

## 凡纳滨对虾群体自交与杂交子代幼体对低温、 低盐抗逆性与生长比较

杨章武<sup>1\*</sup>, 郑雅友<sup>1</sup>, 李正良<sup>1</sup>, 卢小宁<sup>2</sup>

(1. 福建省水产研究所, 福建 厦门 361012;

2. 厦门市水产技术推广站, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 为提高凡纳滨对虾种苗质量, 探索群体选择育种和杂交育种方法在凡纳滨对虾大规模人工育苗生产中的应用, 对1个经过人工选择的凡纳滨对虾群体A的自交和杂交子代的抗逆性和生长性状进行了比较。群体A是2008年来自美国种虾的子一代, 并经过2个世代的人工选择和自交传代。群体B为2010年来自广东的繁育群体。A群体自交, 及其与B群体的正、反杂交, 产生3组不同交配组合的子代。对3个组合后代仔虾幼体的抗低温、低盐能力及养成期的生长性状进行比较分析, 结果表明, 以A群体为母本的杂交组AB抗逆性最强, 以B群体为母本的杂交组BA抗逆性次之, 而A群体自交组抗逆性最弱。在低温(13.0±0.9)℃和低盐4.7条件下, AB组存活率分别比AA组高27.6%和64.4%。3个组合养成期的体质量生长速度为AB组(253±55) mg/d、BA组(208±52) mg/d、AA组(219±36) mg/d, AB组比BA组快21.6%, 比AA组快15.5%。研究表明, 凡纳滨对虾的杂交优势与亲本的提纯、选优密切相关。

**关键词:** 凡纳滨对虾; 选育; 抗逆性; 生长

**中图分类号:** S 966.1

**文献标志码:** A

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)是目前我国对虾养殖产量最大、出口最多的对虾种类。闽南地区是我国凡纳滨对虾苗种的主要生产基地, 年产量近3 000亿尾, 占全国年产量的50%以上。近年来, 由于无选择的累代全人工繁育, 凡纳滨对虾苗种出现生长速度、抗逆性下降的现象, 种质质量有逐年下降的趋势。在大规模育苗生产中, 探索有效、可行的凡纳滨对虾人工选育方法, 对闽南地区虾苗业可持续发展具有重要的意义。

实验已经证明<sup>[1-3]</sup>, 凡纳滨对虾的生长性状、抗病力可以遗传, 美国在上世纪80年代选育出生长快、无特异病原的SPF凡纳滨对虾; 国内对凡纳滨对虾遗传育种的研究已有较多报道。近年来, 国内研究者<sup>[4-11]</sup>利用来自美国的SPF凡纳滨对虾繁育的子代, 开展了家系选育研究、对不同群

体不同世代生产性能的比较分析、对优良性状的遗传标记筛选等。黄永春等<sup>[12]</sup>报道, 经WSSV感染选育的凡纳滨对虾, 抗WSSV选育家系的存活率和免疫指标明显高于对照组, 表现出良好的抗WSSV性能; 张吕平等<sup>[13]</sup>建立凡纳滨对虾全同胞家系, 速长家系的平均生长速度较其他家系平均值快31.0%; 李健等<sup>[14]</sup>用群体选育方法培育出中国对虾快速生长新品种“黄海1号”; 范兆廷<sup>[15]</sup>指出, 在水产动物杂交育种中, 自交系间杂交种的杂种优势比品种间的杂种优势更强。这些研究为凡纳滨对虾生产性选育提供了科学的依据。但有关凡纳滨对虾群体间不同交配组合子代的抗逆性比较研究尚未见文献报道。本研究报告一个经过人工选择和自交传代的凡纳滨对虾群体, 其自交子代及其与另一个群体的杂交子代的仔虾幼体, 耐低温、低盐能力及生长的比较实验。

收稿日期: 2011-04-01 修回日期: 2011-07-21

资助项目: 农业部2010年渔业种质资源保护项目[2010]69号; 福建省海洋与渔业厅[2009]2-01; 厦门市科技局3502Z20102008; 厦门市海洋与渔业局[厦海渔2008-54]

