

魁蚶(*Scapharca broughtonii*)中国群体与韩国群体杂交子一代的生长和存活比较*

蔡忠强^{1#} 郑言鑫^{1#} 任利群¹ 赵春暖¹ 吴彪²
王肖君³ 于涛^{1①} 杨爱国² 林建国¹

(1. 中国水产科学研究院长岛增殖实验站 烟台 265800;
2. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071;
3. 招远市海洋环境监测站 烟台 265400)

摘要 以魁蚶(*Scapharca broughtonii*)中国群体(C)和韩国群体(K)为材料,进行了4个组合的杂交和自交实验,分析了各实验组的受精率、孵化率、幼虫和稚贝的生长、存活以及杂交子一代的杂种优势。结果显示,4个组的受精率和孵化率均较高(80%以上);自交组的受精率略高于杂交组,但孵化率无显著差异。在幼虫期,KK组和KC组的壳长平均值大于CK组和CC组,但存活率和变态率无显著差异;在稚贝期,KK组和KC组的壳长平均值也均大于CK组和CC组,但CC组和CK组的保苗率比KC组和KK组高。综合分析比较表明,杂交KC组的杂种优势率在幼虫期和稚贝期的壳长生长上均表现为正值,在稚贝期的存活率方面也表现为正值,杂交KC组结合了两群体的部分优良性状,是理想的育种材料。

关键词 魁蚶; 杂交; 生长; 存活; 杂种优势

中图分类号 Q953 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2016)06-0081-06

魁蚶(*Scapharca broughtonii*)俗称赤贝、大毛蛤、血贝,是一种大型冷水性蚶类,在我国主要分布在黄渤海地区,尤以黄海北部的魁蚶资源集中、品质极佳(刘世禄等,2005)。魁蚶肉质鲜美、营养丰富,经济价值很高,在国际市场特别在日本深受消费者欢迎(王如才等,2008)。但由于国内外市场对魁蚶的大量需求,人们对其捕捞力度过大,导致我国魁蚶资源量大幅减少、种质质量严重下降(吴彪等,2013)。20世纪80年代,我国开始了魁蚶生态习性、繁殖生物学、人工育苗、海上养成等方面的研究,并取得了人工繁育技术的突破(唐启升等,1994;郭学武,1994;王俊,1994),但有关魁蚶种质资源方面的研究较少。目前,

在我国的山东、河北、辽宁等海域,魁蚶笼养技术已获得初步成功(马述法等,1996;王兴林,1997;张丽敏等,2013),且养殖面积逐年增加,对优良品种的需求不断增加,迫切需要进行魁蚶育种的研究。

杂交育种是动植物改良遗传性状、培育优良品种的重要手段之一,在水生生物的品种改良和生产中发挥了重大作用(范兆廷,2005;吴仲庆,2000;谭杰等,2015;范超晶等,2016)。目前,有关海洋贝类杂交的相关研究已有很多报道,如虾夷扇贝(*Patinopecten yesoensis*)(于涛,2011)^①、栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)(常亚青等,2002、2006;刘小林等,2003a、b、2005)、海湾扇贝(*Argopecten irradians irradians*)(郑怀平等,

* 山东省科技发展计划(2014GHY115031)、烟台市科技发展计划(2014BF147-1)、中国水产科学研究院级基本科研业务费专项资金资助项目(2013A0507)和国家贝类产业技术体系建设专项资金(CARS-48)共同资助。#共同第一作者。蔡忠强, E-mail: cd-zzz@126.com; 郑言鑫, E-mail: zhengyanxin1989@163.com

