

DOI: 10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20180724.001

荆圆圆, 陈群, 张天文, 等. 不同规格魁蚶在不同温度下潜沙率差异分析[J]. 广西科学院学报, 2018, 34(3): 191-197.

JING Y Y, CHEN Q, ZHANG T W, et al. Analysis of burrowing rate with different sizes and different temperature of *Scapharca broughtonii* schrenck[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2018, 34(3): 191-197.

不同规格魁蚶在不同温度下潜沙率差异分析*

Analysis of Burrowing Rate with Different Sizes and Different Temperature of *Scapharca broughtonii* Schrenck

荆圆圆^{1,2}, 陈群¹, 张天文^{1,2}, 刘恩孚¹, 王志刚¹, 郭文^{1,2}, 刘广斌^{1,2**}

JING Yuanyuan^{1,2}, CHEN Qun¹, ZHANG Tianwen^{1,2}, LIU Enfu¹,
WANG Zhigang¹, GUO Wen^{1,2}, LIU Guangbin^{1,2}

(1. 山东省海洋生物研究院, 山东青岛 266104; 2. 山东省海水健康养殖工程技术创新示范平台, 山东青岛 266104)

(1. Marine Biology Institute of Shandong Province, Qingdao, Shandong, 266104, China;
2. Shandong Provincial Healthy Mariculture Engineering Innovation Demonstration Platform, Qingdao, Shandong, 266104, China)

摘要:【目的】通过对不同规格的魁蚶在不同温度下潜沙率差异的分析, 探究魁蚶的潜沙行为与温度的关系, 为魁蚶的底播增殖提供数据支撑。【方法】实验设置 12℃、15℃、18℃和 21℃ 4 个不同的温度梯度, 水温变化均控制在 ±0.2℃ 以内。在水箱中铺沙进行观察实验, 记录不同规格魁蚶在各温度组的下潜情况, 计算各潜沙率。【结果】水温在 12℃ 和 15℃ 时, 不同规格魁蚶的初潜率均低于 18℃ 和 21℃ 的初潜率。水温在 18℃ 和 21℃ 时, 不同规格魁蚶的初潜率及最终潜沙率均在 90% 以上, 并且小规格魁蚶组的潜沙率略高于大规格魁蚶组。魁蚶规格为 1.5 cm 和 2 cm 组在不同温度下的初潜率高于 1 cm 组和 2.5 cm 组。1.5 cm 组在 12℃ 的潜沙率略高于 2 cm 组, 在 15℃、18℃ 和 21℃ 时较为接近, 均在 93% 以上。【结论】应选取潜沙速度快、适应能力强的规格作为埋栖型贝类的底播规格, 建议选择 2 cm 作为魁蚶底播规格; 底播温度根据实验结果建议选择 (20±2)℃。

关键词: 魁蚶 温度 苗种规格 底播增殖

中图分类号: S968.3 文献标识码: A 开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 1002-7378(2018)03-0191-07 微信扫一扫, 与作者在线交流



Abstract: 【Objective】By analyzing the burrowing rate in *Scapharca broughtonii* with different sizes and different temperatures, the relationship between the burrowing behavior of *S. broughtonii* and temperature was explored, which provided data support for promoting

steady and healthy development of the multiplication and cultivation of *S. broughtonii*.

【Methods】Four different temperature gradients of 12℃, 15℃, 18℃ and 21℃ were set in the experiment, and the water temperature variation were all controlled within ±0.2℃ during the experiment. Sanding was carried out in a water tank for observation experiments, and the burrowing rate in *S. broughtonii* with different sites

收稿日期: 2018-07-10

作者简介: 荆圆圆(1989—), 女, 研究实习生, 主要从事海水增养殖方面研究。

* 山东省现代农业产业技术体系建设专项资金(SDAIT-14)和山东省 2016 年度农业重大应用技术创新课题资助。

** 通信作者: 刘广斌(1972—), 男, 博士, 主要从事海水增养殖方面研究, E-mail: liuguangbin72@126.com。

and different temperatures were calculated. **【Results】**When the water temperature was 12°C and 15°C, the initial burrowing rate in *S. broughtonii* with different sizes were all lower than that of 18°C and 21°C. When the water temperature was 18°C and 21°C, the initial burrowing rate and the final burrowing rate in *S. broughtonii* with different sizes were all higher than 90 percent, and the small-size burrowing rate was higher than the large-size group. The initial burrowing rate in *S. broughtonii* of 1.5 cm and 2 cm groups were higher than 1 cm and 2.5 cm groups with different temperatures. The burrowing rate in *S. broughtonii* of 1.5 cm group was higher than 2 cm group, their experimental results were similar at 15°C, 18°C and 21°C, and both above 93 percent. **【Conclusion】**The size whose burrowing rate was fast and adaptable should be chosen as the gauge of burrowing rate. It was recommended to select 2 cm as a suitable specification to bottom-sowing culture. The bottom sowing temperature was recommended to choose (20±2)°C according to the experimental results.

