

# 凡纳滨对虾的选育与家系的建立

陈 锚<sup>1,2</sup>, 吴长功<sup>3</sup>, 相建海<sup>3</sup>, 黄 皓<sup>2</sup>, 刘小林<sup>4</sup>, 刘翠红<sup>1</sup>, 何建国<sup>1</sup>, 孙成波<sup>5</sup>

(1. 中山大学 生命科学学院, 广东 广州 510275; 2. 海南南疆生物技术有限公司, 海南 三亚 572536; 3. 中国科学院 海洋研究所 海洋生物学开放实验室, 山东 青岛 266071; 4. 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨陵 712100; 5. 广东海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524088)

**摘要:**采用对虾阶段式种群选育与家系选育相结合的方法,以三个不同来源的 14 个凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 养殖群体为基础进行个体选育、家系选育和家系内选育。共建立了 206 个不同的凡纳滨对虾家系,养殖过程中根据不同的生物学指标,逐渐淘汰了 126 个生长、抗逆性状较差的群体,在 80 个家系养殖到 150 日龄的商品虾期,对各家系的生长状况和畸形率进行了统计分析。结果表明,各家系在相同或相近的养殖条件下生长速度、成活率和畸形率差别较大,150 日龄对虾的体质量呈现明显的正态分布。最终保留了 40 个生物学性状较好的群体进行 F<sub>2</sub> 代的繁育。创造性地进行了对虾的家系选育和个体选育,并首次将对虾的畸形率作为选育的指标之一进行了研究,初步建立了对虾的家系选育体系,为生产实践和理论研究提供了很好的技术平台,同时也为我国未来的对虾健康养殖提供了潜在的良种。

**关键词:**凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*); 选育; 家系

**中图分类号:** Q111.22

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-3096(2008)11-0005-04

凡纳滨对虾 (*Litopenaeus vannamei*) 近年来已在全国沿海及部分内陆地区形成规模化养殖,是我国目前养殖规模最大的对虾种类。海南省 1998 年以前以养殖斑节对虾 (*Penaeus monodon*) 为主,2000 年以后则逐渐以养殖凡纳滨对虾为主,2001 年面积及产量均为 70 % 左右。但是,随着养殖代数的增加和养殖环境的日趋恶化,其周期短、生长速度快、饵料系数低及抗病能力强等优势愈来愈不显著。因此对优良品种的选择显得格外重要。

选择育种是培育具有特定经济性状的品种或品系的经典的、基本的育种方法,在水产动物中进行了大量的研究。目前对虾的选择育种已在国内外迅速展开。Lester<sup>[1]</sup> 1983 年报道了美国进行海产对虾选择育种规划,主要包括的物种有 *Litopenaeus aztecus*, *Litopenaeus setiferus*, *Litopenaeus stylirostris* 和 *Litopenaeus vannamei*。在过去的 10 年间,美洲和亚洲都已启动了对虾的育种项目,1995 ~ 1998 年,美国国家农业部 (USDA) 和海洋研究所 (OI)<sup>[2,3]</sup> 执行了凡纳滨对虾的选择育种项目,基于对生长性能和桃拉综合征病毒 (Taura Syndrome Virus, TSV) 抗性权重综合选择指数进行选择育种。Moss 等<sup>[4]</sup> 1999 年报道,514 个全同胞家系的生产性能与 TSV 感染的家系存活率呈负相关 ( $r = -0.45$ )。1998 年两个独立的育种品系建立起来,一个是完全选择生长性能,另一个以 70 % 为权重选择 TSV 抗病性和 30 % 为权重选择生长性能。Argue 等<sup>[5]</sup> 2002

