

## 中国蛤蜊的家系建立及早期生长发育

闫喜武<sup>1\*</sup>, 王琦<sup>1</sup>, 张跃环<sup>1</sup>, 霍忠明<sup>1</sup>, 赵越<sup>1</sup>, 杨凤<sup>1</sup>, 张国范<sup>2</sup>

(1. 大连海洋大学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:**采用不平衡巢式设计建立了中国蛤蜊家系(7个父系半同胞家系和21个全同胞家系: A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>……G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、G<sub>3</sub>),并对各家系的卵径、受精率、孵化率及生长、存活和变态等相关指标进行了分析。结果表明,各家系蛤蜊的卵径、受精率、孵化率及D形幼虫大小均无显著差异(P>0.05)。不同发育阶段各家系的个体大小不同,生长速度不同,并受父本效应、母本效应及雄内雌间作用的影响。幼虫浮游期,G<sub>1</sub>壳长最大,生长速度为(10.04±1.67) μm/d;A<sub>2</sub>壳长最小,生长速度为(6.07±1.32) μm/d。幼虫匍匐期,B<sub>3</sub>生长最快,其生长速度为(29.93±3.67) μm/d;D<sub>1</sub>生长最慢,其生长速度为(16.72±2.73) μm/d。稚贝期,G<sub>3</sub>壳长最大,生长速度为(83.14±5.85) μm/d;A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>的壳长较小,其生长速度分别为(57.78±5.44) μm/d, (55.86±4.48) μm/d。幼虫浮游期,A<sub>2</sub>、C<sub>1</sub>、E<sub>3</sub>、F<sub>2</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>的存活率较高(>85%),B<sub>2</sub>、D<sub>1</sub>存活率较低(<35%);稚贝培育期,G<sub>1</sub>存活率(70.40%)最高;A<sub>1</sub>(23.40%)、C<sub>2</sub>(20.90%)、F<sub>1</sub>(19.30%)的存活率较低。变态期间,各家系的生长速度不同,G<sub>1</sub>、G<sub>3</sub>生长速度较快,分别为(7.94±1.53) μm/d、(7.96±1.52) μm/d;D<sub>1</sub>生长速度最慢,仅为(5.23±0.75) μm/d。各家系的变态率不同,B<sub>1</sub>、E<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>变态率均在80%以上,E<sub>2</sub>(41.24%)、F<sub>1</sub>(43.25%)变态率较低。各家系的变态规格存在差异,随着变态时间的延长变态规格小型化;G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、G<sub>3</sub>变态规格最大(240 μm),变态时间最短(13 d);D<sub>1</sub>变态规格最小,仅为(226.65±5.65) μm,变态时间最长(17 d)。综合各家系生长、存活等早期表型性状,G<sub>3</sub>生长最快,F<sub>2</sub>存活率最高,G<sub>1</sub>产量最高,可进一步作为中国蛤蜊的育种材料。

**关键词:**中国蛤蜊;家系;生长;存活;变态

**中图分类号:**Q 31;S 917

**文献标识码:**A

中国蛤蜊(*Macra chinensis Philipi*)隶属瓣鳃纲(Lamellibranchia),帘蛤目(Venerioida),蛤蜊科(Mactridae),蛤蜊属,主要分布在我国的辽宁、山东以及日本、朝鲜等地<sup>[1]</sup>。一般栖息在水流畅通、饵料丰富的近河口浅海处,以2~5 m水深处最多,直至水深60 m的海区均有分布,其肉味鲜美,出肉率高,是一种具有较高营养价值的滩涂贝类。目前,对中国蛤蜊养殖生物学的相关研究很少,仅有少数学者先后对中国蛤蜊的形态构造、生活习性、繁殖习性、性腺发育规律及胚胎发育等方

面进行了初步研究<sup>[2-5]</sup>,Nakajima等<sup>[6]</sup>通过混合投喂和单独投喂方式对幼虫生长进行了比较。

家系选择是动植物育种中遗传改良的有效方法。实际上,该方法是对基因型进行选择,来加快家系内基因的纯化速度;家系建立则是贝类选择育种和杂交育种的基础<sup>[7]</sup>。关于贝类家系选育研究,国内外已有不少的研究报道,如牡蛎(*Ostrea edulis*)<sup>[8-12]</sup>、硬壳蛤(*Mercenaria mercenaria*)<sup>[13]</sup>、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)<sup>[14-16]</sup>、青蛤<sup>[17]</sup>、海湾扇贝

收稿日期:2008-12-10 修回日期:2009-07-18

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA10A410);辽宁省重大科研项目(990387);辽宁省教育厅创新团队项目(2007T104)

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

(*Argopecten irradians irradians* Lamarck)<sup>[18-20]</sup>、马氏朱母贝(*Pinctada martensii*)<sup>[21]</sup>等。这些研究表明家系选育的方法可以不同程度提高贝类的生长性能和抗逆性,经济性状得到明显的改良。而对于中国蛤蜊遗传改良方面的相关研究尚未见报道,本文是在中国蛤蜊人工育苗的基础上,通过不平衡巢式设计建立同胞家系,并对家系早期的生长发育进行评价,为中国蛤蜊新品系培育提供基础数据和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 亲贝来源

以大连庄河尖山滩涂贝类养殖场的3龄野生中国蛤蜊作为亲本,壳长(50.70 ± 2.80) mm,于2008年7月,中国蛤蜊性腺成熟时,挑出贝壳无损伤、壳型规整、活力强的处于临产状态的中国蛤蜊160枚作为繁殖群体。

### 1.2 家系建立

在水温23℃、盐度28、pH 7.8的条件下,对亲本进行阴干、流水刺激,1~2 h后,亲本开始产卵排精。根据常见滩涂贝类家系建立方法<sup>[22]</sup>,采用巢式设计,1个父本与3个母本交配如表1,建

立7个父系半同胞家系和21个母系全同胞家系。每个家系设置3个重复。

### 1.3 幼虫和稚贝培育

采用三段法<sup>[23]</sup>,进行幼虫和稚贝的培育。在此期间,水温为22.8~28.6℃,盐度为25~28,pH为7.8~8.0。幼虫和稚贝在100 L塑料桶中培育,每毫升5~6个,每2天全量换水1次,为避免不同家系的混杂,每组换水后将筛绢网用淡水冲洗。每天投饵2次,饵料为金藻和小球藻(体积比为1:1),投饵量视幼虫和稚贝的摄食情况而定,保持水中有足量的饵料。为了消除培育密度的影响,在培育阶段每2天对密度进行调整,使各个家系密度基本保持一致。为避免家系混杂,各个家系分桶培育,严格隔离。

### 1.4 数据测量

幼虫和壳长≤300 μm的稚贝在显微镜下用目微尺(100×)测量,300 μm≤壳长≤3 000 μm的稚贝测量在体视显微镜下用目微尺(25×)进行;每个家系测量设3个重复,每个重复随机测量30个个体。生长速度为不同阶段个体壳长的日增长(μm/d)。

