

利用马氏珠母贝4个壳色系 F_3 培育厚层优质珍珠

符韶, 谢绍河*, 邓岳文, 梁飞龙

(广东海洋大学珍珠研究所, 广东 湛江 524025)

摘要: 为了评价红、金黄、白和黑壳色系 F_3 育珠性状, 设立两个实验, 分别利用马氏珠母贝红、金黄、白和黑壳色系 F_3 作为植核(受体)贝和小片(供体)贝进行植核育珠。实验 I: 利用红、金黄、白和黑壳色系 F_3 为插核贝和小片贝建立 16 个组合, 另外利用以普通养殖群体为插核贝、金黄壳色系 F_3 为小片贝建立了 1 个组合, 共建立 17 个组合, 育珠期为 24 个月; 实验 II: 分别利用红、金黄、白和黑壳色系 F_3 为植核贝和小片贝建立 16 个组合, 育珠期为 18 个月。结果表明, 育珠期结束后实验 I 和 II 的 4 个壳色系 F_3 平均壳高和成活率均存在显著性差异($P < 0.05$), 实验 I 和 II 的黑壳色系 F_3 具有最大的平均壳高, 实验 I 金黄壳色系 F_3 具有最高的成活率, 实验 II 黑壳色系 F_3 具有最高的成活率。实验 I: 各组合间的留核率、商品珠率、优良珠率和育珠绩效均存在显著性差异($P < 0.05$), 珍珠层厚度差异不显著($P > 0.05$); BW 组具有最大的留核率、商品珠率、珠层厚度和育珠绩效值, RB 组具有最大的优良珠率; 实验 II: 各组合的留核率、商品珠率、优良珠率、珍珠层厚度和育珠绩效均存在显著性差异($P < 0.05$)。黑壳色系 F_3 作为插核贝具有较好的育珠效果, 经进一步测试其育珠性能, 可在珍珠生产中推广应用。

关键词: 马氏珠母贝; 壳色系 F_3 ; 壳色性状

中图分类号: S 966.23

文献标志码: A

马氏珠母贝(*Pinctada martensii*), 又称合浦珠母贝(*P. fucada*), 隶属于软体动物门(Mollusca), 珍珠贝科(Pteriidae), 珍珠贝属, 主要分布于日本、印度、印尼和我国广东、广西和海南沿海^[1]。目前, 马氏珠母贝是世界海水珍珠培育的主要母贝之一, 也是我国海水珍珠培育的当家品种。自 20 世纪 60 年代育苗成功以来, 马氏珠母贝养殖已将近有 50 年。由于长期使用少量亲本繁殖, 养殖种群产生了严重的遗传性状分离, 具体表现在贝体变小、性早熟、珍珠质分泌能力减弱等。此外, 海区养殖容量过大, 养殖环境恶化, 导致我国海水珍珠的质量明显下降, 减弱了在国际市场上的竞争力。因此, 加强开展马氏珠母贝养殖群体遗传改良已显得十分迫切和必要。

选择育种是一种经典的育种技术, 在海洋贝类养殖群体的遗传中广泛应用。对于马氏珠母贝

育种研究, 日本在 20 世纪 60 年代开展了相关研究。经过多年的选育, Wada 等^[2-6]已经培育出日本种群壳凸度、壳重、壳宽和白色等选育系。自 2000 年以来, 国内陆续开展了马氏珠母贝的选择育种研究^[7-11]。本课题组利用壳色—性状选择模式培育出金黄、白、黑和红壳色壳色系, 并比较了壳色系的生长、生理指标和遗传结构差异^[12-15]。本研究利用 4 个壳色选系 F_3 为材料进行培育厚层优质珍珠的研究, 以期为该种壳色系培育和优质珍珠生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

本实验所用的植核贝和小片贝均来源于本课题组培育的红、金黄、白和黑壳色第 3 代选系, 分别命名为 RS_3 、 YS_3 、 WS_3 和 BS_3 。具体培育过程如

收稿日期: 2011-12-26 修回日期: 2012-06-14

资助项目: 广东省海洋渔业科技推广专项(A200908A06, A200908A05, A200908A02)

通讯作者: 谢绍河, E-mail: xsh5760288@126.com

下:2003 年 3 月,从北部湾野生群体和流沙港养殖群体挑选金黄、白、红和黑壳色个体为亲本建立基础群体。2004—2006 年,按照壳色性状对基础群体进行连续选择两代培育 RS₂、YS₂、WS₂ 和 BS₂。

2007 年 9 月,分别从 RS₂、YS₂、WS₂ 和 BS₂ 挑选性腺成熟个体为亲本建立壳色第 3 代选系,亲本数量分别为 106、98、102 和 110。按照常规技术进行诱导催产、幼体培育和海区养成。

