

# 皱纹盘鲍三元杂交苗种制备与养成

李加琦<sup>1,2</sup>, 刘 晓<sup>1</sup>, 刘光谋<sup>3</sup>, 林壮炳<sup>4</sup>

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院大学, 北京 100039; 3. 国家海产贝类工程技术研究中心, 山东 荣成 264316; 4. 广东省汕头市水产技术推广中心站, 广东 汕头 515041)

**摘要:** 以皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai* Ino)中国群体与日本群体的杂交(WJ)子1代为母本, 在汕头养殖并选育了3代的“S”群体为父本, 建立三元杂交组合(WJ-S)并尝试了海区围堰全生态模式养殖。以同期繁育的皱纹盘鲍中国群体与日本群体的杂交子1代(WJ-F<sub>1</sub>)为对照, 比较 WJ-S 与对照组在生长速度和存活率等方面的差异。结果表明, 在苗种和养成阶段, WJ-S 的度夏存活率均显著高于同期对照; 从围口壳幼体到养成阶段, WJ-S 组的平均壳长大于同期对照, 养成阶段 WJ-S 组的全湿重显著高于对照, 表明皱纹盘鲍三元杂交子代的生长速度显著高于对照; 从苗种到养成阶段的3次分选数据表明, WJ-S 的大规格子代比例均高于对照, 小规格苗种比率则低于对照, 表明三元杂交鲍苗种的生长速度优于对照; 在青岛崂山海区全生态养殖18个月, 三元杂交组已达商品规格。上述结果表明, 在二元杂交的基础上加入第三方亲本S制备的三元杂交皱纹盘鲍, 在生长速度、夏季高水温期的存活率等方面都较皱纹盘鲍“中-日”杂交子代显著提高。

**关键词:** 皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai* Ino); 苗种繁育; 养殖; 三元杂交; 生长速度; 存活率

中图分类号: S968; Q321 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2013)08-0006-05

皱纹盘鲍(*Haliotis discus hannai* Ino)主要分布于西北太平洋海域, 在我国分布于辽东与山东半岛近岸<sup>[1]</sup>, 是鲍科动物中最具经济价值的种类之一。我国在20世纪70年代突破皱纹盘鲍的人工繁殖技术<sup>[2]</sup>, 从80年代初开始人工育苗和养殖生产<sup>[3-4]</sup>, 经过30年的发展, 形成了庞大的养殖产业, 目前在山东、辽宁、福建甚至广东都有人工养殖。2010年, 我国共生产鲍苗50亿粒、成品鲍5.65万t, 养殖面积1.5万ha<sup>[5]</sup>, 其中皱纹盘鲍占据主要份额。

我国皱纹盘鲍养殖产业的持续快速发展得益于种质和养殖工艺的提高。其中种质改良最具影响力的事例当属从国外引进经过选育的皱纹盘鲍与我国的野生皱纹盘鲍进行杂交制种<sup>[6]</sup>。此后, 从日本、韩国引进雄性种鲍与我国本土养殖的皱纹盘鲍雌体交配制备杂交或回交苗种一直是我国北方皱纹盘鲍苗种生产中广泛采用的策略。但由于养殖区域的不断扩展、新的养殖模式、设施的应用, 推出新的制种技术将有助于我国皱纹盘鲍养殖产业的持续发展。近年来, 我们尝试了以皱纹盘鲍的杂交F<sub>1</sub>作为母本, 与经过连续选育的第三方亲本进行杂交以制备三元杂交苗种的研究, 本文报告初步研究结果。

## 1 材料与方 法

### 1.1 亲本来源及杂交策略

参与构建三元杂交的母本是寻山渔业集团总公司2004年繁育的杂交鲍(WJ)子1代, 该杂交组合的母本系山东威海桑沟湾野生鲍的群体繁育后代(W), 父本为引种自日本的皱纹盘鲍(J)。

三元杂交的父本是在汕头养殖并选育了3代的皱纹盘鲍选育群体“S”。S选育群体是从山东青岛引种到汕头的皱纹盘鲍的群体繁育后代。自1998年11月引种到汕头后, S群体一直在广东汕头市南弘海珍品有限公司进行陆上全人工养殖, 并由该公司连续繁殖了3代, 本研究所用亲本系2003年繁殖的第三代。S群体的特点是对高水温有较好的耐受性。

