

西施舌生物学及人工育苗研究进展

高如承

(福建师范大学生命科学学院, 福建 福州 350007)

摘要: 西施舌是一种双壳类软体动物, 经济价值很高. 本文对西施舌生活史、摄食代谢、同工酶、凝集素、染色体核型、基因组 DNA 提取、16S rRNA、保护区和生态条件影响的研究现状, 以及人工育苗中诱导催产、幼虫培育、变态附着等加以综述, 提出西施舌规模化培育大规格苗种的途径.

关键词: 西施舌; 生物学; 人工育苗

中图分类号: S 968.3

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2006) S2-0195-06

西施舌 *Coelmaetra antiquata* (Spengler, 1802) 福建俗称“海蚌”, 香港俗称“贵妃蚌”, 隶属于软体动物门 (Mollusca)、瓣鳃纲 (Lamellibranchia)、帘蛤目 (Veneroidea)、蛤蜊科 (Mactridae)、腔蛤蜊属 (*Coelmaetra*)^[1]. 它是广温性种类, 分布于太平洋西部、印度支那半岛、日本和中国沿海. 我国福建闽江口长乐梅花穿山行以南至文武沙一带, 常年有较大量的采捕资源量, 且价格高, 成为福建特优海珍品. 广东西施舌的主要分布区有饶平县的大埕湾、潮阳市的海门、南澳县竹栖肚、惠来县的神泉—南海、陆丰县的金厢、惠东县东山海与平海湾等海域, 其中以惠来县神泉—南海及潮阳市海门两处的资源最丰富^[2].

西施舌个体较大, 肉质细嫩, 营养丰富, 在贝类中可与海参、鲍鱼媲美, 是久负盛名的筵席珍品佳肴. “鸡汤永海蚌”为国宴闽菜中的特供品. 西施舌还有很高的医疗保健作用. 据《本草纲目拾遗》中记载, 西施舌为“润肺脏, 益精补阴要药”^[3]. 始自 20 世纪 60 年代, 国内学者开始对西施舌的生物学^[6-8, 33-35]、人工育苗^[29-32, 37-39]进行研究及论述^[2-5, 40], 至今取得了很大的成果. 笔者结合国家 863 计划“西施舌大规模人工育苗技术研究”课题工作, 对我国西施舌的生物学基础研究和人工育苗的进展作如下综述.

1 西施舌生物学研究进展

1.1 生活史和繁殖生物学

国内 1995 年报道了西施舌的生活史, 即从受精卵

至幼苗全过程, 系统地叙述西施舌各个发育阶段的形态变化和区别特征^[6].

1.1.1 西施舌生殖腺发育、受精和胚胎发育

西施舌雌性生殖腺呈乳白色, 雄性呈米黄色. 生殖腺发育最适宜水温是 20~24℃, 西施舌雌雄异体但也存在雌雄同体现象^[7].

西施舌精子为鞭毛型, 全长约 45 μm, 由头部、中段和尾部三部分构成. 头部长约 22 μm, 包括顶体与细胞核两部分. 通过电子显微镜观察, 顶体圆锥状, 高密度的顶体物质集中分布于基部四周, 呈灯罩状; 亚顶体腔呈尖锥状, 内含密度较低的均匀物. 细胞核近椭圆形. 中段由 4 个椭圆形的线粒体和 2 个相互垂直的中心粒组成; 尾部鞭毛为典型的“9+2”型结构^[8].

西施舌卵子呈圆球状, 均黄的沉性卵, 卵径 60~65 μm. 初级卵母细胞处于第 1 次成熟分裂前期, 就能接受精子. 受精卵进行不等全裂, 从第 3 次卵裂开始, 分裂胞成螺旋型排列. 受精约 6 h 左右, 从受精卵孵出幼虫.

1.1.2 西施舌幼虫和稚贝

西施舌经担轮幼虫期、D 形面盘幼虫期 (受精后 20~24 h)、壳顶幼虫期 (分初期、中期、后期) 和匍匐幼虫期, 匍匐幼虫面盘消失, 足呈斧状, 在基质上匍匐爬行, 变态为稚贝. 从壳顶幼虫后期出现的眼点, 在稚贝 (壳长 300 μm) 伸足爬行时, 光学显微镜下清楚观察到, 眼点在足神经节背方和足基部两侧. 稚贝 (壳长约 1 mm) 眼点开始退化, 壳长 1.35 mm 左右, 眼点消失. 稚贝 (壳长约 575 μm) 双水管一出现, 即形成结构完善的三孔型: 足孔、出水孔、入水孔^[9]. 除生殖器官外, 幼贝的其它器官与成贝的相似, 壳长约 5 mm 以上, 内部器官结构完善, 生殖系统及生殖腺逐渐形成以至成熟, 变为成贝.