1.2 实验方法

本研究设立两个实验,分别于 2009 年 6 月 17 日(夏季)和 2009 年 11 月 10 日(冬季)进行插核与育珠。实验 I:从每个选系中分别挑选壳长 5.0~6.0 cm 的个体进行插核育珠,贝龄 2 龄,分别以 RS₃、YS₃、WS₃ 和 BS₃ 选系为植核(受体)贝和小片(供体)贝建立 16 个组合,各组合的命名见表 1。另外以普通养殖群体为受体贝、YS₃ 选系为小片贝建立了 1 个组合(CY),共建立了 17 个组合。每个组合设立 3 个重复组,每个组合植核贝数量为 3 600 只。按照常规技术进行插核手术和术后休养与育珠管理,育珠时间为 24 个月。

实验 II:2009 年 11 月 10 日,从每个选系分别挑选壳长 5.5~6.0 cm 的个体进行插核育珠,贝龄 2 龄,分别以 RS₃、YS₃、WS₃ 和 BS₃ 选系为植核贝和小片贝共建立 16 个组合,每个组合设立 3 个重复组,每个组合植核贝数量为 3 600 只。按照常规技术进行插核手术和术后休养与育珠管理。育珠时间为 18 个月。

表 1 植核贝和小片贝的壳色组合设计
Tab. 1 The experimental designs of the host and donor oysters sampled separately from the third generation shell colored lines

植核贝 host oysters	小片贝 donor oysters			
	RS ₃	YS ₃	WS ₃	BS ₃
RS ₃	RR	RY	RW	RB
YS ₃	YR	YY	YW	YB
WS ₃	WR	WY	WW	WB
BS ₃	BR	BY	BW	BB

1.3 数据收集与分析

实验起始和结束时,从每个组合取样 30 个个体,测量每个个体的壳高;育珠期结束后,统计了各组合的成活率、留核率、成珠率、商品珠率和优良珠率等性能指标,并计算出育珠绩效值(综合指标值)进行比较分析。成活率 = 育珠期结束时

成活贝数/起始时育珠贝总数;留核率 = 留核数/成活贝;商品珠率 = 商品珠数/留核数;优良珠率 = 优良珠数/商品珠数,优良珍珠评价标准为形状圆形、表面光洁无瑕疵、色泽莹润、珠层厚度 300 μm 以上。

育珠期结束后,利用单因素方差分析比较各组合成活率、留核率、商品珠率、优良珠率和育珠绩效值的差异。为更准确地比较各壳色系育珠期的生长和成活率及其各项育珠的性能指标和育珠绩效值,将具有相同壳色的植核贝和小片贝的组合进行合并,利用单因素方差分析比较各壳色系相关指标的差异;若差异显著,再采用 LSD 进行均值比较。利用 SPSS 11.0 进行数据统计分析,差异显著水平设为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 育珠期壳色系生长与成活率比较

实验 I:育珠期结束后,5 个群体(4 个壳色系和 1 个养殖群体)的平均壳高和成活率均存在显著性差异($P < 0.05$),其中 BS₃ 具有平均壳高[(77.18 ± 2.40) mm]显著大于 RS₃[(73.15 ± 2.50) mm]、YS₃[(72.27 ± 2.48) mm]、WS₃[(70.58 ± 3.12) mm]和养殖群体[(72.34 ± 2.34) mm];5 个群体的成活率为 19.2%~23.1%,其中金黄壳色系具有最大的成活率(23.1% ± 3.0%),而养殖群体具有最低的成活率(19.2% ± 2.1%)(表 2)。

实验 II:育珠期结束后,4 个壳系系的平均壳高和成活率均存在显著性差异($P < 0.05$),其中 BS₃[(67.20 ± 7.78) mm]、RS₃[(65.26 ± 4.49) mm]和 YS₃[(65.14 ± 7.71) mm]的平均壳高显著大于 WS₃[(61.78 ± 5.05) mm];4 个壳系系的成活率为 17.5%~33.4%,其中 BS₃ 具有最大的成活率(33.4% ± 2.5%),YS₃ 具有最低的成活率(17.5% ± 3.8%)(表 2)。

2.2 各组合间育珠性能与育珠绩效比较

实验 I:育珠期结束后,17 个组合的留核率、商品珠率、优良珠率和育珠绩效值均存在显著性差异($P < 0.05$),各组合的留核率、商品珠率和优良珠率分别为 0.52~1.40 粒/贝、73.3%~90.4% 和 50.0%~83.3%,其中 BW 组合具有最大的留核率、商品珠率和育珠绩效值,RB 组合具有最大的优良珠率;各组合珍珠层厚度差异不显著($P > 0.05$),BW 具有最大的珍珠层厚度(表 3)。