表1 巢式设计建立家系的方法  
Tab.1 The method of unbalanced nest design

父本 paternal	母本 maternal	家系子一代 F <sub>1</sub>	父本 paternal	母本 maternal	家系子一代 F <sub>1</sub>
	♀1	A <sub>1</sub>		♀1	G <sub>1</sub>
♂ A	♀2	A <sub>2</sub>	♂ B, ♂ C, ♂ D ……	♀2	G <sub>2</sub>
	♀3	A <sub>3</sub>		♀3	G <sub>3</sub>

立7个父系半同胞家系和21个母系全同胞家系。每个家系设置3个重复。

幼虫存活率为不同日龄幼虫与D形幼虫的百分比;变态率为出现鳃原基、足、次生壳稚贝数与足面盘幼虫数量的百分率;稚贝存活率为不同日龄稚贝数量与刚刚完成变态稚贝数量的百分率;总存活率为稚贝数量与D形幼虫数量的百分比;产量为总存活率与稚贝壳长的乘积;相对产量为各家系产量与家系G<sub>1</sub>产量比值的百分率。

### 1.5 数据处理

用SPSS 13.0统计软件对数据进行分析处理,采用单因素方差分析家系间的数据,利用Turkey HSD进行多重比较,差异显著性设置为P<0.05,Excel作图。

## 2 结果

### 2.1 卵径、受精率、孵化率、D形幼虫规格

中国蛤蜊各家系的卵径、受精率、孵化率及D形幼虫大小如表2,各家系均表现出较高的受精率和孵化率,且家系间无显著差异(P<0.05)。

### 2.2 幼虫的生长、存活及变态

在幼虫培育过程中,3日龄时,G<sub>1</sub>壳长最大,与A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>差异显著(P<0.05);A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>壳长最小,与D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub>、E<sub>3</sub>、F<sub>1</sub>、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、G<sub>3</sub>差异不显著(P>0.05),大小受父本效应、母本效应和雄内雌间效应影响(表5)。6日龄时,B<sub>3</sub>、G<sub>1</sub>壳长最大,与A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>、D<sub>1</sub>、E<sub>1</sub>、E<sub>2</sub>、F<sub>1</sub>差异不显

著( $P > 0.05$ );  $A_2$  壳长最小,与  $A_1$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $G_1$  差异显著( $P < 0.05$ )。9 日龄时,  $G_1$  壳长最大,与  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $F_3$ 、 $G_2$ 、 $G_3$  差异不显著( $P > 0.05$ ); 仍

以  $A_2$  壳长最小,与  $A_3$ 、 $D_1$  差异不显著,与其它实验组差异显著( $P < 0.05$ ) (图 1),其大小受父本效应、母本效应和雄内雌间相应影响(表 5)。

表 2 中国蛤蜊各家系的卵径、受精率、孵化率及 D 形幼虫规格

Tab.2 Egg-diameter, fertilized rate, hatching rate, and shell length of D larvae of every family

家系代码 the code of family	类别 item			
	卵径 ( $\pm$ SD, $\mu\text{m}$ ) egg-diameter	受精率 (%) fertilized rate	孵化率 (%) hatching rate	D 形幼虫 ( $\pm$ SD, $\mu\text{m}$ ) D larvae
$A_1$	$54.36 \pm 1.65^a$	99.95 <sup>a</sup>	99.25 <sup>a</sup>	$70.93 \pm 3.76^a$
$A_2$	$54.36 \pm 1.65^a$	99.92 <sup>a</sup>	99.56 <sup>a</sup>	$70.96 \pm 3.72^a$
$A_3$	$54.36 \pm 1.65^a$	99.93 <sup>a</sup>	99.43 <sup>a</sup>	$70.95 \pm 3.75^a$
$B_1$	$54.45 \pm 1.64^a$	99.98 <sup>a</sup>	98.78 <sup>a</sup>	$71.02 \pm 3.64^a$
$B_2$	$54.45 \pm 1.64^a$	99.96 <sup>a</sup>	98.59 <sup>a</sup>	$71.05 \pm 3.68^a$
$B_3$	$54.45 \pm 1.64^a$	99.97 <sup>a</sup>	98.84 <sup>a</sup>	$71.06 \pm 3.67^a$
$C_1$	$54.42 \pm 1.60^a$	99.93 <sup>a</sup>	99.80 <sup>a</sup>	$70.90 \pm 3.83^a$
$C_2$	$54.42 \pm 1.60^a$	99.89 <sup>a</sup>	99.84 <sup>a</sup>	$70.92 \pm 3.85^a$
$C_3$	$54.42 \pm 1.60^a$	99.95 <sup>a</sup>	99.87 <sup>a</sup>	$70.93 \pm 3.88^a$
$D_1$	$54.48 \pm 1.67^a$	99.93 <sup>a</sup>	98.99 <sup>a</sup>	$71.12 \pm 3.90^a$
$D_2$	$54.48 \pm 1.67^a$	99.96 <sup>a</sup>	98.92 <sup>a</sup>	$71.18 \pm 3.98^a$
$D_3$	$54.48 \pm 1.67^a$	99.99 <sup>a</sup>	99.05 <sup>a</sup>	$71.15 \pm 3.96^a$
$E_1$	$54.28 \pm 1.55^a$	99.85 <sup>a</sup>	98.75 <sup>a</sup>	$70.88 \pm 3.56^a$
$E_2$	$54.28 \pm 1.55^a$	99.88 <sup>a</sup>	98.68 <sup>a</sup>	$70.84 \pm 3.53^a$
$E_3$	$54.28 \pm 1.55^a$	99.86 <sup>a</sup>	98.83 <sup>a</sup>	$70.89 \pm 3.52^a$
$F_1$	$54.31 \pm 1.68^a$	99.98 <sup>a</sup>	99.09 <sup>a</sup>	$70.95 \pm 3.65^a$
$F_2$	$54.31 \pm 1.68^a$	99.97 <sup>a</sup>	99.14 <sup>a</sup>	$70.97 \pm 3.66^a$
$F_3$	$54.31 \pm 1.68^a$	99.92 <sup>a</sup>	99.21 <sup>a</sup>	$70.98 \pm 3.69^a$
$G_1$	$54.34 \pm 1.57^a$	99.85 <sup>a</sup>	99.08 <sup>a</sup>	$70.96 \pm 3.73^a$
$G_2$	$54.34 \pm 1.57^a$	99.80 <sup>a</sup>	99.13 <sup>a</sup>	$70.99 \pm 3.77^a$
$G_3$	$54.34 \pm 1.57^a$	99.84 <sup>a</sup>	99.12 <sup>a</sup>	$70.95 \pm 3.78^a$

注:每一列具有相同字母表示差异不显著,下同。

Notes: The same letter in each line means no significant difference( $P > 0.05$ ), the following notes are the same.

