

几种生态因子对管角螺孵化及稚螺的影响

曾国权¹, 蒋霞敏², 陆珠润², 柴学森², 夏周²

(1.浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州 325005; 2.宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 采用单因子试验研究了温度、盐度、孵化密度、饵料种类、底质对管角螺孵化及稚螺的影响。研究表明: 孵化的适宜温度为 18~30℃, 最适温度为 21~30℃; 适宜盐度为 20~30, 最适盐度为 25; 充气条件下, 孵化适宜密度为 $6 \times 10^3 \sim 30 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$, 不充气条件下, 孵化适宜密度为 $6 \times 10^3 \sim 24 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$, 不充气初孵稚螺壳高与孵化密度负相关。稚螺适宜盐度为 15~30, 最适盐度为 25~30; 充气的条件下, 培养适宜密度为 $1 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$, 培养最适密度为 $3 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$; 较佳饵料为缢蛏和菲律宾蛤子; 较佳底质为细砂和砖瓦。

关键词: 温度; 盐度; 密度; 饵料; 底质; 管角螺

中图分类号: S968.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-5132 (2012) 03-0007-06

管角螺(*Hemifusus tuba* Gmelin)隶属腹足纲(Gastropoda)、新腹足目(Neogastropoda)、盔螺科(Galeodidae)、角螺属(*Hemifusus*), 俗称毛螺, 是浅海较大型经济食用单壳螺类, 主要分布在浙江以南、广东、广西和海南沿海^[1]。管角螺螺体大, 肉鲜美且脆, 深受人们的喜爱。目前管角螺主要靠底拖网获得。近年由于滥捕和污染等原因, 管角螺数量锐减, 市场价格飞涨, 达 100~200 元·kg⁻¹。

有关管角螺的研究, 国内外主要集中在繁殖发育^[2-4]、营养成分分析^[5-6]、代谢^[7-9]、摄食与种内残杀^[10-12]。国内人工育苗正在试验阶段^[13-14], 尚未突破规模化, 原因是管角螺育苗与生长的许多影响因子尚未摸清^[15-17]。笔者旨在通过温度、盐度和孵化密度对管角螺胚胎发育及盐度、培养密度、饵料和底质对管角螺稚螺的单因子试验, 确定孵化和稚螺培养的适温、适盐、适饵等, 为该物种的规模化人工育苗与养殖提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

试验于 2009 年 6 月至 2009 年 8 月进行, 亲螺由浙江省玉环海区以及象山海区底拖网获得, 暂

养于 6 m×4 m×1.5 m 的水泥池中, 水深 60 cm, 水温 23~25℃, 盐度 21.5~22.1, pH 为 7.8, 遮光, 投喂缢蛏(*Sinonovacula constricta*)、菲律宾帘蛤(*Ruditapes philippinarum*)等, 投喂量为螺重的 10%, 每天换水 1 次, 全换, 24 h 连续充气。试验用卵囊和稚螺为人工育苗获得。

1.2 方法

1.2.1 温度试验

设置 12、15、18、21、24、27、30、33℃ 8 个温度梯度, 各 3 个平行, 用 500 mL 的烧杯培养, 培养水体为 500 mL, 每个烧杯内放初产卵囊 10 ind。每个梯度的 3 个烧杯置于 50 cm×50 cm×35 cm 的泡沫箱内, 水浴, 用加热棒和冰袋控制温度, 温差±1℃。培养条件: 盐度 21.5~22.1, pH 为 7.8, 自然光照, 24 h 连续充气, 每天换水 1 次, 等温等盐换水。

1.2.2 盐度试验

设置 5、10、15、20、25、30 六个盐度梯度, 各 3 个平行, 温度 25~30℃, 不同盐度用自然海水加海水晶或淡水配制而成, 其他条件及方法同 1.2.1 节。初孵稚螺用塑料盆(Φ 23.5 cm×8 cm)培养, 水位高 7 cm, 盆内放 5 块经高锰酸钾消毒的碎瓦片, 每盆放壳高为(5.4±0.45) mm 的初孵稚螺 20 ind, 每

天投喂剪碎的缢蛏肉, 培养 30 d.

