

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2017.16367

美国熊本牡蛎基础群体构建及生产性能评估

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: 为了获得优良熊本牡蛎(*Crassosrea sikamea*)种质资源, 于 2015 年从美国 Taylor 贝类养殖公司引入熊本牡蛎, 采用 2 种配对方式构建了核心基础群体; 以中国熊本牡蛎选育群体为对照, 评估了美国熊本牡蛎引种的生产性能及可行性。结果表明, 美国熊本牡蛎相对于中国群体而言, 表现出生长较快, 商品规格比率较高, 但存活率较低的特点。经过 1 周年养成, 美国熊本牡蛎较中国群体子代壳高提高了 11.48%, 总重提高了 48.12%。评估表明, 群体来源对子代生产性能造成了显著的影响, 而配对策略尚未产生显著影响。本研究发现美国熊本牡蛎在中国华南沿海具有较好的生产性能, 这为熊本牡蛎种质改良提供了宝贵的繁育材料, 也为华南牡蛎产业提供了一个可选择的优良品种。

关键词: 熊本牡蛎; 基础群体; 生产性能; 引种可行性

中图分类号: S917

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2017)05-1020-07

引种(introduction)是指将外地优良品种、品系或类型引入本地, 经过实验, 作为推广品种直接应用于生产, 或作为育种原始材料间接应用于生产的一种品种改良工作。在中国, 水产动物引种主要集中在鱼类上, 部分引进品种表现出良好的生产性能, 带来了可观的经济效益^[1]。对于贝类而言, 引进的经过农业部良种委员会审定的新品种有 3 个, 分别为中国科学院海洋研究所从美国引进的海湾扇贝(*Argopecten irradians*) (GS-03-015-1996)、辽宁省海洋水产研究所从日本引进的虾夷扇贝(*Patinopecten yessoensis*) (GS-03-016-1996)、浙江省海洋水产研究所从日本引进的长牡蛎(*Crassosrea gigas*) (GS-03-017-1996), 如今这些引进种已经成为贝类中的重要组成部分, 有效推动了贝类产业的发展^[2]。

熊本牡蛎(*Crassostrea sikamea*), 又称蚝蛎、黄蚝、铁钉蚝等, 是一种分布于东南亚(中国、韩

国、日本)的半咸水型牡蛎^[3-5]。最初, Amemiya^[6]于 1928 年在日本的有明海发现了熊本牡蛎, 将其作为长牡蛎(*C. gigas*)的一个变异类型; 1975 年, Ahmed^[7]从形态上对熊本牡蛎与长牡蛎加以严格区分, 认为它们是两个不同物种; 1993—1994 年, Banks 等^[8-9]提供了遗传学证据, 认为熊本牡蛎是长牡蛎的一个近缘种; 2008 年, Wang 等^[10]开发了长牡蛎与熊本牡蛎区分的快速检测遗传标记。相对其他种类, 熊本牡蛎个体较小, 在日本又被称为“侏儒”蚝。它于 1947 年被作为长牡蛎传到美国, 由于味道格外鲜美, 得到了美国贝类学家和产业的重视, 遂开展了熊本牡蛎繁育、养殖研究, 其中 Taylor 贝类公司经繁育、培育, 并养殖熊本牡蛎供应全球市场^[11]。目前, 中国虽然拥有熊本牡蛎资源, 但均为野生资源, 个体小, 成体一般都在 10g/个以下, 远不及 Taylor 公司生产的商品蚝(≥ 30 g/个)。如此小的个体无法供应高端市场, 因此,

收稿日期: 2016-11-25; 修订日期: 2017-03-02.

