

文蛤不同地理群体自繁和互交 F_1 代的早期生长性状

肖国强^{1,2}, 林志华^{3*}, 董迎辉³, 柴雪良^{1,2}, 陆荣茂^{1,2}, 刘保忠⁴

(1. 浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州 325005;

2. 浙江省近岸水域生物资源开发与保护重点实验室, 浙江 温州 325005;

3. 浙江万里学院生命与环境学院, 浙江 宁波 315100;

4. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要:为了培育文蛤新品种,开展了不同地理群体文蛤(山东野生群体和江苏野生群体)的自繁和互交实验,获得了2个自繁群体和2个互交群体,运用方差分析对4个群体子一代的浮游幼虫和稚贝(1~12月龄)的主要性状进行了比较。结果表明,各实验组的受精率、受精卵的孵化率、胚胎发育和浮游幼虫生长无明显差异;2个月龄内稚贝各实验组生长发育差异不明显;3~12月龄稚贝生长性状主要表现为 $S♀ \times J♂ > S♀ \times S♂ > J♀ \times S♂ > J♀ \times J♂$,其中前3个组合之间差异不显著,但均与第四组合差异显著;互交组的杂种优势率范围在6%~168%。杂种优势在不同性状表现不同,活体重的杂种优势高于壳长、壳高和壳厚;同时各性状指标受季节性温度变化影响较大,5~10月份是高速生长期,而12月份以后处于低生长状态。获得的4个群体将作为进一步选育的基础群体,子一代的变异性增加为进一步选育奠定了基础。

关键词:文蛤;种群;自繁;生长;杂种优势

中图分类号:Q 953; S 966.2

文献标识码:A

文蛤(*Meretrix meretrix*)是我国重要的经济贝类,也是我国出口创汇主要水产品之一,广泛分布于我国沿海,二十世纪七十年代开始了人工育苗和养殖。近年来,随着文蛤养殖规模快速增长,养殖文蛤的生长速度和抗逆能力等生产性状出现降低的现象,大规模疾病暴发时有发生,制约了文蛤养殖业的发展^[1]。杂交育种是性状改良的有效手段之一,不同种群的动物杂交所产生的杂种,一般在生活力、生长势和生产性能等方面的表现在一定程度上优于其亲本纯繁群体,表现出一定的“杂种优势”(hybrid vigour)。为了寻找生产性能好,抗逆性高的品种,国内外许多学者进行了多种海洋贝类的种间^[2-4]和种内不同种群^[5-7]的杂交实验,但是贝类种间杂交常常存在受精率低,幼虫死亡高和杂交不育等问题,而种内不同种群间的杂交普遍能表现出不同程度的杂种优势。

Newkirk 等^[6]报道了美洲牡蛎(*Crassostrea virginica*)4个种群杂交后代在存活率和生长方面优于其亲本,Mallet 等^[7]研究了美洲牡蛎6个种群及其杂种存活和生长。刘小林等^[8-10]对栉孔扇贝中国群体与俄罗斯群体、中国群体与日本群体的杂交进行了系列的研究,结果表明大部分组合的杂交后代均能表现出一定的杂交优势,而不同性状的杂交优势表现程度也不相同。

目前,国内学者已用 ITS^[11-12]、RAPD^[13]、ISSR^[14]、同工酶^[15]等分子标记手段对我国文蛤不同群体的遗传多样性进行了研究,但是不同地理群体文蛤杂交育种研究仍未见报道。本研究主要以杂交优势理论为基础,探索了文蛤山东群体和江苏群体的杂交育种,分析杂交后代的差异,评定其杂交效果,从而推动文蛤养殖良种化进程,实现文蛤养殖业健康发展。

收稿日期:2009-02-04 修回日期:2009-07-24

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA10A410);国家科技支撑计划(2007BAD43B09);浙江省科技厅重大科技攻关计划(2006C12013);温州市科技兴海计划(S20080019)

通讯作者:林志华, Tel:13806552064, E-mail: zhihua9988@126.com

1 材料与方 法

1.1 亲贝的选择和暂养

2006年5月,从山东东营、江苏如东两个产区采集天然文蛤,分别称为山东群体(S)和江苏群体(J)。挑选健康无病、无伤损、壳色有光泽、壳高4~7 cm的3~4龄文蛤作为亲贝。采集的山东和江苏群体文蛤置于室内水泥池中暂养促熟,池底铺10 cm左右的细砂,每天换水两次,每次换水量50%,投喂足量的金藻和角毛藻进行营养强化。亲贝培养的起始水温20℃,其后每隔1天升温0.5℃,当水温到达26℃时保持恒定,以调节其性腺同步性成熟。

1.2 实验设计及实验过程

实验设计 山东群体(S)和江苏群体(J)的雌、雄亲贝配成两个群体间自繁组合(S♀×S♂和J♀×J♂)和群体间互交组合(S♀×J♂和J♀×S♂),每个组合的雌、雄亲本数均为20个左右。

