

象拔蚌人工育苗技术研究

刘明坤, 王昌勃, 孔令锋, 李 琪

(中国海洋大学 海水养殖教育部重点实验室, 山东 青岛 266003)

摘要: 通过对亲贝促熟、人工催产、幼虫培育和采苗等技术环节的研究, 建立了象拔蚌(*Panopea generosa*)的人工繁育技术。研究表明, 在盐度 28~30 条件下, 受精卵在水温 11、13、16°C 时发育至 D 形幼虫所需时间分别为 83、60 和 46 h; 在水温 16~18°C, 经 20 d 发育至壳长约 380 μm 的壳顶幼虫时出现足和水管原基, 进入附着变态阶段。投放附着基后培育约 70 d, 可生长至壳长 5 mm 的幼贝。壳长日增长量在 D 形幼虫阶段为 6.2 μm, 在壳顶幼虫阶段为 16.8 μm, 附着变态后生长速度加快, 外形具成体形态。不同附着基的采苗率依次为: 细砂>卵石>聚乙烯网片>波纹板。

关键词: 象拔蚌(*Panopea generosa*); 幼虫培育; 附着基

中图分类号: S968.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2013)08-0103-04

象拔蚌(*Panopea generosa*)隶属瓣鳃纲, 海螂目, 缝栖蛤科, 海神蛤属, 是一种大型埋栖型贝类, 成体主要生活在潮下带至 110 m 的水下底质中, 埋栖深度因底质性质而异, 通常为 0.6~1.0 m, 是北美洲太平洋沿岸的重要经济贝类^[1]。象拔蚌肉质鲜美, 营养价值高, 深受消费者喜爱。近年来, 由于北美洲捕捞配额制度的实施^[2], 加之栖息地破坏等原因, 象拔蚌的渔获量正逐年下降。从 20 世纪 70 年代开始, 国外水产科研机构已相继开展了象拔蚌的人工育苗和养成技术的研究工作^[3]。

目前, 中国市场上的象拔蚌完全依赖进口, 美国和加拿大的象拔蚌年产量在 3000 t 左右, 年收入达 3~4 亿美元, 其中, 每年有 1000~1200 t 销往中国, 价值为 1~1.5 亿美元^[4]。山东、辽宁等地沿海滩涂面积广阔, 开展象拔蚌的人工繁殖及增养殖技术研究, 对于增加养殖新品种具有重要意义。国内学者虽然在 20 世纪 90 年代对象拔蚌的引种、育苗和养成技术进行过探索^[4-7], 但是由于育苗和养成周期长, 死亡率高等原因, 始终没有建立起成熟的规模化苗种培育和养成技术。本文对从美国和加拿大引进的象拔蚌亲贝的促熟、人工催产和幼虫培育等人工繁育关键技术进行了研究。

1 材料与方 法

1.1 亲贝促熟

人工育苗试验在山东省威海南洋生物技术有限公司进行。试验用亲贝于 2012 年 3 月采捕于美国西雅图和加拿大哥伦比亚海域。亲贝洗刷干净后, 放入 20 m³ 水泥池中促熟。促熟密度 1~2 个/m³, 初始温度 6°C, 暂养 3~4 d

后, 每天升温 0.5°C, 升至 11~12°C 恒温待产。促熟期间日投饵 2 次, 饵料以三角褐指藻(*Phaeodactylum tricornutum*) 为主, 饵料细胞密度为 2~3 万个/mL, 辅以人工配合饵料螺旋藻粉和蛋黄。每日倒池 1 次, 连续充气。

1.2 亲贝的诱导排放与孵化

种贝促熟 20~23 d, 积温达到 220°C 以上时, 配子发育成熟, 可进行人工催产。采用升温和藻液刺激相结合的方法, 诱导温度为 16°C, 藻液细胞浓度 3~4 万个/mL。受精卵孵化密度为 30 个/mL, 孵化期间每 30 min 搅池 1 次。

