

DOI:10.16378/j.cnki.1003-1111.2019.03.018

大竹蛭稚贝潜砂行为的研究

郝咏芳^{1,2}, 周 玮², 曹 琛³, 张建强², 魏国庆¹, 李 丹¹

(1. 营口市农业农村综合发展服务中心, 辽宁 营口 115000; 2. 大连海洋大学, 辽宁 大连 116023;
3. 辽宁省海洋水产科学研究院, 辽宁 大连 116023)

摘 要: 实验室条件下, 研究大竹蛭稚贝的潜砂行为及稚贝规格对潜砂的影响。结果表明, 大竹蛭稚贝的潜砂行为可分 3 个阶段: 准备期、潜砂期及结束期。大竹蛭稚贝在壳长 3.00~8.50 mm 内, 规格对潜砂准备时间、潜砂时间及潜砂行为的影响极显著, 随着规格变大其潜砂准备时间逐渐降低(10.7~4.0 s); 潜砂时间则表现为先降后升, 壳长(6.20±0.04) mm 组的稚贝潜砂时间最短, 约 9.7 s; 各规格组稚贝的潜砂率均为 100%, 壳长(5.18±0.11) mm 组潜砂率 100% 且用时最短。建议在大竹蛭增殖过程中, 投放苗种规格宜大于 5.00 mm。

关键词: 大竹蛭; 潜砂行为; 稚贝规格

中图分类号: S968.31

文献标识码: A

文章编号: 1003-1111(2019)03-0406-05

大竹蛭(*Solen grandis*), 属帘蛤目、竹蛭科、竹蛭属, 埋栖生活在潮下带至 20 m 水深处, 在沙底或沙泥滩底穴居, 洞穴倾斜, 栖息深度 30~50 cm^[1], 主食浮游性较弱易于下沉或底栖的硅藻类^[2-3]。由于大竹蛭味道鲜美且具有较高的营养及药用价值, 深受消费者喜爱, 近年来市场一直供不应求, 但其自然资源的急剧减少导致价格逐年攀升, 升值发展空间极大。

国内有关于魁蚶(*Scapharca broughtonii*)^[4]、长竹蛭(*S. stritus*)^[5]、缢蛭(*Sinonovacula costriata*)^[6]、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)^[7]、文蛤(*Meretrix meretrix*)^[8]、象拔蚌(*Panopea abrupta*)^[9]等海水贝类潜砂行为的报道, 阐明了这几种埋栖型贝类的潜砂过程、潜砂机制、适宜潜砂规格及环境因子对潜砂行为的影响等。迄今为止, 尚未见国内外学者对于大竹蛭潜砂行为及潜砂机制的研究报道。

本研究于 2015 年 7 月进行, 2018 年 6 月进行补充试验。实验室内设计了大竹蛭稚贝的潜砂模拟试验, 观察其潜砂行为, 分析比较潜砂各阶段用时及潜砂率, 同时研究大竹蛭规格对潜砂行为的影响, 旨在为大竹蛭的基础生物学研究提供一定的理论依据, 有利于提高大竹蛭的底播增殖成活率。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

本试验所用大竹蛭苗种取自营口市农业农村综合发展服务中心贝类试验基地, 为当年培育、壳长 3.00~8.50 mm、活力好的大竹蛭稚贝。实验室内暂养 2 d, 投喂牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri*), 增氧泵微量充氧。

海水取自于大连市黑石礁海域, 砂滤、沉淀。pH 8.10, 26 °C, 盐度 31, 溶解氧 6.8 mg/L。

底质沙样采自大连市星海广场, 经砂滤海水淘洗、烘干, 标准分样筛(ZNB-200L 型 φ200×50 mm, 28~55 目)筛选, 粒径 0.313~0.625 mm。

1.2 试验方法

将底质分别平铺在 2 个提前洗净的 12 cm×12 cm×10 cm 水槽底部, 厚度约 3 cm; 水槽置于 35 cm×50 cm×25 cm 水族箱内, 沿箱壁缓慢加入海水, 水深没过水槽约 5 cm; 海水澄清后, 塑料吸管随机吸取大竹蛭稚贝, 10 个/水槽(稚贝自然落于沙面), 静水试验。

