

渤海湾魁蚶吊笼与底播增殖实验研究

赵春暖, 蔡忠强, 郑言鑫, 于 涛, 林建国

(中国水产科学研究院 长岛增殖实验站, 山东 烟台 265800)

摘要: 本文通过进行魁蚶吊笼养殖试验, 研究分析了不同入笼规格、挂养水层及放养密度对魁蚶的生长及存活率的影响, 比较了魁蚶吊笼养殖与底播养殖模式的不同差异。试验表明, 吊笼魁蚶的最适入笼规格为 1.5 cm; 越冬最适挂养水层为 3.5 m 以上, 度夏最适水层为 2.5~3 m; 第一次越冬最适密度为 1 000 粒/层, 第一次度夏最适密度为 500 粒/层, 第二次越冬最适密度为 200 粒/层, 第二次度夏最适密度为 100 粒/层; 通过吊笼养殖至 3~4 cm 规格后进行底播养殖, 能够有效提高魁蚶成活率, 由此可见, 吊笼—底播接力养殖, 是提高魁蚶养殖效益的一种有效养殖模式。

关键词: 魁蚶; 吊笼; 生长速度; 存活率

中图分类号: S962.91 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2017)11-0015-10

DOI: 10.11759/hyxx20170712003

魁蚶(*Scapharca broughtonii*), 俗称赤贝、血贝, 是一种大型底栖经济贝类。近年来, 贝类产业在促进沿海区域经济发展、近海环境改善、渔民收入增加等方面正发挥着越来越大的作用^[1]。魁蚶因其个体肥大, 肉嫩味美, 营养丰富, 近十余年来一直是黄渤海区渔民的兼捕对象, 也是我国对外出口的一种重要水产品^[2]。

由于对魁蚶资源过度采捕, 致使其自然资源遭到破坏, 几近枯竭^[3]。为了恢复魁蚶自然资源, 魁蚶海区底播增养殖技术研究及试验已广泛开展和实施^[4-7]。但是由于水产养殖业的快速发展, 缺乏科学养殖管理, 导致水产养殖环境恶化, 养殖环境日益破坏, 海水养殖与环境生态关系日趋紧张, 近年来, 我国的海产贝类养殖业呈现“面积扩大, 产量增加”的特点, 其中牡蛎、蛤仔、扇贝和蚶类的养殖份额最大化^[8-9]。底层水中溶解氧含量是影响底栖生物的主要因素, 不同底质条件是影响底栖生物生物量和群落结构的重要因素^[10], Dame 等^[11]分别提出了估算海区养殖容量的 NPZ 模型和盒式模型, Smith 等^[12]通过研究表明, 贝类养殖对环境的影响十分重要, 而与此同时, 在生态平衡方面, Yang 等^[13]也提出, 传统海洋养殖业对海洋生态平衡构成危害, 需要改变这种粗放式养殖模式, 完善海水养殖业发展规划, 此后 Hansen 等^[14]也指出, 应在海洋资源承载力的范围内健康发展海水养殖业。

面对海水养殖现状及环境生态要求, 海水养殖业发展对策研究逐渐展开, 宁修仁等^[15]认为海水养

殖业可持续发展不仅要良好的海岸带生态环境作为支撑前提, 更重要的是在严格执行海水养殖业规划的基础上, 养殖规模要适度, 推广先进的养殖技术, 降低乃至消除养殖对海洋环境的污染, 从而实现海水养殖与生态环境的协调发展。近年来滩涂底质环境恶化, 对贝类的养殖模式结构进行合理的调整可以有效地改善近岸滩涂的富营养化现状^[16]。

上述现实状况表明, 一种新的魁蚶养殖模式的建立显得尤为重要, 吊笼养殖魁蚶可以缓解底播压力, 在不超过底播容纳量的同时, 增加魁蚶的养殖规模, 更新魁蚶的养殖方式。长岛贝类养殖以栉孔扇贝和虾夷扇贝为主, 底播养殖较早, 养殖结构比较单一^[17], 近年来发展旅游业, 而夏季高温贝类较少。本研究根据长岛海区实际情况, 为解决魁蚶养殖模式单一问题, 建立一种魁蚶吊笼养殖模式, 经过 18

收稿日期: 2017-07-12; 修回日期: 2017-09-25

基金项目: 国家贝类产业技术体系建设专项资金(CARS-49); 中国水产科学研究院级基本科研业务费专项资金资助项目(2015A02XK03); 山东省科技发展计划(2014GHY115031); 烟台市科技发展计划(2014BF147-1)

[Foundation: National shellfish industry technology system construction of special funds, No.CARS-48; China fishery science research institute grade basic scientific research business expenses special fund financing project, No. 2015A02XK03; Shandong science and technology development project, No. 2014 GHY115031; Yantai science and technology development project, No.2014BF147-1]

作者简介: 赵春暖(1989-), 男, 山东烟台人, 助理工程师, 主要从事海水养殖研究, 电话: 15865600367, E-mail: 15865600367@163.com; 于涛, 通信作者, 男, 工程师, 主要从事海水养殖研究, 电话: 13697608248, E-mail: cdyutao@126.com

个月左右的养殖,达到 5 cm 左右时,即可进行出售,增加夏季旅游旺期的贝类品种,在改善海区自然环境的同时,可以显著提高魁蚶的养殖经济效益。

1 研究方法

1.1 海区条件

试验地点选择在长岛县乐园海区,该海域自然条件适宜,水流通畅,风浪较小,饵料丰富,无污染;杂贝、杂藻生物较少,不会造成贻贝等生物大量附着影响水流交换,从而影响魁蚶生长。底播对照海区底质为泥沙底,符合魁蚶养殖环境的需要。

