

文章编号: 1004 - 7271(2005)03 - 0225 - 06

## 三角帆蚌、池蝶蚌及其杂交 $F_1$ 代 早期形态差异分析

郑汉丰<sup>1,2</sup>, 张根芳<sup>3</sup>, 李家乐<sup>1</sup>, 袁伟康<sup>4</sup>

1. 上海水产大学农业部水产种质资源与养殖生态重点开放实验室, 上海 200090;
2. 中国水产科学研究院东海水产研究所农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;
3. 浙江金华职业技术学院, 浙江 金华 321007;
4. 浙江诸暨王家井镇珍珠养殖场, 浙江 诸暨 311800)

**摘要:** 测量了三角帆蚌(S)和池蝶蚌(C)及其杂交  $F_1$  代(SS, CC,  $S♀ \times C♂$ ,  $C♀ \times S♂$ ) 8 月龄时的 11 个外部形态特征数据, 使用壳长校正样本规格差异后, 分别进行聚类分析、主成分分析和判别分析。聚类分析及主成分分析的结果均表明正交  $F_1$  代(SC)的体型偏于母本三角帆蚌, 而反交  $F_1$  代(CS)的体型则介于两亲本之间。三角帆蚌与池蝶蚌之间的判别准确率较高, 综合判别率达 81.16%, 引入正反杂交  $F_1$  代进行判别则综合判别准确率下降至 57.46%。以上结果暗示三角帆蚌与池蝶蚌之间的亲缘关系有可能高于现在普遍认为的种间关系。

**关键词:** 三角帆蚌; 池蝶蚌; 杂交; 形态差异

中图分类号: S 917 文献标识码: A

## Morphology difference analysis of juvenile among *Hyriopsis cumingii*, *Hyriopsis schlegeli* and their hybrids

ZHENG Han-feng<sup>1,2</sup>, ZHANG Gen-fang<sup>3</sup>, LI Jia-le<sup>1</sup>, YUAN Wei-kang<sup>4</sup>

1. The Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquacultural Ecology Certificated by Ministry of Agriculture, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;
2. Key and Open laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China;
3. Jinhua College of Profession and Technology, Jinhua 321007, China;
4. Wangjiajing Pearl Farm of Zhuji City, Zhuji 311800, China)

**Abstract:** Breeding among *Hyriopsis cumingii* and *Hyriopsis schlegeli* was taken to produce four groups: SS, CC,  $S♀ \times C♂$ ,  $C♀ \times S♂$ . Based on 11 morphological characters data from each group at 8 months old, cluster analysis, principal components analysis and discriminant analysis were conducted after using shell length to reduce size diversity. The results of cluster analysis and principal components analysis showed the hybrid derived from *Hyriopsis cumingii*  $♀ \times$  *Hyriopsis schlegeli*  $♂$  resembled *Hyriopsis cumingii* at a high level, but the morphology of

收稿日期: 2004-12-29

基金项目: 上海市科委基础重点项目(03JC14063)

作者简介: 郑汉丰(1979-), 男, 福建寿宁人, 硕士, 主要从事水产动物种质资源与种苗工程方面的研究。

通讯作者: 李家乐(1963-), 男, 浙江乐清人, 博士, 教授, 主要从事水产种质资源与养殖生态方面的研究。E-mail: jlli@shfu.edu.cn

hybrid derived from *Hyriopsis schlegeli* ♀ × ♂ *Hyriopsis cumingii* is between its parents. In discriminant analysis, the compositive rate of discrimination was 81.16%; once hybrids were introduced, the compositive rate of discrimination descended to 57.46%. The results suggest that the evolutionary relationship between *H. cumingii* and *H. schlegeli* may be higher than interspecific relationship accepted today.

