

文章编号: 1000-0615(2003)03-0193-07

# 栉孔扇贝中国种群与日本种群 杂交一代的中期生长发育

刘小林<sup>1,3</sup>, 常亚青<sup>2</sup>, 相建海<sup>1</sup>, 刘宪杰<sup>2</sup>, 李富花<sup>1</sup>, 刘保忠<sup>1</sup>

(1. 中国科学院海洋研究所实验海洋生物学开放实验室, 山东 青岛 266071;

2. 大连水产学院农业部海洋水产增养殖学与生物技术重点开放实验室, 辽宁 大连 116023;

3. 西北农林科技大学动物科技学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 在对栉孔扇贝中国种群(C)和日本种群(J)的亲本后代及其正反交两个杂交种群的杂交个体9月龄生长发育研究的基础上,进行了各种群的中期(11、13、16、18月龄)生长发育比较研究。结果表明,中国种群的生长速度略低于日本种群;正反两个杂交组合的杂种群体的壳长、壳高、壳宽、体重4个生长发育指标在中期4个测定阶段生长速度均高于亲本种群,表现出不同程度的杂种优势,其范围在5%~50%之间,  $J^{\text{♀}} \times C^{\text{♂}}$  杂交组合优于  $C^{\text{♀}} \times J^{\text{♂}}$  杂交组合;杂种优势在性状间存在明显差别,体重的杂种优势远大于壳长、壳高和壳宽,变化趋势为体重>壳高>壳长>壳宽;生长发育季节对栉孔扇贝各个性状的生长速度影响非常大,18月龄处于冬季最寒冷的时间,栉孔扇贝在第2个冬季不仅停止生长,而且体重降低,越冬期间仅能维持生命。

关键词: 栉孔扇贝; 种群; 杂交; 中期生长发育; 杂种优势

中图分类号: S968.31

文献标识码: A

## The medium-term growth and development of hybrid between Chinese and Japanese populations of *Chlamys farreri*

LIU Xiao-lin<sup>1,3</sup>, CHANG Ya-qing<sup>2</sup>, XIANG Jian-hai<sup>1</sup>, LIU Xian-jie<sup>2</sup>, LI Fu-hua<sup>1</sup>, LIU Bao-zhong<sup>1</sup>

(1. Experimental Marine Biology Laboratory, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China;

2. Key Lab of Marine Aquaculture and Biotechnology of Ministry of Agriculture, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China;

3. College of Animal Science and Technology,

Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China)

**Abstract:** Based on the research of juvenile (9 months) growth and survival of three populations of *Chlamys farreri* from two different geographic areas in Dalian of China and Ishinomaki of Japan and their  $F_1$  hybrids derived from Chinese population (C)  $\text{♀} \times$  Japanese population (J)  $\text{♂}$  and Japanese population (J)  $\text{♀} \times$  Chinese population (C)  $\text{♂}$ , the study of the medium-term (11, 13, 16, 18 months) growth and development of *C. farreri* was carried out. The four determined results indicated that there existed heterosis of varying degrees (5%–50%) for growth

收稿日期: 2002-10-29

资助项目: 国家重大基础研究项目课题(G1999012009)和国家博士后基金资助(鲁博办 2001001)

作者简介: 刘小林(1961-), 男, 陕西城固人, 副教授, 博士后, 现主要从事海洋动物遗传育种研究。E-mail: xiaolinliu2000@sina.com

通讯作者: 相建海(1946-), 男, 山西永济人, 研究员, 博士生导师, 现主要从事海洋动物生殖与遗传工程学研究。Tel: 0532-2898571

in two types of  $F_1$  hybrids and the offspring derived from  $J \hat{\sigma} \times C \hat{\sigma}$  had a higher heterosis than the offspring derived from  $C \hat{\sigma} \times J \hat{\sigma}$ ; the uptrend among traits are live weight > shell length > shell height > shell width; Japanese population slightly exceeds Chinese population; and season influence on the daily increment and growth rate of each trait of *C. farreri* was highly significant and it is losing weight in a state of survival in winter (18 month).

