

文章编号: 1674-5566(2017)06-0836-08

DOI:10.12024/jsou.20170402014

缢蛭苗水泥池中间培育试验

薛宝宝¹, 李浩¹, 彭连法², 李炼星¹, 牛东红¹, 李家乐¹, 沈和定¹

(1. 上海海洋大学 省部共建水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306; 2. 启东市渔业技术推广站, 江苏南通 226241)

摘要: 为了缩短缢蛭中间培育周期, 快速培育大规格商品苗种, 试验稚贝放养的适宜规格和密度, 2016 年 11 月至 2016 年 12 月, 在 250 m² 的露天大型水泥池培育稚贝, 并混养少量脊尾白虾。研究了不同泥土厚度(3 cm、6 cm), 养殖密度对大、小 2 种规格稚贝的壳长、壳高、体质量和存活率的影响。底泥厚度影响稚贝体形的生长, 规格越大所需底泥厚度越厚, 大规格稚贝在 6.0 cm 和 3.0 cm 的壳长分别为 20.25 ± 0.03 mm、18.58 ± 0.06 mm ($P < 0.05$)。大、小规格稚贝的存活率分别为 81.83% ± 0.69%、65.74% ± 0.83%; 养殖密度影响稚贝的生长速度, 稚贝规格和养殖密度的综合效果显示, 大规格稚贝(10 万粒/kg、壳长 0.890 ± 0.024 cm) 适宜的放养密度为 1.0 ~ 1.5 万粒/m²; 小规格稚贝(20 万粒/kg、壳长 0.488 ± 0.035 cm) 适宜的放养密度为 3.0 ~ 5.0 万粒/m²。培育 30 d 后, 14.4 kg 大规格稚贝收获 196.4 kg, 96.6% 达到 1.5 ~ 2.0 cm 商品苗种; 8.8 kg 小规格稚贝收获苗种 144.6 kg, 68.4% 达到 1.5 ~ 2.0 cm 商品苗种。探究了稚贝在水泥池进行中间培育的可行性, 缩短了中间培育周期, 能为缢蛭的规模化、集约化养殖提供优质、健康的大规格苗种。

关键词: 缢蛭; 中间培育; 养殖密度; 底泥厚度; 商品苗种

中图分类号: S 968.31

文献标志码: A

缢蛭(*Sinonovacula constricta*), 俗称蛭子、蜻子, 属软体动物门(Mollusca)、瓣鳃纲(Lamellibranchia)、异齿亚纲(Heterodonta)、帘蛤目(Veneroidea)、竹蛭科(Solenidae)、缢蛭属(*Sinonovacula*)^[1]。分布于西太平洋沿海的中国和日本, 从我国北部辽宁到南部广东沿海一带均已开展养殖。蛭子作为我国四大海水养殖贝类之一, 养殖历史悠久。2015 年全国缢蛭养殖面积 59 967 hm², 产量达 793 708 t^[2]。

优质、充足的蛭苗供应是缢蛭产业稳定健康、可持续发展的重要保证。随着环境的不断污染, 海水质量恶化, 自然苗种逐年短缺; 不同地域养殖缢蛭的性腺成熟时间不同(广东 > 福建 > 浙江), 为了抢占商机, 往往提前繁育苗种, 闽浙地区的育苗场从广东购进大量个体瘦小(壳长 4.0 ~ 5.0 cm)、性腺发育差的蛭种, 蛭种经长距

离运输, 活力下降, 产卵量少且孵化率低。浮游幼虫到稚贝(2.0 ~ 5.0 mm) 培育阶段的死亡率高, 苗种价格高达 1 000 元/斤。滩涂或虾池的中间培育时间较长, 从附着稚贝开始到大规格商品苗种(1.5 ~ 2.0 cm) 需要 3 ~ 4 个月, 成活率低。大规格苗种的短缺严重影响了缢蛭产业的发展, 近年来, 优质、健康、有活力的大规格苗种供不应求。国内外学者就缢蛭的人工育苗、早期培育、生理生态和遗传多样性分析等方面做过很多研究^[4-11]。目前为止, 缢蛭苗种中间暂养^[12-13]的技术比较少, 且都是在滩涂上粗放式培育, 放养时的稚贝规格大小不一, 养殖周期长, 生长缓慢, 存活率低。其他海水养殖贝类如青蛤^[14]、菲律宾蛤仔^[15]等中间暂养模式已相当成熟。随着养殖模式的不断探索, 虾、贝混合生态养殖模式^[16-18]明显优于单一的养殖模式。为了培养出优质、充足