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, 2016B020233005, 2016TQ03N905); 广东省海洋与渔业局项目(A201501A07); 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

培育出大个体熊本牡蛎，提供市场供应，具有重要意义^[12]。本研究引入了美国连续多年养殖的熊本牡蛎种质资源，评估了引种的可行性及其生产性能，以便为在中国直接推广生产或作为育种材料提供依据和实践经验。

1 材料与方法

1.1 亲本来源

2015 年 2 月初，从美国 Taylor 贝类养殖公司引进活体熊本牡蛎 1800 个，放置于中科院南海所湛江海洋经济动物实验站隔离暂养促熟 3 个月，亲本性腺同步成熟。同时，以湛江熊本牡蛎 1670 个子二代为对照组，作为中国群体亲本^[13]。

1.2 基础群体构建

采用单对单与平衡巢式设计 2 种方式构建熊本牡蛎核心基础群体，对于美国群体而言，全同胞家系采用单对单模式构建 82 个家系(82♀+82♂)，每个亲本个体均为不同个体；为保证每个雄性个体亲本对后代均具有贡献度，半同胞家系采用平衡巢式设计 1♂：n♀原则，构建了 30 个父系半同胞家系(30♂×60♀)。对于中国群体而言，采用相同的方式构建 96 个单对单家系(96♂+96♀)，32 个父系半同胞家系(32♂×60♀) (表 1)。

表 1 基础群体构建的实验设计
Tab. 1 Experimental design for building basic population

类别 item	美国群体 American stock	中国群体 Chinese stock
全同胞家系 full-sibs families	82(82♂+82♀)	96(96♂+96♀)
半同胞家系 half-sibs families	1800(30♂×60♀)	1920(32♂×60♀)

对于美国群体而言，全同胞家系单独孵化，待其发育至 D 形幼虫，全部收集在一起后放置于 3 个 4 m³ (2 m×2 m×1 m) 水泥池中培养，密度为 3 个/mL；父系半同胞单独孵化模式，发育至 D 型幼虫后，全部收集到一起后放置于 3 个 4 m³ 水泥池中培养，密度调整为 3 个/mL，多余幼虫全部弃掉。中国群体的全同胞家系和半同胞家系采用同样的处理方式，这样形成了混合全同胞家系构建的基础群体(无亲缘关系)和混合父系半同胞家系

构建的基础群体(部分亲缘关系)。

1.3 子代培养

幼虫培育期间，盐度控制在 20~25；幼虫变态以后，稚贝培养时的盐度控制在 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角毛藻(*Chaetoceros muelleri*) (体积比=1：1)，投饵料视摄食情况而定。经过 16~18 d 培育，幼虫出现鳃原基、眼点、足，此时利用波纹板采苗。经过 30 d 稚贝培育，其壳高在 10 mm 左右，轻轻剥离下来，装入 5 mm 网孔塑料袋中在广西竹林盐厂牡蛎养殖区进行中间育成，每袋密度控制在 240~300 个。随着稚贝生长，定期调整密度，最后更换至 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

参照张跃环等^[14]的研究方法测量了亲本的壳高、壳长、壳宽、总重、壳重及怀卵量，受精卵的孵化参数、D 型幼虫大小，幼虫变态规格；测量了子代 15 日龄、90 日龄、360 日龄的壳高(总重)，及其对应日龄的存活率。

1.5 数据分析

为了保证方差齐性，所有的壳高、总重进行以 10 为底的对数转化，存活率均转为反正弦。用 SPSS19.0 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，差异显著性水平设为 0.05。

利用双因子分析模型检测群体来源(stock origin, SO) 及配对策略(mating strategy, MS)对各实验组子代壳高的影响^[15]：

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

式中， Y_{ijk} 为 k 个重复 i 个群体 j 种选择下的壳高等； μ 为常数； SO_i 为壳高等的群体来源($i=1, 2$)； MS_j 为壳高等的配对策略($j=1, 2$)； $(SO \times MS)_{ij}$ 为群体来源与配对策略的交互作用； e_{ijk} 为随机误差($k=1, 2, 3$)。

