

文章编号: 1000-0615(2016)09-1472-07

DOI: 10.11964/jfc.20150910068

脉红螺附着变态与食性转换的研究

杨智鹏, 于红, 于瑞海, 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: 为实现脉红螺苗种的规模化生产, 本实验通过对脉红螺幼虫培育、采苗、稚螺培育等方面的系统研究, 探索了脉红螺苗种繁育过程中幼虫附着变态率低和饵料转换难的问题。结果显示: 脉红螺浮游幼虫前期(0~12 d)生长较快, 壳高平均日增长 $21.8 \mu\text{m}$; 中期(13~18 d)生长较慢, 壳高平均日增长 $3 \mu\text{m}$; 后期(19~30 d)生长加快, 壳高平均日增长 $46.8 \mu\text{m}$ 。用取自沉淀池中的新鲜海水对脉红螺浮游幼虫进行附着变态诱导, 诱导第1天脉红螺浮游幼虫开始出现附着变态, 第4天时, 附着变态活动基本结束, 附着变态率为40%。为变态后的稚螺投喂刚附着的长牡蛎和魁蚶稚贝, 第1~8天, 稚螺壳高平均日增长 $65.6 \mu\text{m}$; 第9天开始, 稚螺生长速度加快; 第9~12天, 稚螺壳高平均日增长 $136.4 \mu\text{m}$; 第13~16天, 稚螺壳高平均日增长 $307.3 \mu\text{m}$; 第17~20天, 稚螺壳高平均日增长 $445.8 \mu\text{m}$ 。研究表明, 用取自沉淀池中的新鲜海水诱导脉红螺浮游幼虫的附着变态效果好, 刚附着的长牡蛎稚贝和魁蚶稚贝可以作为脉红螺稚螺培育阶段的适宜饵料。

关键词: 脉红螺; 稚螺; 人工育苗; 附着; 变态

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

脉红螺(*Rapana venosa*)是我国北方一种具有重要经济价值的海产腹足类, 隶属于软体动物门(Mollusca)、腹足纲(Gastropoda)、新腹足目(Neogastropoda)、骨螺科(Muricidae)、红螺属(*Rapana*), 广泛分布于黄、渤海, 以及朝鲜、日本、俄罗斯沿海^[1-2]。脉红螺足部肥大、肉味鲜美, 深受广大消费者喜爱。近年来, 随着脉红螺经济价值不断提高, 消费市场广阔, 脉红螺具有重要的养殖开发前景^[3-5]。然而目前由于过度捕捞和海洋环境污染, 我国沿海脉红螺资源生物量日益衰减, 因此开展脉红螺的人工育苗技术研究将对脉红螺的资源修复及满足市场需求具有重要意义^[6-7]。

绝大多数海洋贝类, 在其发育过程中, 都要经历附着变态^[8-9]。对于大部分的海洋贝类, 附着是一个可逆的过程, 主要包括足的扩展和在附着基上的爬行^[10]。变态是一个不可逆的过程, 主要包括面盘的脱落和次生壳的长出^[11]。附

着变态是海洋贝类的一个重要发育阶段, 附着变态的成功与否决定着扇贝、鲍鱼等一些海洋经济贝类苗种繁育的成败。在脉红螺人工育苗过程中, 浮游幼虫附着变态时频频出现大量死亡现象, 很少能够变态为稚螺, 出苗率极低, 严重制约了脉红螺苗种的规模化生产^[2-3]。因此, 解决脉红螺苗种繁育过程中幼虫附着变态率低的难题是脉红螺人工育苗技术的关键。与牡蛎等双壳类不同, 脉红螺浮游幼虫附着变态为稚螺, 需要经历食性转换, 即由植物性饵料转换为动物性饵料^[12]。适宜的动物性饵料不仅能避免脉红螺幼虫附着变态时出现大量死亡的情况, 而且能为稚螺的生长发育提供足够的营养。然而至今, 脉红螺食性转换的适宜动物性饵料尚未查清。