① 通讯作者: 于涛, 工程师, E-mail: cdyutao@126.com

收稿日期: 2015-09-29, 收修改稿日期: 2015-11-08

1) 于涛. 栉孔扇贝(♀)×虾夷扇贝(♂)杂种优势遗传机理的研究. 上海海洋大学硕士研究生学位论文, 2011

2004)、长牡蛎(*Crassostrea gigas*) (孔令锋等, 2013)、珠母贝(*Pinctada martensii*、*Pinctada chemnitzii*、*Pinctada maxima*) (姜卫国等, 1983)、皱纹盘鲍(*Haliotis diversicolor*)和杂色鲍(*Haliotis diversicolor*) (张国范等, 2002; 蔡明夷等, 2007)等, 表明多数贝类的杂交子一代在生长、存活及生产性能等方面优于其亲本的自繁群体, 目前已有多个研究成果得到大规模的推广养殖, 并且取得了良好的效果。中国魁蚶与韩国魁蚶在外部形态、生长速度及性状的相关性等方面存在差异, 吴彪等(2010)对韩国统营和中国江苏的两个魁蚶群体进行了形态性状对体重的影响等方面的研究, 发现两群体魁蚶各形态性状对体重的影响效果明显不同。梁超等(2010、2011)对1个韩国魁蚶群体和3个中国魁蚶群体的遗传特性及形态差异进行了分析, 发现韩国魁蚶与中国魁蚶遗传距离相对于国内群体之间的遗传距离要大, 预测将这两个群体的魁蚶杂交可能会产生可供利用的杂种优势。

本研究选用魁蚶中国群体和韩国群体进行杂交, 比较不同杂交组与对照组在幼虫期与稚贝期的生长、存活状况, 探究杂交组是否存在杂种优势, 进而为魁蚶的杂交育种的生产实践提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料

魁蚶中国群体为山东省长岛县采集的野生群体, 韩国群体为韩国仁川海区野生群体。为保证实验的真实性与可行性, 实验与车间生产同步进行, 采用大水育苗, 每个群体采集1000个野生个体作亲贝, 实验在中国水产科学研究院长岛增殖实验站内进行。

1.2 实验设计

设立4个组合, 分别为韩国群体♀×中国群体♂(KC)、韩国群体♀×韩国群体♂(KK)、中国群体♀×韩国群体♂(CK)、中国群体♀×中国群体♂(CC)。实验设2个重复。

1.3 室内育苗

选择自然海区3龄、壳长7 cm以上、体格健壮的魁蚶作为亲体促熟, 2~3只/m³室内暂养。为保证两个地理群体亲本性腺发育的同步性, 水温6℃以下时, 同时入池升温促熟。正常换水、投饵和倒池, 每天升温1℃, 至21℃恒温待产。投喂小新月菱形藻(*Nitzschia closterium f. minutissima*)和三角褐指藻(*Phaeodactylum tricornutum*), 投喂量为 2×10^5 ~ 5×10^5 cell/ml。自然排放精卵后进行人工授精, 21℃下孵化。

D型幼虫密度培养为10个/ml, 每天换水2次, 换水后投喂叉鞭金藻(*Dicrateria sp.*), 投饵量为 2×10^4 ~ 3×10^4 cell/ml, 每5 d倒池1次。壳长250~270 μm出现黑色眼点时, 投放附着基。

1.4 稚贝中间培育

选择条件好的海区保苗, 装苗袋为双层, 内袋30目, 外袋60目, 规格为25 cm×40 cm, 每袋装2万粒左右, 每20袋为单串附坠石, 垂挂于海区的浮绳上, 定期清理网带上淤泥及杂物。壳长达0.5 cm时, 分入20目网袋中, 每袋1000粒。稚贝规格达1 cm时完成海区中间培育。

1.5 性状分析、取样及测量

分析的性状包括受精率、孵化率、幼虫期壳长与存活率、稚贝与养成期的壳长和存活率。

受精率(%) = 出现第一极体的卵子/所有卵子×100

孵化率(%) = 孵化出的D形幼虫/受精卵×100

幼虫期存活率(%) = 测量日存活的幼虫/第1天的幼虫×100

变态率(%) = 变态前幼虫数/变态后幼虫数×100

稚贝期最终存活率(%) = 第150天存活的稚贝数/挂入海区的稚贝总数×100

幼虫期, 在第1、5、10、18、22、27、35天取样, 每组每次取50个个体, 用卢戈氏液杀死固定, 在160×的显微镜下用目微尺测量壳长, 并统计存活率。

稚贝和养成期, 在第60、100、125、150天, 各实验组取样50个, 用游标卡尺(精度0.02 mm)测量壳长, 并统计存活率。

1.6 数据分析

用Excel对各实验数据进行整理, 采用SPSS 19.0统计分析软件进行单因素方差分析(One-way ANOVA)及Duncan's多重比较, $P < 0.05$ 为差异显著, 结果用平均值±标准差(Mean±SD)表示。