Key words: *Scapharca broughtonii*, temperature, spat size, bottom sowing culture

0 引言

【研究意义】魁蚶(*Scapharca broughtonii*)属软体动物门(Mollusca)瓣鳃纲(Lamellibranchia)翼形亚纲(Pterimorphia)蚶目(Arcoida)蚶科(Arcidae),是一种大型海洋底栖经济贝类,主要分布于日本、韩国、菲律宾和我国沿海,栖息环境多在3~50 m深的软泥或泥砂质海底^[1-2]。魁蚶肉质鲜美,经济价值很高,然而近年来由于过度捕捞,使得其自然资源远远不能满足市场需求^[3]。为了恢复已受损的自然资源,我国北方沿海相继开展了魁蚶苗种的人工培育及底播增殖^[4-5]。**【前人研究进展】**魁蚶属于埋栖型贝类,通过潜沙实现埋栖生活,其生活史由浮游幼体变态成稚贝后开始潜沙,转为埋栖生活。其中温度作为一个重要的环境因子,与贝类的生长和存活密切相关^[6-7]。温度是影响魁蚶稚贝潜沙、存活的重要环境因子,选择适宜的底播温度可以有效提高魁蚶稚贝的底播增殖效果^[8]。魁蚶的相关研究在国内已经有许多学者报道,如魁蚶底播增殖技术^[8]、生态学^[9-10]、苗种培育^[11-12]等。另外对魁蚶潜沙行为的研究,也有不少。如刘恩孚等^[13]对不同底播时间和不同苗种规格对潜沙行为的影响展开研究,最终得出2 cm魁蚶最适宜作为底播苗种;对魁蚶的潜沙行为与水区底质的关系研究表明,在底质砂砾粒径<0.5 mm为主的海区宜进行魁蚶稚贝的底播增殖^[14]。此外,CO₂加富^[15]与干露时长^[16]对魁蚶潜沙的影响均有相关报道。**【本研究切入点】**有关规格和温度对魁蚶潜沙状态影响的研究目前还缺乏相关数据。**【拟解决的关键问题】**通过研究相同水温下不同规格魁蚶潜沙率和不同温度下相同规格魁蚶潜沙率的差异,从而了解魁蚶生物学特性,为更好地开展魁蚶底播增殖工作提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

魁蚶稚贝取自山东省日照市山海天旅游度假区两城镇海域。分别挑选出4种规格的稚贝:(1.0±0.1)cm、(1.5±0.1)cm、(2.0±0.1)cm、(2.5±0.1)cm作为不同规格的实验样品,分别记做1 cm、1.5 cm、2 cm和2.5 cm组。实验开始前,稚贝均在暂养池中暂养7 d,每天于6:00、18:00时投喂金藻。

实验用沙取自日照两城河沿岸,沙子过80目标标准筛后置入实验水箱内,沙层厚度15 cm左右。实验开始前,加入高锰酸钾浸泡搅拌,用淡水反复冲洗,直至清洗后的水无明显颜色后待用。

1.2 方法

1.2.1 实验设计

在每个实验水箱(70 cm×48 cm×41 cm)内投放魁蚶稚贝30粒,分别设置规格梯度1 cm、1.5 cm、2 cm、2.5 cm和温度梯度12°C、15°C、18°C、21°C,采用智能温度控制仪(西法电子TC-05B)及加热棒对水温进行控制,水温变化均控制在±0.2°C以内。实验开始后按照昼夜变化规律选取2 h、4 h、8 h、12 h、24 h、36 h、48 h作为观测时间,记录各水箱中魁蚶的潜沙情况,分析4种规格的魁蚶在4个不同温度下的潜沙差异。实验时,用多参数水质分析仪(美国YSI公司,型号YSI556)测量水质参数:盐度为(28.2±2.0)‰,溶解氧为(7.5±0.7)mg/L, pH值为8.0±0.3。