表 2 壳色系 F₃ 育珠贝生长与成活率比较
Tab. 2 Growth and survival of the third generation shell colored lines

育珠贝 host oysters	实验 I experiment I			实验 II experiment II		
	起始壳高/mm shell height at the beginning	结束壳高/mm shell height at the end	成活率/% survival rate	起始壳高/mm shell height at the beginning	结束壳高/mm shell height at the end	成活率/% survival rate
RS ₃	60.10 ± 2.90 ^a	73.15 ± 2.50 ^b	22.7 ± 4.5 ^a	57.85 ± 2.23 ^a	65.26 ± 4.49 ^a	29.4 ± 2.9 ^a
YS ₃	59.89 ± 2.28 ^a	72.27 ± 2.48 ^b	23.1 ± 3.0 ^a	58.34 ± 3.22 ^a	65.14 ± 7.71 ^a	17.5 ± 3.8 ^c
WS ₃	59.14 ± 2.24 ^a	70.58 ± 3.12 ^b	21.7 ± 3.2 ^b	58.94 ± 2.56 ^a	61.78 ± 5.05 ^b	24.6 ± 1.4 ^b
BS ₃	59.23 ± 2.18 ^a	77.18 ± 2.40 ^a	21.9 ± 3.3 ^a	58.10 ± 2.38 ^a	67.20 ± 7.78 ^a	33.4 ± 2.5 ^a
养殖群体	59.36 ± 2.32 ^a	72.34 ± 2.34 ^b	19.2 ± 2.1 ^b	—	—	—

注: 同列相同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

Notes: Values with same letters in the same column have significant difference ($P < 0.05$). The same as below.

表 3 实验 I 和 II 各组合育珠性能与育珠绩效的比较
Tab. 3 Pearl production traits of the combinations in the experiment I and II