2 结果与分析

2.1 形态差异

美国群体亲本与中国群体亲本存在差异，从

壳高/壳长/壳宽比值上看,壳宽值大小相同的情况下,中国群体熊本牡蛎壳高值更大,在繁殖期,美国熊本牡蛎怀卵量显著少于中国群体($P<0.05$) (表 2)。

2.2 受精孵化

美国群体熊本牡蛎卵径显著大于中国群体,但中国群体的受精率、孵化率均显著高于美国群体($P<0.05$,表 3)。半同胞及全同胞的配对方式尚未对孵化参数造成影响,主要影响来自于群体间差异($P<0.05$,表 4)。

2.3 存活性状

15 日龄时,中国群体熊本牡蛎幼虫存活率显著高于美国群体;变态期时,中国群体幼虫变态也高于美国群体;稚贝 90 日龄时,中国群体子代存活率高于美国群体;养成期 360 日龄时,美国群体存活率相对较低,显著低于中国群体 (表 3)。在此期间,发现配对方式尚未影响到存

活力,而群体来源是影响存活力的最主要原因 (表 4)。

2.4 生长性能

由于群体间卵径差异,美国群体的 D 型幼虫显著大于中国群体;幼虫期 15 日龄时,美国群体幼虫显著大于中国群体;稚贝期 90 日龄时,美国群体稚贝仍显著大于中国群体;养成期 360 日龄时,美国群体子代壳高与总重均显著大于中国群体 (表 5)。群体来源是影响生长性能的最主要因子,而配对策略几乎尚未起到任何作用 (表 4)。

2.5 商品规格

如果将熊本牡蛎单个商品规格定义为 20 g/个,美国群体上市比率在 90%以上,而中国群体在 60%~80%;如果将商品规格定义为 25 g/个,美国群体比率在 87%以上,而中国群体在 35%以下;如果将商品规格定义为 30 g/个,美国群体比率在 69%以上,而中国群体在 3%以下;如果将商品规

表 2 两个群体熊本牡蛎亲本规格及怀卵量比较
Tab. 2 The size and fecundity comparison between two *Crassostrea sikamea* stocks

类型 type	壳高/mm shell height	壳长/mm shell length	壳宽/mm shell width	总重/g fresh weight	壳高/壳长/壳宽 shell height/shell length/shell width	怀卵量 /(10 ⁴ ·ind ⁻¹) fecundity
美国群体 American stock	63.65±6.34 ^a	43.41±4.23 ^a	24.27±3.18 ^a	39.68±8.28 ^a	2.62 : 1.79 : 1	455.62±118.96 ^b
中国群体 Chinese stock	55.28±4.68 ^b	32.41±5.14 ^b	18.91±4.17 ^b	20.13±4.72 ^b	2.92 : 1.71 : 1	960.18±145.73 ^a

注: 同列不同字母表示美国群体和中国群体间差异显著($P<0.05$).
Note: Different letters in the same column denote significant difference between American stock and Chinese stock ($P<0.05$).

表 3 两个群体熊本牡蛎孵化参数及存活力比较
Tab. 3 Hatching index and survival ability comparison between two *Crassostrea sikamea* stocks