**Key words:** *Hyriopsis cumingii*; *Hyriopsis schlegeli*; hybrids; morphology difference

通过种间的杂交,有可能迅速和显著地提高杂种后代的生活力、经济性状等,或获得杂种优势,继而可以经培育而成新品种<sup>[1]</sup>。贝类不同种间的杂交,国内外已经进行过不少尝试,并已有应用于生产的成功例子,但主要集中于海洋贝类,如通过不同牡蛎种间杂交、不同扇贝种间杂交,发现他们的杂种在生长率、抗逆性等方面表现出杂种优势<sup>[2,3]</sup>。淡水贝类种间杂交方面尚无报道。三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)是我国特有淡水贝类,也是我国主要的淡水育珠母蚌<sup>[4]</sup>。池蝶蚌(*Hyriopsis schlegeli*)与三角帆蚌同属帆蚌属,是近年来从日本引进的优良淡水育珠母蚌。与三角帆蚌相比,池蝶蚌具有壳、珍珠层、外套膜较厚,珍珠质分泌能力强等优点<sup>[5,6]</sup>。使用多元分析方法,在三角帆蚌地理种群间形态差异分析上有过报道<sup>[4,7]</sup>,但在贝类杂交后代形态判别方面尚缺。本文利用以上方法,研究两种蚌及其杂交后代间的形态判别及亲缘关系,为杂交蚌的养殖与管理提供基础资料。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验用 F<sub>1</sub> 代均为浙江省诸暨市王家进镇珍珠养殖场自行繁殖获得,亲本中三角帆蚌取自该场成蚌养殖塘,池蝶蚌则由该场于 2000 年初从江西省抚州市洪门水库开发公司引进,该公司的池蝶蚌是 1997 年底从日本引进。根据外形、鳃丝密度、鳃瓣厚度挑选三角帆蚌和池蝶蚌雌雄亲本各 200 余个,并在繁殖期以怀卵与否为标准再进行一次雌雄挑选。设实验组及对照组共 4 个杂交组合,每个组合 3 个重复。杂交组合设计如下:

实验组:①三角帆蚌(S)♀ × 池蝶蚌(C)♂ (正交)

②池蝶蚌(C)♀ × 三角帆蚌(S)♂ (反交)

对照组:①三角帆蚌(S)♀ × 三角帆蚌(S)♂ (自交);

②池蝶蚌(C)♀ × 池蝶蚌(C)♂ (自交)

2003 年 5 月,以自然人工受精法<sup>[8]</sup>育成三角帆蚌与池蝶蚌正交子一代(下文以 SC 代表)200 000 只,反交后代(下文以 CS 代表)150 000 只,三角帆蚌自交后代(下文以 SS 代表)130 000 只,池蝶蚌自交后代(下文以 CC 代表)100 000 只。随机抽取每个种群各 2 000 只作为实验材料。

幼蚌生长至 8 月龄(2004 年 1 月 10 日)时,于每个群体随机采集样本进行测量。实测样本数目等见表 1。

表 1 三角帆蚌、池蝶蚌及其杂交 F<sub>1</sub> 代样本数目及主要可量性状

Tab.1 Sampling number and main data of *Hyriopsis cumingii*, *Hyriopsis schlegeli* and their hybrids

群体	三角帆蚌(SS)	池蝶蚌(CC)	三角帆蚌♀ × 池蝶蚌♂ (SC)F <sub>1</sub>	池蝶蚌♀ × 三角帆蚌♂ (CS)F <sub>1</sub>
样本数目	34	35	31	34
壳长(cm)	7.11 ± 0.60	7.83 ± 0.46	7.40 ± 0.60	7.99 ± 0.67
壳高(cm)	3.20 ± 0.37	3.57 ± 0.40	3.44 ± 0.30	3.57 ± 0.34
壳宽(cm)	1.49 ± 0.16	1.73 ± 0.15	1.55 ± 0.12	1.77 ± 0.17
体重(cm)	27.60 ± 7.67	39.64 ± 9.44	30.92 ± 6.37	39.96 ± 9.88

