

文章编号:1000-0615(2009)03-0389-07

大连群体两种壳型菲律宾蛤仔的双列杂交

闫喜武¹, 张跃环¹, 金晶宇¹, 霍忠明¹, 杨凤¹, 张国范²

(1. 大连水产学院生命科学与技术学院, 辽宁 大连 116023;

2. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要:为探讨不同壳型菲律宾蛤仔的杂种优势,于2007年6月开展了壳宽型(W)和壳扁型(P)两种壳型菲律宾蛤仔的双列杂交。实验由2个杂交组PW(P♀×W♂)、WP(W♀×P♂)和2个自交组WW(W♀×W♂)、PP(P♀×P♂)组成。结果表明,杂交子代壳宽与壳长的比值、放射肋数介于两个自交子代之间,表现为中间型。浮游期间,幼虫未表现出生长优势,但表现出一定的存活优势,幼虫大小存在显著的母本效应。PW和WP子代的存活优势分别为(3.43±0.54)和(4.21±0.55)。室内培育阶段,杂交子代稚贝表现出明显的生长、存活优势,但母本效应逐渐减弱,PW和WP子代的生长优势分别为(10.76±2.25)和(8.28±1.88),存活优势分别为(5.52±0.62)和(11.10±2.41)。养成期间,杂交子代的生长、存活优势更加明显,母本效应消失,PW和WP子代的生长优势分别为(16.22±0.23)和(14.80±1.50),体重的杂种优势分别为(50.29±1.13)和(35.27±2.43),存活优势分别为(12.30±1.37)和(17.45±0.75)。以上结果说明两种不同壳型蛤仔杂交可以产生杂交优势,随着个体发育杂交优势越来越明显。

关键词:菲律宾蛤仔;双列杂交;壳型;杂种优势

中图分类号:Q 321+.6; S 917

文献标识码:A

双列杂交是把各亲本轮换与其它亲本交配,使其包括所有可能配成的杂交组合^[1]。通过双列杂交,有可能迅速和显著地提高杂种后代的生活力、经济性状等,获得杂种优势,继而培育出新品种。该杂交技术已经在水产动物育种上得到应用,并取得了可观的经济效益和社会效益^[2]。Newkirk等^[3]通过不完全双列杂交估计了牡蛎的遗传力。Sheridan等^[4]开展了两群体牡蛎间的双列杂交,有效的提高了牡蛎产量。Cruz等^[5]研究了两群体海湾扇贝(*Argopecten circularis*)的双列杂交,并对幼虫的生长与存活进行了比较。Manzi等^[6]利用双列杂交研究了硬壳蛤(*Mercenaria mercenaria*)的杂种优势,对生长进行了选择。张国范等^[7]对中日群体的皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai* Ino)进行了双列杂交。闫喜武等^[8]研究了莆田群体与大连群体菲律宾蛤仔(*Ruditapes*

philippinarum)的双列杂交,对杂交子一代的生物学参数进行了比较;张跃环等^[9]对大连群体两种壳型菲律宾蛤仔的生长发育进行了比较;郑怀平等^[10]利用两个不同群体的海湾扇贝(*Argopecten irradians*),开展了两者间的双列杂交,对子代的生长、存活进行了比较;吕豪等^[11]通过双列杂交研究了太平洋牡蛎(*Crassostrea*)与大连湾牡蛎(*Ostrea talienwhamensis*)的杂种优势;刘小林等^[12-14]开展了不同地理群体栉孔扇贝(*Chlamys farrer*)间的双列杂交和四种扇贝种间的不完全双列杂交,对杂交的可行性及幼体早期发育进行了研究;王爱民等^[15]通过双列杂交研究了不同地理群体马氏珠母贝(*Pinctada martensii*)的杂交子一代的形态参数。郑汉丰等^[16]研究了三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)与池蝶蚌(*Hyriopsis schlegeli*)间的双列杂交,并分析了早期杂交子一代的形态

收稿日期:2008-04-03

修回日期:2008-10-07

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA10A410)

