

栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)与华贵栉孔扇贝 (*C. nobilis*)远缘杂交子代的胚胎发生 及幼虫生长发育的初步研究*

孙长森^{1,2} 包振民¹ 王师¹ 战爱斌¹ 汪小龙¹ 胡景杰¹

(1. 中国海洋大学生命科学与技术学部 海洋生物遗传学与种质工程实验室 青岛 266003;

2. 台州学院生命科学学院 临海 317000)

提要 采用单一自由度独立比较的方法,研究了两个栉-华杂交组合 H_{CH} (栉孔扇贝长岛群体 × 华贵栉孔扇贝)和 H_{JH} (栉孔扇贝胶南群体 × 华贵栉孔扇贝)以及栉孔扇贝种内交配组合 ZZ 的胚胎发生及幼虫生长发育过程。结果表明,栉孔扇贝和华贵栉孔扇贝的种间杂交 F_1 在生长和发育的两个环节上是不一致的,在涉及器官及其功能形成的发育环节上,杂交表现负效应;而在涉及形态变化和增大的生长环节上,杂交表现正效应,存在杂种优势现象。两个杂交组合中, H_{JH} 综合效果较好,授精 22h 平均孵化率达到 95.8%,与 ZZ 基本接近;30 日龄平均变态率达 61.5%,明显好于组合 H_{CH} 的 42.0%;8 日龄幼虫平均大小达 $143.4\mu\text{m} \times 123.2\mu\text{m}$,表现出更强的生长优势。这些结果为全面评价栉孔扇贝与华贵栉孔扇贝杂交体系应用价值和选配优良杂交组合提供了理论依据。

关键词 栉孔扇贝, 华贵栉孔扇贝, 种间杂交, 受精, 孵化, D 形幼虫生长, 变态
中图分类号 Q96

栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)和华贵栉孔扇贝(*C. nobilis*)同为栉孔扇贝属(*Chlamys*),前者为温带性种类,在我国主要分布于辽宁、山东沿海,是我国北方沿海扇贝养殖的主要种;后者为热带性种类,在我国主要分布在广东、广西和福建沿海。两种扇贝生活海区不同,生态习性各异,具有很强的互补性。以栉孔扇贝作母本、华贵栉孔扇贝作父本杂交获得的一系列品系存在明显的杂种优势,在诸性状上均不同程度地表现优于双亲的特点。利用该远缘杂交技术,结合选择育种策略,作者培育了扇贝养殖新品系“蓬莱红”,其在外观、抗逆性和生长速率上均表现出很强的杂种优势。王伟等(2003)报道了该品系的试养技术,初步建立了其海上养成的主要技术体系。

然而,栉孔扇贝和华贵栉孔扇贝在分类学上为两个不同的种,其染色体数目也不同,前者 $2n=38$,后者 $2n=32$,遗传上属于两个远缘扇贝种,二者杂交过程中如何保持遗传物质的稳定性还是一个谜。在实际的生产试验过程中,作者也发现两个物种杂交存在一定的生殖隔离现象,表现为不同群体或不同个体间杂交胚胎发生过程中受精、孵化受抑,幼虫生长状况不稳定、变态率偏低。可以说,两个扇贝种杂交后代的胚胎发生过程及幼虫期的生长和附着、变态是其在生产上推广应用的主要瓶颈。

利用具有良好配合力的群系杂交是生产上急需解决的问题,本文中选取栉孔扇贝的两个地理种群(长岛群体和胶南群体)与华贵栉孔扇贝

* 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目资助,2003AA603022 号;教育部重点项目资助,104116 号。孙长森,博士, E-mail: scs@tzc.edu.cn、qtls@sina.com

通讯作者:包振民,教授,博士生导师, E-mail: zmbao@ouc.edu.cn

收稿日期:2005-10-20;收修改稿日期:2006-04-13

(采自福建沿海)杂交,对获得的两个种间杂交组合 H_{CH} 和 H_{JH} 进行观察计量。以栉孔扇贝的种内交配组 ZZ 为对照,分析种间杂交子代的受精率、孵化率及附着变态率, D 形幼虫的壳长、高的动态过程,旨在探明栉孔扇贝属两个不同种存在生殖隔离的程度,全面评价栉-华杂交体系(栉孔扇贝 \times 华贵栉孔扇贝)的应用前景和价值,为优良杂交组合的筛选提供理论依据。