通讯作者: 杨章武, E-mail: yzw6010163@163.com

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料

凡纳滨对虾两个繁育群体 A 和 B。A 群体为 2008 年来自美国的亲虾的子一代苗,养成后经过越冬、促熟,2009 年从总数约 5 000 对亲虾中,按个体大、活力强、性腺成熟的标准分别选择雌、雄亲虾各 100 尾,进行群体内自交繁育,其子代养成后经选择作为 2010 年的繁育种虾。B 群体是 2010 年来自广东的另一个凡纳滨对虾繁育群体。2010 年 4 月 19 日,经相似的选择操作同时进行不同组合的交配、孵化和幼体培育。

A 群体的自交及其与 B 群体的正、反杂交子代,分别为 AB 组(A ♀ × B ♂)、BA 组(B ♀ × A ♂)和 AA 组(A ♀ × A ♂)。

### 1.2 实验设施

实验地点在厦门厦兴龙水产种苗公司,位于晋江围头湾的对虾繁育基地。亲虾养成培育于室外大水泥池,面积 1 400 m<sup>2</sup>。亲虾越冬、促熟、产卵、孵化及幼体培育等,于室内水泥池,面积 20 ~ 25 m<sup>2</sup>。养成对比实验用面积 360 m<sup>2</sup>、水深 1.5 m 的高位池(铺地膜、中间排污、增氧)。中间培育在面积 6 m<sup>2</sup>的室外水泥池。低温、低盐抗逆实验用容积 1 000 mL 的塑料盆。

### 1.3 实验方法

**种虾培育** 养成期投苗密度 30 尾/m<sup>2</sup>。全部投喂颗粒饲料,定期投放南海水产研究所生产的“利生活菌”等多种微生态制剂。每个世代在养成投苗、成虾进室内池越冬和交配繁殖 3 个节点,选择存活率高的育苗池(养成池),选择体大、健壮的个体作为亲本。繁殖亲虾的月龄大于 9 个月。

**低温、低盐抗逆实验** 不同交配组合的凡纳滨对虾仔虾幼体为同一天孵化的无节幼体,同期培育 25 d,育苗水温 31 ℃左右、盐度约 30。实验前 5 天开始逐渐降温,至实验时水温 23 ℃,盐度 28。2010 年 5 月 15 日实验时幼体发育期 P<sub>17</sub>。实验仔虾选择体大、活力强、无异常的个体,体长分别为 AB 组(6.8 ± 1.2) mm、BA 组(6.2 ± 0.9) mm、AA 组(6.2 ± 0.6) mm。每个塑料盆放仔虾 30 尾,每个实验组设 3 个平行,实验持续时间 72 h。存活计数的时间为实验开始后的 2、4、12、12 h 以后每隔 12 小时计数 1 次,同时观察各时段的幼体活力情况。实验期间不充气,投喂卤虫无节幼体。

低温实验设控温和自然温两种条件。控温组在室内用容积 0.5 m<sup>3</sup>的玻璃钢圆桶装水,以冰块降温。实验盆置桶内水浴,每小时测 1 次水温(包括实验盆水温和水浴水温),以增减冰块随时调整。根据实验仔虾的状态,水温从 16.6 ℃逐渐降至 12.2 ℃(最低 11.7 ℃),实验过程平均水温(13.0 ± 0.9) ℃。自然水温是室内的自然温度,变化范围 18.2 ~ 20.5 ℃,平均水温(19.7 ± 0.6) ℃,盐度 32。

根据淡化虾苗出池时能够适应低盐度 5 ~ 15 的市场要求,低盐实验设 3 种盐度,分别为 4.7、7.3、9.4。实验初始盐度 28,开始实验时瞬间降至实验盐度。实验盆在玻璃钢圆桶水浴,电热棒控温,实验水温(25 ± 0.5) ℃。低温、低盐实验主要在于比较 3 组不同交配组合仔虾幼体的抗逆性。

**养成期生长对比** AB、BA、AA 3 组仔虾幼体经中间培育,筛选大个体虾苗投放高位池养成,投苗时 3 组体长依次为(1.63 ± 0.24)、(1.42 ± 0.16)和(1.23 ± 0.16) cm。投苗密度 30 尾/m<sup>2</sup>,每组养 2 池。养殖水温 23.2 ~ 34.0 ℃,平均水温(30.7 ± 2.8) ℃,盐度 30.0 ~ 32.6。按高位池养虾的常规方法管理<sup>[16]</sup>。

