

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2015.01.004

## 合浦珠母贝3个地理群体杂交后代生长 性状和闭壳肌拉力的比较分析

牛志凯<sup>1,2</sup>, 刘宝锁<sup>1</sup>, 张东玲<sup>3</sup>, 谭才钢<sup>1,2</sup>, 张博<sup>1</sup>, 陈明强<sup>1</sup>,  
范嗣刚<sup>1</sup>, 姜松<sup>1</sup>, 黄桂菊<sup>1</sup>, 李有宁<sup>1</sup>, 喻达辉<sup>1</sup>

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 中国水产科学研究院南海水产种质资源与健康养殖重点实验室, 农业部南海渔业资源开发利用重点实验室; 广东广州510300; 2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海201306; 3. 集美大学, 福建厦门361021)

**摘要:** 利用采自海南三亚(SY)、广东深圳(SZ)和越南(YN)的3个合浦珠母贝(*Pinctada fucata*)地理群体, 按照完全双列杂交构建了9个选育群体。在养殖到20月龄时, 从每个群体中随机挑选100个贝, 测量4个形态性状(壳长、壳高、壳宽和绞合线长)、4个质量性状(体质量、壳质量、软体部质量和闭壳肌质量)和闭壳肌拉力。相关性分析显示, 各性状与闭壳肌拉力均为正相关, 与闭壳肌拉力相关系数最大的是壳质量(0.601), 体质量(0.564)次之, 壳宽(0.320)最小。综合比较形态性状, 较优群体是YNSY、SYSZ和YNSZ; 综合比较质量性状, 较优群体是YNSY、SYSZ和YNSZ; 综合比较闭壳肌拉力, 较优的群体是YNSY、YNSZ和SZYN; 综合筛选出生长性状和闭壳肌拉力都较优的YNSY和YNSZ群体可作为进一步的选育材料。

**关键词:** 合浦珠母贝; 杂交; 生长性状; 闭壳肌拉力

中图分类号: S 968.31\*6.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2015)01-0026-07

## Comparative analysis of growth traits and shell-closing strength among hybrid populations from three geographical groups of pearl oyster (*Pinctada fucata*)

NIU Zhikai<sup>1,2</sup>, LIU Baosuo<sup>1</sup>, ZHANG Dongling<sup>3</sup>, TAN Caigang<sup>1,2</sup>, ZHANG Bo<sup>1</sup>, CHEN Mingqiang<sup>1</sup>,  
FAN Sigang<sup>1</sup>, JIANG Song<sup>1</sup>, HUANG Guiju<sup>1</sup>, LI Youning<sup>1</sup>, YU Dahui<sup>1</sup>

(1. Key Lab. of South China Sea Fishery Genetic Resources and Health Aquaculture, Chinese Academy of Fishery Sciences; Key Lab. of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China; 2. College of Fisheries and Life Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Jimei University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** We collected three geographical pearl oyster (*Pinctada fucata*) populations from Sanya (SY), Shenzhen (SZ) and Vietnam (YN) to establish nine breeding populations by using complete diallel crosses. Then we chose 100 twenty-month-old individuals randomly from each breeding population to measure four morphological traits (shell length, shell height, shell width and hinge length), four qualitative traits (body weight, shell weight, viscera weight and adductor muscle weight) and shell-closing strength trait. The correlation analysis showed positive correlation between shell-closing strength and the other various traits. The largest correla-

收稿日期: 2014-07-31; 修回日期: 2014-08-25

资助项目: 国家自然科学基金项目(31372525); 现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-48); 广东省海洋渔业科技推广专项(A201201A02, A201201A03, A201201A08, B201300B08); 广东省科技计划项目(2012B050700004); 农业部南海渔业资源开发重点实验室开放基金课题(LSF2012-04)

作者简介: 牛志凯(1988-), 男, 硕士研究生, 从事水产动物遗传育种与生态养殖研究。E-mail: nzk889@163.com

通信作者: 喻达辉(1963-), 男, 研究员, 从事水产养殖与生物技术研究。E-mail: pearlydh@163.com

tion coefficient was 0.601 between shell-closing strength and shell weight, followed by body weight (0.564), and the smallest was 0.320 for shell width. With comparison of morphological traits and qualitative traits, the elite populations were YNSY, SYSZ and YNSZ. Based on shell-closing strength, the elite populations were YNSY, YNSZ and SZYN. Based on growth traits and shell-closing strength, two elite populations (YNSY and YNSZ) had good potential for further selection as breeding materials.