1.2 养殖材料

吊笼采用扇贝养殖笼,外罩牵伸网衣网眼边长 8 mm,层距为 15 cm 左右,每层为直径 34 cm 的圆形,每笼吊养 12~15 层,底播魁蚶每个实验组设置 5 个重复,每个重复实验个体数与吊笼数量一致。整个生长过程中需要进行 3 次分苗,及时对吊笼网目进行调整。吊笼养殖筏架采用现有的扇贝吊笼养殖筏架,养殖笼挂在平行的筏架上,筏架上设有浮子,浮子与筏架之间用浮绳连接,筏架间距 8~10 m。

1.3 苗种选择

苗种个体选择标准为大小均匀,体色鲜亮,无畸形,在水中开壳、闭壳活跃,壳表面光滑、均匀,咬合力强,壳表绒毛整齐,无大量脱落。

1.4 试验设置

1.4.1 养殖规格对比试验

对入笼规格,同时设置 5 个规格组(为 1、2、3、4、5 实验组):1、1.5、2、2.5、3 cm。放养密度都为每层 100 粒,分越冬和度夏两个阶段进行对照:越冬挂养水层 4 m,度夏挂养水层 2.5 m。

对照组为底播养殖,也设置 5 个不同的规格组(为 1、2、3、4、5 对照组):1、1.5、2、2.5、3 cm,放养密度及越冬度夏挂养水层同上。

1.4.2 养殖水层对比试验

孙宁等研究了养殖水温、盐度对贝类生长具有重要影响^[18],因此在不同水质条件下,设置不同养殖水层实验组合(为 1、2、3、4、5 组实验),当年苗种,在 11 月中下旬结束海上暂养进行入吊笼养殖,水层梯度分别是:2、2.5、3、3.5、4 m。平均规格 1.2 cm,每层放苗 1 000 粒。

第二年 5 月,水温开始升高时,进行夏季不同水层吊笼养殖试验(为 1、2、3、4、5 组实验),养殖水

层梯度分别是:2、2.5、3、3.5、4 m。平均规格大小为 1.5 cm,每层放苗 500 粒。

1.4.3 养殖密度对比试验

赵越等^[19]研究发现,四角蛤蜊幼虫生长存活能力随着培育密度的升高而逐渐下降,而 Raillard 等^[20]也研究发现,随着法国牡蛎放养量的增加,生长率呈下降趋势,养殖密度对养殖效果具有重要影响。由于养殖过程中要进行 3 次分苗,所以养殖密度对比试验分 4 个阶段进行:2 次越冬、2 次度夏养殖,每次越冬度夏独立设置密度对比实验组合。

第一次越冬:平均规格 1.2 cm,挂养水层 4 m,设置 1~6 六个实验组合,密度梯度为:800、1 000、1 200、1 500、1 800、2 000 粒/层;

第一次度夏:所用苗种为第一次越冬后最适密度组的苗种,挂养水层 2.5 m,同样设置 1~6 六个实验组合,密度梯度为:200、400、500、600、800、1 000 粒/层;

第二次越冬:平均规格 3.2 cm,挂养水层 4 m,试验设置同上,密度梯度为:80、100、200、300、400、500 粒/层;

第二次度夏:平均规格 3.6 cm,挂养水层 4 m,试验设置同上,密度梯度为:50、80、100、150、200 粒/层。

1.5 养殖方法日常管理

魁蚶进入养成阶段,每笼的重量也在逐步增长,此时应定期出海进行巡查,检查浮球、笼具,及时补充浮球以免下沉。定期查看魁蚶生长情况,根据贝类养殖经验,入笼或底播后的 15 d,有一个死亡高发期,度过此时间段后,贝类生长会趋于稳定,如无剧烈的环境刺激或病害发生,一般不会有大量死亡现象出现。因此在入笼 15 d 时取样一次,以后每个月取样一次,查看生长和存活情况。

检测水质,包括温度、盐度等,每月查看苗种的生长情况。冬季,水温较低时,魁蚶停止生长,水环境也差异不大;5~10 月份,是魁蚶主要生长期,而且环境因子变化较大,每月检测一次水环境因子的变化。用 YSI-Pro10(美国)测定海区环境因子(水温、溶解氧、盐度和 pH)。采集水样,按照《海洋监测规范》(GB17378—2007)的要求进行分析,分别采用次氯酸钠氧化法、锌-镉还原法和重氮偶氮法测定 NH-N、NO₃-N 和 NO₂-N,总溶解无机氮(DIN)浓度为 NH-N、NO₃-N 和 NO₂-N 浓度之和;采用磷钼蓝法测定 PO₄-P;采用分光光度法测定叶绿素 a。

1.6 数据处理

壳长、壳宽是影响贝龄贝类体质量的主要因素^[21],

因此, 采用 SPSS17.0 分析所得的实验数据。使用单因素方差分析和 Duncan 多重比较检验不同养殖模式及试验条件下魁蚶的生长壳长、湿重及存活率差异。所有数据以平均值±标准误差($x \pm E_s$)表示, 显著性水平设置为 $P < 0.05$ 。

在实验开始半月后, 对每组实验壳长湿重数据进行抽样统计各增长率, 作为半月增长率; 在越冬或度夏完成时, 对每组实验壳长湿重数据进行抽样统计各增长率, 作为累计增长率。

2 结果

2.1 环境因子变化

由表 1 可以看出, 除了盐度和 pH 没有明显的季节变化和水层差异外, 其他几种环境因子受季节和水层影响较大。其中, 水温随季节变化明显, 且底层水温明显低于表层水温; 溶解氧变化范围为 7.42~

10.26, 总氮变化范围 7.64~12.13, 总磷变化范围 0.48~1.15, 水中溶氧、氮磷含量均表现表层高于底层; 叶绿素 a 的变化范围为 0.41~6.57, 由下表可见, 5/6 月份上层及底层的叶绿素 a 含量均较低, 在 1.0 $\mu\text{g/L}$ 以下, 7、8、9 月份的叶绿素 a 含量逐步上升, 而 10 月其含量有所降低, 与 8 月份持平, 光合作用效率逐步提高, 综上所述, 水中叶绿素 a 含量的总趋势是秋季较高, 春夏较低, 表层高于底层。