通讯作者:闫喜武, Tel: 0411-84763026, E-mail: Yanxiwu2002@163.com

差异。本实验的目的在于探索两种壳型菲律宾蛤仔的杂交效果,评价杂种优势,分析壳型的遗传机制,为种质改良,培育壳型新品系及杂种优势的充分利用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 亲 贝 的 来 源

实验用的亲贝为取自辽宁省大连金州区石河镇北海滩涂野生的3龄菲律宾蛤仔,该群体未经过人工选育。将放射肋<70条的蛤仔定义为壳宽蛤(W),将放射肋>90条的蛤仔定义为壳扁蛤(P),从该群体中选出壳型规整的壳宽型和壳扁型各100个个体作为繁殖群体。

1.2 实验的设计和处 理

2007年6月上旬,将性腺发育成熟的亲贝移入室内阴干8h,4h后亲本开始产卵排精。选取壳宽型(W)和壳扁型(P)蛤仔雌雄各1个,分别收集精卵,用双列杂交法,将获得的精卵按照表1组合受精,建立PP、WW两个自交组,PW和WP两个正反交组,共4个实验组。用150目筛绢网过滤杂质,转入10L红桶中孵化,受精卵孵化密度为每毫升6~8个,孵化期间连续充气。受精卵大约经过25h发育为D形幼虫。操作过程中,各实验组严格隔离,防止混杂。

表1 双列杂交的实验设计

Tab.1 The design of diallel cross of Manila clam with different shell shapes

亲本 parents	P ♂	W ♂
P ♀	PP	PW
W ♀	WP	WW

1.3 幼 虫 培 育

幼虫培育在10L的红桶中,密度为每毫升3~4个,各实验组分别设3个重复。每2天换1次水,换水量为100%。饵料每天投喂2次,前期为绿色巴夫藻(*Parvoviridis*),后期为绿色巴夫藻和小球藻(*Chlorella vulgaris*)(1:1)混合投喂,投饵量视幼虫摄食情况而定。为防止不同实验组幼虫之间混杂,换水网袋单独使用。幼虫培育期间,水温为20.4~22.8℃,盐度为25~28。为了消除培育密度的影响,定期对幼虫密度进行调整,

使每个重复密度保持一致。

1.4 稚 贝 中 间 育 成

幼虫变态(以出现次生壳为标志)为稚贝后,日常管理同“1.3”。当稚贝生长至40日龄时,将各实验组稚贝装入60目网袋,每组3~6袋,移到室外生态池中进行中间育成,时间为2007年7~11月,期间水温8~30℃,盐度24~28,pH为7.56~8.68。在中间育成阶段,随稚贝生长定期更换网袋,同时,对密度进行调整,使每个重复组密度保持一致。

1.5 测 定 指 标

卵径、幼虫大小和壳长小于300μm的稚贝在显微镜下用目微尺(100×)测量,壳长大于300μm小于3.0mm的稚贝测量在体视显微镜下用目微尺(20~40×)进行,壳长大于3.0mm后用游标卡尺测量。每次测量设3个重复,每个重复随机测量30个个体。

幼虫存活率为单位体积幼虫数与D形幼虫数的百分比;室内阶段稚贝存活率为转移到室外生态池进行中间育成时测得的稚贝数与变态稚贝数的比值;室外中间育成期阶段稚贝存活率为最后收获时的数量与转移到室外生态池进行中间育成时测得的稚贝数的比值。

1.6 杂 种 优 势 的 计 算

参照Cruz等^[5]与郑怀平^[10]使用的方法,用下面公式计算杂种优势(heterosis)

$$H(\%) = \frac{(PW + WP) - (PP + WW)}{PP + WW} \times 100 \quad (1)$$

$$H_{PW}(\%) = \frac{PW - PP}{PP} \times 100 \quad (2)$$

$$H_{WP}(\%) = \frac{WP - WW}{WW} \times 100 \quad (3)$$

式中,P、W分别代表壳扁型和壳宽型蛤仔,PP、PW、WP、WW分别表示各实验组的F₁在同一日龄的表型值(生长、存活)。公式(1)表示双列杂交的杂种优势;公式(2)和(3)表示双列杂交中正、反交组的杂种优势。