收稿日期: 2006-11-15

基金项目: 国家 863 计划 (2004AA603140), 福建省科技重大项目 (2003N020) 资助

作者简介: 高如承 (1958-), 男, 教授.

E-mail: rcgao@jnu.edu.cn

1.1.3 西施舌成贝

一龄的西施舌开始性发育,生物学最小型为壳长 46.5 mm,壳高 37 mm,体质量 18.3 g 体长 91~132 mm,个体绝对平均排卵量为每个 429~317 万粒,个体相对平均排卵量为每克 2.648~1.210 万粒,存在雄性先熟的现象^[10].西施舌的繁殖盛期,福建至广东东部沿海 5 月上旬至 7 月下旬^[2,7,11].

1.2 摄食、代谢和同工酶研究

西施舌摄食单细胞藻类.壳长 82 μm 的西施舌 D 形幼虫,2 h 后开始摄食湛江叉鞭金藻 (*Dicrateria zhanjiangensis*),壳长 136 μm 的壳顶幼虫才开始摄食扁藻^[12].西施舌稚贝摄食亚心形扁藻 (*Platymonas subcordiformis*) 的研究表明,当藻类细胞个数从 $3 \times 10^4 / \text{mL}$ 增加到 $10 \times 10^4 / \text{mL}$ 时,稚贝的摄食率随扁藻投饵量的升高而增大,当藻类细胞为 $20 \times 10^4 / \text{mL}$ 时,摄食率则有所下降.西施舌稚贝的摄食率在投喂饵料 2 h 后逐步下降^[13].

在西施舌的能量代谢研究方面,报道了西施舌(壳长 6.69~7.83 cm、湿质量为 60~70 g)耗氧率与排氨率的研究结果.在 25℃ 时,西施舌的耗氧率和排氨率分别为 $(0.74 \pm 0.05) \text{ mg/g} \cdot \text{h}$ 和 $(2.56 \pm 0.05) \mu\text{mol/g} \cdot \text{h}$ 处于相对稳定状态;当水中 DO 低于 $(3.11 \pm 0.15) \text{ mg/L}$ 时则代谢出现异常,耗氧率随 DO 下降而下降,直到窒息为止,其窒息点为 $(1.22 \pm 0.06) \text{ mg/L}$,而排氨率也呈直线下降,但排氨停止滞后于耗氧停止.水温为 25.3℃ 时,西施舌的耗氧率达到最大为 $0.77 \text{ mg/g} \cdot \text{h}$ 处于适温状态(15℃ 和 20℃)的 O/N 值要高于低温(10℃)和高温(25℃ 和 30℃)时的 O/N 值,表明西施舌在适宜条件下更多地依赖于脂肪供能维持标准代谢,而在环境不适时则更多地调用机体的蛋白质来维持生理代谢需要^[14].

消化酶活性是动物摄食、营养条件、生理状况的良好指标,是联系动物营养状态和生长发育的中间指标.在 pH 为 3.0 时,西施舌胃蛋白酶最适温度为 50℃,明显高于生理温度,酶活力达到最大 ($290.184 \sim 20.11 \text{ U}$);在温度为 50℃ 下,最适 pH 值为 2.6 酶活力达到最高,为 $(426.59 \pm 30.80 \text{ U})$,远低于生理 pH;西施舌在摄食后,胃蛋白酶的活力有明显的提高,摄食后 0.5 h 西施舌胃蛋白酶的活力达到最大值 ($96.044 \sim 30.02 \text{ U}$),其后活力降低,但在摄食后 4 h 时,活力又有回升,之后又趋于最低值 ($43.064 \sim 6.69 \text{ U}$)^[15].

西施舌同工酶初步见到报道,采用了不连续垂直板聚丙烯酰胺凝胶电泳技术,研究表明:西施舌肝胰脏、鳃、后闭壳肌、外套膜和足组织中,酯酶 (EST)、苹

果酸脱氢酶 (MDH) 和超氧化物歧化酶 (SOD) 同工酶具有一定的组织特异性.肝和鳃组织 EST 酶活性较高,闭壳肌 MDH 酶活性最高,而肝组织 SOD 酶活性略高^[16].

