

# 虾夷扇贝养殖群体的遗传力估算

梁 峻<sup>1,2</sup>, 郑怀平<sup>1</sup>, 李 莉<sup>1</sup>, 张国范<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院研究生院 北京 100039)

**摘要:** 采用平衡巢式设计通过建立 8 个半同胞家系和 32 个全同胞家系, 估算了虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis* Jay)养殖群体的遗传力。1 日龄幼虫壳长、壳高的遗传力为  $0.521 \pm 0.104$  和  $0.307 \pm 0.097$ , 10 日龄幼虫壳长、壳高的遗传力为  $0.307 \pm 0.074$  和  $0.311 \pm 0.075$ ; 20 日龄幼虫壳长、壳高的遗传力为  $0.336 \pm 0.079$  和  $0.314 \pm 0.075$ ; 40 日龄稚贝壳长、壳高的遗传力为  $0.318 \pm 0.081$  和  $0.280 \pm 0.075$ ; 60 日龄稚贝壳长、壳高的遗传力为  $0.383 \pm 0.091$  和  $0.423 \pm 0.097$ ; 500 日龄成贝壳长、壳高、壳宽、全湿质量的遗传力分别为  $0.375 \pm 0.096$ 、 $0.358 \pm 0.094$ 、 $0.513 \pm 0.116$ 、 $0.420 \pm 0.103$ 。结果表明, 与其他贝类相比, 虾夷扇贝壳长、壳高、全湿质量等性状的遗传力为中等大小。

**关键词:** 虾夷扇贝 (*Patinopecten yessoensis* Jay); 养殖群体; 半同胞家系; 全同胞家系; 遗传力  
中图分类号: Q348 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2011)03-0001-07

在数量性状遗传研究中, 遗传力的估算具有重要的意义。一方面它指出了在所研究的群体及所处的环境中, 在一个性状的表型变异上遗传因素和环境因素的相对重要性。另一方面对于育种值估计、选择指数的制定、选择反应预测、选择方法比较以及育种规划决策等具有重要的作用。

许多研究工作者利用回归分析、选择反应和全同胞(或半同胞)对贝类的遗传力进行了分析。主要包括长牡蛎(*Crassostrea gigas*)<sup>[1]</sup>、美洲牡蛎(*Crassostrea virginica*)<sup>[2-3]</sup>、欧洲食用牡蛎(*Ostrea edulis*)<sup>[4]</sup>、硬壳蛤(*Mercenaria mercenaria*)<sup>[5-6]</sup>、红鲍(*Haliotis rufescens*)<sup>[7]</sup>、皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai*)<sup>[8]</sup>。

虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis* Jay)作为优良的海水养殖对象, 自 1982 年引进中国后, 一直是我国北方最重要的海水养殖种类之一<sup>[9-10]</sup>。特别是近年来随着虾夷扇贝遗传育种工作开展, 对其遗传参数的评估日趋重要。为此, 作者以虾夷扇贝养殖群体为研究对象, 在 2007 年采用平衡巢式设计建立了 32 个全同胞家系对虾夷扇贝养殖群体的遗传力进行了评估。本研究的结果能够为虾夷扇贝遗传育种工作的进一步开展提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验亲贝及促熟

实验所用的亲贝为来自大连长海哈仙岛的浮筏养殖群体, 均为形状规则、健壮的二龄贝, 于 2007

年 2 月 27 日开始在庄河海洋村贝类育苗场进行促熟, 整个过程遵循严格的生产技术流程。亲贝表面清洗干净后分别置于扇贝笼中 (每笼 10 层, 每层 4 个) 后放在 60 m<sup>3</sup> 的水池进行人工控温促熟。亲贝促熟的水温由开始的 2℃ 逐渐升高, 日升温 0.2~0.5℃, 在 3、5、7℃ 时分别稳定 3~6 d, 最后升到 9℃ 恒温待产。促熟期间, 日换水 1~2 次, 日投喂 4~8 次, 投喂亲贝的饵料为小硅藻 *Nitzschia closterium* 30~60 万个/d, 螺旋藻粉  $2 \times 10^6 \sim 6 \times 10^6$  g/(mL·d), 鸡蛋  $2 \times 10^6 \sim 6 \times 10^6$  g/(mL·d), 随水温升高根据亲贝的摄食需要逐渐增加。当性腺发育完全成熟时, 可用于催产。