**Key words:** *Pinctada fucata*; hybridization; growth trait; shell-closing strength

合浦珠母贝 (*Pinctada fucata*) 隶属于软体动物门, 瓣鳃纲, 翼形亚纲, 珍珠贝目, 珍珠贝科, 珠母贝属, 主要分布于中国、日本、印度、澳大利亚和东南亚等国沿海, 是培育海水珍珠的主要贝类之一<sup>[1-2]</sup>。合浦珠母贝的珍珠养殖曾经是中国广东、广西和海南部分沿海地区支柱性产业之一, 但近年来珍珠产量急剧下降, 产业效益每况愈下<sup>[3-4]</sup>。合浦珠母贝由于长期的人工近亲繁殖, 养殖性状退化严重, 加上养殖海区污染严重、病虫害增多, 养殖过程中出现了生长缓慢、死亡率高和优珠率低等现象, 使得养殖户损失较大, 严重阻碍了海水珍珠产业的健康发展<sup>[5-7]</sup>。因此, 亟需对合浦珠母贝进行遗传改良和良种选育。

群体间杂交是常用育种方法之一, 杂交过程中亲本和杂交方式的选择对于能否获得杂种优势有重要影响<sup>[8-9]</sup>。张国范等<sup>[10-11]</sup>利用不同地理群体的皱纹盘鲍 (*Haliotis discus hannai*) 杂交培育出“大连1号”杂交鲍新品种; 刘小林等<sup>[12]</sup>对栉孔扇贝 (*Chlamys farrei*) 开展了不同地理群体间的杂交, 发现子代具有一定的杂交优势; WADA<sup>[13]</sup>报道了日本产合浦珠母贝不同地理群体间杂交子代在生长性状方面具有明显的优势; 王爱民等<sup>[14]</sup>比较了合浦珠母贝3个野生地理群体(广西北海、广东大亚湾和海南三亚)的群体内自繁和群体间杂交后代的5个性状(壳长、壳宽、壳厚、总体质量和壳质量), 发现杂交子代未表现出杂交优势。闭壳肌拉力可作为评价贝类强壮程度的一个生理性状指标。SERGE等<sup>[15]</sup>研究发现长牡蛎 (*Crassostrea gigas*) 的闭壳肌拉力和闭壳肌的形状相关性最大, 闭壳肌拉力大的家系夏季死亡率较低; CHIHIRO等<sup>[16]</sup>研究发现日

本珍珠贝闭壳肌拉力和死亡率成负相关, 而目前中国对合浦珠母贝的闭壳肌拉力研究较少。

该试验选择海南三亚(SY)、广东深圳(SZ)和越南(YN)3个地理群体的合浦珠母贝作为亲本, 采用完全双列杂交方式构建了9个子一代选育群体, 比较了杂交子代间生长性状和闭壳肌拉力的差异性, 以期合浦珠母贝遗传改良的目标性状选择提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 亲贝来源与双列杂交试验设计

亲贝于2011年底采自SY、SZ和YN3个地理群体, 在海南省陵水县新村港海区暂养促熟后用于群体构建。2012年3月挑选性腺成熟并且饱满度好的亲贝, 于中国水产科学研究院南海水产研究所热带水产研究开发中心三亚安游基地采用解剖法取出精卵进行人工受精, 按照3×3完全双列杂交方式<sup>[17]</sup>设计构建选育群体, 按雌性个体8个、雄性个体4个, 把雌性的卵子和雄性的精子取出来后, 先分别把卵子和精子混合, 再交配受精的方式共构建9个选育群体, 组合方式见表1。育苗方法参照谷龙春等<sup>[6]</sup>, 当贝苗长到壳长2mm以上时, 移到陵水新村港实验基地海区养殖, 采用固定排架垂直吊养, 定期清理笼具和换笼, 养殖管理方式一致。