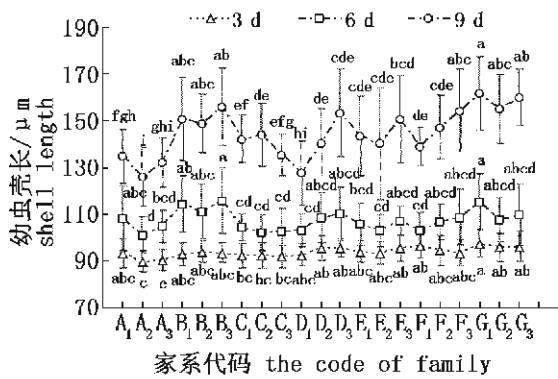


图 1 各家系幼虫生长比较

Fig.1 The larval growth comparison of every family

幼虫浮游期,  $G_1$  生长速度为  $(10.04 \pm 1.67) \mu\text{m}/\text{d}$ ,与  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $D_3$ 、 $E_3$ 、 $F_3$ 、 $G_2$ 、 $G_3$  差异不显著( $P > 0.05$ ),显著大于其它实验组( $P < 0.05$ );  $A_2$  生长速度为  $(6.07 \pm 1.32) \mu\text{m}/\text{d}$ ,与  $A_1$ 、 $A_3$ 、 $C_3$ 、

$D_1$  差异不显著( $P > 0.05$ ),显著小于其它实验组( $P < 0.05$ ) (表 4)。幼虫匍匐期,  $B_3$  生长速度为  $(29.93 \pm 3.67) \mu\text{m}/\text{d}$ ,与  $B_1$ 、 $B_2$  差异不显著,显著大于其它实验组( $P < 0.05$ );  $D_1$  生长速度为  $(16.72 \pm 2.73) \mu\text{m}/\text{d}$ ,与  $A_1$ 、 $A_3$ 、 $C_3$ 、 $D_2$ 、 $E_2$  差异不显著,显著小于其它实验组( $P < 0.05$ ) (表 4)。

将 D 形幼虫的存活率定义为 100%, 幼虫浮游期,  $A_2$ 、 $C_1$ 、 $E_3$ 、 $F_2$ 、 $G_1$ 、 $G_2$  的存活率较高 ( $> 85\%$ ),与  $B_1$  差异不显著( $P > 0.05$ );  $B_2$ 、 $D_1$  存活率最低 ( $< 35\%$ ),与  $A_1$ 、 $C_2$ 、 $E_2$  差异不显著,与其它实验组差异显著( $P < 0.05$ ) (图 3)。

当幼虫达到附着规格后,进入幼虫变态期。在此期间,各家系的变态率不同,  $B_1$ 、 $E_1$ 、 $G_2$  变态率均在 80% 以上,与  $A_3$ 、 $B_3$ 、 $E_3$ 、 $F_2$ 、 $G_1$  无显著差异,显著高于其它实验组( $P < 0.05$ );  $E_2$ 、 $F_1$  变态率分别为 41.24%、43.25%,与  $D_1$  差异不显著,显著低于其它实验组( $P < 0.05$ ) (表 3)。各家系

的变态规格存在差异,  $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$  变态规格最大(240  $\mu\text{m}$ ), 显著快于  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $E_2$  实验组 ( $P < 0.05$ );  $D_1$  变态规格最小, 仅为(226.65  $\pm$  5.65)  $\mu\text{m}$ , 显著小于其它实验组 ( $P < 0.05$ ) (表3)。各家系幼虫完成变态的时间不等,  $B_3$ 、 $F_3$ 、 $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$  所需时间最短(13 d), 与  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $E_3$ 、 $F_2$  无显著差异 ( $P > 0.05$ );  $D_1$  变态时

间最长(17 d), 与  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $C_3$ 、 $D_2$ 、 $E_2$  无显著差异 ( $P > 0.05$ ) (表3)。各家系变态期间生长速度不同,  $G_1$ 、 $G_3$  生长速度分别为(7.94  $\pm$  1.53)  $\mu\text{m}/\text{d}$ 、(7.96  $\pm$  1.52)  $\mu\text{m}/\text{d}$ , 显著高于  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $B_2$ 、 $C_2$ 、 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $E_2$  实验组 ( $P < 0.05$ );  $D_1$  生长速度最慢, 仅为(5.23  $\pm$  0.75)  $\mu\text{m}/\text{d}$ , 与  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $E_2$  无显著差异, 显著慢于其它实验组 ( $P < 0.05$ ) (表4)。

表3 中国蛤蚧各家系幼虫的附着规格、变态率、变态规格及变态时间

Tab.3 Settling size, metamorphosis rate, metamorphic size and metamorphic time of every family

家系代码 the code of family	类别 item			
	附着规格( $\pm$ SD, $\mu\text{m}$ ) settling size	变态率(%) metamorphosis rate	变态规格( $\pm$ SD, $\mu\text{m}$ ) metamorphic size	变态时间(d) metamorphic time
$A_1$	212.35 $\pm$ 10.90 <sup>c</sup>	56.32 <sup>c</sup>	230.12 $\pm$ 5.09 <sup>c</sup>	16 <sup>ab</sup>
$A_2$	212.04 $\pm$ 10.75 <sup>c</sup>	67.24 <sup>bc</sup>	230.08 $\pm$ 5.43 <sup>c</sup>	16 <sup>ab</sup>
$A_3$	212.82 $\pm$ 10.56 <sup>c</sup>	75.25 <sup>ab</sup>	230.35 $\pm$ 5.87 <sup>c</sup>	16 <sup>ab</sup>
$B_1$	215.74 $\pm$ 11.35 <sup>ab</sup>	81.83 <sup>a</sup>	236.68 $\pm$ 5.92 <sup>ab</sup>	14 <sup>cd</sup>
$B_2$	215.68 $\pm$ 11.72 <sup>ab</sup>	64.15 <sup>bc</sup>	235.94 $\pm$ 5.73 <sup>ab</sup>	14 <sup>cd</sup>
$B_3$	215.53 $\pm$ 11.55 <sup>ab</sup>	73.43 <sup>ab</sup>	236.55 $\pm$ 6.18 <sup>ab</sup>	13 <sup>d</sup>
$C_1$	213.42 $\pm$ 10.89 <sup>c</sup>	66.86 <sup>bc</sup>	234.19 $\pm$ 5.57 <sup>c</sup>	15 <sup>bc</sup>
$C_2$	213.75 $\pm$ 11.12 <sup>c</sup>	52.42 <sup>c</sup>	233.27 $\pm$ 6.32 <sup>c</sup>	15 <sup>bc</sup>
$C_3$	213.31 $\pm$ 11.57 <sup>c</sup>	52.55 <sup>c</sup>	233.48 $\pm$ 6.07 <sup>c</sup>	16 <sup>ab</sup>
$D_1$	210.95 $\pm$ 10.09 <sup>d</sup>	48.16 <sup>cd</sup>	226.65 $\pm$ 5.65 <sup>d</sup>	17 <sup>a</sup>
$D_2$	213.83 $\pm$ 11.18 <sup>c</sup>	69.47 <sup>bc</sup>	233.92 $\pm$ 5.90 <sup>c</sup>	16 <sup>ab</sup>
$D_3$	214.25 $\pm$ 11.84 <sup>bc</sup>	67.83 <sup>bc</sup>	235.71 $\pm$ 6.38 <sup>bc</sup>	15 <sup>cd</sup>
$E_1$	215.90 $\pm$ 11.65 <sup>ab</sup>	89.45 <sup>a</sup>	237.63 $\pm$ 6.88 <sup>ab</sup>	15 <sup>bc</sup>
$E_2$	213.28 $\pm$ 11.41 <sup>c</sup>	41.24 <sup>d</sup>	232.33 $\pm$ 6.75 <sup>c</sup>	16 <sup>ab</sup>
$E_3$	215.73 $\pm$ 11.85 <sup>ab</sup>	77.92 <sup>ab</sup>	237.92 $\pm$ 6.83 <sup>ab</sup>	14 <sup>cd</sup>
$F_1$	215.49 $\pm$ 11.67 <sup>ab</sup>	43.25 <sup>d</sup>	238.85 $\pm$ 6.96 <sup>ab</sup>	15 <sup>bc</sup>
$F_2$	215.68 $\pm$ 11.34 <sup>ab</sup>	83.46 <sup>ab</sup>	238.61 $\pm$ 6.51 <sup>ab</sup>	14 <sup>cd</sup>
$F_3$	215.72 $\pm$ 11.79 <sup>ab</sup>	58.67 <sup>c</sup>	238.93 $\pm$ 6.72 <sup>ab</sup>	13 <sup>d</sup>
$G_1$	216.24 $\pm$ 12.13 <sup>a</sup>	78.85 <sup>ab</sup>	240.05 $\pm$ 6.37 <sup>a</sup>	13 <sup>d</sup>
$G_2$	216.83 $\pm$ 12.95 <sup>a</sup>	86.12 <sup>a</sup>	239.90 $\pm$ 6.02 <sup>a</sup>	13 <sup>d</sup>
$G_3$	216.52 $\pm$ 12.48 <sup>a</sup>	67.88 <sup>bc</sup>	240.42 $\pm$ 6.56 <sup>a</sup>	13 <sup>d</sup>