1.2.3 密度试验

卵囊孵化密度设置 6×10^3 、 12×10^3 、 18×10^3 、 24×10^3 、 30×10^3 ind·m⁻³ 5 个梯度, 每个梯度设置充气组与不充气组; 初孵稚螺培养密度设置 1×10^4 、 2×10^4 、 3×10^4 、 4×10^4 、 5×10^4 、 6×10^4 ind·m⁻³ 6 个梯度, 初始壳高为 (5.8 ± 0.34) mm, 各 3 个平行, 温度 25~30 °C, 盐度 21.5~22.1, 其余条件同 1.2.1 节.

1.2.4 饵料试验

分别投喂缢蛏、菲律宾帘蛤、硬颗粒饲料和面团状配合饲料, 并设置空白对照(不投饵), 各 3 个平行, 初孵稚螺壳高为 (5.8 ± 0.19) mm. 缢蛏与菲律宾帘蛤剪碎, 粒径约 5 mm; 硬颗粒饲料为蟹用饲料(天邦股份有限公司提供), 粒径约 1.5 mm; 面团状配合饲料用幼鳗饲料粉(天邦股份有限公司提供)加水揉成团块. 盐度 21.5~22.1, 其余条件同 1.2.3 节.

1.2.5 底质试验

在塑料盆($\Phi 23.5$ cm $\times$ 8 cm)内投放细砂、粗砂和瓦片 3 种底质, 并设置空白对照, 各 3 个平行, 初孵稚螺壳高为 (5.8 ± 0.34) mm, 粗砂经 20 目筛网过滤, 细砂 40 目筛网过滤, 所用细砂、粗砂与砖瓦都经高锰酸钾、煮沸消毒处理, 粗砂和细砂厚度 1.5 cm, 盐度 21.5~22.1, 其余条件同 1.2.3 节.

1.3 测量与计算

试验期间, 每天观察, 记录每个试验烧杯中稚螺破囊而出所需的时间及每个烧杯孵出稚螺的个数, 并测量初孵稚螺的壳高. 初孵稚螺试验, 每隔 10 d 用直尺及圆规测量盆中所有管角螺的壳高(精确到 1 mm), 用 SPSS 软件(13.0 版本)进行单因素方差分析, 如差异显著($P < 0.05$), 则用邓肯(Duncan)检验进行多重比较, 数据、图表用 Excel 软件处理.

$$\text{壳高特定增长率}(\% \cdot \text{d}^{-1}) = (\ln H_2 - \ln H_1) / (t_2 - t_1),$$

$$\text{存活率}(\%) = A_2 / A_1 \times 100\%,$$

其中: H_1 为初孵稚螺的壳高, H_2 为 30 d 后幼螺的壳高; A_1 为试验开始时初孵稚螺数, A_2 为 30 d 后存活的幼螺数.

2 结果与分析

2.1 温度对孵化的影响

不同水温对孵化的影响显著($P < 0.05$), 水温低

于 15 °C 和高于 33 °C, 胚胎全部死亡, 经 Duncan 多重比较可得, 在适温范围内, 卵囊平均出稚螺数 24 °C 最多(25.78 ind), 18 °C 最少(18.81 ind) (图 1); 孵化时间和温度成负相关, 18 °C 需 47.00 d, 而 30 °C 只需 39.67 d; 初孵稚螺壳高依次为: 21 °C 组(6.47 mm) > 18 °C 组(5.89 mm) > 24 °C 组(5.85 mm) > 27 °C 组(5.36 mm) > 30 °C (4.64 mm) (图 2); 以平均卵囊出稚螺数为主要指标确定, 管角螺胚胎发育的适宜温度范围为 18~30 °C, 最适温度范围为 21~30 °C.