### 1.2 亲贝催产、全同胞家系的建立和幼体培育

随机选取性腺发育完全成熟的 8 个雄贝和 32 个雌贝, 阴干 2 h 后, 亲贝被单独分别放入 80 L 塑料桶中水温由 9℃ 提至 13℃ 进行诱导产卵、排精。约 30 min 后亲贝开始陆续排放精子和卵。每个亲贝排出的卵被平均放在 3 个 80 L 的塑料桶中 (桶已编号)。之后, 通过巢式平衡实验设计, 每个作为雄亲亲贝产生的精子与 4 个作为雌亲亲贝产生的卵分别交配, 产生了 8 个父本半同胞家系群和 32 个全同胞家系。

收稿日期: 2010-12-22; 修回日期: 2011-01-18

基金项目: 国家 973 计划项目(2010CB126401); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-EW-Q21); 国家公益性行业(农业)科研专项(3-53)

作者简介: 梁峻(1979-), 男, 辽宁大连人, 博士生, 主要从事贝类遗传育种研究, 电话: 0411-89768286, E-mail: liangj79216@163.com; 张国范, 通信作者, 研究员, 电话: 0532-82898701, E-mail: gfzhang@ms.qdio.ac.cn

每个家系的受精卵被单独地放在 80L 的塑料桶中进行孵化, 孵化水温 13℃、盐度 30。约 72 h 后, D 型幼虫孵出。

每个家系的幼虫被定量后单独地放入 80 L 的塑料桶中培养, 幼虫的起始培养密度被设置为 10 个/mL。幼虫培育水温由选育时的 14℃ 随换水逐渐升高, 直至 16℃ 开始恒温培养, 各家系的幼虫被培养在相同的环境条件下, 包括密度、饵料、水温、盐度等。幼虫的前期饵料为金藻, 后期为金藻 + 小硅藻, 投饵量和投饵次数随幼虫年龄的增大而增加。每天全换水一次, 换水时, 桶被迅速彻底清洗。注意操作, 保证家系间的隔离。

### 1.3 稚贝的保苗和养成

20d 时幼虫开始陆续出现眼点, 当 30% 左右的幼虫出现眼点时, 开始投放附着基(聚乙烯网片 2 片)。在 60 d 时, 网片被装入 60 目的聚乙烯网袋中, 到虾圈进行稚贝保苗, 100 d 时将聚乙烯网片上的稚贝全部涮洗下来, 装入 40 目聚乙烯网袋中到海上挂养进入幼贝养成期。当稚贝的壳高达到 10mm 以上时, 被从网袋中移入扇贝暂养笼(网径 0.5cm), 每层 250 个; 随着扇贝的生长, 每层降至 100 个、至 50 个。而后进入养成笼(带有标记牌), 每层 30 个, 期间

更换扇贝笼 2~3 次; 每次换笼时, 死亡的个体被记录、剔除, 重新分层, 使每层 30 个, 从而把环境效应降至最小。

幼虫培育、稚贝的保苗和养成过程中, 任何个体没有被随意地丢弃。

幼虫培育和稚贝保苗在庄河海洋村贝类育苗场的扇贝育苗车间和室外虾池中完成; 在大连长海县哈仙岛海域养成。

### 1.4 取样与测量

幼虫期, 在 1, 5, 10, 15 和 20 d 时取样, 每个家系每次取样 50 个, 用 4% 的福尔马林杀死, 在 100× 的显微镜下用目微尺测量壳长、壳高; 稚贝期, 在日龄 40 和 60 d 时取样, 每个家系每次取样 30 个, 在 40× 的显微镜下目微尺测量壳长、壳高; 在养成期, 当日龄 500 d 时已达到商品规格, 每个家系每次取样 30 个, 用游标卡尺(精度 0.02 mm)测量壳长、壳高, 电子天平称全湿质量(精度 0.1g)。

