

Doi: 10.11840/j.issn.1001-6392.2017.03.010

水温及密度对皱纹盘鲍 (*Haliotis discus hannai*) 幼虫运输存活率和变态率的影响

胡冰¹, 米成志², 闫喜武¹, 吴富村^{3,4}, 张国范^{3,4}

(1. 大连海洋大学 农业部北方海水增养殖重点实验室, 辽宁 大连 116023; 2. 獐子岛集团股份有限公司, 辽宁 大连 116001; 3. 中国科学院海洋研究所 中国科学院实验海洋生物学重点实验室, 山东 青岛 266071; 4. 中国科学院海洋研究所 海洋生态养殖技术国家地方联合工程实验室, 山东 青岛 266071)

摘要: 本研究以皱纹盘鲍3日龄幼虫为实验材料, 开展不同运输水体温度和幼虫密度对运输后幼虫存活率和变态率影响的研究。实验采用双因子实验设计, 设置3个温度梯度(分别13、16和20℃), 每一温度梯度下设置4个幼虫运输密度梯度(分别为50、100、150和200个幼虫/ml), 共12个实验处理, 每个处理均设置3个重复组; 同时研究了高密度幼虫运输条件下水体溶氧的变化。实验结果表明温度因子、密度因子以及两者的交互作用均对皱纹盘鲍幼虫的存活率和附着率有极显著影响($P < 0.001$), 且多重比较表明在条件为水温为16℃, 密度为150幼虫/ml下, 是最适宜皱纹盘鲍幼虫的运输。本实验同时揭示12h运输时间内皱纹盘鲍3日龄幼虫具备能耐受低氧水体环境能力(溶解氧 $DO < 2$ mg/L)。本研究为皱纹盘鲍异地采苗、人工养殖提供参考, 也在皱纹盘鲍幼虫增殖放流等领域具有应用价值。

关键词: 皱纹盘鲍; 水体温度; 幼虫密度; 幼虫运输

中图分类号: Q175 文献标识码: A 文章编号: 1001-6932(2017)03-0320-06

Effects of water temperature and stocking density on the survival rate and metamorphosis of Pacific abalone (*Haliotis discus hannai*) larvae in remote transport

HU Bing¹, MI Cheng-zhi², YAN Xi-wu¹, WU Fu-cun^{3,4}, ZHANG Guo-fan^{3,4}

(1. Key Laboratory of Mariculture & Stock Enhancement in North China's Sea, Ministry of Agriculture, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China; 2. Zhangzi Island Group Company Limited, Dalian 116023, China; 3. Key Laboratory of Experimental Marine Biology, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 4. National & Local Joint Engineering Laboratory of Ecological Mariculture, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: This study investigated the effects of water temperature and stocking density on the survival and metamorphosis rates of Pacific abalone *Haliotis discus hannai* larvae in remote transport. Three levels of water temperature (13 °C, 20 °C) and four levels of stock density (50, 100, 150, 200 larvae/ml) were set up using two-factor experimental design. Results showed that both 3-day-old larvae survival and 6-day-old larvae metamorphosis rates were significantly affected by the factors of water temperature, stocking density and their interaction. Duncan's post hoc comparisons showed that the optimal parameters for larvae remote transport were temperature of 16 °C and stocking density of 150 larvae/ml. The monitor of dissolved oxygen during the experiment preliminarily demonstrated the larvae of Pacific abalone could be capable of enduring hypoxia under the present experimental conditions. The study is of great significance in Pacific abalone larvae transport and even in Pacific abalone stock enhancement by larval seeding.

Keywords: Pacific abalone; *Haliotis discus hannai*; water temperature; larvae density; larvae remote transport

