

## 不同地理群体菲律宾蛤仔的选择反应及现实遗传力

闫喜武<sup>1\*</sup>, 张跃环<sup>1</sup>, 霍忠明<sup>1</sup>, 孙焕强<sup>1</sup>, 潘发林<sup>2</sup>, 杨凤<sup>1</sup>, 张国范<sup>3</sup>

(1. 大连海洋大学生命科学与技术学院, 辽宁 大连 116023;

2. 长春水产研究院, 吉林 长春 130033;

3. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071)

**摘要:**对不同地理群体的3龄菲律宾蛤仔(Pp莆田群体、Dp大连群体、Tp东京群体)进行了混合选择。测量了各实验组的壳长,计算了不同地理群体菲律宾蛤仔的选择反应和现实遗传力。结果表明,3个地理群体菲律宾蛤仔子代的上选组壳长显著大于对照组( $P < 0.05$ )。在不同生长发育阶段,菲律宾蛤仔的选择反应( $R$ )和现实遗传力( $h_R^2$ )随着日龄的增大而减小,即 $R$ 幼虫培育期 $0.804 \pm 0.084 >$ 稚贝期 $0.705 \pm 0.039 >$ 养成期 $0.671 \pm 0.024$ ;  $h_R^2$ 幼虫期 $0.458 \pm 0.051 >$ 稚贝期 $0.402 \pm 0.025 >$ 养成期 $0.382 \pm 0.013$ 。从总体水平上分析,菲律宾蛤仔 $R$ 为 $0.726 \pm 0.107$ ,莆田群体、大连群体、东京群体的 $R$ 分别为 $0.758 \pm 0.101$ 、 $0.690 \pm 0.049$ 、 $0.732 \pm 0.059$ ;  $h_R^2$ 为 $0.414 \pm 0.044$ ,莆田群体、大连群体、东京群体的 $h_R^2$ 分别为 $0.432 \pm 0.058$ 、 $0.393 \pm 0.028$ 、 $0.417 \pm 0.033$ 。地理群体间的 $R$ 和 $h_R^2$ 次序为莆田群体 $>$ 东京群体 $>$ 大连群体,且彼此间无显著差异。

**关键词:**菲律宾蛤仔;地理群体;选择反应;现实遗传力

**中图分类号:**Q 348;S 917

**文献标识码:**A

选择反应和现实遗传力是动植物选择效果评价的重要指标,一般采用混合选择来计算。混合选择又称个体选择,是在一个原有品种的群体中按照选育目标选出多数表型优良的个体,通过自由交配繁殖后代,并以原有品种或当地品种作为对照,进行比较鉴定的方法<sup>[1]</sup>。由于混合选择操作简便,易于推广,广泛的应用在植物和陆生动物的品种改良上,通过混合选择,可以得到生长快、抗逆性强、出肉率高、产量高的养殖良种。目前,对水产动物而言,混合选择主要在应用在鱼类<sup>[2-3]</sup>育种上,对贝类研究也有一些相关报道,如牡蛎(*Crassostrea gigas*)<sup>[4-9]</sup>、海湾扇贝(*Argopecten irradians*)<sup>[10-15]</sup>、硬壳蛤(*Mercenaria mercenaria*)<sup>[16-17]</sup>、珍珠贝(*Pinctada fucata martensii*)<sup>[18-19]</sup>等。而对于菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)的研究,主要集中在壳色、壳型品系及地理群体的定向选育、杂交及家

系选择<sup>[20-30]</sup>上,对混合选择的相关研究尚未见报道。本文通过混合选择,计算了菲律宾蛤仔的选择反应和现实遗传力,以期筛选出生长快的群体,为菲律宾蛤仔新品系(品种)的选育提供基础数据和理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 亲贝来源及促熟

2005年5月,从莆田(25°23'N, 119°09'E)、大连(38°52'N, 121°33'E)、东京(35°34'N, 139°52'E)采集不同地理群体的2龄菲律宾蛤仔,采用底播的方式放置在大连海量水产食品有限公司的虾池中进行生态促熟<sup>[31]</sup>。在相同的饲养条件下,于2006年7月,各地群体的3龄亲贝性腺同步成熟。