1.7 数 据 处 理

用SPSS 13.0统计软件对数据进行分析处理,不同实验组间数据的比较采用单因素方差分析方法,差异显著性设置为P<0.05。

2 结果

2.1 幼虫的生长与存活

各个实验组幼虫在 0、3、6、9 日龄的平均壳长、生长速度和杂种优势见表 2。由表 2 可见,浮游期间,生长尚未表现出杂种优势,幼虫大小和生长速度存在母本效应。3 日龄前,以壳扁型为母本的幼虫壳长大于以壳宽型为母本的幼虫壳长,9 日龄时,情况则相反,说明以壳宽型为母本的幼虫生长快于以壳扁型为母本的幼虫。3~9 日龄,

PW 表现出正杂种优势,其平均值为 1.69;WP 表现出负杂种优势,其平均值为 -1.66。PW、WP 的生长速度分别为 (9.55 ± 0.30) 、 (10.31 ± 0.44) $\mu\text{m}/\text{d}$,二者差异显著($P < 0.05, n = 30$),杂种优势分别为 1.27、-0.10。

4 个实验组幼虫在 0、3、6、9 日龄的存活及杂种优势见表 3。将 D 形幼虫的存活率定义为 100%,3~9 日龄期间,幼虫存活率均在 80% 以上,PW、WP 存活率比相应的对照组高,其杂种优势平均值分别为 (3.43 ± 0.54) 和 (4.21 ± 0.55) 。

表 2 浮游期各实验组幼虫的平均壳长、生长速度和杂种优势
Tab. 2 Mean shell length, growth rates and heterosis of larvae for experimental groups during the planktonic period

实验组 experiment groups	幼虫日龄 age of larvae				生长速度($\mu\text{m}/\text{d}$) growth rate
	0	3	6	9	
PP	100.60 ^a ± 1.20	133.33 ^a ± 3.79	172.00 ^a ± 4.28	185.50 ^a ± 4.02	9.43 ^a ± 0.32
PW	100.07 ^a ± 1.11	136.17 ^a ± 4.49	176.16 ^a ± 4.68	186.67 ^a ± 3.82	9.55 ^a ± 0.30
WP	98.07 ^b ± 1.05	123.50 ^b ± 3.52	167.33 ^b ± 3.41	189.83 ^b ± 2.92	10.31 ^b ± 0.44
WW	98.47 ^b ± 1.94	124.83 ^b ± 3.85	172.83 ^a ± 5.03	191.33 ^b ± 3.86	10.32 ^b ± 0.41
H(%)	0	0.58	-0.55	-0.12	0.56
H _{PW} (%)	0	2.13	2.42	0.63	1.27
H _{WP} (%)	0	-1.07	-3.12	-0.78	-0.10

注:同一列中上标具有相同字母表示没有显著性差异($P > 0.05$),来自于单因素方差分析,下同

Notes: The same letters in each column mean no significant difference ($P > 0.05$), the following notes are the same as Tab. 2

表 3 浮游期各实验组幼虫的存活率和杂种优势

Tab. 3 Survival rates and heterosis of larvae for experimental groups during the planktonic period

实验组 experiment groups	幼虫日龄 age of larvae			
	0	3	6	9
PP	100	91.89 ^a ± 4.54	90.20 ^a ± 5.01	87.50 ^a ± 2.66
PW	100	95.13 ^b ± 4.01	92.77 ^a ± 2.11	90.93 ^a ± 3.27
WP	100	93.52 ^b ± 1.50	90.33 ^a ± 3.51	85.67 ^b ± 4.04
WW	100	90.24 ^a ± 4.15	86.62 ^b ± 3.25	81.81 ^b ± 3.48
H(%)	0	3.58	3.55	4.31
H _{PW} (%)	0	3.53	2.85	3.92
H _{WP} (%)	0	3.63	4.28	4.72

