

# 牡蛎壳粉缓释剂对魁蚶 (*Scapharca broughtonii*)生长的影响\*

郭晓亮<sup>1,2</sup> 毛玉泽<sup>2,3①</sup> 李 阳<sup>1,2</sup> 李加琦<sup>2,3</sup>  
陈琼琳<sup>1,2</sup> 薛素燕<sup>2,3</sup> 高振锬<sup>1,2</sup>

(1. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306; 2. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室  
山东省渔业资源与生态环境重点实验 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071;  
3. 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋生态与环境科学功能实验室 青岛 266071)

**摘要** 2015 年 4 月 6 日—10 月 26 日, 在桑沟湾海区现场研究了牡蛎壳粉缓释剂(Careshell)对魁蚶(*Scapharca broughtonii*)生长和存活的影响。按照缓释剂的重量比设置 4 个处理组, 其中, 魁蚶的初始体重均为 160 g/组, 缓释剂的重量分别为 0(对照组 C0)、80 g(C1 组)、160 g(C2 组)和 320 g(C3 组)。实验共进行 200 d, 每 40 d 测量各实验组魁蚶的生长参数(壳长、壳宽、壳高、湿重), 记录死亡个体数, 计算不同阶段(40 d 间隔)魁蚶的特定生长率(SGR)及死亡率。结果显示, C3 组魁蚶各生长参数显著高于 C0 组( $P < 0.05$ ), 但与 C1、C2 组差异不显著( $P > 0.05$ )。经过 200 d 的养殖实验, C3 组壳长、壳宽、壳高和湿重的特定生长率分别为  $(0.34 \pm 0.01)\%/d$ 、 $(0.46 \pm 0.02)\%/d$ 、 $(0.39 \pm 0.01)\%/d$ 、 $(1.11 \pm 0.002)\%/d$ , 均极显著高于 C0 组( $P < 0.01$ ), 平均增加了 17.9%、20.3%、18.1%、16.7%。C3 组死亡率为  $(19.6 \pm 5.6)\%$ , 低于 C0 组的  $(26.1 \pm 2.5)\%$ , 但差异不显著( $P > 0.05$ )。

**关键词** 魁蚶; 缓释剂; 生长参数; 特定生长率; 死亡率

**中图分类号** S968.3 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2017)04-0180-06

魁蚶(*Scapharca broughtonii*), 俗称大毛蛤、赤贝、血贝等。属软体动物门(Mollusca)、蚶目(Arcoida)、蚶科(Arcidae)、蚶属(*Arca*) (林祥辉, 1978)。魁蚶是一种大型海洋底栖经济贝类, 成体个大体肥并且肉味鲜美, 有丰富的营养价值, 肉可制成蚶子干, 蚶壳可入药, 具有较高的经济价值(刘杰等, 2009)。近年来, 由于过度捕捞, 魁蚶自然资源急剧下降, 为修复逐渐衰退的魁蚶资源, 各地区进行了魁蚶的人工放流底播增殖实验(于瑞海等, 2009; 孙鹏飞等, 2010)和筏式养殖实验(张丽敏等, 2013), 但魁蚶苗种培育成活率低,

约为 30%左右(常亚青, 2007), 养殖技术也不甚成熟。

目前, 关于魁蚶生长的研究主要集中在养殖方式、育苗保苗等方面(马述法等, 1996; 毛雪英等, 2007), 但海域环境变化对魁蚶生长的影响较少报道。已有研究表明, 魁蚶的生长与海水中的各种理化因子有关, 温度、盐度、pH、溶氧量、氨氮( $\text{NH}_4\text{-N}$ )、重金属等对魁蚶的生长和安全性均有重要影响(陈觉民等, 1989; 刘天红等, 2015)。张焕等(2013)研究表明, pH 在 7.5–8.5 之间为魁蚶的适宜生长范围, 在  $\text{pH} < 5.5$  时, 魁蚶贝壳会发软变白, 减缓魁蚶日常活动, 并减弱附着能

\* 国家基金委—山东省联合基金项目(U1606404)、政府间国际科技创新合作重点专项(2016YFE0112600)和中国水产科学研究院黄海水产研究所基本科研业务费(20603022017002)共同资助 [This work was supported by Nation Natural Science Foundation of China (NSFC)-Shandong Joint Fund for Marine Ecology and Environment Science(U1606404), International Science and Technology Cooperation program of China(2016YFE0112600), and Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, YSFRI, CAFS(20603022017002)]. 郭晓亮, E-mail: guoxiaoliang 110105@163.com