将稚贝分成 4 个平均壳长(8.17±0.01)、(6.20±0.04)、(5.18±0.11)、(3.08±0.15) mm 组, 每组随机选取 20 个稚贝, 游标卡尺测量、记录壳长。每组 2 个平行, 贴标签区分稚贝规格; 底质

收稿日期: 2018-04-11; 修回日期: 2018-12-14。

基金项目: 辽宁省科学计划项目(2018104009); 大连市第二批领军人才资助项目。

作者简介: 郝咏芳(1985—), 女, 工程师, 硕士研究生; 研究方向: 海水贝类遗传育种、生物饵料培养。E-mail: 690938298@qq.com。

通讯作者: 周玮(1963—), 男, 教授; 研究方向: 水产遗传育种、海洋生物。E-mail: zhouwei@dlo.u.edu.cn。

平铺及稚贝投放同上。试验计时开始,记录稚贝潜砂各阶段的时间及每个稚贝潜砂的开始时间和完全潜入时间;持续 2 min 后,分别统计各水槽中潜砂和完全潜砂的稚贝个数。

试验期间,观察、拍照,详细记录潜砂过程的细节。

$$\text{潜砂率}/\% = n_1/n \times 100\%$$

式中, n 为投放稚贝的总个数, n_1 为潜砂的稚贝个数。

1.3 数据分析

运用 SPSS 17.0 及 Excel 处理试验数据,采用单因素方差分析进行差异性显著检验。

2 结果

2.1 大竹蛭稚贝的潜砂过程

大竹蛭稚贝的潜砂过程可分 3 个阶段:准备期、潜砂期、结束期。

2.1.1 准备期

大竹蛭稚贝落于底质沙面至探出斧足潜砂前的时间称为准备期。此阶段通常在 15 s 之内,平均用时(11.3±0.5) s。此阶段内,大竹蛭稚贝静躺在沙面(图 1a)。

2.1.2 潜砂期

大竹蛭稚贝的潜砂期可分解为:斧足探出,贝壳倾斜至完全竖立与沙面垂直,钻潜泥沙。此阶段平均用时(40.5±3.7) s。

(1)斧足探出:稚贝双壳微开,探出斧足,向沙面弯曲、缓慢伸入沙层,此行为是开始潜砂的标志(图 1b)。

(2)竖壳:稚贝水管向上、斧足朝下,与沙面摩擦使壳与沙面成一定角度,快速竖起,伴有水管伸缩(图 1c、d)。大竹蛭稚贝竖壳的动作极快,瞬间完成。

(3)钻潜泥沙:大竹蛭稚贝在水管周期性伸缩和双壳不断开合的过程中,迅速向沙层潜入,且在下潜瞬间双壳紧闭,稚贝完全潜入底质一般经过 3~5 次开壳、闭壳(图 1e~g)。

