

魁蚶稚贝的底质选择性及其潜沙能力评价

周珊珊, 张秀梅*, 刘旭绪, 张沛东

(中国海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003)

摘要:底质是魁蚶稚贝潜沙、水平移动、存活与生长的重要环境因素,选择底质适宜的海区开展底播增殖,可以有效提高魁蚶稚贝的增殖效果,但目前仍缺乏相关研究。因此,在实验室条件下,研究了10 mm < 壳长 < 15 mm、15 mm < 壳长 < 20 mm、20 mm < 壳长 < 25 mm、25 mm < 壳长 < 30 mm 4种规格魁蚶稚贝对4种底质粒径(细砾、粗砂、中砂、细砂)的选择模式,并量化分析了20 mm < 壳长 < 30 mm 稚贝在5种底质粒径(增设泥底质)条件下的潜沙能力。结果表明:(1)10 mm < 壳长 < 15 mm 稚贝的足丝较发达,以附着生活为主,明显偏好粗砂底质,其在两种底质交界位置的分布率、水槽的贴壁率均最高;15 mm < 壳长 < 30 mm 稚贝转入营埋栖生活,随着规格的增大,稚贝选择的底质粒径亦增大,而在2种底质交界位置的分布率、水槽贴壁率也随之减小。其中15 mm < 壳长 < 20 mm 稚贝偏好选择中砂,分布率为50.50%,其次为细砂;20 mm < 壳长 < 25 mm 稚贝对不同粒径底质的适应性均较强;25 mm < 壳长 < 30 mm 稚贝偏好选择粗砂底质,分布率达到65%,其次为中砂。(2)20 mm < 壳长 < 30 mm 稚贝在淤泥底质中的初潜时间最短,为2.74 min,其次为中砂、细砂;在细砂底质中的潜沙率最高,达到85%,其次为中砂。综合分析认为,20 mm < 壳长 < 30 mm 稚贝是较适宜的底播苗种规格,而以中砂(0.25 mm < 粒径 < 0.5 mm)和细砂(粒径 < 0.25 mm)为主要粒径组成的海区宜进行魁蚶稚贝的底播增殖。

关键词:魁蚶;选择行为;底质选择性;潜沙能力;底播增殖

中图分类号:S 968.3

文献标志码:A

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]。魁蚶肉质鲜嫩,营养丰富,是我国重要的出口水产品之一。近几年的过度捕捞导致野生资源量减少,为了满足市场和出口需求,辽宁、山东等地相继开展了魁蚶的养殖和底播增殖技术研究^[3-4]。魁蚶无水管,幼体需要经过附着生活阶段,待达到一定规格后足丝退化,由附着生活转为埋栖生活,此时稚贝具有潜沙和水平移动的特性。底质是魁蚶稚贝潜

沙、水平移动、存活与生长的重要环境因素,选择底质适宜的海区开展底播增殖,可以有效提高魁蚶稚贝的增殖效果^[3,5]。

有研究表明,魁蚶可在海底表面做水平移动,其移动速度约为3~10 m/d,具有较强的水平移动能力^[5]。水平移动能力使鱼类、贝类、甲壳类等海洋生物具有底质选择性,从而在不同粒径的底质中形成不同的群落结构特征^[6-10]。据此,也可以探寻贝类等海洋生物底播增殖所需的底质环境。河蚬(*Corbicula fluminea*)、珠蚌(*Anodonta grandis* sp.)具有明显的底质选择性,而另一种珠蚌(*Elliptio dilatata*)则对底质无明显的选择性^[10-11]。亦有研究表明,砂海螂(*Mya arenaria*)、硬壳蛤

收稿日期:2014-10-15 修回日期:2015-04-05

资助项目:公益性行业(农业)科研专项(201003068);海洋公益性行业科研专项(201305043)

通信作者:张秀梅, E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn

(*Mercenaria mercenaria*)、斧蛤(*Donax serra*, *D. sordidus*, *D. trunculus*)在不同粒径底质上的潜沙时间、潜沙率等存在明显差异^[12-14]。由此说明,底栖贝类的种类、规格以及生长发育时期等使其底质选择能力和潜沙能力存在差异,而在不同底质中的分布率、潜沙时间、潜沙率等指标可以定量反映贝类对底质的适应能力^[10-14]。魁蚶稚贝底播后的水平移动能力、潜沙能力等将显著影响其成活率以及后期的回捕率等^[5,15],但目前仍缺乏稚贝的底质选择性及不同底质粒径下潜沙能力的相关研究。

在实验室条件下,研究了4种规格魁蚶稚贝对4种不同粒径底质的选择性,评价了20 mm < 壳长 < 30 mm 魁蚶稚贝在不同底质粒径下的潜沙能力,筛选出了适宜底播的稚贝壳长规格和底质粒径范围,为提高其底播增殖效果提供参考。