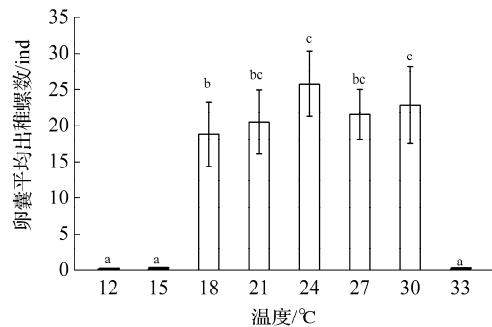


图 1 温度对卵囊平均出稚螺数的影响

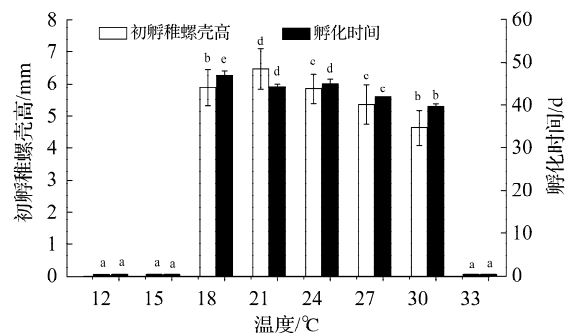


图 2 温度对孵化时间与初孵稚螺壳高的影响

2.2 盐度对孵化及稚螺的影响

盐度对孵化影响显著($P < 0.05$), 盐度低于 20 和高于 30, 胚胎全部死亡. 经 Duncan 多重比较可得, 卵囊平均出稚螺数依次为: 25 盐度组(31.50 ind) > 20 盐度组(3.83 ind)、30 盐度组(0.83 ind) (图 3); 孵化时间依次为: 30 盐度组(50.67 d) > 20 盐度组(45.67 d) > 25 盐度组(38.00 d); 初孵稚螺壳高依次为: 30 盐度组(5.80 mm) > 25 盐度组(5.14 mm) > 20 盐度组(4.70 mm) (图 4); 管角螺孵化的适宜盐度为 20~30, 最适盐度为 25.

盐度对稚螺影响显著($P < 0.05$), 盐度低于 10, 存活率为 0, 经 Duncan 多重比较可得, 存活率依次为: 20 盐度组(75%)、25 盐度组(70%)、30 盐度组(63.33%) > 15 盐度组(53.33%); 稚螺的壳高特定增

长率依次为: 25 盐度组($0.0369\% \cdot d^{-1}$) > 30 盐度组($0.0371\% \cdot d^{-1}$) > 20 盐度组($0.0314\% \cdot d^{-1}$) > 15 盐度组($0.0197\% \cdot d^{-1}$) (图 5)。在试验范围内, 管角螺稚螺生长适宜盐度为 15~30, 最适盐度为 25~30。

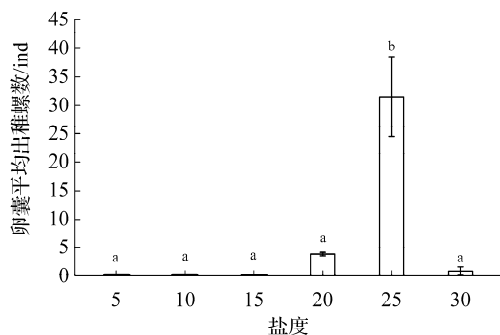


图3 盐度对卵囊平均出稚螺数的影响

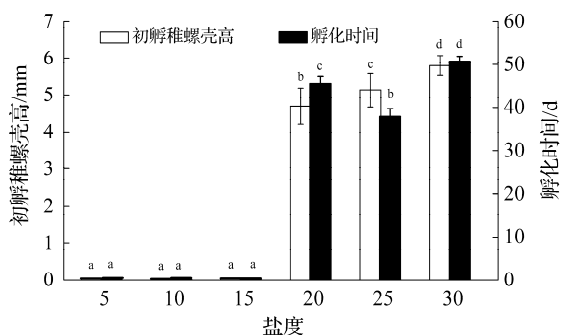


图4 盐度对孵化时间与初孵稚螺壳高的影响

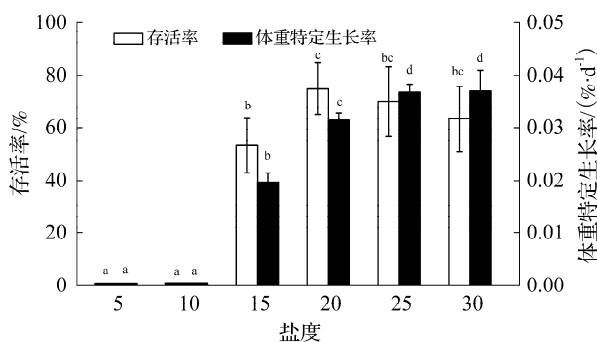


图5 盐度对初孵稚螺存活与生长的影响

2.3 密度对孵化及稚螺的影响

经方差分析, 孵化密度对卵囊平均出稚螺数和孵化时间的影响不显著($P>0.05$) (图 6), 但充气与否对初孵稚螺壳高影响显著($P<0.05$), 经 Duncan 多重比较可得, 不充气组的初孵稚螺壳高与孵化密度成负相关, 依次为: $6 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ 组(5.60 mm) > $12 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ 组(5.61 mm) > $18 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ 组(5.28 mm) > $24 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ 组(5.01 mm) > $30 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ 组(4.88 mm)。充气条件下, 卵囊适宜孵化密度为: $6 \times$