年研究了凡纳滨对虾生长和抗桃拉综合征病毒的选择育种,经过一代选择,选择育种后代比对照组生长速度提高 21 %; 半同胞遗传力为  $0.84 \pm 0.43$ , 现实遗传力为  $1.0 \pm 0.12$ 。Goyard 等<sup>[6]</sup> 2002 年研究了红额角对虾 (*Penaeus stylirostris*) 的快速生长的选择育种。第五代选择反应为 21 %。Hoang 等<sup>[7]</sup> 2002 年研究了池塘养殖墨吉对虾生长、性成熟和产卵性能的选择效果。Hetzel 等<sup>[8]</sup> 2000 年研究了日本对虾生长的选择反应以及遗传力,一个世代的选择反应平均为 10.7 %,向上选择的选择反应为 8.3 %,向下选择的选择反应为 13.1 %,6 月龄平均现实遗传力为 0.234,与子亲回归估计的遗传力 0.277 没有显著差异。Tang 等<sup>[9]</sup> 2000 年报道了选育的超级蓝对虾 (Super shrimp (注册商标)) 与 SPF 凡纳滨对虾的幼体和稚虾抗 IHNV 的能力。喂饲感染病虾 30 d, 结果证明超级蓝对虾不感染,具有抗 IHNV 的能力,而 SPF 凡纳滨对虾受到感染。Benzie 等<sup>[12]</sup> 1997 年报道了斑节对虾半同胞家系的遗传力。通过人工授精的办法获得 18 个半同胞家系,认为在 6 ~ 10 周的早期发育中,母性遗传力起到关键的作用。哥伦

收稿日期: 2005-09-13; 修回日期: 2008-09-08

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目“蓝对虾凡纳滨对虾优质苗种培育技术”; 中国科学院实验海洋生物学重点实验室开放课题

作者简介: 陈锚 (1975-), 男, 山东泰安人, 博士研究生, 从事对虾健康养殖研究; 相建海, 通讯作者, E-mail: jhxiang @ms. qdio. ac. cn

比亚于 20 世纪 90 年代末启动了凡纳滨对虾国家选育计划,旨在选出抗 TSV 的种群,并初步取得成功,开始进行抗 TSV 的群体选育,从发病后的池塘中选出活下来的作亲虾。1997 年又进行家系选育,先后共建立 7 个不同种群的 430 个全同胞家系。1999 年以后 WSSV 肆虐该国,于是又开始了抗 WSSV 的选育工作。经过 5 代选育凡纳滨对虾成活率和生长速度都大大提高。中国对虾选育工作主要集中在中国明对虾和凡纳滨对虾两个种类,选育方法主要是个体选育和家系选育。所有这些研究都为我国开展凡纳滨对虾的选择育种的研究提供了理论依据和实践指导。作者利用凡纳滨对虾进行了选择育种初步研究,探索选择育种效果,为生产实践提供了必要的实验依据。本研究率先在国内开展了凡纳滨对虾的大规模选育工作,其种群的多样性、选育规模、所建家系的数量及选育基地的规模在国内外亦不多见。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试对虾及其培养

家系选育的亲虾来源主要是本公司养殖的达到商品规格虾,分别来自海南南疆生物技术有限公司昌江基地、板桥基地和黄流基地。14 个批次(塘),共选出 4 000 尾对虾,在大塘进行 5~6 个月培养后,选出雌虾 967 尾,雄虾 753 尾。进入亲虾车间进行强化培养一个月,再选出雌雄各 100 尾作为家系选育的亲虾。另外,从海南省水产研究所引进美国夏威夷 SPF 子一代亲虾 50 对。

### 1.2 家系编号方法

家系编号由雌虾来源、雄虾来源、日期、类型、当天批次五部分组成。其中:亲虾来源代号:本地为 B、海捕为 H、SPF 为 F、SPF 子一代为 Z;日期为 XX 年 XX 月 XX 日;类型:随机交配为 S、父系测试为 F、母系测试为 M;当天批次为二位数如 01,09,11 等。家系编号共由 11 位字符组成,如 BB030412S03, FZ030521M12 等。亲虾采用游泳足与步足双标记。记录方法为亲虾来源代号、左(L) 右(R)的游泳足(Y)、第 X 对、左(L) 右(R)的步足(B)、第 X 对、第 X 节。其中游泳足只记录其第 X 对,如 H L Y5RB31、R R ZLB24 等。150 日龄商品虾期为便于统计将保留的 80 个家系按由大到小的顺序编为 1~80 号,同时与上述家系编号一一对应。

### 1.3 养成分隔池的准备

家系选择由于将整个家系作为选择或淘汰的单

位,所以被选择的家系之间应该彼此隔离或标记清楚,各家系的世代也应该互不混杂,更重要的是应该将若干受选择家系饲养在尽可能相同的环境中,使它们尽可能多地具备可比条件。将一个 50 m × 50 m 有水泥护坡的池塘用无结网平均分隔成 10 个空间,分隔 5 个。另外采用 22.5 m × 22.5 m 无结网分隔成两个,1 台增氧机/2 个分隔。