1 材料与方 法

1.1 实验材料及驯化

实验所用魁蚶稚贝取自青岛鳌山卫筏养中培育的稚贝,稚贝取回后置于实验室圆形循环水槽(水体170 L)中暂养3 d。暂养及实验水槽内连续充气,DO > 5.5 mg/L, pH 7.9 ~ 8.0,水温(22 ± 0.5) °C,盐度30 ~ 31。暂养期间每天两次(8:00和18:00)投喂过量球等鞭金藻(*Isochrysis galbana*)藻液。暂养3 d后,选择状态良好、贝壳及绒毛完整的魁蚶稚贝进行实验。

1.2 实验方法

魁蚶稚贝的底质选择性实验 以稚贝壳长为指标,设定10 mm < 壳长 < 15 mm、15 mm < 壳长 < 20 mm、20 mm < 壳长 < 25 mm、25 mm < 壳长 < 30 mm 4个规格组,各组稚贝平均壳长分别为(13.22 ± 0.12) mm、(17.81 ± 0.18) mm、

(22.30 ± 0.15) mm 和(26.69 ± 0.17) mm。实验用沙取自青岛金沙滩,实验前使用次氯酸钠消毒杀菌,烘干后使用型号 GB/T 6003.1 - 1997 筛板分筛,根据粒径大小,将底质粒径划分为4类:细砂(粒径 < 0.25 mm, D),中砂(0.25 mm < 粒径 < 0.50 mm, C),粗砂(0.50 mm < 粒径 < 2.00 mm, B),细砾(2.00 mm < 粒径 < 4.00 mm, A)。实验前1 h 投喂球等鞭金藻,实验过程不投饵,光照周期为12 L:12 D。不同规格魁蚶稚贝对不同底质粒径的选择性实验采用二选一的方式进行(表1)。实验共计AB、AC、AD、BC、BD和CD 6种组合方式。在长方形水槽(45 cm × 25 cm × 35 cm,水体15 L)底部铺设厚约3 cm 面积相等的两种不同规格沙砾,作为一种底质组合(图1),每日早8:30于实验水槽两种规格沙砾底质交界处放置同一规格魁蚶稚贝10只,其中5只稚贝前缘^[16]向左,另5只向右,以避免因斧足位置不同造成的粒径选择性偏好。放置稚贝后每隔4 h 观察1次,共观察3次,晚20:30熄灯,并于次日早8:30再次观察两种底质中稚贝的分布个数,并统计贴附于水槽壁上及分布于底质交界位置的稚贝个数。对4种规格魁蚶稚贝分别进行AB、AC、AD、BC、BD、CD 6种底质组合的上述实验,每种底质组合5个重复。以水槽底部铺设同种底质作为对照组进行上述实验,稚贝随机分布于底质表面,表明长方形水槽两侧的环境条件一致。

以魁蚶稚贝的分布率($N, \%$),即其在不同底质中的数量百分比平均数作为其对不同底质的选择性指标。分布率($\%$) = 不同位置分布个数/投放魁蚶总个数 × 100,贴壁率($\%$) = 24 h 后魁蚶贴壁个数/投放魁蚶总个数 × 100%^[17]。底质交界处分布率与贴壁率之和高于50%则认为无明显底质选择行为。

表1 魁蚶稚贝底质选择性实验指标
Tab.1 Experiment index of *S. broughtonii* juveniles

稚贝规格/mm shell size	底质处理组 combination of different grain size	各处理重复次数 replicates for each group	各处理稚贝数量/个 number of juveniles	平均壳长/mm average shell length
10 ~ 15	AB、AC、AD、BC、BD、CD	5	10	13.21 ± 0.07
15 ~ 20	AB、AC、AD、BC、BD、CD	5	10	17.81 ± 0.08
20 ~ 25	AB、AC、AD、BC、BD、CD	5	10	22.30 ± 0.08
25 ~ 30	AB、AC、AD、BC、BD、CD	5	10	26.69 ± 0.07

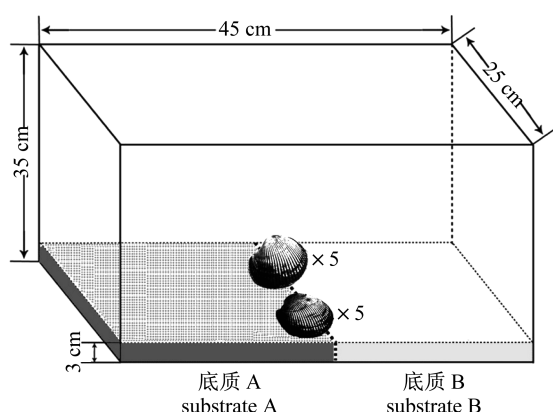


图1 实验水槽(水槽底部铺设厚约3 cm 面积相等的两种不同粒径的底质)