1.3 幼虫培育

胚胎发育至 D 形幼虫阶段后, 用 300 目筛绢选优至 30 m³ 水泥池中进行幼体培育。幼虫培育密度 4 个/mL, 附着时减少至 1~2 个/mL。培育用水经二级沙滤、锅炉升温、500 目网袋过滤后入池使用。幼虫培育水温 16~18°C, 盐度 28~30, 连续微量充气。日换水 2 次, 每次 1/2 水体, 7 d 倒池 1 次。附后不再倒池, 每次换水量增至培育水体的 2/3~1。饵料以金藻(*Isochrysis zhanjiangensis*) 为主, 辅以扁藻(*Platymonas subcordiformis*) 和海洋红酵母, 日投饵 6 次, 浮游期饵料细胞密度为 0.3~0.6 万个/mL, 附着后增加至 0.8~1.2 万个/mL。

收稿日期: 2013-05-16; 修回日期: 2013-06-08

基金项目: 国家海洋公益性行业科研专项(201305005); 国家科技支撑计划项目(2011BAD13B01)资助

作者简介: 刘明坤(1988-), 男, 硕士研究生, 从事贝类遗传育种学研究, 电话: 0532-82031630, E-mail: liumk0214@126.com; 李琪, 通信作者, E-mail: qili66@ouc.edu.cn

1.4 附着变态

幼虫生长至 350~380 μm, 出现足和水管原基时进入附着变态阶段。分别以细砂(粒径: 0.30~0.45 mm)、聚乙烯网片、波纹板和卵石(粒径: 2~3 cm)为附着基, 研究不同附着基对幼体附着变态诱导效果的影响。幼体培育密度为 1 个/mL, 每组试验设 3 个重复。投放附着基 5 d 后统计各附着基的单位面积(cm²)附苗量。

1.5 统计分析

利用 SPSS16.0 对实验数据进行统计分析, 用单因素方差分析(ANOVA)比较不同附着基的附苗效果, 并进行 Duncan 多重比较, 差异显著性水平设为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 受精与孵化

亲贝经诱导刺激后, 水管充盈挺直, 进出水管变红、扩大。雄性先排, 精子呈烟雾状, 雌性产卵呈颗粒状或扁平块状。雌贝排卵可持续 2 h, 成熟卵子呈圆形、淡红色, 排出后即分散, 不粘连, 卵径 82 μm。受精卵在不同水温下孵化时间不同, 水温 11℃ 时需 83 h 发育至 D 形幼虫, 16℃ 时仅需 46 h(表 1)。

2.2 幼虫培育

浮游幼虫的生长曲线如图 1 所示。浮游幼虫在 D

表 1 水温对象拔蚌受精卵孵化时间的影响
Tab. 1 The hatching time of the larvae of *P. generosa* at different temperatures

时间(h)	水温(°C)		
	11	13	16
原肠胚	45	26	16
担轮幼虫	57	38	27
D 形幼虫	83	60	46

表 2 象拔蚌幼虫发育阶段的特征描述

Tab. 2 The developmental timetable and characters of larvae of *P. generosa*

时间(d)	发育阶段	特征描述	壳长(μm)
1~5	D 形幼虫	铰合部平直, 面盘发达	120~150
6~8	壳顶初期	壳顶出现	170~200
9~16	壳顶中期	壳顶隆起, 胃和消化盲囊分化明显	220~330
18~20	壳顶后期	壳顶突出明显, 出现鳃弓和平衡囊, 足能伸出壳外	340~380
23~26	匍匐幼虫	幼虫附着, 借助足的伸缩做匍匐运动, 面盘退化	410~490
27~35	单管稚贝	身体后端有一个出水管, 次生壳上有刺状突起	500~1000
38~45	双管稚贝	出水管下部生长出进水管	1250~2000
47~70	幼贝	壳长增加, 进出水管拉长, 颜色变深, 具备成贝外形特征	2500~5300