**Key words:** *Chlamys farreri*; population; hybridization; medium-term growth and development; heterosis

同一物种不同种群用于养殖生产时,必须首先确定所用群体在生长速度方面比其他种群更快<sup>[1]</sup>。贝类研究表明,一些性状在不同种群间存在显著差异<sup>[2-9]</sup>。扇贝人工养殖中,以改进群体生长速度的遗传育种项目,既要考虑利用群体间的差异,又要了解不同生长发育阶段重要经济性状的遗传特性。研究不同种群的杂交后代的生长发育,探索杂种优势的强弱,是提高扇贝养殖经济效益的一个重要途径。无论两个不同的纯种群体的等位基因的差异怎样,杂交后代会表现不同程度的杂种优势<sup>[10]</sup>。贝类自然种群的杂合度与生长性能和适应性存在显著的正相关<sup>[11-13]</sup>,而这种相关性在杂交产生的养殖群体中尚未进行过全面评价<sup>[13]</sup>。栉孔扇贝是中国北部海域最重要的贝类养殖种类之一,人工育苗和养殖技术基本成熟<sup>[14]</sup>。然而,种苗质量退化、抗逆性降低明显地制约栉孔扇贝大规模的集约化养殖。探索高效生产途径,培育新的品种、品系是栉孔扇贝乃至整个水产生物养殖生产中的共同要求。系统进行杂交试验,是杂交育种方案制定和杂交组合选择的前提。为了探索栉孔扇贝种内不同种群在相同条件下的差异和杂交效果,准确评价杂种优势,为扇贝养殖生产中杂种优势的充分利用和杂交育种提供理论和实践经验,提高扇贝养殖生产效率,进行了栉孔扇贝不同地理种群的杂交试验。

## 1 材料和方法

### 1.1 亲贝的选择及测定方法

亲本选择和杂交方案参考文献[15]。测定阶段及时间:在9月龄测定的基础上<sup>[15]</sup>,分别于11月龄(2001年6月20日)、13月龄(2001年8月13日)、16月龄(2001年11月15日)和18月龄(2001年1月24日)每间隔两个月测定一次,每次测定间隔时间未固定为60d,随气候和工作需要作适当调整。

### 1.2 测定与统计分析

各组合定期抽样观察测定120~150个个体,在测定受精率、孵化率、变态率的基础上,测定中期扇贝壳长、壳高、壳宽、活体重;每个组合在各阶段统计各个指标的平均数( $\bar{X}$ )和标准差(S),计算杂交子代的杂种优势率H(%),其计算公式为

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

其中, $\bar{F}_1$ 、 $\bar{P}_1$ 、 $\bar{P}_2$ 分别代表杂种一代、亲本1和2的平均值,H(%)代表 $F_1$ 的杂种优势率。

不同性状在各阶段测定结果,以日增量作为生长速度的一种度量指标,计算公式如下:

$$\text{日增量} \triangleq \frac{(W_2 - W_1)}{(t_2 - t_1)}$$

其中, $t_1$ 和 $t_2$ 分别为各阶段的起始时间和结束时间, $W_1$ 为各阶段的初始测定值(亦即上阶段结束时的测定值), $W_2$ 为该阶段结束时的测定值。

## 2 结果与分析

### 2.1 栉孔扇贝各种群中期各阶段生长发育比较

在对栉孔扇贝中国种群(简称C)与日本种群(简称J)及其正交杂种 $F_{11}$ [简称 $F_1(C \text{♀} \times J \text{♂})$ ]、反交杂种 $[F_1'$ (简称 $F_1'(J \text{♀} \times C \text{♂})$ )] 9月龄(2000年7月2日—2001年4月15日)生长发育测定基础上,对其中期(9~18月龄)(2001年4月15日—2002年1月24日)生长发育进行了测定,统计结果(平均数±标准差)及杂种优势率计算见表1。