#### 1.2 实验设计与处理

利用截头法分别对莆田群体、大连群体、东

收稿日期:2009-04-07 修回日期:2009-12-03

资助项目:国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA10A410);国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD09A09);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

京群体菲律宾蛤仔进行混合选择,选择比例均为 10%,选择强度均为 1.755<sup>[32]</sup>。从每个群体随机抽取 500 个个体作为源群体,用游标卡尺进行测量(精确至 0.02 mm),绘制个体壳长大小的频率分布图(图 1)。从每个群体中选择 10% 的最大个体(50 个),作为选择组(SG),随机相应抽取 50 个个体作为对照组(CG)(图 1)。在混合选择实验中,常规的计算现实遗传力的方法不适用于贝类,由于贝类的生长受环境影响很大,其个体大小随着环境的变化而变化,故采用设置对照组的方法,消除环境因子对计算遗传力的影响<sup>[14-15]</sup>。

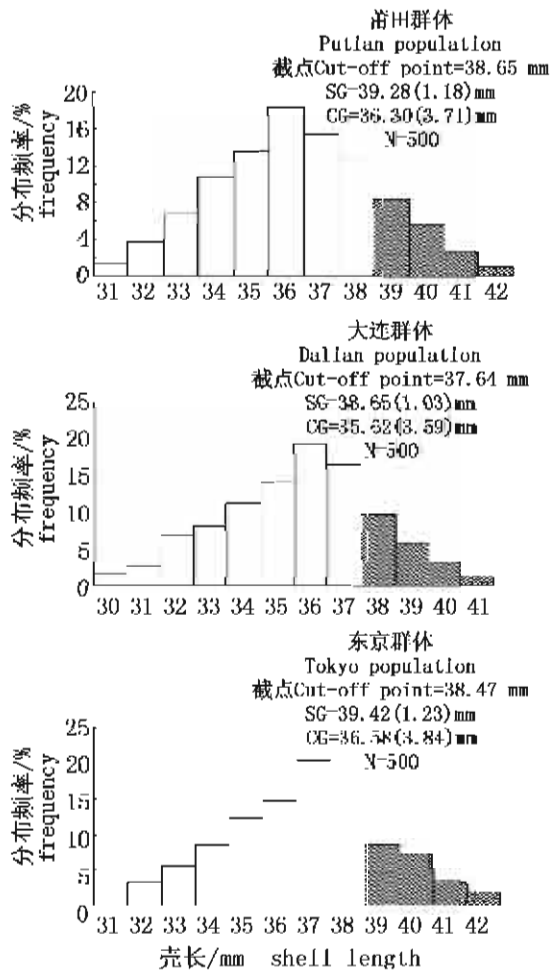


图 1 菲律宾蛤仔三个群体的大小分布及被截头选择的亲本(斜纹部分)

Fig.1 Size distribution of three Manila clam populations and parents selected for truncation selection (diagonal stripes parts)

将性腺发育成熟的(处于临产状态)亲本移入室内阴干 8 h 后,将其放到盛有 100 L 新鲜海

水的白桶中,大约经过 2~3 h 亲本开始产卵排精;分别构建不同地理群体 SG 和 CG<sup>[14-16]</sup>。亲贝产卵时间约 1~2 h,之后将亲贝取出,用 150 目筛绢网过滤杂质,分桶孵化,受精卵孵化密度控制在每毫升 30~40 个,孵化期间连续充气。受精卵大约经过 24 h 发育为 D 形幼虫。孵化期间,水温为 23.4~24.8 ℃,盐度为 25,pH 7.86~7.92。操作过程中,各实验组严格隔离,防止混杂。

