

涌流式培育的大獭蛤稚贝生长的初步研究

周浩郎¹, 李琼珍², 蒋 艳²

(1. 广西红树林研究中心, 广西海洋环境与滨海湿地研究中心, 广西 北海 536000; 2. 广西海洋研究所, 广西 北海 536000)

摘要: 2004年11月至2005年1月利用涌流装置和浓缩扁藻进行了大獭蛤(*Lutraria (Psammophila) maxima*)稚贝的中间培育实验。实验所采用的涌流流量为500 mL/min, 扁藻密度分别为8 870 个/mL ± 512 个/mL 和3 368 个/mL ± 557 个/mL, 稚贝的培育密度分别为20 000, 35 000, 50 000 粒/m²。结果表明, 过高的扁藻密度不利于大獭蛤稚贝的摄食, 并会造成稚贝的死亡。只有在适当的扁藻密度和涌流流量条件下, 大獭蛤稚贝才能正常生长。不同的稚贝培育密度对稚贝的生长存在影响, 密度越高, 生长越慢; 水温低于15℃时, 稚贝摄食停止, 生长缓慢; 稚贝在游离状态下与铺沙条件下的生长基本一致。

关键词: 涌流; 大獭蛤(*Lutraria (Psammophila) maxima*); 稚贝; 中间培育

中图分类号: S968.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2007)08-0053-06

大獭蛤(*Lutraria (Psammophila) maxima* Jor-nas), 属双壳纲(Bivalvia), 异齿亚纲(Heterodonta), 帘蛤目(Veneroida), 蛤蜊科(Mactridae), 獭蛤属(*Lutraria*)。主要分布于中国广东、广西、海南、福建沿海和日本的琉球群岛^[1]。

大獭蛤是广泛分布于广西、海南沿海的一种经济价值很高的双壳贝类, 从潮间带到水深10 m的潮下带都有分布, 通常生活在5~10 m深潮下带沙质底质中。大獭蛤的养殖近年兴起, 对苗种的需求日增。广西海洋研究所自1999年以来, 开展了大獭蛤种苗繁育的研究并在技术上取得了一定的突破, 取得了大獭蛤稚贝池塘中间培育的成功^[2]。

双壳贝类的中间培育方式主要有池塘或滩涂播养(将稚贝播放于池塘或海滩上的沙层内)、吊笼式培育(将稚贝置于密网的笼中吊于海水中)、水槽式和涌流式培育(将稚贝置于水流自下而上的带网底的桶状装置中的培育方式)。涌流式是效率最高的中间培育方式, 培育密度可高达5万粒/m²。贝苗涌流中间培育系统相对于其他培育方式的优势, 除了体现在省空间、易投喂、水质好三个方面外, 该系统还可使稚贝免于敌害(蟹类、棘皮动物、鱼类、鸟类等)的侵害, 从而能提高稚贝中间培育的成功率。

涌流中培育双壳贝类在北美应用越来越广泛^[3], 科学家们也开展了一系列的研究来探讨涌流装置中水流、饵料密度、稚贝密度和稚贝生长之间的关系。

离心浓缩微藻已用于双壳贝类和虾类幼体的培育^[4-6], 取得了理想的实验结果。

1 材料和方法

本实验在广西海洋研究所古城海水养殖基地进行。

1.1 实验设计

进行受控条件下的分组实验, 设置3个变量: 稚贝密度、饵料密度、底质。稚贝密度设3个水平, 分别是20 000, 35 000, 50 000 粒/m²; 底质类型设两类, 分别为无沙底质和有沙底质; 饵料密度设两个水平, 分别是4 000 个/mL 和8 000 个/mL; 涌流流量为500 mL/min。

实验1稚贝密度按上述设置分3级, 底质类型无沙, 饵料密度设为8 000 个/mL, 构成3个处理, 每个处理设3个重复, 形成6个观察(稚贝桶)。

实验2稚贝密度同样按上述设置分3级, 底质类

收稿日期: 2005-09-30; 修回日期: 2006-01-20

基金项目: 广西壮族自治区科技技术厅创新能力建设项目(桂科能0330015-3A); 2003年度广西人事厅留学回国人员科技择优资助项目

作者简介: 周浩郎(1962), 男, 广西蒙山县人, 副研究员, 学士, 研究方向: 海洋生物、海水养殖, 电话: 0779-2055294, E-mail: zhouhaolang@sina.com