目前, 研究者已陆续开展了脉红螺的生理学^[13]、繁殖生物学^[14]、生态习性^[14]、遗传多样性^[15]等方面的初步研究, 有关于脉红螺附着变态和

收稿日期: 2015-09-08 修回日期: 2016-03-19

资助项目: 国家科技支撑计划(2011BAD13B01); 国家自然科学基金(31201998); 国家海洋公益性行业科研专项(201205023)

通信作者: 李琪, E-mail: qili66@ouc.edu.cn

食性转换的研究鲜有报道。本实验通过对脉红螺幼虫培育、采苗、稚螺培育等方面进行系统研究,探索了脉红螺苗种繁育过程中幼虫附着变态率低和饵料转换难的问题,旨在为实现脉红螺苗种生产的产业化提供重要的科学依据。

1 材料与方 法

1.1 亲螺来源

2015年6月5日,脉红螺采自莱州自然海区,壳高9~11 cm,挑选活力强、无机械损伤的个体作为亲贝,共60个,暂养于莱州市长渔水产有限公司。暂养过程中,投喂四角蛤蜊(*Maetra veneriformis*)和长牡蛎(*Crassostrea gigas*)作为饵料,日换水2次,每次换水1/2,连续充气,水温为25~26 °C,盐度为29~31。

1.2 交配与产卵

亲螺入池当天即开始交配,2015年6月10日,亲螺产出第一批卵袋,卵袋产于浮动网箱和池壁。交配与产卵过程中,日换水2次,每次换水1/2,连续充气,水温为25~26 °C,盐度为29~31。

1.3 孵化

卵袋产出后,用解剖刀沿卵袋底部将卵袋剥离下来,放入培育池中,进行孵化。6月30日开始幼虫从卵袋中孵出;孵化过程中,卵袋由黄色逐渐变为黑色,待幼虫全部从卵袋中孵出时,卵袋又变为黄色。孵化过程中,日换水1次,每次换水1/2,连续充气,水温为24~28 °C,盐度为29~31。

1.4 幼虫培育

经过20 d的孵化,脉红螺浮游幼虫逐渐从卵袋中孵化出来,待幼虫全部孵出用200目的筛绢网进行选优1次,淘汰发育不良和死亡的个体。幼虫培育池规格为4 m×5 m×1.2 m,幼虫培育密度控制在0.5个/mL左右。幼虫培育过程中,投喂饵料种类包括金藻、扁藻和小球藻,日投饵3次,随着幼虫生长,日投饵量由 3.0×10^4 增加至 6.0×10^4 个/mL。日换水2次,每次换水1/2,换水时网箱网目随幼虫生长而减小,前期用200目网箱,中后期用60目网箱,以更好地过滤掉池子中的残饵和聚缩虫(*Zoothamium* sp.)。7 d倒1次池,连续充气,水温为24~28 °C,盐度为29~31。

1.5 采苗

6月30日开始进行采苗,此时脉红螺浮游幼虫已达四螺层,大小1200 μm左右,腹足较发达,出现了次生壳。用6个120 L的塑料桶进行采苗实验,分成2组(实验组和对照组),每组3个。每个实验组桶中加入70 L取自沉淀池的新鲜海水和10 000个脉红螺浮游幼虫;每个对照组桶中加入70 L取自沙滤池的新鲜海水和10 000个脉红螺浮游幼虫。采苗过程中,对照组和实验组都投入扇贝壳和波纹板做为附着基,日换水1次,每次换水1/2,全天微充气,水温为26~27 °C,盐度为29~31。