### 1.2 数据测量

参考钱荣华等<sup>[4]</sup>的方法,共得数据 1 474 个。

### 1.3 数据分析

使用 SPSS 10.0 软件进行数据处理,采用聚类分析、主成分分析和判别分析三种多元分析方法对三角帆蚌、池蝶蚌正反交 F<sub>1</sub> 代及自交后代进行形态差异的分析。为校正样本规格差异带来的影响,每只蚌所有的参数值均除以它的壳长,下文所有提到的参数值都是校正以后的值。

#### 1.3.1 聚类分析

采用欧式距离的最短系统聚类法<sup>[9]</sup>。

#### 1.3.2 主成分分析

参照张尧庭等<sup>[9]</sup>的方法,并计算主成分贡献率及各参数在主成分中的负荷值。

#### 1.3.3 判别分析

根据聚类分析结果,用逐步判别的方法进行判别分析。判别准确率的计算公式:

$$\text{判别准确率 } P1(\%) = \frac{\text{判别正确的蚌数}}{\text{实测蚌数}} \times 100$$

$$\text{判别准确率 } P2(\%) = \frac{\text{判别正确的蚌数}}{\text{判别蚌数}} \times 100$$

综合判别率 =  $\frac{\sum_{i=1}^k A_i}{\sum_{i=1}^k B_i}$  其中 A<sub>i</sub> 为第 i 个种群判别正确的蚌数, B<sub>i</sub> 为第 i 个种群实际判别的蚌数, k 为种群数。

## 2 结果

### 2.1 聚类分析

图 2 是三角帆蚌和池蝶蚌四个 F<sub>1</sub> 代聚类图。三角帆蚌自交后代先与正交 F<sub>1</sub> 代先聚合,而后与反交 F<sub>1</sub> 代聚合,最后才与池蝶蚌聚合在一起。表明三角帆蚌自交后代与正交后代形态差异最小,与池蝶蚌自交后代差异最大,而反交 F<sub>1</sub> 代则介于两个自交群体之间。

### 2.2 主成分分析

主成分分析结果见表 2。主成分 1 的总方差的贡献率为 24.08%,主成分 2 为 16.93%,主成分 3 为 12.66%,累积贡献率为 53.68%。三个主成分的累积贡献率较低,说明用几个相互独立的因子是难以概括不同群体之间的形态差异。在第一主成分中,全高/壳长与顶点至后缘/壳长的影响最大,其贡献率分别为 72.56%,69.60%。主成分分析的结果基本与钱荣华等<sup>[4]</sup>对三角帆蚌五个地理种群的主成分分析结果相同。

图 3 为三角帆蚌和池蝶蚌四个 F<sub>1</sub> 代的第一、二主成分的散布图,从图中可看出,4 个组合间有较多的重叠区域,但三角帆蚌与池蝶蚌之间重叠区域较少,而正反交 F<sub>1</sub> 代大部分处于三角帆蚌与池蝶蚌的重叠区域上,说明三角帆蚌与池蝶蚌在形态上差异较少,而正反交 F<sub>1</sub> 代在形态上介于两亲本之间,主成分分析的结果与聚类分析的结果相一致。

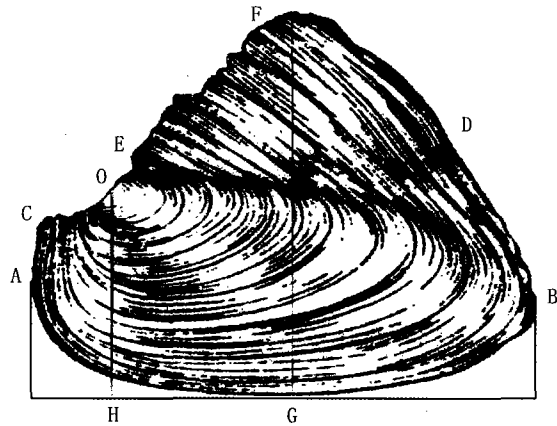


图 1 三角帆蚌、池蝶蚌及其杂交 F<sub>1</sub> 代形态学测量位点

Fig.1 Landmark point of *Hyriopsis cumingii*, *Hyriopsis schlegeli* and their hybrids