$\bar{x} \pm SD$								
类型 types	卵径/ μm egg diameter	受精率/% fertilization rate	孵化率/% hatching rate	变态率/% metamor- phosis	存活率/% survival rate			
					15 日龄/% day 15	90 日龄/% day 90	360 日龄/% day 360	
美国群体 American stock	全同胞 full-sibs family	46.48 $\pm$ 0.52 ^a	90.33 $\pm$ 2.75 ^b	83.55 $\pm$ 5.43 ^b	61.42 $\pm$ 6.37 ^b	82.47 $\pm$ 4.34 ^b	71.40 $\pm$ 3.46 ^b	17.13 $\pm$ 3.62 ^b
	半同胞 half-sibs family	46.70 $\pm$ 0.56 ^a	89.77 $\pm$ 3.06 ^b	82.19 $\pm$ 6.08 ^b	57.49 $\pm$ 7.45 ^b	80.57 $\pm$ 4.90 ^b	69.23 $\pm$ 3.95 ^b	15.90 $\pm$ 3.44 ^b
中国群体 Chinese stock	全同胞 full-sibs family	44.27 $\pm$ 0.54 ^b	96.61 $\pm$ 1.78 ^a	91.07 $\pm$ 2.93 ^a	75.81 $\pm$ 8.62 ^a	88.03 $\pm$ 2.63 ^a	80.57 $\pm$ 4.06 ^a	36.27 $\pm$ 4.01 ^a
	半同胞 half-sibs family	44.30 $\pm$ 0.52 ^b	95.36 $\pm$ 1.93 ^a	90.25 $\pm$ 3.14 ^a	71.22 $\pm$ 8.73 ^a	87.37 $\pm$ 3.20 ^a	77.93 $\pm$ 3.52 ^a	33.43 $\pm$ 4.60 ^a

注: 表中同列不同字母表示两个群体及同一群体内 2 种配对方式组间差异显著($P<0.05$).
Note: Different letters in the same column indicate significant difference from between families ($P<0.05$).

表 4 熊本牡蛎群体来源(SO)及配对策略(MS)对其子代存活、生长的影响
Tab. 4 Analysis of variance showing the *Crassostrea sikamea* stock origin (SO) and mating strategy (MS) on growth and survival for each experimental group

类别 items	来源 source	自由度 df	存活 survival		生长 growth	
			均方 MS	P	均方 MS	P
15 日龄 day 15	SO	1	0.053	0.001**	0.014	< 0.001***
	MS	1	0.002	0.410	< 0.001	0.667
	SO×MS	1	< 0.001	0.745	< 0.001	0.757
90 日龄 day 90	SO	1	0.074	< 0.001***	0.185	< 0.001***
	MS	1	0.006	0.145	< 0.001	0.907
	SO×MS	1	< 0.001	0.783	0.001	0.664
360 日龄 day 360	SO	1	0.145	< 0.001***	0.068	< 0.001***
	MS	1	0.002	0.230	0.002	0.346
	SO×MS	1	< 0.001	0.610	< 0.001	0.815
360 日龄总重 day 360	SO	1	—	—	0.898	< 0.001***
	MS	1	—	—	0.039	0.072
	SO×MS	1	—	—	0.002	0.550

注: **表示群体来源、配对策略及交互作用影响显著($P<0.01$); ***表示群体来源、配对策略及交互作用影响极显著($P<0.001$).
Note: ** indicates significant effects among stock origin, mating strategy and their interaction at 0.01 level; while *** indicates great significant effects among stock origin, mating strategy and their interaction at 0.001 level.

表 5 两个群体熊本牡蛎生长性能比较
Tab. 5 Growth performance comparison between two *Crassostrea sikamea* stocks

		n=90; $\bar{x} \pm SD$					
类型 type		D 型幼虫规格/ μm D larval size	15 日龄壳高/ μm shell height at day 15	变态规格/ μm metamorphic size	90 日龄壳高/ μm shell height at day 90	360 日龄壳高/ μm shell height at day 360	360 日龄总重/g fresh weight at day 360
美国群体 American stock	全同胞 full-sibs family	65.85±1.40 ^a	338.33±17.44 ^a	360.70±4.05 ^a	38.52±5.45 ^a	61.63±6.19 ^a	33.40±5.64 ^a
	半同胞 half-sibs family	65.82±1.39 ^a	335.67±20.63 ^a	360.05±4.03 ^a	38.63±4.98 ^a	60.99±6.53 ^a	31.27±4.90 ^a
中国群体 Chinese stock	全同胞 full-sibs family	62.80±1.31 ^b	321.00±20.74 ^b	356.07±3.92 ^b	32.46±4.80 ^b	55.48±5.02 ^b	22.81±3.97 ^b
	半同胞 half-sibs family	62.78±1.27 ^b	320.67±22.43 ^b	356.42±3.86 ^b	31.97±4.66 ^b	54.51±6.60 ^b	20.85±4.08 ^b

注: 每列中不同字母表示两个群体及同一群体内 2 种配对方式组间差异显著($P<0.05$).
Note: Different letters in each column indicate significant difference from between families ($P<0.05$).