Fig.1 Experiment glass tank (two different substrates were averagely spread on the bottom to a thickness of 3 cm)

不同底质条件下魁蚶稚贝的潜沙实验 在正方形水槽(30 cm × 30 cm × 30 cm, 水体 10 L)底部铺设厚约 4~5 cm 上述的 A、B、C、D 粒径沙砾, 并增设 E 处理组(取自青岛鳌山卫魁蚶稚贝养殖区的底泥)。根据底质选择性实验结果, 选择适宜底播的 20 mm < 壳长 < 30 mm 稚贝, 研究其潜沙能力。挑选状态良好、绒毛完整的魁蚶稚贝, 用游标卡尺测量壳长。各底质处理组稚贝的平均壳长为 (24.39 ± 0.33) mm, 组间平均壳长无显著性差异 ($P > 0.05$)。将 20 只魁蚶稚贝自然散落在不同粒径的水槽底质表面, 从魁蚶稚贝落在沙层表面开始计时, 观察记录稚贝的潜沙行为、初潜时间 (min) 及 1 h 潜沙率, 每个处理 10 个重复。初潜时间为第 1 个魁蚶稚贝潜沙的时间, 潜沙标准为稚贝壳一半以上埋入沙中^[3]。潜沙率 (%) = 已潜沙个数 / 投放魁蚶总个数 × 100%^[15]。

1.3 数据分析

数据的统计和分析采用 SPSS 17.0 进行, 并以平均值 ± 标准误 (mean ± SE) 表示。采用独立样本 t 检验分析两种底质中魁蚶稚贝的分布率, 差异显著则视为稚贝对其中一种底质具有选择性。对不同规格稚贝在两种底质交界处的分布率、贴壁率、初潜时间及 1 h 潜沙率进行单因子方差分析 (One-Way ANOVA), 并进行 Duncan 多重比较, 以 $P < 0.05$ 作为差异显著标准。

2 结果

2.1 不同规格魁蚶稚贝的底质选择行为及选择能力

魁蚶稚贝的底质选择行为可分为两种类型:

1. 无明显选择行为, 大部分稚贝或位于两种底质交界位置, 或贴于水槽壁; 2. 有明显的选择行为, 两种底质粒径选择其一, 潜入底质中或分布于底质表面。

魁蚶稚贝在两种底质交界处的分布率、贴壁率均随壳长增大而减小 ($P < 0.05$) (图 2, 3)。10 mm < 壳长 < 15 mm 稚贝底质交界处的分布率为 47.07%, 显著高于其他规格 ($P < 0.05$)。15 mm < 壳长 < 20 mm 和 20 mm < 壳长 < 25 mm 稚贝在底质交界处的分布率差异不显著 ($P > 0.05$)。25 mm < 壳长 < 30 mm 稚贝在底质交界位置分布率最小, 为 11.93%, 显著低于其他规格 ($P < 0.05$)。10 mm < 壳长 < 15 mm 稚贝的贴壁率最高, 达到 3.07%, 显著高于 20 mm < 壳长 < 25 mm 和 25 mm < 壳长 < 30 mm 稚贝 ($P < 0.05$), 但与 15 mm < 壳长 < 20 mm 稚贝无显著差异 ($P > 0.05$)。20 mm < 壳长 < 30 mm 稚贝, 底质交界处的分布率、贴壁率均较小, 底质选择能力强, 为适宜底播的稚贝规格。

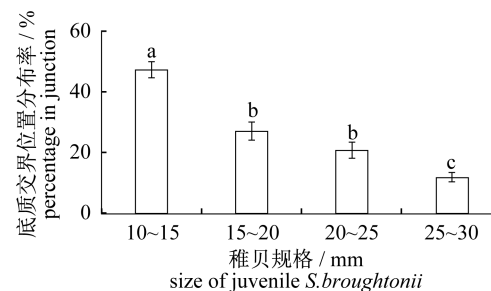


图2 不同规格魁蚶稚贝在底质交界位置的分布率
不同规格组误差线上的不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同

Fig.2 Percentage of *S. broughtonii* in junction of two different substrates

Different letters above error bars indicate significant differences ($P < 0.05$), the same as below

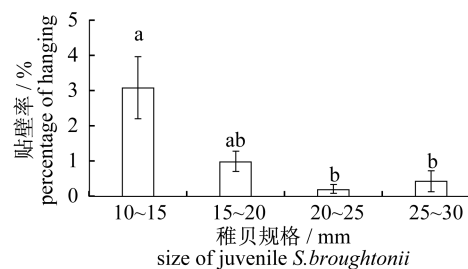


图3 不同规格魁蚶稚贝的贴壁率

Fig.3 Percentage of *S. broughtonii* hanging on the walls of tank

2.2 不同规格魁蚶稚贝的底质分布率差异

当稚贝有明显选择行为时,其在某一底质中的分布率受规格、供选底质粒径的影响显著。10 mm < 壳长 < 15 mm 稚贝在 AB、AC、AD、BC 选择组无明显的选择行为,各处理组中稚贝在底质交界位置的分布率和贴壁率之和均高于 50%。在 BD、CD 选择组则具有明显的选择行为,粗砂(B)底质的分布率显著高于细砂(D)底质($P < 0.05$),而中砂(C)与细砂(D)底质之间分布率无显著差异($P > 0.05$)。可见,10 mm < 壳长 < 15 mm 稚贝偏好选择粗砂(B)底质,分布率为 41.25%,其次为中砂(C)底质,分布率为 29.17% (图 4-a)。