### 1.3 幼虫培育、稚贝中间育成及幼贝养成

采用三段法<sup>[33]</sup>培育菲律宾蛤仔,分为室内培育阶段、生态池中间育成和生态池养成阶段。室内培育于 2006 年 7~9 月初在大连海量水产食品有限公司育苗室进行;室外中间育成及养成分别于 2006 年 9~12 月和 2006 年 12 月~2007 年 6 月在大连海量水产食品有限公司生态虾池中进行。

幼虫培育在 100L 白桶中进行,密度为每毫升 5~6 个,各实验组分别设 3 个重复,剩下的幼虫混合培养在 60 m<sup>3</sup> 的水泥池中。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(*Pavlova viridis*),后期为绿色巴夫藻和小球藻(*Chlorella Vulgaris*)(体积比 1:1)混合投喂,投喂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 24.4~25.6 ℃,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。

幼虫变态(以出现次生壳为标志)为稚贝后,日常管理同幼虫培育。当稚贝生长至 60 日龄时(壳长 >800 μm),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 9~12 月,期间水温 6.2~30.8 ℃,盐度 24~28,pH 为 7.64~8.52。在中间育成阶段,随着稚贝生长定期更换网袋(60 目~40 目~20 目),同时,对密度进行调整,使每个重复密度保持一致。养成阶段,定期清理网袋淤泥及其附着的污损生物,防止幼贝饵料不足。在此期间,各实验组幼贝经历北方养殖越冬期(12 月~翌年 4 月),此时几乎不生长。至 2007 年 4~6 月,随着水温升高,幼贝开始快速生长,此时要及时清理网袋。期间水温 6.2 ℃~0 ℃~8.4 ℃~25.6 ℃依次对应 12 月~翌年 1 月~翌年 4 月~翌年 6 月,盐度 26~29,pH 为 7.84~8.76。为了防止密度对生长造成的影响,定期调整密度。

### 1.4 测定指标

壳长小于 300  $\mu\text{m}$  的幼虫和稚贝在显微镜下用目微尺(100 $\times$ )测量,壳长大于 300  $\mu\text{m}$  小于 3.0 mm 的稚贝测量在显微镜下用目微尺(25 $\times$ )进行,壳长大于 3.0 mm 的幼贝和亲贝用游标卡尺测量。每次测量设 3 个重复,每个重复随机测量 30 个个体。

### 1.5 选择反应和现实遗传力的计算

参照 Zheng<sup>[14-15]</sup>使用的方法,将不同地理群体菲律宾蛤仔的选择反应( $R$ )和现实遗传力( $h_R^2$ )用以下两个公式计算:

$$R = \frac{X_{SG} - X_{CG}}{S_{CG}} \quad (1)$$

$$h_R^2 = \frac{X_{SG} - X_{CG}}{iS_{CG}} \quad (2)$$

公式(1)和(2)中, $X_{SG}$ 和 $X_{CG}$ 分别是选择组(SG)

和对照组(CG)个体的平均壳长, $S_{CG}$ 是对照组(CG)的标准差, $i$ 是选择强度。

### 1.6 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 各实验组壳长

3 个群体的上选组壳长均大于对照组,且存在显著差异( $P < 0.05$ )。在幼虫期和稚贝期,东京群体上选组壳长大于其它两个群体,且显著大于大连群体( $P < 0.05$ )。在 90 ~ 120 日龄期间,东京群体上选组最大;360 日龄时,莆田群体上选组壳长与东京群体无显著差异,均显著大于大连群体( $P < 0.05$ )(表 1)。