2.2 附着生物

养殖笼上的附着生物群落由复杂的种类组成, 包括藻类、海鞘类、苔藓虫类、环节动物、腔肠动物、软体动物、甲壳动物和海绵动物。海鞘类是夏季附着生物群落中的优势种, 主要种类为玻璃海鞘和柄海鞘。随水温逐渐降低, 海鞘迅速消退, 紫贻贝成为附着生物群落中的优势种。

表 1 不同水层各环境因子的季节变化

Tab. 1 The seasonal variation of environmental factors in different water layers

时间	温度($^{\circ}\text{C}$)		盐度		pH		溶解氧(mg/L)		总氮($\mu\text{mol/L}$)		总磷($\mu\text{mol/L}$)		叶绿素 a($\mu\text{g/L}$)	
	上层	底层	上层	底层	上层	底层	上层	底层	上层	底层	上层	底层	上层	底层
5 月	12.5	11.3	31.83	31.82	7.92	8.03	8.61	7.42	9.62	9.15	0.56	0.48	0.45	0.41
6 月	14.3	12.5	31.22	31.16	8.13	8.04	9.51	7.62	12.13	10.56	0.89	0.95	0.86	0.65
7 月	18.6	16.8	32.15	32.13	7.94	7.92	8.89	7.96	10.45	10.15	0.74	0.74	2.14	1.84
8 月	28.1	27.9	30.94	31.12	7.84	7.82	10.26	9.51	11.13	11.32	1.15	1.08	4.23	4.11
9 月	20.3	19.6	31.51	31.48	8.04	8.06	8.84	8.61	10.82	8.95	0.87	0.78	6.57	6.28
10 月	15.4	14.8	31.1	31.72	8.11	8.11	7.95	6.82	8.64	7.64	0.75	0.66	4.25	3.81

根据调查结果显示, 附着生物包括玻璃海鞘、柄海鞘、鲍枝螽、江蓠、软丝藻、石莼、孔石莼、紫贻贝、长牡蛎、刺麦秆虫、沙蚕、海绵、钩虾、偏顶蛤等。

2.3 养殖规格

魁蚶吊养在不同的入笼规格大小时, 在越冬和度夏 2 个阶段, 壳长增长率和成活率两者均存在着

显著差异, 具体如表 2 所示。

随着入笼规格的不断增大, 壳长及湿重表现出显著的生长差异性, 试验结果表明在 1~2 cm 规格大小范围的吊笼魁蚶增长率及存活率较 2~3 cm 规格大小范围的吊笼魁蚶高, 鉴于度夏期间是魁蚶的快速生长期, 因此, 在 1.5 cm 的入笼规格时, 吊笼魁蚶的生长效果最佳。

表 2 越冬不同入笼规格养殖结果(%)

Tab. 2 The experimental results of different sizes during winter(%)

入笼规格 (cm)	越冬壳长		越冬湿重		越冬存活率	
	半月增长率	累计增长率	半月增长率	累计增长率	半月增长率	累计增长率
1.0	3.00±0.12 ^a	10.00±0.14 ^a	2.63±0.07 ^a	7.89±0.06 ^a	87.10±1.37 ^a	80.30±1.51 ^a
1.5	2.00±0.09 ^a	9.33±0.09 ^b	2.40±0.06 ^b	7.20±0.14 ^b	86.10±1.40 ^b	78.20±1.56 ^b
2.0	3.50±0.15 ^b	8.00±0.22 ^c	2.85±0.12 ^c	8.19±0.35 ^c	85.20±1.43 ^c	81.1±1.49 ^a
2.5	2.80±0.10 ^a	7.20±0.08 ^d	1.44±0.09 ^d	4.55±0.62 ^d	83.40±1.44 ^d	77.30±1.55 ^b
3.0	3.67±0.12 ^b	8.00±0.20 ^c	1.45±0.16 ^d	6.69±1.47 ^e	85.80±1.39 ^{b,c}	78.30±1.50 ^b

注: 同一列数据不同上标字母表示差异性显著

越冬存活率在规格 1~2.5 cm 范围时, 总体表现出递减的趋势且存在显著差异, 在 3 cm 时, 存活率

有所提升。度夏存活率则表现更为直接, 随着规格的增大呈现递减趋势。

表 3 度夏不同入笼规格养殖结果(%)

Tab. 3 The experimental results of different sizes during summer(%)

入笼规格 (cm)	度夏壳长		度夏湿重		度夏存活率	
	半月增长率	累计增长率	半月增长率	累计增长率	半月增长率	累计增长率
1.0	9.00±0.11a	153.00±10.10a	10.98±0.09a	359.76±10.42a	93.4±0.72a	87.5±4.42a
1.5	10.67±0.10b	142.00±11.1b	8.21±0.10b	563.43±14.5b	92.2±0.81b, c	84.3±3.16b
2.0	9.00±0.13a	128.50±13.3c	4.61±0.17c	482.57±12.8c	92.6±0.77b	80.4±4.24c
2.5	6.80±0.11c	117.20±13.1d	9.15±0.23d	431.12±16.3d	91.8±0.82c	75.6±3.33d
3.0	8.00±0.13d	91.00±10.2e	7.36±0.33e	358.86±13.4a	93.4±0.75a	68.5±4.36e

注: 同一列数据不同上标字母表示差异性显著

表 4 底播越冬养殖结果(%)

Tab. 4 The experimental results of bottom sowing culture during winter(%)

入笼规格(cm)	越冬壳长增长率	越冬湿重增长率	越冬存活率
1.0	1.92±0.04 ^a	4.09±0.06 ^a	18.37±0.09 ^a
1.5	1.94±0.03 ^a	4.36±0.09 ^b	22.3±0.11 ^b
2.0	1.18±0.03 ^b	4.58±0.07 ^c	25.4±0.15 ^c
2.5	1.45±0.03 ^c	3.41±0.07 ^d	26.8±0.21 ^d
3.0	1.73±0.03 ^d	4.30±0.04 ^b	33.58±0.34 ^e