放苗密度 40 尾/m<sup>2</sup>。投喂恒兴牌对虾人工配合饲料 4 次/d,低温时,减到 2 次/d。每天检测水中 DO, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>-N 等理化指标。

### 1.4 亲虾强化培育及雌雄亲本的确定

将本地来源亲虾及子一代(进口凡纳滨对虾亲虾培育繁育出的虾苗称为“子一代”)来源的亲虾雌雄分别饲养,每天投 4 次,2 次投新鲜鱿鱼,1 次投新鲜牡蛎,1 次投入人工配合饲料,定期清污、换水,强化培养 20 d 左右,即可剪眼催熟,剪眼后,亲虾饲料要配以沙蚕等。将性腺成熟雌虾捞到雄虾群体中,雄虾尾随雌虾,交尾。雌雄交尾时,由专人在池边守候,交尾后,一人捞雌虾,一人捞雄虾,检查雄虾的精英是否粘在雌虾的第 4 至第 5 步足基部的腹甲上。如有,则证明交尾成功。将雌虾放入产卵池,待雌虾产卵、孵化出无节幼体后,将雌雄亲虾做标记,无节幼体孵化育出苗后,做一个家系,为其编号。

### 1.5 家系的中间培育、养成与阶段式选育

将每一个家系的子代自始至终均单独培育和养成。养殖过程中根据对虾阶段式选育发明专利的技术特点(专利号:03111111.4)对每个家系子代的成活率和生长速度进行定期测量,逐渐淘汰生长慢、成活率低的家系,只保留生长快、成活率较高的家系。采用生态养殖的办法,整个过程不用国家明令禁止的药物,主要采用光合细菌和芽孢杆菌的活菌微生物调节水质。

### 1.6 选育家系生长状况的比较

对选育的生长较快成活率较高的 80 个家系 150 日商品虾的体质量、体长、畸形率(体表不光滑,有瘤状突起或黑斑等;额刺变弯等都属于畸形)等生物学形状进行测量,比较各个家系的生长状况。数据统计采用 Microsoft Excell 统计软件。

## 2 结果

从 2003 年 4 月 9 日~2004 年 1 月 26 日共选育 206 个家系,其中 126 个家系由于生长较差、成活率较低及其他原因而被淘汰,最后成功培育出 80 个家

系,各家系对虾养殖生长期均为 150 d,对对虾全长、体长、体质量、第一腹节背高、第一腹节背宽、第三腹节背高、头胸甲长和畸形率等 8 项指标进行测量比较,最后只保留生长较快的 40 个家系进行下一代幼苗的培育。结果表明,养成的 80 个家系的生长速度有明显的差异。

图 1 显示 80 个家系对虾的体质量分布呈明显的正态分布,体质量较大和较小的家系数目比较少。平均体质量在 9~19 g 之间的家系有 67 个,占有 80 个家系的 83.75%,体质量超过 20 g 的家系有 6 个占总数的 7.5%,体质量小于 8 g 的家系有 7 个,占总数的 8.75%。80 个家系 150 日龄的平均体质量为  $14.11 \text{ g} \pm 4.05 \text{ g}$ 。生长较快的 20 个家系 150 日龄的平均体质量为  $19.29 \text{ g} \pm 1.95 \text{ g}$ ,生长较快的 40 个家系 150 日龄的平均体质量为  $17.29 \text{ g} \pm 2.53 \text{ g}$ ,生长最慢的 20 个家系 150 日龄的平均体质量为  $8.51 \text{ g} \pm 1.70 \text{ g}$ 。图 2 显示了以 20 个家系为一组统计的 80 个家系(按照生长速度的快慢排名成 1~80 号,1~20 号表示最快的,21~40 号次之,41~60 号较慢的,61~80 号表示最慢的)150 日龄的平均体质量和畸形率的情况。结果表明,生长较快的家系与生长较慢的家系畸形率统计上并无明显差异,原因是各组都有无畸形的家系和畸形率较高的家系,但总体来讲生长快的家系畸形率比较低。同时选留家系时将个别生长快但畸形率特别高的家系淘汰(图 3)。根据统计结果最后保留的 40 个家系平均体质量为  $15.56 \text{ g} \pm 3.43 \text{ g}$ ,畸形率为  $2.49\% \pm 3.28\%$ 。与生长最快的 40 个家系相比体质量差异不显著( $P>0.05$ )而畸形率有显著差异( $P<0.05$ )。与被淘汰的 40 个家系的平均值及对照组均有极显著差异( $P<0.01$ )