1 试验

1.1 试验过程及主要设计

1.1.1 亲贝的采集和入池暂养 栉孔扇贝包括两个地理群体,分别采自烟台长岛海区和青岛胶南海区(称栉孔扇贝长岛群体和胶南群体),华贵栉孔扇贝采自福建沿海。以上试验材料分别于2004年3月上旬运至烟台开发区常飞海珍品有限公司扇贝育苗车间暂养。

1.1.2 亲贝的性腺促熟 实验亲贝入池水温与其来源海区当时水温大致相当,而后每日升温 0.5°C ,最后恒温在 $(14.5 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$,进行性腺促熟。促熟期间投喂优质微藻饵料,投喂间隔时间为 2h,并每天洗池、换水一次。4月1日,根据性腺颜色区分雌、雄,性腺颜色不明显的个体予以剔除置于它池暂养。通过区分和挑选获得栉孔扇贝长岛群体雌、雄亲贝,胶南群体雌、雄亲贝和华贵栉孔雌、雄亲贝分池继续暂养促熟。

1.1.3 产卵、授精 4月5日,对实验所需亲贝进行阴干刺激 30min 后,将栉孔扇贝长岛群体和胶南群体雌贝置于两个不同的育苗池中升温刺激产卵,栉孔扇贝两个地理群体雄贝混合置于盆 1 中排精,华贵栉孔雄贝置于盆 2 中排精,刺激产卵、排精的水温均为 18°C 。各雌、雄贝均先后产卵、排精后,将栉孔扇贝两个群体的雌贝取出置于另一育苗池中继续产卵,在栉孔扇贝长岛群体和胶南群体的产卵池中加入适量华贵栉孔扇贝的精子,在两群体混合产卵池中加入栉孔扇贝的混合精子,显微镜检每个卵子周围 4—6 个精子。由此获得 2 个栉-华杂交组合的子代(分别称 H_{CH} 和 H_{JH})和 1 个栉孔扇贝种内交配子代 ZZ,供试验取样观察与分析。

1.1.4 幼虫的培养及管理 授精后 30h,大部

分幼虫发育到 D 形幼虫期。用 300 目筛绢进行幼虫选优并移入预先备好新鲜海水幼虫培养池中,池中起始水温调节在 18°C 左右,两天内缓慢升温到 20°C ,并恒定在此温度下并进行幼虫培养。幼虫培养密度为 10 个/ml 左右。培养期间投喂新鲜叉鞭金藻饵料,投喂频率为每 2h 一次。海水每天更换两次,换水量为 $2/3$ 。每两天进行一次倒池排除池中积累残余饵料和粪便。幼虫培养至 15 日龄眼点幼虫达一定比例适时投放网绳附着基供其及时附着变态。

1.2 性状观察与测定

1.2.1 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、25min 三个时间点计数受精率(王如才等,1993)。采用五点取样的方法,每点取样水体约 100ml,用 300 目的筛绢富集并分别计数即重复 5 次(各点观察个体数超过 200 粒,以下各性状取样方法均同)。

1.2.2 孵化率的观察度量 以胚胎发育至破卵膜,能够旋转运动即担轮幼虫阶段为成功孵化的统计标准,用显微镜分别于授精 20、21、22 h 三个时间点计数胚胎孵化率(王如才等,1993)。

1.2.3 D 形幼虫发生率 的计量 用显微镜分别于授精后 28、29、30 h 观察 D 形幼虫的发生情况。

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

1.2.4 卵直径及 D 形幼虫生长的测量 取样栉孔扇贝的两个地理群体的卵,用带目微尺的显微镜测量其直径大小,每个群体随机测量 50 粒卵。D 形幼虫达 2 日龄后,每日(取样至 8 日龄)定时取样三个组合 D 形幼虫并用显微镜测量其壳长、高,含 2、3、5、6、7、8 日龄共 6 次 D 形幼虫观察结果(4 日龄计量结果无效)。各期将五点取样水体混合,随机测量 50 粒个体。

