

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2017.16350

熊本牡蛎多嵴和无嵴品系 F_3 生长性状的连续选择效应

张跃环^{1,2}, 武祥伟^{1,2}, 秦艳平^{1,2}, 肖述^{1,2}, 马海涛^{1,2}, 李军^{1,2}, 张扬^{1,2},
喻子牛^{1,2}

1. 中国科学院 南海海洋研究所, 热带海洋生物资源与生态重点实验室, 广东省应用海洋生物学重点实验室, 广东 广州 510301;
2. 南海生物资源开发与利用协同创新中心, 广东 广州 510275

摘要: 为进一步检测熊本牡蛎(*Crassostrea sikamea*)多嵴和无嵴品系 F_3 的连续选择反应, 以 2 个品系 F_2 上选组为材料, 开展 2 个品系 F_3 混合上选研究, 评估 2 个品系 F_3 生长性状的选择反应、现实遗传力及遗传改进量, 解析选育过程中选择效应、品系效应及二者交互作用对生产性状的影响。结果表明: 多嵴品系 F_3 生长性状具有较高的现实遗传力, 表现出较好的遗传改良效果; 无嵴品系 F_3 表现出中等现实遗传力水平, 但仍具有一定程度的遗传改良潜能。养成期 360 日龄时, 多嵴品系子代壳高、鲜重的选择反应分别为 0.70、0.76; 现实遗传力分别为 0.40、0.43; 遗传改进量分别为 7.02%、12.29%; 无嵴品系的选择反应分别为 0.36、0.33; 现实遗传力分别为 0.20、0.19; 遗传改进量分别为 3.74%、5.72%。经过双因子分析模型检测发现: 品系来源是影响 F_3 生长性状的主要因子, 选择效应是次要因子, 二者间不存在明显的交互作用。由此可见, 随着连续选择的进行, 选择反应逐渐降低, 品系来源作用增强, 本研究为熊本牡蛎遗传改良和新品系培育奠定了基础。

关键词: 熊本牡蛎; 连续选择; 选择反应; 现实遗传力; 遗传改进量

中图分类号: S91

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2017)06-1161-07

连续多代选择可以有效的纯化动植物优良性状, 大多可以获得积极的选择反应, 从而培育出良种^[1]。在中国, 目前通过审定的水产动物新品种有 168 个, 其中, 30 个为引入种、138 个土著种, 通过多代定向选育获得新品种达 83 个, 由此可见, 连续混合选择是培育水产新品种的主要手段。其中, 通过选择育种培育出的贝类新品种有 15 个, 包括 ‘玛瑙鲍’(*Halotis discus hannai*)、‘中科红’海湾扇贝(*Argopecten irradians*)、‘海大金贝’虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*)、‘蓬莱红 2 号’栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)、‘南澳 1 号’华贵栉孔扇贝(*C. nobilis*)、‘海选 1 号’马氏珠母贝(*Pinctada fucata*)、‘斑马蛤’菲律宾蛤仔(*Ruditapes philip-*

pinarum)、‘海大 1 号’长牡蛎(*Crassostrea gigas*)等^[2]。

熊本牡蛎(*C. sikamea*), 原产于东南亚, 分布于中国、日本、韩国等地, 均为野生型, 喜好高温、中高盐环境, 主产地集中在海湾及河口区域, 属亚热带及热带牡蛎经济种, 在中国是仅次于香港牡蛎(*C. hongkongensis*)、福建牡蛎(*C. angulata*)、长牡蛎之后的第四类重要牡蛎经济贝种^[3]。由于熊本牡蛎贝壳形态变化大, 差别也很大, 作者按照左壳放射嵴有无及数量划分为 3 个品系, 分别为多嵴品系(放射嵴数目 ≥ 6)、寡嵴品系(放射嵴数目 ≤ 5)、无嵴品系(放射嵴数目=0)。此前, 作者已经评估了 3 个品系生产性能, 构建了多嵴品系和

收稿日期: 2016-11-25; 修订日期: 2017-01-22.

基金项目: 国家贝类产业体系建设项目(CARS-48); 广东省科技厅项目(2016A020208011; 2014A02020803; 2016B020233005; 2016TQ03N905); 广东省海洋与渔业局项目(A201501A07, A201601A04); 广东省应用海洋生物学重点实验室运行经费项目(2014B030301064).