15 mm < 壳长 < 20 mm 稚贝对 AB 选择组无明显的选择行为,稚贝在底质交界位置分布率和贴壁率之和达 57%。AC、AD、BC 选择组,两种

底质间的分布率均无显著差异($P > 0.05$)。BD 选择组,细砂(D)底质的分布率显著高于粗砂(B)底质($P < 0.05$)。CD 选择组,中砂(C)底质的分布率显著高于细砂(D)底质($P < 0.05$)。可见,15 mm < 壳长 < 20 mm 稚贝明显选择中砂(C),分布率达到 50.50%,其次为细砂(D),分布率为 50% (图 4-b)。

20 mm < 壳长 < 25 mm 稚贝对不同底质选择组均表现出明显的选择行为,稚贝在底质交界位置的分布率、贴壁率之和均低于 50%,表现出较好的水平运动能力。各底质选择组,稚贝在两种底质条件下的分布率均无显著差异($P > 0.05$),在中砂(C)底质的分布率最高,为 49.17%。可见,20 mm < 壳长 < 25 mm 稚贝对不同粒径底质的适应性均较强(图 4-c)。

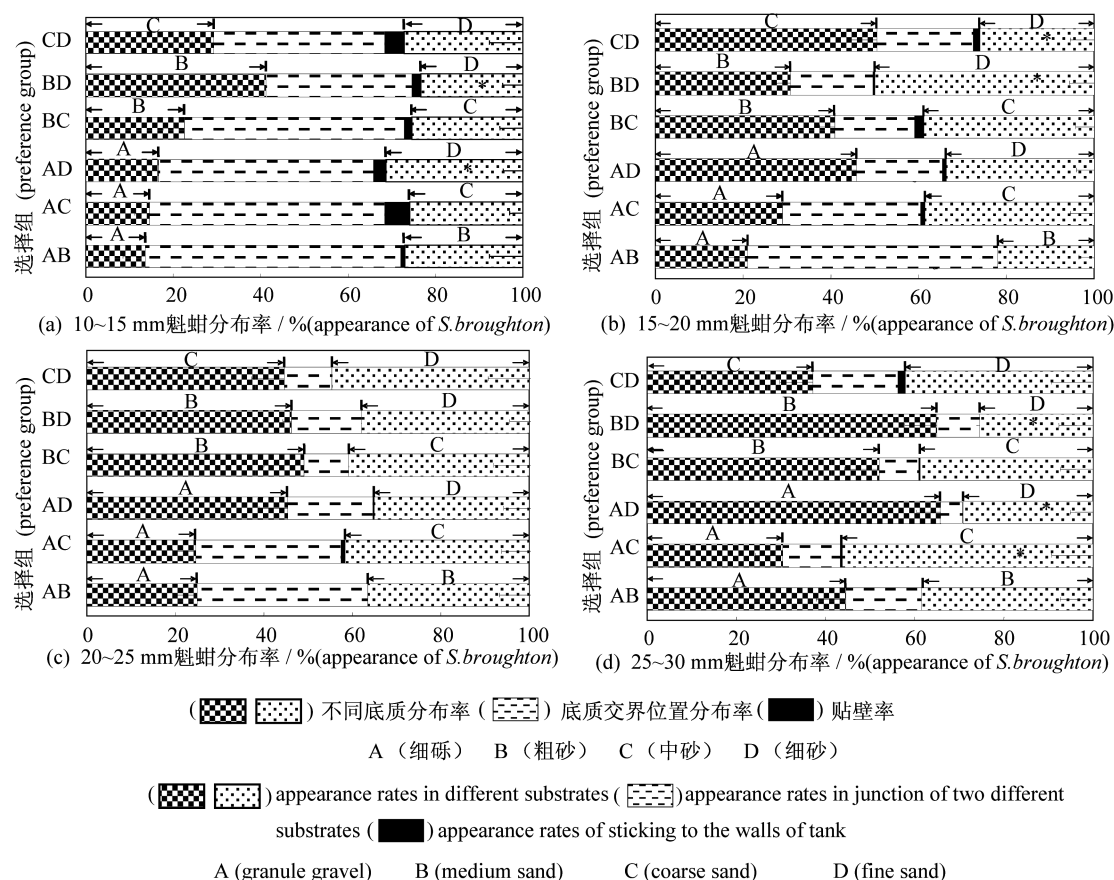


图 4 不同规格魁蚶稚贝在不同底质中的分布率

* 表示同一选择组中两种底质间分布率差异显著 ($P < 0.05$)

