

文章编号: 1674-5566(2010)05-0588-08

马氏珠母贝 4种壳色选育系 F_3 的生长特性和遗传多样性比较

陈 静¹, 刘志刚¹, 孙小真², 王 辉¹, 杜晓东¹

(1. 广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524025

2. 湛江银浪海洋生物技术有限公司, 广东 湛江 524022)

摘 要: 以随机扩增多态性 DNA(RAPD)分析为实验手段, 结合形态学特征统计, 对经过 3代壳色及生长速度群体选育的马氏珠母贝 (*Pinctada martensii* Dunker)黑、白、红、黄 4种壳色选育系的生长及遗传多样性进行研究, 为进一步选育提供理论依据。结果显示: 马氏珠母贝 4种壳色 F_3 选育系的壳色纯化率分别达到黑壳色 95.83%、白壳色 88.33%、红壳色 100%、黄壳色 95.0%; 各选育系的生长速度均大于普通养殖群体, 系间的生长速度也存在显著差异。4种壳色选育系平均多态性位点比率 (P)分别为 82.51%, 81.93%, 75.30%, 77.03%; 平均 Nei 基因多样性指数 (H)分别为 0.233 6, 0.213 4, 0.196 5, 0.201 9; 平均 Shannon 信息指数 (H_i)分别为 0.351 6, 0.323 0, 0.279 9, 0.305 9; 各系间的遗传分化系数 (G_{st})为 0.214 3~0.318 6; 遗传距离 (D_{xy})分别为黑白 0.113 5, 白黄 0.130 3, 黑黄 0.134 9, 白红 0.154 6, 红黄 0.158 4, 黑红 0.196 8; 聚类分析表明各选育系间的亲缘关系由近及远顺次为黑壳色、白壳色、黄壳色和红壳色。研究表明 4种壳色选育系均具有较高的遗传多样性, 选育系间遗传分化明显。研究结果为 4种壳色马氏珠母贝的定向选育奠定了理论基础。

关键词: 马氏珠母贝; 壳色选育系; 纯化率; 生长速度; 遗传多样性; 随机扩增多态性 DNA

中图分类号: S917 **文献标识码:** A

Analysis on growth characteristic and genetic diversity in the selected lines (F_3) of four shell colors of *Pinctada martensii*

CHEN Jing, LU Zhi-gang, SUN Xiao-zhen, WANG Hui, DU Xiao-dong

(1. Fisheries College of Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China

2. Zhanjiang Silverwave Ltd. of Marine Biotechnology, Zhanjiang 524022, China)

Abstract: Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) technique and morphological characters analysis were used to investigate the growth and variation of four consecutively selected lines (black, white, red, yellow shell colors) of *Pinctada martensii* with the aim of providing theoretical basis for further selection. The results showed that in four F_3 generation of selective lines of *P. martensii* shell color purification rates were 95.83% for black, 88.33% for white, 100% for red and 95.0% for yellow shell color respectively. The growth rate of selected lines of the four shell colors were greater than that of the unselected population, there also existed significant difference between the selective lines in terms of growth rate. The polymorphic loci

收稿日期: 2010-01-12

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2007BAD29B01); 广东省重大科技兴渔项目 (B200208B01)

作者简介: 陈 静 (1985-), 女, 硕士, 从事无脊椎动物增养殖及珍珠培育方面的研究。E-mail: Chenjing05@163.com

通讯作者: 刘志刚, E-mail: liuzg@gdou.edu.cn

percentages (P) in four lines were 82.51%, 81.93%, 75.30% and 77.03%, respectively. Nei's gene diversity (H) was 0.233 6, 0.213 4, 0.196 5 and 0.201 9, respectively, and Shannon information indexes (H_i) were 0.351 6, 0.323 0, 0.279 9, 0.305 9, respectively. The genetic differentiation (G_{ST}) between four lines were from 0.214 3 to 0.318 6. The mean genetic distances (D_w) were 0.113 5 between black and white, 0.130 3 between white and yellow, 0.134 9 between black and yellow, 0.154 6 between white and red, 0.158 4 between red and yellow, 0.196 8 between black and red, respectively. Cluster analysis showed that the genetic relationships from near to far between four shell color lines were black, white, yellow and red. There existed higher genetic diversity in each selected line. Higher genetic differentiations were present between selected lines. Results of the study can provide theoretical support for the directed selection of four shell color lines of *P. martensii*.

