

# 凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)选择育种 G<sub>0</sub>代的生长性能比较与选择效果预估\*

胡志国 刘建勇 袁瑞鹏 张嘉晨

(广东海洋大学水产学院 湛江 524088)

**摘要** 采集凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)7 个不同遗传背景的亲本群体,采用群体自繁或杂交方法获得 11 个凡纳滨对虾选育群体,分别对标准化养殖 270 日龄(留种阶段)后的不同群体和不同性别个体生长性能差异进行比较分析,根据 Kung 育种值及综合评定值评估筛选亲本群体,并对体质量性状进行选择效果预估。结果表明,11 个群体 270 日龄体长和体质量均值分别为 13.52cm 和 31.05g,各群体间体长和体质量性状差异均达到显著水平( $P<0.05$ );体重与体长回归关系达到极显著水平( $P<0.01$ ),回归系数为 0.903;分别对各交配组合雌雄群体体长体质量均值进行  $t$ -检验分析,差异均达到显著水平( $P<0.05$ );根据各群体的综合评定值大小将所有群体评定为优、良及一般 3 个等级,其中作为父本时优等级群体为 GH♀×GH♂、ZX♀×ZX♂,而作为母本时优等级群体为 GH♀×GH♂和 SS♀×SS♂;进一步预估凡纳滨对虾选育 G<sub>1</sub>代的综合选择反应为 1.927g。本研究可为下一阶段凡纳滨对虾家系选育基础群体的构建提供生长性能资料,加快凡纳滨对虾的遗传改良进程。

**关键词** 凡纳滨对虾;生长;Kung 育种值;选择反应;预估

**中图分类号** Q953 doi: 10.11693/hyhz20141100316

凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*),又称南美白对虾(White Prawn),别名白脚虾、凡纳对虾,原产国家厄瓜多尔,分布于太平洋西海岸至墨西哥湾中部,生命周期一年(潘玉洲等,2010)。因具有适应性强,抗病力和抗逆能力强,生长速度快等优良特点,逐渐成为我国沿海和内陆地区的主要对虾养殖品种,其养殖量约占我国对虾总养殖量的 70%。近几年来,凡纳滨对虾病害频发,生长速度减慢,养殖周期延长和个体大小分化严重,严重制约了对虾产业的健康发展(李亚春等,2010),其中种质退化是其主要原因,通过开展凡纳滨对虾的遗传选育工作对种质进行遗传改良是解决这一问题的有效途径。

选择育种是以一个固有品种内存在的变异为基础,通过选择和交配制度的控制,创造新的基因型最终育成新品种,即选择育种利用的是现有品种在繁

殖过程中的自然变异作为选择工作的原始材料(王金玉等,2004)。因此,选择育种的原始亲本材料要求遗传背景丰富,在制定选择育种方案时,进行亲本性能的测定与评估尤为重要。在水产动物育种中,田永胜等(2009)比较了牙鲆不同家系生长性能并对优良亲本进行了选择;秦钦等(2011)研究了斑点叉尾鲷家系育种核心群的生长性能及优良亲本选择。阮晓红等(2013)评估对 7 个凡纳滨对虾引进群体的生长性能,对亲本进行了初步筛选。通过后裔生长性状的表现,对亲本进行选择,筛选出具有生长快速、抗病力较强等优良性状的亲本及优良的交配组合,可加速凡纳滨对虾育种进程。本研究收集凡纳滨对虾多个不同遗传背景的亲本群体,采用群体自繁或杂交方法获得 11 个凡纳滨对虾选育群体,分别对标准化养殖 270 日龄后的不同群体和不同性别个体生长性能差异进行

\*广东省海洋渔业科技推广专项科技攻关与研发项目, A201208B05 号;广西科学研究与技术开发技术项目,桂科转 12239002-3 号,桂科合 14125007-2-9 号。胡志国,硕士研究生, E-mail: 741164367@qq.com

通讯作者: 刘建勇,教授, E-mail: liujy70@126.com

收稿日期: 2014-11-10, 收修改稿日期: 2014-12-26

了比较, 通过 Kung 育种值和综合评定值评估和筛选亲本群体, 并进行 G<sub>1</sub> 代体质量性状选择效果预估, 以期为下一阶段凡纳滨对虾家系选育基础群体的构建提供生长性能资料, 加快凡纳滨对虾的遗传改良进程。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