型分两类:无沙和有沙,饵料密度设为 4 000 个/mL,总共构成 6 个处理,每个处理设 3 个重复,形成 18 个观察。

1.2 实验装置

实验装置如图 1 所示。

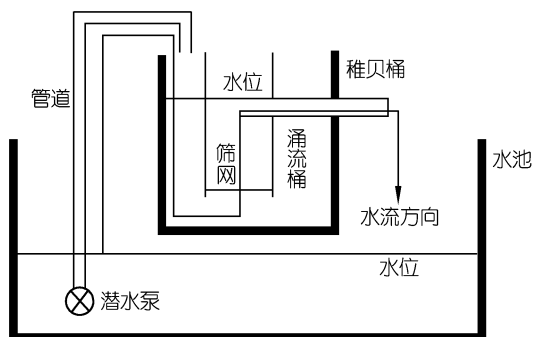


图 1 实验装置示意图

Fig. 1 Schematic drawing of the experiment facility

稚贝桶用直径 110 mm 的 PVC 水管制成,底部为 40 目尼龙筛网,面积为 78.5 cm²。涌流桶为普通塑料容器,可容水体 500 L。水池为水泥池,实验中的水体用量为 4 000 L。

涌流水通过水泵从水池中泵入涌流桶中,水体经稚贝桶底部自下而上流过筛网,形成涌流,然后经稚贝桶上部的管道流回水池中,形成循环。

1.3 实验材料

所有的大獭蛤稚贝在广西海洋研究所古城海水养殖基地的孵化池中培育,在大獭蛤稚贝被用于本实验之前,以叉鞭金藻 (*Dicrateria zhanjiangensis*)、角毛藻 (*Chaetoceros* sp.) 和亚心扁藻 (*Tetraselmis subcordiformis*) 混合进行投喂。用于实验的稚贝的初始壳长平均为 3 mm。

涌流式培育所用的饵料是亚心扁藻,亚心扁藻在水泥池中培育到平台期后用沉降式离心机 (SS-CA550 N 型,离心因数 1 500) 进行离心浓缩,浓缩后的亚心扁藻在添加防腐剂和抗氧化剂后置于冰箱中保存,保存温度为 2~5 °C。

底质沙是取自海边沙滩上的细沙,经清洁消毒后供实验使用。沙粒径 0.5~2 mm,沙层厚 3 cm。

1.4 实验方法

实验共进行两次,实验 1 的亚心扁藻密度设为

8 000 个/mL,实验 2 的亚心扁藻密度设为 4 000 个/mL。两次实验分别在 2004 年 10 月 29 日到 11 月 18 日和 2004 年 11 月 19 日至 2005 年 1 月 30 日期间进行。

实验开始时先在水池中注入 4 000 L 沙滤海水 (过滤沙层厚度约 1 m,沙粒直径约 0.03 mm),按设定密度取一定数量大獭蛤稚贝置于稚贝桶筛网之上,然后开动水泵制造涌流,通过调节输水管道上的分流阀使每个稚贝桶的涌流流量达到 500 mL/min。同时,按设定亚心扁藻密度取一定量浓缩亚心扁藻加入涌流水体中,每日取水样检测亚心扁藻细胞密度,并按设定饵料密度及时补充亚心扁藻。水池中的循环海水每 2 d 更换一次,并同时添加浓缩亚心扁藻。

实验过程中每日记录海水温度 (WMY-01 数字温度计,上海华辰医用仪表有限公司)、pH 值 (pHS-25 型 pH 计,上海精科雷磁) 及海水质量密度 (常规质量密度计),每 15 d 测量大獭蛤稚贝壳长 (SF2000 三按键电子数显卡尺,桂林广陆数字测控股份有限公司生产,分辨力:0.01 mm),每个样本随机抽样 10 只稚贝进行壳长测量。