### 1.2 数据测量

养殖到20月龄时, 从每个群体中随机挑选出100个个体测量4个形态性状(壳长、壳高、壳宽和绞合线长)、4个质量性状(体质量、壳质量、软体部质量和闭壳肌质量)和闭壳肌拉力。

表1 合浦珠母贝完全双列杂交试验设计

Tab. 1 Design of diallel crosses for *P. fucata*

亲本来源 parental origin	三亚(♀) SY	深圳(♀) SZ	越南(♀) YN
三亚(♂) SY	SYSY	SYSZ	SYYN
深圳(♂) SZ	SZSY	SZSZ	SZYN
越南(♂) YN	YNSY	YNSZ	YNYN



0.05)，绞合线长的大小顺序为 SYSZ > YNSY > YNSZ > SYSY > SYYN > SZYN > SZSY > YNYN > SZSZ。

## 2.2 群体间4个质量性状比较

合浦珠母贝9个群体的4个质量性状比较分析见图2。方差分析显示群体间体质量、壳质量、软体部质量和闭壳肌质量存在显著差异( $P < 0.05$ )。多重比较表明体质量较优的 SYSZ、YNSY 和 YNSZ 群体不存在显著差异( $P > 0.05$ )，与其余群体间存在显著性差异( $P < 0.05$ )，体质量的大小顺序为 SYSZ > YNSY > YNSZ > SZYN > SZSY > YNYN > SYSY > SYYN > SZSZ；多重比较表明壳质量较优的 SYSZ、SZYN、YNSY 和 YNSZ 群体不存在显著差异( $P > 0.05$ )，与其余群体间存在显著性差异( $P < 0.05$ )，壳质量的大小顺序为 YNSY > YNSZ > SYSZ > SZYN > YNYN > SZSY > SYYN > SYSY > SZSZ；多重比较表明软体部质量较优的 SYSZ、SZSY、YNSY 和 YNSZ 群体不存在显著差异( $P > 0.05$ )，与其

余群体间存在显著性差异( $P < 0.05$ )，软体部质量的大小顺序为 SYSZ > YNSY > YNSZ > SZSY > SZYN > SYSY > SYYN > YNYN > SZSZ；多重比较表明闭壳肌质量较优的 SYYN、SZSY 和 YNSY 群体不存在显著差异( $P > 0.05$ )，与其余群体间存在显著性差异( $P < 0.05$ )，闭壳肌质量的大小顺序为 YNSY > SZSY > SYYN > SYSZ > SZYN > YNSZ > SYSY > YNYN > SZSZ。

## 2.3 群体间闭壳肌拉力比较

合浦珠母贝9个群体的闭壳肌拉力描述统计见表2。可以看出各群体的闭壳肌拉力平均值在 36.98 ~ 73.66 N 之间，差别较大，最大的是 YNSY 群体，最小的是 YNYN 群体，群体间闭壳肌拉力大小顺序为 YNSY > YNSZ > SZYN > SYSZ > SYYN > SZSY > SYSY > SZSZ > YNYN。各群体变异系数都较大，SYYN 群体变异系数最大(30.72%)，SYSZ 群体变异系数最小(16.71%)。多重比较显示，YNSY 和 YNSZ 群体差异不显著( $P > 0.05$ )，