试验所用凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)亲本材料相继于 2013 年 5—6 月运抵广东海洋大学东海岛产学研基地, 共计 7 个, 其中包括美国科纳湾海洋资源公司亲虾(KN)、美国佛罗里达对虾改良系统公司(SIS)亲虾(SS)、广东东方实业有限公司中科 1 号(ZK)、广东恒兴集团公司中兴 1 号(ZX)、广西桂海公司桂海 1 号(GH)、广东海洋大学对虾育种中心选育群体(HD)、广东粤海水产公司选育对虾群体(YH)。所有亲本按不同群体分开, 放入虾池中单独强化培育。

2013 年 8 月 5—12 日, 分别从各不同来源的群体中挑选个体大、性腺发育成熟、活力强的雌、雄亲虾, 进行群体内或群体间自然交配试验。每个交配组合以自然交配成功 20 尾以上为标准构建 G<sub>0</sub> 代选育群体。一周时间内建立交配组合 17 个, 其中育苗成功的交配组合为 11 个, 分别为 KN♀ × KN♂、SS♀ × SS♂、GH♀ × GH♂、HD♀ × HD♂、ZX♀ × KN♂、YH♀ × KN♂、HD♀ × YH♂、ZK♀ × YH♂、ZX♀ × ZX♂、KN♀ × HD♂、HD♀ × SS♂。

### 1.2 幼体培育和中间暂养

每个交配组合产卵、孵化后, 随机选取约 150 万无节幼体分别置于 11 个 17 m<sup>2</sup> 的育苗池中进行幼体培育, 整个过程均保持养殖水质、温度、盐度、pH、饵料等一致。为尽量消除养殖环境影响, 在育苗阶段的第 5 天、第 10 天和第 15 天由经验丰富的育苗技术人员根据实际情况调整育苗密度, 使各群体保持一致。待培育至体长 1—2 cm 时剔除多余仔虾, 每个群体随机保留 4000 尾放入 10 m<sup>2</sup> 暂养 30 d。

### 1.3 室外共同环境养殖

暂养结束后, 各交配组合群体随机选取 300 尾个体, 在第 5 腹节和第 6 腹节处, 进行可视嵌入性荧光标记(visible implant elastomer)注射, 以区分不同的群体。待标记稳定后, 放入室外水泥池中共同环境养殖, 养殖密度为 90 尾/m<sup>2</sup>。共同环境养殖至 270 日龄时, 区分每个标记群体雌雄, 各性别样本随机选取 30 尾,

使用电子天平测量体质量, 使用游标卡尺测量对虾体长, 并根据数据分析进行留种。

### 1.4 数据处理与分析

使用 Excel 软件对数据进行初步整理后, 使用 SPSS17.0 软件进行方差分析。所有交配群体的 Kung 育种值和综合评定值参照刘志刚等(2013)的方法计算。育种值(Z)的计算公式为:

$$Z = \bar{y} + C(y - \bar{y})$$

式中,  $\bar{y}$  为所有试验群体的总体观测均值,  $y$  为各群体的观测均值,  $C$  为校正值( $C = 1 - 1/F$ ,  $F$  为方差分析的  $F$  值)。

综合评定值( $P_i$ )的计算公式为:

$$P_i = \sqrt{\sum_j k_0 \left( \frac{a_{ij}}{a_{0j}} - 1 \right)^2}$$

式中, 以  $P_i$  值大为优,  $k_0$  为权重系数,  $a_{ij}$  为第  $i$  个群体第  $j$  个指标的数据,  $a_{0j}$  为第  $j$  个指标最差家系的数值。

综合选择反应( $\bar{R}$ )预估(盛志廉等, 1995)的公式:

$$\bar{R} = \left( \sum_{j=1}^n i_k \sigma_j h^2 \right) / n$$

式中,  $i_k$  为第  $k$  种选择强度,  $\sigma_j$  表示第  $j$  个群体的生长性状的标准差,  $h^2$  为生长性状的遗传力[参考 Caballero-Zamora 等(2014)研究结果, 体质量性状遗传力  $h^2 = 0.33$ ],  $n$  为群体总数。