对照组的双亲分别是桑沟湾野生鲍的群体繁育后代(W)和当年从日本新引进的皱纹盘鲍(J)。

收稿日期: 2013-03-20; 修回日期: 2013-07-12

基金项目: 国家863计划(2012AA10A412); 国家科技支撑计划(2011BAD45B01)

作者简介: 李加琦(1982-), 男, 山东济南人, 博士研究生, 主要从事贝类研究; 刘晓, 通信作者, E-mail: liuxiao@qdio.ac.cn

## 1.2 繁殖与养成

苗种繁育工作于2008年4月13日在山东荣成海洋珍品育苗场进行,按常规工艺进行种鲍促熟、催产、受精、孵化和采苗<sup>[7]</sup>,繁育期间所有操作注意隔离,避免组间污染。催产获得足够的配子后,将每组所有母本所产的卵子混合,从每组所有父本中分别取精子混合后对相应的卵子受精。受精后60 h,将后期面盘幼虫投放到1 m×9 m的水泥池中采苗。6月中旬,培育约60 d后将幼鲍剥离,统计剥离阶段的苗种数量。剥离后的幼鲍,用20 cm×35 cm的瓦片作附着基在池底散养,每天投喂人工配合饵料,每天清理池底的残饵和粪便。在8月27日和10月20~22日分别对4月和6月龄幼鲍进行2次筛分,按壳长将幼鲍分为不同规格分别培育,筛分的同时,统计存活率、测量壳长等生长速度指标。10月23日用活水车将苗种运往福建宁德长春镇海区越冬。越冬期间,幼鲍装笼吊养于鱼排上,投喂海带。2009年5月1日运回山东威海,进入养成阶段的培育。

本研究共采用2种方式养成。第一种是筏架吊养方式,在荣成桑沟湾进行:2009年5月置于养殖笼中挂养在桑沟湾的浮筏之上,此后按常规生产工艺投喂海带并定期清理残饵与笼具;2009年11月20日,将19月龄养殖鲍取回到陆地,清理存活个体壳面的附着生物,然后测量生长有关的参数,并统计存活个体总数,然后再次按壳长不同区分规格后重新装到新的养殖笼中送往海区养殖。第二种养殖方式,在青岛市崂山区王哥庄的围堰养鲍池中进行全生态养殖,养殖期间不投喂饵料,鲍以附着基上自然生长的海藻为食,藻床主要由石莼组成,2010年10月取样测量壳长、全湿重等指标。

## 1.3 统计分析

三元杂交 WJ-S 组与对照组间在各生长阶段的壳长、壳宽和全湿重及日均生长速率的差异显著性采用 SAS 9.0 的单因素方差分析进行统计检验。

## 2 结果

### 2.1 皱纹盘鲍三元杂交苗种与养成阶段度夏期间的存活率

皱纹盘鲍三元杂交 WJ-S 组与对照组 WJ-F<sub>1</sub> 的剥离幼鲍数量及其在幼鲍和成鲍 2 个阶段的度夏存活率见表 1,其中,幼鲍度夏存活率指 2008 年 10 月下旬运往福建进行越冬培育之前统计的存活幼鲍数与

6 月份剥离时所得幼鲍总量之间的比值;成鲍度夏存活率指在 2009 年 5 月至 11 月在荣成桑沟湾浮筏吊养期间的存活率。由表 1 可见,剥离后至运往福建越冬前,三元杂交 WJ-S 组的存活率达 68.13%,远远高于对照组 WJ-F<sub>1</sub> 的 41.53%;同时,在进入养成期后,WJ-S 组的度夏存活率为 95.20%,也高于对照组的 89.97%。

表 1 苗种数量和度夏存活率

Tab. 1 Amounts of abalones and their survival rates during over-summering

组别	剥离苗量(万个)	度夏存活率(%)	
		幼鲍	成鲍
WJ-S	21.6	68.13	95.20
WJ-F <sub>1</sub>	42.5	41.53	89.97