收稿日期: 2016-03-18; 修订日期: 2016-05-20

基金项目: 国家自然科学基金(31302184); 国家贝类产业技术体系(CARS-48)。

作者简介: 胡冰(1990-), 硕士研究生, 主要从事海产动物遗传育种与养殖技术研究。电子邮箱: hubing9031@126.com。

通讯作者: 吴富村, 副研究员。电子邮箱: wufucun@qdio.ac.cn。

皱纹盘鲍 (*Haliotis discus hannai* Ino), 是一种经济价值和营养价值非常高的海产经济贝类, 自然分布于我国的辽东和山东半岛以及朝鲜半岛和日本东北部海区 (吕端华, 1978), 在我国是主养贝类之一。近年来随着杂交技术的应用推广以及浅海养殖模式的兴起 (Zhang et al, 2004), 我国皱纹盘鲍年产量增加迅速, 据统计 2013 年我国鲍的年产量已近 11 万吨 (中国渔业年鉴, 2014), 其中除养殖产量较小的杂色鲍 (*Haliotis diversicolor*) 等外, 鲍养殖品种以皱纹盘鲍为主。皱纹盘鲍不同地理种群间杂交技术尤其是中国大连-日本岩手这一强杂优组合的发现与应用推广使得传统的辽鲁养殖海区扩展到南方海区的闽粤海区, 鲍养殖产业已成为覆盖全国的全局性产业 (Wu et al, 2013)。

随着鲍养殖产业的扩展, 不同养殖产业链的细化分工也逐渐在产业中得以发展。不同于其他养殖贝类, 皱纹盘鲍的人工繁育需要大约 100 天的人工促熟以及复杂、规范的催产设施包括严格的控温装置、紫外线照射海水装置以及催产孵化缸等, 生产单位一般在这一生产环节投入较大。近年来, 随着对牡蛎、鲍等幼虫生物学的研究, 幼虫远距离运输以及异地附着、采苗技术也见诸报导。如 Davekia 等 (2000) 报导了运输时间以及水温对运输牡蛎 *Crassostrea iredalei* 幼虫存活率和附着率的影响, 发现运输时间、水温及两者的交互作用均显著影响牡蛎幼虫的存活率和附着率 ($P < 0.05$)。在鲍科动物中也有报导幼虫运输的研究, 如 Tong 等 (1987) 和 Schiel (1991) 报导了新西兰虹彩鲍 *Haliotis iris*

不同运输方式以及运输密度对幼虫存活率和变态率的影响; Preece 等 (1997) 报导了应用于露方法运输澳洲黑唇鲍 *H. rubra* 和绿唇鲍 *H. laevigata* 的实验研究; Pereira 等 (2007) 报导了美国红鲍 *H. rufescens* 在 3 种运输方法下即自然海水方法、充纯氧海水方法以及干露充纯氧方法下红鲍幼虫存活及附着变态率, 发现 3 种方法均可得到较高的幼虫存活及附着变态率, 因此该项具有产业应用价值。在皱纹盘鲍中也有幼虫运输的报导, 如 Kurita 等 (1978) 究了皱纹盘鲍幼虫在干露充纯氧方法下运输 4 h 后存活率达 85%; Kawamura 等 (1998) 报导皱纹盘鲍幼虫运输 5 h 后存活率可达 100% (表 1)。然而上述报导对于皱纹盘鲍幼虫长距离运输来说, 一是在高强度运输方法比如长时间、高密度等运输参数优化方面上缺乏报导, 相关研究在运输密度方面应用的参数较弱, 无法满足当前我国鲍鱼养殖产业的发展需求; 二是缺乏运输水温及几个因子互作对皱纹盘鲍幼虫存活率的影响的报导, 三是现有报导仅针对相关参数对幼虫运输后存活率影响, 而缺乏对后期面盘幼虫附着变态率的相关数据。

本研究在我国皱纹盘鲍养殖背景下, 针对高密度运输方法, 开展不同运输水体温度和幼虫密度对皱纹盘鲍幼虫存活率和附着率的研究, 考虑到现阶段远距离运输方式的便利, 无论南北方皱纹盘鲍苗种培育厂家均可通过水车、空运等方式在 12 h 内运至, 因此本研究运输时间界定为 12 h。本研究以期对我国的鲍鱼人工养殖产业尤其是人工繁育后异地幼虫附着技术有所指导。