催产与人工受精 2006年7月18日,对性腺发育成熟的亲贝进行催产。催产采用阴干和流水刺激结合的方法:亲贝阴干12 h后流水刺激1 h,然后为防止意外受精,将单个文蛤放入1 L的烧杯中产卵和排精。1 h后亲贝均先后产卵和排精,分别收集卵子和精液,按预先组合设置方案,及时完成各实验组合的人工授精,由此获得2个群体间互交组合和2个群体内自繁组合。

幼虫培育 受精卵在80 L的塑料桶中孵化,实验水体为60 L,每个实验组设4个平行组,受精卵孵化密度约为10个/mL,孵化期间连续充气,孵化温度为自然水温(27~29℃)。受精后大约14 h,各组合受精卵发育到D形幼虫期,用300目的筛绢滤出D形幼虫,计数定量后,分别转入80 L的塑料中进行幼虫培养,控制密度为5个/mL左右。

幼虫培育期间保持连续微量充气,自然水温(27~29℃),投喂等边金藻和角毛藻,饵料密度控制在 2×10^4 个/mL,每8小时投饵一次。每天用砂滤海水换水1次,换水量100%。当幼虫生长到壳长180 μm时,投放高锰酸钾消毒过的细砂(过80目筛)作为附着基。受精后6 d左右,幼虫壳长约200 μm时,开始附着变态。

稚贝培育 附着稚贝初期在80 L的塑料

桶中培育,每隔5天连苗带砂移出用海水冲洗。稚贝培育期间随着个体生长,每天适当增加投喂饵料量,饵料以金藻、角毛藻、扁藻混合投喂。稚贝壳长达1 mm以后,视生长情况定期进行疏苗培养:8月26日第一次分苗,各实验组随机均取13万颗稚贝放入5 m²的水泥池中培育,每5天测量大小一次;9月18日第二次分苗,各实验组合随机选取5万颗稚贝放入10 m²的水泥池中培育,每10天测量大小一次;10月28日第三次分苗,各实验组随机选取1万颗稚贝放入10 m²的水泥池中培育,每10天测量大小一次;2007年1月18日第4次分苗,各实验组随机选取4 000颗稚贝放入10 m²的水泥池中培育,每30天测量大小一次。每次测量多点随机取样100颗稚贝。

1.3 性状指标测定及数据统计分析

受精率的观察度量 以排出第一极体为受精成功的统计标准,用显微镜分别于授精后15、20、25 min 3个时间节点计数受精率。受精卵在80 L的塑料桶中充气孵化培育,每个实验组4个平行,取每个桶的水样50 mL,用300目的筛绢富集并分别计数(计数个体300~400)并计算受精率。

$$D \text{ 型幼虫发生率}(\%) = \frac{D \text{ 型幼虫}}{D \text{ 型幼虫} + \text{担轮幼虫}} \times 100$$

孵化率的观察度量 D型幼虫取样方法同上,以胚胎发育至D形幼虫为准,用显微镜分别在14、15、16 h 3个时间节点计数D幼虫数。

浮游幼虫和稚贝性状指标的测定 浮游幼虫期:每日定时测量壳长,壳高,每个平行随机多点取样测量30个幼虫,4个平行共计120个。初期稚贝:每3天测量一次,16~30日龄间每5天测量一次(取样方法同浮游幼体)。后期稚贝-幼贝(4月龄起):定期测定壳长、壳高、壳宽以及活体重,每个组合随机多点取样100颗。

在各阶段统计每个实验组(均含4个平行重复)各个指标的平均数、标准差 s ,并依据以下公式计算变异系数(CV)和杂种优势率 H :

$$CV(\%) = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

式中, CV 代表变异系数,表示各性状指标的平均值, s 表示标准差。

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

式中, \bar{F}_1 、 \bar{P}_1 、 \bar{P}_2 ,分别代表互交 F_1 代及其双亲自

繁组合观察性状的平均值;H(%)代表 F₁ 代的杂种优势率。同时在生长的不同阶段,计算各观察性状日增加量 Δ,公式如下:

$$\Delta = (W_2 - W_1) / (t_2 - t_1)$$

式中,t₁ 和 t₂ 分别代表各阶段的起始时间和结束时间;W₁ 和 W₂ 为各阶段某性状的初始测定值和结束时的测定值。

1.4 数据的统计分析

采用的 Excel 统计分析工具库程序计算各性状均值,标准差和变异系数,并绘制柱状图和折线图,对 4 个实验组的受精率,D 形幼虫发生率进行单因子方差分析。利用 SPSS 软件对两个自繁组合和两个互交组合进行多重比较,分析各组合之间差异显著性。