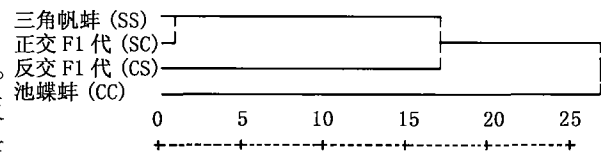


图 2 三角帆蚌、池蝶蚌及其杂交 F<sub>1</sub> 代聚类分析图

Fig.2 Diagram of cluster analysis of *Hyriopsis cumingii*, *Hyriopsis schlegeli* and their hybrids

表 2 三角帆蚌、池蝶蚌及其杂交  $F_1$  代 10 个性状三个主成分的贡献率及负荷值  
 Tab.2 Loading of three principal components for ten characters of *Hyriopsis cumingii*,  
*Hyriopsis schlegeli* and their hybrids

性状	主成分 1	主成分 2	主成分 3
WL/AB	0.515 641	0.426 460	-0.273 553
OH/AB	0.422 994	0.089 265	-0.146 912
FG/AB	0.725 572*	-0.397 316	0.028 631
OA/AB	0.526 385	-0.151 322	-0.488 918
OB/AB	0.485 028	0.074 456	0.636 728
OC/AB	0.248 560	0.690 081*	-0.217 082
OD/AB	0.292 507	0.344 329	0.636 122
OE/AB	0.208 284	0.582 458	0.106 754
FA/AB	0.695 961*	-0.014 408 8	-0.166 030
FB/AB	0.499 989	-0.618 754	0.184 318
贡献率	0.240 87	0.169 32	0.126 64

\* 表示负荷值 > 0.65

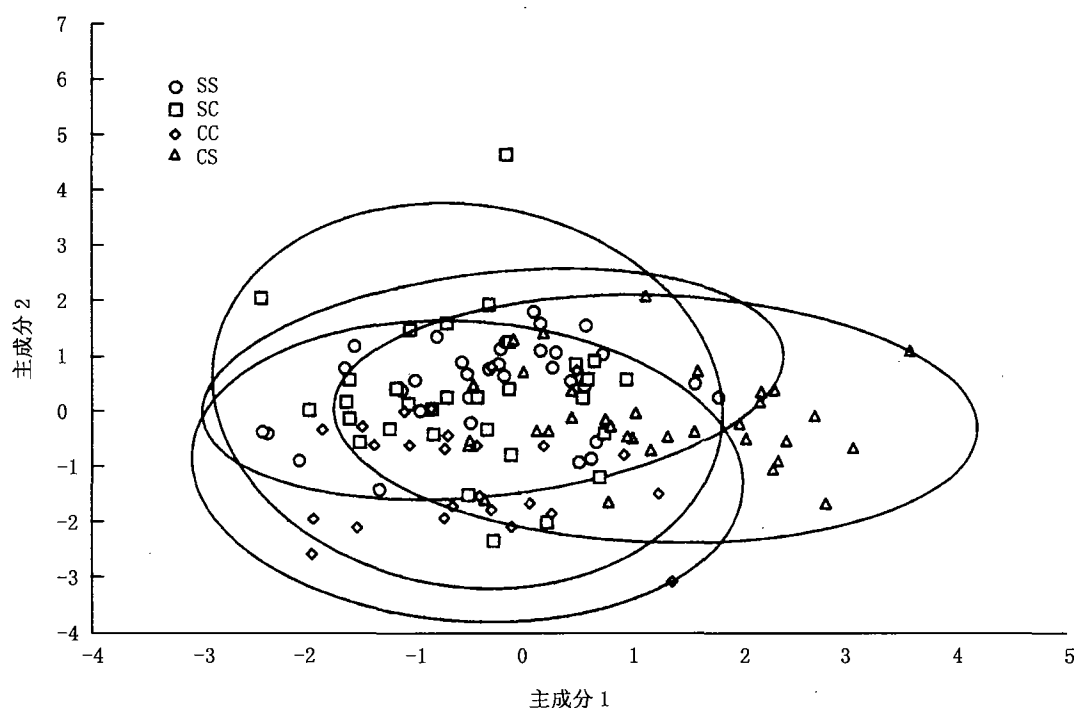


图 3 三角帆蚌、池蝶蚌及其杂交  $F_1$  代第一、二主成分散布图  
 Fig.3 Scatter diagram for the first and the second principal components of  
*Hyriopsis cumingii*, *Hyriopsis schlegeli* and their hybrids