1.2.2 实验指标测定及数据处理

在实验48 h内,各实验组魁蚶均未出现死亡个体。记录各观测时间点实验水箱中未潜沙的魁蚶数量(E_t),计算不同底播时间下不同规格魁蚶潜沙比例:

$$K = (1 - E_t / 30) \times 100\%$$

其中 K 为魁蚶潜沙率(%), E_t 为 t 时刻实验围格中未潜沙的魁蚶数量。

实验数据用统计软件 SPSS17.0 进行方差分析,利用 Duncan 法进行多重比较,若 $P > 0.05$ 则认为差异不显著, $P \leq 0.05$ 则认为差异显著。

2 结果与分析

2.1 相同水温下不同规格魁蚶的潜沙率

2.1.1 水温 12℃ 时不同规格魁蚶的潜沙率

由图 1 可以看出,在 12℃ 底播时,2.5 cm 组魁蚶初潜率最低为 72.7%,与其他组差异显著。底播 8 h 内,不同规格魁蚶潜沙率均呈现上升趋势,2 cm 组魁蚶的潜沙率最高。底播后 8~24 h,1 cm 组、2 cm 组和 2.5 cm 组的潜沙率呈上升趋势,其中 2.5 cm 组上升得最明显,从 80.3% 上升至 93.7%。而 1.5 cm 组则呈现先下降后上升的趋势,在 12 h 时出现低值,为 82.9%,但高于底播后 2 h 的潜沙率(79.7%)。在实验周期内,2 cm 组平均潜沙率最高,其次为 2.5 cm 组;在底播 24 h 后,不同规格魁蚶潜沙率基本趋于稳定,均在 87.6% 以上;至 48 h 时 2 cm 组和 2.5 cm 组魁蚶潜沙率明显高于 1 cm 组和 1.5 cm 组,且差异显著 ($P < 0.05$)。

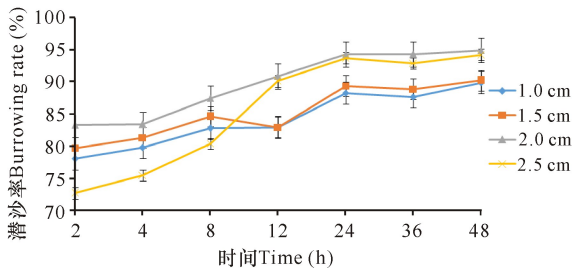


图 1 12℃ 时不同规格魁蚶潜沙率变化

Fig. 1 The variation of burrowing rate in *Scapharca broughtonii* with different sizes at 12°C

2.1.2 水温 15℃ 时不同规格魁蚶的潜沙率

如图 2 所示,在 15℃ 底播时,1 cm 组、1.5 cm 组和 2 cm 组魁蚶初潜率均显著高于 2.5 cm 组潜沙率(85.8%),其中 1 cm 组潜沙率最高(99.2%)。底播 8 h 内,1.5 cm 组和 2.5 cm 组潜沙率呈现上升趋势,而 1 cm 组和 2 cm 组先上升后下降。底播后 8~12 h,1 cm 组、1.5 cm 组和 2 cm 组潜沙率下降,至 12 h 时均出现最低值,分别为 95.4%、91.5% 和 95.6%,其中 1.5 cm 组下降得最明显。而 2.5 cm 组潜沙率显著上升,从 88.75% 上升至 96.5%。底播 12 h 后,1.5 cm 组、2.0 cm 组、2.5 cm 组的潜沙

率变化趋势基本一致,均呈现上升,最后趋于稳定;1.0 cm 组在 24 h 后,潜沙率则呈先下降后上升趋势(图 2)。在实验周期内,2 cm 组平均潜沙率最高,其次为 1 cm 组;底播 24 h 后不同规格魁蚶潜沙率基本稳定,均在 96.5% 以上,且差异不显著 ($P > 0.05$)。

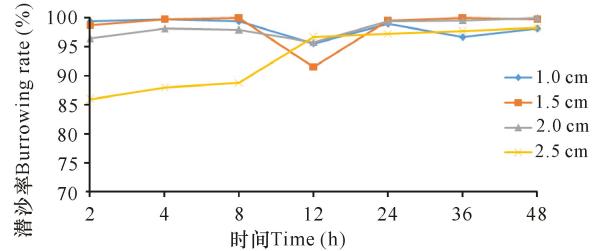


图 2 15℃ 时不同规格魁蚶潜沙率变化

Fig. 2 The variation of burrowing rate in *Scapharca broughtonii* with different sizes at 15°C