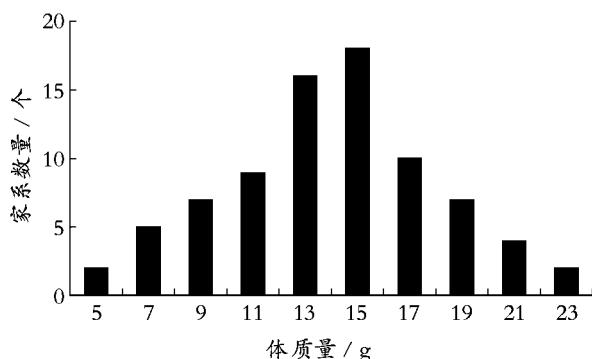


图 1 80 个家系 150 日龄商品期对虾体质量分布

Fig. 1 Body weight distribution of 80 populations in 150 days duration of commercial stage

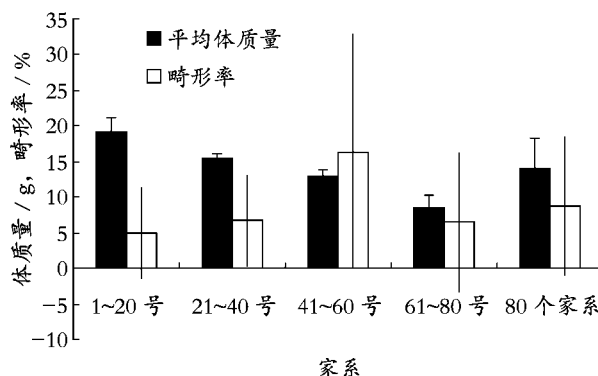


图 2 以 20 个家系为一组对 80 个家系 150 日龄对虾的体质量和畸形率统计结果

Fig. 2 Statistic results of body weight and rate of morphological abnormality of 80 pedigrees in 150 days duration of commercial stage, which were classed into 4 groups on average

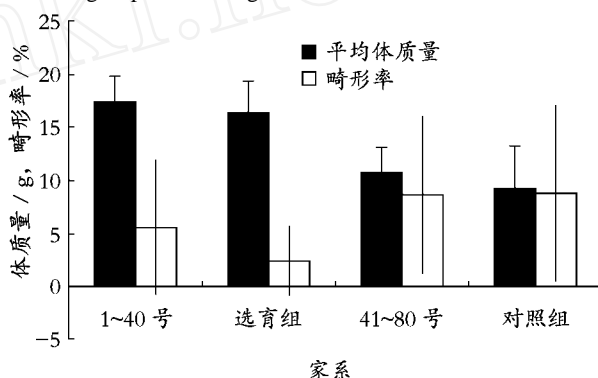


图 3 选育组与其它家系及对照组体质量和畸形率的比较

Fig. 3 Comparison between body weights and rates of morphological abnormality in selected pedigrees, other pedigrees, and contradistinguish group

### 3 讨论

家系选择是指以家系为单位,以各家系受选择性状的平均值为标准所进行的选择育种。家系选择由于将整个家系作为选择或淘汰的单位,所以被选择的家系之间应该彼此隔离或者标记清楚,各家系的世代也应该互不混杂,更重要的是应该将若干受选择家系饲养在尽可能相同的环境中,使它们尽可能多地具备可比条件,以便选准、选好。

对虾养殖在全国乃至世界范围内是海水养殖最具代表性的产业,该产业的显著特点是经济效益高、生产规模大,但如此重大的产业却几乎没有养殖优良品种可言。80 年代后期以来,对虾病毒性疾病在世界各地的对虾养殖中陆续发生,目前已成为全球

性问题,因此抗病的对虾品种,特别是抗 WSSV 病毒的对虾品种已经成为恢复对虾养殖产业的关键之关键。选择育种目前已成为对虾品种改良的重要手段和研究热点之一。国内外已在中国明对虾、凡纳滨对虾、日本对虾、细额角对虾、墨吉对虾等多种养殖对虾进行了细胞工程育种或选择育种的工作,并取得了初步成效<sup>[2~8]</sup>。