1.2.5 眼点幼虫的计数和大小测量 幼虫达 13、14、15 日龄时分别计数各组合眼点幼虫的比例。用显微镜随机测量 50 个 15 日龄幼虫(五点取样混合)长和高。

$$\text{眼点幼虫发生率} = \frac{\text{眼点幼虫}}{\text{所有活体幼虫}} \times 100\%$$

1.2.6 幼虫变态的观察 在幼虫达 20、25、30 日龄时分别剪取附着网,洗出附着幼虫,观察变

态幼虫比例。

$$\text{变态率} = \frac{\text{变态稚虫}}{\text{变态稚虫} + \text{未变态的幼虫(包括空壳)}} \times 100\%$$

1.3 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和标准差, 并绘制柱状图或折线图。应用 SAS 8.2 软件的 GLM(广义线性模型)过程(阮贵海等, 2003)编写 SAS 程序, 对三个组合的受精率、孵化率、D 形幼虫发生率、D 形幼虫生长、眼点幼虫率、变态率等性状进行单一自由度的方差分析(莫惠栋, 1992), 测验栉-华杂交 F_1 与种内交配子代、两个种间杂交组合之间的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 胚胎发生

2.1.1 杂交对受精率的影响 授精后 3 个时刻观察统计的受精率结果列于表 1。由表 1 可以看出, 两个栉-华杂交组合的 F_1 的受精时间大多相对 ZZ 组合推迟, 最终(授精后 25min 时)观察到的成功受精率也相对偏低。对该时刻的受精率进行单一自由度的方差分析(表 2), 结果表明杂交组合 F_1 的受精率与种内交配组合子代存在极显著差异, 均表现为显著低于 ZZ 组合。组合 H_{CH} 和 H_{JH} 的受精率也显著不同, F 测验值(25.91)达到了极显著水平, 即 H_{CH} 的受精率显著高于 H_{JH} 。

2.1.2 杂交对孵化率的影响 表 1 中同时列出了两个杂交组合和栉孔扇贝种内交配组合的孵化率观察结果的均值和标准差。由表中结果看出, 授精后 20h, ZZ 组合的孵化率即达到了 80.2%, 而同期 H_{CH} 和 H_{JH} 的孵化率分别只有 40.4% 和 29.5%。授精后 22h 的孵化率统计结果表明, 杂交组合虽孵化较慢, 但也能达到很高的比率, 其中组合 H_{JH} 的孵化率达到了 95.8%, 与 ZZ 组合

(96.1%)相当接近。

表 2 列出了授精后 22h 孵化率的方差分析结果。杂交组合的孵化率同样显著有别于栉孔扇贝种内交配组合, 但这种差别主要来自于 H_{CH} 组合。两个杂交组合之间的测验结果也表明, H_{CH} 组合的孵化率极显著低于 H_{JH} 组合。

2.2 D 形幼虫的发生及生长

2.2.1 杂交对 D 形幼虫发生率的影响 图 1 给出栉-华杂交组合 H_{CH} 、 H_{JH} 和种内交配组合 ZZ 的 D 形幼虫发生率结果的图示。从图中结果可以看出, 两个杂交组合的 D 形幼虫发生与 ZZ 组合能基本保持同步, 授精后 29h, 两个杂交组合 D 形幼虫发生率均达到了较高水平。对授精后 30h 的 D 形幼虫发生率作单一自由度的方差分析, 结果列于表 3, 可以看出, ZZ 组合的 D 形幼虫发生率仍显著高于杂交组合, 而两个杂交组合之间的差别不明显($F = 3.96^{ns}$)。

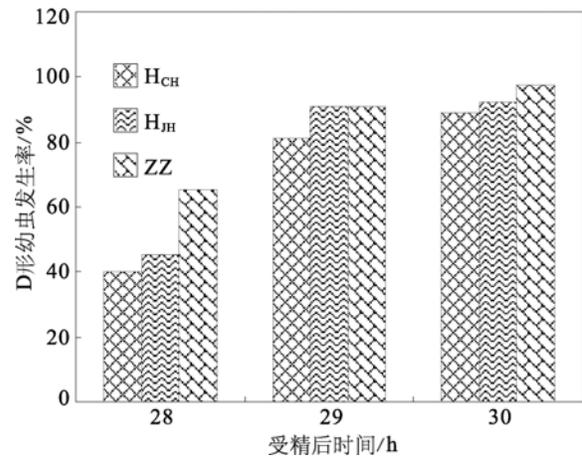


图 1 栉-华杂交与栉孔自交扇贝 D 形幼虫发生率
Fig.1 The rates of D-shaped larvae of inter-specific and intra-specific crosses