注: 同一列数据不同上标字母表示差异性显著

表 5 底播度夏养殖结果(%)

Tab. 5 The experimental results of bottom sowing culture during summer(%)

入笼规格(cm)	度夏壳长增长率	度夏湿重增长率	度夏存活率
1.0	144.20±11.95 ^a	337.60±37.55 ^a	23.58±0.21 ^a
1.5	128.00±13.63 ^b	596.40±5.86 ^b	33.52±0.18 ^b
2.0	117.40±9.56 ^c	496.80±23.86 ^c	35.37±0.22 ^c
2.5	108.53±7.15 ^d	381.80±63.13 ^a	36.19±0.31 ^d
3.0	88.00±8.33 ^e	335.00±27.90 ^a	38.05±0.19 ^e

注: 同一列数据不同上标字母表示差异性显著

底播结果表明, 随着 1~5 实验组合个体规格的不断增大, 越冬阶段壳长增长率先升后降, 在 2~3 cm 规格时又呈现递增趋势, 但仍显著低于 1~1.5 cm 规格时的增长率; 湿重增长率在 1~2 cm 表现递增趋势, 2~3 cm 规格时则逐渐递减; 存活率随规格增大, 表现递增趋势。

在度夏阶段, 底播增殖魁蚶壳长增长率随规格增大呈现递减趋势, 1~1.5 cm 规格时的增长率明显高于 2 cm 以上规格的增长率; 湿重增长率、存活率与越冬表现一致, 在 1.5 cm 规格时, 具有最大湿重增长率, 随规格增大, 存活率表现出递增趋势。

2.4 挂养水层

越冬阶段魁蚶初始壳长 1.15 cm, 湿重 1.14 g。结

果表明, 2 m 水层的生长率和存活率都较低, 各水层的生长速度、存活率存在显著性差异, 随着水层深度的递增逐渐提升, 在 3 m 及以下水层的存活率显著偏低。结果说明, 魁蚶吊笼养殖越冬水层要在 3.5 m 以上。

度夏阶段魁蚶初始壳长 1.29 cm, 湿重 1.35 g。结果表明, 2.5 m 水层的生长速度和存活率最高, 3 m 水层次之, 2 m 水层的存活率最低, 3.5、4 m 水层的生长和存活也较低, 经 spss 方差分析表明, 水层在 2、3.5、4 m 时与 2.5、3 m 时的壳长、湿重、存活率均有显著差异性, 说明魁蚶吊养度夏的最佳水层在 2.5~3 m。

2.5 养殖密度

第一次越冬初始魁蚶壳长 1.2 cm, 湿重 1.18 g,

表 8 结果显示, 每层放 2 000、1 800、1 500 粒(即第 4、5、6 实验组合)时, 生长速度和存活率都显著低于

其他组, 各组合间壳长、湿重差异性显著, 在 800~1 200 粒时累计存活率在 80%以上。

表 6 越冬不同挂养水层试验结果(%)

Tab. 6 The experimental results of different layers during winter(%)

水层(cm)	半月壳长增长率	累计客场增长率	半月湿重增长率	累计湿重增长率	半月存活率	累计存活率
2.0	0.69±0.04 ^a	10.46±0.04 ^a	2.69±0.04 ^a	8.48±0.05 ^a	81.3±1.33 ^a	57.32±0.07 ^a
2.5	0.31±0.03 ^b	11.39±0.04 ^b	1.82±0.03 ^b	9.30±0.11 ^b	80.6±1.37 ^a	64.17±0.08 ^b
3.0	0.37±0.04 ^c	11.74±0.05 ^c	1.50±0.03 ^c	9.18±0.05 ^c	81.7±1.31 ^a	67.62±0.09 ^c
3.5	0.69±0.35 ^a	13.50±0.47 ^d	2.13±0.07 ^d	11.52±0.03 ^d	82.3±1.36 ^a	78.67±0.05 ^d
4.0	0.50±0.04 ^d	13.91±0.09 ^e	1.94±0.35 ^e	11.96±0.06 ^e	81.1±1.35 ^a	79.34±0.06 ^e

注: 同一列数据不同上标字母表示差异性显著

表 7 度夏不同挂养水层试验结果(%)

Tab. 7 The experimental results of different layers during summer(%)

水层(cm)	半月壳长增长率	累计客场增长率	半月湿重增长率	累计湿重增长率	半月存活率	累计存活率
2.0	17.45±0.08 ^a	163.94±0.86 ^a	23.18±0.78 ^a	344.04±3.24 ^a	86.4±1.22 ^a	71.3±1.43 ^a
2.5	17.06±0.08 ^b	179.89±1.01 ^b	24.75±0.23 ^b	411.90±6.21 ^b	87.2±1.19 ^a	86.7±1.38 ^b
3.0	16.58±0.07 ^c	178.20±0.29 ^c	24.50±0.25 ^b	410.59±3.17 ^b	84.9±1.37 ^a	85.1±1.34 ^c
3.5	16.58±0.10 ^d	170.23±0.71 ^d	22.31±0.28 ^c	394.94±10.66 ^c	85.7±1.36 ^a	83.7±1.39 ^d
4.0	17.14±0.04 ^b	167.59±1.01 ^e	22.93±0.23 ^{a,c}	396.25±4.48 ^c	86.7±1.21 ^a	82.3±1.41 ^e

注: 同一列数据不同上标字母表示差异性显著

表 8 第一次越冬结果(%)

Tab. 8 The results of the first over-wintering age(%)