### 2.2 皱纹盘鲍三元杂交与对照组的生长速度比较

在受精后 10~130 d 期间分别测定三元杂交 WJ-S 组和 WJ-F<sub>1</sub> 对照组幼体与幼鲍的平均壳长,每个阶段每组测量 100 个个体,结果如表 2 所示。由表 2 可见,在测量的 7 个早期发育阶段,三元杂交 WJ-S 组子代的壳长均高于 WJ-F<sub>1</sub> 对照组,在第 10, 80 及 130 d, WJ-S 组的壳长平均值显著高于 WJ-F<sub>1</sub> 组( $p < 0.05$ )。在受精后 130 d, WJ-S 组及对照组幼鲍的平均壳长分别达到 17.9 mm 和 16.32 mm,日均壳长增长率分别达到 137.70 μm/d 和 125.52 μm/d,表明 WJ-S 三交组合早期阶段幼鲍的壳长增长速度高于 WJ-F<sub>1</sub> 对照组。

表 2 皱纹盘鲍三元杂交与对照组在早期阶段的壳长及日均生长速率

Tab. 2 Shell length, daily growth rate of WJ-S and WJ-F<sub>1</sub> at early developmental stage

培育时间(d)	壳长(mm)		壳长日均增长率(μm/d)	
	WJ-S	WJ-F <sub>1</sub>	WJ-S	WJ-F <sub>1</sub>
10	0.47±0.02a*	0.45±0.03b	46.90	45.44
20	1.10±0.08a	1.00±0.15a	54.90	49.99
30	1.78±0.16a	1.77±0.15a	59.18	58.87
40	3.08±0.34a	2.86±0.30a	77.06	71.60
60	5.99±1.02a	5.47±0.89a	99.88	91.20
80	9.85±1.24a	8.53±1.27b	123.07	106.60
130	17.90±2.16a	16.32±3.01b	137.70	125.52

\*在相同发育阶段,具有不同字母表示两组间壳长差异显著( $P < 0.05$ )

将 WJ-S 组和对照组的 1 龄苗种放养在青岛崂山的围堰养鲍池中, 18 个月后分别测定 WJ-S 组和对照组的壳长、壳宽和全湿重, 统计检验 WJ-S 组与对照组之间的生长参数的差异显著性, 结果见表 3。在青岛崂山海区经过 18 个月的养殖, WJ-S 组平均壳长达到了 7.6 cm, 全湿重近 50 g。即 2009 年 5 月投放的苗种, 在次年的 10 月即已达到商品规格。而且, WJ-S 组的壳长、壳宽和全湿重等指标均极显著大于对照组, WJ-S 组的全湿重较对照提高了 16.3%。

表 3 皱纹盘鲍三元杂交与对照组在崂山进行 18 个月生态养殖的生长指标

Tab. 3 Growth parameter of WJ-S and WJ-F<sub>1</sub> after cultured in cofferdam pond for 18 months in Laoshan, Qingdao

组别	壳长(mm)	壳宽(mm)	全湿重(g)
WJ-S	75.99±4.83a*	49.71±2.77a	49.39±8.78a
WJ-F <sub>1</sub>	72.32±4.37b	47.07±3.17b	42.45±8.30b

\*同一个参数下, 具有不同字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ )

表 4 WJ-S 与 WJ-F<sub>1</sub> 子代在不同生产阶段的规格与比率

Tab. 4 The proportion of different size cohort at three culturing stages

组别	规格	4 月龄苗种		6 月龄苗种		19 月龄成体	
		壳长(cm)	比率(%)	壳长(cm)	比率(%)	壳长(cm)	比率(%)
WJ-S	特大	-	-	-	-	> 6.0	16.30
	大	> 1.8	40.47	> 2.5	31.85	5.0~6.0	47.02
	中	1.6~1.8	30.73	2.0~2.5	56.75	4.0~5.0	31.88
	小	< 1.4	28.81	< 2.0	11.40	< 4.0	4.80
WJ-F <sub>1</sub>	特大	-	-	-	-	> 6.0	5.48
	大	> 1.8	29.00	> 2.5	26.11	5.0~6.0	25.65
	中	1.6~1.8	26.52	2.0~2.5	35.93	4.0~5.0	50.43
	小	< 1.4	44.49	< 2.0	37.96	< 4.0	15.06