Fig. 4 Appearance rates of *S. broughtonii* juveniles in different substrates

* in the same choice group above error bars indicate significant differences ($P < 0.05$)

25 mm < 壳长 < 30 mm 稚贝对不同底质选择组均表现出明显的选择行为。AB、BC、CD 选择

组,两种底质间的分布率均无显著差异 ($P > 0.05$)。AC、AD 选择组表现出明显的底质偏好,

中砂(C)、细砂(D)底质的分布率高于细砾(A)底质($P < 0.05$)。BD选择组,粗砂(B)底质的分布率高于细砂(D)底质($P < 0.05$)。可见,壳长 $25 \text{ mm} < \text{壳长} < 30 \text{ mm}$ 稚贝显著选择粗砂(B)($P < 0.05$),分布率达到65%,其次为中砂(C),分布率为56.25%(图4-d)。

2.3 不同底质条件下魁蚶稚贝的潜沙行为及潜沙能力

不同底质条件下,魁蚶稚贝的初潜时间随粒径的增大而增加(图5)。在细砾(A)底质条件下,稚贝的初潜时间最长,达到6.28 min,显著长于中砂(C)、细砂(D)、淤泥(E)底质($P < 0.05$),但与粗砂(B)底质无显著性差异($P > 0.05$)。中砂(C)、细砂(D)、淤泥(E)3个处理组之间无显著性差异($P > 0.05$),其中淤泥(E)底质条件下初潜时间最短,为2.74 min,其次为中砂、细砂。魁蚶稚贝在不同底质条件下,1 h内的潜沙率差异不显著($P > 0.05$),其中细砂(D)底质潜沙率最高,为85%,其次为中砂;淤泥(E)底质潜沙率最低,为70%(图6)。

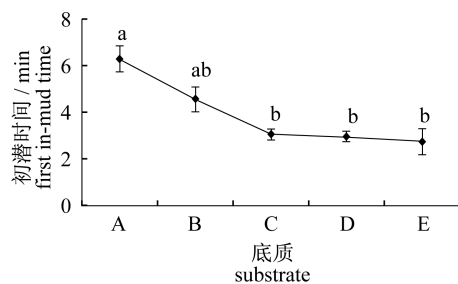


图5 不同底质条件下魁蚶稚贝的初潜时间
Fig. 5 First in-mud time of *S. broughtonii* juveniles in different substrates

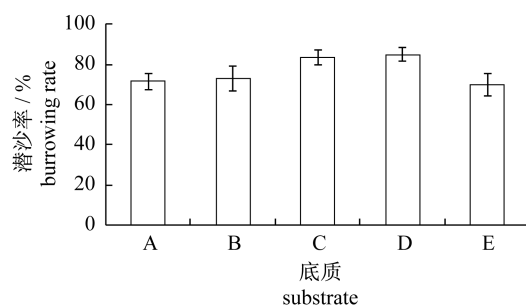


图6 不同底质条件下魁蚶稚贝1 h潜沙率
Fig. 6 Burrowing rate of *S. broughtonii* juveniles in different substrates

3 讨论

3.1 不同规格魁蚶稚贝在不同粒径底质中的分布特征

底质是影响底栖贝类最重要的非生物因素,影响其生长存活、行为反应及地理分布^[18-19]。贝类对底质粒径的选择具有一定的特异性。Schmidlin等^[10]对河蚶(壳长 $> 12 \text{ mm}$)的研究表明,河蚶偏好于分布在水流速度小、底质为细沙的浅海海域。Huehner^[11]对自然海区采集的4种珠蚌(*A. grandis* sp.、*Lampsilis radiata radiata*、*L. radiata luteola*、*Elliptio dilatata*)底质选择性的研究发现,*A. grandis* sp.对细沙底质有明显的选择性,*L. radiata radiata*和*L. radiata luteola*除软泥底质外,对其他底质适应性较强,而*E. dilatata*则无明显的底质选择性。魁蚶稚贝的底质选择性与其规格显著相关。 $10 \text{ mm} < \text{壳长} < 15 \text{ mm}$ 魁蚶稚贝选择粗砂($0.50 \text{ mm} < \text{粒径} < 2.00 \text{ mm}$)底质,且此规格稚贝贴壁率均较高,可能与稚贝尚未完全脱离附着生活,需要选择大粒径底质进行附着有关。张玉玺等^[5]对黄、渤海海区魁蚶的调查发现,其自然分布区底质主要为泥质粉砂和砂质粉砂质底。王如才等^[2]也指出,魁蚶的栖息环境多为软泥或泥砂质海底。本实验发现 $15 \text{ mm} < \text{壳长} < 30 \text{ mm}$ 魁蚶稚贝普遍对较大粒径中砂($0.25 \text{ mm} < \text{粒径} < 0.50 \text{ mm}$)的选择性较强,与自然海区魁蚶分布的底质状况相符。另有研究表明,魁蚶主要摄食硅藻门的圆筛藻、舟形藻、菱形藻等,而沙质海底比泥质海底能为底栖微藻提供更多的生活空间,沙质海底的底栖微藻分布较深,生物量也较高^[20-21]。魁蚶无水管,埋栖后以壳后缘在滩涂表面形成水孔与外界相通,因此大规格稚贝选择较大粒径的砂质底,利于稚贝埋栖后呼吸和摄食的正常进行。随稚贝规格增大,其在2种底质交界处的分布率逐渐减小,说明随生长发育其水平移动能力增强,山东近海自然海区魁蚶移动能力的研究结果也证实这一点^[5]。 $20 \text{ mm} < \text{壳长} < 30 \text{ mm}$ 魁蚶稚贝具有更明显的底质选择性,且其在底质交界处的分布率和水槽壁的贴壁率均较低,可视为适宜底播的苗种规格。

