

酸碱度、盐度对方斑东风螺卵囊孵化率和不同饵料对幼虫生长发育、存活的影响

罗杰, 杜涛, 刘楚吾

(湛江海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524025)

摘要: 分别用 pH6.32~9.76 和盐度 16.7~40.9 共 8 个梯度的海水进行方斑东风螺 (*Babylonia areolata* Lamarck) 卵囊的孵化试验。结果表明, 卵囊孵化最适 pH 范围在 8.23~9.35 之间, 孵化率均在 80% 以上, pH8.81 时高达 93.7%; 卵囊孵化适宜盐度范围为 30.3~37.0, 盐度 40.9 时仍有 67.0% 的孵化率, 表现出耐高盐的特性, 盐度低于 27.6, 孵化率明显下降。幼虫在 15 d 的培育过程中, 通过投喂不同的饵料, 结果显示投喂单胞藻比投喂人工配合饵料、酵母效果好, 单独投喂扁藻 (*Platymonas subcordiformis* (Wille) Hazen) 幼虫生长发育最快, 体长增长倍数达 1.90 倍; 投喂扁藻、小球藻 (*Chlorella* spp.)、扁藻 + 金藻 (*Isochrysis galbana* Parke)、扁藻 + 小球藻幼虫的成活率相差不明显, 分别为 58.5%、54.3%、63.3% 和 50.3%, 而投喂人工配合饵料虾片、螺旋藻粉幼虫成活率则较低, 只有 3.6% 和 12.8%, 投喂酵母第 9 天全部死亡。

关键词: 方斑东风螺 (*Babylonia areolata* Lamarck); 卵囊; 幼虫; 孵化率; 存活率

中图分类号: S968.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2004)06-0005-05

方斑东风螺 (*Babylonia areolata* Lamarck), 属腹足纲 (Gastropoda) 蛾螺科 (Buccinidae) 的软体动物, 呈长卵圆形, 螺旋部呈圆锥形, 体螺层膨大, 壳质厚而坚实, 壳面光滑、白色具褐色方形的斑块, 生活在 7~30 m 深的泥质海底, 中国东南沿海均有分布^[1]。该螺味道鲜美, 美味可口, 经济和营养价值都很高。近年来, 中国的潮汕、湛江地区已开展方斑东风螺的人工养殖, 但是苗种供应问题阻碍了养殖业的发展。国内外学者对方斑东风螺的产卵习性和生态学进行了比较详细的研究^[2~3], 但是人工育苗方面报道比较少, 尤其是酸碱度、盐度对方斑东风螺卵囊孵化的影响和饵料对浮游幼虫生长发育、存活的影响, 尚未见报道。作者分别用 pH6.32~9.76 和盐度 16.7~40.9 共 8 个梯度的海水孵化卵囊以及用不同的饵料系列培养浮游幼虫, 通过试验, 确定卵囊孵化的 pH、盐度适应范围和幼虫适宜饵料, 为方斑东风螺人工育苗提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 亲螺的来源和实验器具

实验在湛江市硇洲岛宜人海珍养殖场进行。亲螺

捕自湛江海区, 壳高为 5.43~5.94 cm, 壳宽为 3.15~3.33 cm。实验容器为 10 000 mL 的灰色塑料桶, pH 测定仪为 pH D-1 型高数字显示酸度计 (福光电子有限公司生产), 用比重计测定海水的质量密度后再换算成盐度。

1.1.2 实验用水

实验海水盐度 32.7, pH8.6, 水温 29 °C ± 0.5 °C。沉淀 24 h, 经 2 次过滤后使用。

1.1.3 培养幼虫的饵料

单胞藻用玻璃缸培养, 培养液采用湛水 101 号配方^[4]。酵母用马利牌即发干酵母、人工配合饲料为滋丰牌虾片和帆船牌螺旋藻粉。

1.2 实验方法

1.2.1 pH 和盐度梯度的配制

pH 用浓度为 1 mol/L 的 HCl 和 1 mol/L 的 NaOH

收稿日期: 2003-08-11, 修回日期: 2004-02-20

作者简介: 罗杰 (1965-), 男, 广西平南人, 在读研究生, 助理研究员, 主要从事水产养殖方面的研究。E-mail: hydxlj@163.com

调配,设 6.32,6.84,7.35,7.82,8.23,8.84,9.35 和 9.75 共 8 个 pH 梯度。盐度用地下水和粗盐(经过滤)配制,梯度为 16.8,20.9,22.3,27.6,30.3,32.9,37.0,40.9。