密度(粒/层)	壳长半月增长率	壳长累计增长率	湿重半月增长率	湿重累计增长率	半月存活率	累计存活率
2000	1.08±0.05 ^a	3.62±0.04 ^a	1.63±0.04 ^{a,b}	9.09±0.03 ^a	83.5±1.12 ^a	62.18±1.31 ^a
1800	0.83±0.04 ^b	4.24±0.04 ^b	1.69±0.07 ^{b,c}	10.14±0.09 ^b	84.6±1.13 ^b	66.54±1.33 ^b
1500	1.46±0.04 ^c	5.47±0.07 ^c	1.50±0.06 ^d	11.93±0.05 ^c	86.5±1.11 ^c	72.35±1.30 ^c
1200	1.50±0.06 ^c	7.24±0.06 ^d	1.63±0.07 ^{a,b}	13.40±0.27 ^d	88.3±1.09 ^d	80.25±1.32 ^d
1000	1.25±0.05 ^d	7.16±0.05 ^e	1.76±0.04 ^c	17.57±0.11 ^e	87.2±1.12 ^e	81.26±1.31 ^e
800	1.58±0.06 ^e	7.53±0.07 ^f	1.57±0.06 ^{a,d}	17.96±0.07 ^f	88.2±1.10 ^d	80.67±1.32 ^f

注: 同一列数据不同上标字母表示差异性显著

第一次度夏魁蚶初始壳长 1.29 cm, 湿重 1.4 g, 结果表明, 整体趋势是密度越小, 生长速度和存活率越高。每层放 1 000~600 粒时, 累计生长速度和存活率都显著低于其他组, 其他组之间壳长无显著差异, 但湿重差异明显。根据结果显示, 在 200~500 粒/层时累计壳长湿重均较为理想且存活率在 80%以上, 因此, 结合养殖成本, 第一次越冬时, 每层放苗 500 粒较好(表 9)。

第二次越冬魁蚶初始壳长 3.6 cm, 湿重 7.15 g。结果表明, 每层放 80~500 粒时, 随密度的增加, 生长速度显著降低, 存活率呈现先增后降趋势。300~500 粒/层时生长及存活率与其他组比较, 明显较低,

而 200 粒/层时生长及存活率结果均较为理想。因此, 结合养殖成本, 第二次越冬时, 每层放苗 200 粒较好(表 10)。

第二次度夏魁蚶初始壳长 3.94 cm, 湿重 8.03 g。表 11 结果表明, 每层放 200、150 粒(即 4、5 实验组合)时, 魁蚶的生长速度和存活率都显著低于其他组, 每层放养 80 粒时壳长湿重增加率均达到最大(表 11)。

2.6 吊笼养殖与底播养殖对比

长岛水深, 水温整体偏低, 底播魁蚶 3 年。吊笼养殖魁蚶在适宜水层和适宜密度等条件下, 相较于底播魁蚶具有较高的增长率及存活率。

表 9 第一次度夏结果(%)

Tab. 9 The results of the first over-summer(%)

密度(粒/层)	壳长半月增长率	壳长累计增长率	湿重半月增长率	湿重累计增长率	半月存活率	累计存活率
1000	5.58±0.06 ^a	153.02±3.42 ^a	7.50±0.05 ^a	305.62±3.84 ^a	94.6±1.02 ^a	68.14±1.33 ^a
800	5.54±0.05 ^a	162.02±5.45 ^b	7.46±0.03 ^a	317.86±4.66 ^b	95.1±1.04 ^a	72.58±1.31 ^b
600	5.74±0.05 ^b	167.23±1.23 ^c	7.29±0.07 ^b	371.21±6.00 ^c	93.8±1.01 ^a	77.62±1.32 ^c
500	5.97±0.05 ^c	179.17±1.35 ^d	7.64±0.08 ^c	402.48±3.59 ^d	94.2±1.02 ^a	84.39±1.33 ^d
400	5.81±0.07 ^b	181.11±1.32 ^d	7.89±0.09 ^d	410.91±2.97 ^e	94.6±1.03 ^a	83.47±1.32 ^d
200	5.74±0.05 ^b	179.56±0.68 ^d	7.46±0.05 ^a	409.79±2.85 ^e	96.2±1.01 ^a	85.24±1.33 ^d

注: 同一列数据不同上标字母表示差异性显著

表 10 第二次越冬结果(%)

Tab. 10 The results of the second over-wintering age(%)

密度(粒/层)	壳长半月增长率	壳长累计增长率	湿重半月增长率	湿重累计增长率	半月存活率	累计存活率
500	3.13±0.03 ^a	5.91±0.06 ^a	2.63±0.04 ^a	7.11±0.05 ^a	93.3±1.01 ^a	58.95±1.12 ^a
400	3.24±0.04 ^b	6.62±0.03 ^b	3.02±0.06 ^b	8.45±0.06 ^b	94.1±1.03 ^a	62.13±1.11 ^c
300	3.49±0.05 ^c	7.50±0.09 ^c	3.14±0.05 ^c	10.64±0.05 ^c	93.6±1.02 ^a	66.48±1.14 ^c
200	3.01±0.04 ^d	9.31±0.04 ^d	3.01±0.05 ^b	12.22±0.03 ^d	95.2±1.03 ^a	68.25±1.12 ^f
80	3.33±0.05 ^c	9.53±0.08 ^f	3.24±0.04 ^d	12.46±0.03 ^e	93.5±1.01 ^a	60.52±1.11 ^b

注: 同一列数据不同上标字母表示差异性显著

表 11 第二次度夏结果(%)

Tab. 11 The results of the second over-summer(%)