表 1 在鲍科动物中有关幼虫远距离运输后存活率、变态率的研究报导

研究报告	物种	运输方式	密度	运输时间	存活率	变态率
Tong et al. (1987) Schiel (1991) Tong&Moss (1991)	<i>H. iris</i>	水运、干运	12.5~20 (幼虫/ml)	24	~86 %	~10 %
Kurita et al. (1978) Kawamura et al. (1998)	<i>H. discus hannai</i>	水运 + 充纯氧	10 (幼虫/ml)	4~5	85 %~ 100 %	
McBride (1998)	<i>H. sp</i>	干运 + 充纯氧			90 %	
Preece et al. (1999)	<i>H. rubra</i>	干运				
	<i>H. laevigata</i>	干运				
Pereira et al. (2007)	<i>H. rufescens</i>	水运	50 (幼虫/ml)	10	97 %	60 %
		水运 + 充纯氧	50 (幼虫/ml)	10	99 %	52 %
		干运 + 充纯氧	20 000	10	88 %	54 %

1 试验材料与方法

1.1 实验材料

本实验所用皱纹盘鲍幼虫来自中国科学院海洋研究所位于青岛崂山的实验基地。2014年4月份,在青岛崂山基地,利用人工促熟后的青岛崂山海区围堰外野生皱纹盘鲍作为种鲍进行人工催产,父母亲本数目分别为15、45。种鲍经阴干、紫外线照射海水和升温水刺激后分别排放精子和卵子,将收集后的精卵进行人工授精后于20℃海水中进行孵化,人工授精后约14h后膜内担轮幼虫破膜孵化,将孵化后的幼虫转移至20L幼虫培育缸中,培育水温保持在20℃、密度为20个幼虫/ml,每6~8h用100 μm 换水器换水1次直至授精后第3天为止。

人工授精后第3天,皱纹盘鲍幼虫发育至后期面盘幼虫,此时利用这些幼虫作为实验材料进行不同温度和密度下运输的模拟实验。

1.2 实验设计

本实验采用双因子实验设计,分别设置3个运输水温梯度,分别为13、16和20℃;每一温度下分别设置4个幼虫运输密度,分别为50、100、150和200个幼虫/ml。每1温度、每1幼虫运输密度均设置3个重复组。

每1个重复采用容量为50L双层塑料袋运输皱纹盘鲍幼虫,采用常规的移液管方法进行幼虫定量,分别用2ml移液管取5个样品以上进行幼虫定量,如50ml密度组的幼虫数量应为 $50 \times 1000\text{ml} \times 50\text{个/ml} = 250\text{万}$ 。根据实验设计本研究共使用50L双层塑料袋共计36个。

实验中对运输温度的维持采用将装有不同密度幼虫的双层塑料袋置于循环流水水浴槽中,以保持实验过程中温度的恒定。实验中特别注意每个双层塑料袋需装满幼虫海水后将所有空气赶出,然后扎紧袋口以保持相同状态,以防留有不同数量的空气对实验结果产生影响,按上述本研究运输时间定为12h。

为进一步分析高密度运输条件下水体溶解氧(DO)的变化,分析幼虫高密度运输条件下存活率与水体溶氧耐受关系,本实验又采用YSI 556 plus水质综合测定仪(美国YSI公司,西雅图)测定了0、4、8和12h时16℃水温条件下幼虫密度为

100、150和200个的在溶解氧(DO)。为防止溶氧常规测定运输袋开启对水体溶氧的影响,本研究在实验开始时(0h)将YSI 556 plus探头放置于运输袋中,每4h读数,因实验条件有限,该项研究设置重复1次。同时同法监测16℃下以常规培育方法下(幼虫培育密度为10幼虫/ml、微充气培育方式)水体溶解氧(DO)水平作为对照组。

1.3 实验数据采集及分析

实验结束后分别将不同处理组幼虫转移至开口充氧的60L塑料桶内,然后将所有塑料桶置于18℃水浴槽中培育1h后,每组重复处理5ml取样3次,然后将稀释后的含有幼虫样本放置于解剖镜下进行人工观测,以分辨出死亡(包含畸形)和存活个体,将3次样品抽样后计算的平均存活率作为该重复处理组运输后幼虫存活率,因此每组重复组仅1个观测值。