Key words: *Pinctada martensii*; shell color selected lines; purification rate; growth rate; genetic diversity; random amplified polymorphic DNA

贝类壳色在养殖群体中呈现多态性,这种多态性可能与贝类的遗传、生理特性以及生态环境等有关^[1-3],且不同壳色个体在生长速度上也存在差异^[4-7],因此引起了贝类工作者的关注和研究。Clark^[8]曾经报道了海湾扇贝 (*Argopecten irradians concentricus*)的壳色和图案的多态性,证明了图案的多态性是广泛存在的。郑怀平、张国范等^[9]对橙色、紫色和白色贝壳的海湾扇贝建立了家系,并对这些家系的生长发育做了研究。刘晓等^[9]对皱纹盘鲍 (*Haliotis discus hanna*)红壳色突变体进行定向选育和遗传改良,育成了皱纹盘鲍“中国红”(Chinese Red)品系。Wada等^[5,10-12]在珍珠贝的壳色选育方面也做过许多研究。

马氏珠母贝 (*Pinctada martensii* Dunker)是我国生产海水珍珠的重要品种,其贝壳棱柱层的颜色最常见的有黑色、白色、红色和黄色 4 种。Wada等^[5,11-12]和淡路雅彦^[13]的研究表明,不同壳色马氏珠母贝与珍珠的颜色存在一定的相关,影响着珍珠的质量。结合目前存在的马氏珠母贝种质退化导致了珍珠质量日益下降的问题,通过选育提高珍珠质量已成为业内的呼声。因此,开展马氏珠母贝壳色选育研究具有重要的现实意义和理论意义。我国目前对马氏珠母贝壳色选育方面的研究才刚起步,何毛贤等^[14]在我国的马氏珠母贝群体中选育出了“南科珍珠红”品系;王庆恒等^[15]研究了马氏珠母贝黑色、红色、黄色和白色 4 个壳色选系 F_1 幼虫期间生长性状的差异。但有关 4 种壳色的纯化及各壳色生长速度的继代选育、4 种壳色 F_3 选育系的遗传多样性等研究目前尚未见报道。本文在已开展的马氏珠

母贝 4 种壳色的分离纯化及各壳色生长速度群体继代选育 3 代的基础上,运用形态学特征统计、RAPD 技术对经过 3 代壳色群体选育的马氏珠母贝黑壳色、白壳色、红壳色和黄壳色选育系进行遗传多样性分析,以验证其选育效果,为 4 种壳色的定向选育提供理论支撑,为选育出具有特殊颜色及快速生长的新品系应用于生产,从而提高珍珠的质量和数量提供理论保证。

1 材料与方 法

1.1 材 料

2008 年 3 月 23 日从徐闻县迈陈镇马氏珠母贝养殖实验基地随机挑取经过 3 代壳色和生长速度群体继代选育、养殖 19 个月的马氏珠母贝黑壳色、白壳色、红壳色和黄壳色选育系各 120 个个体(图版 1-4),清洗干净后进行壳色统计分析,然后从各壳色群体及普通群体中随机抽取 30 个个体用于形态和重量性状测量,最后分别随机抽取各壳色群体闭壳肌 30 个保存于 $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 待用。

1.2 方 法

1.2.1 壳色的界定及选育

实验所用的各壳色选育系 F_3 是 2003 年 3 月从人工养殖群体中选育、并经过 3 代闭锁繁育而成的群体,世代间隔约 1.6 年。选育目标性状首选壳色鲜明个体,次选生长速度最快个体,每代留选率为 3%,各选育系每代使用亲本数量为雌雄各 60 个,解剖法授精。各选育系壳色界定如下:

黑壳色:外面观,双壳底色灰白,上具有密集

的黑色放射带;内面观,双壳边缘棱柱层黑色间断或连成片。

白壳色:外面观,双壳底色灰白带青,上无各种颜色放射带;内面观,双壳边缘棱柱层为灰白色。

红壳色:外面观,双壳底色灰白,上具有密集红色放射带;内面观,双壳边缘棱柱层为红色或深红色间断或连成片。

黄壳色:外面观,双壳底色为黄色,上有黄褐色放射带或无;内面观,双壳边缘棱柱层为黄褐色,有时具黄褐色放射带。

1.2.2 育苗及养成管理方法

幼虫培育采用常规方法,在幼虫培育期所用的各种器具严格区分管理,防止交叉污染。在海区中养殖时,各组贝苗的笼具做好明显的标记,防止混淆。海区中养殖的日常管理由固定工人采用常规方法进行。各实验组在笼具、吊养海区、吊养水层深度和附着物清理等日常管理上严格保持一致。