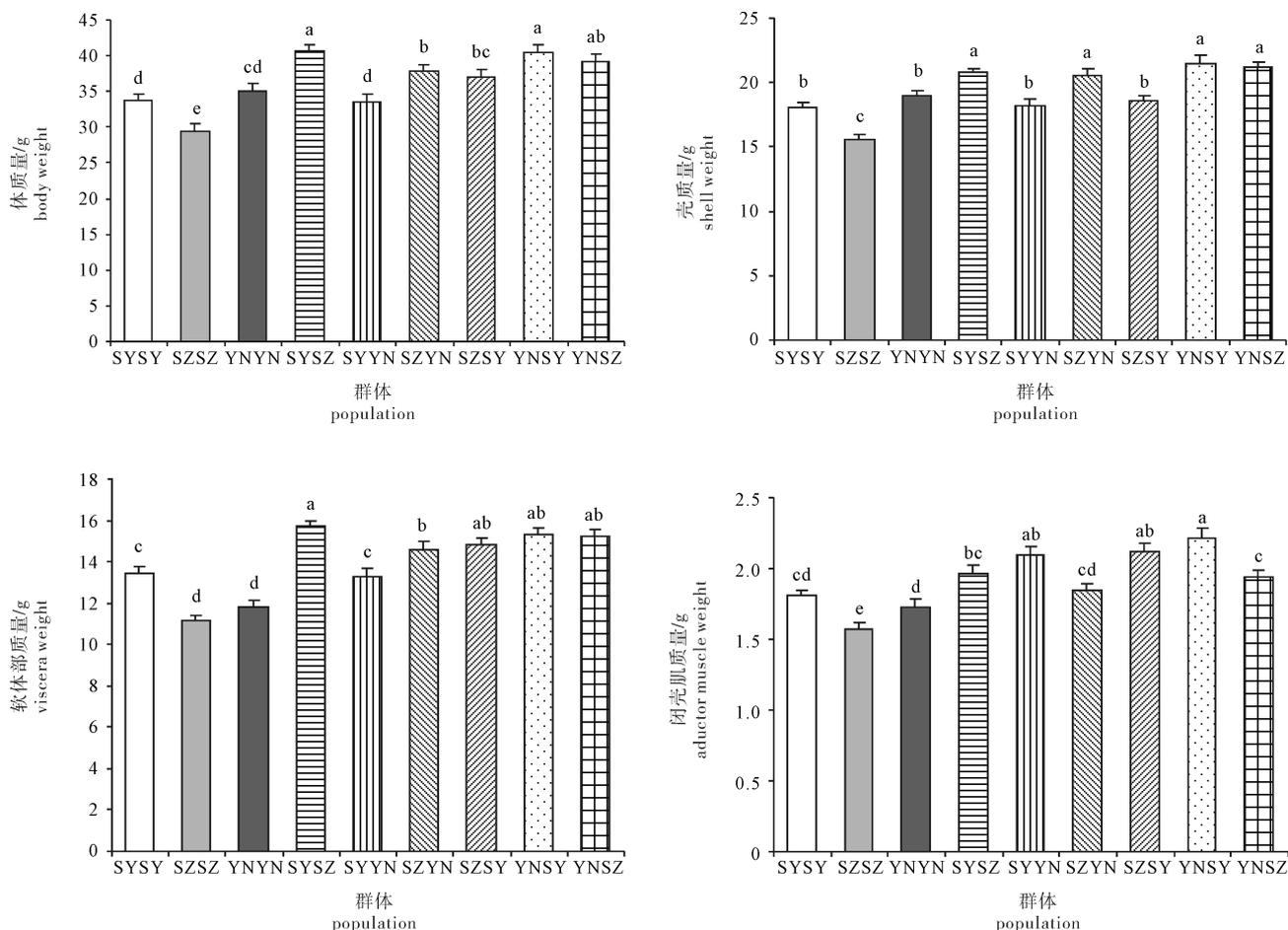


图2 合浦珠母贝9个群体的4个质量性状比较

Fig. 2 Comparison of four weight traits among nine populations of *P. fucata*

YNSZ 和 SZYN 群体差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 且 3 个群体闭壳肌拉力平均值都较大; SYSY、SYSZ、SYYN 和 SZSY 群体差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 闭壳肌拉力平均值居中; SZSZ 和 YNYN 群体和其他群体差异显著 ( $P < 0.05$ ), 闭壳肌拉力平均值均较小。