2 结果

2.1 不同群体互交和自繁组合的受精率和 D 形幼虫孵化率

从图 1 可以看出,各个实验组的受精率均大于 90%,而 D 形幼虫孵化率只有个别实验组略小于 80%,其他组合均大于 80%。单因子方差分析结果显示,互交组合与自繁组合在这两个性状上均无显著差异(P>0.05)。

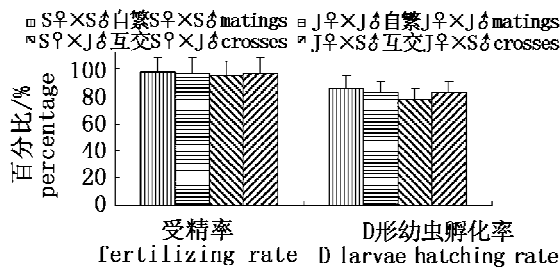


图 1 不同群体互交和自繁组合的受精率和 D 形幼虫孵化率

Fig. 1 Fertilizing and hatching rates of crossbred and inbred groups between different populations of *M. meretrix*

2.2 不同群体自繁及其互交组合 F₁ 第一个月生长比较

对不同实验组合的浮游幼虫及 1 月龄之内的稚贝生长情况进行了测定,统计结果如表 1。对表 1 分析可知,各实验组在浮游期及稚贝早期不同日龄观察得到的性状均值变化较大,多重比较结果显示各组合间大多差异显著,但是这种差异

在不同日龄的表现不一致,如 2~6 日龄,壳长及壳宽均以互交组合 J♀×S♂ 最大,其次为 J♀×J♂;而 7 日龄时,互交组合 S♀×J♂ 壳长性状反超为最大;至 10~13 日龄时,S♀×S♂ 的壳长壳宽均反超为最大。

从第 21 天开始,测定的各实验组生长性状差异开始趋于稳定,生长速度也逐渐拉开。多重比较分析结果显示:S♀×S♂ 组合生长最快,与其他实验组差异显著,2 个互交组生长之间无显著差异,而 J♀×J♂ 组合生长速度最慢,与其它 3 个实验组差异均显著。

2.3 不同群体自繁及互交组合 F₁ 早期(2~12 月龄稚幼贝)生长及杂种优势

对文蛤不同地理群体互交和自繁组合 12 个月内稚、幼贝的体尺及体重性状情况进行了测定,统计结果分列于表 2 和表 3。

由表 2 看出,在第 2 月各实验组的壳长、壳高差异显著,多重比较分析显示 S♀×S♂ 组合的稚贝明显大于其他 3 个组,而 J♀×J♂ 组合的生长速度最慢,且与其他 3 个组合的差异程度均达显著水平。总的表现为 S♀×S♂ > S♀×J♂ > J♀×S♂ > J♀×J♂。其后 2 个互交组合的生长速度开始加快,至 3 月龄时与 S♀×S♂ 组合接近,多重比较也表明这 3 个实验组之间无显著差异,但与 J♀×J♂ 组合的稚贝大小的差距进一步拉开。

从第 3 个月开始 2 个互交组合在各个性状上表现出一定的互交优势,其范围在 6%~68% 之间,虽然各性状在数值上主要表现为 S♀×J♂ > S♀×S♂ > J♀×S♂ > J♀×J♂,但统计分析表明这个 3 个实验组合各分析性状大多无显著差异。不同性状的互交优势有明显的差别,其中活体重的杂种优势远大于其他 3 个性状,而后三者之间的差别比较小,各性状的杂种优势的平均值表现为活体重 85.6% > 壳宽 25.8% > 壳长 24.1% > 壳高 22.7%。

从表 3 可以看出,各实验组不同指标的平均变异系数各不同,其中壳长和壳高的变异程度接近,趋势一致:J♀×J♂ > S♀×J♂ > S♀×S♂ > J♀×S♂。壳宽和湿重的变异程度都是江苏自繁组最大,最小分别为山东自繁组和山东雌互交组合。而从各指标的变异系数的大小来看,分别为湿重 > 壳宽 > 壳长 > 壳高。

表 1 文蛤山东群体与江苏群体自繁及其交互组合 F₁ 早期(1 月龄内)生长发育比较Tab. 1 Growth comparison of F₁ of crossbred and inbred groups between different populations of *M. meretrix* in the 1st month