1.2.3 基因组 DNA的提取

取 -70°C 保存的样品组织,灭菌水冲洗干净后用灭菌眼科剪刀剪取 0.2g 于 1.5mL 离心管中,加入 $500\mu\text{L}$ 抽提缓冲液(Tris-HCl 50mmol/L , pH 8.0, EDTA 100mmol/L , NaCl 200mmol/L , 1% SDS)和 $100\mu\text{g}$ 蛋白酶K,剪刀剪碎后 55°C 消化至澄清。然后分别用等体积的饱和酚(pH 8.0)、酚:氯仿:异戊醇(25:24:1)和氯仿:异戊醇(24:1)抽提,直至无蛋白质中间相,取上清,加入2倍体积无水乙醇, -20°C 沉淀 0.5h 以上。然后经70%乙醇洗2次,晾干后用 $100\mu\text{L}$ TE溶解。用0.7%琼脂糖凝胶电泳检测DNA质量,DNA的浓度通过分光光度计测定,用无菌水稀释至同一浓度备用。

1.2.4 随机引物

实验所用随机引物购自上海生物工程公司。根据文献报道和本实验的筛选,最终选用17条随机引物用于分析,其碱基序列如表1所示。

1.2.5 PCR反应体系

采用经过优化的RAPD反应体系,在 $25\mu\text{L}$ 体系中,各组分分别为:DNA $20\text{ng}/\mu\text{L}$, Mg^{2+} 3.0mmol/L , 引物 $0.25\mu\text{mol/L}$, dNTP 0.2mmol/L , Taq酶 1U 反应程序为: 94°C 预变性 5min ;40个循环(94°C 变性 30s ; 39°C 退火 60s ; 72°C 延伸

90s);最后 72°C 延伸 10min 。扩增产物用1.4%琼脂糖凝胶电泳分离,EB染色,紫外灯光下观察,拍照。

表1 随机引物及其碱基序列

Tab 1 The sequences of RAPD Primers

引物	序列(5'-3')
S1	GTTTCGCTCC
S2	CATCCCCCTG
S3	GGACIGGAGT
S4	TGGCCTCTC
S5	TGCTCTGCC
S6	GGTACGACG
S7	GTCACACGC
S8	CTGCTGGAC
S9	GTAGACCGT
S10	CCTGACGCA
S11	TTCCTCCGT
S12	TCCGCTCTGG
S13	TTTGCCCGGA
S14	AGGAACGAG
S15	CCACAHCAGT
S16	ACCCCGAAG
S17	GGACCTTAG

1.2.6 数据处理

(1)多态位点比例 P

使用 GelPro Analyzer凝胶图像分析软件对扩增片段大小进行计算。按公式多态位点比例 = (群体的多态位点数 / 位点总数) $\times 100\%$ ^[16] 计算多态位点比例。

(2) Ne基因多样性指数 H 和 Shannon信息指数 H'

用 PopGene软件计算 Ne基因多样性指数 H^[17] 和 Shannon信息指数 H'^[18]:

$$H = 1 - \sum_{i=1}^k P_i^2 \quad (1)$$

$$H' = 1 - \sum_{i=1}^k P_i \times \ln P_i \quad (2)$$

式中: k为所统计的总位点数; P_i为该种群第 i 个位点的等位基因频率。

(3)群体间遗传分化系数

参照 McDemott^[19]的方法,用 PopGene软件计算群体间的遗传分化系数,其计算公式:

$$G_{st} = 1 - H_s / H_t \quad H_s = 1 - \sum J_i \quad H_t = 1 - (\sum J_i) / S \quad (3)$$

式中: H_t为总群体平均杂合度; H_s是各群体内平均杂合度; J_i是第 i 个群体内的基因一致性; S是群体数目。

(4)群体间遗传距离

群体间的遗传距离根据 Nei^[20] 的公式,采用 POPGENE软件计算。

遗传相似系数:

$$I = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2 \times \sum y_i^2}} \quad (4)$$