### 1.5 数据分析

全同胞和半同胞的方差是表型变量剖分为遗传组分和环境组分的基础, 全同胞和半同胞之间的方差分析见表 1。

表 1 半同胞家系和全同胞家系遗传力估计方差分析

Tab. 1 Variance analysis of estimation of heritability for half-sib families and full-sib families

变异来源	自由度(df)	平方和(SS)	均方(MS)	期望均方(EMS)
雄亲间	$S - 1$	SSS	MSS	$\sigma_w^2 + K_2\sigma_D^2 + K_3\sigma_S^2$
雄亲内雌亲间	$D - S$	SSD	MSD	$\sigma_w^2 + K_1\sigma_w^2$
雌亲内子女间	$n - D$	SSW	MSW	$\sigma_w^2$

注: S 为雄亲数目; D 为雌亲数目; n 为子女总数目

每个雄亲与相同数目的雌亲交配, 每个雌亲产生相同数目的子女时,  $K_1 = K_2$  为每个雌亲的子女数目,  $K_3$  为每个雄亲的子女数目。

方差分量  $\sigma_S^2$  是由于雄亲组不同而引起的, 这些组是由同父异母的半同胞构成, 因此  $\sigma_S^2$  是半同胞协方差; 方差分量  $\sigma_D^2$  是由于雌亲组不同而引起的, 这些组是由同父同母的全同胞构成, 因此  $\sigma_D^2$  是全同胞协方差; 方差分量  $\sigma_w^2$  包含了剩余的遗传方差和环境方差。它们分别由下面的公式求得:

$$\sigma_w^2 = MSW$$

$$\sigma_D^2 = \frac{MSD - MSW}{K_1}$$

$$\sigma_S^2 = \frac{MSS - (MSW + K_2\sigma_D^2)}{K_3}$$

由全同胞分析可得到三个遗传力的估计值。根据原因方差组分与协方差之间的关系, 估计遗传力的公式如下:

父本半同胞估计的狭义遗传力为半同胞组内相关系数的 4 倍

$$\text{即 } h_S^2 = \frac{4\sigma_S^2}{\sigma_S^2 + \sigma_D^2 + \sigma_w^2}$$

母本半同胞估计的狭义遗传力为半同胞组内相关系数的 4 倍

$$\text{即 } h_D^2 = \frac{4\sigma_D^2}{\sigma_S^2 + \sigma_D^2 + \sigma_w^2}$$

全同胞估计的狭义遗传力为全同胞组内相关系数的 4 倍

$$\text{即 } h_{SD}^2 = \frac{2(\sigma_S^2 + \sigma_D^2)}{\sigma_S^2 + \sigma_D^2 + \sigma_W^2}$$

$h_S^2$  是半同胞遗传力、 $h_D^2$  是全同胞遗传力、 $h_{SD}^2$  是半同胞与全同胞的平均遗传力。理论上, 这 3 个遗传力的估计值应该相等。然而, 实际估计时三者间总是存在着一定的偏差。在满足全同胞资料估计遗传力的条件下, 一般以  $h_{SD}^2$  为准, 因为它是雄亲组分估计和雌亲组分估计的平均值。

巢式方差分析用 SAS 软件基于 GLM 模型的限制性最大似然方法进行(SAS Institute Inc, 1990)。应用统计模型为:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{ji} + e_{ijk}$$

其中,  $Y_{ijk}$  是第  $i$  雄亲与第  $j$  雌亲交配而得的第  $k$  个子女的观察值,  $\mu$  为共同均数,  $\alpha_i$  为第  $i$  雄亲的效

应,  $\beta_{ij}$  为与第  $i$  雄亲交配的第  $j$  雌亲的效应,  $e_{ijk}$  是归因于个体的不可控环境和遗传离差。

所有的统计分析均用 SAS8.0 软件进行, 差异的显著性都设置为  $P < 0.05$ , 显著性检验采用  $t$  检验( $P < 0.05$ )<sup>[11]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 表型性状的变异系数