密度(粒/层)	壳长半月增长率	壳长累计增长率	湿重半月增长率	湿重累计增长率	半月存活率	累计存活率
200	1.67±0.04 ^a	32.63±0.98 ^a	2.17±0.06 ^a	253.13±2.06 ^a	93.5±0.32 ^a	62.34±0.06 ^a
150	1.78±0.07 ^b	40.68±0.21 ^b	2.00±0.09 ^b	275.20±1.11 ^b	94.1±0.25 ^b	67.51±0.24 ^c
100	1.89±0.07 ^c	49.71±0.57 ^c	1.94±0.09 ^b	360.04±1.29 ^c	93.8±0.34 ^{a, b}	73.82±0.17 ^e
80	1.80±0.05 ^b	50.69±0.26 ^d	2.03±0.06 ^b	370.84±2.31 ^d	94.9±0.29 ^c	71.53±0.15 ^d
50	1.82±0.04 ^{b, c}	52.14±0.77 ^e	2.04±0.10 ^b	367.18±1.46 ^e	95.1±0.22 ^c	66.58±0.18 ^b

注: 同一列数据不同上标字母表示差异性显著

当年繁育的魁蚶苗种, 一般经过海上保苗、第一次分苗、第二次分苗、第三次分苗、出售的过程。根据表 12 可以看出, 吊笼养殖魁蚶与底播魁蚶无论

在壳长、湿重生长指标还是存活情况, 吊笼养殖模式均表现出突出优势, 单位面积产量明显增加, 经济效益显著。

表 12 不同养殖模式结果

Tab. 12 The results of different cultural models

	壳长增长率(%)	湿重增长率(%)	存活率(%)	亩产量(kg)	亩效益(元)
底播魁蚶	117.146	429.52	30.07	750	9000
吊笼养殖魁蚶	376.65	2794.05	68.36	1800	27000

3 讨论

3.1 魁蚶入笼规格对其生长速度及存活率具有显著性的影响

试验表明, 越冬阶段, 在 1~2 cm 规格范围内, 壳长湿重增长率较 2~3 cm 规格时明显偏高, 总体表现出递减趋势。由图 1、图 2、图 3 可见, 随着 1~5

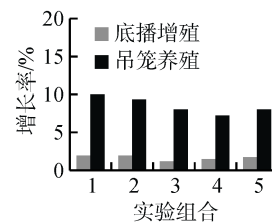


图 1 越冬壳长增长率

Fig. 1 The growth rate of shell length during winter

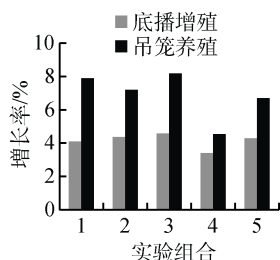


图 2 越冬湿重增长率

Fig. 2 The growth rate of wet weight during winter

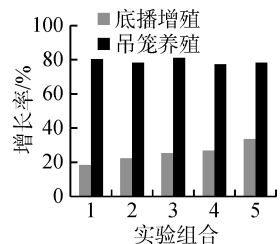


图 3 魁蚶越冬存活率

Fig. 3 The survival rate of *Scapharca broughtonii* during winter

实验组合个体规格的增大, 吊笼魁蚶的越冬生长速率最大, 而越冬存活率呈递减趋势, 根据图示可以看出, 吊笼养殖相对底播增殖在越冬阶段存在着明显的优势。

而度夏阶段, 如图 4~图 6 所示, 吊笼养殖魁蚶存活率随着规格的递增而呈现递减趋势, 壳长增长率总体也表现出递减的趋势, 湿重在 1、2 组合时增长率呈上升趋势, 在 2 实验组合(即 1.5 cm 规格)时, 获得最大湿重增长率。随着入笼规格的增大, 生长速度逐渐减缓, 其存活率显著降低, 由 87.5% 逐渐降低至 68.5%。

底播增殖在度夏阶段壳长湿重增长率与吊笼养殖表现基本一致, 在 2 实验组合(即 1.5 cm 规格)时的湿重增长率达到最大, 之后随规格增大表现递减趋势。魁蚶底播度夏影响相对较弱, 其存活率稍有增长, 但仍明显低于吊笼养殖存活率。

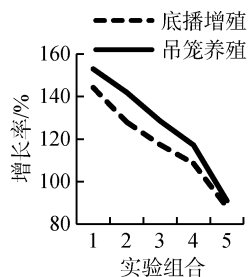


图 4 度夏壳长增长率

Fig. 4 The growth rate of shell during summer

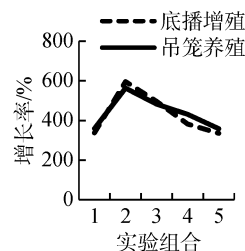


图 5 度夏湿重增长率

Fig. 5 The growth rate measured by wet weight during summer

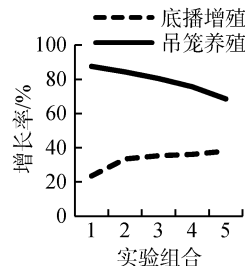


图 6 魁蚶度夏存活率

Fig. 6 The survival rate of *Scapharca broughtonii* during summer

综上越冬和度夏结果可见, 魁蚶入笼规格的大小对其生长速度和存活率有着显著性影响, 最适入笼规格为第 2 实验组合(即 1.5 cm 规格), 此时拥有显著性的生长优势, 同时具有较高的存活率。

3.2 魁蚶吊笼养殖模式的最适水层分析

越冬水层实验结果如图 7 所示, 魁蚶初期累计壳长为 1.27~1.31 cm, 湿重为 1.24~1.28 mg, 随着挂养水层的递增, 生长速度逐渐加快, 在 2~3 cm 水层时的生长速度明显低于 3.5 以上水层, 累计存活率随挂养水层的增加而增加, 在 57.32%~79.34%。

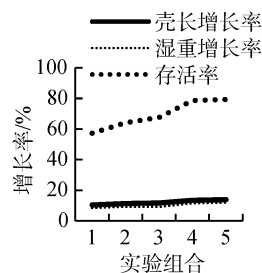


图 7 越冬不同挂养水层分析

Fig. 7 The analysis of different water-course during winter

随着温度的上升, 魁蚶的生长速度加快, 如图 8 所示, 在 2.5~3 m 挂养水层时的累计壳长、湿重最高, 较其他水层有明显生长优势, 累计存活率相对越冬有较大提升, 在 71.3%~86.7%, 随着挂养水层的增加,