1.6 稚螺培育

7月3日,实验组脉红螺浮游幼虫附着变态基本结束,开始进入稚螺培育阶段。稚螺培育过程中,实验组桶中加入100 L新鲜的过滤海水,投放刚附着长牡蛎稚贝的扇贝壳和刚附着魁蚶稚贝的网片,稚螺以扇贝壳上的长牡蛎稚贝和网片上的魁蚶稚贝为食,日换水1次,每次换水1/2,连续充气,水温为27~28 °C,盐度为29~31。

2 结果

2.1 幼虫培育

脉红螺幼虫从卵袋中孵化出来即为浮游幼虫,进入浮游幼虫发育阶段(图1)。脉红螺浮游幼虫的浮游期大约30 d,刚孵化出来的浮游幼虫壳高约360 μm,浮游幼虫前期(0~12 d)生长较快,壳高平均日增长21.8 μm;中期(13~18 d)生长较慢,壳高平均日增长3 μm;后期(19~30 d)生长加快,壳高平均日增长46.8 μm。

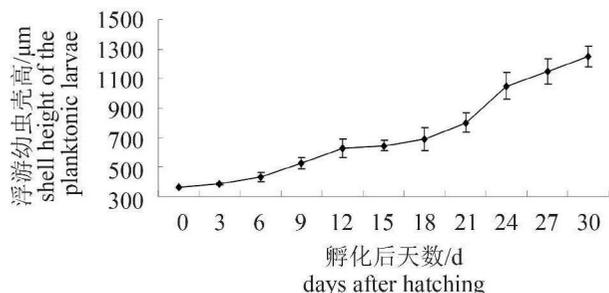


图1 脉红螺浮游幼虫的壳高生长

Fig. 1 The shell height growth of the planktonic larvae of *R. venosa*

2.2 附着变态

脉红螺浮游幼虫面盘完全脱落,用腹足爬行,两根触角伸出壳口标志着脉红螺浮游幼虫已变态为稚螺(图版-1)。实验组加入取自沉淀池的新鲜海水后,第1天脉红螺浮游幼虫开始出现附着变态,变态率为 $8.9\% \pm 1.9\%$,第2天的变态率为 $26.7\% \pm 3.4\%$,第3天的变态率为 $38.9\% \pm 5.1\%$,第4天的变态率为 $40\% \pm 6.7\%$,脉红螺浮游幼虫的附着变态在第4天基本结束。对照组中脉红螺幼虫没有出现附着变态的现象,变态率为0(表1)。

表1 脉红螺浮游幼虫变态率

Tab. 1 Metamorphosis percentages of the planktonic larvae of *R. venosa*

投放附着基数/d days after placing substrates	脉红螺浮游幼虫变态率/% metamorphosis percentages of the planktonic larvae	
	实验组 experiment	对照组 control
1	8.9±1.9	0
2	26.7±3.4	0
3	38.9±5.0	0
4	40.0±6.7	0

2.3 稚螺培育

在用取自沉淀池的新鲜海水培育4 d后,实验组脉红螺浮游幼虫的附着变态活动结束,桶中没有发现脉红螺浮游幼虫,扇贝壳、波纹板和桶壁上可见大量的稚螺,开始进入稚螺培育阶段。稚螺培育过程中,投放附有长牡蛎稚贝的扇贝壳和附有魁蚶(*Scapharca broughtonii*)稚贝的网片,为脉红螺稚螺提供饵料,结果发现稚螺大量附着在扇贝壳(图版-2)和网片(图版-3)上,在显微镜下可以观察到脉红螺稚螺摄食长牡蛎稚贝和魁蚶稚贝。本实验条件下,摄食动物性饵料的脉红螺稚螺生长迅速(图2)。变态后前8 d,稚螺壳高平均日增长 $65.6 \mu\text{m}$,从第9天开始,稚螺的生长速度加快。第9~12天,壳高平均日增长 $136.4 \mu\text{m}$;第13~16天,壳高平均日增长 $307.3 \mu\text{m}$;第17~20天,壳高平均日增长 $445.8 \mu\text{m}$ 。研究发现,稚螺生长过程中,最大的螺层由初期的黑色(图版-1),逐渐变白(图版-4),而后随着稚螺的生长,逐渐变为黄褐色,纹理与成螺相似(图版-5)。