## 2 结果与分析

### 2.1 交配组合生长性状描述性统计量

构建的 11 个交配群体包括 4 个自交组合和 7 个杂交组合。所有群体共计 660 个实测个体, 留种阶段体长和体质量性状的描述性统计量如表 1 所示, 各群体留种阶段体长和体质量箱线图如图 1 所示。由表 1 及图 1 箱线图数据可知, 各群体总留种体长为 11.37—16.66 cm, 平均留种体长为 12.37—15.00 cm, 标准差为 0.47—1.06, 变异系数为 3.36%—7.76%。各群体总留种体质量为 17.14—52.12 g, 11 个群体平均留种体质量范围为 24.06—42.73 g, 标准差的范围为 3.72—7.08, 变异系数变化为 12.22%—21.59%。体质量变异系数较大, 表明该性状存在较大遗传改良空间, 而体长性状变异系数较小, 表明遗传性能相对稳定。分别对体长和体质量性状进行单因素方差分析(表 1), 多重比较结果显示, 各群体间体长和体质量性状差异显著( $P < 0.05$ ), 表明各群体遗传型(组合)间的差异较大, 有必要进行不同群体的亲本筛选。

表 1 凡纳滨对虾 270 日龄生长性状描述性统计量  
Tab.1 Descriptive statistics of 270d growth traits of *L. vannamei*

群体	样本	体长(cm)					体质量(g)				
		最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数(%)	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数(%)
KN♀ × HD♂	60	12.72	15.00	13.99 <sup>bc</sup>	0.47	3.36	21.97	41.26	32.60 <sup>c</sup>	4.05	12.41
HD♀ × HD♂	60	11.62	14.52	13.13 <sup>e</sup>	0.61	4.62	18.74	38.67	28.20 <sup>d</sup>	4.35	15.43
SS♀ × SS♂	60	12.60	15.53	14.10 <sup>b</sup>	0.75	5.32	20.96	50.19	34.52 <sup>b</sup>	6.01	17.40
ZX♀ × KN♂	60	11.90	15.60	13.17 <sup>e</sup>	0.79	5.99	19.40	51.05	28.37 <sup>d</sup>	6.13	21.59
YH♀ × KN♂	60	11.91	15.95	13.11 <sup>ef</sup>	0.80	6.10	19.76	52.12	28.31 <sup>d</sup>	5.58	19.72
HD♀ × YH♂	60	11.37	14.01	12.37 <sup>s</sup>	0.59	4.78	18.40	35.45	24.06 <sup>e</sup>	3.72	15.47
ZK♀ × YH♂	60	11.69	15.62	13.62 <sup>d</sup>	1.06	7.76	17.14	43.55	31.47 <sup>c</sup>	6.78	21.55
KN♀ × KN♂	60	11.40	14.00	12.86 <sup>f</sup>	0.60	4.66	18.93	35.28	26.79 <sup>d</sup>	3.83	14.31
GH♀ × GH♂	60	13.42	16.66	15.00 <sup>a</sup>	0.84	5.62	31.36	54.83	42.73 <sup>a</sup>	7.08	16.57
HD♀ × SS♂	60	12.09	15.48	13.67 <sup>d</sup>	0.60	4.37	21.33	48.99	32.19 <sup>c</sup>	4.45	13.83
ZX♀ × ZX♂	60	12.61	14.95	13.74 <sup>cd</sup>	0.49	3.57	23.30	42.17	32.49 <sup>c</sup>	3.97	12.22

注: 同列数据间上标小写字母均布相同为差异显著( $P < 0.5$ )