$10^3 \sim 30 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$, 不充气条件下, 卵囊的适宜孵化密度为 $6 \times 10^3 \sim 24 \times 10^3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ (图 7)。

培养密度对稚螺存活率影响显著($P<0.05$), 但对壳高特定增长率的影响不显著($P>0.05$), 经 Duncan 多重比较可得, 管角螺稚螺的适宜培养密度为 $1 \times 10^4 \sim 6 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$, 最适培养密度为 $1 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ (图 8)。

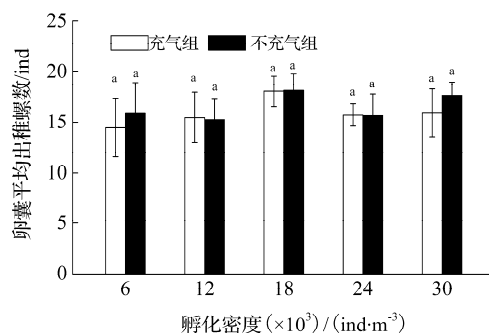


图6 孵化密度对卵囊平均出稚螺数的影响

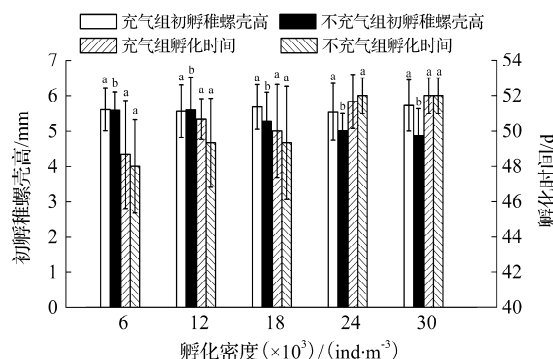


图7 孵化密度对卵囊孵化时间与初孵稚螺壳高的影响

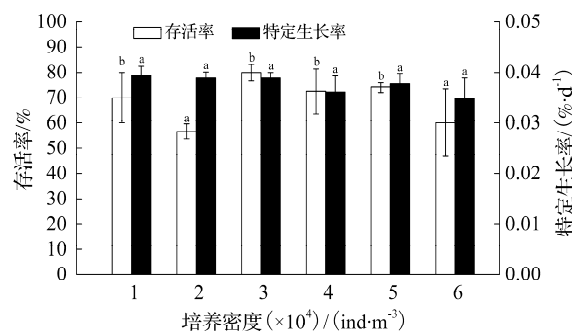


图8 培养密度对初孵稚螺生长的影响

2.4 饵料对稚螺的影响

不同饵料对稚螺生长影响显著($P<0.05$), 经 Duncan 多重比较可得, 成活率依次为: 菲律宾蛤子组(76.67%) > 缢蛏组(75%) > 团块状配合饲料组(10%) > 硬颗粒饲料组(5%) > 空白组(8.33%); 稚螺壳高特定增长率依次为: 缢蛏组($0.0380\% \cdot d^{-1}$) >

菲律宾蛤子组($0.0331\% \cdot d^{-1}$)>团块状配合饲料组($0.0094\% \cdot d^{-1}$)>硬颗粒饲料组($0.0029\% \cdot d^{-1}$)>空白组($0.0042\% \cdot d^{-1}$) (图 9)。在试验范围内,稚螺生长的最佳饵料为缢蛏和菲律宾蛤子。

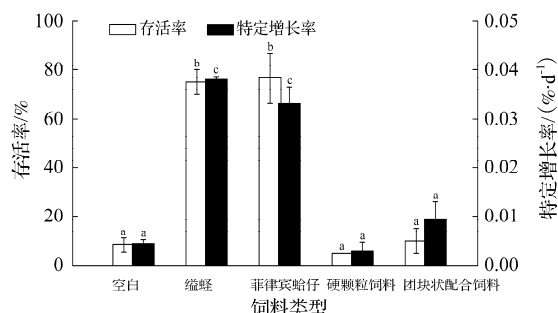


图 9 饵料对初孵稚螺生长的影响

2.5 底质对稚螺的影响

不同底质对稚螺存活率影响显著($P<0.05$),但对壳高特定增长率影响不显著($P>0.05$),经 Duncan 多重比较可得,存活率依次为:细砂组(90%)>砖瓦组(86.67%)>粗砂组(53.33%)>空白组(46.67%);壳高特定增长率为 $0.0244 \sim 0.0301\% \cdot d^{-1}$ 。在试验范围内,稚螺生长的最佳底质是细砂和砖瓦(图 10)。