表1 栉孔扇贝中国种群与日本种群及其杂种 $F_1$ 中期(9~18月龄)生长发育及杂种优势比较

Tab. 1 Growth and heterosis comparison of Chinese population and Japanese population to its hybrids at the medium-term (9—18 months) in *Chlamys farreri*

月龄 age	性状 character	中国种群(C) Chinese population		$F_1$ (C ♀ × J ♂)		杂种优势(%) heterosis H	$F_1'$ (J ♀ × C ♂)		杂种优势(%) heterosis H	日本种群(J) Japanese population	
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S		$\bar{X}$	S		$\bar{X}$	S
11月龄 11 months	壳长(cm) shell length	1.982	0.375	2.394	0.453	18.425	2.415	0.375	19.464	2.061	0.386
	壳高(cm) shell height	2.390	0.439	2.851	0.598	18.765	2.878	0.472	19.903	2.411	0.407
	壳宽(cm) shell width	0.678	0.114	0.791	0.134	14.306	0.818	0.115	18.279	0.706	0.121
	体重(g) live weight	1.934	0.516	2.845	0.527	44.361	2.972	0.525	50.796	2.008	0.517
13月龄 13 months	壳长(cm) shell length	3.801	0.387	4.285	0.518	10.513	4.528	0.217	16.782	3.953	0.472
	壳高(cm) shell height	4.331	0.357	4.660	0.568	7.121	5.004	0.352	15.032	4.369	0.418
	壳宽(cm) shell width	1.344	0.145	1.564	0.160	14.014	1.622	0.112	18.249	1.399	0.137
	体重(g) live weight	12.550	2.079	16.148	4.030	25.866	17.448	1.680	36.004	13.108	3.023
16月龄 16 months	壳长(cm) shell length	5.348	0.376	5.764	0.568	8.102	5.944	0.399	11.475	5.315	0.468
	壳高(cm) shell height	5.601	0.415	6.275	0.587	11.556	6.435	0.379	14.404	5.649	0.480
	壳宽(cm) shell width	1.995	0.195	2.153	0.201	6.899	2.208	0.145	9.604	2.033	0.204
	体重(g) live weight	30.633	4.813	38.344	9.262	22.485	39.936	6.598	27.571	31.977	7.416
18月龄 18 months	壳长(cm) shell length	5.392	0.401	5.715	0.476	5.517	6.008	0.371	10.923	5.439	0.475
	壳高(cm) shell height	5.652	0.383	6.229	0.505	8.730	6.484	0.384	13.172	5.807	0.569
	壳宽(cm) shell width	2.009	0.204	2.225	0.236	8.538	2.251	0.158	9.777	2.091	0.206
	体重(g) live weight	27.695	6.956	34.826	8.211	20.079	38.048	5.852	31.191	30.310	7.827

由表1可知,栉孔扇贝两个亲本种群中,日本种群的生长速度高于中国种群,但差异不显著。栉孔扇贝中国种群与日本种群相互杂交,无论正交还是反交,所得杂种 $F_1$ ,各个性状均表现不同程度的杂种优势,其范围在5%~50%之间。杂种优势在杂交组合中的表现,以日本种群♀与中国种群♂杂交所得 $F_1'(J \text{♀} \times C \text{♂})$ 的杂种后代最好,优于中国种群♀与日本种群♂杂交所得 $F_1(C \text{♀} \times J \text{♂})$ 的杂种后代。杂种优势在性状间存在明显差别,体重的杂种优势远大于壳高、壳长和壳宽,而后三者之间差异相对较小,根据各性状在各阶段杂种优势的平均值比较,杂种优势的变化趋势为体重32.29% > 壳高13.59% > 壳长12.65% > 壳宽12.46%。随着生长发育阶段的推移,杂种优势的表现随时间变化并无明