表 2 和表 3 列出了在幼虫期(1 日龄、5 日龄、10 日龄、15 日龄、20 日龄)和稚贝期(40 日龄、60 日龄)这两个早期发育阶段表型性状(壳长、壳高)的平均值、标准差和变异系数。变异系数值随日龄的增长而加大, 在壳长与壳高上的结果一致。这样的结果表明随日龄的增长, 个体间差异增加。

表 2 幼虫期、稚贝期壳长的平均值、标准差(±S.D.)及变异系数(CV)

Tab. 2 Mean, S.D. and CV of shell lengths at larve or spat stage

项目	幼虫期壳长(μm)			稚贝期壳长(mm)	
	1 d	10 d	20 d	40 d	60 d
家系个数	32	32	32	32	32
测量个数	1600	1600	1600	1600	1600
平均值	99.74	136.63	178.43	0.39	0.69
标准差	3.63	9.43	14.53	0.05	0.10
变异系数	3.64	6.90	8.14	13.33	14.49

表 3 幼虫期、稚贝期壳高的平均值、标准差(±S.D.)及变异系数(CV)

Tab. 3 Mean, S.D. and CV of shell heights at larve or spat stage

项目	幼虫期壳高(μm)			稚贝期壳高(mm)	
	1d	10d	20d	40d	60d
家系个数	32	32	32	32	32
测量个数	1600	1600	1600	1600	1600
平均值	80.41	115.00	153.34	0.37	0.66
标准差	4.04	7.93	15.67	0.04	0.08
变异系数	5.02	6.90	10.22	10.81	12.12

表 4 列出达商品规格时测量性状(壳长、壳高、壳宽)与称量性状(全湿质量)的平均值、标准差和变异系数。变异系数在测量性状(壳长、壳高、壳宽)与称量性状(全湿质量)间明显不同, 测量性状的变异系数小于称量性状的变异系数。这样的结果说明虾夷扇贝在称量性状(全湿质量)个体间差异比壳长、壳高、壳宽等测量性状个体间差异更大。

### 2.2 亲本对后代的影响

方差分析表明, 雄亲和雌亲对不同发育阶段(幼虫期、稚贝期、养成期)的测量性状(壳长、壳高)都

表 4 达商品规格时生产性状的平均值、标准差、变异系数

Tab. 4 Mean, S.D. and CV of yield traits of market standard

项目	壳长(mm)	壳高(mm)	壳宽(mm)	全湿质(g)
家系个数	28	28	28	28
测量个数	840	840	840	840
平均值	53.02	53.26	15.62	34.28
标准差	7.57	8.26	2.57	7.94
变异系数	14.28	15.51	16.45	23.16

能够产生显著的影响(表 5)。雄亲和雌亲对达商品规格时测量性状(壳长、壳高、壳宽)及称量性状(全湿

表 5 不同发育阶段壳长、壳高的方差组分分析

Tab. 5 Variance analysis of shell lengths and shell heights at different stage

方差来源	自由度	壳长		壳高	
		均方	方差组分	均方	方差组分
幼虫期					
1 d					
雄亲间	7	276.143**	0.618	377.426**	1.154
雌亲间	24	152.448**	2.852	146.557**	2.676
子女间	1 568	12.754	9.852	9.852	12.754
10 d					
雄亲间	7	1 394.643**	4.215	955.212**	2.720
雌亲间	24	551.552**	9.517	411.286**	7.153
子女间	1 568	53.646	75.687	75.688	53.646
20 d					
雄亲间	7	4 006.283**	13.306	4 050.962**	12.384
雌亲间	24	1 345.016**	23.279	1 574.068**	27.221
子女间	1 568	213.009	181.065	180.065	213.009
稚贝期					
40d					
雄亲间	7	4.896**	0.031	5.185**	0.027
雌亲间	24	1.487**	0.047	1.553**	0.044
子女间	928	0.437	0.413	0.413	0.437
60d					
雄亲间	7	7.633**	0.061	8.822**	0.069
雌亲间	24	2.075**	0.087	3.016**	0.084
子女间	928	0.571	0.625	0.625	0.571
养成期					
500d					
雄亲间	7	434.613**	2.748	372.497**	2.255
雌亲间	20	139.446**	2.904	125.934**	2.386
子女间	812	24.514	24.514	21.257	21.257