1.2.2 pH 和盐度对卵囊孵化的影响

每桶盛 8 000 mL 试验海水,然后分别移入 4 个经计数的卵囊(同一母螺当晚产)进行孵化试验,每组均设 2 个平行组,24 h 连续充氧。每 3 d 换水 1 次(加已调配好的海水)。每天用酸度计和比重计校对 pH 和盐度。第 8 天测定孵出的幼虫数量,统计其孵化率。

1.2.3 饵料对浮游幼虫生长、发育和存活的影响

把 1 500 个刚孵出的幼虫移入盛有 8 000 mL 海水的塑料桶,共设 8 个饵料系列,每个系列均设有重复组: A. 小球藻 (*Chlorella* spp.); B. 亚心形扁藻 (*Platymonas subcordiformis* (Wille) Hazen); C. 亚心形扁藻 + 等鞭金藻 (*Isochrysis galbana* Parke); D. 亚心形扁藻 + 小球藻; E. 骨条藻 (*Skeletonema costatum*); F. 酵母 (yeast); G. 人工配合饲料(虾片); H. 螺旋藻粉。

每天上午 8:00、下午 4:00 各投喂饵料 1 次。投喂单胞藻时,让藻液静止一段时间,取上浮活力好的投喂。骨条藻用 250 目网捞取,然后用 300 目筛绢搓洗投喂。虾片、酵母、螺旋藻粉用 300 目筛绢搓洗后投喂(投喂量见表 1)。每天换水 2/3,每 6 d 取 30 个幼虫测定其大小,然后取平均值。实验结束时对各饵料系列浮游幼虫的平均体长和存活数进行统计分析,并在

2.1.1 酸碱度对方斑东风螺卵囊孵化的影响

在 pH6.32 的海水环境中,作者观察到孵囊第 3 天开始变白,显微镜下观察卵囊里的卵子已停止发育。从图 1 可见, pH6.84,7.35,9.76 系列,虽然能够孵出幼虫,但 2 个平行组的平均孵化率都很低,分别只有 6.8%、7.8% 和 11.6%。pH8.23~9.35,孵化率均在 80% 以上, pH8.81 则高达 93.7%。可见方斑东风螺卵囊孵化最佳 pH 范围为 8.20~9.35,这与自然海水的 pH 接近。

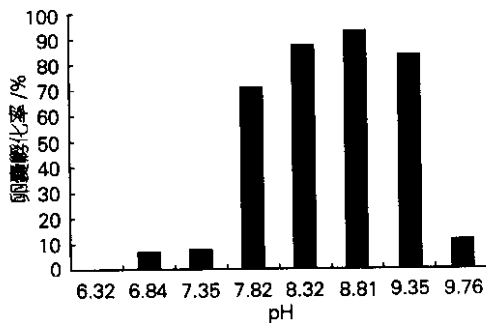


图 1 pH 对方斑东风螺卵囊孵化的影响

Fig. 1 The influence of pH on hatching of the egg sac of *Babylonia areolate*

2.1.2 盐度对方斑东风螺卵囊孵化率的影响

从图 2 可见,在盐度 16.8,20.9 的海水中,7 d 后卵囊的孵化率为零。盐度为 22.3 组,虽然有幼虫孵出,但孵化率很低,只有 7.2%,而且孵化时间延长,第 6 天才观察到少量幼虫孵出,孵化一直持续到第 8