组合 group	成活率/% survival rate	留核率(颗/贝) retention rate (grain per individual)	商品珠率/% commercial pearl rate	优良珠率/% perfect pearl rate	珍珠层厚度/mm pearl thickness	育珠绩效值 pearl performance value
实验 I experiment I						
RR	15.8 ± 2.7	1.06 ± 0.15	89.5 ± 5.2	60.5 ± 6.3	0.406 ± 0.102	0.037 ± 0.006
RY	23.0 ± 3.3	0.93 ± 0.07	81.4 ± 4.6	65.7 ± 3.7	0.434 ± 0.147	0.050 ± 0.012
RW	36.4 ± 3.6	0.89 ± 0.11	78.1 ± 4.2	64.9 ± 4.6	0.394 ± 0.112	0.065 ± 0.009
RB	15.4 ± 2.9	0.77 ± 0.08	78.3 ± 3.9	83.3 ± 5.3	0.411 ± 0.177	0.032 ± 0.007
YR	22.9 ± 3.4	0.94 ± 0.14	73.3 ± 4.8	54.5 ± 5.7	0.431 ± 0.133	0.037 ± 0.011
YY	19.0 ± 2.1	1.06 ± 0.12	81.5 ± 5.5	59.8 ± 6.2	0.464 ± 0.136	0.046 ± 0.004
YW	27.4 ± 2.3	0.81 ± 0.12	83.0 ± 7.6	76.9 ± 6.5	0.428 ± 0.100	0.061 ± 0.017
YB	25.2 ± 1.8	1.15 ± 0.15	80.3 ± 3.5	55.1 ± 4.4	0.451 ± 0.098	0.058 ± 0.006
WR	25.9 ± 2.4	0.97 ± 0.13	87.7 ± 3.8	50.0 ± 5.4	0.434 ± 0.092	0.048 ± 0.010
WY	26.8 ± 3.1	0.78 ± 0.05	87.8 ± 5.7	72.1 ± 6.3	0.431 ± 0.086	0.057 ± 0.007
WW	19.7 ± 2.2	0.79 ± 0.07	81.7 ± 4.2	64.0 ± 5.0	0.446 ± 0.098	0.036 ± 0.003
WB	14.2 ± 3.4	1.03 ± 0.16	90.1 ± 6.4	76.7 ± 4.8	0.500 ± 0.144	0.066 ± 0.012
BR	23.3 ± 2.7	1.12 ± 0.14	82.8 ± 4.8	60.4 ± 6.8	0.467 ± 0.131	0.061 ± 0.015
BY	23.0 ± 2.3	0.81 ± 0.15	88.5 ± 3.7	69.6 ± 7.2	0.488 ± 0.157	0.056 ± 0.008
BW	18.4 ± 1.6	1.40 ± 0.12	90.4 ± 4.5	68.4 ± 5.5	0.503 ± 0.143	0.080 ± 0.011
BB	21.9 ± 2.2	0.97 ± 0.18	81.2 ± 3.6	50.5 ± 6.5	0.476 ± 0.099	0.042 ± 0.005
CY	19.2 ± 1.5	0.52 ± 0.03	78.9 ± 5.6	56.7 ± 8.7	0.430 ± 0.123	0.019 ± 0.007
P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05	<0.05
实验 II experiment II						
RR	26.5 ± 1.4	0.63 ± 0.07	86.2 ± 4.3	10.1 ± 3.3	0.324 ± 0.080	0.007 ± 0.002
RY	22.7 ± 1.7	0.63 ± 0.03	75.6 ± 5.2	12.1 ± 2.2	0.335 ± 0.068	0.005 ± 0.002
RW	24.8 ± 2.2	0.54 ± 0.10	77.4 ± 4.4	7.9 ± 1.7	0.346 ± 0.089	0.002 ± 0.001
RB	24.2 ± 1.5	0.55 ± 0.08	80.1 ± 3.7	5.9 ± 3.6	0.304 ± 0.089	0.002 ± 0.001
YR	32.5 ± 2.7	0.88 ± 0.11	78.3 ± 4.3	16.7 ± 3.0	0.389 ± 0.097	0.010 ± 0.002
YY	36.9 ± 3.2	0.50 ± 0.09	80.0 ± 5.4	20.0 ± 2.7	0.359 ± 0.032	0.005 ± 0.002
YW	26.5 ± 2.8	0.54 ± 0.04	66.7 ± 2.9	15.0 ± 2.9	0.333 ± 0.065	0.003 ± 0.001
YB	37.8 ± 2.4	0.70 ± 0.16	73.3 ± 4.8	13.6 ± 1.8	0.334 ± 0.090	0.003 ± 0.001
WR	40.3 ± 3.6	0.59 ± 0.06	68.7 ± 5.1	39.5 ± 2.8	0.353 ± 0.098	0.013 ± 0.004
WY	29.1 ± 2.2	0.49 ± 0.08	75.6 ± 4.0	15.6 ± 2.0	0.336 ± 0.036	0.005 ± 0.001
WW	21.2 ± 1.6	0.54 ± 0.11	65.9 ± 3.3	34.1 ± 2.6	0.379 ± 0.075	0.012 ± 0.005
WB	27.0 ± 1.9	0.43 ± 0.07	73.7 ± 4.6	31.0 ± 3.5	0.325 ± 0.074	0.008 ± 0.002
BR	15.6 ± 2.4	0.74 ± 0.05	70.0 ± 3.8	39.6 ± 1.9	0.367 ± 0.074	0.028 ± 0.012
BY	13.5 ± 1.1	0.56 ± 0.12	82.1 ± 5.6	6.3 ± 2.6	0.353 ± 0.125	0.004 ± 0.001
BW	17.9 ± 1.8	0.57 ± 0.05	80.0 ± 3.5	6.7 ± 1.8	0.419 ± 0.075	0.003 ± 0.001
BB	23.1 ± 2.1	0.56 ± 0.11	74.1 ± 2.6	13.9 ± 1.4	0.394 ± 0.059	0.007 ± 0.003
P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

实验 II:育珠期结束后,16 个组合的留核率、商品珠率、优良珠率珍珠层厚度和育珠绩效值均存在显著性差异 ($P < 0.05$),各组合的留核率、商品珠率、优良珠率和珍珠层厚度分别为 0.43 ~ 0.88 粒/贝、66.7% ~ 86.2%、5.9% ~ 39.6% 和 0.304 ~ 0.419 mm,其中 YR、RR、和 BW 组合分别具有最大的留核率、商品珠率和珍珠层厚度, BR 具有最大的优良珠率和育珠绩效值(表 3)。

2.3 4 个壳色系植核贝和小片贝育珠性能与育珠绩效的比较

分别按照作为插核贝和小片贝的 4 个壳色系,对实验 I 和 II 的育珠性能和育珠绩效进行综合比较的结果见表 4。实验 I 结果表明,4 个壳色系 F_3 作为插核贝育珠的留核率、珠层厚度和育珠

绩效值均存在显著性差异 ($P < 0.05$),其中黑壳色系 F_3 具有最高的留核率、珠层厚度和育珠绩效值;4 个壳色系 F_3 的商品珠率和优良珠率没有显著性差异 ($P > 0.05$)。4 个壳色系作为小片贝的留核率、商品珠率、优良珠率、珍珠层厚度和育珠绩效均没有显著性差异 ($P > 0.05$)。