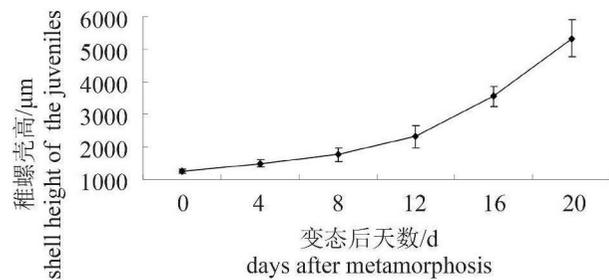


图2 脉红螺稚螺的壳高生长

Fig. 2 The shell height growth of the juveniles of *R. venosa*

3 讨论

3.1 脉红螺浮游幼虫附着变态的标志

海洋无脊椎动物附着变态的标志可以决定投放附着基的时机,影响采苗的效果^[6]。本实验条件下,脉红螺浮游幼虫附着变态的标志主要有3点(同时出现):脉红螺浮游幼虫处于4螺层期,大小 $1200 \mu\text{m}$ 左右;脉红螺浮游幼虫腹足较发达,频繁地伸出壳口;脉红螺浮游幼虫长出薄而透明的次生壳。关于脉红螺浮游幼虫附着变态的标志与时机,国内外学者已有大量的研究。魏利平等^[4]报道脉红螺幼虫在3螺层,头部具触角及眼,吻能伸出壳外,足发达,运动较快时即可附着变态。然而本研究发现,脉红螺浮游幼虫在3螺层时,面盘发达,具备很强的浮游能力,腹足不经常伸出壳外,幼虫运动主要靠面盘,不能进行附着变态。Harding^[17]报道了脉红螺浮游幼体发育到4螺层中期或后期,才可进行附着变态,与本研究一致。潘洋等^[18]得出,脉红螺幼虫附着变态时的壳高应大于 $1200 \mu\text{m}$,壳高小于 $1200 \mu\text{m}$ 的脉红螺浮游幼虫不能附着变态。然而,本研究发现,加入取自沉淀池的海水,桶中 $1000 \mu\text{m}$ 左右(图版-6)的脉红螺浮游幼虫也可附着变态为稚螺。推测在自然条件下,脉红螺浮游幼虫可以在壳高小于 $1200 \mu\text{m}$ 时进行附着变态,但是在人工育苗过程中,由于找不到适宜的饵料,无法满足脉红螺浮游幼虫附着变态所需的营养,所以延迟了幼虫附着变态的时间。

3.2 附着变态与食性转换

以往的人工育苗过程中,脉红螺浮游幼虫附着变态时频频出现大量死亡现象,出苗率极低,无法满足脉红螺苗种产业化的需求^[2]。解决脉红螺苗种繁育过程中幼虫附着变态率低的难

题是脉红螺人工育苗技术的关键。本实验条件下,当脉红螺浮游幼虫出现附着变态的标志时,用取自沉淀池中的新鲜海水进行附着变态的诱导,脉红螺浮游幼虫第1天便开始出现附着变态现象,第4天,附着变态活动基本结束,附着变态率为40%。然而,用取自沙滤池中的新鲜海水进行附着变态诱导时,脉红螺浮游幼虫没有出现附着变态现象。

与牡蛎等双壳类不同,脉红螺浮游幼虫附着变态为稚螺,需要经历食性转换,即由植物性饵料转换为动物性饵料^[12]。沉淀池的新鲜海水可能含有脉红螺食性转换所需的动物性饵料,可以满足浮游幼虫附着变态所需的营养,因此可以顺利地诱导脉红螺幼虫附着变态。砂滤池中的海水,过滤掉了脉红螺浮游幼虫附着变态所需的动物性饵料,导致幼虫附着变态受阻。以往的脉红螺人工育苗,浮游幼虫期一般投喂金藻、小球藻和扁藻等植物性饵料,不能满足附着变态时所需的营养,而且育苗用水都是砂滤池过滤的海水,从而造成脉红螺浮游幼虫附着变态时出现大量死亡的情况。