累计成活率逐步提高。

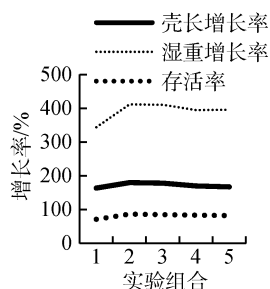


图 8 度夏不同挂养水层分析

Fig. 8 The analysis of different water-course during summer

综上所述, 魁蚶吊笼养殖越冬水层应在 3.5 cm 以上, 度夏的适宜水层应为 2.5~3 m, 既可使得生长速度最大化, 也保证了较高的种苗存活率。

3.3 吊笼魁蚶最佳养殖密度

试验表明, 养殖密度过大影响养殖魁蚶的生长发育, 导致存活率的降低, 过低的密度魁蚶生长发育较好, 但是不利于产量提高。本研究表明, 结合养殖成本和养殖效益综合分析, 如图 9(第一次越冬分析)所示, 在第一次越冬时, 第 2 实验组合之后增长率、存活率显著下降, 由此可见, 每层放苗 1 000 粒较好。

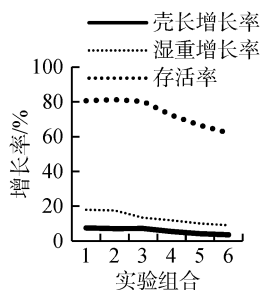


图 9 第一次越冬密度实验分析

Fig. 9 The analysis of density test during the first winter

而根据图 10(第一次度夏分析)结果显示, 在 200~500 粒/层(即第 1~3 实验组合)时累计壳长湿重均较为理想且存活率在 80%以上, 因此, 结合养殖成本, 第一次度夏时, 每层放苗 500 粒较好。

第二次越冬时, 各密度实验组合分析如图 11 所示, 第 3 实验组合之后魁蚶壳长、湿重增长率、存活率均开始显著降低, 结合养殖成本, 因此, 每层放苗 200 粒较好。

第二次度夏时, 如图 12 所示, 在第 3 实验组合之后开始降低, 即每层放苗 100 粒时, 魁蚶吊笼养殖

效益最佳, 既节约了成本, 又可达到最佳养殖经济效益。

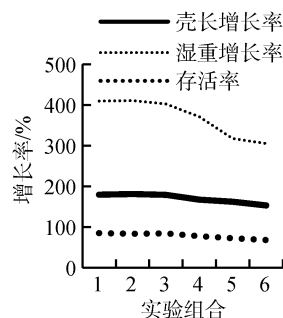


图 10 第一次度夏密度实验分析

Fig. 10 The analysis of density test during the first summer

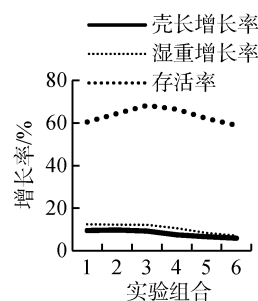


图 11 第二次越冬密度实验分析

Fig. 11 The analysis of density test during the second winter

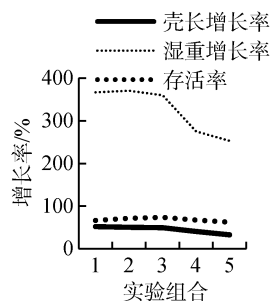


图 12 第二次度夏密度实验分析

Fig. 12 The analysis of density test during the second summer

3.4 吊笼-底播的接力养殖模式优势分析

虽然吊笼养殖不能养成出口商品规格, 但养至 3~4 cm 再底播(即第一次度夏后再底播), 可以弥补底播成本限制, 提供较大规格苗种进行底播养殖, 成活率将大幅提高, 魁蚶吊笼养成至 5 cm 规格左右即可出售或底播。这样进行接力养殖, 或可成为提高魁蚶养殖效益的一种有效养殖模式。