表 1 不同地理群体各实验组菲律宾蛤仔的壳长

Tab.1 Mean shell length of every experimental groups among three populations of Manila clam

| 日龄<br>clam ages                        | Pp                             |                                 | Dp                             |                                 | Tp                             |                                 |
|--|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
|  | SG                             | CG                              | SG                             | CG                              | SG                             | CG                              |
| 幼虫培育期 larval rearing ( $\mu\text{m}$ ) |                                |                                 |                                |                                 |                                |                                 |
| day3                                   | 136.60 $\pm$ 3.28 <sup>a</sup> | 132.96 $\pm$ 3.83 <sup>b</sup>  | 133.98 $\pm$ 3.37 <sup>b</sup> | 129.64 $\pm$ 4.15 <sup>c</sup>  | 135.43 $\pm$ 3.65 <sup>a</sup> | 131.62 $\pm$ 4.39 <sup>c</sup>  |
| day6                                   | 162.54 $\pm$ 7.59 <sup>b</sup> | 153.86 $\pm$ 9.75 <sup>c</sup>  | 159.12 $\pm$ 6.38 <sup>b</sup> | 152.51 $\pm$ 8.92 <sup>c</sup>  | 167.95 $\pm$ 8.46 <sup>a</sup> | 160.25 $\pm$ 9.98 <sup>b</sup>  |
| day9                                   | 178.85 $\pm$ 8.66 <sup>b</sup> | 170.32 $\pm$ 10.39 <sup>d</sup> | 175.53 $\pm$ 8.95 <sup>c</sup> | 168.75 $\pm$ 10.82 <sup>d</sup> | 186.37 $\pm$ 9.98 <sup>a</sup> | 178.03 $\pm$ 11.34 <sup>b</sup> |
| 稚贝培育期 juvenile nursing (mm)            |                                |                                 |                                |                                 |                                |                                 |
| day30                                  | 0.42 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>   | 0.34 $\pm$ 0.11 <sup>c</sup>    | 0.40 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>   | 0.33 $\pm$ 0.10 <sup>c</sup>    | 0.51 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>   | 0.42 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>    |
| day45                                  | 0.82 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>   | 0.70 $\pm$ 0.17 <sup>c</sup>    | 0.75 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>   | 0.64 $\pm$ 0.16 <sup>d</sup>    | 0.85 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>   | 0.72 $\pm$ 0.18 <sup>c</sup>    |
| day60                                  | 1.35 $\pm$ 0.18 <sup>b</sup>   | 1.18 $\pm$ 0.25 <sup>c</sup>    | 1.19 $\pm$ 0.16 <sup>c</sup>   | 1.03 $\pm$ 0.24 <sup>c</sup>    | 1.56 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>   | 1.30 $\pm$ 0.37 <sup>b</sup>    |
| 幼贝养成期 spat culture (mm)                |                                |                                 |                                |                                 |                                |                                 |
| day90                                  | 7.38 $\pm$ 1.24 <sup>b</sup>   | 6.12 $\pm$ 1.77 <sup>d</sup>    | 6.79 $\pm$ 1.35 <sup>c</sup>   | 5.51 $\pm$ 1.89 <sup>e</sup>    | 8.04 $\pm$ 1.56 <sup>a</sup>   | 6.60 $\pm$ 1.98 <sup>c</sup>    |
| day120                                 | 12.08 $\pm$ 2.03 <sup>a</sup>  | 10.25 $\pm$ 2.68 <sup>c</sup>   | 11.42 $\pm$ 1.87 <sup>b</sup>  | 10.03 $\pm$ 2.15 <sup>c</sup>   | 12.70 $\pm$ 2.14 <sup>a</sup>  | 10.85 $\pm$ 2.76 <sup>b</sup>   |
| day360                                 | 19.12 $\pm$ 2.56 <sup>a</sup>  | 17.02 $\pm$ 3.23 <sup>c</sup>   | 18.48 $\pm$ 2.34 <sup>b</sup>  | 16.53 $\pm$ 3.07 <sup>d</sup>   | 18.91 $\pm$ 2.49 <sup>a</sup>  | 16.64 $\pm$ 3.45 <sup>d</sup>   |

注:1. SG 表示选择组;CG 表示对照组;Pp 表示莆田群体;Dp 表示大连群体;Tp 表示东京群体。2. 每一行标有相同字母表示差异不显著, $P > 0.05$ 。

Notes:1. SG means selection group;CG means control group;Pp means Putain population of southern China;Dp means Dalian population of northern China;Tp means Tokyo population of Japan.2. The same letters means in each row no significantly difference( $P > 0.05$ ).