3.3 脉红螺稚螺的培育

研究中发现,跟方斑东风螺(*Babylonia areolata*)^[19]、泥东风螺(*B. lutosa*)^[20]等其他腹足类相似,脉红螺稚螺也有爬壁的习性,可以在稚螺培育池水面交界的池壁上粘贴阻拦带,防止稚螺爬壁露空,发生缺水干死的情况。本实验条件下,投放刚附着长牡蛎稚贝的扇贝壳和刚附着魁蚶稚贝的网片,脉红螺稚螺可以扇贝壳上的长牡蛎和网片上的魁蚶为食,生长迅速,壳高生长速度要高于浮游幼虫期。自然条件下,脉红螺繁殖期为6—8月,7月份达到繁殖高峰^[4],长牡蛎繁殖期为7—9月^[21],魁蚶繁殖期为6—8月^[22]。因此推测在自然海区中,长牡蛎稚贝和魁蚶稚贝极有可能是脉红螺稚螺食性转换后的天然饵料。杨大佐等^[23]研究了脉红螺稚螺培育时的饵料,发现向附着基投撒新鲜蛤肉碎块,幼螺摄食良好,但由于夏季水温过高,残饵容易变质,育苗水质恶化,常造成脉红螺稚螺大量死亡,稚螺生长至3.5 mm需30 d。本研究中,投喂刚附着扇贝壳上的长牡蛎稚贝和网片上的魁蚶稚贝,水质更易管理,不会出现水质恶化现象,稚螺存活率高,而且稚螺生长至3.5 mm只需16 d,生长更快。

本实验研究了脉红螺苗种繁育过程中幼虫附着变态率低的难题,找到了脉红螺稚螺培育过程中适宜的饵料,实验方法操作简单、方便、重复性强,能够为以后的脉红螺大规模人工育苗实验提供基础资料。

参考文献:

- [1] Xue D X, Zhang T, Liu J X. Microsatellite evidence for high frequency of multiple paternity in the marine gastropod *Rapana venosa*[J]. PloS one, 2014, 9(1): e86508.
- [2] 王平川,张立斌,潘洋,等.脉红螺摄食节律的研究[J].水产学报,2013,37(12):1807-1814.
Wang P C, Zhang L B, Pan Y, et al. The feeding rhythm of veined rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846)[J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(12): 1807-1814 (in Chinese).
- [3] 班绍君,薛东秀,张涛,等.三种壳口颜色脉红螺(*Rapana venosa*)形态学和线粒体16S rRNA与COI基因片段差异比较分析[J].海洋与湖沼,2012,43(6):1209-1217.
Ban S J, Xue D X, Zhang T, et al. Variance analysis of three color morphs of *Rapana venosa* based on morphological traits and mt 16s rRNA and COI partial sequences[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2012, 43(6): 1209-1217 (in Chinese).
- [4] 魏利平,邱盛尧,王宝钢,等.脉红螺繁殖生物学的研究[J].水产学报,1999,23(2):150-155.
Wei L P, Qiu S Y, Wang B G, et al. Studies on the reproductive biology of *Rapana venosa*[J]. Journal of Fisheries of China, 1999, 23(2): 150-155 (in Chinese).
- [5] 郝振林,于洋洋,宋坚,等.脉红螺早期发育的观察[J].大连海洋大学学报,2014,29(1):1-4.
Hao Z L, Yu Y Y, Song J, et al. Observation on early development of snail *Rapana venosa*[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2014, 29(1): 1-4 (in Chinese).
- [6] Ban S J, Zhang T, Pan H Q, et al. Effects of temperature and salinity on the development of embryos and larvae of the veined rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846)[J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2014, 32(4): 773-782.
- [7] 梁淑轩,倪新娟,赵兴茹,等.渤海湾脉红螺中多氯联苯和多溴联苯醚的测定分析[J].环境科学研究,2012,25(4):441-446.