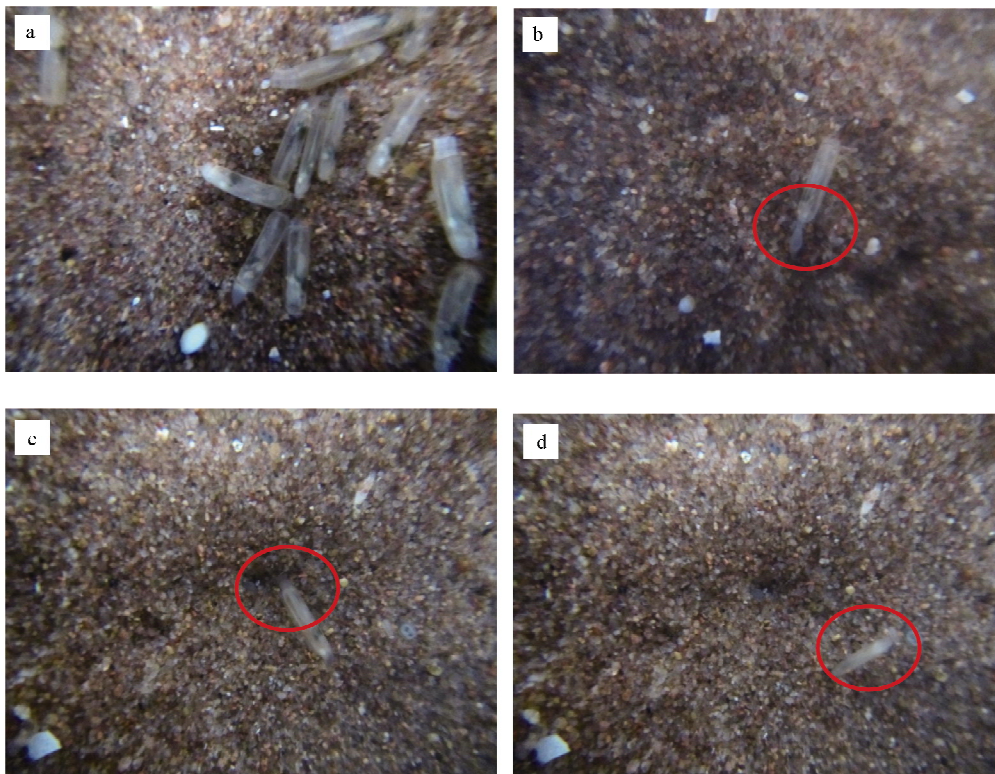
2.1.3 结束期

大竹蛭稚贝完全潜入沙层后,进、出水管在沙面形成 2 个相邻水孔(图 1h)。

2.2 规格对大竹蛭稚贝潜砂行为的影响

2.2.1 规格对大竹蛭稚贝潜砂准备时间的影响

大竹蛭稚贝随着规格变大(壳长 3.0~8.17 mm),潜砂准备时间逐渐降低(10.7~4.0 s)(图 2)。大竹蛭稚贝的潜砂准备时间,(3.08±0.15) mm 组较长(10.7 s),且该组整体潜砂准备时间较整齐;(5.18±0.11) mm 组潜砂准备时间次之(8.6 s),但该组准备时间不整齐;(8.17±0.01) mm 组潜砂准备时间最短(4.0 s)。单因素方差分析表明,稚贝规格对大竹蛭潜砂准备时间影响极显著($F=32.99, P<0.01$)。