注: \*\* 表示差异极显著  $P < 0.01$ ; 表 6~表 9 同

质量)也都能够产生显著的影响(表 6)。

### 2.3 表型性状的遗传力估计

根据表 5 中的方差组分估计的虾夷扇贝在雄亲和雌亲对不同发育阶段(幼虫期、稚贝期、养成期)的测量性状(壳长、壳高)的半同胞遗传力  $h^2_S$ 、全同胞遗传力  $h^2_D$  以及半同胞与全同胞的平均遗传力  $h^2_{SD}$  等被列在表 7、表 8 中。由表可知,壳长的半同胞遗传力  $h^2_S$  从 0.186 到 0.364, 全同胞遗传力  $h^2_D$  从 0.383 到 0.838, 半同胞与全同胞的平均遗传力  $h^2_{SD}$  从 0.307 到 0.521,  $t$  检验表明壳长的半同胞遗传力均未达到显著水平, 但全同胞遗传力和平均遗传力都达到显著水平( $P < 0.05$ ); 壳高的半同胞遗传力  $h^2_S$  从 0.171 到

0.381, 全同胞遗传力  $h^2_D$  从 0.346 到 0.464, 半同胞与全同胞的平均遗传力  $h^2_{SD}$  从 0.280 到 0.423,  $t$  检验表明壳高的半同胞遗传力均未达到显著水平, 但全同胞遗传力和平均遗传力都达到了显著水平( $P < 0.05$ )。壳长、壳高的全同胞遗传力  $h^2_D$  均高于半同胞遗传力  $h^2_S$  和半同胞与全同胞的平均遗传力  $h^2_{SD}$ 。在不同生长期, 壳长、壳高根据父系半同胞估计的遗传力水平逐渐增加, 变化范围分别为 0.186 ~ 0.364、0.171 ~ 0.381; 根据母系半同胞家系估计的遗传力水平逐渐变小, 变化范围分别为 0.856 ~ 0.383、0.726 ~ 0.346。

根据表 6 中的方差组分估计的虾夷扇贝在收获时的壳长、壳高、壳宽、全湿质量等四个生产性状

表 6 成体期测量性状与全湿质量的方差组分分析  
Tab. 6 Variance analysis of traits and total weight at adult stage

方差来源	自由度	均方	方差组分
壳长			
雄亲间	7	434.613**	2.748
雌亲间	20	139.446**	2.904
子女间	812	24.514	24.514
壳高			
雄亲间	7	372.497**	2.255
雌亲间	20	125.934**	2.386
子女间	812	21.257	21.257
壳宽			
雄亲间	7	102.379**	0.726
雌亲间	20	98.632**	2.169
子女间	812	8.384	8.384
全湿质量			
雄亲间	7	593.467**	5.764
雌亲间	20	356.435**	6.839
子女间	812	47.416	47.416

的半同胞遗传力  $h^2_S$ 、全同胞遗传力  $h^2_D$  以及半同胞与全同胞的平均遗传力  $h^2_{SD}$  等被列在表 9 中。4 个生产性状的半同胞遗传力  $h^2_S$  从 0.257 到 0.384,  $t$  检验表明 4 个生产性状的半同胞遗传力均未达到显著水平; 4 个生产性状的全同胞遗传力  $h^2_D$  从 0.369 到 0.769,  $t$  检验表明 4 个生产性状的全同胞遗传力均达到了显著水平 ( $P < 0.05$ ); 4 个生产性状的半同胞与全同胞的平均遗传力  $h^2_{SD}$  从 0.358 到 0.513,  $t$  检验表明它们都达到了显著水平 ( $P < 0.05$ )。