实验 II 结果表明,4 个壳色系 F_3 作为插核贝育珠的成活率和珍珠层厚度均存在显著性差异 ($P < 0.05$),其中黑壳色系 F_3 具有最高的成活率和珍珠层厚度;其留核率、商品珠率、优良珠率和育珠绩效均没有显著性差异 ($P > 0.05$)。但作为小片贝的留核率、商品珠率、优良珠率、珍珠层厚度和育珠绩效均没有显著性差异 ($P > 0.05$)。

表 4 4 个壳色系 F_3 植核贝和小片贝育珠性能与育珠绩效的比较

Tab. 4 Pearl production traits of the host and donor oysters separately from the third generation shell colored lines

组合 group	成活率/% survival rate	留核率(粒/贝) retention rate (grain per individual)	商品珠率/% commercial pearl rate	优良珠率/% perfect pearl rate	珍珠层厚度/mm pearl thickness	育珠绩效值 pearl performance value
实验 I 育珠贝 host oysters in the experiment I						
RS ₃	22.6 ± 9.8 ^a	0.92 ± 0.10 ^a	81.8 ± 4.6 ^a	68.6 ± 8.7 ^a	0.412 ± 0.015 ^b	0.048 ± 0.010 ^b
YS ₃	23.6 ± 3.6 ^a	0.99 ± 0.13 ^a	79.5 ± 3.7 ^a	61.6 ± 9.1 ^a	0.443 ± 0.014 ^{ab}	0.051 ± 0.009 ^b
WS ₃	21.7 ± 5.8 ^a	0.89 ± 0.11 ^b	86.8 ± 3.1 ^a	65.7 ± 10.1 ^a	0.453 ± 0.027 ^{ab}	0.050 ± 0.007 ^b
BS ₃	20.9 ± 2.3 ^a	1.07 ± 0.22 ^a	85.7 ± 3.8 ^a	62.2 ± 7.6 ^a	0.483 ± 0.014 ^a	0.058 ± 0.011 ^a
实验 II 育珠贝 host oysters in the experiment II						
RS ₃	29.4 ± 4.3 ^a	0.58 ± 0.04 ^a	79.8 ± 4.0 ^a	9.0 ± 2.3 ^a	0.327 ± 0.017 ^c	0.004 ± 0.002 ^a
YS ₃	17.5 ± 3.2 ^c	0.66 ± 0.15 ^a	74.6 ± 5.2 ^a	16.3 ± 2.4 ^a	0.353 ± 0.025 ^b	0.005 ± 0.001 ^a
WS ₃	24.6 ± 8.3 ^b	0.51 ± 0.05 ^a	80.0 ± 3.9 ^a	30.1 ± 8.9 ^a	0.348 ± 0.023 ^b	0.009 ± 0.004 ^a
BS ₃	33.4 ± 5.3 ^a	0.61 ± 0.08 ^a	76.5 ± 4.8 ^a	16.6 ± 13.6 ^a	0.384 ± 0.029 ^a	0.010 ± 0.002 ^a
实验 I 小片贝 donor oysters in the experiment I						
RS ₃	22.2 ± 1.8 ^a	1.02 ± 0.07 ^a	83.3 ± 6.3 ^a	56.4 ± 4.4 ^a	0.435 ± 0.025 ^a	0.046 ± 0.018 ^a
YS ₃	20.5 ± 5.2 ^a	0.90 ± 0.11 ^a	84.8 ± 3.6 ^a	66.8 ± 4.6 ^a	0.426 ± 0.022 ^a	0.045 ± 0.012 ^a
WS ₃	22.4 ± 8.0 ^a	0.97 ± 0.25 ^a	83.3 ± 4.5 ^a	68.6 ± 5.1 ^a	0.466 ± 0.044 ^a	0.058 ± 0.015 ^a
BS ₃	17.7 ± 4.1 ^a	0.98 ± 0.14 ^a	82.5 ± 4.5 ^a	66.4 ± 13.9 ^a	0.465 ± 0.025 ^a	0.044 ± 0.007 ^a
实验 II 小片贝 donor oysters in the experiment II						
RS ₃	30.8 ± 10.4 ^a	0.71 ± 0.11 ^a	75.8 ± 7.0 ^a	26.5 ± 13.3 ^a	0.359 ± 0.027 ^a	0.016 ± 0.006 ^a
YS ₃	26.2 ± 9.9 ^a	0.55 ± 0.06 ^a	78.3 ± 2.8 ^a	13.5 ± 5.0 ^a	0.348 ± 0.021 ^a	0.005 ± 0.002 ^a
WS ₃	23.0 ± 3.8 ^a	0.55 ± 0.01 ^a	72.5 ± 6.3 ^a	15.9 ± 10.9 ^a	0.346 ± 0.051 ^a	0.005 ± 0.001 ^a
BS ₃	24.9 ± 6.7 ^a	0.56 ± 0.10 ^a	75.3 ± 2.8 ^a	16.1 ± 9.2 ^a	0.361 ± 0.024 ^a	0.006 ± 0.002 ^a