作者简介: 张跃环(1981–), 男, 博士, 从事水产动物遗传育种学研究. E-mail: yhzhang@scsio.ac.cn

通信作者: 喻子牛, 研究员. E-mail: carlzyu@scsio.ac.cn

无嵴品系的核心基础群体,评估2个品系连续两代的混合选择效果,计算了相关的选择反应、现实遗传力及遗传改进量^[4-6]。在此基础上,本研究以连续两代混合选择的多嵴和无嵴熊本牡蛎品系 F_2 为材料,开展子三代的混合选择研究,旨在评估子 F_3 生长性状的连续选择效应,解析品系来源对子代生产性状的影响。

1 材料与方法

1.1 亲本来源

本研究以2012年5月采集的湛江野生群体熊本牡蛎为材料,构建了核心基础群(图1)。于2013年5月,从核心基础群中筛选出多嵴和无嵴品系,以壳高为选择指标,按照10%选择压力,进行了2个品系熊本牡蛎 F_1 选择反应及其现实遗传力研究。于2014年5月,以多嵴、无嵴品系熊本牡蛎中选的 F_1 作为材料,按照10%选择压力,随机筛选每个品系若干个体作为育种材料进行 F_2 连续上选。在此基础上,于2015年5月,以多嵴、无嵴品系熊本牡蛎上选的 F_2 作为材料,以壳高作为选择指标,随机筛选每个品系若干个体(剔除外部形态不整齐个体)作为育种材料进行 F_3 连续上选。

1.2 实验处理

以壳高为指标,利用截头法分别对多嵴和无

嵴品系 F_2 进行混合选择,留种率均为10%,选择强度(i)均为1.755。从2种类型中各随机抽取1500个个体,用电子游标卡尺进行测量(精确至0.02 mm),绘制个体壳高规格频率分布图。从每个群体中选择10%的最大个体(150个),作为选择组3(selected group 3, SG3),在剩余的个体中随机抽取150个个体作为对照组3(control group 3, CG3)。其中,多嵴品系亲本的截点为63.04 mm,雌雄比例为101:49;无嵴品系亲本的截点为59.37 mm,雌雄比例为99:51(图1)。

1.3 子代培育

采用解剖方式获取配子,为了保证所有雄性个体均有繁殖机会,每个实验组均采用单个雄性个体与所有卵子配对的原则进行(1♂:n♀)。为了避免发生组间污染,利用300目筛绢网进行幼虫选育,各实验组均保留D型幼虫约1.44亿个,弃掉多余幼虫;每个实验组子代放置在3个12 m³水泥池中培养,幼虫培养密度控制在4个/mL。

幼虫培育期间,盐度控制在20~25;稚贝培养的盐度控制在15~20。室内培育期间,6日龄以前,投喂云微藻(*Chlorella* sp.),之后混合投喂云微藻和牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri*) (体积比=1:1),投饵量视摄食情况而定,日投喂量在(5~10)×10⁴ cell/mL。当幼虫出现鳃原基、眼点、足时,

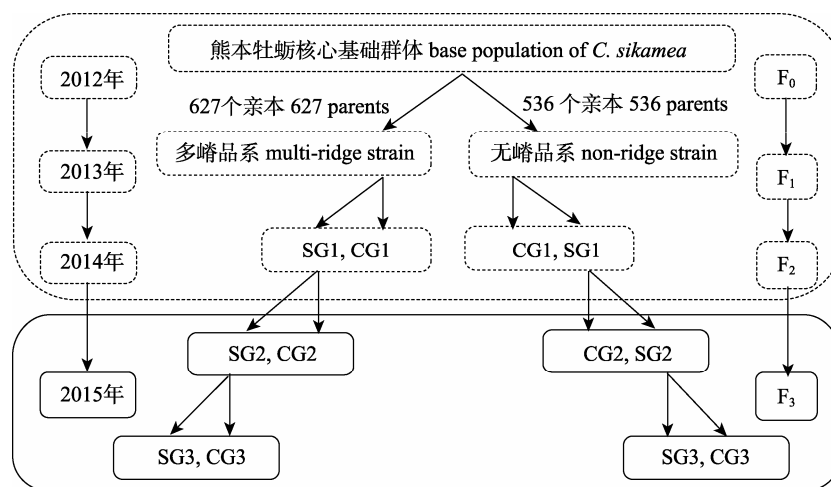


图1 2个品系熊本牡蛎子三代选择育种技术路线图(实线部分)