### 3 讨论

遗传力是数量遗传学中最重要、最常用的基本遗传参数,也是数量遗传学的最重要的特征值之一<sup>[12]</sup>,在整个数量遗传学中起着十分重要的作用。同时,估计遗传力对遗传育种具有重要的指导意义,它有助育种方案制定的合理化。遗传力的大小直接影响选择反应的效果。一般而言,基于加性方差估算

表 7 不同阶段壳长的遗传力、标准误(±S.E.)及显著性检验的  $t$  值  
Tab. 7 Heritability, S.E. of heritability, and significance test of shell lengths at different stages

遗传力	壳 长					
	幼虫期			稚贝期		养成期
	1 d	10 d	20 d	40 d	60 d	500 d
$h^2_S$	0.186	0.188	0.244	0.252	0.316	0.364
±S.E.	0.222	0.167	0.197	0.178	0.176	0.294
$T_{0.05(7)}=1.895$	0.838	1.126	1.238	1.416	1.795	1.238
$h^2_D$	0.856	0.426	0.428	0.383	0.450	0.385
±S.E.	0.264	0.142	0.143	0.117	0.103	0.195
$T_{0.05(24)}=1.711$	3.242**	3.000**	2.993**	3.274**	4.369**	1.974**
$T_{0.05(20)}=1.725$						
$h^2_{SD}$	0.521	0.307	0.336	0.318	0.383	0.375
±S.E.	0.104	0.074	0.079	0.081	0.091	0.096
$T_{0.05(\infty)}=1.645$	5.010**	4.149**	4.253**	3.926**	4.209**	3.906**

表 8 不同阶段壳高的遗传力、标准误(±S.E.)及显著性检验的  $t$  值  
Tab. 8 Heritability, S.E. of heritability, and significance test of shell heights at different stages

遗传力	壳 高					
	幼虫期			稚贝期		养成期
	1 d	10 d	20 d	40 d	60 d	500 d
$h^2_S$	0.188	0.171	0.196	0.213	0.381	0.348
±S.E.	0.243	0.161	0.171	0.182	0.217	0.294
$T_{0.05(7)}=1.895$	0.774	1.062	1.146	1.170	1.756	1.184
$h^2_D$	0.726	0.450	0.431	0.346	0.464	0.369
±S.E.	0.204	0.149	0.144	0.118	0.160	0.205
$T_{0.05(24)}=1.711$	2.088**	3.020**	2.993**	2.932**	2.900**	1.800**
$h^2_{SD}$	0.307	0.311	0.314	0.280	0.423	0.358
±S.E.	0.097	0.075	0.075	0.075	0.097	0.094
$T_{0.05(\infty)}=1.645$	3.165**	4.147**	4.187**	3.733**	4.361**	3.808**

表9 成贝期壳长、壳高、壳宽与全湿质量的遗传力估计

Tab. 9 Estimation of heritability of shell length, shell height, shell width, and total weight at adult stage

遗传力	性状			
	壳长	壳高	壳宽	全湿质量
$h^2_S$	0.364	0.348	0.257	0.384
±S.E.	0.294	0.294	0.186	0.202
$T_{0.05(7)}=1.895$	1.238	1.184	1.382	1.901**
$h^2_D$	0.385	0.369	0.769	0.456
±S.E.	0.195	0.205	0.369	0.250
$T_{0.05(20)}=1.725$	1.974**	1.800**	2.084**	1.824**
$h^2_{SD}$	0.375	0.358	0.513	0.420
±S.E.	0.096	0.094	0.116	0.103
$T_{0.05(\infty)}=1.645$	3.906**	3.808**	4.422**	4.078**

的遗传力越大, 选择反应的效果越明显。而对于遗传力低的性状, 选择反应的效果不明显。对于遗传力较低的性状, 育种的策略为高强度选择、家系选择和群体(或品系)杂交。