2.1.3 水温 18℃ 时不同规格魁蚶的潜沙率

由图 3 可以看到,在 18℃ 底播时,各组在底播后 2~8 h 呈现上升趋势,在底播 8 h 后则呈现先下降后上升并且趋于稳定,各组在 12 h 时达到最低值,其中 2.5 cm 组下降得最明显,2 cm 组和 2.5 cm 组在 12 h 潜沙率分别为 92.5% 和 88.5%,1 cm 和 1.5 cm 组为 95.1% 和 94.7%,但都要高于底播后 2 h 的潜沙率(90.7% 和 92.4%)。在实验周期内,1.5 cm 组平均潜沙率最高,其次为 1 cm 组;在底播 24 h 后,各组魁蚶潜沙率基本趋于稳定,均在 95.7% 以上,且差异不显著 ($P > 0.05$)。

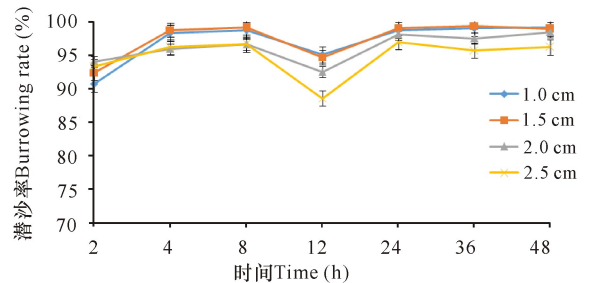


图 3 18℃ 时不同规格魁蚶潜沙率变化

Fig. 3 The variation of burrowing rate in *Scapharca broughtonii* with different sizes at 18°C

2.1.4 水温 21℃ 时不同规格魁蚶的潜沙率

由图 4 可以看出,在 21℃ 底播时 1 cm 组在底播后魁蚶潜沙率一直呈现上升趋势,至 8 h 后趋于稳定。1.5 cm 组和 2 cm 组在底播 8 h 内,呈现上升趋势;在底播后 8~24 h,魁蚶潜沙率缓慢下降,24 h 之后又呈现上升趋势,并趋于稳定。2.5 cm 组在底播后 8 h 内,潜沙率较稳定;在底播后 8~12 h,魁蚶潜沙率下降,在 12 h 达到最低值,从 94.7% 下

降至 88.1%；然后逐渐上升，24 h 后趋于稳定。在实验周期内，1 cm 组平均潜沙率一直高于其他实验组，其次为 1.5 cm 组；在底播 24 h 后，不同规格魁蚶潜沙率基本稳定，均在 97.7% 以上，且差异不明显 ($P > 0.05$)。

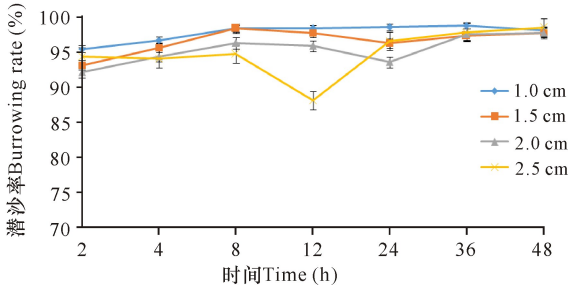


图 4 21°C 时不同规格魁蚶潜沙率变化

Fig. 4 The variation of burrowing rate in *Scapharca broughtonii* with different sizes at 21°C

2.2 不同温度下相同规格魁蚶的潜沙率

2.2.1 1 cm 组魁蚶在不同温度下的潜沙率

由图 5 可以看到，12°C 时，壳长 1 cm 魁蚶的初潜率最低为 78%，之后呈上升趋势，在 48 h 后达到最高值为 89.8%，与其他 3 个温度下魁蚶潜沙率有显著差异 ($P < 0.05$)。15°C、18°C 和 21°C 时，魁蚶初潜率均高于 90.7%，其中 15°C 最高 (99.2%)；底播后 2~12 h，21°C 下魁蚶潜沙率整体呈缓慢上升趋势，15°C 和 18°C 下魁蚶潜沙率先上升后下降，12 h 时下降至最低值，分别为 95.4% 和 95.1%；在底播 48 h 后，15°C、18°C 和 21°C 下 1 cm 魁蚶潜沙率基本趋于一致，无显著差异 ($P > 0.05$)。