SG1、SG2、SG3 分别表示选择组子一、二、三代, CG1、CG2、CG3 分别表示对照组子一、二、三代。

Fig. 1 The successive third-generation selection for two strains of *Crassostrea sikamea*

SG1, SG2 and SG3 indicate selective groups of first, second, third generations, while CG1, CG2 and CG3 indicate control groups of first, second, third generations, respectively.

利用波纹板采苗。当稚贝壳高在 10 mm 左右时装入 5 mm 网孔塑料袋中在竹林盐厂生态池中进行中间育成, 每袋密度控制在 240~300 个。随着稚贝生长, 定期调整密度, 最后移至孔径 10 mm 的扇贝笼中养成, 密度控制在每层 50~60 个。

1.4 测定指标

壳高小于 400 μm 的幼虫在显微镜下用目微尺(10×)测量; 壳高、壳长、壳宽大于 3.0 mm 的子代和亲本用游标卡尺测量, 精确值 0.02 mm; 总重利用电子天平称量, 精确值 0.01 g。每个实验组设 3 个重复, 每个重复随机测量 30 个个体。

1.5 数据分析

为了保证方差齐性, 所有的壳高、壳长、壳宽、鲜重均转为以 10 为底的对数。用 PASW18 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双因素方差分析方法(two-way ANOVA), 用 Turkey 法进行组间多重比较, 差异显著性设置为 $P<0.05$ [7]。

将 2 个品系熊本牡蛎 F₃ 的选择反应(selected reaction, SR)、现实遗传力(h_R^2)及遗传改进量(genetic gain, GG)用以下公式计算[7-8]:

$$SR = \frac{X_{SG3} - X_{CG3}}{S_{CG3}}$$
$$h_R^2 = \frac{X_{SG3} - X_{CG3}}{iS_{CG3}}$$
$$GG = \frac{X_{SG3} - X_{CG3}}{X_{CG3}} \times 100$$

式中, X_{SG3} 和 X_{CG3} 分别是选择组(SG3)和对照组

(CG3)个体的平均壳高、壳长、壳宽、鲜重, S_{CG3} 是对照组(CG3)的标准差, i 是选择强度。

为了确定品系来源及其选择效应对生长性状的影响, 利用双因子分析模型检测品系来源(strain origin, SO)及选择效应(selective effect, SE)对各实验组子代生长性状的影响[9]:

$$Y_{ijk} = \mu + SO_i + SE_j + (SO \times SE)_{ij} + e_{ijk}$$

式中, Y_{ijk} 为 k 个重复 i 个品系 j 种选择下的生长指标(壳高、壳长、壳宽、鲜重); μ 为常数; SO_i 为生长指标的品系来源($i=1, 2$); SE_j 为生长指标的选择效应($j=1, 2$); $(SO \times SE)_{ij}$ 为品系与选择效应的交互作用; e_{ijk} 为随机误差($k=1, 2, 3$)。

2 结果与分析

2.1 生长指标

多嵴品系在幼虫期(15 日龄)、稚贝期(90 日龄)、养成期(360 日龄)的生长性能均快于无嵴品系, 且选择组快于对照组, 表现出明显的选择效应。对于多嵴品系 F₃ 而言, SG3 选择组个体大小在整个培养中与对照组 CG3 无显著差异, 但 SG3 均大于 CG3。对于无嵴品系 F₃ 而言, SG3 选择组个体大小在幼虫期与对照组 CG3 无显著差异, 但表现出生长分歧(表 1)。在整个养殖过程中, 多嵴品系选择组子代一直显著大于无嵴品系对照组 ($P<0.050$), 说明存在一定程度的品系差异, 经过双因子分析模型检测, 发现品系来源是影响生长性状的最主要因子, 其次为选择效应, 二者的交互作用尚未对子代生长造成显著影响(表 2)。