式中: x_i 、 y_i 表示第 i 条带分别在群体 x 、 y 中出现的频率。群体间的遗传距离 $D_{xy} = -\ln I$

(5) 聚类分析

采用非加权配对算数平均法 (Unweighted pair group method with arithmetic mean, UPGMA) 和邻近结合法 (Neighbor joining, NJ), 以遗传距离为参数, 使用 MEGA 3.0 软件对 4 种壳色马氏珠母贝的亲缘关系进行聚类分析。

2 结果

2.1 马氏珠母贝 4 种壳色选育系 F_3 的壳色遗传情况

经过 3 代选育, 各壳色选育系表型区别明显 (图版 1~4), 各壳色表型纯化率分别达到黑壳色

95.83%、白壳色 88.33%、红壳色 100%、黄壳色 95.0% (表 2)。

表 2 4 种壳色选育系 F_3 壳色表型纯化率
Tab 2 The shell color purification rate in four selected lines

	黑壳色	白壳色	红壳色	黄壳色
随机抽样数 (个)	120	120	120	120
壳色纯化个数 (个)	115	106	120	114
壳色纯化率 (%)	95.83	88.33	100	95.0

2.2 马氏珠母贝各壳色选育系 F_3 与普通群体生长情况对比

马氏珠母贝各壳色选育系 F_3 与普通群体壳长、壳高、壳宽和体重比较结果如表 3。方差分析表明, 5 个群体的 4 个指标均存在显著性差异; 多重比较结果表明, 4 个选育系的 4 个生长指标均显著 ($P < 0.05$) 大于普通群体; 在 4 个选育系中, 黑壳色个体生长速度最快, 其次是白壳色和黄壳色, 最后是红壳色。

表 3 马氏珠母贝各壳色 F_3 群体的生长情况
Tab 3 The growth of the shell colors of *P. marrensi*

	黑壳色	白壳色	红壳色	黄壳色	普通
壳长 (SL) (mm)	63.79 ^a ± 7.78	57.36 ^b ± 4.69	52.13 ^c ± 5.91	56.13 ^b ± 4.27	50.75 ^c ± 2.46
壳高 (SH) (mm)	69.25 ^a ± 6.08	63.69 ^b ± 4.59	57.66 ^d ± 4.94	60.11 ^c ± 4.30	56.72 ^d ± 2.60
壳宽 (SWD) (mm)	26.50 ^a ± 3.20	22.24 ^b ± 1.95	23.01 ^b ± 2.19	22.58 ^b ± 1.91	17.73 ^c ± 1.02
体重 (BW) (g)	39.79 ^a ± 8.25	30.70 ^b ± 6.57	23.71 ^c ± 6.18	24.63 ^c ± 4.05	20.49 ^d ± 2.40

2.3 RAPD 扩增结果

用 17 个可重复的、扩增图谱清晰、位点数量适中且共同适用于马氏珠母贝 4 种壳色的引物对马氏珠母贝的 120 个个体进行了 PCR 扩增。共产生出 176 个扩增位点, 平均每个个体扩增出 143.5 个位点, 扩增片段大小在 0.2~2.4 kb 之间 (图 1)。单个引物获得条带数为 4~11 个, 平均每条引物产生 10.3 个位点, 单个引物在每个个体中平均产生 1.6~7.2 条扩增条带。其中在马氏珠母贝黑色、白色、红色、黄色 4 种壳色中的平均扩增条带数分别为: 5.0 ± 1.1, 4.8 ± 1.0, 4.8 ± 1.0, 4.7 ± 1.1; 位点总数分别为: 150, 143, 140, 141。

2.4 各壳色选育系群体内遗传多样性

17 条引物用于马氏珠母贝黑色、白色、红色、黄色 4 种壳色的扩增, 依据电泳图谱计算得出遗传多样性结果如表 4 所示。

2.5 各壳色选育系群体间遗传多样性

马氏珠母贝 4 种壳色群体间的平均遗传分化系数 (G_{st}) 为 0.273 1, 黑白、黑红、黑黄、白红、白黄、红黄之间的遗传分化系数分别为: 0.214 3, 0.318 6, 0.256 9, 0.281 0, 0.264 2, 0.303 6 (表 5)。在 17 个引物中各群体间的遗传相似系数 (I_{xy}) 和遗传距离 (D_{xy}) 见表 6。结果表明, 黑壳色与红壳色之间的遗传距离值最大 (0.196 8), 黑壳色与白壳色之间的遗传距离最小 (0.113 5)。