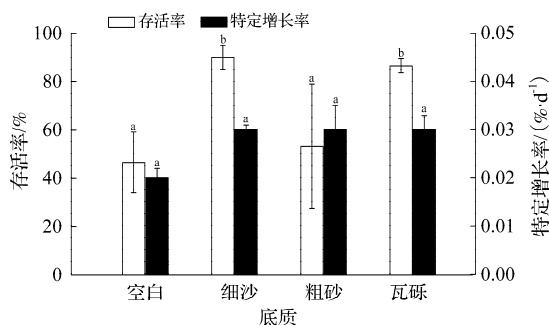


图 10 底质对初孵稚螺生长的影响

3 讨论

3.1 温度对孵化的影响

温度是影响物种孵化的重要生态因子之一。众多研究表明,温度影响物种的孵化率和孵化速度^[18-21]。实验表明,水温过低会使胚胎发育停滞,水温过高会抑制胚胎发育,并引起破坏性的影响,但低温对胚胎造成的损伤能否随温度升高恢复,并继续发育还有待进一步研究。本试验表明管角螺胚胎发育的适宜水温为 $18 \sim 30^{\circ}\text{C}$,在江浙一带,管角螺在 5~7 月份产卵孵化,5~7 月份的温度在 $22 \sim 27^{\circ}\text{C}$,正好与试验结果一致。由于试验安排间

隔温差为 3°C ,胚胎发育能忍受的最低温度和最高温度到底是多少?有待进一步试验。

3.2 盐度对孵化及稚螺的影响

海水盐度与水温一样是直接影响海水物种胚胎发育和存活的主要因素之一^[22]。从试验结果看,管角螺孵化的适盐范围较狭,盐度低于 15 完全不能孵化,适盐范围为 $20 \sim 30$,最适 25。而温度实验中发现,胚胎在盐度为 $21.5 \sim 22.1$ 条件下,其卵囊平均出稚螺数也可以高达 25.78 ind. 究其原因可能是本实验设计时,直接将卵囊从自然海水的盐度 25 放至各盐度组,没有进行逐步的淡化和盐化,管角螺的卵虽然外包卵囊,但对盐度的短时间大幅度改变适应能力较差,有关孵化盐度范围还有待进一步研究。本实验表明管角螺稚螺生长适宜盐度为 $15 \sim 30$,最适盐度为 $25 \sim 30$,随着生长,管角螺稚螺对盐度的适应范围增大,如果放养时对幼螺进行逐步淡化和盐化,其成活率和生长率有望进一步提高。

3.3 密度对孵化及稚螺的影响

孵化密度和溶氧量是野生物种孵化的一个影响因子,充气与否直接影响胚胎发育,一般充气情况下,由于有充足的溶氧,孵化密度的高低不影响其孵化率;但不充气情况下,孵化密度高孵化率会明显下降。试验结果表明,孵化密度仅仅影响了初孵稚螺的壳高,这可能是由于管角螺胚胎发育的整个过程都在卵囊内进行,卵囊外壳较厚,因此外界环境对胚胎的影响较小,胚胎以败育卵作为营养,无需从外界环境摄取。但从本实验不充气组中,最高密度组的初孵稚螺壳高有所减小可以推知,胚胎通过卵囊与外界环境进行气体交换,因此水中溶氧量不足会影响胚胎发育。

稚螺培养密度过小容易造成养殖环境资源的浪费,培养密度过大往往会导致种内对空间和饵料的竞争,当水域空间趋于紧张时,由于竞争作用通常使弱者处于劣势,生长率下降。在本试验中发现,培养密度过大虽然造成了存活率的降低,但是对稚螺的壳高特定增长率无显著影响。Blackburn 等^[23]认为充足的溶氧会降低培养密度对物种生长的抑制。本次实验保持了良好的水质,溶氧充足,水温适宜,从而使高密度组的特定增长率并没有出现下降趋势。另外,由于管角螺初孵稚螺的个体