进行遗传力的估计有助育种方案制定的合理化。估计遗传力的方法回归法、全同胞(或半同胞)相关法和利用选择反应进行遗传力的估计。有关贝类遗传力的报道较多。国内外利用同胞家系估计贝类遗传力的研究一直都有报道。Lannan<sup>[1]</sup>利用同胞家系估计长牡蛎 *C. gigas* 在 18 月龄的体重和肉体重的遗传力分别为 0.33 和 0.37, 幼体存活率和附着率的遗传力分别为 0.31 和 0.09。Newkirk<sup>[2]</sup>估计 6 和 16 日龄美洲牡蛎 *C. virginica* 幼虫的半同胞遗传力分别为 0.39 和 0.50, 全同胞遗传力分别为 0.51 和 0.60; Davis<sup>[13]</sup>估计美洲牡蛎 *C. virginica* 幼虫壳长的半同胞遗传力为 0.44(选择群体)和 0.14(未选择群体), 7 月龄体重与壳长的半同胞遗传力分别为 0.51 和 0.10; Rawson 等<sup>[5]</sup>利用同胞分析法估计硬壳蛤 *M. mercenaria* 在稚贝 9 月龄时壳长的半同胞遗传力为 0.91, 全同胞遗传力为 0.57, 半同胞与全同胞的平均遗传力为 0.74; Hilbish 等<sup>[6]</sup>利用巢式设计估计硬壳蛤 *M. mercenaria* 壳长在受精后第 2、10 和 270 天的半同胞遗传力为 1.08、0.82 和 0.85, 全同胞遗传力为 0.67、1.28 和 0.91。此外, Jonasson<sup>[7]</sup>采用不平衡设计估计红鲍 *Haliotis rufescens* 四月龄成活率的遗传力为 0.11, 8 月龄和 17 月龄壳长的遗传力分别为 0.08 和 0.30。邓岳文<sup>[8]</sup>利用巢式平衡设计估计皱纹盘鲍 *Haliotis discus hannai* 10 日龄、20 日龄、30 日龄壳长的半同胞遗传力从 0.232 到 0.365、全同胞遗传力从 0.175 到 0.747、平均遗传力从 0.202 到 0.489, 壳宽的半同胞遗传力从 0.181 到 0.316、全同胞遗传力

从 0.104 到 0.604、平均遗传力从 0.142 到 0.428。从这些报道中不难发现, 贝类遗传力的变化幅度比较大。本研究结果同样发现虾夷扇贝的遗传力有较大的变动范围, 如达到商品规格时, 4 个生产性状(壳长、壳高、壳宽、全湿质量)的半同胞遗传力  $h^2_S$  从 0.257 到 0.384, 全同胞遗传力  $h^2_D$  从 0.369 到 0.769, 半同胞与全同胞的平均遗传力  $h^2_{SD}$  从 0.358 到 0.513,  $t$  检验表明它们都达到了显著水平( $P < 0.05$ )。

本研究采用巢式设计和父系半同胞相关分析法对虾夷扇贝不同发育阶段(幼虫期、稚贝期、养成期)壳长和壳高的遗传力进行了估计, 壳长遗传力估计范围为 0.307 ~ 0.521, 壳高遗传力估计范围为 0.280 ~ 0.423。与其他贝类相比, 在虾夷扇贝生长发育过程中, 壳长和壳高的遗传力为中等大小。

遗传力不仅是性状的特征而且也是群体和个体所处环境的特征。遗传力的估值取决于各方差成分的数值。其中, 遗传方差受研究群体的基因频率影响; 环境方差受培育条件的限制。当指某性状的遗传力时, 它应属于特定的条件下的特定群体。因此, 对于不同种或者同种不同地理群体, 估算的遗传力具有一定的差异。此外, 根据全同胞家系估计的遗传力, 其中包含了显性效应和母本效应。许多参考文献报道了在贝类幼体发育过程中, 存在较大的显性效应和母本效应。一般认为, 基于全同胞资料估计的遗传力, 较遗传力实际值偏大, 其中包含了显性效应和母性效应, 这种设计方法难以克服其自身缺陷。本研究采用巢式设计和父系半同胞相关分析法, 克服了用全同胞资料估计遗传力的缺点, 采用随机抽样, 代表性强, 估计结果精确合理。