### 2.3 稚贝的生长和存活

在室内培育阶段, 相同日龄各家系稚贝大小不同。20 日龄时,  $G_3$  壳长[(553.67  $\pm$  61.38)  $\mu\text{m}$ ]最大, 与  $F_2$ 、 $F_3$ 、 $G_1$  差异不显著, 显著大于其它实验组 ( $P < 0.05$ );  $A_2$  壳长[(312.40  $\pm$  29.56)  $\mu\text{m}$ ]最小, 与  $A_3$ 、 $B_3$ 、 $C_1$  差异不显著, 显著小于其它实验组 ( $P < 0.05$ )。30 日龄,  $G_3$  壳长[(1322.66  $\pm$  201.20)  $\mu\text{m}$ ]最大, 与  $G_1$  差异不显著, 显著大于其它实验组 ( $P < 0.05$ );  $A_2$ 、 $A_3$  壳长分别为(796.32  $\pm$  62.38)  $\mu\text{m}$ 、(812.33  $\pm$  57.64)  $\mu\text{m}$ , 与  $C_2$ 、 $F_1$  差异不显著, 显著小于其它实验组 ( $P < 0.05$ )。40 日龄时,  $G_3$  壳长[(2178.54  $\pm$  380.16)  $\mu\text{m}$ ]最大, 与  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $D_2$ 、 $E_1$ 、 $E_3$ 、 $F_3$ 、 $G_1$ 、 $G_2$  无显著差异, 与其它实验组差异显著 ( $P < 0.05$ );  $A_2$ 、 $A_3$  的壳长分别为(1468.00  $\pm$  160.05)  $\mu\text{m}$ 、(1485.30  $\pm$  156.72)  $\mu\text{m}$ , 与  $A_1$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $D_1$ 、

$F_1$  差异不显著, 与其它实验组差异显著 ( $P < 0.05$ ) (图2), 大小受父本效应、母本效应和雄内雌间效应影响(表5)。

稚贝阶段, 各家系稚贝的生长速率不同。40 日龄时,  $G_3$  生长最快, 生长速率为(83.14  $\pm$  5.85)  $\mu\text{m}/\text{d}$ , 与  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $D_1$ 、 $E_1$ 、 $E_2$ 、 $F_1$ 、 $F_3$  差异显著, 与其它实验组差异不显著 ( $P > 0.05$ );  $A_2$ 、 $A_3$  的生长速率为(57.78  $\pm$  5.44)  $\mu\text{m}/\text{d}$ 、(55.86  $\pm$  4.48)  $\mu\text{m}/\text{d}$ , 与  $A_1$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $D_1$ 、 $E_1$ 、 $F_1$ 、 $F_3$  差异不显著, 与其它实验组差异显著 ( $P < 0.05$ )。

将完成变态的稚贝存活率定义为 100%, 稚贝培育末期(40 日龄),  $G_1$  存活率(70.40%  $\pm$  4.09%)最高, 与  $A_3$ 、 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $C_1$ 、 $D_2$ 、 $E_1$ 、 $F_3$  差异不显著, 显著大于其它实验组;  $A_1$ 、 $C_2$ 、 $F_1$  的存活率分别为(23.40%  $\pm$  6.54%)、(20.90%  $\pm$

表4 中国蛤蚧各家系幼虫、稚贝的生长速度  
Tab.4 The growth rate of larvae and juvenile of every family