注: -表示无此项

### 3 讨论

#### 3.1 皱纹盘鲍的三元杂交制种技术

选育和杂交迄今仍然是种质改良的最有效途径。在遗传背景具一定差异的 2 个群体间进行杂交, 直接利用其杂交优势, 这种制种方法称二元杂交或经济杂交, 广泛应用于种植业和畜牧业。近 10 多年来, 不同地理群体间的简单经济杂交在我国的皱纹盘鲍苗种生产中得到广泛应用<sup>[8-9]</sup>, 产生了巨大的经济效益。

除二元杂交外, 国内外在家禽和畜类生产中都非常普遍地采用三元或四元杂交种。由于引入了第三方亲本, 三元杂交子代可融合 A, B, C 三方亲本的优势性状, 更有利于提高生产性能。本研究以皱纹盘鲍中国威海人工繁殖的(W)群体与日本群体(J)的杂

#### 2.3 皱纹盘鲍三元杂交组与对照组幼鲍与成鲍的规格分布

2008 年 8 月、10 月及 2009 年 11 月分别对 4 月龄、6 月龄苗种阶段和 19 月龄养成阶段的 WJ-S 和对照组 WJ-F<sub>1</sub> 进行筛分, 统计所得不同规格子代的比率见表 4。从幼鲍和养成阶段的 3 次筛分结果可见三元杂交 WJ-S 组的大规格苗种比例显著高于对照 WJ-F<sub>1</sub> 组, 小规格子代的比率则显著低于对照组。到养成阶段, 差异尤其显著——在生长至 19 个月龄, 即进入养成 7 个月, WJ-S 的大规格和特大规格 (> 5 cm) 子代之和达到总数的 63.32%, 而 WJ-F<sub>1</sub> 组仅 31.13%; 相反, WJ-S 组的小规格 (< 4 cm) 个体比率仅为 4.80%, 远远低于对照 WJ-F<sub>1</sub> 组的 15.06%。上述结果表明, 从培育 130 d 到 19 个月, WJ-S 组子代的平均规格显著大于 WJ-F<sub>1</sub> 组, 说明三元杂交的交配策略有效提高了皱纹盘鲍的优质苗种比率。

交子代 WJ 为母本, 与经过耐高温选育的 S 群体再次进行杂交, 成功制备了皱纹盘鲍的三元杂交苗种 (W×J)×S 并进行了养殖实验。繁育与养殖对比结果表明, 较之于同期繁育的二元杂交对照群体 WJ-F<sub>1</sub>, 皱纹盘鲍的 WJ-S 三元杂交子代具有生长速度快、优质苗种比例高、高水温阶段存活率高等性状优势。表明, 皱纹盘鲍的三元杂交制种方法可行, 并有实际应用前景。

#### 3.2 S 群体的参与提高了皱纹盘鲍三元杂交子代的耐高温性能

S 群体自从引种至广东汕头后, 在汕头南弘海珍品有限公司养殖了 10 年、繁育了 3 代, 每年夏季均需面对一个阶段较高水温(28~30℃)的胁迫, 因此该选育群体已具有较强的耐高温耐受性。本研究以 S

群体作为父本参与构建的皱纹盘鲍 WJ-S 三元杂交子代在苗期和养成期的 2 次度夏存活率均显著高于对照,表明由于 S 选育群体的参与,提高了子代苗种对高水温的适应能力。

### 3.3 皱纹盘鲍中国群体与日本群体的杂交 F<sub>1</sub> 作为三元杂交的母本

在贝类育苗生产中,需要大量的母本,皱纹盘鲍也不例外。自 1997 年引进日本鲍与我国皱纹盘鲍杂交培育苗种大获成功以后,引种-杂交的制种模式迅速在我国北方推广。这种制种策略在种鲍方面的投入成本相对较低并操作简单,仅需要从国外引进少量的雄性亲体即可满足生产需要,因此流行很快,普及率很高。但随着产业的发展,我国土著的、没有经过杂交的皱纹盘鲍原种变得十分稀缺。相反,从本世纪初开始,我国有众多的厂家以皱纹盘鲍中国群体作为母本与日本群体杂交生产杂交苗种,“杂交鲍”的养殖遍及我国南北沿海,因此中国群体与日本群体的杂交后代反倒更容易获取。在本研究中,我们将杂交子 1 代作为母本应用到三元杂交制种中,使原有的杂交鲍得到较好的利用,同时也在一定程度上解决了皱纹盘鲍母本来源等问题。