显规律,基本保持原有的变化趋势。

## 2.2 栉孔扇贝不同种群各性状在中期(9~18月龄)各阶段生长率的比较

栉孔扇贝中国种群和日本种群及其杂种各阶段生长发育测定、日增量和生长率计算结果见表2。由表2可知,各个性状的累积生长量在16月龄达到中期高峰,这个时期(11月底)完成了秋季强度生长,进入冬季,到来年1月底(18月龄),绝对生长降低,出现负增长。而各个性状的日增量在13月龄(8月中旬)达到最大,高峰期维持到11月底,随后逐步降低,到翌年1月底出现负值。这表明,栉孔扇贝的生长发育受季节的影响非常大,第2个冬季不仅停止生长,而且体重降低。种群间日增量的比较表明,在各个阶段及整个中期,各杂种群平均日增量均高于亲本种群,中国种群各性状的日增量略小于日本种群,杂交组合  $J \text{♀} \times C \text{♂}$  的后代略高于杂交组合  $C \text{♀} \times J \text{♂}$  的后代。以栉孔扇贝为一个群体,分别计算的日增量,体重为  $108.64 \text{ mg} \cdot \text{d}^{-1}$ ,壳长为  $13.16 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ ,壳高为  $13.38 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ ,壳宽为  $5.36 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

表2 栉孔扇贝中国种群与日本种群及其杂种  $F_1$  中期(9~18月龄)生长发育比较

Tab. 2 Growth rate comparison of Chinese (wild and culture) population and Japanese population with its hybrids at the medium-term (9-18 months) in *C. farreri*

群 体 population	月龄 month ages	壳长(cm) shell length		壳高(cm) shell height		壳宽(cm) shell width		体重(g) live weight	
		平均数(cm) average	$\Delta$ ( $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ )	平均数(cm) average	$\Delta$ ( $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ )	平均数(cm) average	$\Delta$ ( $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ )	平均数(cm) average	$\Delta$ ( $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ )
C	9	1.633		1.986		0.527		1.491	
	11	1.982	5.369	2.390	6.215	0.678	2.323	1.934	6.815
	13	3.801	33.076	4.331	35.296	1.344	12.115	12.550	198.018
	16	5.348	16.282	5.601	13.364	1.995	6.854	30.633	190.346
	18	5.392	0.633	5.652	0.725	2.009	0.197	27.695	-41.972
	*		13.191		12.862		5.201		91.943
$F_1$ $C \text{♀} \times J \text{♂}$	9	2.121		2.424		0.672		1.907	
	11	2.394	4.203	2.851	6.565	0.791	1.830	2.845	14.431
	13	4.285	34.370	4.660	32.893	1.564	14.057	16.148	241.864
	16	5.764	15.570	6.275	16.993	2.153	6.204	38.344	233.647
	18	5.715	-0.703	6.229	-0.646	2.225	1.029	34.826	-50.261
	*		12.609		13.352		5.451		115.504
$F_1'$ $J \text{♀} \times C \text{♂}$	9	2.181		2.560		0.705		2.150	
	11	2.415	4.258	2.878	4.893	0.818	1.745	2.972	12.643
	13	4.528	22.236	5.004	38.633	1.622	14.613	17.448	263.207
	16	5.944	20.229	6.435	15.062	2.208	6.166	39.936	236.715
	18	6.008	0.224	6.484	0.701	2.251	0.613	38.048	-26.969
	*		13.426		13.768		5.424		125.959
J	9	1.620		1.954		0.561		1.480	
	11	2.061	8.024	2.411	7.025	0.706	2.229	2.008	8.115
	13	3.953	19.909	4.369	35.603	1.399	12.607	13.108	201.833
	16	5.315	19.468	5.649	13.471	2.033	6.675	31.977	198.618
	18	5.439	0.434	5.807	2.262	2.091	0.829	30.310	-23.821
	*		13.400		13.519		5.370		101.156

注:  $\Delta$ 为日增量,单位为 $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 或 $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ ,为减少小数位数,统一乘以1000,变为 $\text{cm} \cdot \text{d}^{-1}$ 或 $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ ; \*为全中期统计资料

Notes:  $\Delta$  is daily increment and the primary unit centimeters/day or grams/day of increment of growth are magnified 1000 time for convenience to centimillimetre per day or milligram per day; \* Statistic data over whole medium-term