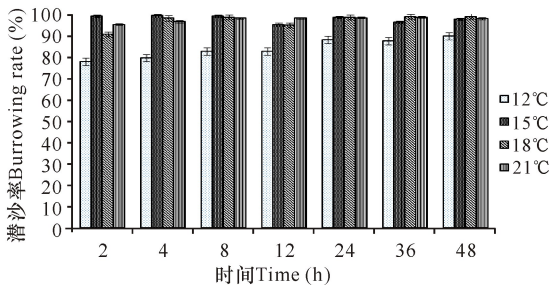


图 5 不同温度下 1 cm 魁蚶潜沙率

Fig. 5 The comparison of burrowing rate in *Scapharca broughtonii* with the same size of 1 cm at different temperatures

2.2.2 1.5 cm 组魁蚶在不同温度下的潜沙率

不同温度下，底播壳长 1.5 cm 魁蚶在 2 h 时，初潜率均在 92.4% 以上，无显著差异 ($P > 0.05$)，底播 8 h 内均呈上升趋势，其中 18°C 底播魁蚶潜沙率上升速率最快 (图 6)。底播 8 h 后，不同温度下底播魁蚶潜沙率均呈现先下降后上升，最后趋于稳定

的规律，12°C、15°C 和 18°C 底播魁蚶潜沙率均在 12 h 时出现最低值，分别为 91.5%、91.5% 和 94.7%，而 21°C 底播魁蚶潜沙率最低值出现在 24 h；不同温度下底播魁蚶潜沙率在 24 h 后基本趋于一致，21°C 底播魁蚶潜沙率略低，但无显著差异 ($P > 0.05$)。

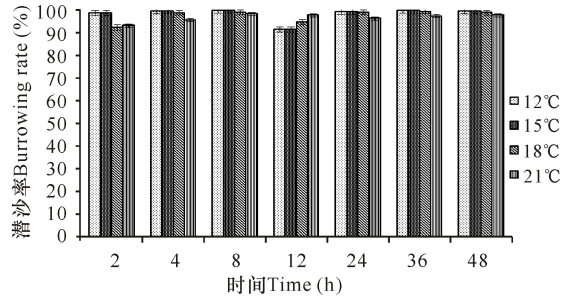


图 6 不同温度下 1.5 cm 魁蚶潜沙率

Fig. 6 The comparison of burrowing rate in *Scapharca broughtonii* with the same size of 1.5 cm in different temperatures

2.2.3 2 cm 组魁蚶在不同温度下的潜沙率

由图 7 可以看出，与 15°C、18°C 和 21°C 魁蚶潜沙率相比，12°C 时魁蚶初潜率最低 (83.2%)，差异显著 ($P < 0.05$)，之后一直呈上升趋势。在底播 8 h 后，15°C、18°C 和 21°C 魁蚶底播潜沙率变化与图 6 基本一致，15°C 和 18°C 潜沙率最低值出现在 12 h，分别为 95.6% 和 92.5%，而 21°C 在 24 h 时达到最低值，为 93.5%。不同温度下底播魁蚶潜沙率在 36 h 后趋于稳定，12°C 底播魁蚶潜沙率较低，但无明显差异 ($P > 0.05$)。

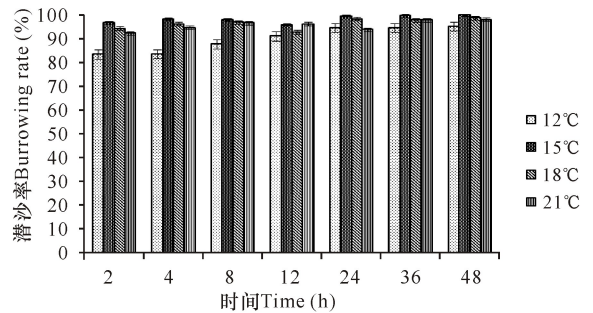


图 7 不同温度下 2 cm 魁蚶潜沙率

Fig. 7 The comparison of burrowing rate in *Scapharca broughtonii* with the same size of 2 cm in different temperatures

2.2.4 2.5 cm 组魁蚶在不同温度下的潜沙率

由图 8 可以看到，12°C 和 15°C 底播魁蚶初潜率均低于 18°C 和 21°C 的底播魁蚶初潜率，差异显著 ($P < 0.05$)。12°C 和 15°C 底播魁蚶潜沙率变化均呈上升趋势，底播 24 h 后趋于稳定。18°C 和 21°C 底播魁蚶潜沙率在底播 8 h 内呈缓慢上升趋势；底播后

8~12 h 呈下降趋势,在 12 h 时达到最低值分别为 88.5% 和 88.1%,然后逐渐上升,并趋于稳定。在底播 36 h 后,不同底播温度魁蚶潜沙率基本趋于一致,差异不显著 ($P > 0.05$)。