对于附着变态率的测定如下:采用Ebert等(1984)方法,取置于60L塑料桶浮游状态下的每组幼虫定量后随机抽取约6400个幼虫分别放置于20L透明塑料水族箱中,该水族箱规格为长方体,底面积约3200cm²,因此在测定幼虫附着变态率实验中保持幼虫密度为2个/cm²。同样,每个温度、密度组含3组重复,每个水族箱在实验前一周进行底栖硅藻的接种于培养,以便在实验期间诱导幼虫的附着变态,每个水族箱均随机选取、保持相同状态。实验期间海水温度维持19~20℃。人工授精后第6天,采用抽样的方法每个水族箱选取10cm²样方共计3个,观测变态完成具有次生壳的稚鲍数目,将3次样方计算的平均数量与起始放置幼虫数量(6400个)的比率作为该重复处理组幼虫变态率,同样每组重复组仅1个观测值。

将获得的存活率及变态率百分比数值进行平方根的反弦转换,以增加数据的正态和方差齐性。采用具有重复资料的双因素交互方差分析,采用Duncan检验以分析不同交互组合的多重比较。显著性设置为 $P < 0.05$ 。统计分析过程采用R软件。

2 结果

2.1 幼虫运输后存活率表现

不同温度、密度下幼虫的存活率表现见表2。从表2可见,皱纹盘鲍幼虫在低温度组如13、16

度下具有较高存活率 (94%~99%), 而在高温度下 20 度表现较差; 在不同密度组中低密度下具有较高存活率, 如 50、100、150 幼虫/ml 的密度下具有较高存活率 (82.00%~99.12%), 而在密度为 200 幼虫/ml 下表现相对较差 (54.18%~87.91%)。

表 2 不同温度、密度下皱纹盘鲍幼虫的存活率表现

幼虫存活率(%)	密度(幼虫/ml)			
	50	100	150	200
13	94.71 ± 0.38 ^b	93.69 ± 1.87 ^b	93.98 ± 0.59 ^b	87.91 ± 2.17 ^{bc}
16	99.12 ± 0.52 ^a	99.49 ± 0.80 ^a	96.93 ± 1.20 ^a	54.64 ± 4.07 ^c
20	86.47 ± 9.47 ^{bc}	73.18 ± 6.76 ^d	82.00 ± 6.59 ^{cd}	54.18 ± 7.95 ^f

注: 含相同上标字母表示差异不显著 $P > 0.05$

经双因素方差分析结果 (表 3) 表明, 无论是温度因子、密度因子还是两者的交互作用均对皱纹盘鲍幼虫的存活率有极显著影响 ($P < 0.001$)。

表 3 不同温度、密度下皱纹盘鲍幼虫的存活率的方差分析

	DF	SS	MS	F	P
温度 (A)	2	0.512	0.256	61.61	< 0.001
密度 (B)	3	0.831	0.227	66.61	< 0.001
A*B	6	0.372	0.062	14.91	< 0.001
Error	24	0.099	0.004		

采用 R 的程序包 HH 分析温度、密度因子对幼虫存活率影响的主效应和交互作用, 以及通过 Duncan 检验不同因子组合的多重比较。从表 2 中可以看出 16 °C 下 50~150 幼虫/ml 密度下存活率表现最优, 且 16 °C 下 3 个密度梯度下存活率间差异不显著 ($P > 0.05$)。

2.2 16 °C 条件不同幼虫密度运输过程水体溶解氧 (DO) 的变化

图 1 所示 YSI 556plus 监测 16 °C 条件、100、150 和 200 幼虫/ml 密度下水体溶解氧 (DO) 的变化, 与常规培育方法下培育水体溶解氧对照组相比, 各密度梯度 (100~200 幼虫/ml) 在初始运输 4h 内溶氧均发生显著下降, 自 6.5 mg/L 迅速下降至 2~3 mg/L 水平, 而后溶氧水平仍发生缓慢下降至 1~2 mg/L; 高密度组水体溶氧水平在运输过程各监测时间点均低于低密度组, 因样品数少原因, 本研究未进行差异显著性检验。

2.3 幼虫运输后第 3 天附着变态率表现

不同温度、密度下幼虫运输后第 3 天的附着变态率表现见表 4。从表 4 可见, 皱纹盘鲍幼虫在低温度组如 13、16 °C 下具有较高附着变态率

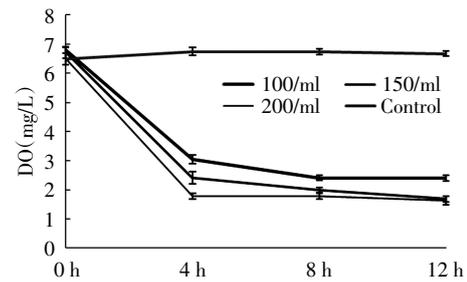


图 1 皱纹盘鲍幼虫在 16 °C 下、100、150 和 200 幼虫/ml 密度下水体溶解氧 (DO) 的变化 (Control 为常规密度 10 幼虫/ml 下水体溶氧)