## 2.3 栉孔扇贝不同种群各性状在中期(9~18月龄)各阶段变化趋势

根据测定结果,分别对不同种群的体重和形态性状在中期(9~18月龄)各阶段生长发育情况进行了分析,明确了不同种群各性状在时空上的变化规律。为了分析上的简洁,在此仅根据体重和具有壳性

状代表性的壳长资料予以图示, 体重变化趋势见图 1, 壳长的变化趋势见图 2。

由图 1 可以看出, 12 月龄之前, 栉孔扇贝累积生长较小, 12 月龄以后, 体重生长发育的增长幅度很大, 16 月龄达到中期累积生长的顶峰, 到 18 月龄已经下降。

由图 2 可以看出, 从 9 月龄到 11 月龄, 壳长增长平均仅为 0.324cm, 以后增长幅度虽明显, 但与体重增长幅度相比不大。在中期各生长阶段, 栉孔扇贝杂种群体总是优于其亲本群体, 且  $J \text{♀} \times C \text{♂}$  组合优于  $C \text{♀} \times J \text{♂}$  组合。这为杂交育种确定最佳杂交组合提供了充分的理论和实践依据。

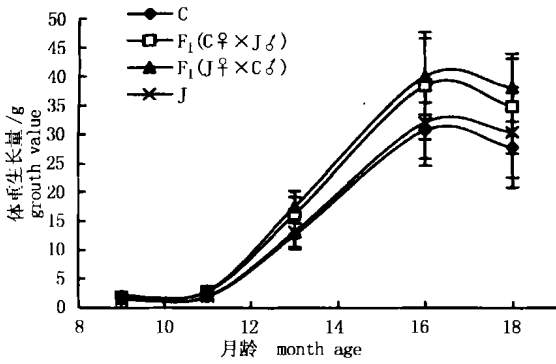


图 1 栉孔扇贝中国种群与日本种群及其杂种中期体重生长发育比较

Fig.1 Wet weight growth comparison of Chinese and Japanese population with their hybrids at the medium-term in *C. farreri*

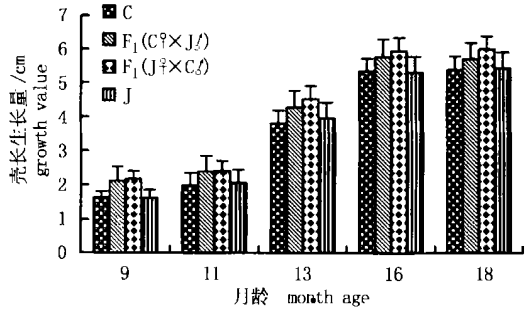


图 2 栉孔扇贝中国种群与日本种群及其杂种中期壳长生长发育比较

Fig.2 Shell length growth comparison of Chinese and Japanese population with their hybrids at the medium-term in *C. farreri*

### 2.4 栉孔扇贝生长发育高峰期不同种群各性状比较

为了对栉孔扇贝中国种群、日本种群及其杂种在生长高峰期(16 月龄)的体重和壳性状生长发育进行比较, 根据 16 月龄测定结果, 分别对不同种群的生长发育情况进行了趋势分析, 各种群的体重变化趋势见图 3。

图 3 描述了生长发育高峰期(16 月龄)各种群体重的变化趋势。栉孔扇贝正交杂种  $F_1$  和反交杂种  $F_1'$  的体重均极显著地高于两个亲本种群是杂交育种的重要目标性状。目前, 扇贝育种受到广泛关注, 系统进行杂交试验, 是杂交育种方案制定和杂交组合选择的前提。通过选择育种提供更加纯合的杂交亲本, 是提高杂种优势的基础。

图 4 反映了栉孔扇贝中国种群与日本种群及其杂种的壳长、壳高、壳宽各性状在 16 月龄时的变化趋势。从图中可以看出, 栉孔扇贝杂种群体各性状均优于其亲本群体, 生长优势在各性状表现程度不同, 壳长和壳高的优势明显, 它们的变化趋势非常一致, 壳厚的变化相对较小。