日龄 days	性状 traits	F ₁ (S ♀ × S ♂)	F ₁ (S ♀ × J ♂)	F ₁ (J ♀ × S ♂)	F ₁ (J ♀ × J ♂)
1	卵径 egg diameter	95.3 ± 4.2	94.8 ± 3.8	94.6 ± 4.5	95.0 ± 4.1
2	壳长 shell length	128.6 ± 12.9 ^a	118.9 ± 6.6 ^c	138.8 ± 5.5 ^d	133.5 ± 9.8 ^b
	壳高 shell highness	109.4 ± 3.5 ^a	97.8 ± 4.2 ^c	113.4 ± 5.5 ^d	118.4 ± 7.9 ^b
3	壳长 shell length	143.6 ± 5.4 ^a	133.0 ± 5.1 ^c	148.7 ± 6.8 ^d	152.1 ± 5.9 ^b
	壳高 shell highness	133.0 ± 10.8 ^a	110.3 ± 5.1	123.0 ± 5.5 ^d	152.1 ± 5.9 ^b
4	壳长 shell length	161.0 ± 8.2 ^a	153.7 ± 9.6 ^c	172.3 ± 8.1 ^d	170.2 ± 5.7 ^b
	壳高 shell highness	137.8 ± 7.7 ^a	131.8 ± 8.7 ^c	147.3 ± 7.9 ^d	142.1 ± 6.5 ^b
5	壳长 shell length	174.6 ± 10.8 ^a	174.0 ± 8.5 ^a	184.9 ± 7.8 ^b	182.6 ± 7.9 ^b
	壳高 shell highness	151.9 ± 11.7 ^a	152.8 ± 9.6 ^a	164.0 ± 7.9 ^c	158.4 ± 7.6 ^b
6	壳长 shell length	179.0 ± 17.8 ^a	176.1 ± 13.7 ^a	185.5 ± 15.1 ^c	183.3 ± 17.9 ^b
	壳高 shell highness	155.6 ± 7.7 ^a	155.1 ± 14.0 ^a	161.1 ± 15.4 ^c	153.7 ± 15.2 ^b
7	壳长 shell length	186.5 ± 6.9 ^a	201.9 ± 13.6 ^c	199.1 ± 17.4 ^c	196.8 ± 17.8 ^b
	壳高 shell highness	164.1 ± 7.8 ^a	175.0 ± 16.5 ^d	170.3 ± 17.2 ^b	180.8 ± 13.7 ^c
10	壳长 shell length	292.5 ± 38.6 ^a	284.8 ± 26.2 ^{ab}	287.1 ± 22.6 ^{ab}	278.7 ± 21.2 ^b
	壳高 shell highness	262.2 ± 37.1 ^a	256.4 ± 22.6 ^a	259.3 ± 21.4 ^a	249.0 ± 20.1 ^b
13	壳长 shell length	322.3 ± 49.1 ^a	300.2 ± 25.4 ^c	318.6 ± 31.3 ^{ab}	311.7 ± 24.1 ^b
	壳高 shell highness	294.8 ± 48.7 ^a	268.7 ± 26.0 ^c	284.2 ± 31.1 ^b	284.0 ± 25.9 ^b
16	壳长 shell length	467.5 ± 56.2 ^a	415.1 ± 75.8 ^c	421.7 ± 67.8 ^c	386.3 ± 51.2 ^b
	壳高 shell highness	434.5 ± 55.8 ^a	381.0 ± 74.1 ^c	394.6 ± 68.9 ^c	357.8 ± 51.5 ^b
21	壳长 shell length	613.0 ± 94.0 ^a	585.0 ± 64.2 ^c	559.2 ± 74.2 ^d	491.6 ± 56.0 ^b
	壳高 shell highness	565.3 ± 85.2 ^a	541.7 ± 59.2 ^c	525.3 ± 71.3 ^c	460.9 ± 55.1 ^b
26	壳长 shell length	772.9 ± 119.1 ^a	687.3 ± 85.8 ^c	671.3 ± 66.6 ^c	646.9 ± 80.5 ^b
	壳高 shell highness	711.8 ± 108.2 ^a	634.0 ± 75.8 ^c	630.3 ± 65.5 ^c	601.3 ± 70.4 ^b
31	壳长 shell length	1010 ± 160.1 ^a	853.0 ± 125.3 ^c	880.6 ± 112.6 ^d	765.1 ± 91.4 ^b
	壳高 shell highness	930.2 ± 140.3 ^a	794.2 ± 117.6 ^c	828.2 ± 109.9 ^d	717.6 ± 89.7 ^b

注: 右上角字母相同的表示差异不显著 ($P > 0.05$)。Notes: Means not sharing a common superscript letter between row values for each index differ significantly ($P > 0.05$).

表 2 文蛤不同地理群体自繁及互交组合 F₁ 早期 (2~12 月龄) 生长发育杂种优势比较
 Tab. 2 Growth and heterosis comparison of F₁ of crossbred and inbred groups between different populations of *M. meretrix* during the early-term stage (2-12 months)