1.3 免疫学、染色体核型和分子生物学初步研究

1.3.1 免疫凝集素研究

西施舌免疫学方面的初步研究来自凝集素.利用血凝试验结果表明,西施舌血清和肌肉提取液均含有凝集素,但种类不同.其血清和肌肉提取液均能凝集人的 B 型和 O 型血、家兔、家鸽、家鸡、家鸭、牛蛙和草鱼等 8 种红细胞,肌肉提取液的凝集效价高于血清(人的 O 型血除外).血清和肌肉提取液对温度的改变不敏感,二者的热稳定性均较高,90℃ 处理 10 min 后仍具有相当高的凝集活性.肌肉提取液经 60~90℃ 处理后比经 40~50℃ 处理的凝集活性更强.西施舌血清和肌肉的提取液对草鱼红细胞的凝集活性具有很大的 pH 适应范围,在 pH 4.0~10.0 均具有凝集活性.血清对草鱼的红细胞的凝集作用可被 7 种糖(乳糖、半乳糖、山梨醇、木糖、甘露糖、葡萄糖、果糖)抑制,而肌肉提取液的凝集作用则不被这 7 种糖抑制^[17].

1.3.2 染色体核型研究

据西施舌染色体核型研究结果报道,以西施舌囊胚期胚胎为材料,西施舌的二倍体数目 $2n = 38$ 核型为 $14m + 16sm + 8st$ NF = 68 染色体实际长度 CL 为 $1.10 \sim 3.47 \mu\text{m}$,染色体总长度 TCL 为 $80.72 \mu\text{m}$.整个核型的染色体长度依次减小,相邻各对之间差异不明显^[18].

1.3.3 分子生物学研究

目前,西施舌的分子生物学研究刚起步,见到的报道只有 DNA 提取和 16S rRNA 基因片段及 ITS2 核苷酸序列分析.在 DNA 提取报道中,对西施舌不同组织和不同 DNA 提取方法和条件进行了优化比较研究,初步确定了适于西施舌 RAPD 分析的最佳反应体系^[19].

在 16S rRNA 基因片段及 ITS2 核苷酸序列分析方面,利用 PCR 技术分别扩增江苏连云港及启东沿海的西施舌 (*C. antiquata*)、中国蛤蜊 (*Macra chinensis*) 和四角蛤蜊 (*Macra veneriformis*),结果显示:3 种贝类 16S rRNA 基因片段长度相同,均为 306 bp (去除引物),核苷酸存在多态性,共有 45 个变异位点,54 个核苷酸发生了变异,全部为碱基置换.西施舌与中国蛤蜊此片段核苷酸的同源性为 88.9%,与四角蛤蜊的同源性为 88.6%,中国蛤蜊与四角蛤蜊的同源性为 90.6%.ITS2 序列分别为 390 bp (西施舌)、441 bp (四角蛤蜊) 和 466 bp (中国蛤蜊),存在长度多态性.西施

舌 ITS2 核苷酸与中国蛤蜊的同源性为 70.9% ~ 71.1%, 西施舌与四角蛤蜊的为 70.5% ~ 71.0%, 中国蛤蜊与四角蛤蜊的同源性为 88.1% ~ 88.8%^[20].

1.4 生态学和保护区

西施舌生态学的报道比较多, 包括环境条件的影响、毒性试验方面, 有关西施舌(海蚌)保护区的报道较少, 现分析报道如下.

1.4.1 盐度的影响

盐度对西施舌成活和生长发育至关重要. 福建长乐西施舌受到来自闽江淡水径流的影响, 西施舌不同发育阶段的幼体对盐度的耐受力呈现不同. D形幼虫生长的适盐范围为 17.27~27.90, 生长和存活的最适盐度是 17.27~19.93, 壳顶幼虫生长的适盐范围向低盐度延伸, 适盐范围为 13.29~27.90, 生长和存活的最适盐度为 19.93, 平均壳长 2.9 mm 的贝苗存活适盐范围向高盐度延伸, 适盐范围为 13.29~35.87, 其中 27.90 是贝苗生长和存活的最适盐度^[21].

1.4.2 温度的影响

每年的 5~8 月, 为西施舌人工育苗和稚贝培育的生产旺季, 正值高温期, 南方室内育苗水温有时超过 30℃. 对西施舌幼虫及稚贝最高临界温度表明, 西施舌壳顶幼虫最高临界温度为 28℃; 体长 0.348~0.509 mm (平均体长 0.437 mm) 的稚贝, 最高临界温度与壳顶幼虫无明显差异. 西施舌稚贝最适生长温度为 25.50~27.40℃; 体长 5.50~6.20 mm (平均体长 5.80 mm) 的稚贝, 最高临界温度为 29℃. 壳长 1~1.2 mm 的稚贝在气温 25℃与 30℃时, 干露时间不宜超过 25 min^[22].