### 2.2 选择反应

菲律宾蛤仔的选择反应随着日龄的增大而减小,即幼虫期 0.804(0.084) > 稚贝期 0.705(0.039) > 幼贝期 0.671(0.024),且幼虫期的选择反应显著大于稚贝期和幼贝期。幼虫期,莆田群体的选择反应显著大于其它两个群体;稚贝期,日本群体的选择反应略大于其它两个群体;养成期,莆田群体的选择反应略大于其它两个群体(表 2)。3 个群体菲律宾蛤仔选择反应为平均 0.726(0.107),莆田群体、大连群体、东京群体的选择反应分别为 0.758(0.101)、0.690(0.049)、

0.732(0.059)(表 3)。

### 2.3 现实遗传力

菲律宾蛤仔的现实遗传力随着日龄的增大而减小,即幼虫期 0.458  $\pm$  0.051 > 稚贝期 0.402  $\pm$  0.025 > 幼贝期 0.382  $\pm$  0.013。幼虫期,莆田群体的现实遗传力显著大于大连群体和东京群体;稚贝期,东京群体的现实遗传力略大于其它两个群体;养成期,莆田群体和东京群体均大于大连群群体(表 2)。3 个群体菲律宾蛤仔的现实遗传力平均为 0.414  $\pm$  0.044,莆田群体、大连群体、东京群体的现实遗传力分别为 0.432  $\pm$

0.058、0.393 ± 0.028、0.417 ± 0.033(表3)。

表2 不同地理群体菲律宾蛤仔的选择反应和现实遗传力

Tab.2 Response to selection ( $R$ ) and realized heritability ( $h_R^2$ ) of every experimental group of Manila clam

|                               | $R$           |       |       | $h_R^2$       |       |       |
|-------------------------------|---------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
|                               | Pp            | Dp    | Tp    | Pp            | Dp    | Tp    |
| <b>幼虫培育期 larval rearing</b>   |               |       |       |               |       |       |
| day3                          | 0.950         | 0.805 | 0.868 | 0.542         | 0.459 | 0.495 |
| day6                          | 0.890         | 0.741 | 0.772 | 0.507         | 0.422 | 0.440 |
| day9                          | 0.821         | 0.654 | 0.735 | 0.468         | 0.373 | 0.419 |
| mean                          | 0.887         | 0.733 | 0.792 | 0.506         | 0.418 | 0.451 |
| total mean                    | 0.804 ± 0.084 |       |       | 0.458 ± 0.051 |       |       |
| <b>稚贝培育期 juvenile nursing</b> |               |       |       |               |       |       |
| day30                         | 0.727         | 0.700 | 0.750 | 0.414         | 0.399 | 0.427 |
| day45                         | 0.706         | 0.688 | 0.722 | 0.402         | 0.392 | 0.412 |
| day60                         | 0.680         | 0.667 | 0.703 | 0.387         | 0.380 | 0.400 |
| mean                          | 0.704         | 0.685 | 0.725 | 0.401         | 0.390 | 0.413 |
| total mean                    | 0.705 ± 0.039 |       |       | 0.402 ± 0.025 |       |       |
| <b>幼贝养成期 youth culture</b>    |               |       |       |               |       |       |
| day90                         | 0.712         | 0.677 | 0.707 | 0.406         | 0.386 | 0.403 |
| day120                        | 0.683         | 0.647 | 0.670 | 0.389         | 0.368 | 0.382 |
| day360                        | 0.650         | 0.635 | 0.658 | 0.370         | 0.362 | 0.375 |
| mean                          | 0.682         | 0.653 | 0.678 | 0.388         | 0.372 | 0.387 |
| total mean                    | 0.671 ± 0.024 |       |       | 0.382 ± 0.013 |       |       |

注:Mean表示平均值;total mean表示3个群体的平均值。

Notes: Mean represents the value of average, and Total mean represent the average of mixture among three stocks at the same stages.