收稿日期: 2017-04-10 修回日期: 2017-10-04

基金项目: 国家高技术研究发展计划(2012AA10A400-3); 上海高校知识服务平台上海海洋大学水产动物遗传育种中心(ZF1206)

作者简介: 薛宝宝(1992—), 男, 硕士研究生, 研究方向为贝类遗传育种。E-mail: 1484933039@qq.com

通信作者: 李家乐, E-mail: jlli@shou.edu.cn; 沈和定, E-mail: hdshen@shou.edu.cn

的大规格蛏苗,本着集约化、生态健康养殖的理念,本团队创新性地露天大型水泥池中进行缢蛏苗中间培育试验,探究养殖密度、底泥厚度、放养规格对稚贝生长和存活的影响,旨在为缢蛏产业可持续发展提供优质、健康、有活力的大规格苗种提供新思路。

1 材料与方法

1.1 材料

所用稚贝为浙江本地亲种9月份培育。2016年11月18日,在浙江三门东航水产育苗科技有限公司的250 m²的水泥池中铺设从滩涂获取的泥土(进行消毒灭菌处理)。在池内修建了3条16 m×2 m的长方形蛏田(3个重复);将每条蛏田分成16块2.0 m×1.0 m的小区域。大规格稚贝总质量为14.4 kg,小规格稚贝的总质量为8.4 kg。大规格稚贝(0.890±0.024 cm、10万粒/kg)的养殖密度分别为1.0、1.5、2.0、2.5万粒/m²,小规格稚贝(0.488±0.035 cm、20万粒/kg)的养殖密度分别为3.0、5.0、7.0、9.0万粒/m²;分别暂养在3 cm、6 cm的底泥厚度中(表1)。

表1 不同规格、底质厚度的放养密度

Tab.1 The stocking density of razor clam in different specifications, bottom thickness

		(万粒/m ²)					
底质厚度/cm Sediment thickness		重复1 Repetition 1		重复2 Repetition 2		重复3 Repetition 3	
		大规格 Big	小规格 Small	大规格 Big	小规格 Small	大规格 Big	小规格 Small
3	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	3.0	
	1.5	5.0	1.5	5.0	1.5	5.0	
	2.0	7.0	2.0	7.0	2.0	7.0	
	2.5	9.0	2.5	9.0	2.5	9.0	
6	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	3.0	
	1.5	5.0	1.5	5.0	1.5	5.0	
	2.0	7.0	2.0	7.0	2.0	7.0	
	2.5	9.0	2.5	9.0	2.5	9.0	

1.2 培育管理

培育采用“仿生态”方法,水泥池内放养少量的脊尾白虾,并定期投喂配合饵料及微生物制剂,使池内藻类维持在一定浓度,持续不断地为稚贝提供新鲜饵料。另外,定时测定池水的pH值、海水水温、海水相对密度、溶解氧等,仿生态养殖期间水泥池内的pH保持在7.8~8.6,海水水温在12.8~22.3℃之间,海水相对密度在1.006~1.013之间,溶解氧不低于5 mg/L。当溶

解氧出现过低情况时,应及时开增氧机增氧。根据天气情况,每隔10 d全排水一次,整理蛏田、晒池。模拟滩涂潮汐,增强苗种的活力。每次大排水时,检查蛏田是否有浒苔。浒苔蔓延会造成池底缺氧,直接导致蛏苗缺氧死亡。此外还会使底质中产生H₂S等,影响蛏苗的正常生理活动;所以养殖过程中应及时清理浒苔。

1.3 数据测量

稚贝播种后,第15天、30天从每个区域中随机选取30粒稚贝进行测量。测量前将贝壳洗净,然后用吸水棉吸干表面水分。采用游标卡尺(精确度0.01 mm)进行壳长(Shell length)、壳高(Shell width)的测量,用电子天平(精确度0.001 g)称量体质量(Body weight)。同时统计各组成活率。

1.4 数据处理

用SPSS 20.0统计软件进行数据处理,Excel作图,利用t检测进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 中间培育期间水泥池中水温、海水相对密度变化

中间培育期间,每天测量暂养池内水温、海水相对密度。用每天的平均水温、海水相对密度作图1。30 d内,最高海水水温为22.3℃,最低海水水温为12.8℃,平均水温为14.7℃。海水相对密度在1.006~1.013之间,平均值为1.010。