(45.84%~63.88%), 而水温在 20 °C 的情况下, 密度为 50、100 幼虫/ml 的变态率较高, 而密度为 150、200 幼虫/ml 的时候附着变态率较低; 在不同密度组中低密度下具有较高的变态率, 而高密度组变态率较低。

表 4 不同温度、密度下皱纹盘鲍幼虫运输后第 3 天附着变态率的表现

幼虫附着率(%)	密度(个/ml)			
	50	100	150	200
13	55.56 ± 1.46 ^b	54.06 ± 1.85 ^b	51.37 ± 1.50 ^{bc}	48.65 ± 1.59 ^{cd}
16	52.31 ± 0.25 ^{bc}	62.81 ± 2.47 ^a	63.88 ± 1.08 ^a	45.84 ± 5.01 ^d
20	53.98 ± 2.76 ^b	64.60 ± 3.91 ^a	32.41 ± 2.95 ^c	10.53 ± 0.60 ^f

注: 含相同上标字母表示差异不显著 $P > 0.05$

经双因素方差分析结果 (表 5) 表明, 无论是温度因子、密度因子还是两者的交互作用均对皱纹盘鲍幼虫运输后第 3 天附着变态率有极显著影响 ($P < 0.001$)。

表 5 不同温度、密度下皱纹盘鲍幼虫运输第 3 天后变态率的方差分析

	DF	SS	MS	F	P
温度 (A)	2	0.198	0.099	150.20	< 0.001
密度 (B)	3	0.367	0.123	186.55	< 0.001
A*B	6	0.345	0.058	87.31	< 0.001
Error	24	0.016	0.0006		

经 R 的程序包 HH 分析温度、密度因子对幼虫附着变态率影响的主效应和交互作用, 以及通过 Duncan 检验不同因子组合的多重比较。从表 4 中可以看出 16 °C 下密度为 150、200 幼虫/ml 和 20 °C 下密度为 100 幼虫/ml 的情况下, 皱纹盘鲍运输第 3 天后附着变态率表现最优, 且三者间差异不显著 ($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 温度的影响及对皱纹盘鲍幼虫运输的应用意义

皱纹盘鲍幼苗在低温度组如 13、16 °C 下具有较高存活率, 因此降低运输温度是提高皱纹盘鲍幼苗的重要措施之一, 这可能是由于鲍鱼是变温海洋动物, 低温条件下生理代谢水平降低, 可减少鲍鱼幼苗对氧气的消耗和代谢产物对水质的污染。根据本实验研究过程的观察, 发现在高水温 (20 °C) 组运输下的鲍鱼幼虫相较于低水温组其行为如下差别: 幼虫更多的沉集于运输袋的底部, 在运输后充气后更加困难的分散开; 水体中有更多的悬浮的肉眼可见的杂质。对于这种现象, 有报导表明在高强度 (如高密度梯度下) 运输贝类幼体向海水中不断释放有机物, 同时也有可能弧菌 (*Vibrio spp.*) 的增殖提供了条件, 因此在低温情况下鲍鱼幼虫机体代谢速度变慢, 水体有机物质含量低, 弧菌水平也相对较大, 增加了幼虫的存活率 (Roberts, 2001)。本实验发现, 水温在 13~16 °C 时, 皱纹盘鲍幼苗的存活率最高, 因此可以认为, 13~16 °C 是皱纹盘鲍幼苗运输的较佳温度范围。