1.5 统计方法

除声明外,所有测量数值表达为平均数 ± 标准差。数据使用 ANOVA 进行分析,α = 0.05。当 P < 0.05 时,差异显著。所有的统计分析采用 SPSS 软件进行。

体长特定生长率 $R_{SG} = (\ln L_n - \ln L_1) / n$; L_n 是实验结束时所有大獭蛤稚贝的体长总长度,即 2005 年 1 月 15 日的体长测量值。 L_1 是实验开始时所有大獭蛤稚贝的体长总长度,在此,作者取 2004 年 12 月 4 日的体长测量值为 L_1 。

2 结果

2.1 实验 1

亚心扁藻细胞密度的实测结果是:8 870 个/mL ± 512 个/mL。

海水质量密度:1.022 g/cm³ ± 0.000 g/cm³

图 2 是实验 1 期间海水温度、pH 值变化曲线。在实验 1 进行期间,温度和 pH 的变化范围均在适合

大獭蛤稚贝的范围之内,温度的变化范围是 18.5~28.2℃,pH 的变化范围是 8.38~8.90。

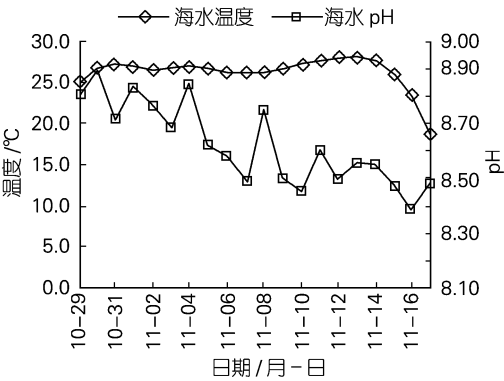


图 2 实验 1 海水温度及 pH 值变化曲线

Fig. 2 Variations of seawater temperature and pH in experiment 1

表 1 实验 1 大獭蛤稚贝壳长及成活率

Tab. 1 Shell length and survival of the spat of *L. maxima* in experiment 1

项目	日期(月-日)			
	11-07		11-18	
	壳长(mm)	成活率(%)	壳长(mm)	成活率(%)
处理 1	1 3.47±0.78	91.00	4.61±0.66	31.60
	2 4.32±0.81	91.00	4.87±0.71	36.10
	3 3.70±0.75	82.60	4.52±0.53	51.60
处理 2	1 3.60±0.65	94.60	4.14±0.51	25.70
	2 3.49±0.70	83.90	4.23±0.47	25.40
	3 3.13±0.69	85.00	4.43±0.51	29.60
处理 3	1 3.28±1.06	74.00	4.37±0.37	23.50
	2 3.76±0.85	45.20	4.31±0.46	11.20
	3 3.69±0.69	68.90	4.03±0.26	21.20

2.2 实验 2

亚心扁藻细胞密度的实测结果是:3 368 个/mL ±557 个/mL。

海水质量密度:1.024 g/cm³ ±0.000 g/cm³

图 3 是实验 2 期间海水温度、pH 值变化曲线。pH 值在整个实验期间在适合大獭蛤稚贝的范围内

波动(8.29~8.51),海水温度出现两次低于 15℃ 的期间,变化范围为 11.9~23.4℃。低于 15℃ 的天数有 16 d。观察发现,当水温降低至 15℃ 时,大獭蛤稚贝的水管处于收缩状态,稚贝的摄食活动停顿。

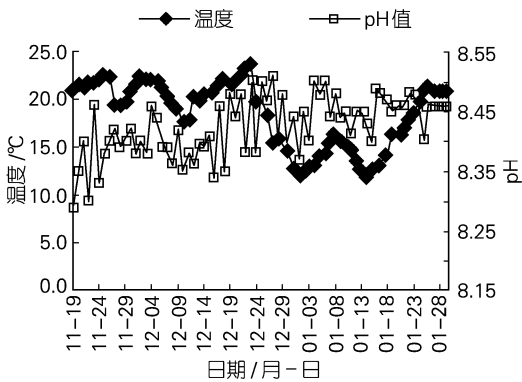


图 3 实验 2 海水温度及 pH 值变化曲线

Fig. 3 Variations of seawater temperature and pH in experiment 2

图 4 是实验 2 中 6 个处理中大獭蛤稚贝的壳长变化曲线。从图 4 可以看出,所有处理中的稚贝在实验前期的生长速度较快,在实验后期生长速度变慢。稚贝生长明显放缓出现于 2005 年 1 月 3 日前后,此时,水温第一次降低至 15℃ 以下。