月龄 months	性状 traits	F ₁ (S ♀ × S ♂)	F ₁ (S ♀ × J ♂)	杂种优势 (%) H	F ₁ (J ♀ × S ♂)	F ₁ (J ♀ × J ♂)	杂种优势 (%) H
2	壳长 shell length	2.90 ± 0.60 ^a	2.44 ± 0.28 ^b	19.3	1.94 ± 0.39 ^d	1.44 ± 0.28 ^b	3.7
	壳高 shell highness	2.57 ± 0.55 ^a	1.98 ± 0.62 ^b	1.8	1.74 ± 0.36 ^d	1.32 ± 0.25 ^b	-10.5
4	壳长 shell length	8.77 ± 2.16 ^a	8.57 ± 3.28 ^{ab}	25.8	7.85 ± 2.57 ^b	4.85 ± 2.15 ^c	15.3
	壳高 shell highness	7.56 ± 1.81 ^a	7.53 ± 2.78 ^a	26.2	6.94 ± 2.17 ^a	4.37 ± 1.84 ^b	16.3
	壳宽 shell width	3.92 ± 1.24 ^a	3.63 ± 1.32 ^b	13.0	3.17 ± 1.40 ^c	2.50 ± 0.88 ^d	19.3
	体重 total weight	0.19 ± 0.17 ^a	0.21 ± 0.16 ^a	64.9	0.14 ± 0.15 ^b	0.07 ± 0.06 ^c	6.0
6	壳长 shell length	10.12 ± 2.78 ^a	10.53 ± 3.38 ^a	24.7	9.89 ± 2.67 ^a	6.77 ± 2.54 ^b	17.1
	壳高 shell highness	9.01 ± 2.54 ^a	9.18 ± 2.82 ^a	22.3	8.83 ± 2.15 ^a	6.00 ± 2.21 ^b	17.7
	壳宽 shell width	4.58 ± 2.05 ^a	4.77 ± 1.98 ^a	25.9	4.35 ± 1.67 ^a	2.99 ± 1.12 ^b	14.8
	体重 total weight	0.28 ± 0.22 ^a	0.35 ± 0.28 ^a	74.5	0.26 ± 0.23 ^a	0.12 ± 0.11 ^c	30.0
8	壳长 shell length	10.24 ± 2.47 ^a	11.03 ± 3.3 ^a	25.2	10.03 ± 2.84 ^a	7.38 ± 3.23 ^b	13.8
	壳高 shell highness	8.64 ± 2.14 ^a	9.60 ± 2.80 ^a	27.2	8.73 ± 2.27 ^a	6.45 ± 2.71 ^b	15.7
	壳宽 shell width	4.39 ± 1.16 ^a	5.02 ± 1.58 ^a	30.4	4.29 ± 1.29 ^a	3.31 ± 1.50 ^b	11.4
	体重 total weight	0.27 ± 0.24 ^a	0.46 ± 0.39 ^a	100	0.35 ± 0.20 ^a	0.19 ± 0.35 ^b	52.2
10	壳长 shell length	12.55 ± 3.16 ^{ab}	13.89 ± 3.56 ^a	32.9	11.73 ± 3.13 ^a	8.35 ± 3.74 ^c	12.2
	壳高 shell highness	10.13 ± 3.81 ^{ab}	11.42 ± 2.88 ^b	31.7	10.25 ± 2.84 ^a	7.21 ± 3.35 ^c	18.2
	壳宽 shell width	5.52 ± 1.24 ^{ab}	6.34 ± 1.65 ^b	31.8	5.21 ± 1.8 ^a	4.10 ± 1.92 ^c	8.3
	体重 total weight	0.66 ± 0.47 ^{ab}	0.82 ± 0.57 ^b	65.7	0.53 ± 0.49 ^a	0.33 ± 0.58 ^c	7.1
12	壳长 shell length	15.80 ± 4.46 ^a	16.55 ± 4.78 ^a	25.4	15.01 ± 4.93 ^b	10.59 ± 4.53 ^b	13.8
	壳高 shell highness	13.65 ± 3.76 ^a	14.59 ± 3.84 ^a	26.6	12.58 ± 4.12 ^b	9.39 ± 3.77 ^b	9.2
	壳宽 shell width	7.65 ± 2.14 ^a	8.10 ± 2.35 ^a	28.7	7.05 ± 2.36 ^a	4.94 ± 2.26 ^b	12.0
	体重 total weight	1.26 ± 0.92 ^a	1.54 ± 1.15 ^a	76	1.12 ± 0.85 ^a	0.49 ± 0.79 ^b	28

注: 右上角字母相同的表示差异不显著 ($P > 0.05$)。

Notes: Means not sharing a common superscript letter between row values for each index differ significantly ($P > 0.05$).