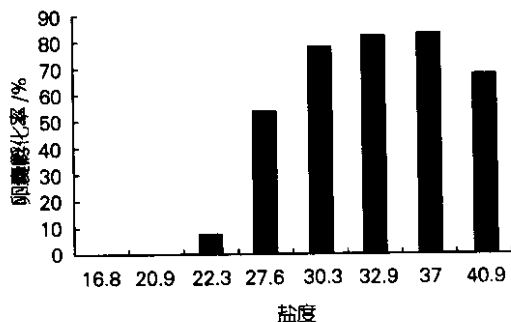


图 2 盐度对方斑东风螺卵囊孵化的影响

Fig. 2 The influence of salinity on hatching of the egg sac of *Babylonia areolate*

表 1 方斑东风螺各阶段幼虫的日投喂量(个细胞/mL)

Tab. 1 Daily diet for different stage of the larvae of *Babylonia areolate* (cell/mL)

饵料系列	幼虫发育期		
	壳顶前期	壳顶中期	壳顶后期
小球藻	1 200~1 500	1 800~2 200	2 500~3 000
扁藻	300~500	500~700	700~900
扁藻 + 金藻	150 + 600	250 + 800	350 + 1 200
扁藻 + 小球藻	150 + 600	250 + 1 000	400 + 1 500
骨条藻	少量	少量	少量
酵母	0.2~0.25	0.25~0.4	
虾片	0.2~0.25	0.25~0.4	0.5~0.6
螺旋藻粉	0.2~0.25	0.25~0.35	0.4~0.55

$\alpha = 0.05$ 水平上对结果进行差异显著性检验。

2 结果

2.1 酸碱度和盐度对方斑东风螺卵囊孵化的影响

天;盐度为 27.6~40.9 的 5 个系列,第 5 天就有大量的幼虫孵出,第 7 天卵囊孵化基本完成,平均孵化率分别为 53.7%、77.7%、82.1%、82.6%和 67.8%,可见方斑东风螺卵囊孵化适宜盐度范围在 30.3~37.0 之间,且呈现出耐高盐的倾向,盐度 40.9 时,仍有 67.8%的孵化率;盐度低于 27.6,孵化率则明显下降。

2.2 不同饵料对方斑东风螺浮游幼虫生长、发育和存活的影响

2.2.1 不同饵料对浮游幼虫生长的影响

投喂 8 组不同饵料培育的方斑东风螺浮游幼虫 15 d,观察到幼虫的生长速度存在明显的差异(表 2)。以投喂 I(扁藻)、II(扁藻+金藻)、III(扁藻+小球藻)、IV(骨条藻)的效果最好,特别是投喂 B,幼虫生长速度最快,全长的增长倍数平均达到 1.90 倍,投喂 A(小球藻)次之,增长倍数为 1.71 倍,而以虾片(1.34 倍)和螺旋藻粉(1.39 倍)以及酵母投喂效果较差,尤其是酵母,到第 9 天幼虫全部死亡。根据生长的差异显著性分析,投喂小球藻、扁藻、扁藻+金藻、骨条藻、扁藻+小球藻之间存在显著性差异,而酵母、虾片和螺旋藻粉之间则无显著性差异。

2.2.2 不同饵料对浮游幼虫发育的影响

从表 2 看出,方斑东风螺浮游幼虫投喂 I(扁藻)、II(扁藻+金藻)、III(扁藻+小球藻)、IV(骨条藻)

系列,经过 15 d 的培养,大部分个体进入壳顶后期,壳顶后期幼虫所占的比例在 60%~100%之间,单独投喂小球藻的 A 组,壳顶后期的幼虫占的比例较少,只有 50%左右。而投喂人工配合饵料、螺旋藻粉系列,幼虫全部停留在壳顶前期、壳顶中期阶段,发育速度明显比投喂 B、C、D、E 组的慢。