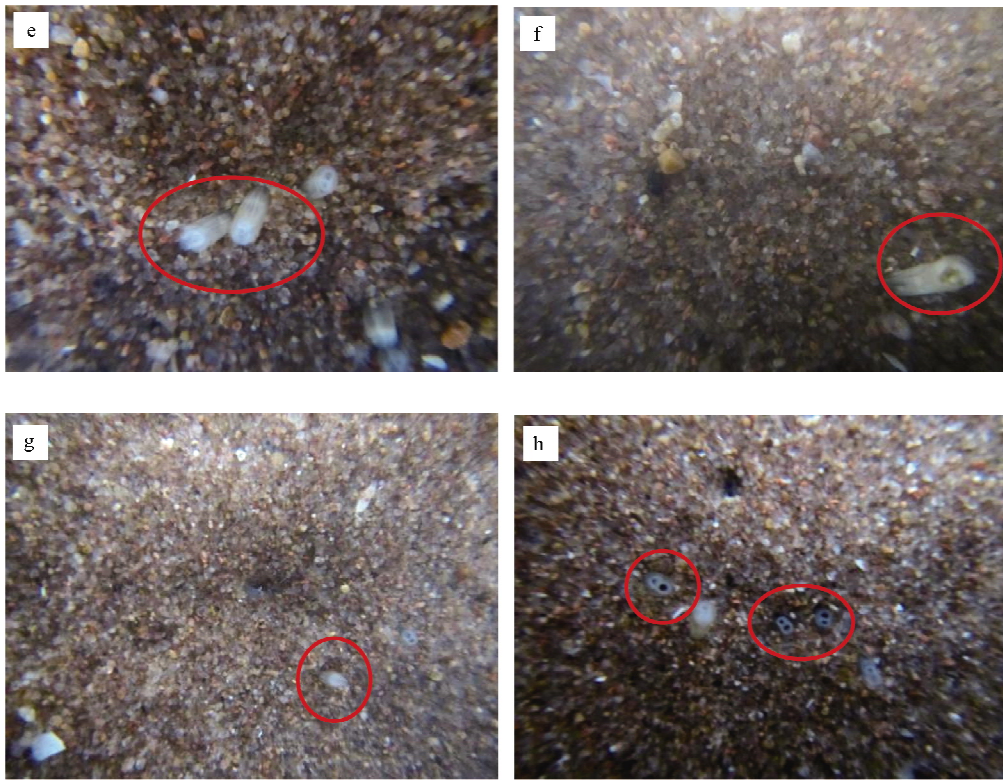


图 1 大竹蛭稚贝的潜砂过程

a. 大竹蛭稚贝自然落于沙面之上; b. 大竹蛭稚贝伸出斧足; c. 大竹蛭稚贝斧足伸入沙层并竖壳 1; d. 大竹蛭稚贝斧足伸入沙层并竖壳 2; e. 大竹蛭稚贝开始潜砂; f. 大竹蛭稚贝潜砂过程 1; g. 大竹蛭稚贝潜砂过程 2; h. 大竹蛭稚贝完成潜砂。

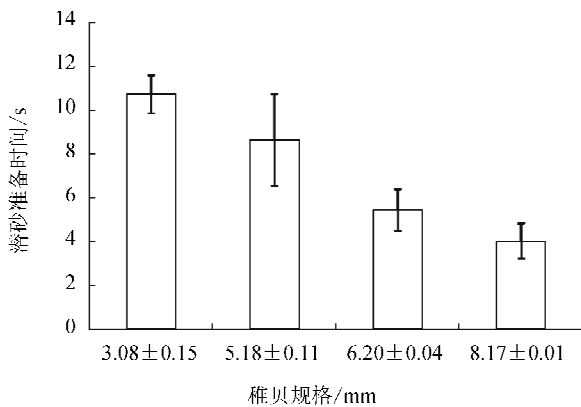


图 2 稚贝规格对大竹蛭潜砂准备时间的影响

2.2.2 稚贝规格对大竹蛭稚贝潜砂时间的影响

(6.20 ± 0.04) mm 组的大竹蛭稚贝潜砂用时最短(约 9.7 s), 其次是(5.18 ± 0.11) mm 组稚贝(11.5 s), 且该组稚贝整体潜砂时间较整齐, 其余两组稚贝整体潜砂用时较长(图 3)。单因素方差分析表明, 稚贝规格对大竹蛭潜砂时间影响极显著($F=8.72, P<0.01$)。