表3 各地理群体的选择反应、现实遗传力

Tab.3 Mean response to selection ( $R$ ) and realized heritability ( $h_R^2$ ) among three populations

| 类别 group | Pp            | Dp            | Tp            | Mp            |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| $R$      | 0.758 ± 0.101 | 0.690 ± 0.049 | 0.732 ± 0.059 | 0.726 ± 0.074 |
| $h_R^2$  | 0.432 ± 0.058 | 0.393 ± 0.028 | 0.417 ± 0.033 | 0.414 ± 0.044 |

注:Pp,Dp,Tp表示的意义同上;Mp表示3个群体的平均值。

Notes: Pp,Dp and Tp are same as before, Mp means the average of mixture value among three populations.

### 3 讨论

选择的理论和方法是数量遗传学研究的中心内容,也是数量遗传学应用于动植物育种实践的桥梁和手段<sup>[33]</sup>。在本研究中,3个不同地理群体菲律宾蛤仔的选择反应不同,但彼此间的差异不大。从遗传关系上看,亲本基因中的加性效应部分能够稳定地遗传给后代,选择反应则是加性遗传方差与选择压力共同作用的结果<sup>[34]</sup>。通常,群体的遗传变异越大,选择越有效。对于3个群体来说,亲贝促熟、幼虫培育、稚贝培养和养成的条件都是相同的,从而有效地避免环境效应。莆田群体、大连群体和东京群体的选择反应分别为0.758 ± 0.101、0.690 ± 0.049、0.732 ± 0.059,略大于海湾扇贝<sup>[14-15]</sup>,与马氏珠母贝(*Pinctada*

*martensi*)早期选择反应一致<sup>[19]</sup>。莆田群体选择反应最大,东京群体次之,大连群体最小。一方面大连、东京群体的菲律宾蛤仔尚未进行过系统选择,均为野生型群体,其个体间的差异较大,遗传变异程度较大;莆田群体虽然经历了30年的土池育苗,但是尚未对亲本的大小进行选择,每次都是用大量的亲贝(>1 000 t)在垦区进行大群体繁育,相当于自然海区群体产卵排精,甚至比一些小的海湾产卵群体规模还大,所以该群体的基因型丰富,即个体间仍存在较大的遗传差异,与野生型群体几乎没有差异。另一方面,莆田群体和东京群体均为引入群体,经过一周年的驯化,可能会表现出对环境的高度适应,即表现出早期的快速生长,其控制生长的基因差异得以暴露;大连群体为土著种,在原有环境的条件下,

尚未表现出较大的遗传差异。总体来讲,3个地理群体的遗传方差较大,这也是获得较高的选择反应的主要原因。这与 Zheng<sup>[14]</sup>对两个群体的海湾扇贝一代选择结果中的B群体一致(不同于A群体),因为B群体引种数量相对较多406个,繁殖代数少(3代);A群体引种数量少仅为26个,繁殖代数多(20代)造成了严重的近交衰退,导致其遗传差异不断降低。此外,亲本选择过程中,大连群体的选择组规格显著小于莆田群体和东京群体,这也是造成选择反应不同的原因。

遗传力是亲代把加性遗传方差传递给子代的百分率。如果亲代群体中可遗传的方差大,那么遗传力自然也大;相反,如果亲代群体中可遗传的方差小,那么遗传力自然也小。通常,绝大多数双壳类的遗传力在0.2到0.5<sup>[16]</sup>。本研究中,3个群体菲律宾蛤仔的现实遗传力不同,但无显著差异。莆田群体、大连群体、东京群体的现实遗传力分别为 $0.432 \pm 0.058$ 、 $0.393 \pm 0.028$ 、 $0.417 \pm 0.033$ ,这在双壳类中<sup>[6,13,16,18]</sup>只算是中上等水平,也就是说,这些群体还有很大的改良潜力。