2.2.3 不同饵料对方斑东风螺浮游幼虫存活的影响

用不同的饵料投喂方斑东风螺浮游幼虫,各组饵料对幼虫成活率存在明显的差别(图 3),幼虫成活率平均波动范围在 3.6%~63.3%之间,其中投喂 I(扁藻+金藻)成活率最高,达到 63.3%,投喂扁藻、小球藻、扁藻+小球藻系列幼虫也有较高的成活率,分别为 58.5%、54.3%、50.3%,而投喂虾片和螺旋藻粉,幼虫成活率则很低,只有 3.6%和 12.8%,投喂酵母的 F 组,第 4 天观察在桶底有部分幼虫死亡,第 6 天死亡数量超过半数,第 9 天幼虫全部下沉死亡。

3 讨论

3.1 酸碱度和盐对方斑东风螺卵囊孵化率的影响

方斑东风螺生活在水质清澈的沙泥、砂砾底和环境条件相对稳定的海区。90 年代初期在湛江近海沿岸就可大量捕捞到。近年来,由于海水养殖业的迅猛发展,污染物的大量排放使局部海水的 pH 发生较

表 2 不同饵料对方斑东风螺浮游幼虫生长和发育的影响

Tab.2 Effect of different diet on the growth and development of the larvae of *Babylonia areolata*

组别	幼虫平均壳长(μm)			培养 15 d 幼虫发育阶段	壳顶后期幼虫所占比例(%)
	5 d	10 d	15 d		
小球藻	573.4	683.6	783.6	壳顶前、中、后期	52.2
	559.2	667.4	778.8	壳顶前、中、后期	51.6
扁藻	590.8	810.6	880.5	壳顶后期	100
	630.2	88.0	866.9	壳顶后期	100
扁藻+金藻	588.7	734.8	832.8	壳顶中、后期	84.5
	599.3	746.6	814.4	壳顶中、后期	78.6
扁藻+小球藻	583.6	694.6	811.4	壳顶前、中、后期	62.8
	594.4	684	789.2	壳顶前、中、后期	56.3
骨条藻	576.5	761.5	844.2	壳顶中、后期	80.3
	560.9	746.1	821.2	壳顶前、中、后期	78.6
酵母	494.3	548.7	全部死亡		
	481.3	524.3	全部死亡		
虾片	516.8	561.6	620.5	壳顶前、中期	0
	523.8	554.2	612.8	壳顶前、中期	0
螺旋藻粉	496.8	559.4	648.6	壳顶前、中期	0
	504.2	543.8	629.0	壳顶前、中期	0

注:实验开始时幼虫的平均壳长为 460 μm,每个饵料系列均设两个平行组

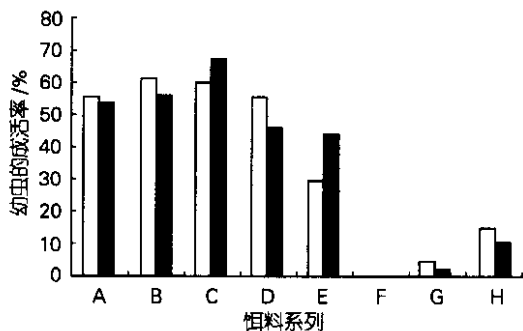


图3 不同饵料对方斑东风螺浮游幼虫存活的影响

Fig. 3 Effect of different diet on the survival rate of the larvae of *Babylonia areolata*

大变化,超出了 pH 的适宜范围。海水 pH 是海水理化性质的一个综合结果^[5]。pH 过低,水中 CO₂ 增多,溶解氧含量降低,易导致腐生细菌的大量繁殖^[6]。本试验中 pH 低于 7.35 方斑东风螺卵囊的孵化率明显下降,不到 10%,试验第 2 天卵囊的颜色明显变浅、萎缩,虽然有少量的幼虫孵出,但孵出时间延长到第 7 天。pH 过高, NH₄⁺ 转化为 NH₃ 的百分率增高,而后者对幼虫有严重的毒害作用,影响到幼虫的生长甚至存活^[7],增加了种苗培育的难度。试验中 pH 为 9.76 的实验组卵囊孵化率只有 11.6%,说明过高的 pH 对方斑东风螺卵囊的孵化有较大的影响。因此,从本实验的结果看,方斑东风螺卵囊孵化的合适 pH 范围在 7.82~9.35 之间,尤以 pH8.23~8.84 之间的效果最好。