### 2.3 判别分析

使用 10 个比例性状的对三角帆蚌和池蝶蚌自交后代进行判别分析,判别分析结果见表 3。三角帆蚌判别准确率  $P_1$  为 85.29%,判别准确率  $P_2$  为 88.57%。池蝶蚌准确率  $P_1$  为 77.14%,判别准确率  $P_2$  为 84.38%。三角帆蚌与池蝶蚌的综合判别率为 81.16%。

利用逐步判别分析的方法,对 10 个比例性状的特征值建立了三角帆蚌与池蝶蚌的判别函数。公式中  $X_1 \sim X_{10}$  分别代表 WL/AB, OH/AB, FA/AB, …… FB/AB, 各函数的自变量系数和常数项见表 4。

表3 三角帆蚌与池蝶蚌判别分析结果

Tab.3 The discriminant results of *Hyriopsis cumingii* and *Hyriopsis schlegeli*

种群/群体	样本数目 (个)	判别准确率		预测分类	
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	SS	CC
SS	34	85.29%	78.38%	29	5
CC	35	77.14%	84.38%	8	27
合计	69	81.16%		37	32

表4 三角帆蚌与池蝶蚌形态判别公式各项系数及常数项

Tab.4 The coefficients and constant of discriminant functions for *Hyriopsis cumingii* and *Hyriopsis schlegeli*

变量	性状	SS	CC
X1	WI/AB	40.776 4	98.631 7
X2	OH/AB	173.332 1	185.011 0
X3	FG/AB	412.102 6	381.825 4
X4	OA/AB	-389.748 4	-376.259 3
X5	OB/AB	285.492 6	304.556 5
X6	OC/AB	153.121 0	171.845 3
X7	OD/AB	183.503 7	190.086 9
X8	OE/AB	102.707 7	184.103 5
X9	FA/AB	273.564 5	273.459 9
X10	FB/AB	104.332 5	68.702 5
常数		-538.049 70	-530.521 6

$$Y_{SS} = 40.776 4 X_1 + 173.332 1 X_2 + \dots + 104.332 5 X_{10} - 538.049 70$$

$$Y_{CC} = 98.631 7 X_1 + 185.011 0 X_2 + \dots + 68.702 5 X_{10} - 530.521 6$$

以上三角帆蚌与池蝶蚌自交后代判别分析的准确率较高,引入其正反交  $F_1$  代进行判别分析后,判别准确率有较大幅度的下降。判别分析结果见表5。判别准确率  $P_1$  为 45.16% ~ 65.71%,判别准确率  $P_2$  为 43.75% ~ 70.97%,综合判别率为 57.46%,判别率低,故不再建立四群体间的判别公式。

表5 三角帆蚌、池蝶蚌及其杂交  $F_1$  代判别分析结果Tab.5 The discriminant results of *Hyriopsis cumingii*, *Hyriopsis schlegeli* and their hybrids

种群/群体	样本数目 (个)	判别准确率		预测分类			
		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	SS	CC	SC	CS
SS	34	51.43%	50.00%	18	4	8	4
CC	35	65.71%	65.71%	3	23	6	3
SC	31	45.16%	43.75%	10	5	14	2
CS	34	64.71%	70.97%	5	3	4	22
合计	134	57.46%		36	35	32	31