**数据采集处理** 体长、体质量测定,每个样品取样 30 尾。养成期每 15 天左右取样 1 次。电子秤测体质量(精度 0.01 g)。体长数据的采集,先把样品放在坐标纸上,以数码相机拍照,数码相片存入电脑,利用 Adobe Photoshop 测量功能分别测量样品的体长数值和单位坐标纸的长度数值,按比例换算出样品的实际体长。统计分析用 SPSS 17.0 软件,用 LSD 方法分析任何两组之间的差异显著性。

体质量日均增长率  $x$  计算公式:  $W_2 = W_1 \times (1 + x)^n$ ,其中  $W_1$ 、 $W_2$  分别为初始体质量和结束体质量, $n$  为天数。体质量变异率是体质量标准差与体质量平均值之比。体质量日均生长速度为体质量增长量与养殖天数之比。

## 2 结果

### 2.1 三组仔虾幼体低温实验的存活率

实验过程观察发现,实验开始 24 h,水温从 23 ℃降至 14 ℃,只有 BA 组死亡 1 尾,其他组全部存活。在水温高于 13.1 ℃的前 36 小时里,AB 组存活率 100%,低于 13.0 ℃以后才出现死亡。

而 BA 和 AA 组在 13.6 °C 时已有死亡, 实验 36 h 时 BA 和 AA 组存活率都是 91.7%。图 1 是低温实验的水温变化及各组仔虾幼体不同时间的累计存活率。72 h 平均总存活率从高到低依次是 AB 组 65.1%、BA 组 56.7%、AA 组 51.0%, AB 组比 BA 组高 14.8%, 比 AA 组高 27.6%。LSD 分析结果, AB 组存活率与其他 2 组差异显著 ( $P < 0.05$ )。但 BA 组与 AA 组差异不显著 ( $P > 0.05$ )。自然水温实验, 因水温较高, 72 h 存活率除 AA 组为 96.7% 以外, 其他各组都是 100%, 各组无明显差异。

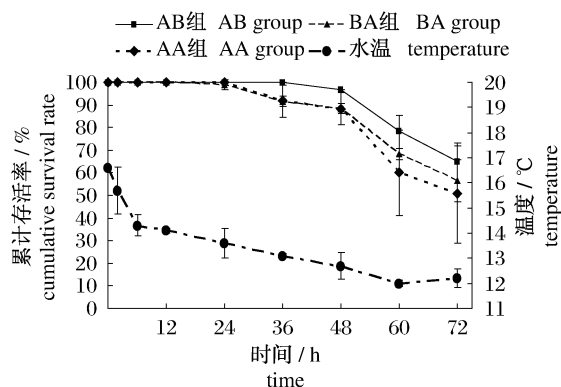


图 1 各组凡纳滨对虾仔虾幼体低温实验不同时间累计存活率

Fig. 1 The cumulative survival rate of different groups of *L. vannamei* post-larvae under the low temperature at different time

## 2.2 三组仔虾幼体低盐实验的存活率

仔虾幼体瞬间进入实验盐度, 对低盐环境反应激烈, 明显死亡出现在前 2 小时。2 h 以后状态稳定。不同实验组, 在实验开始 2 h 以后至 72 h, 只有 4.7 盐度组和 7.3 盐度组各死亡 1 尾, 其他各实验组全部存活。图 2 显示, 实验盐度越高, 存活率越高, 不同组这一趋势基本一致 (AA 在盐度 7.3 和 9.4 时存活率相同)。从各组耐低盐能力来看, 从高到低依次是 AB > BA > AA, 不同实验盐度值 (4.7、7.3、9.4), 这一顺序基本一致 (盐度 7.3 时 BA 与 AA 存活率相同), AA 组耐低盐能力最弱。LSD 分析结果, AB 组整体存活率与 AA 组差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 与 BA 组差异显著 ( $P < 0.05$ ), 但 BA 组与 AA 组差异不显著 ( $P > 0.05$ )。在盐度 4.7 的低盐条件下, AB、BA、AA 3 组存活率分别是 85.0%、65.1% 和 51.7%, AB 组存活率比 BA 高 30.6%, 比 AA 组高 64.4%。