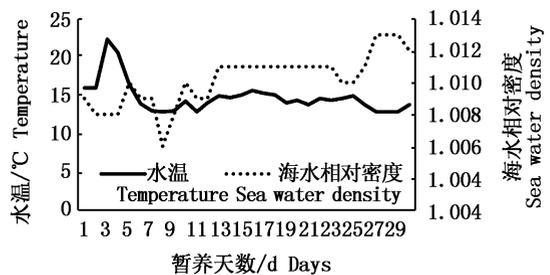


图1 培育期间水泥池内的水温、海水相对密度变化
Fig.1 Changes of sea water temperature and sea water specific gravity in the cement pool during the period of intermediate culture

2.2 不同底泥厚度、养殖密度(规格)间的关联交叉分析

由表2可知 Pearson 卡方检验 sig 值为0.007<0.05,因此认为不同底泥厚度、密度对壳

长的生长有显著的差别;对称度量 V 值代表两个变量之间的关系的紧密度, V 值为 $0.229 > 0.1$,

说明关系紧密,即不同底泥厚度、密度与壳长的生长有明显的关系,可进行后续的分析。

表 2 养殖密度、底泥厚度、壳长 (>15 mm) 交叉分析
Tab.2 The cross analysis of stocking density, different sediment thickness and shell length

组别 Group	统计参数 Item	底泥厚度/cm Sediment thickness		合计 Total	卡方检验 Chi square test	
		3	6			
养殖密度 ($\times 1$ 万粒/ m^2) Breeding density	1.0	计数	30	30	60	0.007
		密度中的 %	50.0%	50.0%	100.0%	
	1.5	计数	30	30	60	
		密度中的 %	50.0%	50.0%	100.0%	
	2.0	计数	30	30	60	
		密度中的 %	50.0%	50.0%	100.0%	
2.5	计数	30	30	60		
	密度中的 %	50.0%	50.0%	100.0%		
3.0	计数	30	22	52		
	密度中的 %	57.7%	42.3%	100.0%		
5.0	计数	0	15	15		
	密度中的 %	0.0%	100.0%	100.0%		
合计 Total	计数	150	157	307	0.229	
	密度中的 %	48.9%	51.1%	100.0%		
对称度量(V 值) Symmetry measure						

2.3 养殖密度对稚贝壳长、活体质量的影响

实验中养殖密度的大小受稚贝规格的影响为规格越小,养殖密度越大,规格越大,养殖密度越小。30 d 后,6 cm 底泥厚度中的大规格稚贝在 1 万粒/ m^2 和 1.5 万粒/ m^2 密度组中的壳长(图 2)分别为 20.27 ± 0.04 mm、 20.24 ± 0.05 mm ($P > 0.05$),体质量(图 5)分别为 0.337 ± 0.001 g、 0.336 ± 0.001 g ($P > 0.05$);2.0 和 2.5 万粒/ m^2 组的壳长分别为 18.60 ± 0.08 mm、 17.48 ± 0.03 mm ($P < 0.05$),体质量分别为 0.275 ± 0.002 g、 0.216 ± 0.001 g,体质量显著小于 0.336 g。小规格稚贝在 3 万粒/ m^2 和 5 万粒/ m^2 中的壳长(图 3)分别为 15.09 ± 0.03 mm、 15.03 ± 0.03 mm ($P > 0.05$),体质量(图 4)分别为 0.145 ± 0.001 g、 0.146 ± 0.001 g ($P > 0.05$),在 7.0、9.0 万粒/ m^2 的壳长为 13.67 ± 0.19 mm、 11.18 ± 0.08 mm ($P < 0.05$),体质量分别在 0.136 ± 0.001 g、 0.124 ± 0.002 g,体质量显著小于 0.146 g。一定范围内,壳长和体质量随密度的增大而减少。所以,小规格稚贝适宜的放养密度为 3.0~5.0 万粒/ m^2 ,大规格稚贝适宜的放养密度为 1.0~1.5 万粒/ m^2 。

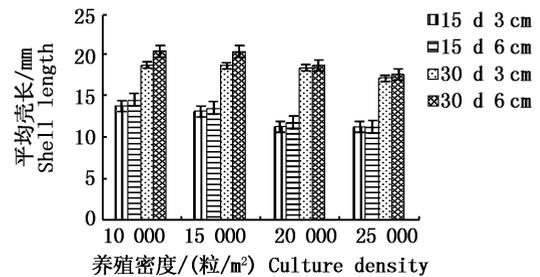


图 2 中间培育过程中大规格稚贝的壳长

Fig.2 The shell length of large specification spat of razor clam in the process of intermediate culture