在本研究中, 基于家系内的个体进行遗传力的估算。然而, 在所测定的生长阶段随着生长, 家系内

个体间的差异增加,从而导致环境方差比例增加和加性方差比例下降,因此随着生长,壳长和壳高的遗传力逐渐降低。遗传力的大小直接影响选择反应的效果。一般而言,基于加性方差估算的遗传力越大,选择反应的效果越明显。而对于遗传力低的性状,选择反应的效果不明显。

## 参考文献:

- [1] Lannan J E. Estimating heritability and predicting response to selection for the Pacific oyster *Crassostrea gigas*[J]. Proc Natl Shellfish Assoc, 1972, 62: 62-66.
- [2] Newkirk G F. Interaction of genotype and salinity in larvae of the oyster *Crassostrea virginica*[J]. Marine Biology, 1978, 48: 227-234.
- [3] Mallet A L, Haley L E. General and specific combining abilities of larval and juvenile growth and viability estimated from natural oyster populations[J]. Marine Biology, 1984, 81: 53-59.
- [4] Toro J E, Newkirk G F. Divergent selection for growth rate in the European oyster *Ostrea edulis*: response to selection and estimation of genetic parameters[J]. Mar Ecol Prog Ser, 1990, 62, 219-227.
- [5] Rawson P D, Hilbish T J. Heritability of juvenile growth for the hard clam *Mercenaria mercenaria*[J]. Marine Biology, 1990, 105: 429-436.
- [6] Hilbish T J, Winn E P, Rawson P D. Genetic variation and covariation during larval and juvenile growth in *Mercenaria mercenaria*[J]. Marine Biology, 1993, 115: 97-104.
- [7] Jonasson J, Stefansson S E, Gudnaso A, et al. Genetic variation for survival and body size during the first life stages of red abalone, *Haliotis rufescens*, In Iceland [R]. Monterey, California: Third International Abalone Symposium, 1997.
- [8] 邓岳文. 皱纹盘鲍数量性状遗传于育种[D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2005.
- [9] 王庆成. 虾夷扇贝的引进及其在我国北方增养殖的前景[J]. 水产科学, 1984, 3(4): 24-27.
- [10] 张福绥, 何义朝, 马江虎. 虾夷扇贝的引种、育苗及试养[J]. 海洋科学, 1984, 1(5): 38-45.
- [11] Becker. 数量遗传学手册[M]. 区靖祥译. 北京: 科学出版社, 1985.
- [12] Falconer D S. Introduction to Quantitative Genetics[M]. New York: Longman Inc, 1981.
- [13] Davis C V. Estimation of narrow-sense heritability for larval and juvenile growth traits in selected and unselected sub-lines of eastern oyster, *Crassostrea virginica*[J]. Journal of Shellfish Research, 2000, 19: 613.

## Estimation of heritability for a cultured population of *Patinopecten yessoensis* Jay

LIANG Jun<sup>1,2</sup>, ZHENG Huai-ping<sup>1</sup>, LI Li<sup>1</sup>, ZHANG Guo-fan<sup>1</sup>

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Received: Dec., 22, 2010

**Key words:** *Patinopecten yessoensis* Jay; cultured population; half-sib families; full-sib families; heritability

**Abstract:** Eight half-sib families and thirty two full-sib families were obtained by a nested design of each male mating with four females. Heritability for shell length and shell height was  $0.521 \pm 0.104$  and  $0.307 \pm 0.097$  on day 1,  $0.307 \pm 0.074$  and  $0.311 \pm 0.075$  on day 10,  $0.336 \pm 0.079$  and  $0.314 \pm 0.075$  on day 20, and  $0.318 \pm 0.081$  and  $0.280 \pm 0.075$  on day 40,  $0.383 \pm 0.091$  and  $0.423 \pm 0.097$  on day 60. Heritability for production traits including shell length, shell height, shell width, and total weight at harvest on day 500 was  $0.375 \pm 0.096$ ,  $0.358 \pm 0.094$ ,  $0.513 \pm 0.116$ ,  $0.420 \pm 0.103$ , respectively. Compared with other shellfish, heritability for production traits including shell length, shell height, shell width, and total weight of *Patinopecten yessoensis* Jay was of medium size.

(本文编辑: 梁德海)