## 3 讨论与结论

### 3.1 栉孔扇贝中国种群与日本种群杂交后代中期的杂种优势表现特征

栉孔扇贝中国种群与日本种群相互杂交, 无论正交还是反交, 所得杂种  $F_1$ , 各个性状均表现不同程度的杂种优势, 其范围在 5% ~ 50% 之间。杂种优势在杂交组合中的表现, 以日本种群 ♀ 与中国种群 ♂ 的杂种后代优于中国种群 ♀ 与日本种群 ♂ 的杂种后代。杂种优势在性状间存在明显差别, 体重的杂种优势远大于壳长、壳高和壳宽, 而后三者之间差异相对较小, 变化趋势为壳高 > 壳长 > 壳宽, 随着中期生长发育阶段的推移, 杂种优势基本保持原有的变化趋势。

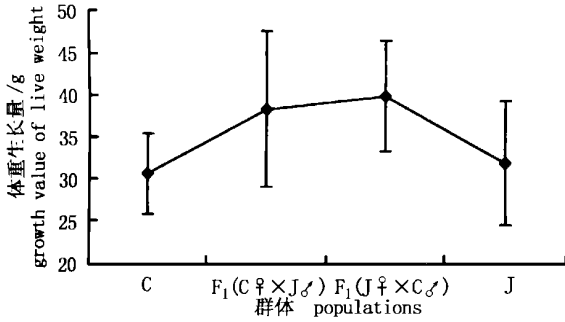


图3 栉孔扇贝中国种群与日本种群及其杂种 16 月龄体重比较

Fig.3 Wet weight growth comparison of Chinese and Japanese population with hybrids at the end of 16 month in *C. farreri*

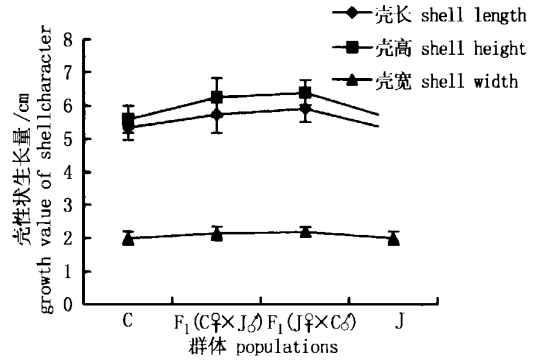


图4 栉孔扇贝中国种群与日本种群及其杂种 16 月龄形态性状生长发育比较

Fig.4 Shell characters growth comparison of Chinese and Japanese population with hybrids at the end of 16 month in *C. farreri*

### 3.2 栉孔扇贝种群间生长发育的比较

栉孔扇贝两个亲本种群中,日本种群比中国种群生长速度快,但差异不显著。种群间日增量的比较表明,无论各个阶段还是整个中期平均日增量,各杂种群体均高于亲本种群。日增量表示单位时间内的生长量,一般作为生长率的度量指标,是一种相对生长发育指标,本研究各种群间没有明显的差异。

### 3.3 栉孔扇贝不同生长阶段生长发育的比较

栉孔扇贝各个性状的生长率受生长发育季节的影响非常大,从9月龄(4月中旬)开始生长速度逐步提高,到13月龄(8月中旬)生长速度达到高峰,维持到16月龄(11月份)开始迅速下降,到下一年度的1月下旬(18月龄)达到最低水平。这与一年的季节性温度变化相一致,1龄以后,在适当的温度下,扇贝性腺开始进入发育状态,体组织也进入强烈生长阶段,所以生长速度很快,秋末冬初,温度下降,性腺萎缩,生长变慢,到冬季最寒冷的时间,栉孔扇贝越冬期间体重明显下降,仅能维持生命。这表明生产中应当尽量避免扇贝越冬,特别是不要跨越第2个冬季,以减少越冬损失。