2.2 室内培育期稚贝的生长与存活

室内培育期间,生长表现出明显的杂种优势,母本效应逐渐减弱,彼此间无显著差异(表 4)。15 日龄时,幼虫刚刚完成变态,进入稚贝期,仍然表现出母本效应,彼此间差异显著($P < 0.05, n = 30$),杂种优势尚未出现。随着稚贝生长差异不断增大,生长的杂种优势表现越来越明显。20~40 日龄期间,P×W、PW、WP 的生长优势平均值分别为 (9.53 ± 1.97) 、 (10.76 ± 2.25) 、 (8.28 ± 1.88) ;PW、WP 的生长速度分别为 $(25.29 \pm$

$3.88)$ 、 (23.60 ± 3.56) $\mu\text{m}/\text{d}$,其杂种优势为 15.90、14.00,显著高于相应对照组($P < 0.05, n = 30$)。

将刚刚完成变态的稚贝存活率定义为 100%。20~40 日龄期间,稚贝表现出较高的存活率,在 80% 以上,大小顺序为 PW > WP > PP > WW。P×W、PW、WP 存活的杂种优势平均值分别为 (8.17 ± 1.42) 、 (5.52 ± 0.62) 、 (11.10 ± 2.41) ,且 WP > PW(表 5)。

表 4 室内培育期各实验组稚贝的平均壳长、生长速度和杂种优势
Tab. 4 Average shell length, growth rates and heterosis of juvenile for experimental during the nursing period indoor

实验组 experiment groups	稚贝日龄 age of juvenile (d)				生长速度($\mu\text{m}/\text{d}$) growth rate
	15	20	30	40	
PP	196.50 ^a ± 6.71	261.34 ^a ± 20.19	435.00 ^a ± 52.09	742.00 ^a ± 87.36	21.82 ^a ± 3.24
PW	200.00 ^a ± 9.82	282.67 ^b ± 20.99	487.00 ^b ± 73.54	832.30 ^b ± 93.15	25.29 ^b ± 3.88
WP	205.83 ^b ± 8.31	258.33 ^a ± 11.67	473.33 ^b ± 59.76	795.00 ^b ± 78.24	23.60 ^b ± 3.56
WW	203.50 ^b ± 7.56	242.54 ^a ± 23.44	438.00 ^a ± 46.55	721.00 ^a ± 81.08	20.70 ^a ± 3.72
H(%)	1.46	7.37	10.00	11.23	14.98
H _{PW} (%)	1.78	8.16	11.95	12.17	15.90
H _{WP} (%)	1.14	6.51	8.07	10.26	14.00

表 5 室内培育期各实验组稚贝的存活率和杂种优势
Tab. 5 Survival rates and heterosis of juvenile for experimental groups during the nursing period indoor

实验组 experiment groups	稚贝日龄 age of juvenile (d)			
	15	20	30	40
PP	100	94.62 ^a ± 2.51	92.36 ^a ± 3.21	89.78 ^a ± 4.51
PW	100	99.20 ^a ± 1.06	97.61 ^a ± 1.21	95.31 ^b ± 1.58
WP	100	95.87 ^a ± 2.80	94.30 ^a ± 3.42	90.17 ^a ± 4.25
WW	100	88.45 ^b ± 3.32	83.43 ^b ± 3.63	80.60 ^{ab} ± 5.92
H(%)	0	6.55	9.12	8.86
H _{PW} (%)	0	4.84	5.68	6.06
H _{WP} (%)	0	8.39	13.03	11.87

2.3 养成期幼贝的生长与存活

各实验组幼贝的平均壳长(体重)、生长速度和杂种优势见表 6。养成期间,杂交组表现出稳定的生长优势,母本效应消失,彼此间无显著性差异。90~150 日龄期间,P×W、PW、WP 的生长优势平均值分别为(15.53 ± 0.80)、(16.22 ± 0.23)、(14.80 ± 1.50);体重的杂种优势平均值分别为(50.29 ± 1.13)、(35.27 ± 2.43);PW、WP 生长速度分别为(210.84 ± 42.65)、(189.17 ±