表 1 熊本牡蛎多嵴和无嵴品系 F₃ 生长性状比较
Tab. 1 Growth traits of the control and selective groups at different ages of *Crassostrea sikamea*

n=90; $\bar{x} \pm SD$

类别 item	多嵴 muti-ridge strain		无嵴 non-ridge strain	
	CG3	SG3	CG3	SG3
第 15 天壳高/μm shell height at day 15	320.33±18.75 ^{ab}	327.33±20.49 ^a	310.33±20.84 ^b	315.67±22.18 ^{ab}
第 90 天壳高/μm shell height at day 90	37.72±5.01 ^{ab}	40.33±4.51 ^a	33.73±4.36 ^c	35.06±4.01 ^{bc}
第 360 天壳高/mm shell height at day 360	57.30±5.74 ^{ab}	61.32±6.72 ^a	54.15±5.65 ^c	56.18±5.80 ^{bc}
第 360 天壳长/mm shell length at day 360	39.88±4.59 ^{ab}	43.05±4.73 ^a	36.86±4.44 ^{bc}	38.25±4.85 ^c
第 360 天壳宽/mm shell width at day 360	23.55±3.26 ^{ab}	25.30±3.86 ^a	21.65±3.23 ^c	22.56±3.92 ^c
第 360 天总重/g total weight at day 360	28.27±4.58 ^a	31.74±4.84 ^a	22.48±3.96 ^b	23.77±4.53 ^b

注: 同一行不同上标字母表示差异显著($P<0.05$).
Note: Different letters in the same row indicate significant difference ($P<0.05$).

表 2 品系来源(SO)及选择效应(SE)对熊本牡蛎子三代生长性状影响的方差分析
Tab. 2 Analysis of variance showing the strain origin (SO) and selective effects (SE) on growth for each experimental group of *Crassostrea sikamea*

类别 item	来源 origin	自由度 df	均方 MS	P
第 15 天壳高 shell height at day 15	SO	1	0.006	0.010*
	SE	1	0.002	0.095
	SO×SE	1	<0.001	0.936
第 90 天壳高 shell height at day 90	SO	1	0.088	<0.001***
	SE	1	0.022	0.014*
	SO×SE	1	0.001	0.697
第 360 天壳高 shell height at day 360	SO	1	0.031	<0.001***
	SE	1	0.006	0.075
	SO×SE	1	<0.001	0.869
第 360 天壳长 shell length at day 360	SO	1	0.060	<0.001***
	SE	1	0.016	0.012*
	SO×SE	1	0.003	0.289
第 360 天壳宽 shell width at day 360	SO	1	0.070	0.001**
	SE	1	0.013	0.145
	SO×SE	1	0.004	0.440
第 360 天鲜重 total fresh body weight at day 360	SO	1	0.444	<0.001***
	SE	1	0.044	0.044*
	SO×SE	1	0.018	0.194

2.2 遗传参数

对于壳高性状而言,多嵴和无嵴品系 F₃ 在 15 日龄、90 日龄、360 日龄的选择反应分别为 0.39、0.26、0.52、0.30、0.70、0.36;现实遗传力分别为 0.22、0.15、0.31、0.17、0.40、0.20;遗传改进量分别为 2.29%、1.72%、6.94%、3.96%、7.02%、3.74%。360 日龄(养成期)多嵴和无嵴品系 F₃ 壳长、壳宽、鲜重的选择反应分别为 0.69、0.31、0.54、0.28、0.76、0.33;现实遗传力分别为 0.39、0.18、0.31、

0.16、0.43、0.19;遗传改进量分别为 7.93%、3.77%、7.43%、4.20%、12.29%、5.72% (表 3)。

3 讨论

3.1 品系来源

在熊本牡蛎核心基础群体构建中,作者发现多嵴品系略大于无嵴品系,在相同的繁育养殖条件下,经过多嵴和无嵴品系的连续两代混合选择,均证明多嵴品系生长性状优于无嵴品系^[4-6]。本研

表 3 熊本牡蛎多嵴和无嵴品系生长性状的选择反应、现实遗传力及遗传改进量
Tab. 3 Response to selection (SR), realized heritability (h_R^2) and genetic gain (GG) of two oyster strains of *Crassostrea sikamea*