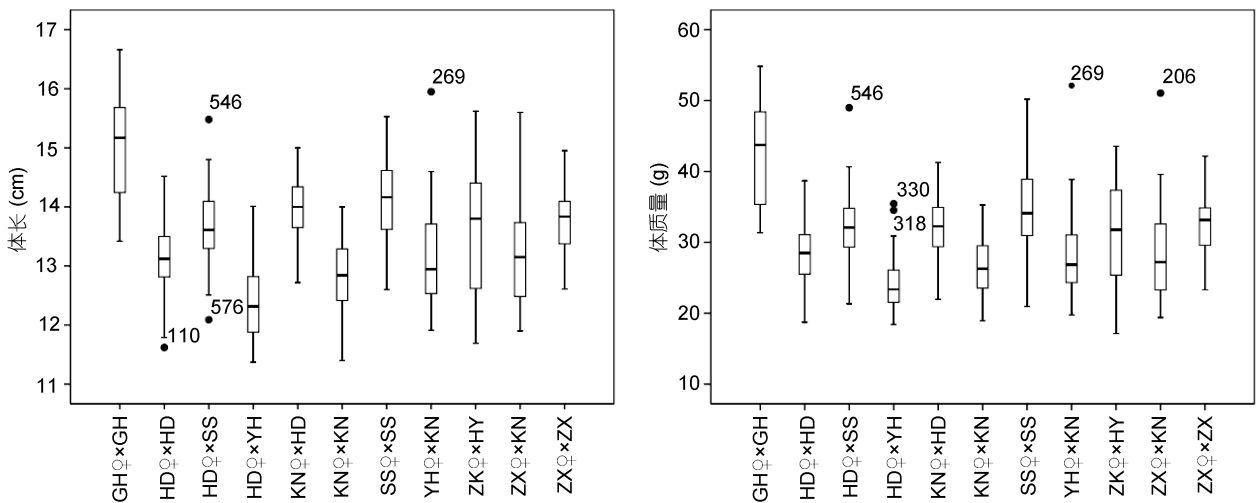


图 1 凡纳滨对虾 270 日龄生长性状箱线图  
Fig.1 Box plots of growth traits at 270d in *L. vannamei*

2.2 体质量与体长回归分析

将凡纳滨对虾留种阶段每个群体个体体质量和体长成对测量数据绘出散点图, 可知体重和体长为线性关系。经回归分析, 得出凡纳滨对虾体质量( $W$ )

和体长( $L$ )的一次回归、二次回归、三次回归方程式如表 2 所示, 回归系数分别为 0.894、0.903 和 0.903。对建立的凡纳滨对虾体重与体长进行假设检验, 表明体重与体长回归关系达到极显著水平( $P < 0.01$ )。

表 2 凡纳滨对虾体质量与体长回归分析  
Tab.2 Regression analysis of body weight and length in *L. vannamei*

方程次数	模型方程	模型概述				
		$R^2$	$F$	$df_1$	$df_2$	Sig.
Linear	$Y = -60.71883 + 6.78728X$	0.894	5551.393	1	658	0.000
Quadratic	$Y = 38.26878 - 7.76915X + 0.53235X^2$	0.903	3075.100	2	657	0.000
Cubic	$Y = 4.59971 - 0.41835X + 0.012788X^3$	0.903	3072.000	2	657	0.000

### 2.3 不同性别生长性状差异

凡纳滨对虾留种阶段雌雄生长性状差异分析如图 2 所示。各交配组合留种阶段雌性群体体长均值为(12.61 ± 0.55)—(15.63 ± 0.39)cm, 雄性群体体长均值为(12.41 ± 0.43)—(14.36 ± 0.68)cm;

11 个雌性和雄性群体体质量均值分别为(26.08 ± 3.48)—(48.61 ± 3.74)g 和(22.03 ± 2.76)—(30.44 ± 3.41)g。分别对各交配组合留种阶段雌雄群体体长和体质量均值进行 *t*-检验分析, 差异均达到显著或极显著水平。