格定义为 35 g/个, 美国群体比率在 23%以上, 而中国群体尚未达到该规格; 如果将商品规格定义为 40 g/个, 美国群体比率较低, 而中国群体仍未有该规格的牡蛎(表 6)。

3 讨论

3.1 引种背景

美国熊本牡蛎群体祖先来自于日本熊本县, 是 1947 年日本向美国供应长牡蛎时携带的。由于当年日本长牡蛎大规模死亡, 所以利用熊本牡蛎

来顶替长牡蛎供应美国市场。美国牡蛎养殖者发现, 这种个头小的熊本牡蛎味道比太平洋牡蛎更加鲜美, 为此美国的贝类学家将其视为宝贵种质材料, 保留下来进行繁育养殖^[4]。在此期间, Taylor 贝类养殖公司尝试了熊本牡蛎的产业化养殖及其后来的繁育工作, 经过多年的养殖, 在美国形成了熊本牡蛎优良种质, 目前供应全球牡蛎市场, 占据牡蛎高端市场, 满足消费者需求^[16]。

经过对美国熊本牡蛎规格的反反复复分析发现, 美国熊本牡蛎上市规格平均为 30~40 g/个, 最小

表 6 不同规格下两个群体熊本牡蛎上市比率
Tab. 6 Market size comparison of two *Crassostrea sikamea* stocks

类型 type		≥20 g 上市比率/% percent of market size ≥ 20 g	≥25 g 上市比率/% percent of market size ≥ 25 g	≥30 g 上市比率/% percent of market size ≥ 30 g	≥35 g 上市比率/% percent of market size ≥ 35 g	≥40 g 上市比率/% percent of market size ≥ 40 g
美国群体 American stock	全同胞 full-sibs family	100	95	83	57	10
	半同胞 half-sibs family	91	87	69	23	0
中国群体 Chinese stock	全同胞 full-sibs family	80	35	3	0	0
	半同胞 half-sibs family	60	13	0	0	0

的 20 g/个,最大的为 50 g/个。然而,中国最大的野生熊本牡蛎一般不超过 20 g/个,大多集中在≤ 10 g/个^[17]。中国熊本牡蛎个体小的原因,笔者认为有以下几点: (1)没有经过选育,处于自生自灭的野生状态; (2)野生熊本牡蛎多聚群,密度大,且生长区域提供的饵料不足、环境不佳,导致其个体小; (3)海边蚝民过早采捕,不等其长大就随即把岸边礁石和养殖筏架上的熊本牡蛎和其他野生牡蛎采挖食用或售卖,也使所获得的熊本牡蛎小型化。为此,作者希望引入熊本牡蛎优质资源,来弥补中国熊本牡蛎生长缓慢的不足。

3.2 生产性能

对于贝类而言,生产性能主要体现在生长性状、存活力及产量上^[18]。从本研究可以看出,美国熊本牡蛎具有良好的生长性能,一周年子代的壳高、总重均显著大于中国土著群体,这可能是因为美国群体在 Taylor 公司已经经过了多代人工选择,纯化了生长相关基因,表现出快速生长的特性。对于存活性状而言,美国群体子代尚未表现出存活优势,这可能是因为尚未很好地适应中国环境,表现出对环境的不完全适应造成的。中国群体表现出较好的存活力,但生长性状相对较差。

通过群体来源及配对策略的双因子分析发现,群体来源是影响生产性状的最主要原因,而配对策略几乎尚未产生影响。在基础群体构建的过程中,本研究构建的全同胞家系都是无亲缘关系的,而半同胞家系存在部分亲缘关系,但是由于家系