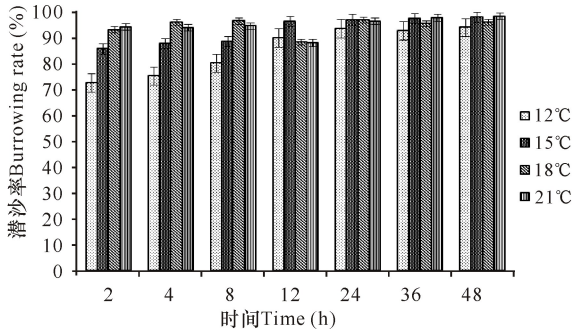


图 8 不同温度下 2.5 cm 魁蚶潜沙率

Fig. 8 The comparison of burrowing rate in *Scapharca broughtonii* with the same size of 2.5 cm in different temperatures

3 讨论

魁蚶为埋栖型贝类,温度是影响魁蚶稚贝潜沙、存活的重要环境因子,潜沙能力是影响贝类底播增殖效果的重要因素,潜沙速度越快,贝类的适应能力越强,成活率越高,回捕率也越高,因此选择适宜的底播温度及底播规格可以有效提高魁蚶底播增殖的经济效益^[17]。

3.1 同一温度下不同规格魁蚶的潜沙差异

通过实验发现,当水温为 12°C 和 15°C 时,不同规格魁蚶的初潜率均低于 18°C 和 21°C 时的初潜率,尤其在 12°C 时 2.5 cm 规格的魁蚶初潜率只有 72.67%,远低于其他 3 个温度下的初潜率,这与樱井泉等^[18]所报道的中国蛤蜊 (*Macra chinensis*)、菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 在低水温条件下的潜沙速度小于高水温环境的结果相一致。分析其原因,可能与魁蚶的生活习性相关。魁蚶主要分布在温带海域,适温范围为 5~25°C,埋栖后贝体后端露出滩面,无法通过潜沙深度的变化降低其被捕食风险,因此选择低温条件降低潜沙速度的行为策略,以应对低温时的能力损失,提高成活率^[19]。在 18°C 与 21°C 时,不同规格魁蚶初潜率及最终潜沙率均在 90% 以上,呈现小规格魁蚶 (1 cm 和 1.5 cm 组) 潜沙率略高于大规格魁蚶 (2 cm 和 2.5 cm 组) 的现象,并且小规格魁蚶在实验 48 h 内,潜沙率变化范围要小于大规格魁蚶组。于瑞海等^[20]发现,幼贝的潜沙速度越快,表明适应能力越强,此结果表明小规格魁蚶对环境的适应能力略强

于大规格魁蚶。小规格魁蚶在底播后更容易达到稳定的潜沙状态。在不同温度下,不同规格魁蚶在底播 12 h 后均出现潜沙率下降,2.5 cm 实验组在不同温度下均下降最明显。这与刘恩孚等^[13]发现“在不同底播时间下,2.5 cm 实验组魁蚶潜沙率均在底播 12 h 出现最低值,因此认为该值的出现与底播时间无关,可能与底播密度有关”的结论相一致,但具体原因还有待进一步从魁蚶生理学角度进行分析。

3.2 同一规格不同温度下魁蚶的潜沙差异

本研究选取 1 cm、1.5 cm、2 cm 和 2.5 cm 4 个规格分析不同温度下同一规格魁蚶潜沙差异性,从而为底播增殖中选取适合底播规格的魁蚶提供参考。通过比较不同温度下 4 种规格魁蚶潜沙率发现,1.5 cm 和 2 cm 组在不同温度下初潜率高于 1 cm 组和 2.5 cm 组,尤其在低温 (12°C) 时,1.5 cm 和 2 cm 组初潜率均在 85% 以上,但 1 cm 和 2.5 cm 组初潜率分别为 78% 及 72%,明显低于前述 2 个组。其中,1.5 cm 组在 12°C 潜沙率略高于 2 cm 组,差异不显著 ($P > 0.05$),在 15°C、18°C 和 21°C 时两实验组之间较为接近,均保持在 93% 以上。唐启升等^[5]认为底播魁蚶苗种规格越大,越有利于对敌害的防御。结合张天文等^[21]关于敌害生物对不同规格魁蚶的摄食分析,本研究建议选择 2 cm 作为魁蚶底播规格,这一底播规格与唐启升等^[5]认为的投苗初始规格相一致。但相比较日本各地所选取魁蚶的底播规格 (4.0~6.0 cm)^[22],更小的放流规格将会减少魁蚶的中间培育成本。魁蚶底播温度建议选择 (20±2)°C,这一温度的选择与周珊珊等^[19]发现在水温 20°C 条件下,魁蚶稚贝初潜时间最短、潜沙率最高一致,也与陈雷等^[17]认为的水温 17~21°C 是毛蚶、文蛤、青蛤适宜底播温度的观点类似。