注:育珠绩效值均为各项性能指标的乘积。

Notes: Pearl performance is product of the indices.

3 讨论

3.1 壳色系生长性状比较

海洋双壳类普遍具有壳色多态性现象,种内

不同壳色个体生长和成活率存在明显差异^[16-19]。例如, Wolff 等^[16]报道了智利扇贝 (*Argopecten purpuratus*) 数量稀少的黄色个体的绝对生长率、成活率和生长指数均显著低于常见的褐紫色个

体。郑怀平等^[17]报道了在幼虫和稚贝等早期发育阶段海湾扇贝橙色、紫色和白色个体生长速率和成活率没有显著性差异,在成体阶段白壳色个体的生长速率和成活率均明显高于橙色和紫色个体。这些结果均表明了双壳贝类壳色与生长性状存在明显的相关性,这种相关性可解释为控制壳色基因具有多效性,或者壳色控制基因与控制其它表型性状的基因存在紧密连锁^[20]。

利用壳色与表型性状存在明显的相关性可对壳色和生长性状进行协同选择,培育同时具有特征壳色和生长等性状的品种。贝类壳色协同选育在皱纹盘鲍 (*Haliotis discus discus*)^[21]、海湾扇贝 (*A. irradians irradians*)^[22]、虾夷扇贝 (*Patinopecten yessoensis*)^[23]、华贵栉孔扇贝 (*Chlamys nobilis*)^[24]、菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*)^[25] 和马氏珠母贝^[13,26] 等贝类取得了显著进展。例如,闫喜武等^[25] 也报道了菲律宾蛤仔斑马蛤品系和辽宁红品系幼虫、稚贝和成体阶段的生长显著大于对照组。马氏珠母贝野生或养殖群体的壳色包括褐色、黑色、红色、白色和金黄壳色,其中白和金黄壳色受隐性基因控制^[3]。本课题组从北部湾野生和养殖群体选择不同壳色个体为亲本建立基础群体,经过不断纯化和选择培育出黑、红、白和金黄壳色系,而且发现了马氏珠母贝金黄、白、黑和红壳色系 F_1 在幼虫阶段的壳长生长存在显著差异,其中黑壳色 F_1 幼虫期的壳长生长显著大于白、金黄和红壳色系 F_1 ^[14]。本研究结果表明,育珠期各壳色系的壳长存在显著性差异,黑壳色系 F_3 的壳长生长大于白、金黄和红壳色系 F_3 ,这与我们前期壳色系生长性状比较的研究报道相一致^[13-15]。

3.2 壳色系育珠性状比较

养殖马氏珠母贝主要目的是培育人工有核珍珠。人工珍珠培育是将小片贝的细胞小片与珠核一起移植到植核贝内脏团内,移植的细胞小片和植核贝组织相互作用共同形成珍珠囊,由珍珠囊细胞不断分泌珍珠质而形成珍珠。珍珠囊是形成珍珠的主要器官,而珍珠囊的形成与植核贝和小片贝有关^[26-27]。珍珠层厚度与重量是评价珍珠质量的指标,现有研究表明珍珠层厚度和重量与受体贝的生长性状存在相关性。Wada等^[6]珍珠的重量与受体贝壳干重存在明显正相关 ($r = 0.451, P > 0.05$)。本研究结果表明,各组合间育

珠性能指标均存在显著差异,其中个体组合中实验 I 的 BW 组合和实验 II 的 BR 组合(植核贝均为黑壳色系)具有最高的育珠绩效值;同一壳色系组合中实验 I 和实验 II 均为黑壳色系具有最高的育珠绩效值。这可能与育珠期间黑壳色系具有较快的生长存在一定的相关性。