类别 item	SR		h_R^2		GG/%	
	MS	NS	MS	NS	MS	NS
第 15 天壳高/ μm shell height at day 15	0.39	0.26	0.22	0.15	2.29	1.72
第 90 天壳高/mm shell height at day 90	0.52	0.30	0.31	0.17	6.94	3.96
第 360 天壳高/mm shell height at day 360	0.70	0.36	0.40	0.20	7.02	3.74
第 360 天壳长/mm shell length at day 360	0.69	0.31	0.39	0.18	7.93	3.77
第 360 天壳宽/mm shell width at day 360	0.54	0.28	0.31	0.16	7.43	4.20
第 360 天总重/mm total weight at day 360	0.76	0.33	0.43	0.19	12.29	5.72

注: MS 及 NS 分别表示多嵴和无嵴品系。
Note: MS and NS indicate multi-ridge and non-ridge strains, respectively.

究发现多嵴品系个体在整个生繁育养殖中普遍大于无嵴品系,说明放射嵴有无与生长性状具有一定程度的相关性;双因子分析表明品系来源是影响 F_3 生长性状的最主要因子,说明亲本来源对于生产性状选择至关重要。因此,在选择育种中,筛选到优良动物品系进行多代选择可以显著提高遗传改良效果;假如尚未获得优良品系,会导致遗传改良效果受到限制,无法充分表达,影响改良效果^[10-12]。在连续选择中,采用理想的基础群体是非常重要的,一般情况下,对于遗传变异水平较高的群体选择,会获得较高的选择反应,而对于纯系的选择是无效的,可见品系来源对于选择效果具有较高的影响^[7-8]。

3.2 选择效应

本研究中2个品系的上选组 F_3 均大于对照组,说明选择是有效的,但2个品系表现出不同的选择效应,多嵴品系的选择反应均大于无嵴品系。2个品系上选组 F_3 与对照组子代大小无显著差异,说明选择效率不高,伴随着多代连续选择,选择效率显著降低。在整个选择过程中,某一性状的遗传力越大,其加性遗传效应越明显,选择越有效,现实遗传力越大^[13-15]。2个品系现实遗传力出现了较大分歧,尤其是在养成期,此时多嵴品系生长性状的现实遗传水平相对较高,维持在0.40左右;而无嵴品系养成期的现实遗传力处于中等水平,维持在0.20左右,遗传改良效果明显减弱。从其遗传改进量上看,多嵴品系相对获得了较大的遗传改良,而无嵴品系的改进量较低,改良效果不明显,可见2个品系出现了一定程度生长性状的遗传分化。这可能与多嵴和无嵴品系在选择过程中基因频率变化较慢有关,多嵴品系在连续三代选择中,子代均保持着较高的遗传变异,所以表现出较高的选择反应、现实遗传力,遗传进展也较大;但是无嵴品系在连续选择过程中基因频率可能变化较快,子代遗传变异相对较低,至第三代表现出中等水平的选择反应及现实遗传力,遗传进展值相对较小^[11-12, 16]。

3.3 应用潜力

熊本牡蛎个体较小,但是味道鲜美,是一种优异的牡蛎种质资源,也是目前已知牡蛎物种中

味道最好的牡蛎经济种。熊本牡蛎在繁殖期时,饱满的性腺味道最佳,深受广大消费者青睐;而其他牡蛎(香港牡蛎、近江牡蛎(*C. ariakenesis*)、美洲牡蛎(*C. virginica*)、长牡蛎、福建牡蛎、欧洲牡蛎(*Ostrea edulis*)、密鳞牡蛎(*O. denselamellosa*)等)在繁殖期味道较差,价格较低,市场认可度较低^[17-18]。总之,本研究采用经典的混合选择育种模式,以放射嵴数目作为选择标准,以壳高作为指标,进行了熊本牡蛎 F_3 的连续定向选择,培育了1个生长快、外观整齐、规格较大的多嵴新品系,填补了中国没有熊本牡蛎新品系的空白,为熊本牡蛎逐步进入高端市场、牡蛎产业均衡发展奠定了基础。该品系具有整齐的外观,在某种程度上增加了单体熊本牡蛎的商业价值,为其产业化推广、高值化应用提供了可行性。

参考文献:

- [1] Lou Y D. Fish Breeding[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999: 10-19. [楼允东. 鱼类育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 10-19.]
- [2] National Fisheries Technology Extension Center. Guidelines for the Promotion of New Varieties of Aquatic Products[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2016: 170-181. [全国水产技术推广总站. 2016 水产新品种推广指南[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016: 170-181.]
- [3] Wang H, Qian L, Wang A, et al. Occurrence and distribution of *Crassostrea sikamea* (Amemiya 1928) in China[J]. J Shellfish Res, 2013, 32: 439-446.
- [4] Zhang Y H, Qin Y P, Wu X, et al. Evaluation phenotypic traits of two strains of the Kumamoto oyster *Crassostrea sikamea*[J]. Journal of Fisheries of China, 2016, 40(12): 1-6. [张跃环, 秦艳平, 武祥伟, 等. 熊本牡蛎无嵴和多嵴品系生产性状比较[J]. 水产学报, 2016, 40(12): 1-6.]
- [5] Zhang Y H, Qin Y P, Zhang Y, et al. Population selection for growth in two strains of the Kumamoto oyster *Crassostrea sikamea*[J]. Journal of Fisheries Science of China, 2016, 23(4): 882-889. [张跃环, 秦艳平, 张扬, 等. 熊本牡蛎多嵴和无嵴品系 F_1 生长性状的群体选育[J]. 中国水产科学, 2016, 23(4): 882-889.]
- [6] Zhang Y H, Qin Y P, Zhang Y, et al. Selective effect of the second generation for fast growth in two strains of the Kumamoto oyster *Crassostrea sikamea*[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2016, 47(3): 581-586. [张跃环, 秦艳平, 张扬, 等. 熊本牡蛎(*Crassostrea sikamea*)多嵴和无嵴品系子二代生长性状的选择效应[J]. 海洋与湖沼, 2016, 47(3): 581-586.]

- [7] Zheng H, Zhang G, Liu X, et al. Different responses to selection in two stocks of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians* Lamarck (1819)[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 2004, 313(2): 213–223.
- [8] Zheng H, Zhang G, 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(1): 579–585.
- [9] Zhang H B, Liu X, Zhang G F et al. Growth and survival of reciprocal crosses between two bay scallops, *Argopecten irradians concentricus* Say and *A. irradians irradians* Lamarck[J]. Aquaculture, 2007, 272(S1): 88–93.
- [10] Wang Q Z, Li Q, Liu S K, et al. Comparison of quantitative traits among the breeding lines of different geographic populations of *Crassostrea gigas*[J]. Periodical of Ocean University of China, 2011, 41(7): 36–41. [王庆志, 李琪, 刘士凯, 等. 长牡蛎不同地理群体选育系数数量性状的比较[J]. 中国海洋大学学报, 2011, 41(7): 36–41.]
- [11] Wang Q Z, Li Q, Liu S K, et al. Estimates of heritabilities and genetic correlations for growth in *Crassostrea gigas* larvae[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(5): 736–743. [王庆志, 李琪, 刘士凯, 等. 长牡蛎幼体生长性状的遗传力及其相关性分析[J]. 中国水产科学, 2009, 16(5): 736–743.]
- [12] Wang Q Z, Li Q, Liu S K, et al. Estimates of genetic parameters for growth-related traits in adult *Crassostrea gigas*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2012, 19(4): 700–706. [王庆志, 李琪, 刘世凯, 等. 长牡蛎成体生长性状的遗传参数估计[J]. 中国水产科学, 2012, 19(4): 700–706.]
- [13] Zhang G F, Zheng H P. Aquaculture Genetics in Bay Scallop [M]. Beijing: Science Press, 2009: 52–73. [张国范, 郑怀平. 海湾扇贝养殖遗传学[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 52–73.]
- [14] Li LX, Li H, Du W, et al. Growth comparison and selective breeding of a fifth-generation selected line of *Sinonovacula constricta*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2017, 24(1): 50–56. [李炼星, 李浩, 杜文俊, 等. 缢蛏选育系 F₅ 的生长优势比较及育种效应分析[J]. 中国水产科学, 2017, 24(1): 50–56.]
- [15] Wang Q, Li Q, Kong L, et al. Response to selection for fast growth in the second generation of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*)[J]. Journal of Ocean University of China, 2012, 11(3): 413–418.
- [16] Fu J, Lü W, Li W, et al. Comparative assessment of the genetic variation in selectively bred generations from two geographic populations of ivory shell (*Babylonia areolata*)[J]. Aquac Res, 2016.
- [17] Lv X Y. Studies on single-seed oyster spat production and culture techniques of *Crassostrea sikamea*[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013: 12–15. [吕晓燕. 熊本牡蛎人工繁育与长牡蛎单体培育技术研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013: 12–15.]
- [18] Zhang Y H, Wang Z P, Yu Z N. A recent review of inter-specific hybridization among cultivated oysters[J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(4): 613–623. [张跃环, 王昭萍, 喻子牛, 等. 养殖牡蛎种间杂交的研究概况与最新进展[J]. 水产学报, 2014, 38(4): 613–623.]