28.57) $\mu\text{m}/\text{d}$,显著高于相应对照组($P < 0.05$, $n = 30$),其杂种优势分别为 16.27、16.05。

各实验组幼贝的存活率和杂种优势见表 7。养成期间,各组幼贝存活率大小顺序为 PW > WP > PP > WW,与稚贝期间的存活情况密切相关,死亡率很低。存活的杂种优势相当稳定,P×W、PW、WP 的存活优势平均值分别为(14.71 ± 1.08)、(12.30 ± 1.37)、(17.45 ± 0.75),WP > PW,与稚贝期间表现相同。

表 6 养成期各实验组幼贝的平均壳长(体重)、生长速度和杂种优势
Tab. 6 Mean shell length(weight), growth rates and heterosis of juveniles for experimental groups during the grow out period outdoor

实验组 experiment groups	幼贝日龄 age of juveniles (d)			生长速度($\mu\text{m}/\text{d}$) growth rate
	90	120	150	
PP	7.26 ^a ± 1.02 (0.055 3 ± 0.004 7)	13.96 ^a ± 1.69 (0.415 4 ± 0.0593 4)	18.14 a ± 2.32 (0.905 2 ± 0.038 0)	181.33 ^a ± 30.26
PW	8.45 ^b ± 1.48 (0.084 0 ± 0.009 3)	16.19 ^b ± 2.26 (0.621 8 ± 0.068 9)	21.10 ^b ± 2.65 (1.354 2 ± 0.090 9)	210.84 ^b ± 42.65
WP	7.83 a ± 1.27 (0.075 0 ± 0.005 6)	14.34 ^a ± 2.07 (0.510 5 ± 0.066 5)	19.18 ^a ± 2.53 (1.110 4 ± 0.086 8)	189.17 ^a ± 28.57
WW	6.78 ^{ab} ± 1.36 (0.056 2 ± 0.002 9)	12.68 ^a ± 1.54 (0.380 3 ± 0.012 8)	16.56 ^{ab} ± 1.87 (0.804 4 ± 0.093 3)	163.00 ^{ab} ± 25.68
H(%)	15.95(42.60)	14.60(42.30)	16.03(44.16)	17.17
H _{PW} (%)	16.40(51.60)	15.97(49.68)	16.30(49.60)	16.27
H _{WP} (%)	15.49(33.46)	13.09(34.32)	15.82(38.04)	16.05

2.4 亲本与子代的壳型表现

亲本中壳宽型、壳扁型蛤仔的 W/L 分别为 0.53、0.43,放射肋条数为 54~56,96~102(表 8)。WW、PP 子代的 W/L 分别为 0.49、0.38,比

亲本的比值小;PW、WP 子代的 W/L 值为 0.43,介于 WW 和 PP 子代之间。自交组与杂交组子代的放射肋条数恰恰是亲本间组合的平均值,说明放射肋条数为数量性状,呈简单的加性关系。

表 7 养成期各实验组的存活率和杂种优势

Tab.7 Survival rates, and heterosis of youth for experimental groups during the grown out period outdoor

实验组 experiment groups	幼贝日龄 age of youth (d)		
	90	120	150
PP	80.35 ^a ± 5.98	78.85 ^a ± 6.21	76.18 ^a ± 6.03
PW	89.37 ^b ± 4.58	88.17 ^b ± 4.87	86.73 ^b ± 4.37
WP	82.28 ^a ± 4.64	81.25 ^a ± 4.72	80.36 ^a ± 4.85
WW	70.28 ^{ab} ± 5.42	69.46 ^{ab} ± 5.35	67.92 ^{ab} ± 5.83
H(%)	13.95	14.23	15.96
H _{PW} (%)	11.23	11.82	13.85
H _{WP} (%)	17.07	16.97	18.32