珍珠的颜色和光泽也是评价珍珠质量的最重要指标之一,而小片贝壳内的珍珠层颜色是决定珍珠颜色和光泽的主要因素。Wada等^[6]报道了以马氏珠母贝白色品系作为细胞小片供体贝时,能明显降低黄色珠比例,提高优质白色珍珠比例。本研究也表明,以白壳色系为细胞小片,其优良珠率、珠层厚度和育珠绩效值都明显大于其他壳色系(表4实验I结果),这与Wada等^[6]研究结果相一致。同时需要说明问题是,珍珠颜色和光泽与植核贝壳内的珍珠层颜色存在相关性,而与壳表颜色无明显相关性。因此,在进行马氏珠母贝壳色选育过程中,应该针对壳内珍珠层颜色进行选择。

3.3 季节对育珠效果分析

本研究分别选在夏季(6月)和冬季(11月)进行植核育珠,结果表明夏季植核的育珠贝的留核率、商品珠率、优质珍珠率、珠层厚度和育珠绩效都显著大于冬季植核的育珠贝,这说明了植核季节对育珠性能存在显著影响。不同植核季节对育珠效果的影响主要与养殖环境的水温、盐度和饵料生物有关。对马氏珠母贝而言,能进行正常生理活动的适温范围为 $15 \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$,最适水温范围为 $23 \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ^[28]。本研究中第一批植核时间为6月中旬,养殖环境水温为 $26 \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$,为马氏珠母贝的生长和珍珠囊形成与珍珠质分泌的最佳水温;而第二批植核时间为初冬的11月中旬,植核后水温逐渐趋低,对育珠贝的生长、代谢以及珍珠囊形成与珍珠质分泌都产生抑制,所以夏季植核能比冬季植核获得更好的育珠效果。从本实验看,实验 I 的 BW 组合的平均珠层厚度超过 $500 \text{ } \mu\text{m}$,个体最大值超过 $700 \text{ } \mu\text{m}$,而实验 II 的个体最大值超过 $490 \text{ } \mu\text{m}$ 。而且实验 I 的各项育珠性能指标和育珠绩效值都远远大于实验 II;同时,饵料也是影响马氏珠母贝生命活动的主要环境因素之一,不同季节养殖环境海区的饵料种类和数量差异也较为明显。一般夏季海水水温偏高、盐度较恒定、气候条件相对稳定,有利于饵料生物的繁

殖,能充分满足育珠贝对饵料的需求,也是夏季植核能获得较好育珠效果的有效保障。因此,挑选夏季进行植核育珠,能加快珍珠囊形成,加速珍珠质的分泌,从而提高育珠贝的留核率与优质珍珠率。

参考文献:

- [1] 王桢瑞. 中国动物志无脊椎动物(第三十一卷),软体动物门,双壳纲,珍珠贝亚目[M]. 北京:科学出版社,2002:68-98.
- [2] Wada K T. Genetic selection for shell traits in the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*[J]. *Aquaculture*, 1986, 57: 171-176.
- [3] 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: 331.
- [4] Wada K T, Komaru A. Shell color, density, water depth, and growth of different lines of the Japanese pearl oyster[J]. *Aquaculture*, 1993, 111: 292-293.
- [5] Wada K T, Komaru A. Effect of selection for shell coloration on growth rate and mortality in the Japanese pearl oyster *Pinctada fucata martensii*[J]. *Aquaculture*, 1994, 125: 59-65.
- [6] Wada K T, Komaru A. Corlour 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.
- [7] 何毛贤,史兼华,林岳光,等. 马氏珠母贝选育子一代生长特性研究[J]. 热带海洋学报, 2006, 25(1): 19-22.
- [8] 邓岳文,符韶,杜晓东,等. 马氏珠母贝选系 F₂ 早期选择反应和现实遗传力估计[J]. 广东海洋大学学报, 2008, 28(4): 26-29.
- [9] Deng Y W, Fu S, Du X D, et al. Realized heritability and genetic gain estimates of larval shell length in the Chinese pearl oyster *Pinctada martensii* at three different salinities [J]. *North American Journal of Aquaculture*, 2009, 71(4): 302-306.
- [10] Deng Y W, Du X D, Wang Q H. Selection for fast growth in the Chinese pearl oyster, *Pinctada martensii*: response of the first generation line [J]. *Journal of the World Aquaculture Society*, 2009, 40(6): 843-847.
- [11] Wang Q H, Deng Y W, Du X D, et al. Realized heritability and genetic gains of three generation for superior growth in the pearl oyster *Pinctada martensii* [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 108-111.
- [12] Deng Y W, Yu Z N, Du X D, et al. Growth performance and physiological parameters of the second generation selected and control groups of *Pinctada martensii* [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2011, 30(2): 120-125.
- [13] 邓岳文,张善发,符韶,等. 马氏珠母贝黄壳选系 F₁ 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.
- [14] 王庆恒,邓岳文,杜晓东,等. 马氏珠母贝 4 个壳选系 F₁ 幼虫的生长比较[J]. 中国水产科学, 2008, 15(3): 488-492.
- [15] 王庆恒,张善发,杜晓东,等. 生长适温下马氏珠母贝黄壳选系 F₁ 与养殖群体消化酶活力的比较[J]. 中国水产科学, 2010, 17(2): 252-257.
- [16] Wolf M, Garrido J. Comparative study of growth and survival of two color morphs of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck) in suspended culture [J]. *Journal of Shellfish Research*, 1991, 10(1): 47-53.
- [17] 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.
- [18] 郑怀平,许飞,张国范,等. 海湾扇贝壳色与数量性状之间的关系 [J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(4): 328-333.
- [19] Liu X, Deng Y W, Zhang G F. Growth of eight pacific abalone families at three temperatures [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2005, 24(3): 148-153.
- [20] Sokolova I M, Berger V J. Physiological variation related to shell colour polymorphism in White Sea *Littorina saxatilis* [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2000, 245: 1-23.
- [21] 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.
- [22] 许飞,郑怀平,张海滨,等. 海湾扇贝“中科红”品种与普通养殖群体不同温度下早期性状的比较[J]. 水产学报, 2008, 32(6): 876-883.
- [23] 程鹏,杨爱国,周丽青,等. 不同壳色虾夷扇贝家系 F₁ 幼虫生长及遗传结构的比较分析 [J]. 中国水产科学, 2010, 17(5): 960-968.
- [24] 张涛,郑怀平,孙泽伟,等. 华贵栉孔扇贝不同壳色后代早期发育阶段性状比较 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(23): 478-484.
- [25] 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.
- [26] 杜晓东,焦钰,邓岳文,等. 马氏珠母贝 *Pinctada martensii* 珍珠囊发育的超微结构观察[J]. 海洋学报,2010,32(5):160-164.
- [27] 焦钰,师尚丽,杜晓东,等. 马氏珠母贝珍珠囊发育的组织和组织化学研究[J]. 广东海洋大学学报,2010,30(4):7-10.
- [28] 邓陈茂,童银洪. 南珠养殖和加工技术[M]. 北京: 中国农业出版社,2005:19.