表 3 文蛤不同地理群体自繁及互交组合 F_1 早期(1~12 月龄)生长发育变异系数比较
Tab.3 Coefficient variation comparison of crossbred and inbred groups between the different populations of *M. meretrix* during the early-term(1-12 months) stage

实验组合 combinations	壳长变异系数(%) variation coefficients of shell length	壳高变异系数(%) variation coefficients of shell height	壳宽变异系数(%) variation coefficients of shell width	湿重变异系数(%) variation coefficients of total weight
S♀×S♂	17.9	18.1	29.9	83.2
S♀×J♂	18.9	19.1	31.7	77.3
J♀×S♂	17.3	17.2	34.2	86.9
J♀×J♂	22.4	21.8	42.0	141.6

2.4 文蛤不同地理群体互交 F_1 早期主要生长性状变化趋势

为了更好的了解各实验组的生长发育速度以及生长与季节的关系,对具有代表性的壳长和活体重的指标进行进一步的细化分析,日壳长生长量变化趋势制成折线图(图 2),每月龄活体重增量制成柱形图(图 3)。

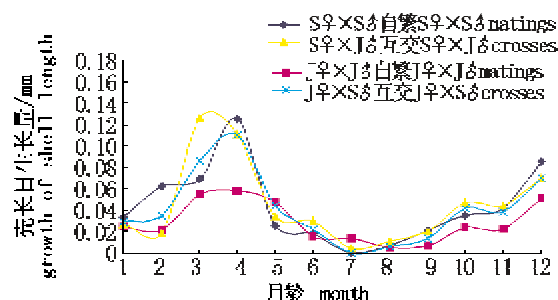


图 2 文蛤不同群体自繁及杂交组合 F_1 早期壳长日生长量比较

Fig.2 The growth of shell length comparison of F_1 of crossbred and inbred groups at the early-term stage(1-12 months)

从图 2 可以看出,无论是自繁组合还是互交组合在壳长生长性状指标的变化趋势上基本保持一致,在最初 2 个月(7 月 18 日-9 月 18 日)壳长的生长速度相对较慢,而在 3~5 月龄(9 月 18 日-12 月 18 日)壳长趋于高速的生长期,其中在 9-11 月份平均生长速度最快,但是在 6~8 月龄(12 月 18 日以后)壳长的生长速度迅速下降,基本处于低生长甚至零生长状态。从第 9 个月(2007 年 4 月 18 日)开始,随着水温的升高稚(幼)贝的生长速度逐渐加快,并且生长速度随着水温升高而加快。

从图 3 可以看出,第 4 个月活体重(前 3 个月稚贝由于个体较小而未作测定)处于高速积累时期,但是从第 5 个月开始(12 月 18 日以后),活体重日增重量明显下降,在第 6~8 个月基本处于低

生长和零生长状态,甚至个别实验组稚贝出现负增长。从第 9 个月(07 年 4 月 18 日)开始,随着水温的升高,稚贝的活体重增重速度逐渐加快。总体上来看,除 J♀×J♂ 组合外,其他 3 个组的生长速度相接近,无显著差异,但 S♀×J♂ 组在数值上略好于其它 2 个组合。

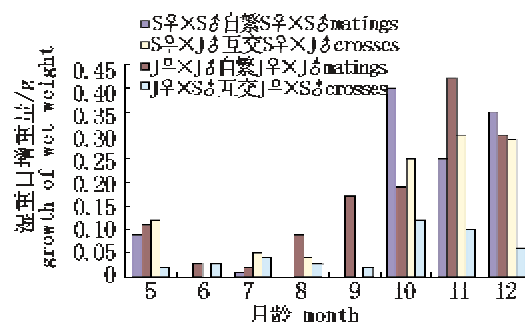


图 3 文蛤不同群体自繁及杂交组合 F_1 早期体重日增重量比较

Fig.3 Wet weight growth comparison of F_1 of crossbred and inbred groups at the early-term stage(5-12 months)

3 讨论

3.1 贝类不同地理群体互交后代生长表现特征

杂种优势是生物界的一种普遍现象,其根本原因在于杂交双亲的基因异质性,自然群体贝类是完全的随机交配群体,虽然在种内群体间的杂交所获得的杂种优势不如纯系间的杂种优势强^[16],但是也有一定的利用价值。王爱民等^[17]对 3 个不同地理群体的马氏珠母贝自繁和互交群体的研究发现其 3 个互交群体均表现出一定的生长性状优势。张国范等^[18]报道,皱纹盘鲍中国和日群体间的杂交 F_1 代在壳长 2 cm 前即已显示杂种优势的存在,壳长优势率为 17.98%,壳宽优势率为 22.07%,体重优势率为 61.93%,成活率的杂种优势率为 180%。本研究结果表明,文蛤

不同地理群体自繁及互交后代的有关分析性状总体表现为 $S♀ \times J♂ > S♀ \times S♂ > J♀ \times S♂ > J♀ \times J♂$ 。互交优势率的分析表明,两个互交组合均表现出一定的超双亲优势(优势率为 6% ~ 168%)。通过变异系数比较可进一步看出,各互交组主要生产性状的整齐度均较高,其变异系数与山东自繁组接近,而江苏自繁组合各性状变异系数较大,整齐度较差。就本研究而言,山东文蛤为母本的互交 F_1 具有良好的生长优势,且相对稳定(变异系数不大),是一个生产性能较好的育种亲本群体。我们利用 fAFLP 分子标记对互交 F_1 的遗传结构分析结果表明,互交后代接受父、母亲本的遗传物质并非均等,而以偏母本的方式遗传, $S♀ \times J♂$ 与 $J♀ \times S♂$ 间的遗传距离最大,可见地理群体间互交使文蛤群体的遗传结构变异增加,互交后代的遗传多样性水平与生长性状有时表现相一致。