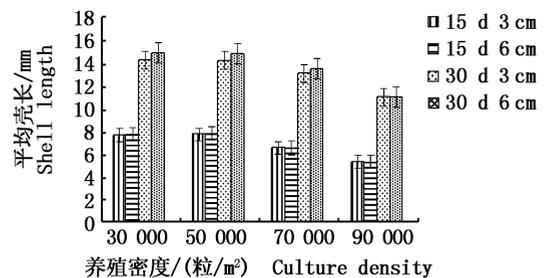


图 3 中间培育过程中小规格稚贝的壳长

Fig.3 The shell length of small specification spat of razor clam in the process of intermediate culture

2.4 底泥厚度对稚贝体形的影响

由图 2、3、6 可得出,底泥厚度影响稚贝体形的生长,规格越大所需底泥厚度越厚。暂养 15 d 后,小规格稚贝的壳长无显著性差异 ($P > 0.05$); 暂养 30 d 后,大规格稚贝在 6.0 cm 和 3.0 cm 底泥中的壳长分别为 20.25 ± 0.03 mm、 18.58 ± 0.06 mm ($P < 0.05$); 壳高分别为 3.60 ± 0.03 mm、 4.23 ± 0.05 mm ($P < 0.05$)。图 4、5 所示,相同规格稚贝在不同底泥厚度中的体质量无显著性差异 ($P > 0.05$)。

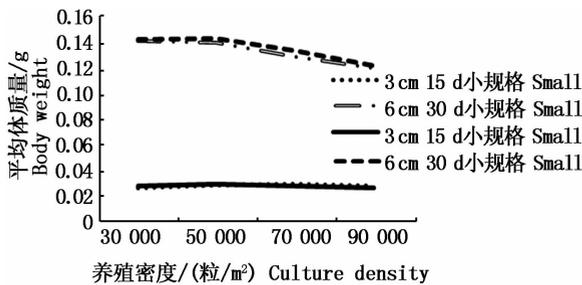


图 4 中间培育过程中小规格稚贝的体质量

Fig. 4 The body weight of small specification spat of razor clam in the process of intermediate culture

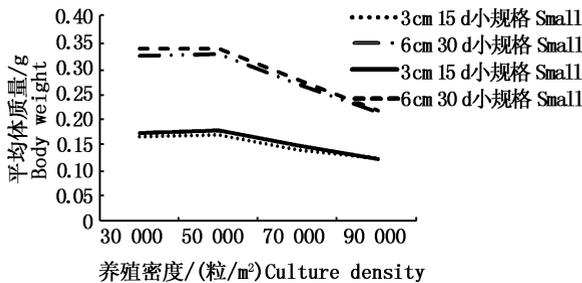


图 5 中间培育过程中大规格稚贝的体质量

Fig. 5 The body weight of large specification spat of razor clam in the process of intermediate culture

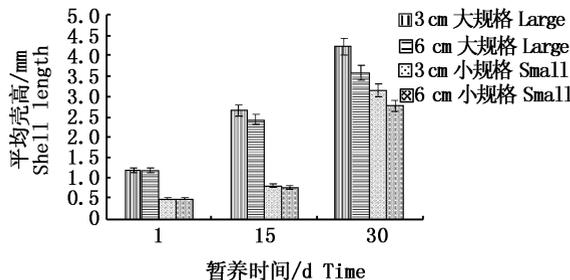


图 6 不同规格稚贝在最适密度下的壳高

Fig. 6 The shell length of different specification spat of razor clam under the optimum density

2.5 投放规格对稚贝存活率的影响

由表 3、4 可知,同一规格稚贝在不同密度和

不同底泥厚度的存活率差异不显著 ($P > 0.05$), 而不同密度的两个底泥厚度中的不同规格稚贝存活率差异显著 ($P < 0.05$), 规格越大成活率越高; 培育 30 d 后,大、小规格稚贝的总体存活率分别为 $81.83\% \pm 0.69\%$ 、 $65.74\% \pm 0.83\%$ ($P < 0.05$)。结果证明壳长 (0.890 ± 0.024) cm 的稚贝更有利于进行中间培育。

表 3 大规格稚贝在不同泥土厚度中的存活率
Tab. 3 The survival rate of large specifications spat of razor clam in different soil thickness