表 1 栉-华杂交 F_1 和栉孔扇贝种内交配子代受精率及孵化率
Tab.1 Mean values and standard deviations of the fertilization and hatching rates

项目	授精后时间	H_{CH}		H_{JH}		ZZ	
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
受精率(%)	15min	11.2	1.03	9.3	0.66	46.5	3.57
	20min	44.5	3.75	32.6	1.43	94.0	1.67
	25min	90.1	3.11	82.6	2.51	99.4	0.55
孵化率(%)	20h	40.4	3.73	29.5	2.94	80.2	3.04
	21h	83.0	6.49	71.9	6.66	95.4	4.12
	22h	89.5	3.06	95.8	3.45	96.1	1.30

表 2 栉-华杂交 F_1 与栉孔扇贝种内交配子代受精率、孵化率单一自由度的方差分析
Tab.2 ANOVA of the fertilization and hatching rates by independent comparison in single degree of freedom

SOV	df	受精率		孵化率	
		MS	F	MS	F
H _{CH} + H _{JH} 和 ZZ	1	567.675	104.58**	39.675	5.17*
H _{CH} 和 H _{JH}	1	140.625	25.91**	99.225	12.94**
试验误差	12	5.428		7.668	
总	14				

* 表示差异显著($P < 0.05$), ** 表示差异极显著($P < 0.01$), 下同

表 3 栉-华杂交 F_1 与栉孔扇贝种内交配子代 D 形幼虫发生率单一自由度的方差分析
Tab.3 ANOVA of the rates of D-shaped larvae by independent comparison in single degree of freedom

项目	df	SS	MS	F
H _{CH} + H _{JH} 和 ZZ	1	156.408	156.408	25.75**
H _{CH} 和 H _{JH}	1	24.025	24.025	3.96ns
试验误差	12	78.880	6.073	
总	14	253.313		

表 4 栉-华杂交 F_1 与栉孔扇贝种内交配子代 D 形幼虫的生长情况(μm)
Tab.4 The growth of D-shaped larvae of inter-specific and intra-specific crosses (μm)

日龄	H _{CH}		H _{JH}				ZZ					
	长		高		长		高		长		高	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
2	105.0	3.88	81.7	3.01	107.6	5.44	88.7	5.43	108.4	4.67	87.4	4.33
3	112.3	3.40	89.9	2.97	111.3	5.46	92.9	5.69	115.3	5.87	92.3	6.04
5	121.5	2.73	100.0	3.61	122.0	6.10	101.5	5.21	122.7	7.79	99.8	7.42
6	127.6	6.03	106.1	4.36	130.8	6.63	110.8	7.53	131.3	6.17	108.8	6.29
7	134.1	7.28	114.4	8.58	136.9	5.77	116.8	6.60	132.9	10.65	111.9	11.65
8	139.2	7.51	119.0	8.74	143.4	8.94	123.2	9.70	136.8	10.12	117.0	10.43

表 5 栉-华杂交 F_1 与栉孔扇贝种内交配子代 2、8 日龄 D 形幼虫长、高单一自由度的方差分析
Tab.5 ANOVA of the growth of 2-day-old and 8-day-old D-shaped larvae

日龄	SOV	df	D 形幼虫长		D 形幼虫高	
			MS	F	MS	F
2	H _{CH} + H _{JH} 和 ZZ	1	147.00	6.64*	161.30	11.41**
	H _{CH} 和 H _{JH}	1	169.00	7.63**	1225.00	86.63**
	试验误差	147	22.15		14.14	
	总	149				
8	H _{CH} + H _{JH} 和 ZZ	1	675.00	8.48**	560.33	6.02*
	H _{CH} 和 H _{JH}	1	441.00	5.54*	441.00	4.74*
	试验误差	147	79.58		93.09	
	总	149				