Sustained response to selection of growth traits to the third generation for two strains of Kumamoto oyster *Crassostrea sikamea*

ZHANG Yuehuan^{1,2}, WU Xiangwei^{1,2}, QIN Yanping^{1,2}, XIAO Shu^{1,2}, MA Haitao^{1,2}, LI Jun^{1,2},
ZHANG Yang^{1,2}, YU Ziniu^{1,2}

1. Key Laboratory of Tropical Marine Bio-resources and Ecology; Guangdong Provincial Key Laboratory of Applied Marine Biology; South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China;
2. South China Sea Bio-Resource Exploitation and Utilization Collaborative Innovation Center, Guangzhou 510275, China

Abstract: At present, for aquatic animals, successive selection is mainly used in the breeding of fish and shrimp species. However, there are some relevant research studies on bivalves, and many attempts have been made and have obtained positive and encouraging results. Specifically, in oyster, all selection experiments on growth characteristics were successful in altering the selected trait in the direction of selection. For other bivalves, positive or successful responses to selection have also been observed in catarina scallop *Argopecten ventricosus*, bay scallop *A. irradians*, Japanese scallop *Patinopecten yessoensis* Jay, coot clam *Mulinia lateralis*, hard clam *Mercenaria mercenaria*, pearl oyster (both *Pinctada martensii* and *P. maxima*), and other species. The Kumamoto oyster *Crassostrea sikamea* is an important wild oyster resource in Southeast Asia, including China, Japan, and Korea. They not only occur naturally in China but also live in abundance over a wide geographical distribution, ranging from Jiangsu to Guangxi, including Hainan Island. Traditionally, this oyster was a wild fishery resource; farmers captured these oysters from the reef or stones in the inter-tidal zone. Although the artificial breeding of this oyster was successfully conducted, little relative information for genetic improvement was found. A selective breeding program for improving growth rate in Kumamoto oyster was initiated in China in 2012 after the breakthrough of large-scale artificial breeding. To compare differences in growth between two strains, mass selection for the first and second generation selection between two strains was performed from 2012 to 2014. As expected, a relatively higher response to selection and realized heritability was obtained for two populations after the first two generations. To investigate whether the response to selection after one generation of selection among different strains was sustained, we examine responses to selection, realized heritability, and genetic gain for growth traits of cultchless Kumamoto oyster taken from the third generation in southern China. The selection effect, strain origin, and their interaction were evaluated using multi-ridge and non-ridge strains by selecting the largest 10% of the oysters from the second generation parents for the selected groups, while an equal number of the parents were randomly chosen as the control groups before the removal of parents for truncation selection. The results show that the realized heritability of growth traits of multi-ridge strains was higher than those of non-ridge strains with a high genetic improvement level, while the non-ridge strains showed moderate heritability at a realistic level with a certain degree of genetic improvement potential. During grow-out for the adult stage, shell height and total weight of response to selection, and realized heritability and genetic gain were 0.70, 0.76; 0.40, 0.43; and 7.02%, 12.29% for multi-ridge strains; and these indices were 0.36, 0.33; 0.20, 0.19; and 3.74%, 5.72% for non-ridge strains, respectively. Growth traits were mainly affected by strain origins; a second factor was selection effects, and no interaction was found during the whole process. Hence, the selection response of the two strains continually decreased with increasing generations. This study provides an excellent base for new variety culture of Kumamoto oysters.

Key words: *Crassostrea sikamea*; successive selection; sustained response to selection; realistic heritability; genetic index

Corresponding author: YU Ziniu. E-mail: carlzyu@scsio.ac.cn