#### 2.4 各性状间的表型相关

9 个群体各性状总的表型相关分析结果列于表 3。可知各性状间的表型相关 (Pearson 相关系数) 均

为正相关, 呈极显著水平 ( $P < 0.01$ )。各性状与闭壳肌拉力之间的相关系数大小依次为壳质量 (0.601) > 体质量 (0.564) > 软体部质量 (0.558) > 壳长 (0.542) > 绞合线长 (0.532) > 壳高 (0.530) > 闭壳肌质量 (0.482) > 壳宽 (0.320), 其中壳质量与闭壳肌拉力的相关系数最大, 而壳宽最小, 各相关系数均较为接近, 说明闭壳肌拉力受各性状的综合影响。

表 2 合浦珠母贝 9 个群体的闭壳肌拉力描述统计

Tab. 2 Description statistics of shell-closing strength among nine populations of *P. fucata*

群体 population	平均值/N mean	标准差 standard deviation	变异系数/% CV	最小值/N min	最大值/N max
SYSY	58.06 <sup>c</sup>	12.74	21.94	30.9	116.3
SZSZ	45.34 <sup>d</sup>	12.06	26.60	19.0	74.0
YNYN	36.98 <sup>e</sup>	9.10	24.61	20.0	65.0
SYSZ	62.42 <sup>c</sup>	10.43	16.71	37.8	85.1
SYYN	61.82 <sup>c</sup>	18.99	30.72	21.4	118.0
SZYN	67.32 <sup>b</sup>	16.70	24.81	38.4	116.4
SZSY	58.23 <sup>c</sup>	11.47	19.69	36.3	95.6
YNSY	73.66 <sup>a</sup>	19.15	25.99	31.4	137.4
YNSZ	70.51 <sup>ab</sup>	15.66	22.21	35.8	120.8

注: 具有不同字母的各项间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 具有相同字母的各项间差异不显著 ( $P > 0.05$ )

Note: Values with different letters are significantly different ( $P < 0.05$ ), while those with same letter are not significantly different ( $P > 0.05$ ).

表 3 各性状间的表型相关 ( $n = 900$ )

Tab. 3 Phenotype correlation coefficients among various traits

性状 trait	壳高 shell height	壳宽 shell width	绞合线长 hinge length	体质量 body weight	壳质量 shell weight	软体部质量 viscera weight	闭壳肌质量 adductor muscle weight	闭壳肌拉力 shell-closing strength
壳长 shell length	0.879 **	0.533 **	0.813 **	0.825 **	0.832 **	0.736 **	0.564 **	0.542 **
壳高 shell height		0.543 **	0.740 **	0.846 **	0.840 **	0.761 **	0.552 **	0.530 **
壳宽 shell width			0.527 **	0.691 **	0.621 **	0.652 **	0.588 **	0.320 **
绞合线长 hinge length				0.764 **	0.767 **	0.690 **	0.557 **	0.532 **
体质量 body weight					0.952 **	0.905 **	0.675 **	0.564 **
壳质量 shell weight						0.812 **	0.619 **	0.601 **
软体部质量 viscera weight							0.706 **	0.558 **
闭壳肌质量 adductor muscle weight								0.482 **

\*\* .  $P < 0.01$ ; \* .  $P < 0.05$

### 3 讨论

该研究对合浦珠母贝 3 个地理群体完全双列杂

交产生的子一代的性状进行了比较分析。在形态性状上, YNSY、SYSZ 和 YNSZ 3 个群体都表现出较大的优势, 综合壳长、壳高、壳宽和绞合线长的多

重比较, YNSY 群体是一个形态性状较优的群体。在质量性状上, 群体间差异较大, 依旧是 YNSY、SYSZ 和 YNSZ 3 个群体存在较大优势, 综合考虑所有生长性状, YNSY 群体最优, SYSZ 群体次之, YNSZ 群体排在第三位, 这 3 个群体可以作为进一步选择生长优势的选育群体。SZSZ 群体在所有性状上都表现为最小, 不宜作为进一步的选育材料。王爱民等<sup>[9]</sup>对合浦珠母贝的印度群体和三亚群体的 2×2 双列式杂交获得的 4 组子代的性状分析表明, 杂交组子代在壳长、壳高、绞合线长、壳宽和壳质量上都表现出杂种优势。该研究杂交群体的各性状平均值整体上优于自交群体, 进一步的杂交优势有待更深入的分析。