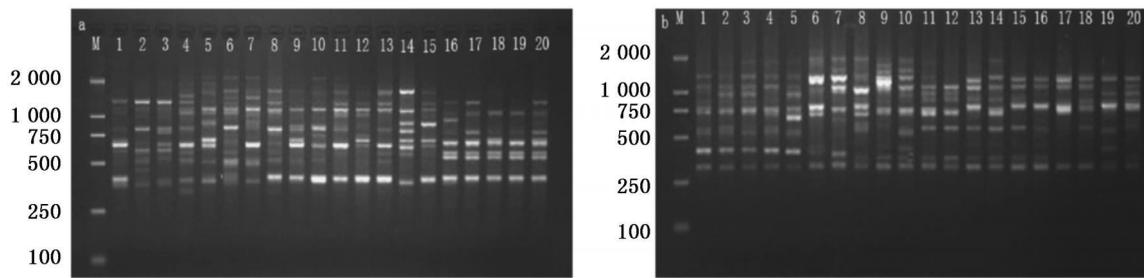


图 1 引物 S4-S8 对马氏珠母贝 4 种壳色基因组 DNA 随机扩增电泳图
 Fig 1 DNA profiles amplified by RAHD Primer S4-S8 respectively among four shell colors genome DNA of *Pinctada martensii*

引物 4 1~5 黑壳色; 6~10 白壳色; 11~15 红壳色; 16~20 黄壳色;
 引物 8 1~5 黑壳色; 6~10 白壳色; 11~15 红壳色; 16~20 黄壳色。

表 4 4 种壳色马氏珠母贝 F₃ 的分子遗传分析

Tab 4 Molecular genetic analysis among four shell colors of *Pinctada martensii*

	多态位点比例 P(%)	平均 Ne 基因多样性指数 (H)	平均 Shannon 信息指数 (H')
马氏珠母贝黑壳色	82.51	0.2336	0.3516
马氏珠母贝白壳色	81.93	0.2134	0.3230
马氏珠母贝红壳色	75.30	0.1965	0.2799
马氏珠母贝黄壳色	77.03	0.2019	0.3059

表 5 4 种壳色马氏珠母贝 F₃ 群体间的遗传分化系数

Tab 5 Genetic diversity index of four shell colors of *Pinctada martensii*

	黑壳色	白壳色	红壳色	黄壳色
黑壳色	—			
白壳色	0.2143	—		
红壳色	0.3186	0.2810	—	
黄壳色	0.2569	0.2642	0.30036	—

表 6 4 种壳色马氏珠母贝 F₃ 的 Nei's 遗传

相似系数和遗传距离值

Tab 6 Nei's genetic identity and genetic distance among four shell colors of *Pinctada martensii*

	黑壳色	白壳色	红壳色	黄壳色
黑壳色	—	0.8987	0.8282	0.8790
白壳色	0.1135	—	0.8606	0.8810
红壳色	0.1968	0.1546	—	0.8576
黄壳色	0.1349	0.1303	0.1584	—

注: 对角线以上为 Nei's 遗传相似系数, 对角线以下为遗传距离。

对马氏珠母贝 4 种壳色亲缘关系进行聚类分析, UPGMA 和 NJ 法均显示马氏珠母贝黑壳色与白壳色首先聚在一起, 然后再与黄壳色聚类, 最后是马氏珠母贝红壳色, 这里给出 UPGMA 系统树 (图 2)。说明马氏珠母贝黑壳色与白壳色的亲缘关系最近, 与红壳色的亲缘关系最远。4 个

壳色亲缘关系由近及远顺次为黑壳色、白壳色、黄壳色和红壳色。

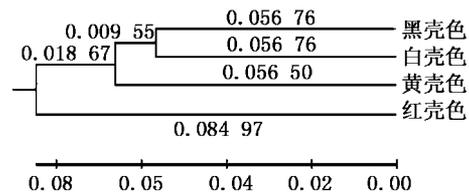


图 2 UPGMA 法对 4 种壳色马氏珠母贝 F₃ 的亲缘关系聚类图

Fig 2 The RAHD cluster graph showing the relationships of four shell colors of *Pinctada martensii* with UPGMA method

3 讨论

3.1 各壳色选育系 F₃ 的壳色遗传和生长

经过 3 代的选育, 4 种壳色的纯化率分别达到黑壳色 95.83%、白壳色 88.33%、红壳色 100%、黄壳色 95.0%, 即马氏珠母贝壳色已经可以稳定遗传, 这种结果说明壳色群体选育对壳色表型的纯合是有效的。郑怀平等^[6]对橙色、紫色和白色贝壳的海湾扇贝建立了家系, 这些自交家系的培育成功说明了海湾扇贝壳色能够稳定地遗传。