1.4.3 pH 对稚贝的影响

在水温 25.6~26.2℃, 海水盐度 27.6, 西施舌稚贝在不同 pH 海水中经 4 d 培养, pH 在 7.5~8.5 范围内, 活动正常, 存活率 100%; pH 在 7.0 和 9.0 存活率分别为 93.3% 和 90%; pH 在 6.0%、6.5% 和 9.5%, 存活率依次为 52.0%、63.3% 和 56.6%. 表明西施舌稚贝对海水 pH 很敏感, 其适应范围为 7.5~8.5^[23].

1.4.4 急性毒性试验

在人工育苗中, 硫化物和氨往往成为重要的影响因素, 尤其在幼贝培育阶段, 硫化物的毒害作用常导致人工育苗失败. 硫化物和氨对西施舌幼贝(壳长为 6.10 ± 0.44 mm) 的急性毒性试验表明, 硫化物的 96 h 半致死浓度 (LC_{50}) 值为 4.131 mg/L, 安全浓度 (SC) 值为 0.413 mg/L; 总氨氮 96 h 的 LC_{50} 值为 14.220 mg/L, SC 值为 1.422 mg/L, 其中 NH_3-N 的 96 h LC_{50} 值为 0.903 mg/L, SC 值为 0.090 mg/L. 硫化物和氨同时存在时表现为相加作用, 在等毒条件下其 96 h LC_{50} 值分

别为 2.001 和 10.048 mg/L (NH_3-N 0.870 mg/L), SC 值分别为 0.200 和 1.005 mg/L (NH_3-N 0.087 mg/L). 30 d 的生长试验表明, 在硫化物和氨同时存在, 硫化物和总氨氮的浓度分别为 0.10~0.20 和 0.50~1.00 mg/L 时, 对西施舌幼贝壳长生长和成活率影响不显著, 但硫化物和总氨氮浓度达 0.25 和 1.25 mg/L 时则影响显著^[24].

西施舌育苗过程中, 常发生桡足类、枝角类、多毛类等小型动物的危害, 为了合理使用药物有效杀灭敌害生物, 已经报道了灭虫精对西施舌幼贝的毒性试验. 灭虫精主要成份为: 0.0-二甲基(2,2,2-三氯-1-羟基乙基)磷酸酯, 对西施舌幼贝 24 h 致死浓度 LC_{100} 400 mg/L, 24 h LC_{50} 为 250 mg/L, 安全浓度为 2.5 mg/L; 48 h 致死浓度为 260 mg/L, 半数致死浓度为 224 mg/L, 安全浓度为 2.24 mg/L. 对桡足类等敌害生物防治, 建议使用 2 mg/L 浓度的灭虫精进行防治, 能达到显著效果^[25].

现有的人工育苗方式是以大量换水来改善育苗的水质条件, 受气候、海况条件的制约明显, 遇到海区风浪大(特别是台风天气)或发生赤潮将影响供水. 由于换水而导致贝类传染病的发生. 为了调节和改善育苗水质, 采用不换水而利用光合细菌和芽胞杆菌属为主的复合微生物制剂运用于西施舌育苗已见报道. 以幼虫培育密度为 0.5 和 1 ind/mL, 添加光合细菌 40 μL/L、微生物制剂 2 μg/L 中西施舌幼虫生长最快; 幼虫密度为 0.5 ind/mL 的试验组, 8 d 内换水与不换水, 添加与不添加复合微生物, 对于幼虫成活率影响不大, 而幼虫密度为 1 ind/mL 的试验组必需添加一定量的微生物(光合细菌 40 μL/L、微生物制剂 2 μg/L)才可达与换水对照组同样高的成活率^[26].

1.4.5 保护区研究

西施舌在福建俗称海蚌. 1985 年福建省人大常委会通过了《海蚌资源繁殖保护管理的若干规定》. 1992 年 10 月省人大颁布《福建省长乐海蚌资源增殖保护区管理规定》. 在长乐沿海划定了海蚌资源保护区和海蚌资源增殖区, 分别位于 (25°53'52"~25°49'N 的 10 m 等深线以内和 25°53'52"N 以北, 119°40'1"E 以西) 以及 (26°04'34"~25°54'49"N, 119°41'12"以东 10 m 等深线以内)^[27].

根据 1993 年 11 月至 1995 年 1 月的浮游动物样品, 报道了海蚌保护区浮游动物平均生物量和密度最高峰是在 7 月份 (231/m² 和 158 ind/m²); 浮游动物平均生物量和密度的高产值, 1 月份在资源保护区位于 10 m 等深线, 7 月份位于 5 m 等深线, 但在海蚌增殖区则是 3 月和 11 月份位于 5 m 等深线. 密度最低值皆出

现于 3 月份^[27].