3.2 魁蚶稚贝的潜沙行为及其形态学适应

埋栖型贝类的斧足通常较发达,用斧足挖掘泥沙,使贝壳部分或者全部埋入泥沙中营底栖生

活^[5]。魁蚶稚贝的潜沙行为从最初的闭壳状态到潜入沙中,可分为闭壳—开壳—斧足伸出、斧足掘沙—斧足潜入—壳竖起、斧足收缩向下一完成潜沙6个阶段^[15]。观察发现,魁蚶在下潜过程中,主要依靠斧足不断与泥沙面进行摩擦,左右摆动逐渐进入泥沙层中,魁蚶无水管,潜沙深度通常较浅,潜埋深度近似于自身壳长,这与日本浪蛤(*Pseudocardium sachalinensis*)的潜沙行为相似^[22]。

贝类通过形态、行为等多种适应方式来克服潜沙过程中的阻力,包括潜沙过程中的晃动、流线型壳形、较大的壳密度等,多种适应机制的共同作用,使其获得较快的潜沙速度^[23]。魁蚶稚贝的斧足位于靠近壳顶的一端,其前缘较窄,斧足掘沙时前缘先潜入沙中,整个潜沙过程呈流线型壳形,有效减小了阻力。魁蚶稚贝潜沙过程中,壳左右晃动,将壳周围的沙推向两侧,有效减小了沙的紧密度,利于其快速潜入。Alexander等^[12]研究发现,贝类壳的形态及壳面装饰物影响贝类潜沙速度,有放射肋并且表面装饰物较多的贝类能潜入的底质粒径范围更广,壳面装饰越复杂,其潜沙速度越快。魁蚶壳表约有42条放射肋,被棕色壳皮,肋间隙中有短而稀疏的毛状物,且在贝壳边缘密集^[1]。可见,其贝壳外部复杂的形态特征及行为学适应使其具备较快的潜沙能力。

3.3 不同底质条件下魁蚶稚贝的潜沙能力

Alexander等^[12]根据不同底质条件下贝类的潜沙能力差异,对贝类进行了分类:专性潜沙贝类、底质敏感性贝类、通潜性贝类。专性潜沙贝类仅在一个很小的粒径范围内潜沙速度快,除此粒径范围外潜沙速度缓慢,例如砂海螂(*Spisula solida*)、刀蛭(*Cultellus pellucidus*)等。通潜性贝类通常潜沙速度较慢或缓慢,但其潜入的粒径范围广,例如软壳蛤、硬壳蛤、美国血蚶(*Anadara ovalis*)等。底质敏感性贝类通常潜沙非常快或较慢,主要特征为有一个稳定的最适潜沙粒径范围,且当底质粒径过大或过小时潜沙能力均减弱,如斧蛤、樱蛤(*Angulus tenuis*)等^[12]。魁蚶稚贝在粒径较大的底质上潜沙速度变慢,且有适宜的潜沙粒径范围,因此认为其属于底质敏感性贝类,底质粒径会影响魁蚶稚贝的潜沙能力。

贝类在不同底质粒径下潜沙能力存在差异,潜沙时间、潜沙率可以定量反映生物对特定环境

因子的适应能力^[12-14]。Nel等^[13]对两种斧蛤(*D. serra*、*D. sordidus*)的研究发现,其潜沙行为均受到底质粒径的影响,在粗砂和中砂(0.125 mm < 粒径 < 0.500 mm)底质下潜沙时间最短。de la Huz等^[14]对不同规格斧蛤(*D. trunculus*)的潜沙时间进行了研究,发现25 mm < 壳长 < 45 mm的斧蛤在细砂和中砂底质的潜沙时间最短,砾石底质的潜沙时间最长。本研究表明,魁蚶稚贝在中砂、细砂及泥底质条件下初潜时间均较短,在细砾底质的初潜时间较长,由此说明双壳贝类对中砂、细砂的适应性普遍较好。底质的切变强度和斧足的运动能力也是影响魁蚶潜沙速度的重要因素,底质的切变强度随粒径的减小而增大^[14]。而本实验中随着底质粒径减小,魁蚶稚贝的初潜时间递减,表明其斧足运动能力较强,足够克服实验所选的小粒径底质的切变强度。