传,受环境因素的影响较小。闫喜武等^[7]于2004年确立了菲律宾蛤仔莆田群体斑马蛤和两道红壳色品系,研究结果表明莆田群体的斑马蛤和两道红 F_3 100%保持了亲本的壳面花纹,说明菲律宾蛤仔壳面花纹遗传非常稳定。

由表3可见,马氏珠母贝普通群体的壳长、壳高、壳宽和体重均小于4种壳色 F_3 选育群体,表明4种壳色选育系经过3代生长速度选育,在经济性状上已取得了显著的遗传进展。此外,各壳色选育系间的生长速度也存在显著差异,各壳色群体主要性状壳长及体重大小顺序为黑壳色 > 白壳色 > 黄壳色 > 红壳色 > 普通群体,说明在相同的实验条件下马氏珠母贝黑壳色的生长速度最快,普通群体最慢。邓岳文等^[21]对马氏珠母贝黄壳色选育系 F_3 和养殖群体形态性状进行了比较,结果显示,两个群体的平均壳长、壳重量指数和肥满度指数存在显著差异,养殖群体的平均壳长显著大于黄壳色群体,而黄壳色群体的壳重量指数和肥满度指数显著大于养殖群体。孙俊秀等^[22]对2种壳色虾夷扇贝 (*Patinopecten yessoensis*) 的形态学指标比较分析,结果显示,虾夷扇贝中的白色贝比褐色贝有更大的选育潜力和更高的经济效益。

3.2 各壳色选育系 F_3 的遗传多样性

在RAPD分析中,多态性位点比例(P)和 Nei 基因多样性指数(H)以及 Shannon 信息指数(H')都是衡量群体内遗传多样性水平高低的重要指标。用RAPD分子标记对所研究的马氏珠母贝黑色、白色、红色、黄色4种壳色选育系 F_3 进行遗传多样性的初步评估,平均多态性位点比例分别为82.51%、81.93%、75.30%、77.03%;平均 Shannon 信息指数为0.3516、0.3230、0.2799、0.3059。对比已有文献的研究结果,王爱民等^[23]运用RAPD技术分析了海南三亚、广东大亚湾和广西北海3个野生种群马氏珠母贝的遗传多样性,Shannon 信息多样性指数分别为0.2660、0.2110、0.1740。杜晓东^[24]用RAPD技术研究北部湾和大亚湾野生马氏珠母贝的遗传多样性,多态位点比例分别是83.8%和87.7%,Shannon 信息多样性指数分别为0.2594和0.2721。叶力^[25]用RAPD技术对马氏珠母贝3个野生群体:海南三亚、深圳大亚湾和广西北海侨港镇进行研究,3个群体的 Shannon 信息多样性指数分别为

0.2379、0.3002和0.1967。苏天凤等^[26]应用RAPD标记分析了广西、海南、广东深圳3个地理群体的养殖马氏珠母贝的基因组DNA多态性,多态位点百分率分别为41.4%、65.0%和58.4%。可见,马氏珠母贝4种壳色选育系 F_3 的多态性位点比例比杜晓东报道的两个野生群体略低,而比苏天凤等报道的3个养殖群体明显地高;Shannon 信息指数平均比王爱民、杜晓东和叶力等报道的野生地理种群明显高。

野生马氏珠母贝遗传多样性高于养殖群体的最重要的原因是人工育苗常常采用数量十分有限的野生亲贝,甚至重复使用人工养殖贝作亲贝,导致养殖种群遗传多样性降低^[23]。马氏珠母贝4种壳色选育系 F_3 遗传多样性不但高于已报道的养殖群体,甚至其 Shannon 信息指数也高于野生群体,这可能与下述因素有关:(1)4种壳色群体选育之初均采用了尽量大的亲本数量和来源多样化的亲本用于繁殖,一定程度避免了小种群“瓶颈效应”的发生,维持了较高的遗传多样性;(2)在壳色3代人工群体选育的过程中,以壳色性状为第一选择目标的同时,以生长速度快、壳宽壳高比大、体格健壮、无病虫害等综合性状为第二选择目标,使后代遗传多样性大大提高;(3)由于养殖群体集中、大规模、多年持续地同天然种群交配繁殖,使天然野生种群遗传结构被污染和破坏,降低了天然种群的遗传多样性。