家系代码 the code of family	生长速率(±SD, μm/d) growth rate			
	浮游期 pelagic period	匍匐期 reptant period	变态期 metamorphic period	稚贝期 juvenile period
A <sub>1</sub>	7.05 ± 1.22 <sup>ijkl</sup>	19.46 ± 2.45 <sup>fgh</sup>	5.92 ± 0.84 <sup>ef</sup>	66.89 ± 8.36 <sup>defgh</sup>
A <sub>2</sub>	6.07 ± 1.32 <sup>l</sup>	21.59 ± 2.76 <sup>defg</sup>	6.01 ± 0.57 <sup>ef</sup>	57.78 ± 5.44 <sup>gh</sup>
A <sub>3</sub>	6.76 ± 1.10 <sup>ijkl</sup>	20.25 ± 2.59 <sup>efgh</sup>	5.84 ± 0.73 <sup>ef</sup>	55.86 ± 4.48 <sup>h</sup>
B <sub>1</sub>	8.83 ± 1.87 <sup>abcdefg</sup>	26.01 ± 3.83 <sup>abcd</sup>	6.98 ± 0.95 <sup>abcde</sup>	81.27 ± 8.32 <sup>ab</sup>
B <sub>2</sub>	8.59 ± 1.31 <sup>bcddefg</sup>	26.94 ± 3.92 <sup>abcd</sup>	6.75 ± 0.90 <sup>bcd</sup>	71.03 ± 9.56 <sup>abcdef</sup>
B <sub>3</sub>	9.41 ± 1.74 <sup>abc</sup>	29.93 ± 3.67 <sup>a</sup>	7.01 ± 0.86 <sup>abcde</sup>	77.58 ± 7.69 <sup>abcde</sup>
C <sub>1</sub>	7.89 ± 1.04 <sup>fghij</sup>	23.80 ± 2.95 <sup>cdef</sup>	6.92 ± 0.88 <sup>abcde</sup>	63.04 ± 7.55 <sup>fgh</sup>
C <sub>2</sub>	8.07 ± 1.40 <sup>defghi</sup>	23.36 ± 2.48 <sup>def</sup>	6.51 ± 0.63 <sup>cde</sup>	65.48 ± 6.29 <sup>efgh</sup>
C <sub>3</sub>	7.11 ± 0.95 <sup>ijkl</sup>	19.58 ± 2.05 <sup>fgh</sup>	6.72 ± 0.67 <sup>bcd</sup>	72.40 ± 9.80 <sup>abcdef</sup>
D <sub>1</sub>	6.26 ± 1.43 <sup>kl</sup>	16.72 ± 2.73 <sup>h</sup>	5.23 ± 0.75 <sup>f</sup>	68.21 ± 8.70 <sup>cdefgh</sup>
D <sub>2</sub>	7.69 ± 1.52 <sup>ghij</sup>	18.42 ± 2.16 <sup>gh</sup>	6.70 ± 0.93 <sup>bcd</sup>	75.95 ± 8.63 <sup>abcde</sup>
D <sub>3</sub>	9.11 ± 1.98 <sup>abcd</sup>	24.50 ± 2.80 <sup>bcd</sup>	7.15 ± 1.04 <sup>abcde</sup>	78.50 ± 9.48 <sup>abcd</sup>
E <sub>1</sub>	8.02 ± 1.79 <sup>efghij</sup>	24.24 ± 2.89 <sup>bcd</sup>	7.24 ± 1.23 <sup>abcd</sup>	70.10 ± 8.92 <sup>bcd</sup>
E <sub>2</sub>	7.65 ± 2.52 <sup>ghij</sup>	18.36 ± 1.95 <sup>gh</sup>	6.35 ± 0.95 <sup>def</sup>	70.35 ± 9.55 <sup>bcd</sup>
E <sub>3</sub>	8.83 ± 1.97 <sup>abcdefg</sup>	26.09 ± 3.06 <sup>abcd</sup>	7.40 ± 1.35 <sup>abcd</sup>	76.83 ± 9.04 <sup>abcde</sup>
F <sub>1</sub>	7.54 ± 0.84 <sup>ijkl</sup>	25.55 ± 2.84 <sup>abcd</sup>	7.78 ± 1.45 <sup>ab</sup>	63.02 ± 7.53 <sup>fgh</sup>
F <sub>2</sub>	8.42 ± 1.44 <sup>defgh</sup>	27.54 ± 3.15 <sup>abcd</sup>	7.64 ± 1.39 <sup>abc</sup>	74.48 ± 8.30 <sup>abcdef</sup>
F <sub>3</sub>	9.22 ± 1.86 <sup>abcde</sup>	28.05 ± 3.69 <sup>abc</sup>	7.73 ± 1.50 <sup>ab</sup>	68.62 ± 9.18 <sup>cdefg</sup>
G <sub>1</sub>	10.04 ± 1.67 <sup>a</sup>	24.96 ± 2.47 <sup>abcd</sup>	7.94 ± 1.53 <sup>a</sup>	80.32 ± 8.88 <sup>abc</sup>
G <sub>2</sub>	9.31 ± 1.54 <sup>abcd</sup>	28.18 ± 3.18 <sup>abc</sup>	7.69 ± 1.37 <sup>ab</sup>	71.42 ± 7.77 <sup>abcdef</sup>
G <sub>3</sub>	9.85 ± 1.28 <sup>ab</sup>	28.43 ± 3.55 <sup>ab</sup>	7.96 ± 1.52 <sup>a</sup>	83.14 ± 5.85 <sup>a</sup>

表5 中国蛤蚧家系3、9、40日龄壳长表型方差组分分析  
Tab.5 Analysis of variance components of phenotypic variation of shell length on day 3, 9 and 40

方差来源 source	自由度 df	3日龄 day 3		9日龄 day 9		40日龄 day 40	
		均方 MS	F 检验 F-value	均方 MS	F 检验 F-value	均方 MS	F 检验 F-value
父系间 sires	6	280.82	10.04 **	7210.69	32.69 **	2503551.11	24.87 **
雌内雌间 dams within sires	12	49.29	1.76 **	1192.53	5.42 **	519145.08	5.16 **
母系间 dams	20	115.30	115.32 **	3121.12	14.15 **	1123587.12	11.16 **
父母交互作用 progeny within sires and dams	609	27.958		220.57		100652.22	
总和 total	629						

3.47%)、(19.30% ± 8.54%)，与 C<sub>3</sub>、G<sub>3</sub> 差异不显著，显著小于其它实验组。

#### 2.4 总存活率及相对产量

利用总存活率对幼虫的存活能力进行评价，各家系的总存活率不同，存在较大差异。F<sub>2</sub>、G<sub>1</sub> 总存活率分别为 47.95%、47.82%，与 G<sub>2</sub>、B<sub>1</sub>、C<sub>1</sub> 差异不显著，显著高于其它实验组 (P < 0.05)；A<sub>1</sub>、F<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> 的存活率分别为 4.62%、4.33%、3.92%，与 D<sub>1</sub>、E<sub>2</sub> 差异不显著，显著低于其它实验组 (P < 0.05) (图 3)。

将家系 (40 日龄) G<sub>1</sub> 的绝对产量定义为 100%，其它家系的相对产量均为各家系与 G<sub>1</sub> 比值的百分率。各家系相对产量在 30 ~ 40 日龄培育过程中的变化不同，A<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、F<sub>1</sub> 相对产量逐渐较减，D<sub>1</sub>、E<sub>2</sub>、E<sub>3</sub>、G<sub>3</sub> 相对产量趋于一致，其它实验组相对产量逐渐增高。30 日龄时，F<sub>2</sub> 相对产量 (79.98%) 最高，与 G<sub>1</sub> 无显著差异，显著高于其它实验组 (P < 0.05)；A<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>、D<sub>1</sub>、E<sub>2</sub>、F<sub>1</sub> 的相对产量 (13% ~ 18%) 较低，显著低于其它实验组 (P < 0.05)。40 日龄时，G<sub>1</sub> 相对产量 100%，与

$F_2$  差异不显著,显著高于其它实验组( $P < 0.05$ );  $A_1$  (8.03%)、 $C_2$  (6.62%)、 $F_1$  (7.32%) 的相对产量最低,与  $D_1$ 、 $E_2$  差异不显著,显著低于其它实验组( $P < 0.05$ ) (图4)。