表 8 亲本与子代的壳型表现

Tab.8 The shell shapes of parents and offspring

类别 items	壳长(mm) shell length	壳高(mm) shell height	壳宽(mm) shell width	壳宽/壳长 W/L	放射肋条 radiocostae	
亲本 parents	P ♀	42.48	28.04	18.18	0.43	102
	P ♂	42.26	28.52	18.10	0.43	96
	W ♀	34.56	26.64	18.18	0.53	56
	W ♂	34.16	25.42	18.10	0.53	54
子代 offspring	PP	18.14 ± 2.32	11.88 ± 1.75	6.96 ± 1.09	0.38	99
	PW	21.10 ± 2.65	14.56 ± 2.04	9.10 ± 1.27	0.43	78
	WP	19.18 ± 2.53	13.40 ± 1.52	8.26 ± 1.21	0.43	76
	WW	16.56 ± 1.87	12.32 ± 1.66	8.16 ± 1.15	0.49	55

3 讨论

3.1 两种壳型蛤仔的遗传差异

生物具有多种性状,不同性状的杂种优势表现往往不同。所以,只有正确选择杂交亲本才能充分利用杂种优势,这是杂交育种的关键。不同亲本间具有一定的遗传差异是亲本选择的必要条件之一。就同一物种而言,群体内的基因纯合化程度越高,群体间的基因频率差异就会越大,遗传距离也越远,当这样的群体间进行杂交时,就会产生较大的杂种优势^[11]。菲律宾蛤仔壳型随环境变化很大,根据壳型等参数的变化程度,刘仁沿等^[17]认为它们之间存在遗传变异。庄启谦等^[18]认为菲律宾蛤仔存在两种生态型:一种是生活在潮间带中上部,特别是砾石、粗沙的底质。贝壳较厚,高度与长度大致相等,放射肋粗而隆起,壳内面后部常呈紫色;另一种是生活在潮间带下部和浅海的蛤仔。贝壳通常较薄,长度明显大于

高度,放射肋较细、平,壳面多呈白色。这样,造成了在同一海域的蛤仔,分布区域不同,久而久之,导致生殖隔离,若干世代后,形成了遗传差异显著的两个群体^[11]。张跃环等^[9]在大连群体两种壳型菲律宾蛤仔生长发育比较中发现,两种壳型的蛤仔生长速度、抗逆性上存在显著差异,壳扁蛤具有生长快、抗逆性强的特点;在相同的培育条件下,两种壳型蛤仔的子代贝壳形态存在显著差异,故认为壳型是可以稳定遗传的,这为开展两者间的杂交奠定了基础。

3.2 生长优势的变化规律

杂种优势是一种普遍存在的重要生物学现象。王亚馥等^[19]认为,杂种优势是指两个遗传基础不同的亲本(如不同品系,不同品种,甚至不同种属)杂交所得到的杂种一代在生长势、生活力、抗逆性等方面均优于双亲的现象。利用杂种优势使贝类的生长、存活等表型性状获得改良,国内外都有报道。杂种优势在贝类生长发育的不同

阶段有不同表现。浮游期间,幼虫的生长一般符合以下规律:“上升-上升-停滞”,所对应的是D形幼虫-壳顶幼虫-足面盘幼虫-即将变态幼虫^[20]。也就是说,杂种优势开始时为0,而在幼虫生长过程中,表现程度不同。在本实验中,PW、WP在0、3、6、9日龄时生长优势的差值为0、3.20、5.54、1.41,与幼虫生长的一般规律相符。主要是由于D形幼虫及相应以后的2~3d内,有内源性营养提供部分能量;即将变态的幼虫需要长时间积累营养,而各组幼虫的变态规格几乎相同,导致生长优势无法得到表达^[5]。稚贝期间,刚刚完成变态的稚贝,其大小比变态规格略大,也尚未表现出生长优势,杂种优势值近乎为0;随着稚贝生长,个体间异质性逐渐增大,生长的杂种优势得到表现。但是,由于自交组与杂交组的异质性均在增大,故使杂种优势得到比较稳定的表达。PW、WP在15、20、30、40日龄的生长优势差值为0.64、1.56、3.88、1.19。养成期间,生长和存活的杂种优势均得到稳定表达。PW、WP在90、120、150日龄的生长优势为(16.22±0.23)、(14.80±1.50)。