3.3 各壳色选育系间已产生了明显的遗传分化

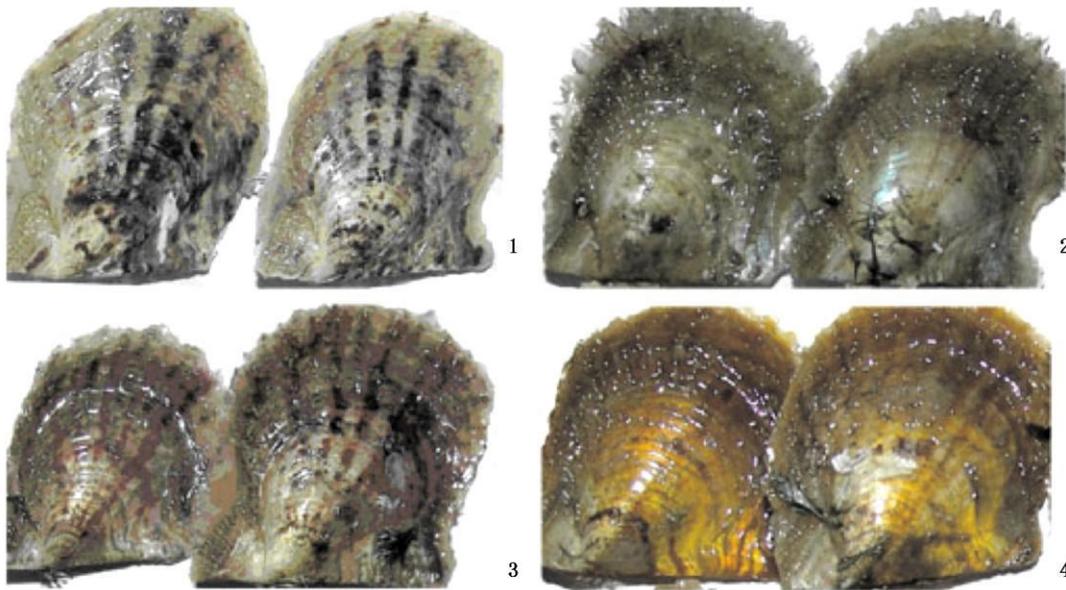
遗传分化系数(G_{ST})是测定群体遗传分化的主要参数,本实验分析得出4种壳色马氏珠母贝选育系 F_3 间遗传分化系数为0.2143~0.3186,明显高于合浦珠母贝(马氏珠母贝)3个养殖群体间的遗传分化系数(0.009~0.016)^[27],表明4个壳色选育群体经过3代选育,在遗传上已出现较明显的分化现象,存在较大的差异。

遗传距离(D_{xy})是估计群体间遗传变异分布情况的另一重要指标,对不同物种的DNA进行RAPD分析,计算遗传相似度和遗传距离,进行聚类分析,可确定它们的亲缘关系远近。遗传距离的变幅越大,说明其遗传分化越大,其亲缘关系越远。本研究得到黑与白、黑与红、黑与黄、白与红、白与黄、红与黄壳色马氏珠母贝选育系 F_3 的遗传距离分别为:0.1135、0.1968、0.1349、

Q 154.6.0.130.3和 Q 158.4 杜晓东^[24] 研究得出北部湾和大亚湾马氏珠母贝的遗传距离为 Q 055.1, 王爱民等^[23] 研究显示广东大亚湾与海南三亚、大亚湾与广西北海、三亚与北海野生马氏珠母贝之间的遗传距离分别为 Q 104. Q 094和 Q 212, 上述研究除了三亚与北海野生马氏珠母贝遗传距离达 Q 212外, 其它的均低于马氏珠母贝 4种壳色选育系 F_3 之间的距离, 这说明经过壳色及生长速度的定向选育, 4种壳色选育系间已经形成遗传分化, 其遗传分化程度已经相当于或超过马氏珠母贝不同地理种群间的遗传分化程度。

参考文献:

- [1] Smith D A S Polymorphism and selective predation in Donax faba (Bivalvia: Tellinacea) [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1975, 17: 89—94
- [2] Raffaelli D Colour polymorphism in the intertidal snail Littorina rudis Martens [J]. Zool Anzeiger, 1979, 202: 65—73.
- [3] Sokolova IM, Berger V J Physiological variation related to shell colour polymorphism in White Sea Littorina saxatilis [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2000, 245: 1—23
- [4] Wolf JM, Garrido J Comparative study of growth and survival of two color morphs of the Chilean scallop Argopecten purpuratus (Lamarck) in suspended culture [J]. J Shellfish Res, 1991, 10(1): 47—53
- [5] Wada K T, Akiya Komaru Effect of selection for shell coloration on growth rate and mortality in the Japanese pearl oyster Pinctada fucata martensii [J]. Aquaculture, 1994, 126: 59—65
- [6] 郑怀平, 张国范, 刘晓, 等. 不同贝壳颜色海湾扇贝 (Argopecten irradians) 家系的建立及生长发育研究 [J]. 海洋与湖沼, 2003, 34(6): 632—639
- [7] 闫喜武, 张国范, 杨凤, 等. 菲律宾蛤仔莆田群体两个壳色品系生长发育的比较 [J]. 大连水产学院学报, 2005, 20(4): 266—269
- [8] Clarke H The scallop superspecies Argopecten irradians (LAMARCK) [J]. Malacologia, 1965, 2: 161—188
- [9] 刘晓, 张国范, 赵洪恩. 皱纹盘鲍“中国红”品系的选育 [J]. 动物学杂志, 2003, 38(4): 27.
- [10] Wada K T. Inheritance of white coloration of the Prismatic layer of shells in the Japanese pearl oyster Pinctada fucata martensii and its importance in the pearl culture industry [J]. Aquaculture, 1990, 85(1—4): 331
- [11] Wada K T, Komaru A. Shell color, density, water depth and growth of different lines of the Japanese pearl oyster [J]. Aquaculture, 1993, 111(1): 292—293.
- [12] Wada K T, Komaru A. Colour and weight of pearls produced by grafting the mantle tissue from a selected population for white shell colour of the Japanese pearl oyster Pinctada fucata martensii (Dunker) [J]. Aquaculture, 1996, 142: 25—32
- [13] 淡路雅彦. 日本养殖白色珠母贝 [J]. 国外水产, 1995(3): 23—24
- [14] 何毛贤. 马氏珠母贝红壳品系“南科珍珠红”的培育 [J]. 热带海洋学报, 2006, 25(1): 58.
- [15] 王庆恒, 邓岳文, 杜晓东, 等. 马氏珠母贝 4个壳色选系 F_1 幼虫的生长比较 [J]. 中国水产科学, 2008, 15(3): 488—492
- [16] 黄原. 分子系统学—原理、方法及应用 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 186—193
- [17] Nei M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals [J]. Genetics, 1978, 89: 583—590.
- [18] Chambers K J, Waugh R, Sprent J J, et al. Detection of genetic variation between and within populations of Girardinia septium and G. maculata using RAPD markers [J]. Heredity, 1992, 69: 465—472.
- [19] McDermott JM, McDonald B A. Gene flow in plant pathosystems [J]. Annual Review of Phytopathology, 1993, 31: 353—373
- [20] Nei M. Genetic distance between populations [J]. Am Nat, 1972, 106: 283—292
- [21] 邓岳文, 张善发, 符韶, 等. 马氏珠母贝黄壳色选系 F_1 和养殖群体形态性状比较 [J]. 广东海洋大学学报, 2007, 27(6): 77—80
- [22] 孙俊秀, 杨爱国, 刘志鸿, 等. 2种壳色虾夷扇贝的形态学指标比较分析 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36(23): 10008—10010, 10160
- [23] 王爱民, 阎冰, 叶力. 三个野生种群马氏珠母贝遗传多样性的 RAPD分析 [J]. 农业生物技术学报, 2003, 11(2): 163—168.
- [24] 杜晓东. 合浦珠母贝两个野生种群的遗传多样性分析 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2001.
- [25] 叶力. 马氏珠母贝遗传多样性的 RAPD研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2001
- [26] 苏天凤, 蔡云川, 张殿昌, 等. 合浦珠母贝 3个养殖群体的 RAPD分析 [J]. 中国水产科学, 2002, 9(2): 106—109.
- [27] Yu D H, Chu K H. Genetic variation in wild and culture populations of the pearl oyster Pinctada fucata from Southern China [J]. Aquaculture, 2006, 258: 220—227



图版 Plate

1 黑色选育系; 2 白色选育系; 3 红色选育系; 4 黄色选育系。