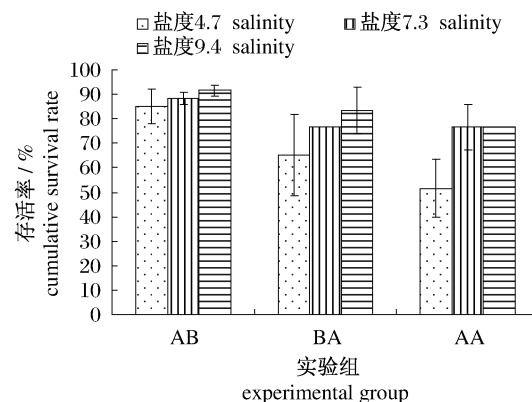


图 2 各组仔虾幼体不同盐度 72 h 总存活率

Fig. 2 The 72 h survival rate of different groups of *L. vannamei* post-larvae at different salinity

## 2.3 各组养成期生长

各组仔虾经中间培育, 6 月 9 日分别筛选大个体苗投放高位池养成。3 组虾苗系同一天孵化培育, 但幼体期已出现生长差异, 因此放苗时体长有差别。养成 22 d 开始采集体质量数据 (图 3)。在养成约 65 d 以后, 各组体质量生长速度出现分化, AB 组生长明显加快, 而 BA 组的生长速度下降到略低于 AA 组。养成 97 d 时 (9 月 14 日), 各组体质量是: AB 组 ( $20.7 \pm 4.1$ ) g、BA 组 ( $17.5 \pm 3.9$ ) g、AA 组 ( $18.1 \pm 2.7$ ) g。LSD 分析结果, AB 组与其他 2 组差异极显著 ( $P < 0.01$ ), BA 组与 AA 组差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

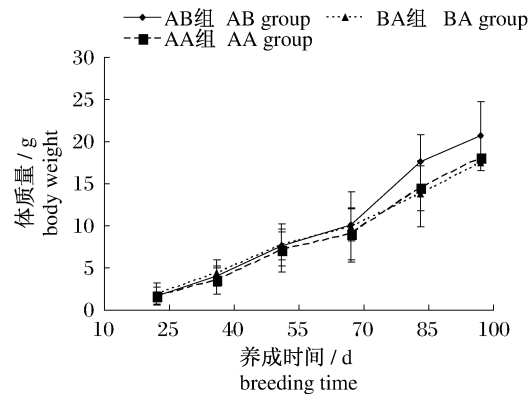


图 3 凡纳滨对虾各组养成期体质量生长

Fig. 3 The growth (in body weight) of different groups of *L. vannamei* during the breeding period

表 1 是从养成第 22 天到 97 天, 各组的体质量生长速度、体质量日均增长率和体质量变异系数。AB 组体质量生长速度比 BA 组高 21.6%, 比 AA 组高 15.5%, 变异系数介于其他两组之间。

表 1 凡纳滨对虾各组养成期 22~97 d 的体质量生长速度、体质量日均增长率和变异参数

Tab. 1 The growth rate and the increase rate of body weight daily and their variation parameter of each *L. vannamei* group stocking during 22-97 days

组别	体质量生长速度/(mg/d) growth rate of body weight daily	体质量日均增长率/% increase rate of body weight daily	体质量变异率/% CV
AB	253 ± 55 <sup>a</sup>	3.38	19.8
BA	208 ± 52 <sup>b</sup>	3.01	22.3
AA	219 ± 36 <sup>b</sup>	3.20	14.9

注:同列上方字母相同代表无显著差异( $P > 0.05$ ),不同字母表示显著性差异( $P < 0.05$ )。

Notes: The same letters in each line mean no significant difference ( $P > 0.05$ ), the different letters mean significant difference ( $P < 0.05$ ).