#### 参考文献:

- [1] 楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京:中国农业出版社. 1999: 29-39.
- [2] Knibb W R, Gorshkov S, Gorshkov G, et al. Genetic improvement of commercial marine teleosts [J]. Israeli Journal of Aquaculture, 1992, 44(4): 136-137.
- [3] Gorshkov S. Practical genetics in Israeli mariculture: history and present status [J]. Israeli Journal of Aquaculture, 2006, 58(4): 238.
- [4] Beatie J H, Hershberger W K, Chew K K, et al. Breeding for resistance to summertime mortality in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) [J]. Washington Sea Grant Rep. 1978, 780-813.
- [5] Newkirk G F. Review of the genetics and the potential for selective breeding of commercially important bivalves [J]. Aquaculture, 1980, 19(3): 209-228.
- [6] Newkirk G F, Haley L E. Progress in selection for growth rate in the European oyster *Ostrea edulis* [J]. Marine ecology progress series, 1982, 10(1): 77-79.
- [7] 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(1-4): 149-155.
- [8] Langdon C, Evans F, Jacobson D, et al. Yields of cultured Pacific oysters *Crassostrea gigas* Thunberg improved after one generation of selection [J]. Aquaculture, 2003, 220(1-4): 227-244.
- [9] Nell J A, Smith I R, Sheridan A K. Third generation evaluation of Sydney rock oyster *Saccostrea commercialis* (Iredale and Roughley) breeding lines [J]. Aquaculture, 1999, 170(1-4), 195-203.
- [10] Heffernan P B, Walker R L, Crenshaw J W. Embryonic and larval responses to selection for increased rate of growth in adult bay scallop, *Argopecten irradians concentricus* (Say, 1822) [J]. Journal of Shellfish Research, 1992, 11(1): 21-25.
- [11] Blake S G, Blake N J, Oesterling M J, et al. Genetic divergence and loss of diversity in two cultured populations of the bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck, 1819) [J]. Journal of Shellfish Research, 1997, 16, 55-58.
- [12] Stiles S, Choromanski J, Schweitzer D. Early responses to selection for growth in the bay scallop, *Argopecten irradians*, from Long Island Sound [J]. Journal of Shellfish Research, 1997, 16(1): 295.
- [13] Ibarra A M, Ramirez J L, Ruiz C A, et al. Realized heritabilities and genetic correlation after dual selection for total weight and shell width in catarina scallop (*Argopecten circularis*) [J]. Aquaculture, 1999, 175(3-4), 227-241.
- [14] 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, 313: 213-223.
- [15] Zheng H P, Zhang G F, Liu X, et al. Sustained response to selection in an introduced population of the hermaphroditic bay scallop *Argopecten irradians irradians* Lamarck (1819) [J]. Aquaculture, 2006, 255: 579-585.
- [16] Hadley N H, Dillon J R T, Manzi J J. Realized heritability of growth rate in the hard clam *Mercenaria mercenaria* [J]. Aquaculture, 1991, 93(2): 109-119.
- [17] Heffernan P B, Walker R L, Crenshaw J J W. Negative larval response to selection for increased growth rate in the northern quahog, *Mercenaria mercenaria* [J]. Journal of Shellfish Research,