底泥厚度/cm Sediment thickness	养殖密度/(粒/m ²) Breeding density	不同养殖时期的存活率/% Survival rate in different culture periods	
		15 d	30 d
3.0	10 000	86.67 ± 1.93 ^a	94.45 ± 2.22 ^b
	15 000	90.00 ± 1.92 ^a	92.22 ± 2.22 ^b
	20 000	88.89 ± 2.94 ^a	91.11 ± 2.22 ^b
	25 000	86.67 ± 3.33 ^a	96.67 ± 1.93 ^b
6.0	10 000	87.78 ± 2.22 ^a	90.00 ± 1.92 ^b
	15 000	87.78 ± 2.94 ^a	91.11 ± 4.44 ^b
	20 000	87.78 ± 1.11 ^a	91.11 ± 1.11 ^b
	25 000	88.89 ± 3.33 ^a	96.67 ± 1.93 ^b

注:同一行上标字母不同表示数值间显著性差异 ($P < 0.05$), 下同

Note: Values with different letters in each row have significant difference ($P < 0.05$), the same in the following

表 4 小规格稚贝在不同泥土厚度中的存活率
Tab. 4 The survival rate of small specification spat of razor clam in different soil thickness

底泥厚度/cm Sediment thickness	养殖密度/(粒/m ²) Breeding density	不同养殖时期的存活率/% Survival rate in different culture periods	
		15 d	30 d
3.0	10 000	75.56 ± 1.11 ^c	87.78 ± 4.45 ^d
	15 000	71.11 ± 2.22 ^c	91.11 ± 2.22 ^d
	20 000	74.45 ± 2.22 ^c	88.89 ± 1.11 ^d
	25 000	73.33 ± 3.33 ^c	88.89 ± 4.01 ^d
6.0	10 000	76.67 ± 1.92 ^c	90.00 ± 1.92 ^d
	15 000	74.44 ± 2.94 ^c	93.33 ± 0.00 ^d
	20 000	72.22 ± 2.22 ^c	88.89 ± 2.22 ^d
	25 000	71.11 ± 2.94 ^c	90.00 ± 3.85 ^d

3 讨论

3.1 海水温度和盐度对中间培育效果的影响

温度和海水相对密度都是影响海洋贝类生长发育的重要环境因素,在适宜的温度与海水相对密度中稚贝能够快速生长、存活率高。文蛤幼体在适宜的盐度范围内,其成活率、变态率和生长速度都最高。在一定的温度范围,多数贝类的

代谢率会随着温度的升高而升高,曾有报道称温度影响缢蛏的吸收效率^[18]。稚贝生长的适宜温度为27~30℃;适盐范围为4.50~28.30;最适盐度为12.40~16.30^[19]。水泥池中间培育过程中的盐度相差不大,但温度相差较大,培育一个月后达到商品规格(1.5~2.0 cm)。在适宜的水温条件下,培育时间会更短。

3.2 底泥厚度对稚贝体形影响

缢蛏是埋栖型贝类,底质厚度会影响稚贝壳长、壳高的生长。培育初期,稚贝壳长在1.0 cm左右,3.0 cm的底质厚度对其生长影响不大。随着稚贝的生长,所需要的泥土厚度会不断增加,3.0 cm的底质厚度不能满足稚贝生长的需要时,会出现发育畸形现象:壳的顶端会发生弯曲,由纵向生长变为横向生长。林笔水^[20]、何进金^[21]等在蛏苗的培育过程中,随着稚贝的生长发育,会逐渐增加底质中泥土的比例;大竹蛏^[22]在人工养殖环境下,往往因为底质厚度不够,而使稚贝的外壳弯曲畸形;表明底泥厚度对底栖型贝类的体形具有重要影响,最适的底泥厚度未做进一步研究。

3.3 暂养密度需根据充气条件、生态状况及饵料丰富度灵活掌握

何进金等^[23]曾提出:幼虫投放密度过大,不仅会影响它们的生长发育,而且会导致幼虫全部死亡;一定范围内,养殖密度与生长速度成负相关,密度越大,生长速度越慢;这与COSTA^[24]的研究结果相同。高密度虽然可以提高经济价值,但是密度过高会造成池塘饵料的不足或者底质的恶化,稚贝生长慢、并且大量死亡,造成稚贝的存活率下降,幼虫放养密度太少,又会造成培养水体不能充分利用。浮游幼虫培育、稚贝中间培育和成蛏养成中,养殖密度都会影响壳长、壳高、体质量。因此,如何合理控制各时期的培养密度,也是人工育苗的问题之一。

3.4 为本地优质亲贝繁育培育大规格蛏苗提供可靠保证

放养规格与成活率密切相关,规格大成活率高,而放养密度影响生长速度,密度大,生长慢,延长生长周期;反之亦然^[25]。有报道称壳长在0.50 cm左右缢蛏稚贝的规格约为5.0万粒/kg^[26]。实验中所用0.40~0.50 cm的稚贝规格