许多学者^[8~10]在研究贝类动物的胚胎发育时曾注意到,双壳类胚胎发育时的最适温盐条件及忍受极限是由产卵前亲体生殖腺发育时的条件决定的,而且胚胎正常发育所要求的条件比其幼虫存活的条件范围要窄。虽然方斑东风螺成螺属于广盐性,但盐度对其卵囊的孵化存在着较大的影响,孵化时若盐度低于 27.6,孵化率明显降低,但盐度达 40.9 时,仍可获得较高的孵化率(67.8%),这与郑新鸿^[11]观察台湾东风螺适应盐度最高可达 44 非常接近。

3.2 不同饵料对方斑东风螺浮游幼虫生长发育和存活的影响

Loosanff 与 Davis^[12]将所有双壳类幼虫分成 3 类:一是以牡蛎为代表,它们仅能利用少数几种个体微小的单细胞藻类;二是以贻贝和硬蛤为代表,只要能被吞食的单细胞藻均可被利用;另一类属于中间型,它们的饵料范围介于前两者之间。方斑东风螺的浮游幼

虫属于滤食性,与双壳类幼虫的摄食特性相同,从实验过程和结果来看,在所投的全部饵料系列中,幼虫均能摄取利用,应属于第二类型的幼虫。作为软体动物幼虫良好的饵料,不但应是大小合适能被吞食,更重要的应是在体内被消化吸收利用,有助于幼虫的发育生长。何进金、齐秋贞^[13]对菲律宾蛤仔幼虫食性的观察结果后认为,幼虫阶段发育的体长与所能吞食饵料大小之比,初期 D 形幼虫为 100:5;D 形后期为 100:8;壳顶期为 100:10。应根据不同发育阶段,投入适口饵料。方斑东风螺幼虫刚孵出时体长达 460 μm,在本实验中观察到,刚孵出的幼虫就能摄食到扁藻(大小为 11~14 μm),这与罗少彪、罗保^[14]幼虫只滤食粒径 3~5 μm 的小球藻等微型藻类不一致。小球藻的细胞壁以纤维为主,实验中投喂小球藻虽然有较高的成活率,但生长发育明显比投喂扁藻的要慢。国内外学者普遍认为投喂混合饵料比单一饵料效果好,但从本试验结果看,单独投喂扁藻的幼虫在生长发育方面比混合投喂其他单胞藻饵料的效果好,而存活率则相差不大,可能是幼虫个体大、喜欢摄食大颗粒饵料的原因。扁藻由于含有丰富的蛋白质、脂肪等营养物质,且易被鱼、虾、贝等海珍品幼体摄食,在国内外被广泛培养以用作海珍品育苗的开口饵料^[15]。因此,扁藻应是方斑东风螺浮游幼虫的理想饵料。

从实验结果看,投喂骨条藻的浮游幼虫生长速度较快,但存活率低。骨条藻细胞为透镜形或圆柱形,直径 6~7 μm,个体大,投喂时需要搓碎幼虫才能摄食,容易引起水质败坏,而且藻体结团粘附在容器壁、幼虫体上,增加了幼虫运动阻力。然而骨条藻具有蛋白质含量高、易培养的优点,只要严格控制投喂量和注意换水,在其他单胞藻缺乏时用适量的骨条藻代替应该是可行的。

人工配合饵料已在虾、鱼类育苗上广泛应用,在贝类中应用于牡蛎育苗中的研究较多。Chu 等^[16]用人工配合饵料中的微胶囊饲料饲喂刚孵出的牡蛎幼虫,发现虽然微胶囊饲料可以使牡蛎幼虫达到变态,但是生长率和存活率都低于投喂微藻的幼虫。作者在本实验中用 2 个系列的人工配合饲料投喂,效果都较差。人工配合饵料的主要问题是营养物质易流失到水中,引发细菌繁殖而污染水质。寻找一种适合方斑东风螺幼虫生长和存活的优质配合饵料,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 蔡英亚,张英,魏若飞. 贝类学概论[M]. 上海:上海科学技术出版社,1982. 217~229.
- [2] 吴善. 方斑东风螺的产卵及幼贝培育[J]. 中国水产,