2.2.3 稚贝规格对大竹蛭稚贝潜砂率的影响

在试验条件下, 不同规格组的大竹蛭稚贝个体均潜入了沙层中, 在试验时间内, 每组大竹蛭个体

的潜砂率均为 100%。故在本试验中, 壳长 3.00 ~ 8.50 mm 的大竹蛭稚贝, 其规格对于潜砂率影响不显著。

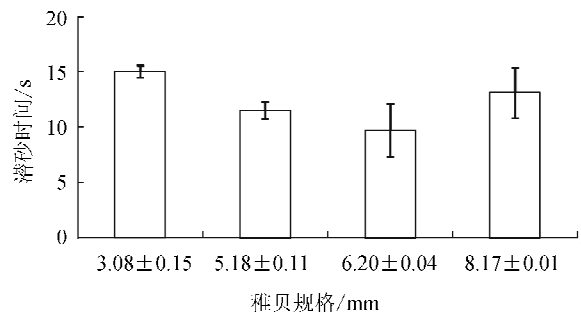


图 3 稚贝规格对大竹蛭潜砂时间的影响

2.2.4 不同规格大竹蛭稚贝的潜砂曲线

相同时间内, 大竹蛭稚贝(5.18 ± 0.11) mm 组整体潜砂速度最快, 潜砂率 100% 所需的时间最短(16 s); (6.20 ± 0.04) mm 组稚贝潜砂速度介于中间, 潜砂率 100% 所需时间为 18 s; (8.17 ± 0.01) mm 组和(3.08 ± 0.15) mm 组稚贝潜砂速度较慢, 20 s 时潜砂率才达 100%。即在本试验中, 大竹蛭稚贝壳长 5 mm 以上时, 随着规格增大, 潜砂速度逐渐减慢。

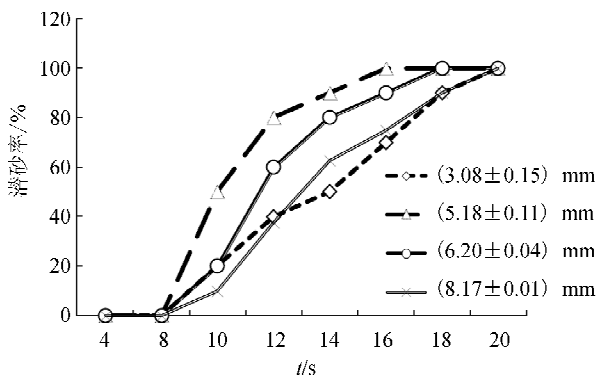


图4 不同规格大竹蛭稚贝的潜砂曲线

综上可知,稚贝规格对大竹蛭的潜砂行为影响极显著,对潜砂率影响不显著。(8.17±0.01) mm组的大竹蛭稚贝潜砂准备时间最短(4.0 s), (6.20±0.04) mm组的潜砂用时最短(约9.7 s),大竹蛭稚贝(5.18±0.11) mm组整体潜砂速度最快。

3 讨论

3.1 大竹蛭稚贝的潜砂过程及潜砂机制

大竹蛭作为典型的埋栖型贝类,浮游阶段较短(随水温变化浮游期大约为8~12 d),幼体变态后利用斧足进行潜砂,实现绝大部分时间的埋栖生活(夜晚光照较弱,或环境条件不适宜时会有部分稚贝在水中游动),潜砂后在底质表面形成用于海水交换、摄食及呼吸的水孔,可以说,潜入底质是埋栖贝类躲避敌害、自我保护的重要生态策略。大竹蛭苗种游泳能力强,对生存环境要求较高,产量极不稳定,大竹蛭苗种播洒后能否潜砂及潜砂速度的快慢是放养成败的关键。底播后,若环境条件适宜,稚贝可在短时间内潜入沙层,迅速转入埋栖生活,有利于减少被敌害摄食的概率,增加其增殖成活率;潜砂慢则有可能被水流带走甚至被敌害捕食,放养存活率相应降低。因此,大竹蛭稚贝潜砂行为的具体过程,是其潜砂研究的前提及根本。

大竹蛭足部较长,足部肌肉发达,一般以砂质及含砂量70%以上的泥砂质作为生存底质,依靠斧足挖掘泥砂、双壳开闭、水管收缩,使部分或全部身体潜入泥砂中营埋栖生活。大竹蛭稚贝潜砂过程同魁蚶^[4]、文蛤^[8]、毛蚶(*Scapharca subcrenata*)^[10]相同,都可以分为潜砂准备期、潜砂期、结束期3个阶段。在潜砂过程中,竖壳是大竹蛭潜砂的一个显著标志,健康的大竹蛭稚贝只要能竖壳,就基本能完成潜砂,这与菲律宾蛤仔^[7]的潜砂行为一致。在大竹蛭稚贝潜砂过程中,斧足、双壳和水管的配合动作与象拔蚌^[9]苗种潜砂行为的研究基本一致。