2.2.2 杂交对 D 形幼虫生长的影响 表 4 中记录了栉-华杂交组合和栉孔扇贝种内交配组合 2—8 日龄 D 形幼虫的平均壳长、高的均值和标准偏差。由表中数据可以看出, 2 日龄时 ZZ 组合的壳长最大, 达 108.4 μm , H_{JH} 次之, H_{CH} 最小, 为 105.0 μm 。7 日龄时两个杂交组合的壳长、高均超过了 ZZ 组合。8 日龄的 H_{JH} 组合的平均大小达 143.4 $\mu\text{m} \times 123.2\mu\text{m}$, H_{CH} 组合的平均大小达

139.2 $\mu\text{m} \times 119.0\mu\text{m}$, 均较 ZZ 组合的(136.8 $\mu\text{m} \times 117.0\mu\text{m}$)大, 杂种的生长优势已初步得到显示。从表 4 中还发现, ZZ 组合幼虫壳性状的变异度(标准偏差)普遍较杂交组合偏大, 说明试验中采用的野生栉孔扇贝群体高度杂合, 个体之间的生长发育差异较大。种间杂交组合个体间生长所以差异较小, 可能是由于杂种优势部分地掩盖了其杂合多样性。

对 H_{CH} 、 H_{JH} 、 ZZ 组合 2 日龄和 8 日龄壳长、高进行单一自由度的方差分析。统计结果表明, 种间杂交组合 H_{CH} 、 H_{JH} 2 日龄、8 日龄壳长、高性状均显著或极显著不同于 ZZ 组合(表 5)。结合表 4, 杂交组合在该性状上呈现前低后高的特点, 说明种间杂交子代的生长快于栉孔扇贝种内交配组合, 存在一定杂种优势。测验的结果还表明两个杂交组 H_{CH} 和 H_{JH} 也显著不同, 这种差别在 D 形幼虫生长期内保持较好的一致性, 即组合 H_{JH} 大于 H_{CH} 。为研究这种效应和差别是否受到两个地理群体的栉孔扇贝群体卵子大小的影响, 试验随机观察测定 50 粒卵子的直径, 并作统计测验, 结果列于表 6。栉孔扇贝长岛群体雌贝卵子直径平均为 $68.33\mu\text{m}$, 胶南群体为 $69.50\mu\text{m}$, t 测验结果表明两者无明显差异。故可初步推断两者在 D 形幼虫生长上的差异主要是因于栉孔扇贝不同地理群体的遗传分化所致。

表 6 两个地理群体栉孔扇贝卵大小及其比较(μm)
Tab.6 Oocyte diameter of two geographical populations of *C. farreri* (μm)

群 体	\bar{x}	S	t 值
长岛群体	68.33	2.60	0.04 ^{ns}
胶南群体	69.50	1.36	

表 7 栉-华杂交 F_1 与栉孔扇贝种内交配子代眼点幼虫的发生及生长情况
Tab.7 The occurrence and growth of eyed larvae of inter-specific and intra-specific crosses

项 目	授精后时间 (d)	H_{CH}		H_{JH}		ZZ	
		\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
眼点幼虫发生率(%)	13	11.2	1.45	15.3	2.26	24.6	2.69
	14	23.8	3.43	30.2	4.01	41.2	2.33
	15	38.1	4.63	40.3	3.36	59.0	4.30
眼点幼虫平均 大小(μm)	长	173.2	1.15	173.4	1.31	171.7	1.14
	高	153.6	1.09	154.8	1.56	152.0	1.26

表 8 栉-华杂交 F_1 与栉孔扇贝种内交配子代眼点幼虫发生率单一自由度的方差分析
Tab.8 ANOVA of the rates of eyed larvae by independent comparison in single degree of freedom

项目	df	SS	MS	F
$H_{CH} + H_{JH}$ 和 ZZ	1	1306.800	1306.800	76.62**
H_{CH} 和 H_{JH}	1	12.100	12.100	0.71 ^{ns}
试验误差	12	204.680	17.057	
总	14	1523.580		