### 3 讨论

姚雪梅等<sup>[6]</sup>报道,凡纳滨对虾引进群体和海南选育群体的杂交代在养殖后期生长和存活率优势明显,不但保持了引进种较好的生长性状,而且表现出海南选育群体存活率高的优良性状,杂交优势显著。杂种优势来源于杂交亲本之间遗传类型的差异,差异越大、互补性越强,杂交优势越明显。本实验 A、B 两个群体来源不同,其中 A 群体还经过人工选育和自交传代,两个群体遗传背景有较大差异,两个群体的杂交子代表现了对低温、低盐抗逆性的显著优势。以 A 群体为母本的杂交组养成期生长优势明显。

本实验以 A 群体为母本的杂交组 AB,其子代仔虾幼体对低温、低盐抗逆性最强,养成期的生长速度最快,比 B 群体做母本的杂交组 BA 在抗逆性和生长方面具有明显的优势。3 组中 BA 生长最差,生长速度甚至低于自交组 AA。说明杂交亲本选配得当,杂种优势可以是多方面的。而如果杂交亲本选配不当,可能导致杂交后代某些重要经济性状的倒退。

杂种优势与杂交亲本的选优提纯密切相关。近亲交配可导致杂合体等位基因的纯合,增加有害隐性基因表现的机会,有助于发现有害隐性基因的携带者,从而在人工选择过程中被淘汰。通过种群内的近亲交配和个体选择,可以提高种群的同质性,使优良性状的基因纯合化,以此来固定群体的优良性状<sup>[15]</sup>。本实验利用遗传背景不同的繁育群体,通过近亲交配选育亲本,以此扩大来自不同繁育群体的亲本之间的遗传差异,当不同群体的亲本杂交时就能使尽量多的基因座杂合,从而在存在显性基因效应时获得最大的杂种优势<sup>[15]</sup>。

姚雪梅等<sup>[7]</sup>指出,凡纳滨对虾子代遗传力偏

向母本,即母系遗传占主导地位。本实验两个杂交组 AB 和 BA,其抗逆性和生长性状,AB 比 BA 具有明显的优势。如果子代遗传主要来自母系,则 AB 的性状主要来自 A 群体,BA 的性状主要来自 B 群体,说明 A 群体比 B 群体具有更多的优良性状。而 A、B 群体的差别就在于 A 群体经过自交传代和人工选育,A 群体具有近亲交配提纯的意义。说明人工选育与自交提纯在凡纳滨对虾群体选育中具有重要作用。

研究表明<sup>[17-21]</sup>,温度变化对凡纳滨对虾免疫水平、抗氧化机能等指标都有显著影响。孙金辉等<sup>[22]</sup>报道,温度骤降 6 °C,体长 1.1 cm 的凡纳滨对虾仔虾肌肉中的碱性磷酸酶 (AKP)、酸性磷酸酶 (ACP) 的活性 24 h 降到最低,而反映机体受氧化损伤程度的丙二醛 (MDA) 指标升高近 1 倍。景福涛等<sup>[23]</sup>报道,体长 8.5 cm 的凡纳滨对虾,水温骤降 6 °C 时,酚氧化酶原活力,溶菌、抗菌活力都明显下降,24 h 达到最小值,24 h 后略有回升并趋于稳定,但稳定后各指标比对照组明显下降。虽然对体长小于 1 cm 的凡纳滨对虾仔虾幼体,低温致死实验未见相关研究报道,但本实验降温 24 h 以后才出现明显死亡,与温度骤降后 24 h 免疫指标降到最低的结果相一致。AB 组在幼体培育期已显示其生长方面的优势,随机取样的实验仔虾,AB 组平均体长比其他两组大 0.6 mm,可能成为其耐低温能力较强的因素之一。但 3 组幼体同时培育、仔虾日龄相同,体长的细小差异不应成为其耐低温能力强的唯一因素。有实验表明<sup>[24]</sup>,凡纳滨对虾仔虾幼体耐低盐能力,在仔虾日龄小于 11 d ( $P_{11}$ ) 时,耐低盐能力随日龄的增长显著增强。而仔虾日龄大于 11 d 以后,耐低盐能力随日龄增长的趋势已不显著。本实验仔虾幼体日龄为 17 d,推测 3 个实验组随机取样的仔虾幼体,平均体长的差异对存活率的影响可以忽略。