在魁蚶的底播增殖放流中,潜沙能力是影响魁蚶稚贝底播增殖效果的重要因素,故选择适宜的规格大小与合适的水温投放是关键,但底播增殖是一个综合性的行动,同时也要考虑投放海区的风浪大小及水质等因素,另外选择苗种规格时也要考虑投放成本等其他各项因素。

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] QI Z Y. Economic mollusca of China[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998.
- [3] 王如才, 王昭萍, 张建中, 等. 海水贝类养殖学[M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1993.

- WANG R C, WANG Z P, ZHANG J Z, et al. Marine shellfish aquaculture[M]. Qingdao: Qingdao Ocean University Press, 1993.
- [3] 张国范, 王子臣, 高悦勉, 等. 胁迫条件下魁蚶的耗氧率[C]//中国贝类学会. 贝类学论文集. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1995: 142-149.
- ZHANG G F, WANG Z C, GAO Y M, et al. The consumption of oxygen of the blood clam, *Scapharca broughtonii* in the stressed environment[C]//Transactions of the Chinese Society of Malacology. Qingdao: Qingdao Ocean University Press, 1995: 142-149.
- [4] 夏雪岭. 魁蚶增殖技术试验[J]. 齐鲁渔业, 2007, 24(5): 22.
- XIA X L. A test of stock enhancement and aquaculture technology of *Scapharca broughtonii* [J]. Shandong Fisheries, 2007, 24(5): 22.
- [5] 唐启升, 王俊, 邱显寅, 等. 魁蚶底播增殖的试验研究[J]. 海洋水产研究, 1994(5): 79-86.
- TANG Q S, WANG J, QIU X Y, et al. Studies on releasing enhancement of *Scapharca broughtonii* [J]. Marine Fisheries Research, 1994(5): 79-86.
- [6] 尤仲杰, 徐善良, 边平江, 等. 海水温度和盐度对泥蚶幼虫和稚贝生长及存活的影响[J]. 海洋学报, 2001, 23(6): 108-113.
- YOU Z J, XU S L, BIAN P J, et al. The effects of sea water temperature and salinity on the growth and survival of *Tegillarca granosa* larvae and juveniles [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2001, 23(6): 108-113.
- [7] 尤仲杰, 陆彤霞, 马斌, 等. 温度对墨西哥湾扇贝幼虫和稚贝生长与存活的影响[J]. 水产科学, 2003, 22(1): 8-10.
- YOU Z J, LU T X, MA B, et al. The temperature on the growth and survival of *Argopecten irradians* concentricus larvae and juveniles [J]. Fisheries Science, 2003, 22(1): 8-10.
- [8] 于瑞海, 李琪. 无公害魁蚶底播增殖稳产新技术[J]. 海洋湖沼通报, 2009(3): 87-90.
- YU R H, LI Q. New techniques for bottom sowing multiplication and cultivation of the pollution-free ark shell (*Scapharca broughtonii* Schrenck) [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2009(3): 87-90.
- [9] 肖余生, 苏俊杰, 徐尔栋. 不同盐度对魁蚶幼贝的生长影响及亲贝催肥促熟的实验研究[J]. 海洋科学, 1994(4): 5-7.
- XIAO Y S, SU J J, XU E D. Effects of salinity on growth of juvenile and on fattening and mature acceleration of parent *Scapharca broughtonii* (Schrenck) [J]. Marine Sciences, 1994(4): 5-7.
- [10] AN M I, CHOI C Y. Activity of antioxidant enzymes and physiological responses in ark shell, *Scapharca broughtonii*, exposed to thermal and osmotic stress: Effects on hemolymph and biochemical parameters [J]. Comparative Biochemistry and Physiology-Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 2010, 155(1): 34-42.
- [11] 岸岡正伸, 寺尾百合正. 屋外 100 m³ 水槽を用いたアカガイ, *Scapharca broughtonii* 種苗の大量生産 [J]. 水产增殖, 1994, 42(4): 529-533.
- KISHIOKA M, TERAOKA Y. Mass seed production of ark shell, *Scapharca broughtonii* in a 100 m³ outdoor tank [J]. The Aquiculture, 1994, 42(4): 529-533.
- [12] 付卓, 郑国富. 魁蚶育苗与增殖技术 [J]. 中国水产, 2007(11): 49-50.
- FU Z, ZHENG G F. Breeding and aquaculture technology of *Scapharca broughtonii* [J]. China Fisheries, 2007(11): 49-50.
- [13] 刘恩孚, 刘广斌, 邱兆星, 等. 不同底播时间和苗种规格的魁蚶潜沙率差异性分析 [J]. 广西科学院学报, 2017, 33(2): 102-107.
- LIU E F, LIU G B, QIU Z X, et al. The analysis of burrowing rate with different sizes and different bottom sowing time of *Scapharca broughtonii* [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2017, 33(2): 102-107.
- [14] 周珊珊, 张秀梅, 刘旭绪, 等. 魁蚶稚贝的底质选择性及其潜沙能力评价 [J]. 水产学报, 2015, 39(6): 867-874.
- ZHOU S S, ZHANG X M, LIU X X, et al. Substrate preference and burrowing ability assessment of the juvenile *Scapharca broughtonii* [J]. Journal of Fisheries of China, 2015, 39(6): 867-874.
- [15] 王为民, 张天文, 刘光兴, 等. CO₂ 加富对魁蚶稚贝潜沙能力和 3 种酶活性的影响 [J]. 中国海洋大学学报, 2018, 48(5): 19-24.
- WANG W M, ZHANG T W, LIU G X, et al. Effects of elevated seawater pCO₂ on the burrowing ability and three enzymes of *Scapharca broughtonii* (Bivalvia: Arcidae) juvenile [J]. Periodical of Ocean University of China, 2018, 48(5): 19-24.
- [16] 刘旭绪, 张秀梅, 覃乐政, 等. 干露时长及温度对魁蚶幼贝潜沙行为及呼吸代谢的影响 [J]. 中国海洋大学学报, 2017, 47(3): 19-26.
- LIU X X, ZHANG X M, TAN L Z, et al. Effects of air exposure duration and temperature on burrowing behavior and respiratory metabolism of juvenile *Scapharca broughtonii* [J]. Periodical of Ocean Uni-