数量多,尚未体现出近交现象,该结果与海湾扇贝初始核心基础群体构建相似^[19]。本研究的配对策略是为了长期多代选择考虑,无亲缘关系的全同胞家系可能容易回避近交衰退,而父系半同胞家系有可能更容易发生近交衰退。

3.3 可行性评估

为了保证引种安全,所有的美国群体亲本均在封闭环境中暂养促熟,采用解剖方式获得配子,在封闭环境下生产苗种,子代在北海竹林盐滩半封闭的生态池中养成,防止造成生态污染^[20]。

从本研究结果看,美国熊本牡蛎具有优良的生长速度,1周年达到 30 g/个的比率在 69%~ 83%,而中国群体子代低于 3%; 如果将中国熊本牡蛎上市规格定义为 25 g/个,美国熊本牡蛎子代比率高达 87%~95%,而中国群体仅为 13%~35%。由此可见,针对于中国目前市场状况,熊本牡蛎上市规格定义为≥25 g/个(半两)比较适宜,可以在较短的时间内生产出比较理想的商品蚝,满足市场需求。美国熊本牡蛎不足之处是存活率比较低,今后可以通过连续多代选择来提高,增强对环境的适应能力;也可以通过两个群体杂交来加快土著群体生长速度,提高美国群体的存活能力,从而获得高产、优质熊本牡蛎新品系^[21]。

总之,本研究成功开展了美国群体熊本牡蛎的引种,构建了两个核心基础群体,利用盐度渐变式熊本牡蛎人工繁育技术成功培育出健康苗种,以土著群体为对照评估了其生产性能,为中国华南牡蛎养殖业增添了一个新品种,也为牡蛎产业健康均衡发展奠定了基础。

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] Hong J S, Sekino M, Sato S. Molecular species diagnosis confirmed the occurrence of Kumamoto oyster *Crassostrea sikamea* in Korean waters[J]. Fish Sci, 2012, 78(2): 259–267.
- [5] Buroker N E, Hershberger W K, Chew K K. Population genetics of the family Ostreidae: I. intraspecific studies of *Crassostrea gigas* and *Saccostrea commercialis*[J]. Mar Biol, 1979, 54(2): 157–169.
- [6] Amemiya I. Ecological studies of Japanese oysters, with special reference to the salinity of their habitats[J]. J Coll Agric Univ Tokyo, 1928, 9: 333–382.
- [7] Ahmed M. Speciation in living oysters[J]. Adv Mar Biol, 1975, 13: 375–397.
- [8] Banks M A, Hedgecock D, Walters C. Discrimination between closely related Pacific oyster species (*Crassostrea*) via mitochondrial DNA sequences coding for large subunit rRNA[J]. Mol Mar Biol Biotech, 1993, 2(3): 129–136.
- [9] Banks M A, McGoldrick D J, Borgeson W, et al. Gametic incompatibility and genetic divergence of Pacific and Kumamoto oysters, *Crassostrea gigas* and *C. sikamea*[J]. Mar Biol, 1994, 121(1): 127–135.
- [10] Wang H, Guo X. Identification of *Crassostrea ariakensis* and related oysters by multiplex species-specific PCR[J]. J Shellfish Res, 2008, 27(3): 481–487.
- [11] Sekino M. In search of the Kumamoto oyster *Crassostrea sikamea* (Amemiya, 1928) based on molecular markers: is the natural source at stake?[J]. Fish Sci, 2009, 75: 819–831.
- [12] Zhang Y H, Qin Y P, Wu X W, et al. Evaluation phenotypic traits of two strains of the Kumamoto oyster *Crassostrea sikamea*[J]. Journal of Fisheries of China, 2016, 40(12): 1883–1888. [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): 1883–1888.]
- [13] 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, 张杨, 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.]
- [14] 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, 张杨, 等. 熊本牡蛎多嵴和无嵴品系 F1 生长性状的群体选育[J]. 中国水产科学, 2016, 23(4): 882–889.]
- [15] 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.]
- [16] Zhang Y H, Xiao S, Zhang Y, et al. A new salinity-dependent method of artificial breeding for the Kumamoto oyster *Crassostrea sikamea*: China, 201410037056.4 [P]. 2015-08-01. [张跃环, 肖述, 张杨, 等. 一种适用于华南沿海盐度渐变式熊本牡蛎室内大规模人工繁育新方法: 中国, 201410037056.4[P]. 2015-08-01.]
- [17] Zhang Y H, Xiao S, Xiang Z M, et al. A new breeding method for the Kumamoto oyster *Cassostrea sikamea* by the number of ribs on the left shell: China, 201410153760.6[P]. 2015-08-01. [张跃环, 肖述, 向志明, 等. 一种以左壳放射嵴数目为标记的熊本牡蛎制种方法: 中国, 20141015-3760.6[P]. 2015-08-01.]
- [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.]
- [19] Zheng H, Li L, Zhang G. Inbreeding depression for fitness-related traits and purging the genetic load in the hermaphroditic bay scallop *Argopecten irradians irradians* (Mollusca: Bivalvia)[J]. Aquaculture, 2012, 366: 27–33.
- [20] Wang C, Liu B, Li J, et al. Introduction of the Peruvian scallop and its hybridization with the bay scallop in China[J]. Aquaculture, 2011, 310(3): 380–387.
- [21] Zhang F S, He Y Z, Yang H S. Introduction engineering of bay scallop and its comprehensive effects[J]. Engineering Science, 2000, 2(2): 30–35. [张福绥, 何一朝, 杨红生. 海湾扇贝引种工程及其综合效应[J]. 中国工程科学, 2000, 2(2): 30–35.]