参照孔令锋等(2013)的计算方法, 计算杂交子一代各性状的杂种优势率(H , Heterosis), 公式为:

$$H(\%) = (F_1 - P) / P \times 100$$

式中, F_1 为杂交子一代性状的平均值, P 为两自交组性状的平均值。

2 结果

2.1 受精率、孵化率的比较

各实验组的受精率、孵化率如表1所示。4个实验组的受精率范围为82.65%~92.17%, 其中, KC组的受精率最低, 为82.65%, KK组的受精率最高, 为

92.17%，方差分析显示，自交组和杂交组之间的受精率存在显著差异，自交组较高，杂交组较低。4 个实验组的孵化率变化范围为 89.44%–91.32%，其中，KC 组的孵化率最高，为 91.32%，CC 组的孵化率最低，为 89.44%，方差分析表明，杂交组和自交组之间的孵化率无显著差异。

2.2 幼虫期生长比较

幼虫期各实验组幼虫的壳长和存活率如表 2 所示。幼虫期为从 D 形幼虫 1 d 起到投附着基，KC 组和 KK 组的壳长始终大于 CK 组和 CC 组，即卵子来源于韩

国群体的幼虫生长较快，但二者间差异不大。到 35 d 时，KK 组的壳长最大，达到 571.6 μm，CC 组的壳长最低，为 498.6 μm。4 个实验组中，CC 组的存活率最高，为 29.54%，KK 组的存活率最低，为 27.52%，但 4 个组之间无显著差异。

幼虫阶段杂交组生长和存活的杂种优势率如表 3 所示。同自交组相比，杂交组 KC 组在壳长方面具有明显的杂种优势，并且在幼虫生长阶段，杂交组 KC 壳长的杂种优势率随着生长有逐渐增加的趋势。CK 组则无明显的杂种优势率，在存活率和生长方面，杂种优势不明显。

表 1 各实验组的受精率、孵化率

Tab.1 Comparison of fertilization rate and hatching rate of the four groups (%)

项目 Items	组别 Groups			
	CK	KC	KK	CC
受精率 Fertilization rate	83.56±13.45 ^a	82.65±14.18 ^a	92.17±8.27 ^b	91.84±9.42 ^b
孵化率 Hatching rate	89.66±8.29 ^a	91.32±6.54 ^a	90.81±11.23 ^a	89.44±10.56 ^a

注：同行数据中的不同字母表示差异显著(P<0.05)，下同

Note: Data within the same row with different superscripts are significantly different (P<0.05), same as below