栉孔扇贝杂种群体各性状均优于其亲本群体,生长优势在各性状表现程度不同,壳长和壳高的优势明显,它们的变化趋势非常一致,壳宽的杂种优势相对较小。本研究的2个杂交组合都表现出良好的杂种优势,生长发育的中期阶段,以日本种群♀×中国种群♂杂交组合的各性状表现更为突出。这为筛选最理想的杂交组合方案,提供了实验依据。

感谢宋坚、丁君、荆荣莲、王国栋、曹学彬和胡耿等同志给予的大力支持。

### 参考文献:

[ 1 ] Newkirk G F. Review of the genetics and the potential for selective breeding of commercially important bivalves [ J ] . Aquac. 1980, 19, 209—228.

[ 2 ] Dickie L M, Boudreau P R, Freeman K R. Influences of stock and site on growth and mortality in the blue mussel *Mytilus edulis* [ J ] . Can J Fish Aquat Sci, 1984, 41, 134—140.

[ 3 ] Kraeuter J N, Adamkewicz L, Castagna M, et al. Rib number and shell color in hybridized subspecies of the Atlantic bay scallop, *Argopecten circularis* [ J ] . Nautilus, 17—20.

[ 4 ] Hawes R O, Scully K, Hidu H. Growth rate of two diverse populations of American oysters, *Crassostrea virginica*, and their reciprocal crosses [ J ] . Aquaculture Special Issue Genetics in Aquaculture III, 327.

[ 5 ] Martinez M C, DiMichele L. Possible genetic influences of the growth rate and survival of two populations of *Crassostrea virginica* [ J ] . J.

Shellfish Res. 1992, 11: 202.

- [ 6 ] Mackie L A, Ansell A D. Differences in reproductive ecology in natural and transplanted populations of *Pecten maximus*: evidence for the existence of separate stocks [ J ]. J Exp Mar Biol Ecol. 1993, 169: 57—75.
- [ 7 ] Mallet A L, Haley L E. Growth rate and survival in pure population matings and crosses of the oyster *Crassostrea virginica*[ J ]. Can J Fish Aquat Sci. 1983, 40: 53—59.
- [ 8 ] Stiles S. Conventional and experimental approaches to hybridization and inbreeding research in the oyster[ A ]. Proceedings of the ninth annual meeting of the World Mariculture Society[ C ]. Atlanta, Georgia, 1978. 577—536.
- [ 9 ] Menzel W. Hybridization of oysters and clams[ A ]. Selection, hybridization and genetic engineering in aquaculture[ C ]. 1987, 2: 47—59.
- [ 10 ] Falconer D S. Introduction to quantitative genetics[ M ]. Longman Scientific and Technical, England(3rd edition), 1989. 4-38.
- [ 11 ] Beaumont A R, Zourou E. In Scallops: Biology and aquaculture[ M ]. Elsevier Science, Amsterdam, 1991. 585—623.
- [ 12 ] Koehn R K. The genetics and taxonomy of species in the genus *Mytilus*[ J ]. Aquac. 1991, 4: 125—145.
- [ 13 ] Gaffney P M. Genetics and evolution of aquatic organisms[ M ]. Chapman and Hall, London, 1994. 146—153.
- [ 14 ] Wang Z C. Study on seedling rear and culture test of *Chlamys farreri*[ J ]. J Dalian Fish Coll. 1981, 2(1): 1—12. [ 王子臣. 栉孔扇贝人工育苗与试养的研究[ J ]. 大连水产学院学报, 1981, (1): 1—12.]
- [ 15 ] Chang Y Q, Liu X L, Xiang J H et al. The juvenile growth and survival of hybrid between Chinese and Japanese populations of the scallop (*Chlamys farreri*)[ J ]. J Fish China, 2002, 26(5): 385—390. [ 常亚青, 刘小林, 相建海, 等. 栉孔扇贝中国种群与日本种群杂交一代的早期生长发育[ J ]. 水产学报, 2002, 26(5): 385—390.]