在10.0万粒/kg,两者之间的差别可能是由数据测量的误差或者苗种质量不同造成的。小规格稚贝(0.488±0.035 cm)适应性差、存活率低,培育初期生长缓慢。适应新的生活环境后,在各种环境因素合适、饵料充足的情况下会快速生长。大规格稚贝(0.890±0.024 cm)的各项机体功能都比较完善,对周围环境的适应力和抵抗疾病的能力逐渐增强,比小规格稚贝更容易适应外界环境,存活率、生长速度会相对较高。

3.5 水泥池和土池中间培育模式的优势

随着蓝色海洋经济战略的发展,滩涂面积的减少及租金的增加,滩涂土池贝苗中间培育工作强度大、经济效益低,导致从事缢蛏滩涂中间培育的年轻人员越来越少。目前的从业者平均年龄在50岁以上,年轻的从业者极少,产业出现了断层的危险。水泥池及池塘中间培育是一种集约化、生态养殖模式,能够很好地解决这一难题。

贝类中间培育大都在滩涂、虾塘中进行,首次在水泥池中进行稚贝培育试验,采用“仿生态”的方法,放养少量的脊尾白虾,定期投喂配合饵料和微生物制剂,为稚贝的生长提供了丰富的饵料生物,虾的游动可以增加水的流动性,增加水中溶氧量;稚贝可以净化水环境,为脊尾白虾提供良好的水质。水泥池培育可以有效减少敌害生物的入侵。

一般的滩涂中间培育为2~3个月,个体可增大10倍^[27],水泥池中间培育一个月,体质量增大20多倍,是滩涂养殖的2倍。与滩涂中间培育^[12]比较,优势显著:缩短培育周期一个多月;养殖密度是滩涂养殖的15~20倍;产量是滩涂的2.5倍;存活率也显著提高(表5)。

4 结语

首次在水泥池内培育稚贝,池中放养少量的脊尾白虾,投喂配合饲料及微生物制剂能够更好地培育池内藻相,为稚贝培育提高充足的饵料,加快稚贝的生长速度。模仿自然生态环境的养殖方式能够及时、有效地为缢蛏养殖提供充足、优质的大规格苗种,有效促进缢蛏优良品种推广和养殖产业链的形成与发展。与以往的小水体实验不同,250 m²的大型水泥池能够很好地把生态试验研究成果与育苗生产实践相结合。

表 5 水泥池与滩涂暂养效果比较

Tab. 5 Comparison of effect of intermediate culture of spat in cement pool and beaches

	暂养时间 Time	密度/(万粒/m ²) Density	初始规格/(万粒/kg) Initial standard	结束规格/(万粒/kg) Final standard	收获/(kg/250 m ²) Harvest	存活率/% Survival rate
滩涂 Beach	11.20 ~ 3.22	0.20	20	3 041	75.0	52.3
水泥池 Cement Pond	11.18 ~ 12.18	1.0 ~ 1.5	10	3 000 ~ 4 000	196.4	81.83
	11.18 ~ 12.18	3.0 ~ 4.0	20	3 500 ~ 4 500	144.6	65.74

参考文献:

- [1] 徐凤山, 张素萍. 中国海产双壳类图志[M]. 北京: 科学出版社, 2008(5): 211-213.
XU F S, ZHANG S P. Chinese marine bivalve illustrated record[M]. Beijing: Science Publishing Press, 2008(5): 211-213.
- [2] 袁晓初, 赵文武. 中国渔业统计年鉴 2016[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016(6): 33,60.
YUAN X C, ZHAO W W. Chinese fishery statistical yearbook 2016[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2016(6): 33,60.
- [3] GRUFFYDD L D, BEAUMONT A R. Determination of the optimum concentration of eggs and spermatozoa for the production of normal larvae in *Pecten maximus* (Mollusca, Lamellibranchia) [J]. Helgoland Marine Research, 1970, 20(1/4): 486-497.
- [4] NIU D H, JIN K, WANG L, et al. Molecular characterization and expression analysis of four cathepsin L genes in the razor clam, *Sinonovacula constricta* [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2013, 35(2): 581-588.
- [5] COSTA F D, SUSANA N, JUSTA O. Changes in biochemical and fatty acid composition of the razor clam *Solen marginatus* (Solenidae: Bivalvia) during larval development[J]. Marine Biology, 2011, 158(8): 1829-1840.
- [6] 王泽, 杜文俊, 陈氏娥, 等. 缢蛏微卫星多态性分析及其在亲子鉴定中的应用[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(6): 807-813.
WANG Z, DU W J, DONG Z G, et al. Analysis of microsatellite polymorphism and its application in parentage determination of *Sinonovacula constricta* [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2016, 25(6): 807-813.
- [7] TRANAB T N, NIU D H, NGUYENNAB H D, et al. Populations genetic structure of the razor clam *Sinonovacula constricta* from China, Korea and Vietnam[J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2015, 61: 429-436.
- [8] WANG L, NIU D H, LI J L. Characterization of novel EST-derived SNP markers using 454 pyrosequencing in *Sinonovacula constricta* [J]. Conservation Genetics Resources, 2013, 5(1): 191-193.
- [9] 李炼星, 杜文俊, 王成东, 等. 缢蛏家系生长和耐热、耐高盐性能的对比研究[J]. 上海海洋大学学报, 2016, 25(4): 515-521.
LI L X, DU W J, WANG C D, et al. Comparative analysis of growth and heat tolerance, salt tolerance traits among *Sinonovacula constricta* families [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2016, 25(4): 515-521.
- [10] 徐义平, 许会宾, 金凯, 等. 浙江乐清湾缢蛏的形态和遗传多样性[J]. 上海海洋大学学报, 2017, 26(1): 31-37.
XU Y P, XU H B, JIN K, et al. Morphologic and genetic diversity of *Sinonovacula constricta* populations from Yueqing Bay, Zhejiang [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2017, 26(1): 31-37.
- [11] 陈高峰, 余海, 黄克蚤, 等. 缢蛏中间苗种培育技术初步研究[J]. 科学养鱼, 2010, 247(4): 35-35.
CHEN G F, YU H, HUANG K C, et al. Pilot study the intermediate cultivate technology of *Sinonovacula constricta* [J]. Scientific Fish Farming, 2010, 247(4): 35-35.
- [12] 龚呈祥. 缢蛏苗种中间暂养技术初探[J]. 福建畜牧兽医, 2015, 37(2): 36-37.
GONG C X. Preliminary study on technology of seedling intermediate culture of *Sinonovacula constricta* [J]. Fujian Province Animal Husbandry and Veterinary, 2015, 37(2): 36-37.
- [13] 吉红九, 陈淑吟. 青蛤大规格苗种培育技术[J]. 水产养殖, 2003, 24(4): 24-26.
GI H J, CHEN S Y. Technology to cultivate large size seedling of *Sinonovacula constricta* [J]. Journal of Aquaculture, 2003, 24(4): 24-26.
- [14] 冯翠梅, 田相利, 董双林, 等. 两种虾、贝、藻综合养殖模式的初步比较[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版). 2007, 37(1): 69-75.
FENG C M, TIAN X L, ZHENG Z H, et al. Comparative studies on two integrated culture patterns of shrimp with oyster and seaweeds [J]. Journal of the Chinese ocean university, 2007, 37(1): 69-75.
- [15] 牟均素, 李志刚. 对虾与文蛤混养技术[J]. 中国水产, 2009(8): 36-36.
MU J S, LI Z G. The polyculture of prawns and clams[J]. China Fisheries, 2009(8): 36-36.
- [16] 林玉桑. 日本对虾与花蛤的混养技术[J]. 养殖技术顾问, 2011(8): 247-247.
LI Y S. The polyculture of Japanese prawns and clams[J]. Technical Advisor for Animal Husbandry, 2011(8): 247-247.
- [17] 郭文, 房慧, 孙福新, 等. 菲律宾蛤仔苗种土池中间培育及越冬生产试验[J]. 海洋科学, 2005, 29(8): 4-6.
GUO W, FANG H, SUN F X, et al. Overwintering