根据 1984 年 4~5 月至 1985 年 4 月采样,福建省海岸带资源综合调查报道过闽江口大型底栖生物调查结果,西施舌-加洲齿吻沙蚕-棘头梅童鱼群落位于梅花镇东北、坛赶兜外至漳港北侧一带水域,水深 2~6 m,盐度 25.56~28.64,底质为细砂,代表种西施舌,分布广且栖息密度大.在梅花镇东北水域,其幼体秋季栖息密度高达 $1\ 210\ \text{ind}/\text{m}^2$,在坛赶兜外水域也达到 $270\sim 340\ \text{ind}/\text{m}^2$ ^[28].

2 西施舌人工育苗

国内对西施舌的人工育苗始自 1965 年,初步研究报道过西施舌幼虫生活习性和室外人工育苗^[29],但人工育苗试验获得成功还是在 20 世纪 80 年代以后.目前,西施舌人工育苗自南到北沿海全面展开.

2.1 诱导产卵

人工诱导西施舌产卵见到了初步报道,氨海水浸泡西施舌,对诱导排放精卵具有明显的作用. NH_4OH 的有效当量浓度为 $1.5\times 10^{-3}\sim 3\times 10^{-2}\ \text{N}$,其中以 $7.5\times 10^{-3}\sim 1.5\times 10^{-2}\ \text{N}$ 氨海水诱导效率最高.采用阴干加流水刺激和阴干加升降温刺激,都能促使性成熟的西施舌排放精卵^[30].

2.2 幼虫的生长与成活率

目前,西施舌的人工育苗工艺流程包括从亲贝蓄养、催产、受精卵孵化到幼虫培育、稚贝培育,直到稚贝壳长达到 10 mm 以上才移至室外进行中间培育.西施舌幼虫培育是在室内水泥池中进行.广东 1997 年和 1999 年两次育苗试验,用阴干加流水刺激的方法诱导亲贝排放精卵,其受精率和孵化率可达 98% 左右.在盐度为 26~32,水温为 23~26℃ 条件下,幼虫在培育密度为 1~2 mL 时生长较好,经 9~10 d 培育,可进入附着变态期,其壳长生长速度为 $14.1\ \mu\text{m}/\text{d}$.稚贝阶段在日流量为育苗水体的 1.5~2.0 倍时取得较好效果,其壳长生长速度为 $112.4\ \mu\text{m}/\text{d}$ ^[31].福建于 2000 年 7 月进行的人工育苗结果:直线铰合幼虫(D 形幼虫)放养密度 1~2 ind/mL,以球等鞭金藻为开口饵料,壳顶期增投扁藻,日平均水温 26.16℃,经 9 d 培育即附着变态.采集直线铰合幼虫 1.6×10^7 粒,培育成体长 240 μm 左右的壳顶幼虫 7.2×10^6 粒,成活率为 45%.获得体长 270 μm 以上的初期附着稚贝 2.4×10^6 粒,育苗成活率为 13%^[32].

2.3 变态附着

2.3.1 化学诱导物

西施舌人工育苗生产过程中,在附着变态阶段常

常发生大量幼体死亡及变态延迟的现象,使附着变态成为制约人工育苗大批量生产的瓶颈之一.因此,附着变态是西施舌人工育苗的关键技术之一.对人工诱导西施舌附着变态,采用试验水体中添加化学诱导物的方法,报道了化学诱导物有肾上腺素(EPI)、氨基丁酸(GABA)、L-多巴(L-DOPA)、 Ca^{2+} 、KCl 确定了化学诱导物最佳诱导浓度.结果表明:EPI 对西施舌附着和变态的诱导效果最为显著,当 EPI 浓度为 $10^{-4}\ \text{mol/L}$ 时,变态率及附着率分别为 92.8% 及 98.3%,同时成活率也高达 98.14%;GABA 亦有较好的诱导效果,当 GABA 浓度为 $10^{-5}\ \text{mol/L}$,变态率及附着率分别为 87.6% 及 96.9%;L-DOPA 能诱导西施舌眼点幼虫变态,当 L-DOPA 浓度为 $10^{-6}\ \text{mol/L}$ 时,变态率达 73.3%,但对其附着的诱导效果不明显^[33].用直径小于 1 mm 的细沙作为附着基质, $1\times 10^{-6}\ \text{mol/L}$ 的 L-DOPA 处理西施舌眼点幼虫 12 h,变态率为 73.3%,对照组为 62.6%.浓度为 $1\times 10^{-7}\ \text{mol/L}$ 的 L-DOPA 处理西施舌幼虫 12 h 生长速率为 25.6%,对照组为 14.7%,表明适当浓度的 L-DOPA 能促进西施舌幼虫的生长^[34]. Ca^{2+} 最适宜浓度为 20 mmol/L 时,西施舌眼点幼虫变态率、附着率及成活率分别为 42.8%、86.1% 和 87.4%^[33].KCl 对西施舌眼点幼虫变态的最佳诱导浓度为 10 mmol/L,浓度超过 15 mmol/L 时,抑制了幼虫的变态^[35].