表 2 列出实验结束时大獭蛤稚贝的壳长和壳长 R_{SG} 。实验 2 所有处理中的大獭蛤稚贝未出现死亡,稚贝成活率 100%。

表 2 实验 2 实验终止时大獭蛤稚贝平均壳长及壳长 R_{SG}

Tab. 2 Final shell length of *L. maxima* spat and shell length R_{SG} in experiment 2

处理	初始密度 (只/m ²)	稚贝数 量(只)	成活率 (%)	稚贝最终壳 长(mm±SD)	壳长 R_{SG}
处理 4	20 000	157	100	8.26±0.23	0.018 1
处理 5	35 000	275	100	8.23±0.28	0.018 0
处理 6	50 000	393	100	7.83±0.22	0.017 1
处理 7	20 000	157	100	7.98±0.20	0.017 5
处理 8	35 000	275	100	7.47±0.33	0.016 3
处理 9	50 000	393	100	6.88±0.58	0.014 8

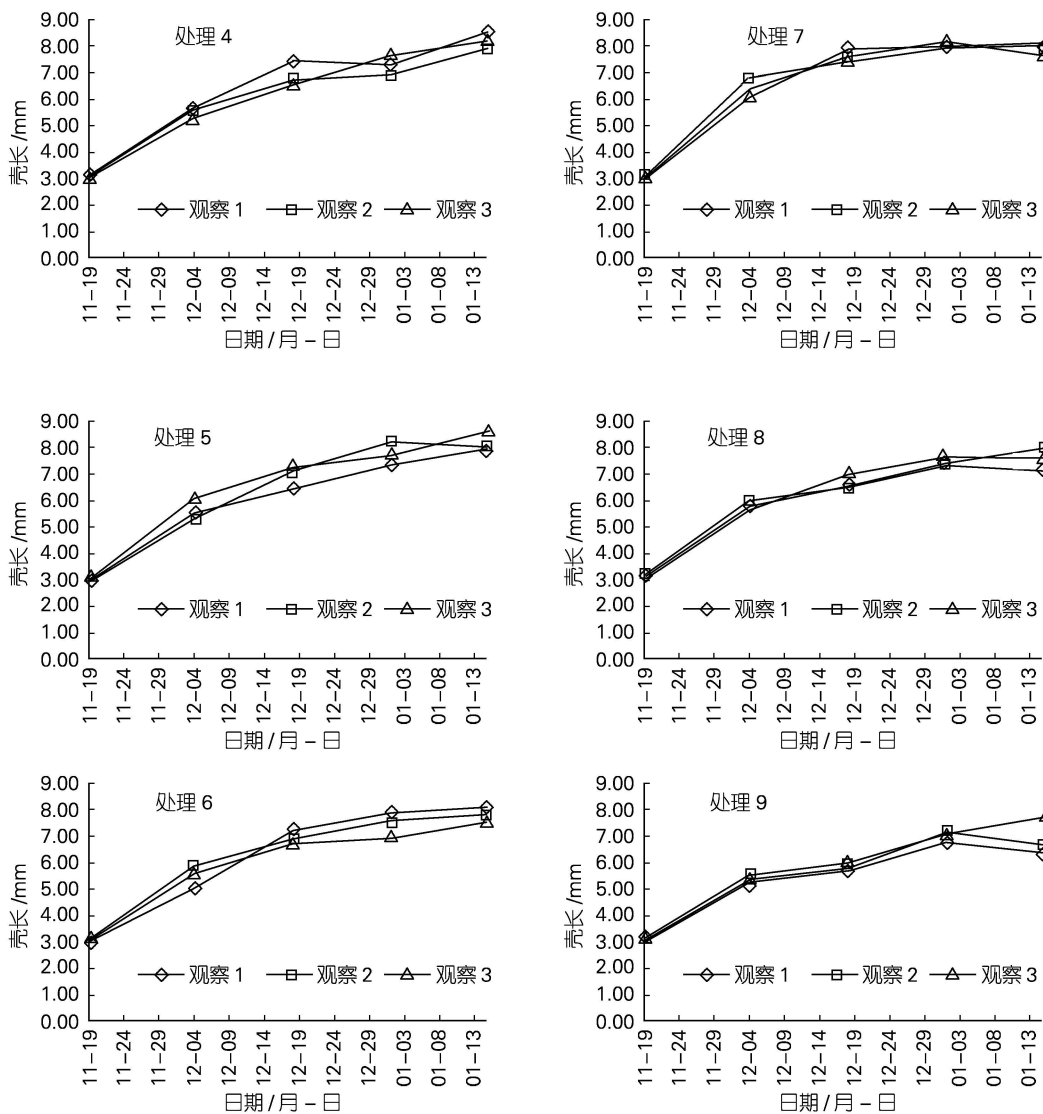


图 4 实验 2 中大獭蛤稚贝壳长变化曲线

Fig. 4 Change of shell length of *L. maxima* spat in experiment 2

3 讨论

3.1 藻类密度对大獭蛤稚贝存活和生长的影响

在实验 1 中, 投喂的亚心扁藻细胞密度为 $8\ 870$ 个/mL ± 512 个/mL, 在此亚心扁藻细胞密度条件下, 大獭蛤稚贝的存活率, 除了在不同的稚贝密度的处理中体现出不同外, 而且随实验时间的增加而降低。在实验开始后的第 9 天, 在稚贝成活率上, 处理 1 与处理 2 差异不明显, 处理 1、处理 2 与处理 3 的差