表 2 幼虫期各实验组幼虫的壳长和存活率

Tab.2 The shell length and survival rate of the four groups at the larvae stage

项目 Items	CK		KK		KC		CC	
	壳长 Shell length (μm)	存活率 Survival rate (%)	壳长 Shell length (μm)	存活率 Survival rate (%)	壳长 Shell length (μm)	存活率 Survival rate (%)	壳长 Shell length (μm)	存活率 Survival rate (%)
受精卵 Fertilized egg	61.1±1.5 ^a	/	60.8±2.2 ^a	/	61.6±0.5 ^a	/	60.2±1.8 ^a	/
D 形幼虫 D-shaped larva	81.5±2.6 ^a	100	85.4±3.6	100	87.7±2.9	100	82.9±3.5 ^a	100
5 d	102.3±3.5 ^a	96.52±2.14 ^a	103.2±2.8 ^a	95.66±3.66 ^a	114.6±3.9 ^b	95.88±2.11 ^a	101.6±4.1 ^a	95.56±1.39 ^a
10 d	118.6±6.5 ^a	88.63±3.65 ^a	121.3±4.6 ^a	91.32±2.42 ^b	131.3±5.6 ^b	87.56±2.56 ^a	116.3±9.6 ^a	88.27±6.52 ^a
18 d	169.5±11.2 ^a	69.43±2.88 ^a	192.4±8.2 ^b	71.33±3.62 ^a	187.5±8.9 ^b	77.23±3.28 ^b	172.4±12.6 ^a	75.33±3.88 ^b
22 d	251.4±13.5 ^a	58.39±3.54 ^a	256.8±10.6 ^a	58.57±1.99 ^a	281.2±11.2 ^b	61.37±1.65 ^a	243.2±6.9 ^c	54.45±2.91 ^a
27 d	317.2±10.8 ^a	33.86±5.32 ^a	368.5±11.5 ^b	42.71±5.32 ^b	373.3±15.6 ^b	42.48±4.62 ^b	325.5±25.6 ^a	51.36±3.84 ^c
35 d	507.8±22.4 ^a	28.46±2.86 ^a	571.6±14.6 ^b	27.52±4.11 ^a	569.2±23.9 ^b	28.72±3.88 ^a	498.6±31.2 ^a	29.54±2.86 ^a
变态率 Metamorphosis rate (%)	81.25±1.28 ^a		83.36±3.65 ^a		82.14±2.89 ^a		81.86±4.65 ^a	

表 3 幼虫期各杂交组壳长和存活率的杂种优势率

Tab.3 Heterosis in shell length and survival rate of the four groups at the larvae stage (%)

组别 Groups	项目 Items	D 型幼虫 D-shaped larva	5 d	10 d	18 d	22 d	27 d	35 d
CK	壳长 Shell length	-2.99	0.00	-0.42	-7.14	0.60	-8.51	-0.49
	存活率 Survival rate	0.00	1.05	0.57	-9.21	0.87	-29.03	-1.75
KC	壳长 Shell length	4.19	1.96	10.55	2.75	12.63	7.65	16.00
	存活率 Survival rate	0.00	0.00	4.00	-6.58	0.87	-9.68	-5.26

2.3 稚贝期生长比较

稚贝期各实验组稚贝的生长如表 4 所示。自下海

暂养到结束暂养，KC 组和 KK 组的壳长始终大于 CK 组和 CC 组，即卵子来源于韩国群体的稚贝生长比较快，100 d 时，各组间壳长差异不显著；125–150 d，

表 4 稚贝期各实验组稚贝的壳长和最终存活率
Tab.4 The shell length and final survival rate of the four groups at the spat stage

项目 Items	组别 Groups			
	CK	KC	KK	CC
60 d (mm)	2.5±0.4 ^a	2.6±0.3 ^a	2.2±0.5 ^b	2.0±0.2 ^b
100 d (cm)	1.0±0.3 ^a	1.1±0.3 ^a	0.9±0.2 ^a	0.9±0.2 ^a
125 d (cm)	1.2±0.2 ^a	1.5±0.2 ^b	1.1±0.2 ^a	1.2±0.4 ^a
150 d (cm)	1.3±0.3 ^a	1.6±0.3 ^b	1.7±0.4 ^a	1.4±0.3 ^a
最终存活率 Final survival rate (%)	56.56±2.56 ^b	50.37±3.96 ^c	42.19±3.87 ^a	57.76±8.29 ^b

KC 组壳长显著大于其他 3 组；到 150 d, KK 组的壳长最大, 达到 1.7 cm, KC 组的壳长次之, 达到 1.6 cm, CK 组的壳长最低, 为 1.3 cm。4 个实验组中, 在保苗率(即稚贝期最终存活率)方面, CC 组及 CK 组大于 KC 组, 而 KC 组又大于 KK 组, 即卵子来源于长岛群体的稚贝保苗率较高; CC 组的保苗率最高, 为 57.76%, KK

组的保苗率最低, 为 42.19%。

稚贝期杂交组的杂种优势率如表 5 所示, 稚贝期的杂种优势率与幼虫期类似, 与自交组相比, 杂交组 KC 在壳长方面具有明显的杂种优势, 并且在幼虫生长阶段, 杂交组 KC 的壳长杂种优势率随着生长有逐渐增加的趋势, 而 CK 组则无明显的杂种优势率。