各组养成期体质量的生长,由于初始体长不同可能对可比性存在一定影响。但 AB 组在幼体期已显示生长优势,且养成期体质量的日均生长速度和日均增长率都明显高于其他组。因此,养成期各组初始体长的差异不影响本实验的结论。

引进自美国的凡纳滨对虾种虾,其子 1 代通常就是不同群体或家系间的杂交子代。范兆廷<sup>[15]</sup>指出,由于杂种优势通常只能利用一代,子二代可能表现出基因型的分离进而失去优势的生活力和生产性能,并失去表现型的一致性。研究<sup>[6-7]</sup>和生产实践都表明,直接利用进口亲虾子一代做亲本,其繁育子代将逐渐失去优良的生长性能。本实验 A 群体自交组仔虾幼体抗逆性及生长性能下降的事实,表明在无任何选育操作情况下,进口的凡纳滨对虾亲虾,除子一代具有良好性状外,随着世代的更替,由于近亲交配和不良环境选择等原因,优良性状将逐渐消失。另一方面,来自美国的种虾,其子一代生长速度有优势,但环境适应性不如国内繁育的子二代、子三代,养殖存活率也偏低<sup>[6]</sup>。因此,引进自美国的凡纳滨对虾,经过在国内的选育传代,提高其对养殖环境的适应性,实现良种本地化,生产上具有重要意义。

尽管对虾育种新技术、新方法不断涌现,但目前选择育种依然是对虾人工育种最实用、有效的经典方法。以感染选育获得抗 WSSV 凡纳滨对虾家系<sup>[12]</sup>,通过比较生长速度,筛选出凡纳滨对虾快速生长家系<sup>[13]</sup>。家系选育,每个家系遗传背景准确,有利于提高人工育种的效率,是目前国内、外凡纳滨对虾人工育种研究多数采用的方法。但建立家系,工作量大、过程复杂,生产上育苗企业难以达到家系选育对设施设备的要求。群体选育则简便得多,通过自交和选择建立遗传背景不同的基础繁育群体,选择性状互补的不同群体进行杂交,可以获得杂交优势明显的子代苗种。而进口的凡纳滨对虾<sup>[7]</sup>,随着繁育世代的增加,生长性状逐代分化,子四代体质量变异系数达到 0.39,个体之间的显著差异更便于选择建立基础繁育群体。本实验为目前凡纳滨对虾苗种企业,在大规模育苗生产中提高虾苗质量提供了便捷、有效的途径。

#### 参考文献:

[1] 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 (3-4): 447-460.

[2] Moss S M, Argue B J, Arce S M. Genetic improvement of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*, at the Oceanic Institute [J]. *Global Aquacult Advocate*, 1999, 26: 41-43.

[3] Wyban J A, Swingle J S, Sweeney J N, et al. Specific pathogen free *Penaeus vannamei* [J]. *World Aquaculture*, 1993, 24: 39-45.

[4] 张灵侠,沈琪,胡超群.两个凡纳滨对虾家系体重与体长的关系[J]. *热带海洋学报*, 2006, 25 (1): 23-26.

[5] 李刚.凡纳滨对虾选择育种效应与生长规律的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2007.

[6] 姚雪梅,黄勃,张继涛,等. SPF 凡纳滨对虾 F1、F2 及杂交代生长和存活比较研究[J]. *中国水产科学*, 2007, 14 (2): 326-330.

[7] 姚雪梅,赖秋明,张继涛,等.凡纳滨对虾自交系与杂交系早期生长和存活的比较[J]. *水产学报*, 2006, 30 (6): 791-795.

[8] 童馨,龚世圆,喻达辉.凡纳滨对虾不同世代生长性状的变异[J]. *南方水产*, 2007, 3 (6): 30-33.

[9] 李锋,刘楚吾,黄雅丽.凡纳对虾引进亲本及其子代 RFLP 分析[J]. *海洋通报*, 2005, 24 (1): 31-34.

[10] 沈琪,任春华,胡超群,等.凡纳对虾优良性状的遗传标记筛选[J]. *海洋科学集刊*, 2002 (44): 134-138.

[11] 王鸿霞,吴长功,张留所,等.微卫星标记应用于凡纳滨对虾家系鉴别的研究[J]. *遗传*, 2006, 28 (20): 179-183.

