)
- [11] 杨其彬, 温为庚, 黄建华, 等. 斑节对虾 4 个不同地理群体

- 建立家系的生长及成活 [J]. 南方水产, 2010, 6(3): 36 - 40.
- YANG Qibin, WEN Weigeng, HUANG Jianhua, et al. Growth and survival of families established based on 4 different populations of black tiger shrimp *Penaeus monodon* [J]. South China Fish Sci, 2010, 6(3): 36 - 40. (in Chinese)
- [12] 盛志廉, 陈瑶生. 数量遗传学 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 319 - 320.
- SHENG Zhilian, CHENG Yaosheng. Quantitative genetics [M]. Beijing: Science Press, 1999: 319 - 320. (in Chinese)
- [13] 邹栋梁, 高淑英. 氨对长毛对虾幼体的毒性 [J]. 台湾海峡, 1994, 13(2): 133 - 137.
- ZOU Dongliang, GAO Shuying. Toxicity of ammonia to larvae of *Penaeus penicillatus* [J]. J Oceanogr Taiwan Strait, 1994, 13(2): 133 - 137. (in Chinese)
- [14] 王新安, 马爱军, 雷霖霖, 等. 大菱鲆不同家系生长性能的比较 [J]. 海洋科学, 2011, 35(4): 1 - 8.
- WANG Xin an, MA Aijun, LEI Jilin, et al. Comparison of the growing performance of different families of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) [J]. Mar Sci, 2011, 35(4): 1 - 8. (in Chinese)
- [15] 于飞, 张庆文, 孔杰, 等. 大菱鲆不同进口群体杂交后代的早期生长差异 [J]. 水产学报, 2008, 32(1): 58 - 64.
- YU Fei, ZHANG Qingwen, KONG Jie, et al. Growth of the juvenile hybrids from different crossing combinations of the imported *Scophthalmus maximus* L. [J]. J Fish China, 2008, 32(1): 58 - 64. (in Chinese)
- [16] 季士治, 雷霖霖, 王伟继, 等. 双列杂交法分析 2 个大菱鲆养殖群体的杂交效果 [J]. 中国水产科学, 2006, 13(6): 1001 - 1005.
- Ji Shizhi, LEI Jilin, WANG Weiji, et al. Analysis of hybridization effects on complete diallel crosses in two stocks of turbot, *Scophthalmus maximus* [J]. J Fish Sci China, 2006, 13(6): 1001 - 1005. (in Chinese)
- [17] BENZIE J A H. A review of the effect of genetics and environment on the maturation and larval quality of the giant prawn *Penaeus monodon* [J]. Aquaculture, 1997, 155(1): 69 - 85.
- [18] 姚雪梅, 黄勃, 赖秋明, 等. 凡纳滨对虾自交系与杂交系早期生长和存活比较 [J]. 水产学报, 2006, 30(6): 791 - 795.
- YAO Xuemei, HUANG Bo, LAI Qiuming, et al. Comparison of growth and survival of the hybrids and inbred lines in *Litopenaeus vannamei* [J]. J Fish China, 2006, 30(6): 791 - 795. (in Chinese)