异明显 ($P < 0.05$); 在实验进行到第 20 天时, 处理 1 与处理 3 在大獭蛤稚贝成活率上的表现差异显著。另外, 从大獭蛤稚贝存活率的统计可以看到, 各种处理的稚贝的成活率在实验第 9 天和第 20 天的差异明显, 表明稚贝的死亡随实验时间的增加而上升明显。

在实验 2 中, 投喂的亚心扁藻细胞密度为 $3\ 368$ 个/mL ± 557 个/mL, 在整个实验期间, 未观察到各种处理的稚贝发生死亡的现象。

两次实验所观察到的大獭蛤稚贝死亡现象表明, 所投喂的亚心扁藻密度对稚贝的存活有明显的影

亚心扁藻细胞密度过高时, 稚贝死亡率高, 且随稚贝密度的增加而上升; 亚心扁藻密度较低时, 大獭蛤稚贝在实验中的稚贝密度范围和培育时间内, 成活率接近 100%。

在实验 1 中, 实验开始 3 天后, 即发现大獭蛤稚贝体表粘污, 且随着实验时间的增加, 稚贝体表粘污日趋严重, 镜检发现污物主要是稚贝排泄物, 作者判断是稚贝的粪便和假粪。Stickney^[7] 曾发现, 在藻类细胞密度过大 ($> 30\,000$ 个/mL), 砂海螂 (*Mya arenaria*) 的滤过率下降且假粪产生, 表明水体中藻类细胞密度过大时, 不利于贝类的摄食。实验 1 期间, 作者还发现水管处于收缩状态的稚贝数量随实验时间的增加而增加。稚贝水管收缩时摄食停止, 因此, 作者认为稚贝死亡的主要原因是稚贝停止摄食以及稚贝排泄物所营造的不良环境所致。Pit 等^[8] 的实验也表明, 粘污会造成黑蝶贝 (*Pinctada margaritifera*) 稚贝存活和生长的下降。Mills^[9] 的研究也表明, 在适温范围内, 培育水体中藻类密度在 $12\,000 \sim 54\,000$ 个/mL 范围内时, 大珠母贝 (*Pinctada maxima*) 稚贝的生长较理想, 而当藻类密度较大时, 假粪量明显增加。