较大,壳高为 (5.8 ± 0.34) mm,从卵囊内孵出即摄食蛭或蛤肉,食性较凶猛,稚螺个体间存在自相残杀现象,如果稚螺数量过大,稚螺间会通过相互残杀,来获取饵料和空间环境,这也是壳高特定增长率无显著下降的另一个原因。试验中 2×10^4 ind·m⁻³密度组的存活率比 1×10^4 ind·m⁻³密度组和 3×10^4 ind·m⁻³密度组都小,这有可能是由于试验误差造成的。

3.4 饵料对稚螺的影响

管角螺是一种肉食性螺类,稚螺间存在自相残杀现象,所以在人工养殖中,必须要有充足的饵料。试验中发现所投的4种饵料中,不管是稚螺成活率,还是壳高特定增长率都是缢蛭和菲律宾蛤子远远优于配合饲料。这是因为稚螺喜欢摄食缢蛭和菲律宾蛤子,不喜欢摄食配合饲料。但在实验中同时发现稚螺虽然对硬颗粒饲料很少问津,但对团块状软配合饲料还是会常常光顾,这给软颗粒饲料的研制带来了希望。如果将缢蛭和菲律宾蛤子作为管角螺养成的饵料,定会与人类争食,降低经济效益。所以开发一种成本低、生长快、存活率高、管角螺喜食的配合饲料是解决大规模人工养殖管角螺的关键之一。

3.5 底质试验稚螺的影响

试验表明虽然底质对存活的稚螺壳高特定增长率影响不显著,但对稚螺存活率影响显著($P < 0.05$)。在试验过程中发现,铺有细砂,稚螺白天喜钻入砂中,投饵时或晚上出来觅食;铺有砖瓦,稚螺白天喜躲避于砖瓦底下;无底质,稚螺喜爬壁露于水面。实验证明细砂和砖瓦的环境不但能提供遮阴避光的环境,又方便稚螺活动摄食,所以稚螺生长良好;但粗砂环境中,稚螺虽然也能钻入砂中,而不易爬出摄食,导致存活率和壳高特定增长率降低;无底质稚螺喜爬壁,容易干露致死,导致存活率下降。本实验在试验初期,曾设置海泥和泥砂,因为海泥和泥沙颗粒过小,换水时,容易浑浊,导致稚螺鳃孔堵塞,死亡率达100%。这与林志华等^[24]研究发现管角螺的最佳生长底质为泥砂底质有出入,原因可能是由于林志华的实验环境较大,换水时底质不会浑浊,不影响稚螺生长。今后若进行池塘养殖,泥与细砂底质哪个更适宜管角螺稚螺生长可进一步研究。

参考文献:

- [1] 齐钟彦. 中国经济贝类[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998:102-103.
- [2] 杨铭. 角螺的繁殖生物学观察[J]. 海洋与渔业, 2008(4):19-22.
- [3] 潘英, 庞有萍, 罗福广, 等. 管角螺的繁殖生物学[J]. 水产学报, 2008, 32(2):217-222.
- [4] 潘英, 陈锋华, 庞有萍, 等. 管角螺的生物学特性及养殖[J]. 水产科学, 2008, 27(1):24-26.
- [5] 傅余强, 顾谦群, 刘睿, 等. 管角螺肌肉中性糖蛋白的化学组成及抗肿瘤活性研究[J]. 中国海洋药物, 2002, 90(6):20-24.
- [6] 朱意爱, 赵向炯, 杨运琪. 东极海区管角螺软体部的营养成分分析[J]. 南方水产, 2008, 4(2):63-68.
- [7] 罗杰, 刘楚吾, 唐洪超, 等. 温度对管角螺 *Hemifusus tuba* (Gmelin)耗氧率和排氨率的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2008, 28(1):85-88.
- [8] 罗杰, 刘楚吾, 李锋, 等. 盐度及规格对管角螺耗氧率和排氨率的影响[J]. 海洋科学, 2008, 32(5):46-50.
- [9] Phillips D J H, Depledge M H. Circulation, respiration and fluid dynamics in the gastropod mollusc, *Hemifusus tuba* (Gmelin)[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1986, 95(1):1-13.
- [10] Morton B. Prey preference, capture and ration in *Hemifusus tuba* (Gmelin) (prosobranchia: Melongenidae) [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1985, 94(1/3):191-210.
- [11] Morton B. Reproduction, juvenile growth, consumption and the effects of starvation upon the South China Sea whelk *Hemifusus tuba* (Gmelin) (Prosobranchia: Melongenidae)[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1986, 102(2/3):257-280.
- [12] Morton B. Juvenile growth of the South China Sea whelk *Hemifusus tuba* (Gmelin) (Prosobranchia: Melongenidae) and the importance of sibling cannibalism in estimates of consumption[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1987, 109(1):1-14.
- [13] 张正道. 管角螺的人工育苗[J]. 科学养鱼, 2001(4):25.
- [14] 潘英, 王强哲, 庞有萍, 等. 管角螺全人工育苗试验[J]. 水产科技情报, 2007, 34(2):84-85.
- [15] 林志华, 王铁轩, 夏彩国. 管角螺生态及繁殖习性观察[J]. 海洋科学, 1998, 13(5):11-12.
- [16] 罗杰, 刘楚吾, 黄翔鹄. 盐度对管角螺胚胎发育的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2007, 27(3):24-27.
- [17] 陆珠润, 蒋霞敏, 段雪梅, 等. 不同温度、底质和饵料对管角螺孵化和稚、幼螺生长的影响[J]. 南方水产,