A study on thick pearls produced by the third generation shell color lines of pearl oyster (*Pinctada martensii*)

FU Shao, XIE Shao-he*, DENG Yue-wen, LIANG Fei-long
(Pearl Institute, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Abstract: Two experiments were designed to evaluate the pearl production traits of the third generation red (RS_3), yellow (YS_3), white (WS_3) and black (BS_3) shell colored lines. Different colored lines were used as host and donor oysters respectively. The pearl in Experiment I, 16 combinations were established by sampling the RS_3 , YS_3 , WS_3 and BS_3 lines as honor and donor oysters. Another combination was established by using the common cultured stock and YS_3 as honor and donor oysters, respectively. And a total of seventeen combinations were established. The pearls were harvested after the honor oysters were cultured for twenty-four months. In Experiment II, sixteen combinations were established by sampling the RS_3 , YS_3 , WS_3 and BS_3 lines as honor and donor oysters. The pearls were harvested after the honor oysters were cultured for eighteen months. After harvesting pearls, shell height growth and survival of the RS_3 , YS_3 , WS_3 and BS_3 lines were compared in both experiments. Retention rate, commercial pearl rate, better quality pearl rate and pearl thickness of each combination in Experiment I and II were compared. The results showed that there existed significant differences in mean shell height and survival among the RS_3 , YS_3 , WS_3 and BS_3 lines in Experiment I and II ($P < 0.05$). The BS_3 line had the largest mean shell height compared with the RS_3 , YS_3 and WS_3 lines in Experiment I and II. The YS_3 line had the largest survival in Experiment I and the BS_3 line had the largest survival in Experiment II. In Experiment I, there were significant differences in retention rate, commercial rate, perfect quality pearl rate and pearl performance values among the 17 combinations ($P < 0.05$); There were insignificant differences in pearl thickness among the 17 combinations ($P > 0.05$); The BW combination had the highest retention rate, commercial pearl rate, pearl thickness and pearl performance value, and the RB had the highest perfect quality pearl rate. In Experiment II, there were significant differences in retention rate, commercial rate, pearl thickness, perfect quality pearl rate and pearl performance values among the 16 combinations ($P < 0.05$). A combined analysis on host or donor oysters showed that the BS_3 line is desirable for host oyster to produce better quality pearl and is promising in the commercial pearl production.

Key words: *Pinctada martensii*; the third generation shell color lines; shell color trait

Corresponding author: XIE Shao-he. E-mail: xsh5760288@126.com