与实验 1 相比较, 实验 2 中的稚贝体表粘污较轻微, 尤其铺沙培育的稚贝, 由于其钻入沙层中, 因此体表较干净。至实验结束, 实验 2 中的稚贝存活接近 100%, 表明实验 2 的藻类密度在实验期间对大獭蛤稚贝的存活无不利影响。对比实验 1 和实验 2 稚贝在相近实验时间内 (11 d 和 14 d) 和相似实验条件下的生长, 发现其体长 R 值无明显差异 ($P > 0.05$, 见表 3), 这与 Mills^[9] 的实验结论一致。

表 3 实验 1 和实验 2 稚贝体长 R_{SG} 值比较

Tab. 3 Comparison of shell length R_{SG} of spats reared in experiment 1 and 2

观察	实验 1			实验 2		
	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	处理 5	处理 6
1	0.0258	0.0127	0.0261	0.0206	0.0113	0.0259
2	0.0109	0.0175	0.0124	0.0127	0.0212	0.0122
3	0.0182	0.0316	0.0080	0.0158	0.0125	0.0129
平均	0.0183	0.0206	0.0155	0.0164	0.0150	0.0170

3.2 温度对大獭蛤稚贝生长的影响

在实验 2 期间, 出现了两次水温低于 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的阶段, 在此期间, 作者观察到大獭蛤稚贝水管基本处于收缩状态, 表明大獭蛤稚贝的摄食在此低温条件下减少甚至停顿了, 这必然影响稚贝其生长。从图 4 可以看到, 在 2004 年 12 月下旬后, 稚贝的生长曲线明

显较前期平缓, 说明当温度降低时, 大獭蛤稚贝的生长速度减缓。

关于温度对贝类生长的影响, 董波^[10] 的实验结果表明: 在 $9 \sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内菲律宾蛤仔滤食率、清滤率、吸收率均随温度的升高而增大, 在 $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 达到最大值, 并且各温度间差异显著 ($P < 0.05$)。Laing^[11] 的实验也证实, 在 $5 \sim 23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内, 扇贝 (*Pecten maximus*) 稚贝的摄食量和生长随温度升高而提高, 并认为在海水中养殖的扇贝其生长限制因子是温度, 而不是饵料。Mills^[9] 的实验结果表明, 大珠母贝稚贝获得理想生长速度的温度是 $26 \sim 29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

观察发现, 本实验期间, 大獭蛤稚贝在水温 $20 \sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内, 生长状况良好, 而当水温接近 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 活动减弱, 摄食停顿。

3.3 大獭蛤稚贝密度和底质类型对大獭蛤稚贝生长的影响

单因变量多因素方差分析结果表明, 不同稚贝密度条件下大獭蛤稚贝体长 R_{SG} 值差异显著 ($P < 0.05$), 不同底质培养条件下大獭蛤稚贝体长 R_{SG} 值差异也显著 ($P < 0.05$)。对各处理组体长 R_{SG} 均数进行多重比较, 结果显示, 密度 $5\text{ 万}/\text{m}^2$ 处理组的稚贝体长 R_{SG} 值小于其他两种密度的处理组的稚贝体长 R_{SG} 值, 而后两者无显著差异。铺沙培养的大獭蛤稚贝的体长 R_{SG} 值明显小于无沙培养的大獭蛤稚贝的体长 R_{SG} 值。

可见, 在实验期间内和恒定的藻类密度及涌流流量条件下, 大獭蛤稚贝培育密度对大獭蛤稚贝生长的影响是负面的。稚贝密度太高时, 稚贝生长就比较慢。作者认为, 由于稚贝个体的增大, 实验所设计的恒定涌流流量已开始影响稚贝的生长, 稚贝密度越高, 所受影响越早越大。比较实验结束前 15 d 稚贝的体长, 不同密度和不同底质条件培养的稚贝体长尚未表现出明显的差异, 说明随着实验时间的增加, 体长差异才显现出来。至于铺沙组稚贝最终体长 R_{SG} 较小的原因, 作者认为有可能是铺沙组的涌流流量变小所致。作者观察到, 铺沙组的涌流在实验过程中, 由于沙层中污物堵塞, 涌流在实验后期明显变小了。