同时由于养殖对虾本身生物学特性的差异及不同地区养殖环境的不同,使得在一个国家或地区选育的优良品种并不能完全适用于另外的国家和地区。而且品种质量退化的问题也未能很好地解决。我国南方近年引进的美国夏威夷的选育品种一般经过 2~3 代的养殖,品种退化已非常严重。因此培育适合我国南方特殊地理环境条件的优良品种是我国对虾养殖业健康持续发展的重要途径。

本研究结合国内外选择育种的理论及实践成果。创造性地进行了对虾的家系选育和个体选育,并对选育的 80 个家系的生长状况进行统计和比较分析,并首次将对虾的畸形率作为选育的指标之一进行研究,初步建立了对虾的家系选育体系,为生产实践和理论研究提供很好的技术平台,同时也将为我国未来的对虾健康养殖提供潜在的良种。

#### 参考文献:

- [1] Lester L J. Difference in lavel growth among families of *Peneaus stylirostris* Stimpson and *P. vannamei* Boone [J]. *Aquacult Fish Manage*, 1988, 19: 243-251.
- [2] Benzie J A H, Kenway M, Trott L. Estimates for the heritability of size in juvenile *Penaeus monodon* prawns from half-sib mating[J]. *Aquaculture* 1997, 152: 49-53.
- [3] Brock J A. Special topic review: Taura syndrome, a disease important to shrimp farms in the Americas[J]. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 1997, 13: 415-418.
- [4] Moss M S, Argue B, Arce S. Genetic Improvement of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at the Oceanic Institute[J]. *The Advocate*, 1999, 12: 41-44.
- [5] 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.
- [6] 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(3-4): 461-468.
- [7] Hetzel D J S, Crocos P J, Gerard P D, et al. Response to selection and heritability for growth in the Kuruma prawn, *Penaeus japonicus* [J]. *Aquaculture*, 2000, 181: 215-223.
- [8] Hoang T, Lee S Y, Keenan C P, et al. Observations on growth, sexual maturity and spawning performance of pond-reared *Penaeus merguensis* [J]. *Aquaculture Research*, 2002, 33(11): 863-873.
- [9] Tang K F J, Stephanie V D, Brenda L W, et al. Post-larvae and juveniles of a selected line of *Penaeus stylirostris* are resistant to infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus infection[J]. *Aquaculture*, 2000, 190(3-4): 203-210.

## Selective breeding and pedigree foundation of *Litopenaeus vannamei*

CHEN Mao<sup>1,2</sup>, WU Chang-gong<sup>3</sup>, XIANG Jian-hai<sup>3</sup>, HUANG Hao<sup>2</sup>, LIU Xiao-lin<sup>4</sup>, LIU Cui-hong<sup>1</sup>, HE Jian-guo<sup>1</sup>, SUN Cheng-bo<sup>5</sup>

(1. Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 2. Hainan Nanjiang Marine Biotechnique Company Limited. Sanya 572536, China; 3. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 4. University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China; 5. Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Received: Sep., 13, 2005

Key words: *Litopenaeus vannamei*; selective breeding; pedigrees

(下转第 55 页)

**Abstract :** Mass selection and pedigree selective breeding were performed using periodic and family selection methods in 14 different populations from three different origins. 206 pedigrees were set up in *Litopenaeus vannamei* , 120 pedigrees , which were grow slowly and with less anti-stress ability , were eliminated through selection according to different biological criteria. The growth and rate of morphological abnormality of 80 pedigrees , which were cultured to commercial stage , were statisticated. The results demonstrated that there are significant differences in growth rate mortality and abnormal rate between different pedigrees although they were cultured in the same or similar environment. The weights of 150 days' shrimp in all the pedigrees were in normal distribution. 40 pedigrees , which have a better biological phenotype , were selected for the next generation production.

Combined with the theory and production in selective breeding at home and abroad , population selection and individual selection in *Litopenaeus vannamei* were performed by creationary , statistic and comparison analysis on growing condition in 80 selected populations were dealt , the rate of morphological abnormality was taken as one of selection guide lines first time , population selection system in *Litopenaeus vannamei* was set preliminarily , a better technical stage for production and theory study was set. And it maybe provide better thoroughbred in aquaculture breeding of prawn in the future.

(本文编辑:刘珊珊)