### 3.4 皱纹盘鲍三元杂交制种技术的评价

本研究首次报道了我们在皱纹盘鲍三元杂交苗种制备与养成方面的研究结果,为皱纹盘鲍的杂交制种提供了新的思路。初步的养殖实验表明,该三元杂交组合(WJ-S)适宜笼养或海区放养,在青岛崂山海域全生态养殖 18 个月的 WJ-S 组已达商品规格,全湿重较生产对照组提高了 16.3%,表明在生产上通过三元杂交策略制备皱纹盘鲍苗种不仅技术上可

行,而且证明 WJ-S 这个组合已具应用价值。

但本研究开发的 WJ-S 三元杂交组合在冬季低水温阶段并未表现出优势,这可能与 S 群体自从引种到汕头后再未经历过低的水温环境有关。选用新的、综合性能更好的选育群体,经过组配实验构建新的杂交组合,有望建立综合生产性能更强的三元杂交制种技术。

参考文献:

- [1] 吕端华. 中国近海鲍科的研究[C]//中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊(14). 北京: 科学出版社, 1978: 89-98.
- [2] 陈木, 卢豪魁, 陈世杰, 等. 皱纹盘鲍人工育苗的初步研究[J]. 动物学报, 1977, 23(1): 35-46.
- [3] 刘永峰, 刘永襄, 高绪生. 稚鲍人工配合饲料的初步研究[J]. 水产科学, 1984, 3(2): 14-19.
- [4] 燕敬平, 刘世禄. 我国鲍增养殖现状, 问题与发展对策[J]. 海洋水产研究, 1998, 19(1): 91-96.
- [5] 农业部渔业局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 28-67.
- [6] 赵洪恩, 张金世. RHD 鲍育苗新工艺的研究[J]. 中国水产, 2000, 10: 42-45.
- [7] 赵洪恩. 鲍的增养殖[M]. 沈阳: 沈阳出版社, 1999.
- [8] Nie Zongqing, Wang Suping. The status of abalone culture in China[J]. J Shellfish Res, 2004, 23(4): 941-945.
- [9] Zhang Guofan, Que Huayong, Liu Xiao, et al. Abalone mariculture in China[J]. J Shellfish Res, 2004, 23(4): 947-950.

## Breeding and grow-out of three-way hybrid Pacific abalone, *Haliotis discus hannai* Ino

LI Jia-qi<sup>1, 2</sup>, LIU Xiao<sup>1</sup>, LIU Guang-mou<sup>3</sup>, LIN Zhuang-bing<sup>4</sup>

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Chinese National Engineering Center of Marine Shellfish, Rongcheng 264316, China; 4. Shantou Promotion Station of Agricultural Technology, Shantou 515041, China)

**Received:** Mar., 20, 2013

**Key words:** Pacific abalone (*Haliotis discus hannai* Ino); breeding; grow-out; three-way crossing; growth; survival

**Abstract:** We conducted a three-way crossing in Pacific abalone (*Haliotis discus hannai* Ino) with the WJ (♀) cohort, which was a hybrid between the wild populations from China (♀, W) and that from Japan (♂, J), and the S (♂) cohort which was selected for high growth rate in Shantou for three generations. The over-summering growth rate and survival rate were compared between the derived three-way cross (WJ-S) and the F<sub>1</sub> generation of WJ (WJ-F<sub>1</sub>). The results showed that the average growth rate of the WJ-S cohort was significantly higher than that of WJ-F<sub>1</sub> ( $P < 0.05$ ), which was also seen at commercial production scale. As a result, the proportion of large size adult abalones (> 6 cm in shell length) in the WJ-S cohort was about 2 times more than that of WJ-F<sub>1</sub>. WJ-S also out performed the WJ-F<sub>1</sub> in survival rate during over summering. The survival rate of the WJ-S cohort was 64.02% higher than that of WJ-F<sub>1</sub> cohort during over-summering. In short, WJ-S exhibited higher growth and survival rate than WJ-F<sub>1</sub>, suggesting that three-way crossing may be applicable in aquaculture of Pacific abalone.

(本文编辑: 刘珊珊)