本实验的结果表明, 利用涌流装置进行大獭蛤稚贝的高密度中间培育是可行的, 即使稚贝在游离状态下亦能正常生长。但是, 欲将涌流中培技术应用于大獭蛤稚贝的中间培育, 尚须对稚贝生长与稚贝生物量和涌流中饵料数量的关系进行更深入的研究。

参考文献:

[1] 齐钟彦, 马绣同, 王祯瑞. 中国经济软体动物[M]. 北

- 京: 中国农业出版社, 1998. 231.
- [2] 李琼珍, 陈瑞芳, 童万平, 等. 大獭蛤的胚胎、幼虫及稚贝的形态发育[J]. 广西科学, 2003, 10 (4): 296-299.
- [3] Manzi J J, Castagna M. Nursery culture of clams in North American. Clam Mariculture in North America [M]. New York: Elsevier, 1989.
- [4] D'Souza F M L, Kelly G J. Effect of a diet of nitrogen limited alga (*Tetraselmis suecica*) on growth, survival and biochemical composition of tiger prawn (*Penaeus semisulcatus*) larvae [J]. *Aquaculture*, 2000, 181: 311-325.
- [5] Heasman M, Diemar J, O'Connor W, et al. Development of extended shelf life microalgae concentrate diets harvested by centrifugation for bivalve molluscs: A summary [J]. *Aquaculture Res*, 2000, 31: 637-659.
- [6] Robert R, Parisi G, Liliana R, et al. Use of fresh and preserved *Tetraselmis suecica* for feeding *Crassostrea gigas* larvae [J]. *Aquaculture*, 2001, 192: 333-346.
- [7] Stickney A P. Feeding and growth of juvenile soft-shell clams, *Mya arenaria* [J]. *Fish Bull*, 1964, 63: 635-642.
- [8] Pit J H, Southgate P C. Fouling and predation; how do they affect growth and survival of the blacklip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, during nursery culture [J]. *Aquaculture International*, 2003, 11 (6): 545-555.
- [9] Mills D. Combined effects of temperature and algal concentration on survival, growth and feeding physiology of *Pinctada maxima* (Jameson) spat [J]. *Aquaculture*, 2000, 19: 159-166.
- [10] 董波. 菲律宾蛤 (*Ruditapes philippinarum*) 生理能量学的研究 [D]. 中国科学院海洋研究所硕士论文, 2000.
- [11] Laing I. Effect of temperature and ration on growth and condition of king scallop (*Pecten maximus*) spat [J]. *Aquaculture*, 2000, 183: 325-334.

Preliminary study on the growth of *Lutraria (Psammophila) maxima* jonas spats reared in an experimental-scale upweller

ZHOU Hao-lang¹, LI Qiong-zhen², JIANG Yan²

(1. Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Marine Environment and Coastal Wetland Research Center, Beihai 536000, China; 2. Guangxi Institute of Oceanography, Beihai 536000, China)

Received: Sep., 30, 2005

Key words: upflow; *Lutraria (Psammophila) maxima*; spat; nursery

Abstract: The nursery rearing trial of *Lutraria (Psammophila) maxima* spats was conducted from the Nov. of 2004 to the Jan. of 2005 by using upwellers and concentrated algae (*Tetraselmis subcordiformis*). In the experiment, upflow rate was set at 500 mL/min, and algal concentrations were $8\,870\text{ mL} \pm 512\text{ cell/mL}$ and $3\,368\text{ mL} \pm 557\text{ cell/mL}$, and spat densities were 20 000, 35 000, and 50 000 shell/m². The trial results showed that higher algae concentration had a negative impact on the feeding of the spats and even caused mortality of the spats. The spats grew well at a suitable algae concentration and upflow rates. The growth of the spats could be influenced by the density of the spats, and the higher the spat density, the slower the growth of the spats. The spats stopped feeding when seawater temperature was lower than 15 °C, hence grew slower. The spats could grow normally in upwellers without sand substrate as well as in upwellers with sand substrate.

(本文编辑: 张培新)