- Liang S X, Ni X J, Zhao X R, *et al.* Determination of PCBs and PBDEs in *Rapana venosa* Collected from Bohai Bay[J]. Research of Environmental Sciences, 2012, 25(4): 441-446 (in Chinese).
- [8] Alfaro A C, Young T, Ganesan A M. Regulatory effects of mussel (*Aulacomya maoriana* Iredale 1915) larval settlement by neuroactive compounds, amino acids and bacterial biofilms[J]. Aquaculture, 2011, 322: 158-168.
- [9] Bao W Y, Satuito C G, Yang J L, *et al.* Larval settlement and metamorphosis of the mussel *Mytilus galloprovincialis* in response to biofilms[J]. Marine Biology, 2007, 150(4): 565-574.
- [10] Bonar D B, Coon S L, Walch M, *et al.* Control of oyster settlement and metamorphosis by endogenous and exogenous chemical cues[J]. Bulletin of Marine Science, 1990, 46(2): 484-498.
- [11] Coon S L, Bonar D B, Weiner R M. Induction of settlement and metamorphosis of the pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), by L-DOPA and catecholamines[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1985, 94(1): 211-221.
- [12] 潘洋, 张立斌, 张涛, 等. 动物性饵料对脉红螺(*Rapana venosa*)幼体的吸引力研究[J]. 海洋与湖沼, 2013, 44(6): 1578-1583.
- Pan Y, Zhang L B, Zhang T, *et al.* Attraction of animal diets to the larvae of *Rapana venosa*[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2013, 44(6): 1578-1583 (in Chinese).
- [13] 叶安发, 周一兵, 代智能, 等. 温度和体重对脉红螺呼吸和排泄的影响[J]. 大连水产学院学报, 2008, 23(5): 364-369.
- Ye A F, Zhou Y B, Dai Z N, *et al.* Effect of temperature and body weight on respiration and excretion in conch *Rapana venosa* Valenciennes[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2008, 23(5): 364-369 (in Chinese).
- [14] 刘吉明, 任福海, 杨辉. 脉红螺生态习性的初步研究[J]. 水产科学, 2003, 22(1): 17-18.
- Liu J M, Ren F H, Yang H. Preliminary study on the ecological characteristic of *Rapana venosa* (Valenciennes)[J]. Fisheries Science, 2003, 22(1): 17-18 (in Chinese).
- [15] 杨建敏, 李琪, 郑小东, 等. 中国沿海脉红螺(*Rapana venosa*)自然群体线粒体DNA 16S rRNA遗传特性研究[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(3): 257-262.
- Yang J M, Li Q, Zheng X D, *et al.* Genetic diversity in populations of *Rapana venosa* in coastal waters of China[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2008, 39(3): 257-262 (in Chinese).
- [16] 李华琳, 李文姬, 张明, 等. 大钦岛海区虾夷扇贝采苗试验[J]. 水产科学, 2012, 31(6): 367-370.
- Li H L, Li W J, Zhang M, *et al.* Wild spat collection of Japanese scallop *Patinopecten yessoensis* in coastal Daqin Island, Shandong Province[J]. Fisheries Science, 2012, 31(6): 367-370 (in Chinese).
- [17] Harding J M. Growth and development of veined rapa whelk *Rapana Venosa* veligers[J]. Journal of Shellfish Research, 2006, 25(3): 941-946.
- [18] 潘洋, 邱天龙, 张涛, 等. 脉红螺早期发育的形态观察[J]. 水产学报, 2013, 37(10): 1503-1512.
- Pan Y, Qiu T L, Zhang T, *et al.* Morphological studies on the early development of *Rapana venosa*[J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(10): 1503-1512 (in Chinese).
- [19] 梁飞龙, 毛勇, 余祥勇, 等. 方斑东风螺人工育苗试验[J]. 海洋湖沼通报, 2005, 1: 79-85.
- Liang F L, Mao Y, Yu X Y, *et al.* Experiment on artificial breeding of *Babylonia areolata* (Lamrck)[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2005, 1: 79-85 (in Chinese).
- [20] 林国清, 林丹, 陈曦飞, 等. 泥东风螺(*Babylonia lutosa*)规模化人工育苗技术和早期发育观察[J]. 福建水产, 2015, 37(1): 20-28.
- Lin G Q, Lin D, Chen X F, *et al.* Research on the scale artificial breeding technique and the morphological observation of the early developmental stages of *Babylonia lutosa*[J]. Journal of Fujian Fisheries, 2015, 37(1): 20-28 (in Chinese).
- [21] 刘文广, 李琪, 高凤祥, 等. 长牡蛎繁殖周期、生化成分的季节变化与环境因子的关系[J]. 热带海洋学报, 2011, 30(3): 88-93.
- Liu W G, Li Q, Gao F X, *et al.* Seasonal variation in reproductive cycle and biochemical composition in relation to environmental factors in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2011, 30(3): 88-93 (in Chinese).
- [22] 阮飞腾, 高森, 李莉, 等. 山东沿海魁蚶繁殖周期与生化成分的周年变化[J]. 水产学报, 2014, 38(1): 47-55.
- Ruan F T, Gao S, Li L, *et al.* Gonad development and biochemical composition in the ark shell *Scapharca*