Construction of basic population and performance evaluation for American 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: The Kumamoto oyster (*Crassostrea sikamea*) was first identified in Ariake Bay, Kumamoto Prefecture, Japan, by Amemiya (1928) as a variety of the Japanese or Pacific oyster, *Ostrea gigas* var. *sikamea* (“shikame” means “wrinkled” in Japanese). Ahmed (1975) elevated it to species status (*C. sikamea*) after careful morphological analyses. Banks et al. (1993, 1994) provided genetic support for *C. sikamea* (Amemiya 1928) as a species distinct from the closely related Pacific oyster *C. gigas* (Thunberg 1793). Wang and Guo (2008) developed a simple, fast, and reliable method using multiplex PCR to identify *C. sikamea* and *C. gigas*. The Kumamoto oyster is now known to be widely distributed across East Asia, including Japan (Ariake Sea and Seto Inland Sea), Korea (Suncheon Bay), and China (southern China). In Japan, Kumamoto oysters only command a small share of trade in the oyster culture industry, chiefly due to its small size. Therefore, little attention has been paid to securing aquaculture broodstocks except for a recent endeavor to produce hatchery seedlings. However, in southern China, recent sharp declines in wild resources due to environmental pollution and marine reclamation has led to the development of artificial *C. sikamea* hatchery and culture of *C. sikamea* to meet demands for increased oyster yield. Kumamoto oysters were introduced from the American Taylor Shellfish Farms as exotic germplasm. A core-based group was built following two methods, and the performance traits and introduction feasibility of the oysters were evaluated in comparison with Chinese stock as the control. The American stock has faster growth, lower viability, and higher commodity rate than the Chinese stock. After 1 year, shell heights and fresh weight of the American stock increased by 11.48% and 48.12%, respectively, compared with the Chinese stock. Stock source was the main factor affecting performance, and there was no significant effect of mating strategy on phenotypic traits. This study found that the American oyster in China has strong growth potential and provides valuable experimental material for improving the Kumamoto oyster, while supplying excellent variety for the oyster industry in southern China.

Key words: *Crassostrea sikamea*; core population; performance traits; introduction feasibility

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