- 2000, 1: 40-42.
- [3] 柯才焕, 符艳, 汤鸿, 等. 台湾东风螺对饵料的摄食和饵料蛋白质的消化率[J]. 海洋科学, 1997, 5: 5-7.
- [4] 陈明耀. 生物饵料培养[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995. 69-75.
- [5] 孙虎山, 许高君, 董小卫, 等. pH对紫彩血蛤幼虫发育的影响[J]. 中国水产科学, 1999, 1(6): 54-56.
- [6] 纪成林. 中国对虾养殖新技术[M]. 北京: 金盾出版社, 1989. 81-97.
- [7] 汪心沅. 氨对牡蛎幼虫与幼贝的毒性影响[J]. 海洋湖沼通报, 1985, 4: 66-71.
- [8] Cain. The combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of clam *Rangia cuneata* [J]. *Mar Biol*, 1973, 21: 1-6.
- [9] Calabrese A. Individual and combined effects of salinity and temperature on embryos and larvae of the coot clam. *Mulinia lateralis* [J]. *Biol Bull Mar Lab Woods Mole*, 1969, 137: 417-428.
- [10] Stickey A P. Salinity, temperature and food requirements of soft-shell clam larvae in laboratory culture[J]. *Ecology*, 1964, 45: 283-291.
- [11] 刘德经, 肖思祺. 台湾东风螺生态学的初步研究[J]. 中国水产科学, 1998, 5(1): 93-96.
- [12] Loosanoff V L, Davis H C, 张立言, 译. 贝类孵化场及其前途[J]. 水产译丛, 1963, 1: 2-25.
- [13] 何进金, 齐秋贞. 菲律宾蛤仔食料和食性的研究[J]. 水产学报, 1981, 5(4): 275-284.
- [14] 罗少彪, 罗保. 方斑东风螺人工育苗初步研究[J]. 珠江水产, 2001, 3: 41-43.
- [15] 李庆彪, 宋全山. 生物饵料培养技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999. 50-72.
- [16] Chu F-L E, Webb K L, Hepworth D. Metamorphosis of larvae of *Crassostrea virginica* fed microcapsules diets[J]. *Aquaculture*, 1987, 64: 185-197.

The influence of pH and salinity in hatching rate of egg sac of *Babylonia areolate* and the effect of different diet on the development, survival rate of the larvae

LUO Jie, DU Tao, LIU Chu-wu

(Fisheries College, Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Received: Aug., 11, 2003

Key words: *Babylonia areolate*; egg sac; larvae; hatching rate; survival rate

Abstract: Experiment on hatching of egg sac *Babylonia areolate* was carried out on condition that the pH was 6.32~9.76, the salinity was 16.7~40.9. It turned out that the hatching rate was above 80% when the suitable pH range was 8.23~9.35, and the hatching rate reach 93.7% at pH8.81. The suitable salinity range was 30.3~37.0, the egg sac had trend to sustain higher salinity and the hatching rate was 67.8% when salinity was 40.9; The hatching rate decreased dramatically when the salinity was under 27.6. During 15 d cultivation, the larvae were fed with different kinds of foods, it turned out that the effect of the growth and survival of the larvae fed with unicellular algae was better than those with artificial diet. The larvae fed with *Platymonas subcordiformis* grew fast and the length increased 1.9 times. There was not distinct difference in survival rate when the larvae were fed with *Platymonas subcordiformis*, *Chlorella* spp., *Platymonas* sp. and *Isochrysis zhanjiangensis*, *Platymonas subcordiformis* and *Chlorella* spp, the survival rate was 58.5%, 54.3%, 63.3% and 50.3% each. The survival rate was lower when larvae were fed with shrimp flakes and *Spirulina platensis* power, was 3.6% and 12.8%. The larvae fed with yeast all died after 9 d.

(本文编辑 张培新)