闭壳肌拉力作为合浦珠母贝的一个重要生理健康性状, 目前中国还很少有学者研究。日本学者在这方面进行了较多研究, AOKI 等<sup>[21-23]</sup>和 FUJIWARA 等<sup>[24]</sup>认为闭壳肌拉力可以作为选育高成活率群体的一个参考指标, 而且在选择插核贝时, 也可以作为选择生产高质量珍珠的插核贝的一个参考指标, 在珍珠生产实践上具有重要意义。该研究对合浦珠母贝群体闭壳肌拉力方差分析结果显示, 不同群体间闭壳肌拉力差异极显著( $P < 0.01$ ), 闭壳肌拉力平均值最大的 YNSY 群体(73.66N)是最小的 SZSZ 群体(36.98N)的 1.99 倍。群体内闭壳肌拉力变异系数较大, SYYN 群体变异系数最大, 达 30.72%, 群体间变异系数平均值达 23.70%, 说明闭壳肌拉力具有一定的选育潜力。AOKI 等<sup>[23]</sup>和 FUJIWARA 等<sup>[24]</sup>研究日本珍珠贝闭壳肌拉力发现家系间存在较大差异, 闭壳肌拉力具有可遗传性, 通过测定 18 月龄合浦珠母贝亲子代的闭壳肌拉力求出的现实遗传力为 0.29。该研究中杂交群体的闭壳肌拉力都大于自交群体, 说明该性状具有一定的杂交优势, 闭壳肌拉力较大的 2 个群体是 YNSY 和 YNSZ, 可以作为进一步选育闭壳肌拉力的基础材料。

文章比较了合浦珠母贝杂交子一代在形态性状、质量性状和闭壳肌拉力上的差异性, 筛选出形态性状和质量性状上都较优的 YNSY、SYSZ 和 YNSZ 群体, 闭壳肌拉力较优的 YNSY、YNSZ 和 SZYN 群体, 综合筛选出各性状均较优的 YNSY 和 YNSZ 群体可作为生长和抗性方面进一步选育的育种材料。各形态性状和质量性状与闭壳肌拉力的相关性均为正相关, 与闭壳肌拉力相关系数最大的是

壳质量(0.601), 体质量(0.564)次之, 壳宽(0.320)最小, 表明可通过壳质量的选育在一定程度上改进闭壳肌拉力, 这为合浦珠母贝的选择育种和性状选择提供了理论依据。