- 1991, 10(1): 199 - 202.
- [18] Wada K T. Genetic selection for shell traits in the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* [J]. *Aquaculture*, 1986, 57: 171 - 176.
- [19] 邓岳文, 符韶, 杜晓东. 马氏珠母贝选系  $F_2$  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.
- [20] 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.
- [21] 闫喜武, 张国范, 杨凤, 等. 菲律宾蛤仔莆田群体与大连群体生物学比较[J]. *生态学报*, 2005, 25(12): 3329 - 3334.
- [22] 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.
- [23] 闫喜武, 张跃环, 霍忠明, 等. 不同壳色菲律宾蛤仔品系间的双列杂交[J]. *水产学报*, 2008, 32(6): 864 - 875.
- [24] 闫喜武, 张跃环, 金晶宇, 等. 大连群体两种壳型菲律宾蛤仔双列杂交的研究[J]. *水产学报*, 2009, 33(3): 389 - 395.
- [25] 张跃环. 菲律宾蛤仔壳色、壳型的品系选育及其遗传机制研究[D]. 大连: 大连水产学院, 2008.
- [26] 张跃环, 闫喜武, 杨凤, 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.
- [27] 闫喜武, 霍忠明, 张跃环, 等. 菲律宾蛤仔家系的建立及早期生长发育比较[J]. *水产学报*, 2010, 34(1): 32 - 40.
- [28] 张跃环, 闫喜武, 姚托, 等. 菲律宾蛤仔2个壳色品系群体杂交的研究[J]. *南方水产*, 2008, 4(3): 27 - 32.
- [29] 张跃环, 闫喜武, 杨凤, 等. 贝类壳色多态研究概况及展望[J]. *水产科学*, 2008, 27(12): 681 - 684.
- [30] 闫喜武, 张跃环, 霍忠明, 等. 不同地理群体菲律宾蛤仔生长发育比较[J]. *大连水产学院学报*, 2009, 24(1): 34 - 39.
- [31] 闫喜武, 张跃环, 霍忠明, 等. 常见滩涂贝类亲本生态促熟工艺[P]. 2008, 公开号: CN101361466.
- [32] 盛志廉, 陈瑶生. 数量遗传学[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 165 - 169.
- [33] 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.
- [34] Falconer D S. Introduction to quantitative genetics [M]. 2nd edition. London: Longman, 1981.

## Responses to selection and realized heritability in three geographical populations of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*)

YAN Xi-wu<sup>1\*</sup>, ZHANG Yue-huan<sup>1</sup>, HUO Zhong-ming<sup>1</sup>, SUN Huan-qiang<sup>1</sup>,  
PAN Fa-lin<sup>2</sup>, YANG Feng<sup>1</sup>, ZHANG Guo-fan<sup>3</sup>

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

2. Changchun Academy of Fishery, Changchun 130033, China;

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

**Abstract:** Three geographical populations (Pp: Putain population; Dp: Dalian population; Tp: Tokyo population) of Manila clam *Ruditapes philippinarum* of 3-years old were used to test mass selection on growth in July 2006. Shell length of individual was measured by microscope and vernier caliper, moreover, responses to selection and realized heritability were calculated by the methods of Zheng, *et al.* (2004, 2006) among three geographical populations of Manila clam. The results showed that the shell length of selection groups were all significantly higher than that of the control group ( $P < 0.05$ ).  $R$  and  $h_R^2$  of Manila clam decreased with increasing days of age during different development stages, that is  $SR$ : Larval rearing stage  $0.804 \pm 0.084 >$  Juvenile nursing stage  $0.705 \pm 0.039 >$  Youth culture stage  $0.671 \pm 0.024$ ;  $h_R^2$ : Larval rearing stage  $0.458 \pm 0.051 >$  Juvenile nursing stage  $0.402 \pm 0.025 >$  Youth culture stage  $0.382 \pm 0.013$ .  $R$  of Manila clam was  $0.726 \pm 0.1074$ , and Pp, Dp, Tp of that was  $0.758 \pm 0.101$ ,  $0.690 \pm 0.049$ ,  $0.732 \pm 0.059$ , respectively. Accordingly,  $h_R^2$  of Manila clam was  $0.414 \pm 0.044$ , and Pp, Dp, Tp of that was  $0.432 \pm 0.058$ ,  $0.393 \pm 0.028$ ,  $0.417 \pm 0.033$ , respectively. The order of  $R$  and  $h_R^2$  of Manila clam among geographical populations was as follow: Pp > Dp > Tp. Differences in response to selection and realized heritability among the three geographical populations are presumably due to differences in genetic variability.

**Key words:** *Ruditapes philippinarum*; geographical population; response to selection; realized heritability

**Corresponding author:** YAN Xi-wu. E-mail: yanxiwu2002@163.com