试验观察到大竹蛭稚贝的水管周期性伸缩与Trueman^[11]的研究中贝类水管利用喷射水流来疏松沙土的结论相吻合。Trueman等^[11-12]指出,双壳贝类促使瓣膜压向底质实现潜砂,主要依靠的是韧带打开瞬间产生的作用力,贝类斧足血腔产生的高压也在一定程度上增强了潜砂力;Brand等^[13]则认为双壳贝类潜砂时足完全伸展于底质中,收缩末梢,依靠足牵引肌牵引而向下运动、倾斜、竖壳及潜砂;笔者认为大竹蛭稚贝的潜砂机制偏向于Trueman等结论^[11-12]。

3.2 规格对大竹蛭稚贝潜砂行为的影响

本研究中壳长3.00~8.50 mm的大竹蛭稚贝,活力强,潜砂迅速,在试验所用中砂底质条件下,潜砂准备时间及潜砂时间较短,潜砂速度明显快于同规格的魁蚶(准备时间9 min,潜砂时间>20 min)^[4]、毛蚶(准备时间21.4 min,潜砂15.9 min)^[10]及菲律宾蛤仔(壳长12.0 mm时潜砂用时约5~10 min)^[7]。这可能与贝类品种、生活习性及其栖息深度差异有关,另外斧足的大小、长短及活力也不同。大竹蛭在海水中游泳能力极强,可在各水层游动,而其他几种贝类均为在底质表面平移游动;也可能与个体体质有关,试验中相同条件下,大竹蛭稚贝个体间潜砂时间也有较大差距,最快的7 s完全潜入,慢则约需15 s,这与贝类潜砂行为与体质相关的结论一致^[7]。大竹蛭稚贝潜砂行为完成后,沙面出现距离很近的由稚贝进、出水管形成的2个小孔,这点与大多数埋栖型贝类相同。

3.3 规格对大竹蛭稚贝潜砂各阶段时间的影响

研究表明,大竹蛭稚贝规格对潜砂准备时间的影响极显著,小规格的稚贝潜砂准备时间较长,可能由于小规格稚贝足部力量较小,反应慢;与对魁蚶^[4]苗种潜砂的研究中,潜砂准备时间随苗种规格的增大呈先减后增趋势的结论不同,本研究大竹蛭稚贝随规格变大,潜砂准备时间逐渐降低;与苗种规格对魁蚶^[4]潜砂行为的影响极显著结论一致,不同于“魁蚶的潜砂率随苗种规格的增大呈上升趋势”,研究表明规格对大竹蛭稚贝潜砂行为影响显著,对潜砂率影响不显著,可能是本研究选择的大竹蛭稚贝壳长范围较小(该研究苗种壳长范围为5~30 mm),也可能与不同贝类生活习性存在差异有关,通常魁蚶在壳长10 mm以下时具有附着习性^[14]。

连续7年的大竹蛭育苗实践及增殖放流跟踪调查发现,大竹蛭幼体在环境适宜时最小变态规格为壳长230 μm,大部分幼体的变态壳长为260~280 μm,此后由浮游转为底栖附着生活。大竹蛭稚

贝壳长 500 μm 即具有潜砂习性,壳长 3 mm 以上潜砂能力较强,但潜砂效果较易受海区波浪、水流影响,潜砂时间略长;壳长 5 mm 以上则潜砂效果相对稳定。故本试验选取壳长 3.00~8.50 mm 的大竹蛭稚贝进行潜砂行为研究,对指导生产实践具有较大意义。

根据本研究观察结果,大竹蛭稚贝的潜砂机制与周玮等^[4,9]的研究结果相似。斧足在大竹蛭稚贝潜砂过程中具有非常重要的作用,而底质粒径、水质环境等直接影响斧足的活力,进而影响苗种的潜砂能力及潜砂率,因此相关方面的研究有待进一步进行,以期为大竹蛭增殖寻找适宜的投放海域、投放时间等提供参考。