表 9 栉-华杂交 F_1 与栉孔扇贝种内交配子代幼虫变态率单一自由度的方差分析
Tab.9 ANOVA of the metamorphosis rates of larvae by independent comparison in single degree of freedom

项 目	df	SS	MS	F
$H_{CH} + H_{JH}$ 和 ZZ	1	3956.008	3956.008	374.03**
H_{CH} 和 H_{JH}	1	950.625	950.625	89.88**
试验误差	12	126.920	10.577	
总	14	5033.553		

2.3 眼点幼虫的发生及生长的同步分析

眼点的出现是幼虫即将附着变态的信号特征, 生产上将之作为投放附着基的标志, 在眼点幼虫出现率达 30%—40%时投放附着基(王如才等, 1993)。所以研究眼点幼虫的发生情况非常重要。

表 7 列出了受精后 13 天、14 天、15 天 H_{CH} 、 H_{JH} 、 ZZ 的眼点幼虫发生情况, 同时记录了 15 日龄的壳长、壳高两种性状的大小。从表 7 可以看出, 14 日龄 ZZ 的眼点出现率即达 41.2%, 15 日龄达 59.0%, 同期两个种间杂交组合眼点幼虫发生率较低, 15 日龄时 H_{CH} 为 38.1%, H_{JH} 为 40.3%。杂交组合 15 日龄眼点幼虫平均规格 H_{CH} 为 $173.2\mu\text{m} \times 153.6\mu\text{m}$ 、 H_{JH} 为 $173.2\mu\text{m} \times 154.8\mu\text{m}$, 大于 ZZ 组合。15 日龄的眼点幼虫发生率的方差分析结果表明, 两个杂交组合的眼点幼虫发生较一致, 其发生比例均低于 ZZ 组合, 并达到极显著水平(表 8), 生产上应酌情推迟投放附着基的时间。

2.4 杂交对扇贝幼虫变态的影响

分析 H_{CH} 、 H_{JH} 、 ZZ 三组合幼虫变态率差异, 利用均值和标准差绘制折线图, 得图 2。杂交组合的变态率普遍低于 ZZ 组合, 20 日龄时组合 H_{CH} 很少发生变态, 比例仅为 5.4%。30 日龄当 ZZ 组合平均变态率达 86.2% 时, 杂交组合 H_{CH} 仅为 42.0%, H_{JH} 相对较好, 可达到 61.5%。方差分析结果(表9)再次表明, 杂交组合的变态率极显著低于栉孔扇贝种内交配组合, F 测验值达 374.03, 在变态率性状上, 组合 H_{JH} 明显优于 H_{CH} 组合。

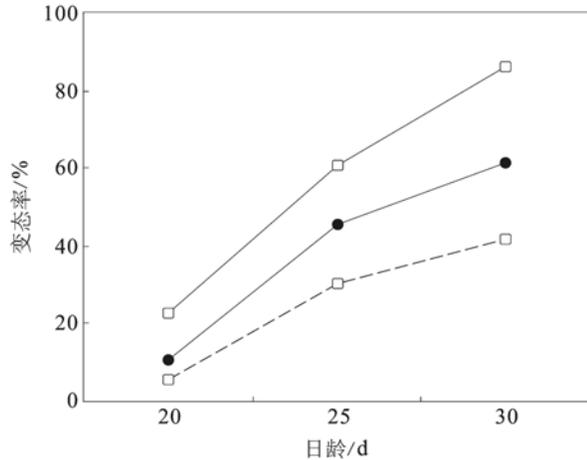


图 2 栉-华杂交与栉孔扇贝种内交配子代幼虫的变态率
Fig.2 The metamorphosis rates of larvae of inter-specific and intra-specific crosses
---□---: H_{CH} ; — —: H_{JH} ; —□—: ZZ