2.3.2 附着基质

目前,西施舌附着变态的附着基质普遍采用细砂(粒径 0.05~1.00 mm),使用其它基质效果都不佳.当试验用纯砂(粒径 0.15~0.60 mm)、软泥、玻璃作为附着基质时,每组培养 30 个幼苗(壳长 0.150~0.178 cm),历时 36 d 结果穴居在细砂中的幼苗,比穴居在软泥中生长快,玻璃基质上生长最为缓慢^[29].另有报道采用塑料板、网箱和细砂作为西施舌的附着基质,表明塑料板附着初期效果比铺砂的好,变态率为 70.2%,比空白对照组高 52.2%;其成活率达到 89.2%,但后期稚贝成活率很低为 0.12%.因此,目前除细砂外,其它材料的附着基质很难在人工育苗中既作为附苗器又作为稚贝的生活基质^[36].

为了提高西施舌稚贝立体附苗及立体培育的效果,一种盘架式人工立体采苗方法改进西施舌的人工采苗,采苗量为传统式池底平面采苗量的 16 倍,而且,不同水层都能附苗.底层(水深 120 cm)附苗量多于上中层(水深 20~60 cm),占总量的 38.66%.不同水层西施舌稚贝附着后培养 15 d 日平均增长 79.47~104.26 μm ,表层稚贝比底层稚贝生长快^[37].

2.4 稚、幼贝中间培育

西施舌稚、幼贝中间培育是制约西施舌增养殖发展的主要因素之一, 福建和广东都进行过水泥池中间培育试验. 福建于 2000 年 9 月 26 日, 在陆上高位水泥池蓄养平均体长 9.8 mm, 平均体质量 0.2 g 的幼贝 20.6×10^4 粒, 至 2001 年 7 月 1 日培育成功, 平均体长 39.05 mm, 平均体质量 9.87 g 的西施舌幼贝 3.105×10^4 粒, 成活率为 15.07%^[32].

广东 2000 年利用了室外水泥池培育西施舌人工稚贝 (平均壳长为 24.0 mm, 平均体质量为 2.0 g), 采用 150% 的日流量并结合底质定期冲洗和更换等措施, 经 177 d 培育, 西施舌苗种平均壳长为 40 mm, 平均个体质量为 9.8 g, 壳长生长速度为 0.09 mm/d, 体质量生长速度为 0.04 g/d, 成活率为 68%^[38]. 目前, 西施舌中间培育技术仍是试验研究, 适用于南、北方的大规模中间培育尚待攻关, 中间培育技术仍是制约西施舌增养殖的瓶颈问题.

3 展 望

西施舌人工育苗始见于 1966 年的报道, 初步培育出 1~2 mm 的西施舌幼苗, 但没有育苗数量的报道. 探讨西施舌人工育苗规模, 至今有关的报道有: 广东于 1997 年 5~7 月利用 93.23 m^2 水泥池共培育出平均壳长 2.2 mm 的稚贝 364 万个; 1999 年 5~8 月利用 103.47 m^2 水泥池共培育出平均壳长 4.0 mm 的稚贝 196 万个^[31]. 福建于 2000 年 6 月至 2001 年 7 月在水泥池 (250 m^3), 培育出体长 3.1~7.2 mm 幼贝 200.9×10^4 粒, 平均体长 39.05 mm, 平均体质量 9.87 g 的 1 龄西施舌幼贝 3.105×10^4 粒, 成活率为 15.07%^[32]. 辽宁报道了 2004 年首次人工育苗试验, 试验利用 12 m^3 水体育出 2.5 mm 的稚贝 21.4×10^4 粒^[39].