表 5 稚贝期各杂交组壳长和最终存活率的杂种优势率
Tab.5 Heterosis in shell length and final survival of the four groups at the spat stage (%)

天数 Days (d)	CK		KC	
	壳长 Shell length	最终存活 Final survival rate	壳长 Shell length	最终存活率 Final survival rate
60	-14.89	/	10.64	/
100	11.11	/	22.22	/
125	4.35	/	30.43	/
150	-7.14	6.78	14.29	0.25

3 讨论

杂交是进行动植物种质改良的重要有效手段之一, 主要是通过杂交使后代获得杂种优势。杂种优势是指杂种子一代在生长力、繁殖力、产量、品质等性状上优于双亲的一种复杂的生物学现象, 且双亲的差异越大, 往往杂种优势越强, 反之, 越弱(孔令锋等, 2013)。本研究采用来自不同区域的中国与韩国两个魁蚶群体, 韩国魁蚶与中国魁蚶不仅在外形上存在差异, 比国内群体之间的遗传距离要大(梁超等, 2010), 利用这两个群体进行杂交可能产生较大的杂种优势。吴彪等(2013)运用 Hoechst 33258 染色、荧光显微观察方法研究了中群体魁蚶和韩群体魁蚶杂交的受精过程及早期胚胎发育过程, 结果发现, 中国魁蚶精子能够进入韩国魁蚶卵子, 可以顺利完成受精过程及早期胚胎发育, 胚胎能够顺利发育至 D 形幼虫, 证明了二者进行杂交的可行性。

本研究 4 个实验组的受精率和孵化率均在 80% 以上, 表明魁蚶中国群体和韩国群体未形成生殖隔

离, 双亲异性配子之间的亲和力高。但自交组的受精率均在 90% 以上, 而杂交组的受精率为 83.56% 和 82.65%, 自交组显著高于杂交组, 表明二者的精卵表面存在一定的差别, 在精卵识别方面有一定的阻隔或困难。

生长速度及存活率是判断贝类种质质量和养殖效果的重要标准之一。韩国魁蚶相对中国魁蚶有两个明显的特点: 一是其贝壳较薄, 出肉率更高; 二是其贝肉更加细腻鲜美, 且在生长速度上有一定的优势(王廷贵, 2012)。中国魁蚶虽然壳厚, 但存活率比韩国群体高。中国魁蚶和韩国魁蚶杂交, 结果显示, 卵子来源于韩国群体的后代, 生长速度比较快, 而 KC 组杂交后代在幼虫期及稚贝期生长均表现出明显的杂种优势, 杂种优势率分别为 16.00% 和 14.29%。在其他水产动物的杂交实验中, 如长牡蛎不同地理群体杂交后代在生长性状表现出一定的杂种优势(孔令锋等, 2013); 不同群体海湾扇贝(墨西哥海湾扇贝 M 和海湾扇贝 C)进行杂交, 结果发现杂交后代在生长速度上表现出明显的杂种优势(Zhang *et al.*, 2007); 海胆杂交组 12 月龄的平均体重也表现出明显的杂种优势

(Rahman *et al*, 2000)。KC 组杂交后代的存活率在幼虫阶段没有明显的优势, 在稚贝期表现出了明显的杂种优势, 而 CK 组杂交后代在壳长和存活率上均没表现出杂种优势。杂交后代杂种优势的表现受环境和遗传因素的共同影响。在幼虫期, 室内培育环境条件是可控的, 水质、水温、饵料等因素维持在较适水平, 水中敌害生物较少, 因此, 即使自身的遗传特性存在差异, 也不会表现出明显的存活差异。相反, 到了稚贝期, 海上养殖的环境条件不可控, 水质、水温、饵料、敌害等环境因素随着季节不断变化, 使得环境条件对魁蚶存活的影响非常大, 自身遗传特性表现出来, 抗病、抗逆等存活性状好的个体或群体得以存活下来, 表现出较高的存活率。