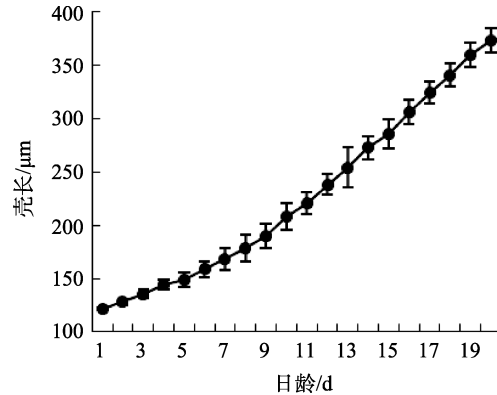


图 1 象拔蚌浮游幼虫的生长
Fig. 1 Growth of larval of *P. generosa*

形幼虫阶段生长缓慢, 壳长平均日增长 6.2 μm(1~5 d)。在达到壳长 180 μm 的壳顶期幼虫之后, 生长明显加快, 壳长平均日增长 16.8 μm(6~20 d)。

幼虫各阶段的发生时间和特征描述见表 2, 选幼时 D 形幼虫壳长 120 μm, 经过 18~20 d 的培育, 壳长达到 340~380 μm, 可以清晰地看到鳃弓和平衡囊, 足能伸出壳外, 面盘发达, 仍具有浮游能力, 此时适合投放附着基。在以细砂为附着基时, 幼虫发育至 27~35 d 可观察到单管稚贝, 稚贝身体后端有一出水管, 38~45 d 发育至双管稚贝, 出水管下部发育出进水管, 此时进出水管较短, 能自由缩入壳中。投放附着基 47 d 后, 可观察到具备成贝外形特征的幼贝, 进出水管红褐色, 不能缩入壳中。

2.3 附着基对幼体附着变态的影响

投放附着基 5 d 后, 细砂、聚乙烯网片、波纹板和卵石 4 种附着基的单位面积平均附苗量分别为 (4.57±0.75)个/cm², (0.42±0.09)个/cm², (0.06±0.04)个/cm² 和 (2.19±0.61)个/cm²。不同附着基的采苗率依次为: 细砂>卵石>聚乙烯网片>波纹板, 各组之间差异性显著($P < 0.05$)。

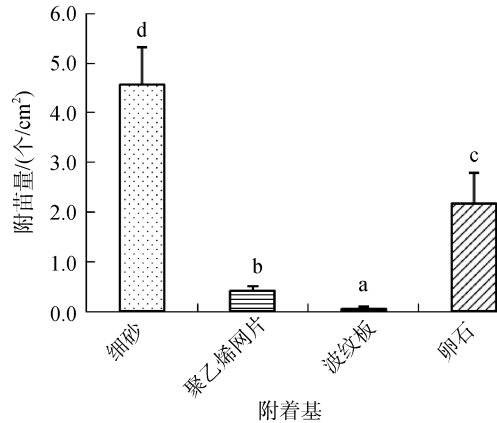


图2 象拔蚌幼体不同附着基附苗量

Fig. 2 The settling rates of *P. generosa* for four substrates

3 讨论

在贝类人工育苗过程中,亲贝性腺发育的好坏决定着人工育苗的成败,因而亲贝的促熟环节十分重要。本研究所用亲贝从国外引进,经过长途运输,需要暂养恢复^[8]。孔宁等^[9]在库页岛厚蛤蜊(*Pseudocardium sachalinense*)亲贝促熟培育中,将从国外引进的亲贝暂养5~7 d,保证了亲贝的成活率。本试验中象拔蚌亲贝入池后暂养3~4 d,不进行升温,有效避免了因环境变化剧烈导致亲贝大量死亡的情况发生。亲贝促熟培育期间,合适地投放活饵料及人工饵料,既能保证亲贝的摄食,满足性腺发育所需要的营养物质,又能保持水质新鲜,是育肥催熟的关键。邓陈茂等^[10]在珠母贝(*Pinctada margaritifeta*)亲贝人工促熟培育中,混合投喂三角褐指藻、鸭蛋黄、活酵母取得了满意的效果。魏振华等^[6]在象拔蚌亲贝促熟时投喂硅藻,亲贝也能成熟产卵、排精。本试验中不仅投喂活饵料硅藻,而且辅以螺旋藻粉、蛋黄等人工配合饵料,使营养更加均衡,达到了良好的促熟效果。