从上述人工育苗规模可见, 由于西施舌稚贝培育阶段死亡率较高, 人工育苗产量不稳定, 截至 2001 年, 福建、广东育出壳长 2~7 mm 稚贝最多约 300 万粒左右, 39 mm 左右西施舌幼贝 3.1 万粒, 仍未能进入苗种规模化生产. 因此, 为了建立西施舌养殖种苗集约化全人工培育关键技术及相关辅助技术, 实现西施舌的大规模人工育苗, 国家“863 计划”2004 年开始实施“西施舌大规模人工育苗技术研究”, 西施舌规模化的人工育苗技术获得实质性突破, 课题研究突破了西施舌幼虫附着变态与提高成活率的关键技术, 确立了系统配套的西施舌苗种生产工艺. 课题报道了 2004 年 8 月 21 日, 在山东青岛育出壳长 7.3 mm 稚贝 528 万粒, 壳长 10.1 mm 幼贝 1.169 万粒, 是国内培育西施舌

幼体最多的报道^[40]. 2005 年 8 月 22 日, 在福建省长乐市又获得平均壳长为 9.9 mm 稚贝 4 481 万粒, 平均壳长 47 mm 幼贝 23.34 万粒. 目前在国内, 西施舌室内人工育苗的集约化程度较高, 壳长 10 mm 的稚贝生产技术已达到规模化且处于较稳定的水平.

纵观西施舌的人工育苗工艺, 是将幼虫孵化与培育阶段放在室内育苗系统中进行, 而将稚贝培育主要放在室内育苗系统中, 有的放在室外水泥池中进行, 采苗时利用池底平面采苗和盘架式铺沙装置人工立体采苗等方式. 由于西施舌对水质、底质环境等要求较高, 对水泥池培育和土池培育来说, 如何解决底质恶化已成为关键问题. 为了提高西施舌中间培育的成活率, 降低培育成本, 探讨西施舌室内人工育成壳长 10 mm 以上, 再移到室外进行中间培育, 利用西施舌中间培育池与对虾养殖池组成循环式养殖系统, 通过抽取虾池上层饵料藻类丰富的池水进入中间培育池, 当壳长达到 30~40 mm 时, 可以移至潮间带低潮区进行二次中间培育, 或者在室外水温较低季节, 移到对虾养殖池与对虾混养, 达到西施舌与虾、蟹养殖互补, 将可以成为西施舌人工培育大规格苗种的有效途径.

参考文献:

- [1] 齐钟彦. 中国经济软体动物 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998
- [2] 吴进锋, 张汉华, 梁超愉, 等. 广东沿海西施舌资源及增殖保护对策 [J]. 湛江海洋大学学报, 2002, 22(3): 68-69.
- [3] 邢湘成. 西施舌的药用 [J]. 药膳食疗, 2004(4): 32
- [4] 孟学平, 程汉良, 董志国. 我国西施舌研究现状及展望 (综述) [J]. 河北科技师范学院学报, 2005, 19(4): 71-75.
- [5] 吴进锋, 陈利雄, 陈素文. 西施舌增养殖的研究现状与展望 [J]. 大连水产学院学报, 2005, 20(2): 137-141.
- [6] 齐秋贞, 高如承, 邱文仁, 等. 西施舌生活史 [J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 1995, 11(4): 82-88
- [7] 黄一鸣, 林 瑛, 陈寅山, 等. 西施舌生殖腺季节性变化的研究 [J]. 福建师范大学学报: 自然科学版, 1983(2): 135-144
- [8] 饶小珍, 许友勤, 陈寅山, 等. 西施舌的核型分析 [J]. 动物学杂志, 2003, 38(2): 2-5
- [9] 齐秋贞, 邱文仁, 高如承, 等. 西施舌器官的发生和形成 [J]. 台湾海峡, 1996, 15(1): 6-15
- [10] 刘德经, 谢开恩. 西施舌的繁殖生物学 [J]. 动物学杂志, 2003, 38(4): 10-15
- [11] 杨瑞琼, 潘桂平, 张玲, 等. 西施舌生物学的初步研究 [J]. 厦门水产学院学报, 1990, 12(1): 7-15
- [12] 刘德经, 陈杰明. 西施舌幼虫对几种单细胞藻类摄食效果的初步试验 [J]. 福建水产, 1997(2): 33-39