- 2009, 5(3):10-14.
- [18] Pechenik J A. The relationship between temperature, growth rate and duration of planktonic life for larvae of the gastropod *Crepidula fomicata* (L.)[J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1984, 74:241-257.
- [19] Buckingham M J, Freed D J. Effects of temperature and pH on the oxygen consumption in the prosobranch snail *Viviparus contectoi des* (Mollusca: Gastropoda)-II[J]. Comp Biochem Physiol, 1976, 53A:249-252.
- [20] 刘中丽, 邓根云, 蔡涤华, 等. 温度对大瓶螺(*Ampullaria gigas* Spix)心率与卵孵化速度的影响[J]. 华北农学报, 1991, 6(1):110-114.
- [21] 刘建勇, 卓健辉. 温度和盐度对方斑东风螺胚胎发育的影响[J]. 湛江海洋大学学报, 2005, 25(1):1-4.
- [22] 许章程, 金亮, 宋普庆, 等. 温度和盐度与细角螺幼体生存、生长及发育的关系[J]. 台湾海峡, 2009, 28(2): 266-271.
- [23] Blackburn J, Clarke W C. Lack of density effect on growth and smolt quality in zero-age coho salmon[J]. Aquac Engineering, 1990, 9:121-130.
- [24] 林志华, 王铁杆, 夏彩国. 管角螺的人工育苗[J]. 海洋科学, 1998, 13(5):129-134.

Effects of Several Ecological Factors on Embryonic and Larval Development of *Hemifusus tuba*

ZENG Guo-quan¹, JIANG Xia-min², LU Zhu-run², CHAI Xue-sen², XIA Zhou²

(1. Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, China;

2. School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The monofactorial experiment is conducted to investigate the effects of temperature, salinity, incubation density, food, and sediment on embryonic and larval development of *Hemifusus tuba*. The results indicate that the appropriate hatching temperature ranges from 18 °C to 30 °C, and the optimal range covers from 21 °C to 30 °C; the appropriate salinity for hatching is between 20 to 30 with optimal effect being 25. With air provided, the appropriate hatching density is found from 6×10^3 to 30×10^3 ind·m⁻³. When no air is provided, the appropriate hatching density ranges from 6×10^3 to 24×10^3 ind·m⁻³, meanwhile, the height of the larval *Hemifusus tuba* is negatively correlated with the hatching density. For the development of the larval *Hemifusus tuba*, the appropriate salinity is from 15 to 30 with optimal range being from 25 to 30. With air provided, the appropriate cultured density ranges from 1×10^4 to 5×10^4 ind·m⁻³, and the optimal effect is achieved using 3×10^4 - 5×10^4 ind·m⁻³. The best food is *Sinonovacula constricta* and *Ruditapes philippinarum*; and the most appropriate sediment is fine sand and bricks.

Key words: temperature; salinity; density; food; sediment; *Hemifusus tuba*

(责任编辑 史小丽)