- broughtonii* from coast of Shandong Peninsula[J].
Journal of Fisheries of China, 2014, 38(1): 47-55 (in
Chinese).
- [23] 杨大佐, 周一兵, 管兆成, 等. 脉红螺工厂化人工育苗
试验[J]. 水产科学, 2007, 26(4): 237-239.
- Yang D Z, Zhou Y B, Guan Z C, *et al.* Technique for
Industrial Breeding in *Rapana venosa* Valenciennes[J].
Fisheries Science, 2007, 26(4): 237-239 (in Chinese).

Studies on larval metamorphosis and feed conversion of *Rapana venosa*

YANG Zhipeng, YU Hong, YU Ruihai, KONG Lingfeng, LI Qi*

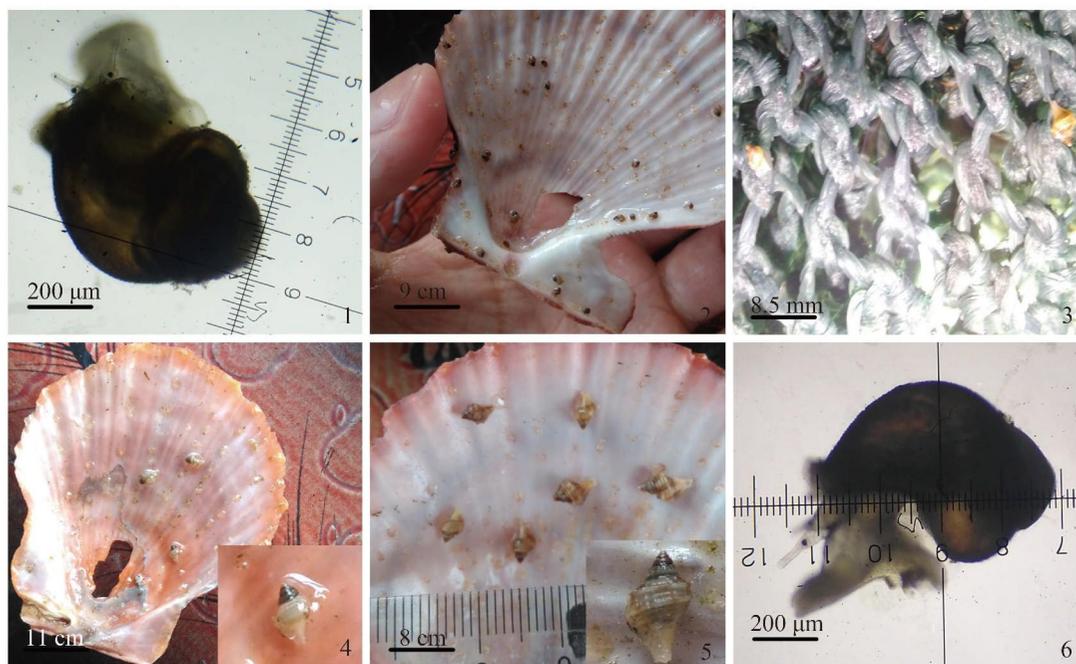
(Key Laboratory of Mariculture Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: In the past decades, the natural resources of *Rapana venosa* in China have obviously declined because of over-exploitation and habitat destruction. It is very necessary to study the artificial reproduction of *R. venosa* for recovering natural resources and meeting the demand of the market. However, large-scale artificial seedling of *R. venosa* is still hampered by low larval metamorphosis rates and feed conversion. In order to solve these problems, larval rearing, spat collection and juveniles' culture were systematically investigated in the study. The results showed that in the early stage of the planktonic larvae, growth rate of shell height was 21.8 $\mu\text{m}/\text{d}$ (0–12 d). In the middle stage of the planktonic larvae, growth rate of shell height was 3 $\mu\text{m}/\text{d}$ (13–18 d). In the late stage of the planktonic larvae, growth rate of shell height was 46.8 $\mu\text{m}/\text{d}$ (19–30 d). After being induced by the fresh seawater from the precipitation pond, the planktonic larvae began to settle and metamorphose on