近交暴露了个体的一些隐性有害基因, 同时也使群体对环境的敏感性增加, 极易造成近交衰退(王好锋等, 2014), 而杂种优势是一种对近交衰退的一种有效补偿(马大勇等, 2005)。在我国已经通过杂交获得了许多杂交新品种, 特别是鱼类远缘杂交, 不仅在杂种优势方面, 而且在三倍体、四倍体、雌核发育及雄核发育等方面也取得了显著成果(吴清江等, 1999; 李炎璐等, 2012)。杂交在育种中发挥了重要作用, 可使品种基因得到有效充分的利用, 充分发挥物种的潜力。

本研究通过对魁蚶群体杂交的受精情况和杂种优势分析, 发现魁蚶韩国群体(♀)×中国群体(♂)的杂交子代在生长及存活方面具有明显的杂种优势。因此, 这两个群体杂交可能是改良现有养殖群体的有效途径之一。本研究为优良魁蚶苗种的培育、杂交育种和选择育种提供了十分重要的基础资料和理论依据, 也为魁蚶种质的改良和新品种培育奠定了重要基础。

参 考 文 献

- 马大勇, 胡红浪, 孔杰. 近交及其对水产养殖的影响. 水产学报, 2005, 29(6): 849-856
- 马述法, 柳钟景, 王仁先, 等. 魁蚶筏式养殖技术试验报告. 齐鲁渔业, 1996, 13(6): 8-9
- 王廷贵. 韩国魁蚶育苗新技术. 河北渔业, 2012(5): 27-28
- 王兴林. 魁蚶筏式养殖技术. 中国水产, 1997(3): 31-32
- 王如才, 王昭萍. 海水贝类养殖学. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2008, 362
- 王好锋, 韩晓琳, 段亚飞, 等. 三疣梭子蟹自交与杂交家系子一代生长和存活的比较. 渔业科学进展, 2014, 35(3): 74-81
- 王俊. 魁蚶食性及摄食季节变化的初步研究. 海洋水产研究, 1994(15): 65-70
- 孔令锋, 滕爽爽, 李琪. 长牡蛎中国群体与日本群体杂交子一代的生长和存活比较. 海洋科学, 2013, 37(8): 78-84
- 刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 栉孔扇贝不同种群杂交效果的初步研究. I: 中国种群与俄罗斯种群的杂交. 海洋学报, 2003a, 25(1): 93-99
- 刘小林, 常亚青, 相建海, 等. 栉孔扇贝不同种群杂交效果的研究. II: 中国种群和俄罗斯种群及其杂种 F₁ 中期生长发育. 海洋学报, 2005, 27(2): 135-140
- 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. 水产学报, 2003b, 27(3): 193-199
- 刘世禄, 杨爱国. 中国主要海产贝类健康养殖技术. 北京: 海洋出版社, 2005, 176
- 李炎璐, 陈超, 翟介明, 等. 鱼类杂交育种技术及其在石斑鱼类中的应用. 海洋渔业, 2012, 34(1): 102-109
- 吴仲庆. 水产生物遗传育种学(第三版). 厦门: 厦门大学出版社, 2000
- 吴彪, 于涛, 杨爱国, 等. 不同地理群体魁蚶杂交受精过程的荧光观察. 渔业科学进展, 2013, 34(5): 64-68
- 吴彪, 杨爱国, 刘志鸿, 等. 魁蚶两个不同群体形态性状对体质量的影响效果分析. 渔业科学进展, 2010, 31(6): 54-59
- 吴清江, 桂建芳. 鱼类遗传育种工程. 上海: 上海科学技术出版社, 1999, 73-94
- 张丽敏, 曹春梅. 魁蚶浅海吊笼养殖试验. 河北渔业, 2013(8): 48-50
- 张国范, 王继红, 赵洪恩, 等. 皱纹盘鲍中国群体和日本群体的自交与杂交 F₁ 的 RAPD 标记. 海洋与湖沼, 2002, 33(5): 484-491
- 范兆廷. 水产动物育种学. 北京: 中国农业出版社, 2005, 87-88
- 范超晶, 陈爱华, 谭杰, 等. 中韩刺参(*Apostichopus japonicus*)杂交子一代高温与盐度耐受性比较. 渔业科学进展, 2016, 37(2): 146-152
- 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的比较. 水产学报, 2004, 28(3): 267-272
- 姜卫国, 魏贻尧, 李刚. 合浦珠母贝、长耳珠母贝和大珠母贝种间人工杂交的研究——II. 受精过程和杂交后代的染色体观察. 热带海洋学报, 1983, 2(4): 316-323
- 郭学武. 魁蚶生殖生物学初步研究. 海洋水产研究, 1994(15): 55-63
- 唐启升, 邱显寅, 王俊, 等. 山东近海魁蚶资源增殖的研究. 应用生态学报, 1994, 5(4): 396-402
- 常亚青, 刘小林, 相建海, 等. 栉孔扇贝不同种群杂交效果. III: 中国种群与俄罗斯种群及其杂种 1~2 龄的生长发育. 海洋学报, 2006, 28(2): 114-120
- 常亚青, 刘小林, 相建海, 等. 栉孔扇贝中国种群与日本种群杂交一代的早期生长发育. 水产学报, 2002, 26(5): 385-390
- 梁超, 杨爱国, 刘志鸿, 等. 4 个地理群体魁蚶(*Scapharca broughtonii*)的形态差异与判别分析. 海洋科学, 2011, 35(11): 108-113
- 梁超, 杨爱国, 刘志鸿, 等. 魁蚶 4 个地理群体遗传结构的 RAPD 分析. 渔业科学进展, 2010, 31(1): 59-64
- 蔡明夷, 柯才焕, 游伟伟, 等. 杂色鲍♀×盘鲍♂杂交受精的细胞学研究. 厦门大学学报(自然科学版), 2007, 46(2): 239-244
- 谭杰, 王亮, 高菲, 等. 中国刺参(*Apostichopus japonicus*)与韩