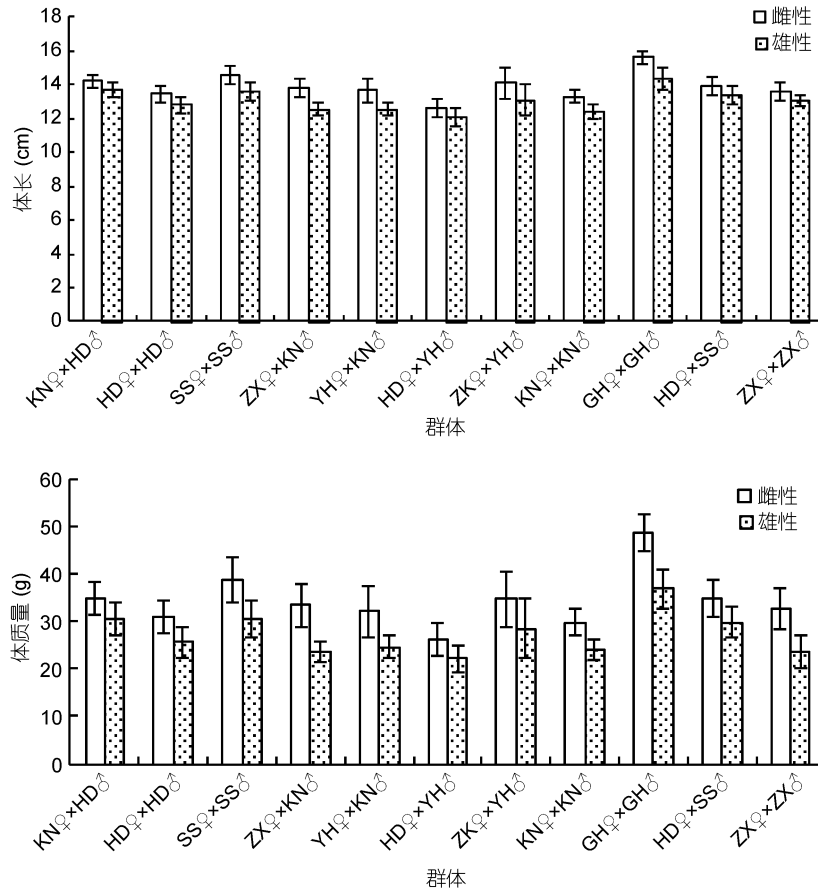


图 2 凡纳滨对虾 G<sub>0</sub> 各群体不同性别生长性状差异分析

Fig.2 Analysis of gender differences in growth traits of *L. vannamei*

### 2.4 各群体的雌雄生长性能评价

留种阶段各群体 Kung 育种值和综合评定值如表 3 所示。各群体作为父本和母本时体长的 Kung 育种值范围分别为 12.145—14.338 和 12.636—15.602, 体质量的 Kung 育种值大小依次为 22.158—36.668 和 26.224—48.343。根据各群体的综合评定值大小将所有群体评定为优、良及一般 3 个等级(见表 4), 其中作为母本时优等级群体为 GH♀ × GH♂、ZX♀ × ZX♂, 良等级群体包括 KN♀ × HD♂、SS♀ × SS♂、HD♀ × SS♂, 一般等级包括 ZK♀ × YH♂、HD♀ × HD♂、YH♀ × KN♂、KN♀ × KN♂、ZX♀ × KN♂、HD♀ × YH♂; 而作为母本时

优等级群体为 GH♀ × GH♂和 SS♀ × SS♂, 良等级群体为 KN♀ × HD♂、HD♀ × SS♂、ZK♀ × YH♂, 一般等级群体包括 ZX♀ × KN♂、ZX♀ × ZX♂、YH♀ × KN♂、HD♀ × HD♂、KN♀ × KN♂和 HD♀ × YH♂。

### 2.5 体质量选择效果预估

根据综合评定值划分等级后, 对体质量性状进行选择效果预估, 结果见表 4。11 个群体留种阶段体质量来自母本的选择反应在 1.436—3.158g 之间, 来自父本的选择反应为 1.233—3.656g。综合选择反应为 1.927g, 即下一代凡纳滨对虾留种阶段体质量可望比这一代提高约 1.927g。

表 3 凡纳滨对虾  $G_0$  各交配组合生长性状 Kung 育种值和综合评定值  
Tab.3 Kung values and comprehensive evaluation values of different mating combinations

交配组合	Kung 育种值				综合评定值	
	父本 sir		母本 dam		父本 sir	母本 dam
	体长	体质量	体长	体质量		
KN♀ × HD♂	13.741	30.387	14.224	34.749	0.279	0.246
HD♀ × HD♂	12.809	25.556	13.471	30.948	0.115	0.136
SS♀ × SS♂	13.582	30.359	14.587	38.557	0.275	0.350
ZX♀ × KN♂	12.557	23.475	13.806	33.381	0.048	0.204
YH♀ × KN♂	12.549	24.667	13.682	32.059	0.083	0.168
HD♀ × YH♂	12.145	22.158	12.636	26.224	0.000	0.000
ZK♀ × YH♂	13.120	28.353	14.113	34.566	0.206	0.240
KN♀ × KN♂	12.420	24.046	13.317	29.695	0.062	0.101
GH♀ × GH♂	14.338	36.668	15.602	48.343	0.480	0.619
HD♀ × SS♂	13.383	29.585	13.946	34.758	0.248	0.241
ZX♀ × ZX♂	13.860	32.285	13.619	32.627	0.338	0.181