夏季是长岛旅游高峰期, 也是扇贝死亡高峰期, 扇贝存存量少, 加上现今禁渔力度加大, 大部分地区处于禁渔期, 海鲜较少。因此, 通过吊笼加底播的

接力养殖模式,可以在丰富魁蚶养殖模式的同时,也能一定程度上丰富旅游旺季的海鲜供给,对于提高长岛县旅游经济效益,具有十分重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 潘英,李坚明,黄伟德. 广西贝类养殖现状及产业发展策略建议[J]. 海洋科学, 2015, 11: 132-137.
Pan ying, Li jianming, Huang weide. The perspectives of molluscan mariculture and its developmental suggestions in Guangxi[J]. Marine Sciences, 2015, 11: 132-137.
- [2] 刘家林. 魁蚶苗种繁育及底播增殖技术[N]. 中国渔业报, 2014-04-28(B03).
Liu jialin. The technology of larval rearing and bottom-seeding of *Scapharca broughtonii*[N]. China Fisheries Report, 2014-04-28(B03).
- [3] 林培振,刘德坤,杜萌萌,等. 魁蚶海区底播增殖技术[J]. 中国水产, 2010, 11: 42.
Lin peizhen, Liu dekun, Du mengmeng, et al. The technology of bottom-seeding of *Scapharca broughtonii* in the sea area[J]. China Fisheries, 2010, 11: 42.
- [4] 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 ruihai, Li qi. New Techniques for bottom sowing multiplication and cultivation of the pollution-free arkshell (*Scapharca broughtonii schrenck*)[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2009, 3: 87-90.
- [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, 15: 79-86.
Tang qisheng, Wang jun, Qiu xianyin, et al. Studies on releasing enhancement of *Scapharca broughtonii*[J]. Marine Fisheries Research, 1994, 15: 79-86.
- [6] 毕庶万,徐宗法. 黄渤海魁蚶资源的开发与合理利用[J]. 水产科技情报, 1989, 6: 182-184.
Bi shuwang, Xu zongfa. The development and reasonable utilization of *Scapharca broughtonii* in the huanghai and bohai sea[J]. Fisheries Science & Technology Information, 1989, 6: 182-184.
- [7] 唐启升,邱显寅,王俊,等. 山东近海魁蚶资源增殖的研究[J]. 应用生态学报, 1994, 5(4): 396-402.
Tang qisheng, Qiu xianyin, Wang jun, et al. Resource enhancement of arkshell in Shandong offshore waters[J]. Chinese Journal Of Applied Ecology, 1994, 5(4): 396-402.
- [8] 农业部渔业局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2014.
Ministry of Agriculture, Fisheries Bureau. China Fisheries Yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2014.
- [9] 农业部渔政局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
Ministry of Agriculture, Fisheries Bureau. China Fisheries Yearbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2010.
- [10] 张晓举,丁龙,冯春晖. 辽东湾中部海域春季大型底栖生物的群落结构及影响因子[J]. 海洋科学, 2016, 10: 43-48.
Zhang xiaojun, Ding long, Feng Chunhui. Macrobenthos community and environmental factors in the middle waters of Liaodong Bay in spring[J]. Marine Sciences, 2016, 10: 43-48.
- [11] Dame R F, Prins T C. Ivalve carrying capacity in coastal ecosystems[J]. Aquatic Ecology, 1997, 31: 409-421.
- [12] Smith J, Shackley S E. Effects of a commercial mussel *Mytilus edulis* lay on a-sublittoral, soft sediment benthic community. Mar Ecol Prog Ser, 2004, 282: 185-191.
- [13] Yang Y F, Li C H, Nie X P, et al. Development of mariculture and its impacts in Chinese coastal waters. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 2004, 14: 1-10.
- [14] Hansen L G, Jensen F, Russell C. The choice of regulatory instrument when there is uncertainty about compliance with fisheries regulations. American Journal of Agricultural Economics, 2008, 4: 1130-1142.
- [15] 宁修仁,刘诚刚,郝锵,等. 海水养殖业资源与环境的可持续发展[J]. 海洋学研究, 2007, 3: 75-83.
Ning xiuren, Liu chenggang, Hao qiang, et al. Sustainable development of the fisheries resources and the environment in mariculture[J]. Journal of Marine Science, 2007, 3: 75-83.
- [16] 沈辉,万夕和,何培民. 富营养化滩涂生物修复研究进展[J]. 海洋科学, 2016, 10: 160-169.
Shen hui, Wan xihe, He peimin. Review of research on bioremediation in the eutrophication of intertidal flats[J]. Marine Sciences, 2016, 10: 160-169.
- [17] 宋滨. 长岛县已形成国内最大的海珍品底播养殖区[J]. 海洋渔业, 1992, 6: 281.
Song bin. Changdao has formed the biggest bottom breeding area of marine products inland[J]. Marine Fisheries, 1992, 6: 281.
- [18] 孔宁,连建武,薛艳洁,等. 水温和盐度对皱纹盘鲍“97”选群第6代变态及变态幼体生长存活的影响[J]. 海洋科学, 2016, 10: 49-54.
Kong ning, Lian jianwu, Xue yanjie, Zhong zhaoshan, et al. Effects of water temperature and salinity on metamorphosis, post-larval survival, and growth of the sixth generation of “97” selective breeding population of *Haliotis discus hannai* Ino[J]. Marine Sciences, 2016, 10: 49-54.
- [19] 赵越,王金海,张丛尧,等. 培育密度及饵料种类对四角蛤蜊幼虫生长、存活及变态的影响[J]. 水产科学, 2011, 3: 160-163.

- Zhao yue, Wang jinhai, Zhang congyao, et al. Effects of Stocking Density and Alga Species on Larval Growth, Survival and Metamorphosis in *Surf Clam Mactra veneriformis*[J]. Fisheries Science, 2011, 3: 160-163.
- [20] Raillard O, Ménesguen A. An ecosystem model for the estimating the carrying capacity of a macrotidal shellfish system [J]. Marine Ecology Progress Series, 1994, 115: 117-130.
- [21] 李莉, 郑永允, 徐科凤, 等. 不同贝龄毛蚶壳形态性状对体质量的影响[J]. 海洋科学, 2015, 6: 54-58.
- Li li, Zheng yongyun, Xu kefeng, et al. The relationship between morphometric traits and body weight of *Scapharca subcrenata* at different ages[J]. Marine Sciences, 2015, 6: 54-58.

Experiment research of the cage culture and bottom sowing culture of *Scapharca broughtonii* in Bohai Gulf

ZHAO Chun-nuan, CAI Zhong-qiang, ZHENG Yan-xin, YU Tao, LIN Jian-guo
(Changdao Enhancement and Experiment Station, Chinese Academy of Fishery Sciences, Yantai 265800, China)

Received: Jul. 12, 2017

Key words: *Scapharca broughtonii*; hoisting cage; growth; survival rate

Abstract: The purpose of this experiment was to investigate the impact of different cage inputting specifications on the growth and survival rates of *Scapharca broughtonii*. The study also compared the differences of cage culture and bottom sowing culture. The results indicated that the best cage inputting specification was 1.5cm. The cage inputting specification should be greater than 3.5cm during winter, but the best choice during summer was between 2.5cm and 3cm. The optimum density was 1000 ind/layer during the first summer and 500 ind/layer during the first winter. The optimal density during the second winter and summer period were 200 ind/layer and 100 ind/layer, respectively. According to the results of farming in hoisting cages, there could be greater survival rates if one begins bottom sowing culture when the length of *S. broughtonii* was between 3cm and 4cm. Therefore, these results demonstrated that relay breeding of *S. broughtonii* in the hoisting cage and the bottom of the sea could be an effective farming mode that could raise the efficiency of farming *S. broughtonii*.

(本文编辑: 李晓燕)