3.2 密度的影响及对皱纹盘鲍幼虫运输的应用意义

皱纹盘鲍幼苗在 50、100、150 幼虫/ml 的密度下运输具有较高存活率, 而在 200 幼虫/ml 的密度下运输, 存活率显著减少 (表 2), 从实验结果中可以认为密度在 50~150 幼虫/ml 是皱纹盘鲍幼苗适宜的运输密度范围。本实验所设置的运输幼虫密度梯度与已发表文献比较, 其强度均显著高于已开展研究 (表 1), 如在虹彩鲍 *H. iris* 中运输密度仅为 12.5~20/ml, 在美国红鲍 *H. rufescens* 中幼虫运输密度为 50/ml, 即使是在与本研究相同物种皱纹盘鲍 *H. discus hannai* 中幼虫运输密度也仍然很低, 为 10 幼虫/ml。本研究采用 50~200 幼虫/ml 运输密度条件, 除在 200 幼虫/ml 条件参数下幼虫运输后存活率及 6 日龄变态率较差外其余参数均取得较好结果 (表 2、表 5)。究其原因, 从本研究在实验过程中运输水体溶解氧变化水平看, 皱纹盘鲍幼虫在水体低氧耐受方面具备较强能力, 这可能是其能够在高密度运输条件下仍然保持较高存活率和 6 日龄附着变态率较高的原因。事实上, 在皱纹盘鲍幼虫运输过程中其自身仍然在不断发育和完成早期

器官的变态中, 有研究报导不同于其他贝类鲍科动物能够在早期变态发育过程中有独特的生化机制以耐受低氧 (hypoxia) 甚至缺氧 (anoxia) (Hindrum et al, 2001)。由于本研究条件所限, 对皱纹盘鲍幼虫高密度运输存活机理仍需进一步研究。

3.4 温度计密度交互影响及应用意义

水温和密度是影响皱纹盘鲍幼虫运输存活率和附着率的重要因素。因此研究温度和密度双因子各主效应及其交互作用, 对保障幼苗在运输后具有较高的存活率和附着变态率具有重要指导意义。本实验表明水温在 16 °C, 密度为 50~150 幼虫/ml 的情况下存活率最优; 在水温为 16 °C, 密度为 150、200 幼虫/ml 和水温为 20 °C, 密度为 100 幼虫/ml 的情况下, 皱纹盘鲍运输后第 3 天附着变态率表现最优。由此可以认为, 水温为 16 °C, 密度为 150 幼虫/ml 是最适合皱纹盘鲍幼苗的运输。

研究各个主效应和交互作用对人工繁育后异地幼虫附着技术有重要的指导作用。除了密度和温度因子外, 其他因素, 如含氧量、盐度、pH、细菌数量等都会对皱纹盘鲍幼苗运输的存活率和变态率产生影响, 还需进一步的实验证实。

4 结论

以皱纹盘鲍为实验材料开展不同运输水体温度和幼虫密度及其交互作用对皱纹盘鲍幼虫存活率和附着率的研究。实验结果表明: (1) 温度因子和密度因子均对对皱纹盘鲍幼虫的存活率有极显著影响 ($P < 0.001$)。温度为 16 °C, 密度为 50、100 和 150 幼虫/ml 时存活率表现最优; (2) 温度因子和密度因子均对对皱纹盘鲍幼虫运输第 3 天后附着变态率有极显著影响 ($P < 0.001$)。16 °C 下密度为 150、200 幼虫/ml 和 20 °C 下密度为 100 幼虫/ml 的情况下, 皱纹盘鲍运输第 3 天后附着变态率表现最优。本实验初步揭示 12 h 运输时间内皱纹盘鲍 3 日龄幼虫具备能耐受低氧水体环境能力 (溶解氧 $DO < 2 \text{ mg/L}$)。

参 考 文 献

- Devakie M N, Ali A B, 2000. Effects of storage temperature and duration on the setting and post-set spat survival of the tropical oyster, *Crassostrea airedalei* (Faustino). *Aquaculture*, 190: 369-376.
- Ebert E, Houk J, 1984. Elements and innovations in the cultivation of red