表 4 凡纳滨对虾  $G_1$  体质量性状选择反应预估  
Tab.4 Selection response prediction of body weight traits in *L. vannamei*

性状等级	群体				留种率 $P$	选择强度 $i$	选择反应 $R$	
	母本 dam	标准差	父本 sir	标准差			母本 dam	父本 sir
优	GH♀ × GH♂	3.745	GH × GH	4.069	30%	1.162	1.436	1.560
	SS♀ × SS♂	4.686	ZX × ZX	3.447			1.797	1.322
良	KN♀ × HD♂	3.464	KN × HD	3.412	20%	1.402	1.603	1.579
	HD♀ × SS♂	4.042	SS × SS	4.055			1.870	1.876
	ZK♀ × YH♂	5.818	HD × SS	3.207			2.692	1.484
一般	ZX♀ × KN♂	4.497	ZK × YH	6.302	10%	1.758	2.609	3.656
	ZX♀ × ZX♂	4.489	HD × HD	3.305			2.604	1.917
	YH♀ × KN♂	5.444	YH × KN	2.299			3.158	1.334
	HD♀ × HD♂	3.551	KN × KN	2.353			2.060	1.365
	KN♀ × KN♂	2.798	ZX × KN	2.126			1.623	1.233
	HD♀ × YH♂	3.478	HD × YH	2.762			2.018	1.602
综合选择反应							1.927	

### 3 讨论

#### 3.1 亲本群体的自繁和杂交

本研究通过收集不同遗传背景的亲本开展凡纳滨对虾的遗传选育工作, 收集的亲本群体包括 2 个商业引进群体和 5 个经多代选育的国内养殖群体。然而凡纳滨对虾选育基础群体的构建相对于其它水产生物有其特殊性: 第一, 凡纳滨对虾为引进物种, 我国沿海不存在野生资源; 第二, 国外利用近亲繁殖策略严格控制对虾种质资源, 美国供应商每次提供的进口亲本只是两个家系杂交的子一代, 不具备进一步选育的遗传资源; 第三, 国内现已报道的“中兴 1 号”、“中科 1 号”和“科海 1 号”等

凡纳滨选育良种均是以遗传距离较远的群体杂交手段获得, 也只能满足一代的养殖需求(阮晓红等, 2013); 第四, 本研究收集所得不同来源亲本群体选育目标不同, 遗传背景不同, 大多为经过多代选育的群体, 遗传多样性会逐代降低。从群体遗传学角度分析, 通过杂种的自繁和杂交将产生性状分离和重组, 可使基因型纯合或创造新的变异, 增加群体的遗传多样性(Vela Avitúa *et al*, 2013)。因此本研究在构建家系选育基础群体前, 开展了  $G_0$  代群体选育工作, 以期通过群体间的自繁和杂交手段, 优化重组凡纳滨对虾遗传结构, 弥补种质资源库缺乏的不足, 并为凡纳滨对虾进一步遗传改良提供理论依据和基础资料。

栾生等(2013)报道了凡纳滨对虾选育基础群体体质量的变异系数为 6.28%—17.60%。Andriantahina 等(2012)研究表明凡纳滨对虾选育子代体质量的变异系数为 18.26%。Castillo-Juárez 等(2007)报道的凡纳滨对虾体质量的变异系数为 10.6%—13.3%。本研究中留种体质量的变异系数为 12.22%—21.59%, 与已报道的凡纳滨对虾体质量变异系数相近。本研究结果表明, 该性状存在较大遗传改良空间, 自繁和杂交后的群体可作为凡纳滨对虾体质量性状选育的基础群体, 并间接证实了开展 G<sub>0</sub>代群体选育的必要性。