#### 参考文献:

- [1] 尹立鹏, 邓岳文, 杜晓东, 等. 贝龄对马氏珠母贝植核贝生长、成活率和育珠性状的影响[J]. 中国水产科学, 2012, 19(4): 715-720.
- [2] 罗会, 刘宝锁, 黎火金, 等. 合浦珠母贝不同地理群体的形态差异和判别分析[J]. 广东农业科学, 2013(12): 171-174.
- [3] 汤健, 刘文广, 林坚士, 等. 9 个马氏珠母贝家系的中期生长性状评估[J]. 南方水产科学, 2011, 7(5): 30-36.
- [4] 符韶, 黄邦双, 邓岳文, 等. 马氏珠母贝育珠效果影响因素分析[J]. 广东海洋大学学报, 2013, 33(1): 28-32.
- [5] 曹占旺, 王大鹏, 甘西. 马氏珠母贝及海水珍珠的研究进展[J]. 广西农业科学, 2009, 40(12): 1618-1622.
- [6] 谷龙春, 李金碧, 喻达辉, 等. 合浦珠母贝双列杂交家系的建立与遗传分析[J]. 水产学报, 2010, 34(1): 26-31.
- [7] 黎火金, 刘宝锁, 罗会, 等. 合浦珠母贝幼贝生长性状的遗传参数估计[J]. 中国水产科学, 2013, 20(6): 1-6.
- [8] LIPPMAN Z B, ZAMIR D. Heterosis: revisiting the magic[J]. Trends Genet, 2007, 23(2): 60-66.
- [9] 王爱民, 王嫣, 顾志峰, 等. 马氏珠母贝(*Pinctada martensii*)2 个地理群体杂交子代的杂种优势和遗传变异[J]. 海洋与湖沼, 2010, 41(1): 140-147.
- [10] 张国范, 王继红, 赵洪恩. 皱纹盘鲍中国种群和日本种群自交与杂交 F<sub>1</sub> 的 RAPD 标记[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(5): 484-491.
- [11] 张国范. 海洋贝类遗传育种研究 20 年[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2006, 45(增刊 2): 190-194.
- [12] 刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 褶孔扇贝不同种群杂交效果的研究[J]. 海洋学报, 2005, 27(2): 135-140.
- [13] WADA K T. Breeding study of the pearl oyster, *Pinctada fucata* [J]. Bull Natl Res Inst Aquac, 1984(6): 79-157.
- [14] 王爱民, 阎冰, 叶力, 等. 马氏珠母贝不同地理种群内自繁和种群间杂交子一代主要性状的比较[J]. 水产学报, 2003, 27(3): 200-206.
- [15] SERGE A P, JEAN-FRANCOIS L, FREDERIC P, et al. A non-destructive tool for the measurement of muscle strength in juvenile oysters *Crassostrea gigas* [J]. Aquaculture, 2003, 217(1/2/3/4): 49-60.
- [16] CHIHIRO O, AKIRA K, MASAHIRO H, et al. Shell-closing strength of pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* and its relationship to mortality and various parts weight of oyster [J]. Aquac Sci, 2006, 54(3): 293-299.
- [17] 林壮炳, 游伟伟. 杂色鲍群体间杂交的杂种优势分析[J]. 南方水产科学, 2013, 9(4): 28-32.
- [18] 刘志刚, 王辉, 孙小真, 等. 马氏珠母贝经济性状对体重决

- 定效应分析[J]. 广东海洋大学学报, 2007, 27(4): 15 - 20.
- [19] 陈飞飞, 黄桂菊, 陈明强, 等. 合浦珠母贝三亚养殖群体生长性状的相关于通径分析[J]. 广东农业科学, 2012(9): 122 - 125.
- [20] AOKI H, ISHIKAWA T, FUJIWARA T, et al. Utility of shell-closing strength as the indicator of good health in breeding and culture management of Japanese pearl oyster *Pinctada fucata* [J]. Aquaculture, 2010, 308 (Sup 1): S115 - S118.
- [21] AOKI H, AKIRA K. Studies on the breeding and culture management of pearl oysters using shell-closing strength as an indicator [J]. Fish Genet Breed Sci, 2011, 40: 85 - 96.
- [22] AOKI H, FUJIWARA T, ISHIKAWA T, et al. Changes in shell-closing strength and various physiological traits of the pearl oyster during pre-operation conditioning [J]. Bull Mile Pref Fish Res Inst, 2011(20): 1 - 7.
- [23] AOKI H, FUJIWARA T, ISHIKAWA T, et al. Possible utilization of the shell-closing strength as a physiological status of the pearl oyster during pre-operation conditioning in winter season [J]. Bull Mile Pref Fish Res Inst, 2012(21): 1 - 6.
- [24] FUJIWARA T, AOKI H, ISHIKAWA T, et al. Simple selection of pearl oysters *Pinctada fucata martensii* with strong shell-closing strength using near-infrared spectroscopy [J]. Aquac Sci, 2010, 58(2): 253 - 259.