Shin等^[24]研究发现菲律宾蛤仔(*Ruditapes philipepinarum*)在粗砂、中砂、细砂和粉砂4种底质下潜沙率无显著差异。Alexander等^[12]研究也发现,砂海螂、硬壳蛤对泥、粉砂到粗砂底质均有较好的适应性。魁蚶稚贝在各底质处理组间1 h潜沙率无显著差异,分析认为魁蚶稚贝初潜时间虽然存在差异,但其对不同粒径的底质均有较好的适应性,1 h内基本完成了潜沙过程。魁蚶稚贝在泥底质的潜沙率小于砂底质,分析认为,自然海区采集的底泥为棕黑色,伴有臭味,推测底质中的硫化物降低了稚贝的潜沙率。硫化物对不等壳毛蚶(*Scapharca inaequalis*)、斧蛤(*D. serra*)等双壳贝类存在生理胁迫^[25-26],因此,魁蚶稚贝底播时应尽量避免淤泥较多的海域。分析认为,魁蚶稚贝在中砂(0.25 mm < 粒径 < 0.5 mm)和细砂(< 0.25 mm)底质上潜沙速度较快,潜沙后适应性良好,该种底质粒径适宜稚贝底播后的潜沙。

3.4 影响魁蚶稚贝底质选择性、潜沙能力的相关因素

稚贝规格、底质粒径、水流、藻类分布等均会影响魁蚶稚贝的底质选择性,从而导致不同海区魁蚶稚贝的分布、丰度存在差异,进而影响魁蚶的种群分布^[5,9-11,19,21]。稚贝规格、贝壳形态、底质粒径等均能影响魁蚶稚贝的潜沙能力,这种潜沙能力的差异为底播苗种规格、底播地点的选择提供了参考依据^[3,15,22-24,27-28]。捕食者的存在,迫使贝类选择不同的回避行为策略和形态学改变。

底栖贝类通过加快潜沙速度、增加潜沙深度、寻找庇护所,或者以生活在潮间带地区等生存策略来降低被捕食风险^[28]。可见,贝类的底质选择性、

潜沙行为与底质、水流、捕食者等环境因子间相互作用,构成了生态系统的动态平衡(图7)。

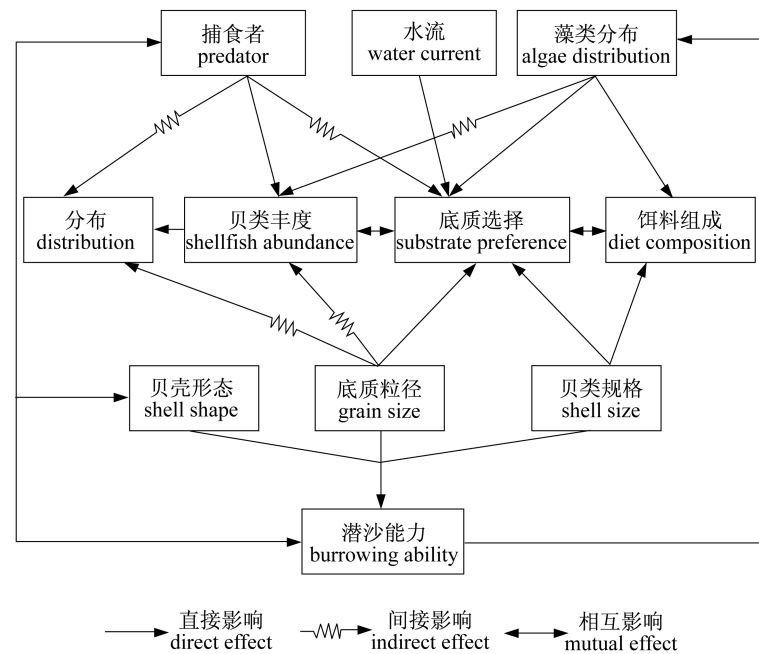


图7 影响魁蚶稚贝底质选择性、潜沙行为的因素

Fig. 7 Diagram of the factors affecting the substrate preference and burrowing behavior of *S. broughtonii* juveniles