3 讨论

3.1 杂交育种和杂种优势及其在海水养殖贝类中的应用

杂交育种是进行动、植物遗传改良的重要手段和有效方法, 杂种优势是一种普遍的生物现象。在农作物及畜禽生产与试验中, 育种家通过种内远缘杂交和种间杂交培育出大量优势杂种品种。近些年来杂交育种的理论和方法也较广泛应用到海洋贝类的遗传改良和育种实践中。Scarpa (1992)、Allen 等(1993)报道过牡蛎种内、种间杂交的杂种表现, 大多杂种牡蛎在生长率、抗逆性等方面存在杂种优势。在扇贝中, Heath (1995)通过对 2 种扇贝(*Patinopecten yessoensis* 和 *P. canrinus*)进行杂交育种成功地培育出一抗病品系。最近几年, 我国引进日本盘鲍, 与我国的皱纹盘鲍杂交获得的杂交鲍在产业中表现出生长快, 存活率高等优点, 给养殖单位和广大养殖户带来很好的经济效益, 已经受到人们的关注(包振民等, 2002)。在国家高技术 863 课题的资助下, 由本研究室筛选获得的栉孔扇贝 × 华贵栉孔扇贝杂交组

合, 在连续几年的生产试验中, 杂交一代在海上养成阶段均表现出耐高温、生长快的特点, 并且杂交后代是可育的, 能够通过进一步同胞交或回交, 固定一些目标性状。关于栉孔扇贝 × 华贵栉孔扇贝组合杂交发生的遗传学机理还有待进一步探明。

3.2 栉孔扇贝 × 华贵栉孔扇贝组合 F_1 在胚胎发生和幼虫生长阶段的杂交反应

种间杂交突破了种间生殖隔离的影响, 但也均普遍表现受精困难、时间上滞缓等特点, 或者在杂种的育性上存在问题。栉孔扇贝和华贵栉孔扇贝为同属的两个不同种, 两者的染色体数目也不同。本文研究结果表明, 栉孔扇贝 × 华贵栉孔扇贝组合 F_1 的胚胎发生和幼虫附着、变态均存在一定的阻遏现象, 普遍表现为受精率、孵化率和变态率等低于栉孔扇贝种内交配组合。一旦突破生殖隔离, 其生长的优势也是显著的, D 形幼虫期即表现出壳长、高的增长快于 ZZ 组合的特点。可见, 栉孔扇贝和华贵栉孔扇贝的种间杂交 F_1 在生长和发育的两个环节上是不一致的, 在涉及器官及其功能形成的发育环节上, 杂交表现负效应; 而在涉及形态变化和增大的生长环节上, 杂交表现正效应, 存在杂种优势现象。

3.3 扇贝的不同地理群体遗传多样性和优良栉-华杂交组合的选配

野生扇贝是高度杂合的种类, 不存在自然纯系, 不同地理群体的扇贝的遗传多样性并不一致, 可能形成相应的种群分割(亚种)。Orbacz 等(1996)通过 mtDNA 的 RFLP 分析了虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)的西伯利亚种群、加拿大 BC 省养殖群体及日本两个野生种群的遗传多样性。Herbinger 等(1998)利用 cDNA 和微卫星标记分析了麦哲伦扁圆扇贝(*Placopecten magellanicus* G.)两个地理位置相邻群体的遗传分化。李太武等(2001)利用同工酶技术分析了栉孔扇贝的中国种群和日本种群遗传差异。潘洁等(2002)报道了栉孔扇贝不同地理群体的遗传多样性, 揭示了中国长岛群体与韩国群体存在较大遗传差异。本实验中所用的两个地理群体的栉孔扇贝分别采自处渤海海域的中国长岛和处黄海海域的青岛胶南, 地理上虽相去不远, 但跨越两个不同海域, 可能发生一定的遗传分化、形成各别的遗传特征。以这两个地理群体栉孔扇贝作母本, 与采自福建沿

海的华贵栉孔扇贝杂交形成的组合 H_{CH} 和 H_{JH} 在胚胎发生(受精、孵化)及幼虫生长和发育(附着变态)过程中均存在一定的差异。综合分析可知, 本研究中组合 H_{JH} 胚胎发生、幼虫附着变态受抑制的程度较弱, D形幼虫的生长优势更大一些, 如能进一步扩大试验群体, 获得强优势组合的机会更大。