3.3 亲本与子代的壳型变化

亲本中壳宽型、壳扁型蛤仔的壳宽与壳长的比值分别为0.53、0.43,放射肋条数为54~56、96~102。WW、PP子代的壳宽与壳长的比值分别为0.49、0.38,比亲本的比值小,说明壳型在生长过程是变化的,也就是说,子代在生长的过程中,逐渐表现出亲本的特征,类似于高等动物的第二性征,且变化过程逐渐接近于亲本的形态。PW、WP子代的壳宽与壳长的比值介于WW与PP子代之间,说明杂交的子代表现为中间型,但形态上略偏向母本,主要表现在壳宽型子代贝壳前端为盾圆形,而壳扁型子代贝壳前端略尖,与扇贝种间杂交的子代表现相似^[12-14]。庄启谦将菲律宾蛤仔划分为两种生态型,认为这两种在潮间带上分布不同,生活环境有差异的的蛤仔,虽然壳型上有所差异,但放射肋数目一致。本实验结果表明,两种壳型不同的蛤仔,放射肋数目是不同的。壳宽型蛤仔放射肋少于70条,壳扁型蛤仔放射肋大于90条,这与动物志中对菲律宾蛤仔与杂色蛤的分类依据相矛盾。菲律宾蛤仔壳面具有许多放射肋,用放射肋的条数标记壳型变化,有效的解决了利用比值衡量而带来的不便。自交组与杂交组的

放射肋条数恰恰是亲本间组合的平均值,说明放射肋条数为数量性状,是受多对微效基因控制的,可以相互叠加,这与Nilsson-Ehle做的长、短玉米穗杂交实验结果相似。依据多基因假说,每个数量性状是由许多基因共同作用的结果,其中,每一个基因单独作用较小与环境影响所造成的表型差异差不多大小,控制数量性状的各个基因的效应是积加的,即基因对某一性状的共同效应既有每个基因相加的效应,也可能有基因间相乘的效应^[21]。本实验中,发现放射肋的条数呈现为简单的加性效应。两种壳型蛤仔的放射肋条数相差较大,由于天然杂交的存在,出现中间类型,中间类型又与两种壳型蛤仔分别杂交,经过若干世代后,导致蛤仔的放射肋条数呈现出连续的数量分布。

参考文献:

- [1] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京:农业出版社, 1998:23.
- [2] 沈俊宝,刘明华. 鱼类育种学[M]. 北京:农业出版社,1999:10-39.
- [3] Newkirk G F, Haley L E, Waugh D L, et al. Genetics of larvae and spat growth rate in the oyster *Crassostrea virginica*[J]. Marine biology, 1977, 41: 49-52.
- [4] Sheridan A K. Genetic improvement of oyster production a critique[J]. Aquaculture, 1997, 153: 165-179.
- [5] Cruz P, Ibarra M. Larval growth and survival of two catarina scallop (*Argopecten circularis*, Sowerby, 1835) populations and their reciprocal crosses [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1997, 212(1): 95-110.
- [6] Manzi J J, Hadley N H, Jr Dillon R T. Hard clam, *Mercenaria mercenaria*, broodstocks: growth of selected hatchery stocks and their reciprocal crosses [J]. Aquaculture, 1991, 94(1): 17-26.
- [7] 张国范,王继红,阙华勇,等. 皱纹盘鲍中国群体和日本群体的自交与杂交F₁的RAPD分析[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(5): 484-491.
- [8] 闫喜武. 菲律宾蛤仔养殖生物学、养殖技术和品种选育[D]. 青岛:中国科学院海洋研究所, 2005.
- [9] 张跃环,闫喜武,杨 风,等. 菲律宾蛤仔大连群体两种壳型家系生长发育比较[J]. 生态学报, 2008, 28(9): 4246-4252
- [10] 郑怀平,张国范,刘 晓,等. 海湾扇贝杂交家系与