综合分析认为,20 mm < 壳长 < 30 mm 的稚贝是较适宜底播的苗种规格,而以中砂、细砂为主要粒径组成的海区适宜进行魁蚶稚贝的底播增殖。魁蚶潜沙深度较浅,属半埋栖贝类,其在自然海区中生存环境复杂,底质、水流和水温等环境因子的变化均会影响其底质选择及潜沙能力,因此需开展野外调查研究进一步验证。

参考文献:

- [1] Qi Z Y. Economic Mollusca of China [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998: 156. [齐钟彦. 中国经济软体动物. 北京: 中国农业出版社, 1998: 156.]
- [2] Wang R C, Wang Z P, Zhang J Z, et al. Marine shellfish Aquaculture [M]. Qingdao: Qingdao Ocean University Press, 1993: 297 - 300. [王如才, 王昭萍, 张建中, 等. 海水贝类养殖学. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1993: 297 - 300.]
- [3] Tang Q X, Wang J, Qiu X Y, et al. Research of the stock enhancement of *Scapharca broughtonii* [J]. Marine Fisheries Research, 1994, 15: 79 - 86. [唐启升, 王俊, 邱显寅, 等. 魁蚶底播增殖的试验研究.

海洋水产研究, 1994, 15: 79 - 86.]

- [4] Xia X L. Test of stock enhancement and aquaculture technology of *Scapharca broughtonii* [J]. Shandong Fisheries, 2007, 24 (5): 22. [夏雪岭. 魁蚶增殖技术试验. 齐鲁渔业, 2007, 24 (5): 22.]
- [5] Zhang Y X, Zhou X J, Jiang H B, et al. Studies on the habits and modes of life in the natural environment of *Scapharca broughtonii* (Schrenck) in Shandong offshore. Transactions of the Chinese society of Malacology [C]. Qingdao: Qingdao Ocean University Press, 1995. [张玉玺, 周学家, 姜海滨, 等. 山东近海魁蚶生态习性的调查. 贝类学论文集. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1995.]
- [6] Stevens B G. Settlement, substratum preference, and survival of red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) glaucothoe on natural substrata in the laboratory [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2003, 283 (1 - 2): 63 - 78.
- [7] Gregory R S, Anderson J T. Substrate selection and use of protective cover by juvenile Atlantic cod *Gadus morhua* in inshore waters of Newfoundland [J]. Marine Ecology Progress Series, 1997, 146:

- Comparative Pharmacology,1993,105(1):49-54.
- [27] Roper D S, Nipper M G, Hickey C W, *et al.* Burial, crawling and drifting behavior of the bivalve *Macomona liliana* in response to common sediment contaminants[J]. Marine Pollution Bulletin,1995,31(4-12):471-478.
- [28] Tallqvist M. Burrowing behaviour of the Baltic clam *Macoma balthica*: Effects of sediment type, hypoxia and predator presence[J]. Marine Ecology Progress Series,2001,212:183-191.

Substrate preference and burrowing ability assessment of the juvenile *Scapharca broughtonii*

ZHOU Shanshan, ZHANG Xiumei*, LIU Xuxu, ZHANG Peidong
(Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: Behavioral preferences of juvenile *Scapharca broughtonii* with 10 mm < shell length < 15 mm, 15 mm < shell length < 20 mm, 20 mm < shell length < 25 mm, 25 mm < shell length < 30 mm to four kinds of substrates (granule gravel, coarse sand, medium sand, and fine sand) were studied under laboratory conditions and then the burrowing ability of 20 mm < shell length < 30 mm juvenile *S. broughtonii* to five kinds of substrates (mud group added) was investigated. The results showed that 10 mm < shell length < 15 mm juveniles have a developed byssi and mostly in sessile life with the highest distribution rate at the junction between substrates and percentage of hanging on the tank walls. Also, these were significantly attached on coarse sand. The 15 mm < shell length < 30 mm juveniles changed into infaunal life and grain sizes preferred by them increased with the increase of shell length, accompanying a decrease in the percentage of laying in junction and percentage of hanging on the tank walls. The 10 mm < shell length < 20 mm juveniles preferred medium sand significantly with a distribution rate of 50.5%, then the fine sand. The 20 mm < shell length < 25 mm had high adaptation to all kinds of substrates. The 25 mm < shell length < 30 mm juveniles preferred coarse sand significantly with a distribution rate of 65%, then the medium sand. The 20 mm < shell length < 30 mm juveniles had the shortest burrowing time (2.74 min) at mud, then the fine sand and medium sand. The highest percent of burrowing rate (85%) were attained in the fine sand, then in the medium sand. Our data indicated that 20 mm < shell length < 30 mm juveniles and sea bottom mainly with medium (0.25 < grain size < 0.50 mm) and fine sand (size < 0.25 mm) are fit for stock enhancement.

Key words: *Scapharca broughtonii*; substrate preference behavior; substrate preference; burrowing ability; stock enhancement

Corresponding author: ZHANG Xiumei. E-mail: gaozhang@ouc.edu.cn