- [13] 罗彩林,高如承,骆轩.单胞藻投饵量对西施舌稚贝摄食率的影响[J].福建师范大学学报:自然科学版,2005,21(4):89-91.
- [14] 孟学平,董志国,程汉良,等.西施舌的耗氧率与排氨率研究[J].应用生态学报,2005,16(12):2435-2438.
- [15] 董志国,李家乐,李晓英,等.温度、pH和摄食作用对西施舌胃蛋白酶活力的影响[J].上海水产大学学报,2005,14(4):397-400.
- [16] 程汉良,孟学平,董志国.西施舌同工酶组织特异性研究[J].海洋湖沼通报,2006(2):44-51.
- [17] 陈寅山,冯莉.西施舌血清和肌肉提取液凝集性能研究[J].漳州师范学院学报:自然科学版,2004,17(2):92-96.
- [18] 饶小珍,许友勤,陈寅山,等.西施舌的核型分析[J].动物学杂志,2003,38(2):2-5.
- [19] 包永波,尤仲杰,焦海峰.西施舌基因组DNA的提取及其RAPD反应条件的优化[J].水利渔业,2005,25(6):32-33.
- [20] 孟学平,高如承,董志国,等.蛤蜊科3种贝类16S rRNA基因片段及ITS2核苷酸序列分析[J].湛江海洋大学学报,2006,26(4):8-13.
- [21] 高如承,齐秋贞,黄雪琴,等.盐度对西施舌幼虫和贝苗生长发育的影响[J].福建师范大学学报:自然科学版,1995,11(3):82-88.
- [22] 刘德经,张克存,黄德尧,等.西施舌幼虫及稚贝致死温度初步研究[J].动物学杂志,2001,36(1):29-31.
- [23] 刘德经,张克存,黄德尧.环境因素对西施舌稚贝生长发育的影响[J].湛江海洋大学学报,2006,26(3):31-35.
- [24] 吴进锋,陈素文,陈利雄,等.硫化物和氨对西施舌幼贝的毒性影响研究[J].热带海洋学报,2006,25(1):42-46.
- [25] 高如承,汪彦惜,庄惠如,等.灭虫精对西施舌幼贝的毒性试验[J].福建畜牧兽医,2006,28(3):1-2.
- [26] 陈素文,陈利雄,吴进锋.光合细菌和复合微生物制剂在西施舌幼虫培育的应用[J].南方水产,2005,11(12):26-30.
- [27] 高如承,邱文仁,齐秋贞,等.海蚌保护区浮游动物生物量和密度分布[J].福建师范大学学报:自然科学版,1996,12(3):71-76.
- [28] 李荣冠,江锦祥,吴启泉,等.闽江口及邻近水域大型底栖生物生态研究[J].海洋学报,1997,19(5):116-123.
- [29] 陈文龙,刘德经,许万竹.西施舌人工育苗初步研究[J].水产学报,1966,3(2):130-141.
- [30] 刘德经.西施舌诱导产卵的初步研究[J].福建水产,1996(1):1-4.
- [31] 吴进锋,陈素文,梁超愉,等.西施舌人工育苗及幼虫、稚贝生长研究[J].湛江海洋大学学报,2004,23(4):14-19.
- [32] 刘德经,谢开恩,王家滂,等.西施舌人工育苗及稚贝培育技术研究[J].集美大学学报:自然科学版,2002,7(3):199-203.
- [33] 高如承,刘文彪.几种化学物质对西施舌幼虫附着和变态的诱导技术[J].水产学报,2006,30(5):597-602.
- [34] 刘文彪,高如承,黄振彬,等.L-DOPA对西施舌眼点幼虫附着变态诱导的研究[J].海洋科学,2006,30(2):26-29.
- [35] 陈素文,吴进锋,陈利雄,等.氯化钾对西施舌眼点幼虫变态的诱导效果[J].湛江海洋大学学报,2004,24(1):72-73.
- [36] 陈素文,陈瑞雯,吴进锋,等.西施舌稚贝附着基质的初步研究[J].中国水产科学,1999,6(2):125-126.
- [37] 刘德经,王家滂,谢开恩.西施舌盘架式人工立体育苗[J].中国水产科学,2002,9(1):39-42.
- [38] 吴进锋,张汉华,梁超愉,等.西施舌苗种的中间培育[J].上海水产大学学报,2004,13(2):130-133.
- [39] 李晓旭,夏长革,常亚青,等.北方沿海西施舌苗种的人工培育试验[J].水产科学,2005,24(3):1-3.
- [40] Hui L i u , Jian Xin zhu Hui L i n g s u n , et al The clam, *X i s h i t o n g u e C o e l m a c t r a a n t i q u a t a* (Spengler), a p r o m i s i n g n e w candidate for aquaculture in C h i n a [J]. Aquaculture, 2006, 255 402- 409.

Advances in Studies on Biology and Artificial Breeding of the Bivalve *Coelmaetra antiquata*

GAO Ru-cheng

(College of Life Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract The clam, *Xishitongue Coelmaetra antiquata* (Spengler), is a bivalve animal with a high economic value. This review summarized biology of the clam including life history, ingestion mechanism, isozyme, agglutination, karyotype analysis, DNA, mitochondrial 16S rRNA gene fragment, conserved zone, effect of ecological condition and artificial breeding including induced spawning, artificial breeding of juvenile, eye-bolt larval hatching and settlement and metamorphosis, and an approach to large-scale artificial breeding techniques of large seedling was put forward.

Key words *Coelmaetra antiquata*, biology, artificial breeding.