### 3 讨论与结论

Sakai 等<sup>[10]</sup>利用 15 种同工酶,对三角帆蚌与池蝶蚌进行分析,结果表明两者的遗传距离仅为 0.039,相当于蚌科其它种类种群间的距离。从本次实验主成分散布图上可以看出,三角帆蚌与池蝶蚌间有较大的重叠区域,说明它们在形态上有相当程度的相似。而从形态判别分析结果来看,两个群体间的综合判别准确率为 81.16%,基本与三角帆蚌五大湖地理种群间的判别率相当<sup>[4]</sup>。以上结果在一定程度上支持 Sakai 等的观点,暗示三角帆蚌与池蝶蚌之间的亲缘关系有可能高于现在普遍认为的种间关系,有可能是同一个种的不同地理种群。这还有待于利用细胞学、分子生物学手段如染色体显带染色、荧光原位杂交、序列分析等,进一步对两个种的遗传特征进行分析。

聚类分析结果中,三角帆蚌与池蝶蚌正交  $F_1$  代(SC)与三角帆蚌自交后代(SS)形态极为接近,而反交  $F_1$  代(CS)形态则介于两亲本自交后代之间。在主成分散布图中,正交  $F_1$  代大部分位于两亲本自交后代重叠区域;反交  $F_1$  代仅有部分位于重叠区域。以上结果证明,正交  $F_1$  代在形态上具有比较显著的母性遗传,而反交后代母性遗传较不显著。

从判别分析结果来看,四个群体间的判别准确率 P1 为 45.16% - 65.71%,判别准确率 P2 为 43.75% - 70.97%,综合判别率为 57.46%。与两亲本自交后代间的判别率相比非常低,甚至还低于五大湖三角帆蚌地理种群间 80%左右的判别率<sup>[4]</sup>。该结果主要是由两种间的杂交导致  $F_1$  代不同程度上继承了亲本的形态特征造成的。以上差异与两亲本遗传方式、基因组合等的关系,还有待于进一步的深入研究。

上述结论均建立在 4 群体早期(8 月龄)形态数据的基础上,随着三角帆蚌、池蝶蚌自交子代及杂交  $F_1$  代的生长,其形态是否会发生变化,也有待于进一步的研究。

#### 参考文献:

- [1] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京:中国农业出版社, 1999. 40 - 106.
- [2] Scarpa J. Comparative kinetics in hybrid crosses of Pacific oyster *Crassostrea gigas* and Suminoe oyster *C. rivularis* with American oyster *C. virginica*[J]. Journal of Experimental zoology, 1992, 263:316 - 322.
- [3] Allen S K, Gaffney P M, Scarpa J, et al. Inviabile hybrids of *Crassostrea virginica* (Gmelin) with *C. rivularis* (Gould) and *C. gigas* (Thunberg) [J]. Aquaculture, 1993, 113:269 - 289.
- [4] 钱荣华, 李家乐, 董志国, 等. 中国五大湖三角帆蚌形态差异分析[J]. 海洋与湖沼, 2003, 34 (4):436 - 443.
- [5] 波部忠重. 日本产软体动物分类学: 二枚贝纲/掘足纲[M]. 日本: 北隆馆, 1977. 114.
- [6] 周春花, 徐毛喜, 欧阳珊, 等. 池蝶蚌(*Hyriopsis schlegelii*)与三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)若干生物学性状比较研究[J]. 江西科学, 2003, 21(2): 122 - 124.
- [7] 魏开建, 熊帮喜, 赵小红, 等. 五种蚌的形态变异与判别分析[J]. 水产学报, 2003, 27 (1): 13 - 18.
- [8] 张元培. 淡水珍珠养殖技术[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1981. 115 - 118.
- [9] 张尧庭, 方开泰. 多因子统计方法引论[M]. 北京: 科学出版社, 1982. 237 - 242.
- [10] Sakai H, Ujiie M, Mizutani E. Allozyme comparison between Japanese and Chinese limnetic pearl mussels[J]. Journal of National Fisheries University, 1997, 46(2): 23 - 39, 101 - 104.