综上,在大竹蛭的增殖中,尽量选择健康苗种,缩短运输时间,保证稚贝体质处于良好状态,有利于苗种增殖投放后迅速、及时潜砂。根据本研究结果,并结合大竹蛭育苗的生产成本、增殖情况及关于大竹蛭底播增殖的技术规程(DB21/T 2411—2015)等,建议在大竹蛭稚贝增殖过程中,选择壳长大于 5.00 mm 的苗种进行投放。

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,1998:233-234.
 [2] 潘星光. 缢蛭的生态观察与食性分析[J]. 动物学杂志,1959,3(8):355-357.
 [3] 王摆,田甲申,曹琛,等. 稳定同位素法研究大竹蛭 D

- 形幼虫、稚贝和幼贝的食性[J]. 水产科学,2017,36(5):670-673.
 [4] 周玮,刘一兵,李坤,等. 魁蚶苗种的潜砂行为观察[J]. 大连海洋大学学报,2011,26(6):550-553.
 [5] 孙虎山. 长竹蛭苗的潜砂及耐干露能力的研究[J]. 烟台师范学院学报:自然科学版,1992,6(8):67-73.
 [6] 王文雄,许振祖. 缢蛭稚贝的爬行为及盐度对其钻穴能力的影响[J]. 厦门大学学报:自然科学版,1988,27(3):333-337.
 [7] 杨凤,曾超,王华,等. 环境因子及规格对菲律宾蛤仔幼贝潜砂行为的影响[J]. 生态学报,2016,36(3):1-8.
 [8] 张安国,袁秀堂,杨凤影,等. 温度、盐度及底质对文蛤潜砂行为的影响[J]. 生态学杂志,2015,34(6):1595-1601.
 [9] 张建强. 几种环境因素对象拔蚌潜砂行为的影响[D]. 大连:大连海洋大学,2013.
 [10] 陈雷,郭良勇,张嵩,等. 毛蚶在不同底质与撒播方式下潜砂行为的观测与分析[J]. 渔业现代化,2016,43(8):22-25.
 [11] Trueman E R. The burrowing process of *Dentalium* (caphopoda) [J]. *Journal of Zoology*, 1968, 154(1): 19-27.
 [12] Ansell A D, Trueman E R. Burrowing in *Mercenaria mercenaria* (L.) (Bivalvia, Veneridae) [J]. *Experimental Biology*, 1967(46):105-115.
 [13] Brand A R, Trueman E R, Davis P. The dynamics of burrowing of some common littoral bivalves [J]. *Experimental Biology*, 1966(44):469-492.
 [14] 刘世禄,杨爱国. 中国主要海产贝类健康养殖技术[M]. 北京:海洋出版社,2005.

Burrowing Behavior and Ability of Razor Clam *Solen grandis* with Different Shell Length

HAO Yongfang^{1,2}, ZHOU Wei², CAO Chen³, ZHANG Jianqiang², WEI Guoqing¹, LI Dan¹
 (1. Yingkou City Agricultural and Rural Comprehensive Development Service Center, Yingkou 115000, China;
 2. Dalian Ocean University, Dalian 116023, China; 3. Liaoning Ocean and Fisheries Science Research Institute,
 Dalian 116023, China)

Abstract: The burrowing behavior and ability of razor clam *Solen grandis* with different shell length were researched in a laboratory. The results showed that the behavior of the burrowing into the sandy sediment can be divided into three stages: preparation period, burrowing period and terminal stage. In the different shell-length of 3.00 mm to 8.50 mm of *S. grandis*, the influence of the size on the burrowing behavior was very significant, the preparation-time of burrowing behavior gradually decreased (10.7—4.0 s) as the specification larger. The burrowing time was decreased and then increased, the group of 6.20 mm with the shortest burrowing time (about 9.7 s). The sand-diving rate of each size group was 100%. The burrowing time of 5.18 mm group was the shortest when burrowing-rate was 100%. It is suggested that in the process of increasing culturing of *S. grandis*, the seedling size should be over 5.00 mm.

Key words: *Solen grandis*; burrowing behavior; shell-length