参 考 文 献

- 王 伟, 唐玉卿, 2003. 杂交栉孔扇贝试养技术. 水产科学, 2: 37
- 王如才, 王昭萍, 张建中, 1993. 海水贝类养殖学. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 17—21, 46—57
- 包振民, 万俊芬, 王继业等, 2002. 海洋经济贝类育种研究进展. 青岛海洋大学学报(自然科学版), 32(4): 567—573
- 阮贵海, 蔡建平, 建 瓪等编著, 2003. SAS 统计实用大全. 北京: 清华大学出版社, 164—187
- 李太武, 孙修勤, 刘 艳等, 2001. 栉孔扇贝种群的遗传变异分析. 高技术通讯, 4: 25—27

- 莫惠栋, 1992. 农业试验统计. 上海: 上海科学技术出版社, 166—170
- 潘 洁, 包振民, 赵 洋等, 2002. 栉孔扇贝不同地理群体的遗传多样性分析. 高技术通讯, 12: 78—82
- Allen S K, Gaffney P M, Scarpa J *et al*, 1993. Inviabile hybrids of *Crassostrea virginica* (Gmelin) with *C. rivularis* (Gould) and *C. gigas* (Thunberg). *Aquaculture*, 113: 269—289
- Heath W A, 1995. Developments in shellfish culture in British Columbia. *Journal of Shellfish Research*, 14(1): 228
- Herbinger C M, Vercaemer B M, Gjetvaj B *et al*, 1998. Absence of genetic differentiation amongst geographically close sea scallop (*Placopecten magellanicus* G.) beds using cDNA and microsatellite markers. *Journal of Shellfish Research*, 7(1): 117—122
- Orbacz E A, Wilbur A E, Wakefield J R *et al*, 1996. RFLP analysis of genetic diversity in a Siberian population of the Japanese scallop (*Patinopecten yessoensis*). *Journal of Shellfish Research*, 15(2): 529
- Scarpa J, 1992. Comparative kinetics in hybrid crosses of Pacific oyster *Crassostrea gigas* and Suminoe oyster *C. rivularis* with American oyster *C. virginica*. *Journal of Experimental Zoology*, 263: 316—322

PRIMARY STUDY ON EMBRYOGENESIS AND GROWTH OF DISTANT HYBRID LARVAE OF *CHLAMYS FARRERI* × *C. NOBILIS*

SUN Chang-Sen^{1,2}, BAO Zhen-Min¹, WANG Shi¹, ZHAN Ai-Bin¹, WANG Xiao-Long¹, HU Jing-Jie¹

(1. Laboratory of Marine Genetics and Breedings (MGB), Division of Life Science and Biotechnology, Ocean University of China, Qingdao, 266003; 2. School of Life Sciences, Taizhou University, Linhai, 317000)

Abstract Heterosis is a common biological phenomenon. Two kind of scallops were introduced in the paper, *Chlamys farreri* and *C. nobilis*, inhabiting in different sea areas, are two distant species of scallop with different biology characteristics in cladistics, and they are strongly complementary in quite several traits of the scallop's cross breeding. In addition, many scallop species of can naturally grow up in a wide coastal maritime area. For example, *C. farreri* can survive from south of Shandong to north of Liaoning in China. The wide geographical distribution and ecological adaptation resulted in intra-specific genetic differentiation, forming a few geographic populations. Taking the intra-specific cross of *C. farreri* (ZZ) as a baseline, the embryogenesis and growth of F_1 larvae of two inter-specific crosses of *C. farreri* × *C. nobilis* (H_{CH} & H_{JH}) were studied by independent comparison in single degree of freedom. In terms of growth, the inter-specific hybridization between the two is different. Specifically, during organ and its function formation, negative effect was shown, while during morphological change and enlarge, positive effect was indicated with heterosis. Among two hybridization group, H_{JH} had better results in overall: the average hatchability of fertilized eggs (for 22 hrs) reached 95.8%, closed to that of ZZ; 30d average abnormality was 61.5%, better than 42.0% in H_{CH} group; and 8d larva sized $143.4\mu\text{m} \times 123.2\mu\text{m}$, showing stronger superiority in growth. These results are very informative in practice in the hybridization of *C. farreri* × *C. nobilis*, and optimizing strain selection.

Key words *Chlamys farreri*, *C. nobilis*, Inter-specific cross, Fertilization, Hatching, D-shaped larvae's growth, Metamorphosis