### 3.2 体长与体质量的相关性

国内外有关对虾体长与体质量的报道很多, 长毛对虾(*Penaeus penicillatus*)、中国对虾(*P. chinensis*)、斑节对虾(*P. monodon*)等虾类的体长与体重关系均有深入的研究报道(王渊源等, 1996; 徐炳庆, 2011; 黄忠等, 2011)。张灵侠等(2006)研究表明凡纳滨对虾家系体重与体长的关系为  $W = 0.0059L^{3.2974}$  ( $R^2 = 0.9940$ ); 李卓佳等(2006)指出凡纳滨对虾体重与体长的二次函数、三次函数的判定系数高达 0.988。本研究中, 留种阶段体质量与体长的二次函数、三次函数的判定系数为 0.903, 回归方程式也存在一定差异, 这可能与养殖环境、对虾种群以及生长阶段不同有关。但总体而言, 体质量与体长具有高度的表型相关。生长性状是决定养殖产量的决定因素之一, 而确定对生长性状有效选择的指标是开展良种选育的重要内容。本研究表明体质量和体长存在正态线性回归关系, 对体质量的选择也是对体长的间接选择。但在实际操作过程中, 体质量的测量受操作者主观判断的影响小, 更能准确的反映受测对虾的生长性状, 因此, 本研究将凡纳滨对虾体质量性状作为生长性能评价的主要指标, 并进一步进行体质量选择反应预估。

### 3.3 性别差异

两性(雌、雄)生长差异即同一物种一种性别的个体比另一种性别的个体生长速度快(马细兰等, 2009)。在水产动物中, 雌、雄个体在形态及生长方面存在差异是较为常见的现象。李虎等(2012)报道了半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)雌雄性别的生长差异; 肖广侠等(2014)研究了 中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)雌雄性别的生长差异。雌雄之间的生长速度、个体大小等存在显著差异, 对于养殖周期的缩短、养殖产量的提高、良种选育规划等存在实际应用价值。本研究中, 11 个群体雌雄个体间生长性状均存在显著差异, 表明在留种规划中需要分别对雌雄个

体进行单独选择。

### 3.4 选择效果预估

选择育种具有长期性, 长期的选择和定向培育, 才能使目标性状朝着期望的方向发展并逐步的固定(李思发等, 2000), 因此对每一代的选择效果的预测和评估显得尤为重要。本研究通过 G<sub>0</sub>代生长性能比较并划分等级, 对 F<sub>1</sub>代体质量性状进行选择反应预估, 综合选择反应约为 1.927g。此预测结果较金武等(2013)报道的凡纳滨对虾选择反应值(0.6—1.1)略偏高。决定数量性状选择育种选择反应的因素很多, 除了选择目标、选择依据和选种方法外, 还有遗传力、选择差、性状间相关等(张天时等, 2008)。此外, 本研究基于体质量表型值以及表型值标准差进行选择反应初步预估, 与基于体质量的加性遗传标准差进行预估效果相比理论上也会偏高一些。综上所述, 可以预测本研究所收集的凡纳滨对虾群体下一代选育进展明显。本课题组于 2013 年开始应用 BLUP 法开展凡纳滨对虾多性状复合育种工作, 研究处于起始阶段。随着研究的深入, 将应用 BLUP 法就选育过程中的以后各个世代体质量性状进行遗传进展的预测和评估, 加快选育进程, 同时为今后进一步选育提供理论依据。

### 参 考 文 献

- 马细兰, 张 勇, 周立斌等, 2009. 脊椎动物雌雄生长差异的研究进展. 动物学杂志, 44(2): 141—146
- 王金玉, 陈国宏, 2004. 数量遗传与动物育种. 南京: 东南大学出版社, 79—86
- 王渊源, 方丽珊, 陈世稀, 1996. 池养长毛对虾体长与体重的关系. 台湾海峡, 15(1): 25—31
- 田永胜, 陈松林, 徐田军等, 2009. 牙鲆不同家系生长性能比较及优良亲本选择. 水产学报, 33(6): 901—911
- 刘志刚, 章启忠, 朱晓闻等, 2013. 海湾扇贝南部亚种自交家系选育及其 Kung 育种值评价. 中国水产科学, 20(2): 308—315
- 李 虎, 陈四清, 刘海金等, 2012. 半滑舌鳎养殖群体的性比与雌雄形态差异比较. 水产学报, 36(9): 1331—1336
- 李卓佳, 曹煜成, 文国樑, 2006. 集约式养殖凡纳滨对虾体长与体重的关系. 热带海洋学报, 24(6): 67—71
- 李思发, 蔡完其, 2000. 团头鲂双向选育效应研究. 水产学报, 24(3): 201—205
- 肖广侠, 宋文平, 郭 彪等, 2014. 渤海湾中国明对虾的生长特性. 海洋渔业, 36(2): 116—112
- 张天时, 孔 杰, 栾 生等, 2008. 应用 BLUP 法对中国对虾一代选择的遗传进展. 海洋水产研究, 29(3): 35—40
- 张灵侠, 沈 琪, 胡超群等, 2006. 两个凡纳滨对虾家系体重