3.2 贝类发育规律及文蛤不同时期的生长特点

和其他大多生物一样,贝类在长期进化过程中,其生长发育进程也具有对某些环境条件依赖的特点。大多经济贝类,包括扇贝、牡蛎、文蛤等种类,均依靠栖息地海区的天然水温及饵料等自然条件完成其生活史,温度的适宜与否及饵料的丰欠程度是影响其生长表现的重要因子。我国幅员辽阔,但相当一部分地处温带(包括暖温带、中温带及寒温带),四季温度变化明显,这些地区沿海海区温度变化季节性强,同时温度差异在单胞藻饵料丰度等方面呈现出季节性的消长规律,使得贝类在不同季节具有不同的生长表现。总的来说,过高(夏季)或过低(冬季)的水温对贝类生长均有一定程度的抑制作用,相应地形成了贝类每个年度具有两个快速生长时期和两个缓慢发育时期的基本规律。

文蛤是一个广温性经济贝类,生存温度为 $-2 \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$,但最适的生长水温在 $15 \sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$,所以它的生长发育进程受季节的影响也比较大,在江浙地区基本表现在春夏季(4-6 月份)和秋季(9-11 月份)处于最适合最快生长期。在本实验中在开始 2 个月(即 7 月中旬-9 月中旬),文蛤壳长日生长量不是很大,这除了与初期稚贝代谢生理能力较弱相关以外,夏季高温也会抑制其生长;3~5 月龄(9 月中旬到 11 月中旬)处于高速增长期,其中在 3~4 月龄(9 月中旬-10 月中旬)

时生长速度最快,日生长量达到了顶峰,这与其最适生长的水文条件相吻合;而在 5 月龄后(11 月中旬后)迅速下降,日增量处于较低的水平,个别指标出现负增长,正是表明文蛤在冬季低水温条件下,只能维持其最低的生命活动状态,基本处于休长期;而 9 月龄开始,翌年春季水温回暖,饵料生物丰富,开始了其又一个最适生长期。

3.3 提高杂种优势的措施

根据杂种优势理论原理,种内杂种是否表现优势的关键是:亲本群体的选优和提纯;亲本群体基因频率的差异大小;亲本是否含有优质高产基因及其纯度;显性效应和互作效应是否明显。直接利用未经选择不同的野生自然地理群体开展杂交,由于亲本的基因型是非常混杂和不纯,获得杂种优势的效率是较低的,仅为纯系杂交效率的一半^[16],而自然群体间杂交的配合力和如何获得强杂优组合也是难以解决的问题。因此,建立有效的杂交或者互交模式是非常重要的,也是实现可控的杂种优势利用的必由之路。在生产上稳定、高效率利用杂种优势还是需要制备近交系或纯系,再通过不同遗传背景的选系间的杂交以获得强杂种优势组合。如果各个群体分别进行几代的选择育种,然后再进行杂交,杂种优势将会进一步提高。

我国养殖贝类遗传改良研究刚起步,迄今为止,大多数养殖种类为天然采苗或捕捞幼稚个体进行养殖,即便是已开展大规模人工育苗的种类,其亲贝也是未经选择的自然群体经人工促熟和诱导产卵的,从本质上看还仍然属于基因混杂的野生状态。养殖群体经济性状改进和纯化程度低,很难期望得到更大的杂种优势,比家养的畜禽品种或配套系之间的杂种优势要小。所以利用选择育种方法,培育新品种、品系再进行杂交利用,是加快实现养殖贝类良种化进程的主要途径。

参考文献:

- [1] 詹文毅,王南平,叶辉,等. 江苏如东文蛤大面积死亡原因探究[J]. 海洋水产研究,2003,24(4):62-65.
- [2] Hedgecock D. Selection, hybridization and genetic engineering in aquaculture [C] // Interspecific Hybridization of Economically Important Crustaceans Vol. 2. Berlin, Bordeaux, 1987: 61-69.