[12] 黄永春,艾华水,殷志新,等.第四代凡纳滨对虾抗 WSSV 选育家系的抗病及免疫特性研究[J]. *水产学报*, 2010, 34 (10): 1549-1557.

[13] 张吕平,吴立峰,沈琪,等.凡纳滨对虾全同胞家系的建立及生长比较[J]. *水产学报*, 2009, 33 (6): 933-938.

[14] 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.

[15] 范兆廷. *水产动物育种学* [M]. 北京:中国农业出版社, 2005: 87-117.

[16] 符泽雄.南美白对虾高密度高产养殖研究[C]//张本.第三届世界华人虾类养殖研讨会论文集.北京:海洋出版社, 2002: 210-214.

[17] 陈昌生,黄标,叶兆弘.南美白对虾摄食、生长及存活与温度的关系[J]. *集美大学学报:自然科学版*, 2001, 6 (4): 296-300.

- [18] 李强,李华,姜传俊,等. 温度对凡纳滨对虾血淋巴免疫指标的影响[J]. 大连水产学院学报,2008,23(2):132-135.
- [19] 沈文英,胡洪国,潘雅娟,等. 温度和 pH 值对南美白对虾(*Penaeus vannamei*)消化酶活性的影响[J]. 海洋与湖沼,2004,35(6):543-548.
- [20] 周鲜娇,邱德全,刘文珍,等. 温度变化对凡纳滨对虾心率和肝胰腺抗氧化酶活性的影响[J]. 渔业现代化,2007,34(5):5-7.
- [21] 朱宏友,王广军,余德光,等. 水温骤降后凡纳滨对虾血清中 NO、NOS 水平及对副溶血弧菌的敏感性[J]. 大连水产学院学报,2006,21(1):46-50.
- [22] 孙金辉,徐赞霞,季延滨,等. 温度骤降对南美白对虾仔虾抗氧化机能的影响[J]. 天津农学院学报,2008,15(3):7-10.
- [23] 景福涛,潘鲁青,胡发文,等. 凡纳滨对虾对温度变化的免疫响应[J]. 中国海洋大学学报,2006,36(增刊):40-44.
- [24] 杨章武,李世威. 南美白对虾仔虾对低盐度环境的耐受力试验[J]. 海洋科学,2001,25(8):12-13.

## A comparative study on growth, low-salinity and low-temperature resistance among the inbred and hybrid offsprings at larval stages for *Litopenaeus vannamei*

YANG Zhang-wu<sup>1\*</sup>, ZHENG Ya-you<sup>1</sup>, LI Zheng-liang<sup>1</sup>, LU Xiao-ning<sup>2</sup>

(1. Fisheries Research Institute of Fujian, Xiamen 361012, China;

2. Xiamen Aquatic Products Technology Popularizing Station, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** In order to improve the quality of *Litopenaeus vannamei* seedlings and explore the application of mass selection and crossbreeding methods in large-scale production of artificial breeding, a comparative study on inbred and hybrid offsprings within stock A was carried out. Stock A was introduced from America in 2008 and was then artificially selected for two generations. Stock B was selected from Guangdong cultured population in 2010. The inbred line AA (A ♀ × A ♂) and reciprocal cross lines AB (A ♀ × B ♂) and BA (B ♀ × A ♂) between these two stocks were established. Then a comparative study on growth, low-salinity and low-temperature resistance at larval stages was conducted among these three lines. The results showed that the offsprings for AB showed the best resistance capacity of low-temperature and low-salinity among three lines. Under the low temperature of (13.0 ± 0.9) °C and the low-salinity of 4.7 conditions, the survival rates for AB line was 27.5% and 64.6% higher than that of the inbred line AA, respectively. The growth rate for body weight at the grow-out stage were (253 ± 55) mg/d for AB line, (208 ± 52) mg/d for BA line and (219 ± 36) mg/d for AA line. The growth rate for AB line was 21.6% and 15.5% faster than that of BA and AA lines. The results indicated that heterosis of *Litopenaeus vannamei* was closely related with mass selection for broodstock.

**Key words:** *Litopenaeus vannamei*; selection breeding; resistance; growth

**Corresponding author:** YANG Zhang-wu. E-mail: yzw6010163@163.com