the first day and the process of settlement and metamorphosis ended with 40% of larval metamorphosis on the fourth day. The juveniles of *R. venosa* can feed on spats of *Crassostrea gigas* newly settled to the scallop shells and spats of *Scapharca broughtonii* newly settled to the monofilament nylon. Growth rate of shell height in the juveniles was 65.6 $\mu\text{m}/\text{d}$ (1–8 d). From the ninth day, growth rates of the juveniles obviously quickened. Growth rates of shell height were 136.4 $\mu\text{m}/\text{d}$ (9–12 d), 307.3 $\mu\text{m}/\text{d}$ (13–16 d) and 445.8 $\mu\text{m}/\text{d}$ (17–20 d), respectively. It is suggested that the competent larvae of *R. venosa* can be induced to settle and metamorphose by the fresh seawater from the precipitation pond. Spats of *C. gigas* and *S. broughtonii* could be animal feeds of the juveniles of *R. venosa*.

Key words: *Rapana venosa*; juveniles; artificial reproduction; settlement; metamorphosis

Corresponding author: LI Qi. E-mail: qili66@ouc.edu.cn

Funding projects: National Key Technology R&D Program (2011BAD13B01); National Natural Science Foundation of China (31201998); National Special Research Fund for Non-Profit Marine Sector (201205023)



图版 脉红螺稚螺

1. 刚变态的稚螺(1200 μm); 2. 附着在扇贝壳上的稚螺; 3. 附着在网片上的稚螺; 4. 3~4 mm的稚螺; 5. 7~8 mm的稚螺; 6. 刚变态的稚螺(1025 μm)

Plate The juveniles of *R. venosa*

1. newly metamorphosed juvenile (1200 μm shell height); 2. the juveniles settled to the scallop shell; 3. the juveniles settled to the monofilament nylon; 4. the juveniles of 3-4 mm shell height; 5. the juveniles of 7-8 mm shell height; 6. newly metamorphosed juvenile (1025 μm shell height)