- 自交家系生长和存活比较[J]. 水产学报, 2004, 28(3): 267-271.
- [11] 吕豪, 魏若飞, 吕典壮, 等. 太平洋牡蛎与大连湾牡蛎杂交实验[J]. 水产科学, 1994, 13(6): 8-11.
- [12] 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, 27(3): 193-199.
- [13] 刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 不同种群栉孔扇贝杂交效果的初步研究[J]. 海洋学报, 2003, 25(1): 93-99.
- [14] 刘宪杰, 常亚青. 扇贝种间杂交的可行性及幼体早期发育的初步研究[J]. 大连水产学院学报. 2006, 21(4): 346-349.
- [15] 王爱民, 石耀华, 周志刚. 马氏珠母贝不同地理种群内自繁和种群间杂交子一代形态性状参数及相关性分析[J]. 海洋水产研究, 2004, 25(3): 39-45.
- [16] 郑汉丰, 张根芳, 李家乐, 等. 三角帆蚌、池蝶蚌及其杂交 F_1 代早期形态差异分析[J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(3): 224-230.
- [17] 刘仁沿, 张喜昌, 马成东, 等. 菲律宾蛤仔形态性状及与遗传变异的关系研究[J]. 海洋环境科学, 1999, 18(2): 5-10.
- [18] 庄启谦. 中国动物志, 软体动物门, 双壳纲, 帘蛤科[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 278.
- [19] 王亚馥, 戴灼华. 遗传学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999: 528-536.
- [20] 吴宝铃. 贝类繁殖附着变态生物学[M]. 青岛: 山东科学技术出版社, 1999: 108.
- [21] 刘祖洞. 遗传学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 253-257.

The diallel cross of Manila clam *Ruditapes philippinarum* of two shell shapes of Dalian population

YAN Xi-wu¹, ZHANG Yue-huan¹, JIN Jing-yu¹, HUO Zhong-ming¹, YANG Feng¹, ZHANG Guo-fan²

(1. The Institute of Life Science and Technology, Dalian Fisheries University, Dalian 116023, China;

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

Abstract: In order to investigate heterosis of two lines of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) with different shell shapes, the diallel cross of wide-shell (W) and plate-shell (P) was conducted in June, 2007. The experiments consisted of two hybrid groups [PW (P ♀ × W ♂), WP (W ♀ × P ♂)] and two self-fertilized groups [WW (W ♀ × W ♂), PP (P ♀ × P ♂)]. The results show that the shell width/shell length (W/L) and numbers of radiocostae of hybrid offspring are between those of offspring of two self-fertilized groups. At planktonic stage, instead of the larval growth heterosis, the larval survival heterosis and maternal effect of larval size are observed, the survival heterosis of offspring of PW and WP are (3.43 ± 0.54) and (4.21 ± 0.55), respectively. At nursing stage indoor, both growth and survival heterosis are found, and the maternal effects decrease, the growth heterosis of offspring of PW and WP are (10.76 ± 2.25) and (8.28 ± 1.88), the survival heterosis are (5.52 ± 0.62) and (11.10 ± 2.41). At grown out stage outdoor, the growth and survival heterosis of offspring is significant, the maternal effects disappeared. The growth heterosis of offspring of PW and WP are (16.22 ± 0.23) and (14.80 ± 1.50), and the weight heterosis are (50.29 ± 1.13) and (35.27 ± 2.43), respectively; the survival heterosis are (12.30 ± 1.37) and (17.45 ± 0.75). The above results indicate crossing of Manila clam with different shell shapes has heterosis which increase with development. The study will lay theoretic basis for utilization of heterosis of Manila clam with different shell shapes.

Key words: *Ruditapes philippinarum*; diallel cross; shell shape; heterosis