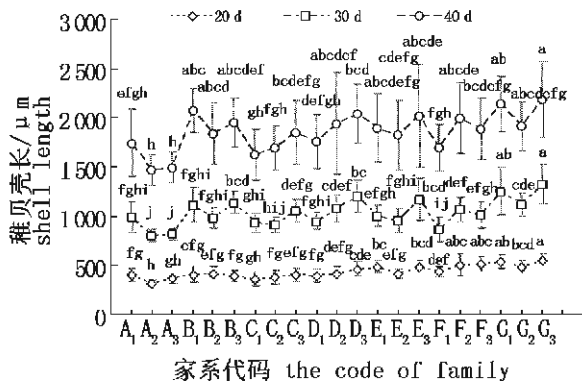


图2 各家系稚贝生长比较

Fig.2 The juvenile growth comparison of every family

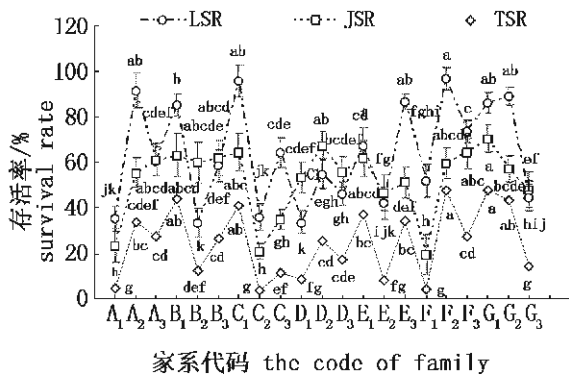


图3 各家系子代存活率比较

LSR. 幼虫存活率; JSR. 稚贝存活率; TSR. 总存活率。

Fig.3 The survival rate comparison of every family  
LSR means larval survival rate; JSR means juvenile survival rate; TSR means total survival rate.

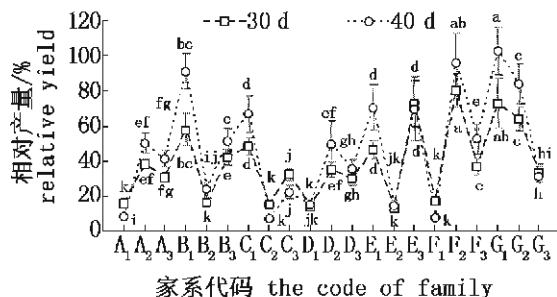


图4 各家系相对产量比较

Fig.4 The relative yield comparison of every family

### 3 讨论

#### 3.1 家系生长性能评价

为了评价中国蛤蜊家系的生长性能,参照菲律宾蛤仔<sup>[14-16]</sup>、青蛤家系<sup>[17]</sup>早期评价标准,将各家系的壳长、生长速率、变态时间、变态规格作为评价指标。由中国蛤蜊3、9、40日龄壳长表型方差组分分析可知,各家系的个体的大小,与父本效应、母本效应及交互作用有关,以父本效应为主。

幼虫培育期间,不同日龄各家系的个体大小及生长速度不同,表现出一定程度的生长差异。幼虫浮游期,3日龄时, $G_1$  生长最快,个体最大;6日龄时, $B_3$  的生长速度略快于  $G_1$ ,但无显著差异;9日龄时,仍以  $G_1$  生长最快,个体最大,表现出明显的生长优势。3~9日龄, $A_2$  生长最慢,个体最小。也就是说,生长快的家系一直保持着生长优势,生长慢的家系表现出生长劣势。幼虫匍匐期, $B_3$  生长速度最快, $D_1$  最慢;幼虫变态期, $G_3$  生长最快, $D_1$  生长最慢,即  $D_1$  家系在此期间表现出明显的生长劣势。这与菲律宾蛤仔<sup>[14-16]</sup>、青蛤<sup>[17]</sup>、海湾扇贝<sup>[18-20]</sup> 早期生长发育比较的研究结果一致。

稚贝培育期间,随着稚贝生长,各家系的生长差异逐渐增大,主要是由于控制生长的基因的难以表达,使得各家系的生长速度不同步。 $G_3$  一直个体最大,生长最快,以  $G$  为父本的家系均表现出生长优势; $A_2$ 、 $A_3$  则一直个体最小,生长最慢,以  $A$  为父本的家系则表现出明显的生长劣势。这种稚贝的生长差异与杨凤等<sup>[17]</sup>、闫喜武等<sup>[15-16]</sup>、Zheng 等<sup>[18]</sup>、郑怀平等<sup>[19]</sup> 对青蛤、菲律宾蛤仔、海湾扇贝家系早期性状比较的结果一致。中国蛤蜊早期生长的表型值是个体的基因型与其生活、发育所处的环境共同作用的结果。在环境方面,中国蛤蜊生长主要受到水环境因子和密度影响。在中国蛤蜊同胞家系培育中,各家系的培育水环境(水温、盐度、光照、等)一致,通过定期密度测定、调整,使密度基本保持一致。因此这种生长差异主要归结为遗传基因在蛤蜊不同时期表现不同。许多海洋无脊椎动物,如贝类、棘皮动物、藤壶、多毛类和苔藓虫等在发育过程中都不同程度存在延迟变态现象。所谓延迟变态,是指当幼虫具有附着变态能力后,能够保持一定时间的附着变态能力<sup>[24]</sup>。对于不同海洋无脊椎动物,延

迟变态时间短则 1 d 甚至几小时,长则可达上百天。中国蛤蜊的家系也出现变态延迟及变态规格小型化现象,附着变态时间从第 13 日延续到 17 日,其中  $G_3$  变态规格最大,以 G 为父本的 3 个家系变态规格也最大,附着变态时间最短; $D_1$  变态规格最小,以 A、D 为父本的家系变态规格普遍偏小,变态时间最长。附着变态时间延长的家系变态规格普遍偏小,其主要原因可能是人工选择改变了群体内的基因频率,使得控制变态时间的相关基因得以表达,且每个家系表达程度不同,导致其变态时间与变态规格不尽相同,此时主要表现为父本效应。这种现象与张国范等<sup>[20]</sup>、杨凤等<sup>[17]</sup>对海湾扇贝、青蛤的研究结果一致。

### 3.2 家系存活力评价

为了准确地评价中国蛤蜊的存活力,参照闫喜武<sup>[14-16]</sup>、杨凤等<sup>[17]</sup>对菲律宾蛤仔、青蛤家系早期生长发育评价标准,将各家系的受精率、孵化率、幼虫存活率、变态率、稚贝存活率及总存活率作为评价指标。

在胚胎发育过程中,各家系表现出较高的受精率和孵化率,彼此间并无显著差异,主要是由于亲本来自于同一群体,其生长发育环境相同,性腺发育程度一致,精卵的成熟度高度一致,故不存在受精率与孵化率的差异。这与学者们对菲律宾蛤仔、青蛤家系早期生长发育的研究结果不尽一致,主要是因为当时建立菲律宾蛤仔、青蛤家系时,收集到的单体精卵放置时间过长造成的,而在建立中国蛤蜊家系过程中,参照常见滩涂贝类建立方法<sup>[22]</sup>,及时的将单体的精卵混合受精,有效的回避了精卵单独滞留时间,使其精卵保持了高度的亲和性,故各家系表现出较高的受精率和孵化率。