- 与体长的关系. 热带海洋学报, 25(1): 23—26
- 金武, 栾生, 孔杰等, 2013. 基因型与环境互作条件下凡纳滨对虾多性状复合育种方案的遗传和经济评估. 水产学报, 37(12): 1770—1781
- 秦钦, 边文翼, 蔡永祥等, 2011. 斑点叉尾鲷家系育种核心群生长性能研究及优良亲本选择. 上海海洋大学学报, 20(1): 63—70
- 徐炳庆, 2011. 山东近海中国对虾增殖放流的研究. 上海: 上海海洋大学硕士学位论文, 35—43
- 栾生, 罗坤, 阮晓红等, 2013. 凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)体重、存活性状的遗传参数和基因型与环境互作效应. 海洋与湖沼, 44(2): 445—452
- 黄忠, 林黑着, 黄建华等, 2011. 5个斑节对虾家系体长和体重的关系. 广东农业科学, 38(4): 116—119
- 盛志廉, 吴常信, 1995. 数量遗传学. 北京: 中国农业出版社, 16—26
- 潘玉洲, 丁茂昌, 李爽, 2010. 凡纳滨对虾人工繁育技术研究. 齐鲁渔业, 27(6): 17—20
- Andriantahina F, Liu X, Huang H *et al*, 2012. ZResponse to selection, heritability and genetic correlations between body weight and body size in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 30(2): 200—205
- Caballero-Zamora A, Montaldo H H, Campos-Montes G R *et al*, 2014. Genetic parameters for body weight and survival in the Pacific White Shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* affected by a White Spot Syndrome Virus (WSSV) natural outbreak. Aquaculture (in Press, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848614004207#>)
- Castillo-Juárez H, Casares J C Q, Campos-Montes G *et al*, 2007. Heritability for body weight at harvest size in the Pacific white shrimp, *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*, from a multi-environment experiment using univariate and multivariate animal models. Aquaculture, 273(1): 42—49
- Vela Avitúa S, Montaldo H H, Márquez Valdelamar L *et al*, 2013. Decline of genetic variability in a captive population of Pacific white shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* using microsatellite and pedigree information. Electronic Journal of Biotechnology, 16(4): 1—10

## GROWTH PERFORMANCE COMPARISON AND SELECTION EFFECT PREDICTION FOR SELECTIVE BREEDING G<sub>0</sub> GENERATION OF *LITOPENAEUS VANNAMEI*

HU Zhi-Guo, LIU Jian-Yong, YUAN Rui-Peng, ZHANG Jia-Chen  
(Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

**Abstract** Selective breeding is an effective way of healthy seeding and genetic improvement for *Litopenaeus vannamei*. We established 11 mating combinations of *L. vannamei* among 7 different genesis groups using inbreeding and hybridization. The growth performance for female and male among groups in 270 d experiment was compared and analyzed. The populations were selected and graded in the Kung value and comprehensive evaluation values. In addition, selection effect for body weight traits was predicted. The results show that these 11 populations of 270-day-old in age, the body length and body weight was 13.52 cm and 31.05 g. The among-population differences in body length and body weight were significant ( $P < 0.05$ ); the regression relationship between body weight and body length was extremely significant ( $P < 0.01$ ), and the regression coefficient reached 0.903. For each mating combination, *t*-test analysis was performed on body length and body weight, and the differences were significant or extremely significant. All the populations were assessed as excellent, good, and average levels according to the comprehensive evaluation value. Based on the above analyses, combinations of good sir and dam parents were selected. Moreover, the value of *L. vannamei* for breeding G<sub>1</sub> generation was 1.927 g predicted by comprehensive selection response. The results may provide a good reference for the next phase of *L. vannamei* family selection, and accelerate the process of the genetic improvement.

**Key words** *Litopenaeus vannamei*; growth; Kung value; selection response; prediction