- cultivation of *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve) and intermediate pond preparation[J]. Marine Sciences, 2005, 29(8): 4-6.
- [18] SHEN H D, LIU G F, FANG L, et al. Effect of microalgae and temperature on absorption efficiency of razor clam (*Sinonovacula constricta* Lamark, 1818) [J]. Aquaculture Research, 2013, 44(10): 1524-1530.
- [19] 林笔水, 吴天明. 温度与盐度和缢蛏幼体生存、生长及发育的关系[J]. 水产学报, 1990, 14(3): 171-178.
- LIN B S, WU T M. Temperature and salinity in relating to the survival, growth and development of the larvae and spat of *Sinonovacula constricta* [J]. Journal of Fisheries of China, 1990, 10(3): 171-178.
- [20] 林笔水, 韦信敏, 钟指挥. 人工控制培育缢蛏幼苗研究[J]. 水产学报, 1988, 12(3): 223-232.
- LIN B S, WEI X M, ZHONG Z H. Artificial rearing of larvae and juveniles of *Sinonovacula constricta* [J]. Journal of Fisheries of China, 1988, 12(3): 223-232.
- [21] 何进金, 韦信敏, 许章程. 缢蛏稚贝饵料和底质的研究[J]. 水产学报, 1986, 10(1): 29-39.
- HE J J, WEI X M, XU Z C. Study on food and substrate of *Sinonovacula constricta* [J]. Journal of Fisheries of China, 1986, 10(1): 29-39.
- [22] 吴杨平, 陈爱华, 姚国兴, 等. 大竹蛏生物学特性的初步研究[J]. 水产科学, 2011, 30(12): 764-767.
- WU Y P, CHEN A H, YAO X G, et al. Biological characteristics of *Solen grandis* Dunker [J]. Fisheries Science, 2011, 30(12): 764-767.
- [23] 何进金, 韦信敏, 许章程. 缢蛏浮游幼虫生长发育和存活与若干生态因子的关系[J]. 海洋通报, 1990, 9(1): 39-46.
- HE J J, WEI X M, XU Z C. Relationship between the growth and survival of *Sinonovacula constricta* planktonic larvae and some ecological factors [J]. Marine Science Bulletin, 1990, 9(1): 39-46.
- [24] COSTA F D, BARREIRO B, JUSTA O, et al. Effects of stocking density on intermediate culture of the razor clam *Ensis arcuatus* (Pharidae: Bivalvia) [J]. Aquaculture Research, 2015, 46(8): 1858-1865.
- [25] CIGARRIA J. Impact of *Perkinsus* sp. on Manila clam *Ruditapes philippinarum* beds [J]. Diseases of Aquatic Organs, 1998, 29(2): 117-120.
- [26] 李为学, 张士罡. 缢蛏苗短期强化培育新技术[J]. 江西饲料, 2011, 123(5): 40-42.
- LI W X, ZHANG S G. Now technology of short-term strengthening cultivation seedling of *Sinonovacula constricta* [J]. Jiangxi Feed, 2011, 123(5): 40-42.
- [27] 叶大华. 蛏苗的暂养方法[J]. 中国水产, 1985(1): 29.
- YE D H. The technique of temporary rearing seedling of *Sinonovacula constricta* [J]. China Fisheries, 1985(1): 29.

The experiment of intermediate culture of razor clam *Sinonovacula constricta* in cement pond

XUE Baobao¹, LI Hao¹, PENG Lianfa², LI Lianxing¹, NIU Donghong¹, LI Jiale¹, SHEN Heding¹

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Qidong fishery technology promotion station, Nantong 226241, Jiangsu, China)

Abstract: In order to shorten the intermediate culture period of razor clam and to quicken the culture of large size products, the suitable specifications and densities of the spat are tested. In November to December 2016, in the 250 m² outdoor large cement pool to cultivate spat, and polyculture of small shrimp, two specifications spat (0.890 ± 0.024 cm, 0.488 ± 0.035 cm) of razor clam *S. constricta* were cultured with different sediment thickness (3 cm, 6 cm) and density. Regular measuring shell length, shell width, weight and survival rate of spat of razor clam under different conditions, sediment thickness affect the growth of spat in shape, specification, the greater required sediment thickness thicker. The results show that the survival rate of two kinds of specifications of razor clam respectively was $81.83\% \pm 0.69\%$, $65.74\% \pm 0.83\%$; stocking density affected the growth speed of spat of razor clam; spat to specifications and the combined effect of rearing density showed that large spat (100,000 grains/kg, shell length 0.890 ± 0.024 cm) appropriate stocking density of 10 000 – 15 000 grains/m²; small spat (200,000 grains/kg, shell length 0.488 ± 0.035 cm), appropriate stocking density is 30 000 – 50 000 grains/m²; foster after 30 days, 14.4 kg large-size juveniles harvested 196.4 kg, 96.6% reach (1.5 – 2.0 cm) commodity seed; 8.8 kg small juveniles harvested seed 144.6 kg, 68.4% reach (1.5 – 2.0 cm) commodity seed. In this paper, the feasibility of intermediate culture of spat of razor clam in cement pool is explored, shorter intermediate period, it can provide high quality and healthy large specifications spat of razor clam for large-scale and intensive aquaculture.

Key words: *Sinonovacula constricta*; intermediate culture; breeding density; sediment thickness; commercial seedling