在不同的时期,幼虫的存活能力不同。幼虫培育期,各家系的存活率差异较大, $A_2$ 、 $C_1$ 、 $E_3$ 、 $F_2$ 、 $G_1$ 、 $G_2$  的存活率较高 (>85%), $B_2$ 、 $D_1$  存活率最小 (<35%);这主要是对环境的适应能力不同造成的,因为在此期间,培育环境是一致的,存活率的差异来源于遗传背景不同,即基因频率不同导致的。变态被誉为海洋无脊椎动物生活史上的里程碑,变态能否完成直接决定了该个体的存亡,也就决定了该种类在海洋动物中的种群数量<sup>[25]</sup>。变态期间,中国蛤蜊各家系的变态率不同, $B_1$ 、 $E_1$ 、 $G_2$  变态率均在 80% 以上, $E_2$ 、 $F_1$  变态率略大于 40%,变态率的高低直接影响到幼虫的存活数

量,并显著的影响着各家系的最终产量。稚贝培育期间,各家系的存活率也不同, $G_1$  存活率最高 (70.40%), $A_1$ 、 $C_2$ 、 $F_1$  的存活率较低 (19.30% ~ 23.4%),各家系的存活率主要表现为亲本效应。家系选育的主要目的是使控制经济性状的微效基因及显性基因快速聚合纯化,在经济性状基因纯合的同时,也使一些隐性致死基因纯合,从而导致存活率降低。由于显性致死基因的纯合,蛤蜊家系幼虫期存活率、变态率及稚贝存活率明显不一致,还需要经历选择淘汰,最终得到抗逆性较强的家系作为育种材料。

最后,利用总存活率来评价蛤蜊家系的存活能力。总存活率即稚贝数量与 D 形数量的百分率,它实际上是幼虫存活率、变态率、稚贝存活率的乘积。蛤蜊各家系的总存活率不同,存在较大差异。 $F_2$ 、 $G_1$  总存活率较高,分别为 47.95%、47.82%; $A_1$ 、 $F_1$ 、 $C_2$  的存活率较低,分别为 4.62%、4.33%、3.92%。总存活率的高低有效的评价了家系个体的存活力,即家系个体对环境适应能力,这种能力有遗传基因决定,受环境影响较大。通过家系建立选择存活率高等抗逆性状的报道较少。Lionel 等<sup>[25]</sup>在夏季高温时期建立了太平洋牡蛎 (*Crassostrea gigas*) 43 个全同胞家系,研究表明牡蛎抗高温性状遗传差异较大,各家系在高温季节存活率不同,经家系逐代筛选,太平洋牡蛎在高温季节存活率可以得到改良。经过对存活力的逐代选育,可以得到抗逆性较强的家系,使得抗逆基因得到进一步纯化,最终获得抗逆品系 (品种)。

### 3.3 家系早期表型性状的综合分析

在对生长性能与存活力评价的基础上,采用壳长与总存活率的乘积表示产量,利用各家系的产量与最高产量的家系相比,得到相对产量。相对产量能够有效地将生长、存活表型性状有机的结合到一起,可以作为综合评价家系早期表型性状的一个良好指标。

在稚贝培育过程中,相同日龄的各家系的相对产量不同,不同日龄的同一家系的相对产量也不同。随着日龄的增大,各家系的个体在生长,其生长速度不同;存活率在减小,其减小的幅度也不同。各家系相对产量不同 (30 ~ 40 日龄),按照产量的增幅来看,可以分为 3 类:第一类家系的相对产量逐渐较小,这种家系最终将被淘汰;第二类家

系的相对产量趋于一致,也就是说生长带来的产量增加与存活导致的产量降低相持平,这种家系将来的走势有待于进一步分析;第三类家系的相对产量逐渐提高,这种家系是有开发潜力的,也是我们育种中希望得到的家系。综合相对产量作为评价早期生长发育的标准, $G_1$  相对产量最高, $F_1$  相对产量最低。

#### 4 结论

中国蛤蜊早期生长受到母本效应、父本效应及亲本效应的共同影响。在幼虫期,以母本效应为主;变态期和稚贝期以父本效应为主。通过对中国蛤蜊家系早期生长发育指标进行评价,发现生长快、抗逆性强、产量高的家系不同,即最优表型性状的来源不同。初步认为  $G_3$  具有较好生长性能,有较大的生长潜力; $F_2$  有较强的抗逆性,其存活力最高;可以开展两个家系的定向选育和杂交,进一步获得具有优良性状的育种材料。 $G_1$  相对产量最高,可以进行定向选育,使得高产性状得到进一步纯化。中国蛤蜊的家系建立,为中国蛤蜊的育种奠定了初步基础。

#### 参考文献:

- [1] 张玺,齐钟彦. 贝类学纲要[M]. 北京:科学出版社,1961:270.
- [2] 王子臣,刘吉明,朱岸,等. 鸭绿江口中国蛤蜊生物学初步研究[J]. 水产学报,1984,3(1):33-44.
- [3] 刘相全,方建光,包振民,等. 中国蛤蜊繁殖生物学的初步研究[J]. 中国海洋大学学报,2007,37(4):89-92.
- [4] Chung E Y, Kim Y G, Lee T Y. A study on sexual maturation of hen clam *Maetra chinensis* Philippi[J]. Bulletin of the Korean Fisheries Society, 1987, 20(6):501-508.
- [5] Lee T Y, Son Y W. Bioassay study of early development of *Maetra chinensis* Philippi for the water quality evaluation of the coastal waters of Busan[J]. Bulletin of the Korean Fisheries Society, 1978, 11(2):115-121.
- [6] Nakajima K, Okumura H, Takabatake S I. Effect on growth and survival of reared larvae of Sunray surf clam, *Maetra chinensis* Philippi of single and mixed feeds of *Paulova lutheri* and *Chaetoceros gracilis*[J]. Scientific Reports of the Hokkaido Fisheries Experimental Station, 1997, 50:27-33.
- [7] 盛志廉,陈瑶生. 数量遗传学[M]. 北京:科学出版,2001.
- [8] Toro J E, Newkirk G F. Divergent selection for growth rate in the European oyster *Ostrea edulis*: Response to selection and estimation of genetic parameters [J]. Marine Ecology Progress Series, 1990, 62(3): 219-227.
- [9] Toro J E, Aguila P, Vergara A M. Spatial variation in response to selection for live weight and shell length from data on individually tagged Chilean native oysters (*Ostrea chilensis* Philippi, 1845) [J]. Aquaculture, 1996, 146(1-2):27-36.
- [10] Davis C V. Estimation of narrow-sense heritability for larval and juvenile growth traits in selected and unselected sub-lines of eastern Oysters, *Crassostrea virginica* [J]. Journal of Shellfish Reserch, 2000, 19(1):613.
- [11] Newkirk G F, Haley L E. Selection for growth rate in the European oyster, *Ostrea edulis*: response of second generation groups [J]. Aquaculture, 1983, 33:149-155.
- [12] Haskin H H, Andrews J D. Uncertainties and speculations about the life cycle of the eastern oyster pathogen *Haplosporium nelsoni* (MSX) [M]//Fisher W S, ed. Disease processes in marine bivalve molluscs. Bethesda: American Fisheries Society, Special Publication No. 18, 1988:52.
- [13] Rawson P D, Hilbish T J. Heritability of juvenile growth for the hard clam *Mereenaria mercenaria* [J]. Marine Biology, 1985, 105(3):429-439.
- [14] 闫喜武. 菲律宾蛤仔养殖生物学、养殖技术与品种选育[D]. 青岛:中国科学院海洋研究所,2005.
- [15] 闫喜武,张跃环,霍忠明,等. 不同壳色菲律宾蛤仔品系间双列杂交[J]. 水产学报,2008,32(6):861-875.
- [16] 闫喜武,张跃环,金晶宇,等. 大连群体两种壳型菲律宾蛤仔的双列杂交[J]. 水产学报,2009,33(3):