- abalone *Haliotis rufescens*. *Aquaculture*, 39: 375–392.
- Hindrum S, Edwards C B, Johns D, 2001. Effects of combined exposure to elevated ammonia and low dissolved oxygen levels in greenlip (*Haliotis laviegata* DONOVAN) and blacklip (*H. rubra*) abalone. 1. Growth and mortality data from simulated system failure. *Journal of Shellfish Research*, 20: 679–684.
- Kawamura T, Roberts R, Takami H, 1998. A review of the feeding and growth of postlarval abalone. *Journal of Shellfish Research*, 17: 615–625.
- Kurita M, Sato R, Nagao N, et al, 1978. On the transport of abalone, *Haliotis discus* (Reeve). *Bull. Oita Pref. Fish. Exp. St.*, 10: 112.
- Pereira L, Lagos J, Araya F, 2007. Evaluation of three methods for transporting larvae of the red abalone *Haliotis rufescens* Swainson for use in remote settlement. *Journal of Shellfish Research*, 26: 777–781.
- Preece P, Shepherd S, Clarke S, et al, 1997. Abalone stock enhancement by larval seeding: effect of larval density on settlement and survival. *Molluscan Research*, 18: 265–273.
- Roberts R, 2001. A review of settlement cues for larval abalone (*Haliotis spp.*). *Journal of Shellfish Research*, 20: 571–586.
- Schiel D, 1991. The enhancement of paua (*Haliotis iris* Martyn) populations in New Zealand. In: S. A. Sheperd, M. J. Tegner & S. A. Guzmán del Prío, editors. *Abalone of the world: biology, fisheries and culture*. Oxford, United Kingdom: Fishing News Books. pp. 474–484.
- Tong L, Moss G, 1991. The New Zealand culture system for abalone. In: S. A. Sheperd, M. J. Tegner & S. A. Guzmán del Prío, editors. *Abalone of the world: biology, fisheries and culture*. Oxford, United Kingdom: Fishing News Books. pp. 583–591.
- Tong L, Moss G, Illingworth J, 1987. Enhancement of a natural population of the abalone, *Haliotis iris*, using cultured larvae. *Aquaculture*: 62, 67–72.
- Wu F, Zhang G, 2013. Suitability of cage culture for Pacific abalone *Haliotis discus hannai* Ino in China. *Aquaculture Research*, 44: 485–494.
- Zhang G F, Que H Y, Liu X, et al., 2004. Abalone mariculture in China. *Journal of Shellfish Research* 23: 947–950.
- 吕端华, 1978. 中国近海鲍科的研究. 中国科学院海洋研究所. 海洋科学集. 北京: 科学出版社.
- 农业部渔业局, 2014. 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社.

(本文编辑: 袁泽轶)

向本期载文的审稿专家致谢

本期《海洋通报》共发表论文 14 篇。这些论文的发表与 32 位专家的认真审读、详查核实、推敲分析和中肯评价是分不开的。特向诸位专家表示诚挚敬意和衷心感谢!

本期载文的审稿专家名单如下 (以姓氏笔画为序):

- | | | | |
|-----|--------------|-----|------------------|
| 王立忠 | 浙江大学 | 汪亚平 | 南京大学 |
| 王爱军 | 国家海洋局第三海洋研究所 | 沈永明 | 南京师范大学 |
| 石学法 | 国家海洋局第一海洋研究所 | 宋金明 | 中国科学院海洋研究所 |
| 叶属峰 | 国家海洋局东海分局 | 张亦飞 | 国家海洋局第二海洋研究所 |
| 冯卫兵 | 河海大学 | 张 勋 | 中国水产科学研究院东海水产研究所 |
| 仵彦卿 | 上海交通大学 | 张 黎 | 中国科学院南海海洋研究所 |
| 池振明 | 中国海洋大学 | 陈令新 | 中国科学院烟台海岸带研究所 |
| 杜晓东 | 广东海洋大学 | 林 宁 | 国家海洋信息中心 |
| 李四海 | 国家海洋信息中心 | 林明森 | 国家海洋卫星中心 |
| 李 军 | 中国科学院海洋研究所 | 郝禄文 | 河北大学 |
| 李 炎 | 厦门大学 | 周应祺 | 上海海洋大学 |
| 李炎保 | 天津大学 | 郑怀平 | 汕头大学 |
| 李 琪 | 中国海洋大学 | 郑金海 | 河海大学 |
| 时连强 | 国家海洋局第二海洋研究所 | 洪义国 | 中国科学院南海海洋研究所 |
| 吴克俭 | 中国海洋大学 | 程永舟 | 长沙理工大学 |
| 邹亚荣 | 国家卫星海洋应用中心 | 翟世奎 | 中国海洋大学 |