- versity of China, 2017, 47(3):19-26.
- [17] 陈雷,张嵩,郭良勇,等. 温度对毛蚶、文蛤和青蛤潜沙能力的影响[J]. 水产学杂志, 2016, 29(3):35-38.
CHEN L, ZHANG S, GUO L Y, et al. Effects of temperature on burrowing ability of arca subcrenata scapharca subcrenata, and clams *Meretrix meretrix* and *Cyclina sinensis* [J]. Chinese Journal of Fisheries, 2016, 29(3):35-38.
- [18] 櫻井泉,瀬戸雅文,中尾繁文. ウバガイ、バカガイおよびアサリの潜砂行動に及ぼす水温、塩分および底質粒径の影響[J]. 日本水产学会誌, 1996, 62(6):878-885.
IZUMI S, MASABUMI S, SHIGERU N. Effects of water temperature, salinity and substrata on burrowing behaviors of the three bivalves, *Pseudocardium sachalinensis*, *Mactra chinensis*, and *Ruditapes philippinarum* [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1996, 62(6):878-885.
- [19] 周珊珊. 魁蚶幼贝生境选择及标志技术研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2015.
ZHOU S S. Habitat preference and marking techniques of ark shell *Anadara broughtonii* in stock enhancement[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015.
- [20] 于瑞海,李琪. 无公害魁蚶底播增养殖稳产新技术[J]. 海洋湖沼通报, 2009(3):87-90.
YU R H, LI Q. New techniques for bottom sowing multiplication and cultivation of the pollution-free ark shell (*Scapharca broughtonii* Schrenck) [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2009(3):87-90.
- [21] 张天文,刘广斌,刘恩孚,等. 多棘海盘车对魁蚶摄食量、选择性及昼夜摄食差异的初步研究[J]. 中国海洋大学学报, 2015, 45(12):24-29.
ZHANG T W, LIU G B, LIU E F, et al. A preliminary study on food consumption, preference and day-night predatory differential of *Asterias amurensis* on *Scapharca broughtonii* [J]. Periodical of Ocean University of China, 2015, 45(12):24-29.
- [22] 李庆彪. 日本魁蚶的增养殖[J]. 国外水产, 1991(4):15-17.
LI Q B. Increasing culture of *Scapharca broughtonii* in Japan[J]. Foreign Aquaculture, 1991(4):15-17.

(责任编辑:陆雁)