贝类的人工催产有升温刺激、流水刺激、阴干刺激、化学药物刺激等多种方法,一般来说,多种方法结合诱导比单一方法效果要好。本试验中,采用升温 and 藻液刺激诱导相结合的方法成功进行了催产。关于藻液刺激亲贝产卵的报道并不多见,邓陈茂^[10]、符韶等^[11]在珠母贝的亲贝人工催产中采用升温与浓扁藻液相结合的方法均取得了满意的效果。象拔蚌卵子的平均卵径为82 μm,比同属其他物种的卵径要大,如新西兰象拔蚌(*P. zelandica*)的平均卵径为77 μm^[12],墨西哥象拔蚌(*P. globosa*)的平均卵径为52 μm^[13]。温度是影响海洋贝类受精卵孵化的重要因素,即在一定范围内,提高温度可以缩短孵化时间。尖紫蛤(*Soletellina acuta* Cai et

Zhuang)的受精卵在26、29和32℃下的孵化时间分别是990、940和910 min^[14]。象拔蚌的受精卵在11℃时需83 h完成孵化,而在16℃时只需要46 h。

育苗周期长是象拔蚌人工育苗的一大特点。在象拔蚌的幼虫培育过程中,有20 d的浮游期,投放附着基后需继续培育70 d左右才能达到5 mm的出池规格,整个育苗周期约90 d。这比新西兰象拔蚌和其他一些双壳贝类的育苗周期都要长,新西兰象拔蚌幼虫的浮游期为16 d^[11]。中国紫蛤(*Hiatula chinensis*)的幼虫浮游期为17 d,育苗周期67 d^[15]。泥蚶(*Tegillarca granosa* Linnaeus)幼虫的浮游期为10 d左右,育苗周期30~40 d^[16]。长的育苗周期对培育条件,特别是对附着后水质的要求更为严格,这也是影响育苗成败的重要因素。象拔蚌幼虫发育依次经过担轮幼虫、D形幼虫、壳顶幼虫、匍匐幼虫,幼虫发育阶段无眼点出现,足和水管原基的出现是幼虫附着变态的标志。附着后经过单管稚贝、双管稚贝,进而发育成幼贝。浮游幼虫变态前摄食量小,生长缓慢,附着变态后摄食量加大,生长速度加快,壳长明显拉长,贝苗已具备成体象拔蚌形态。

海洋环境中,物理因子、化学因子和生物因子在不同的时间和空间尺度上都会影响贝类幼体的附着变态^[17]。在水体条件不适合附着时,织纹螺(*Nassarius*)的面盘幼虫可推迟变态达14 d之久,而船蛆(*Teredo*)的面盘幼虫找不到木头便停止变态,海胆(*Melita*)的长腕幼虫找不到合适的底质也会推迟变态^[18]。本研究中不同附着基的采苗率依次为:细砂>卵石>聚乙烯网片>波纹板,各组之间差异显著($P<0.05$)。这与魏振华^[6]的研究结果基本相同。细砂附苗效果好,幼苗生长快,但壳体附着物较多,且容易滋生纤毛虫、聚缩虫等原生动物,使死亡率升高。定期倒池换砂可以有效清除池底残留物,保持水体清洁,为象拔蚌稚贝生长提供稳定良好的水质环境。使用卵石和聚乙烯网片附着基,苗体清洁,但附苗较少,生长缓慢。波纹板基本无幼虫附着,这可能与附着基的粗糙程度有关^[15]。鉴于自然条件下象拔蚌多栖息于细砂底质的生活习性,在今后的育苗生产中可采用细砂作为采苗和稚贝培育的基质,在稚贝培育期间定时倒池换砂,防止原生动物滋生及底质环境的恶化,从而达到良好的育苗生产效果。

参考文献:

- [1] Feldman K, Vadopalas B, Armstrong D, et al. Comprehensive literature review and synopsis of issues relating to geoduck (*Panopea abrupta*) ecology and