- 国刺参杂交子一代生长和抗病力比较. 渔业科学进展, 2015, 36(4): 109–115
- Rahman MA, Uehara T, Aslan LM. Comparative viability and growth of hybrids between two sympatric species of sea urchins (*Genus echinometra*) in Okinawa. Aquaculture, 2000, 183(1–2): 45–56
- Zhang HB, Liu X, Zhang GF, *et al.* Growth and survival of reciprocal between two bay scallop, *Argopecten irradians concentricus* Say and *A. irradians irradians* Lamarck. Aquaculture, 2007, 272(S1): S88–S93

(编辑 冯小花)

Growth and Survival of the First Hybrid Generation of Chinese and Korean Populations of *Scapharca broughtonii*

CAI Zhongqiang^{1#}, ZHENG Yanxin^{1#}, REN Liqun¹, ZHAO Chunnuan¹, WU Biao²,
WANG Xiaojun³, YU Tao^{1①}, YANG Aiguo², LIN Jianguo¹

(1. Changdao Enhancement and Experiment Station, Chinese Academy of Fishery Sciences, Changdao 265800;
2. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries
Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 3. Zhaoyuan Marine
Environmental Monitoring Station, Yantai 265400)

Abstract Intraspecific hybridization was investigated using two stocks of the *Scapharca broughtonii*, China population (C) and Korea population (K). The fertilization rate, larval survival rate, growth, and heterosis were compared between two reciprocal hybrid crosses $C♀ \times K♂$ (CK) and $K♀ \times C♂$ (KC) and two parental groups $C♀ \times C♂$ (CC) and $K♀ \times K♂$ (KK). The fertilization rate of the parental groups was higher than that of the reciprocal hybrid crosses, but the hatchability results indicated that there was no significant difference between the two reciprocal hybrid crosses and the two parental groups. The shell lengths of the KK and KC groups were larger than those of the CC and CK groups in larval, juvenile, and adult stages. The CC and CK groups, however, showed higher survival rate in juvenile and adult stages. The heterosis of the KC cross in terms of the shell length and the survival rate was obvious, but the CK cross did not show positive heterosis in any aspect during the entire experiment. The difference in heterosis between the two reciprocal hybrid crosses might be related to the maternal effects, heredity, and environment.

Key words *Scapharca broughtonii*; Hybridization; Growth; Survival; Heterosis

① Corresponding author: YU Tao, E-mail: cdyutao@126.com