- 389 - 395.
- [17] 杨凤,张跃环,赵越,等. 青蛤家系的建立及早期生长发育比较[J]. 水产科学,2008,27(8):390 - 396.
- [18] Zheng H P, Zhang G F, Liu X, *et al.* Different responses to selection in two stocks of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians* Lamarck (1819) [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*,2004,31(3):213 - 223.
- [19] 郑怀平,张国范,刘晓,等. 不同贝壳颜色海湾扇贝家系的建立及生长发育的研究[J]. 海洋与湖沼,36(6):632 - 639.
- [20] 张国范,刘述锡,刘晓,等. 海湾扇贝自交家系的建立与自交效应[J]. 中国水产科学,2003,10(6):441 - 445.
- [21] 何毛贤,管云雁,林岳光,等. 马氏珠母贝家系的生长比较[J]. 热带海洋学,2007,26(1):39 - 43.
- [22] 闫喜武,张跃环,霍忠明,等. 常见滩涂贝类家系建立方法:中国,200810013220. 2 [P]. 2008 - 10 - 01.
- [23] Zhang G F, Yan X W. Development of a new three-phases culture method for Manila clam *Ruditapes philippinarum*, farming in northern China [J]. *Aquaculture*,2006,258(1 - 4):452 - 461.
- [24] 张涛,阙华勇. 延迟变态对海洋无脊椎动物生长发育的影响[J]. 海洋科学,2001,25(6):28 - 30.
- [25] Lionel B T. Summer mortality of hatchery-produced Pacific oyster spat (*Crassostrea*). I: Estimation of genetic parameters for survival and growth [J]. *Aquaculture*,2007,262:41 - 45.

## Studies on establishment of families and their early growth and development for surf clam *Macra chinensis* Philipi

YAN Xi-wu<sup>1\*</sup>, WANG Qi<sup>1</sup>, ZHANG Yue-huan<sup>1</sup>, HUO Zhong-ming<sup>1</sup>,  
ZHAO Yue<sup>1</sup>, YANG Feng<sup>1</sup>, ZHANG Guo-fan<sup>2</sup>

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

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

**Abstract:** A total of 7 half-sib families and 21 full-sib families ( $A_1, A_2, A_3 \cdots G_1, G_2, G_3$ ) of sunray surf clam *Macra chinensis* Philipi were established by using the method of unbalanced nest design in Sept. 2007. Phenotypic traits of different families, such as egg-diameter, fertilization rates, hatching rates, and larval and juvenile growth, survival and metamorphosis were analyzed. The results showed that egg-diameter, fertilization rates, hatching rates, and D larval size were non-significantly different among families ( $P > 0.05$ ). Considering growth, growth was varied at different development stages for each family and was influenced by maternal effect, paternal effect and male within female effect.  $G_1$  had the largest shell length with the growth rate of  $(10.04 \pm 1.67) \mu\text{m}/\text{d}$ ; whereas  $A_2$  had the smallest shell length with  $(6.07 \pm 1.32) \mu\text{m}/\text{d}$  during pelagic period of larvae.  $B_3$  grew fastest in filial generation of family with  $(29.93 \pm 3.67) \mu\text{m}/\text{d}$ ; whereas  $D_1$  grew slowest in filial generation of family with  $(16.72 \pm 2.73) \mu\text{m}/\text{d}$  during plantigrade period.  $G_3$  had the largest shell length with the growth rate  $(83.14 \pm 5.85) \mu\text{m}/\text{d}$ ; whereas  $A_2, A_3$  of juvenile indoor period had the smallest shell length with growth rate of  $(57.78 \pm 5.44) \mu\text{m}/\text{d}, (55.86 \pm 4.48) \mu\text{m}/\text{d}$  respectively. Considering survival,  $A_2, C_1, E_3, F_2, G_1$  and  $G_2$  had higher survival rate ( $> 85\%$ ) in filial generation of family, whereas  $B_2, D_1$  had lower survival rate ( $< 35\%$ ) in filial generation of family during pelagic period of larvae.  $G_1$  had the highest survival rate (70.40%) in filial generation of family, whereas  $A_1$  (23.40%),  $C_2$  (20.90%),  $F_1$  (19.30%) had lower survival rate in filial generation of family during juvenile indoor period. Considering metamorphosis, growth rate was varied for each family, the growth rate of  $G_1$  and  $G_3$  was  $(7.94 \pm 1.53) \mu\text{m}/\text{d}$ , and  $(7.96 \pm 1.52) \mu\text{m}/\text{d}$  respectively, but the growth of  $D_1$  was only  $(5.23 \pm 0.75) \mu\text{m}/\text{d}$ .  $B_1, E_1$  and  $G_2$  had higher metamorphosis ( $> 80\%$ ) in filial generation of family, whereas  $E_2$  (41.24%), and  $F_1$  (43.25%) had lower metamorphosis in filial generation of family. However, as the metamorphic time prolonged, the metamorphic size decreased.  $G_1, G_2, G_3$  had the largest metamorphic size (240  $\mu\text{m}$ ) with the shortest metamorphic time (13 d), whereas  $D_1$  had the lowest metamorphic size [ $(226.65 \pm 5.65) \mu\text{m}$ ] with the longest metamorphic time (17 d). By summarizing the early phenotypic traits of families,  $G_3, F_2$  and  $G_1$  respectively inherited the excellent traits such as fast growth, strong stress resistance, and high yield, and could further be used as the breeding material for rearing of new sunray surf clam strains.

**Key words:** *Macra chinensis* Philipi; family; growth; survival; metamorphosis

**Corresponding author:** YAN Xi-wu. E-mail: Yanxiwu2002@163.com