- aquaculture production[R]. Seattle, WA: Washington State Department of Natural Resources, 2004.
- [2] 樊旭兵. 可持续渔业的典范: 加拿大象拔蚌渔业管理[J]. 海洋与渔业, 2012(12): 78-87.
- [3] Andersen A M. Spawning, growth, and spatial distribution of the geoduck clam, *Panopea generosa* Gould, in Hood Canal, Washington [D]. Washington: University of Washington, 1971.
- [4] 刘庆营. 具有养殖前景的海产贝类品种—象拔蚌[J]. 广东农村实用技术, 2007, (9): 35.
- [5] 张澎, 马广良. 贝类养殖技术之四—象拔蚌人工育苗技术[J]. 中国水产, 2003, 9: 60-61.
- [6] 魏振华, 魏利平. 象拔蚌引种及人工育苗技术[J]. 齐鲁渔业, 2004, 21(8): 4-7.
- [7] 魏振华, 魏利平. 象拔蚌养殖技术的研究[J]. 齐鲁渔业, 2005, 21(12): 4-6.
- [8] 杜涛, 罗杰, 梁飞龙. 华贵栉孔扇贝的人工育苗[J]. 湛江海洋大学学报, 2004, 24(4): 69-71.
- [9] 孔宁, 李琪, 丛日浩, 等. 库页岛厚蛤蜊的人工繁殖和胚胎发育[J]. 海洋科学, 2011, 35(10): 6-10.
- [10] 邓陈茂, 尹国荣, 符韶, 等. 珠母贝亲贝人工促熟培育与催产的研究[J]. 湛江海洋大学学报, 2005, 25 (1): 14-16.
- [11] 符韶, 梁盛, 邓陈茂, 等. 珠母贝人工育苗技术的初步研究 [J]. 海洋科学, 2003(1): 11-13.
- [12] Gribben P E, Hay B E. Larval development of the New Zealand geoduck *Panopea zelandica* (Bivalvia: Hiatellidae) [J]. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 2003, 37(2): 231-239.
- [13] Aragon-Noriega E A, Chavez-Villalba J, Gribben P E, et al. Morphometric relationships, gametogenic development and spawning of the geoduck clam *Panopea globosa* (Bivalvia: Hiatellidae) in the central Gulf of California[J]. Journal of Shellfish Research, 2007, 26(2): 423-431.
- [14] 黄洋, 黄海立, 吕广焯, 等. 温度和盐度分别对尖紫蛤胚胎发育的影响[J]. 海洋科学, 2011, 35(10): 117-122.
- [15] 吴进锋, 陈素文, 陈利雄, 等. 中国紫蛤的人工育苗[J]. 南方水产, 2009, 5(4): 22-25.
- [16] 谢起浪, 张炯明, 柴雪良, 等. 泥蚶人工育苗技术探讨[J]. 浙江海洋学院学报, 2001, 20(3): 199-201.
- [17] 柯才焕, 冯丹青. 海洋底栖动物浮游幼体附着和变态的研究[J]. 厦门大学学报, 2006, 45(2): 77-82.
- [18] 郑重. 海洋浮游幼虫附着和变态的生态研究[J]. 生态学杂志, 1993, 12(3): 36-38.

Studies on artificial reproduction of the Pacific geoduck *Panopea generosa*

LIU Ming-kun, WANG Chang-bo, KONG Ling-feng, LI Qi

(Key Laboratory of Mariculture Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Received: May, 16, 2013

Key words: *Panopea generosa*; larval rearing; substratum

Abstract: Artificial breeding techniques of the Pacific geoduck *Panopea generosa* including broodstock culture, spawning induction, and larval rearing were investigated in this study. The results showed that at salinity of 28-30, the fertilized eggs reared at 11°C, 13°C and 16°C developed to D-shaped larvae after 83 h, 60 h and 46 h, respectively. At the temperature of 16-18°C, the D-shaped larvae developed to the stage of metamorphosis in about 20 days as the shell length increased to 380 μm, which was characterized by the appearance of foot and siphon. After rearing of about 70 d, the shell length of juvenile *P. generosa* reached 5 mm. Growth rate of shell length of the larvae at D-shaped and umbo stages was 6.2 μm/d and 16.8 μm/d, respectively. After metamorphosis, the growth speed of shell length became faster. The settlement of the larvae in the experiments with four different substrata was compared and the results showed that the highest setting rate was achieved for the attachment substance of fine sand, followed by pebbles, nylonets, and plastic sheets.

(本文编辑: 康亦兼)