- [3] Longwell A C. Selection, hybridization and genetic engineering in aquaculture [C] // Critical Review of Methodology and Potential for Interspecific Hybridization Vol. 2. Berlin Bordeaux, 1987: 3 - 21.
- [4] Leighton D L, Lewis C A. Experimental hybridization in abalone [J]. Int J Invertebr Reprod, 1982, 5 (5): 273 - 282.
- [5] Manzi J J, Hadley N H, Dillon R T. Hard clam, *Mercentaria mercenaria*, broodstocks: growth of selected hatchery stocks and their reciprocal crosses [J]. Aquaculture, 1991, 94: 17 - 26.
- [6] Newkirk G F, Waugh D L, Haley E. Genetics of larval tolerance to reduced salinities in two populations of oysters, *Crassostrea virginica* [J]. J Fish Res Board Can, 1977, 34: 383 - 387.
- [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] 刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 栉孔扇贝中国种群与日本种群杂交一代的中期生长发育 [J]. 水产学报, 2003, 26(5): 385 - 390.
- [9] 刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 栉孔扇贝不同种群杂交效果的初步研究 I. 中国种群与俄罗斯种群的杂交 [J]. 海洋学报, 2003, 25(1): 93 - 99.
- [10] 刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 栉孔扇贝不同种群杂交效果的研究 II. 中国种群与俄罗斯种群及其杂种 F₁ 中期生长发育 [J]. 海洋学报, 2005, 27(2): 135 - 140.
- [11] 李太武, 张安国, 苏秀榕, 等. 不同花纹文蛤的 ITS2 分析 [J]. 海洋与湖沼, 2006, 37(2): 132 - 137.
- [12] 潘宝平, 吴琪, 张素萍, 等. 文蛤属 (*Meretrix*) 16S rRNA 基因及 ITS1 序列的系统学分析 [J]. 海洋与湖沼, 2006, 37(4): 342 - 347.
- [13] 沈怀舜, 朱建一, 丁亚平, 等. 我国沿海三个文蛤地理群的 RAPD 分析 [J]. 海洋学报, 2003, 25(5): 97 - 102.
- [14] 程汉良, 夏德全, 吴婷婷, 等. 帘蛤科贝类 rDNA 内转录间隔区序列的研究 [J]. 遗传学报, 2006, 33(8): 702 - 710.
- [15] 刘馨, 孙祥山, 高悦勉. 文蛤北方种群生化遗传结构与变异的研究 [J]. 水产科学, 2006, 25(4): 179 - 183.
- [16] Lamkey K R, Edwards J W. Heterosis: Theory and Estimation [C] // Proceedings 34th Illinois Corn Breeders' School, Urbana, 2 - 3 Mar. Urbana: University of Illinois, 1998: 62 - 77.
- [17] 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.
- [18] 张国范, 王继红, 赵洪恩, 等. 皱纹盘鲍中国群体和日本群体的自交与杂交 F₁ 的 RAPD 标记 [J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(5): 483 - 491.

The growth of F_1 from matings and crosses of different geographical populations of *Meretrix meretrix*

XIAO Guo-qiang^{1,2}, LIN Zhi-hua^{3*}, DONG Ying-hui³,
CHAI Xue-liang^{1,2}, LU Rong-mao^{1,2}, LIU Bao-zhong⁴

(1. Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, China;

2. Zhejiang Key Laboratory of Exploitation and Preservation of Coastal Bio-resource, Wenzhou 325005, China;

3. College of Biological and Environmental Sciences, Zhejiang Wanli University, Ningbo 315100, China;

4. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: Matings and crosses within and among two different geographic stocks from Shandong and Jiangsu populations in *Meretrix meretrix* were produced in order to breed new strains for farming. Two populations, designated $S \text{♀} \times S \text{♂}$ and $J \text{♀} \times J \text{♂}$, were from matings of wild populations of Shandong and Jiangsu. Two populations, that was $S \text{♀} \times J \text{♂}$ and $J \text{♀} \times S \text{♂}$, were from crosses between Shandong and Jiangsu respectively. The traits of fertilizing rate, hatching rate, growth of D-larvae and growth of juveniles (1 – 12 months age) were analyzed by ANOVA. The results showed that the fertilizing rate and hatching rate of matings and crosses were not significantly different at the end of second month. There were great changes of growth of juveniles in early-term (3 – 12 months). Growth of $S \text{♀} \times J \text{♂}$, $S \text{♀} \times S \text{♂}$ and $J \text{♀} \times S \text{♂}$ had no significant difference from each other, but all had significant difference with $J \text{♀} \times J \text{♂}$ at the early-term (3 – 12 months). The results indicated that there was different extent heterosis (6% – 68%) for growth in F_1 crosses. The uptrend among traits was wet weight being greater than other three traits of shell length, shell width and shell height respectively. There were obviously higher growth rate and lower variation coefficient in $S \text{♀} \times J \text{♂}$, which indicated the Shandong population would be a good parental stock as maternal for genetic breeding. Water temperature could affect growth of *Meretrix meretrix* significantly, and the growth rate reached a peak in October and November, but reached a nadir after December. Four populations gained were considered as the basic populations to breed new strains. Increased variation parameters in first filial generation (F_1) of cross could be a very good potential for selection of new strains.

Key words: *Meretrix meretrix*; population; mating; growth; heterosis

Corresponding author: LIN Zhi-hua. E-mail: zhihua9988@126.com