① 通讯作者: 毛玉泽, 研究员, E-mail: maoyz@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2016-03-16, 收修改稿日期: 2016-04-26

力; pH 为 8.5 时, 魁蚶的生长状况最佳, 存活率最高。

牡蛎壳粉缓释剂(Careshell)为日本专利产品, 主要成分为牡蛎壳粉和卤制  $Mg(OH)_2$  混合物, 经加工制成缓释剂颗粒, 该产品能明显提高海水 pH 值, 促进贝类的生长, 使菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)的养殖周期从 3 年缩短到 1.5 年(長谷川夏樹等, 2012)。通过缓释作用, 能改良水质效果, 其主要表现为提升并稳定海水 pH, 增加养殖海水的碳酸根浓度及碳酸钙饱和度。日向野纯也(2014)在研究装有缓释剂的网笼中养殖菲律宾蛤仔稚、成贝生长状况的实验中发现, 缓释剂可以提高菲律宾蛤仔生长速度 1.5 倍以上。另外, 结合网笼, 可以有效防止敌害生物接近养殖的菲律宾蛤仔, 减少因被捕食而导致的损失, 提高存活率, 进一步增加养殖产量。本研究采用筏式养殖的方式, 通过在魁蚶保苗袋中加入不同重量的牡蛎壳粉缓释剂, 研究了不同处理组 and 不同生长阶段的魁蚶生长特性, 旨在探讨缓释剂对魁蚶生长、存活的影响, 为

魁蚶的苗种培育和健康养殖提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料

魁蚶采购于山东日照欣慧水产育苗有限公司, 壳长为 16–27 mm, 2014 年 11 月底运到山东荣成楮岛水产有限公司海区暂养。牡蛎壳粉缓释剂由山东荣成恒顺海洋生物科技有限公司提供。

### 1.2 实验设计

实验按照魁蚶和缓释剂重量比的不同, 设置 4 个处理组。相同重量的魁蚶(160 g, 约 140 粒)装于 30 cm×20 cm 聚乙烯网袋中, 其网袋规格为 20 目的 0.85 mm 孔径, 然后加入不同重量的缓释剂, 分别记做 C3(320 g)、C2(160 g)、C1(80 g), 不加缓释剂的作为对照组(C0), 每个处理组 3 个重复, 实验初始魁蚶规格见表 1。

表 1 实验魁蚶的测量数据

Tab.1 The measured parameters of *S. broughtonii*

组别 Group	壳长 Shell length(mm)	壳宽 Shell width(mm)	壳高 Shell height(mm)	湿重 Wet weight(g)
魁蚶 <i>S. broughtonii</i>	19.33±2.41	9.14±1.46	13.04±1.71	1.43±0.66

### 1.3 实验方法

实验在山东荣成楮岛水产有限公司海区进行。将每组网袋按 50 cm 等间隔挂于海区筏架上正常养殖。实验于 2015 年 4 月 6 日开始, 分别于 40 d (5 月 16 日)、80 d (6 月 26 日)、120 d (8 月 6 日)、160 d (9 月 16 日)、200 d (10 月 26 日)后, 从每个实验组随机取出 30 粒魁蚶(测量后放回), 用电子游标卡尺和电子天平测量魁蚶的生长指标(壳长、壳宽、壳高、湿重), 计算特定生长率并记录死亡率。魁蚶养殖期间, 整个海区理化指标: 水温为 8–25℃, 盐度为 30.8–32.2, pH 为 8.01–8.43, 溶解氧 > 6 mg/L。

### 1.4 数据计算与处理

特定生长率(Specific growth rate, SGR, %/d)= $100 \times (\ln y_t - \ln y_0) / t$

式中,  $t$  为养殖时间,  $y_t$  为养殖时间结束时魁蚶的生长指标参数(壳长、壳宽、壳高、体重),  $y_0$  为实验初始时魁蚶的生长指标参数(壳长、壳宽、壳高、体重)。

死亡率(Mortality rate, MR, %)= $100 \times (\text{实验魁蚶总数} - \text{存活的个体数}) / \text{实验魁蚶总数}$

实验数据利用 SPSS 19.0 软件进行统计, 采用单

因素方差(One-way ANOVA)检验, 当  $P < 0.05$  表示差异显著,  $P < 0.01$  表示差异极显著。实验结果用平均值 ± 标准差(Mean ± SD)表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 各阶段实验海区海水理化指标

实验期间, 定期测量实验海区海水理化指标, 具体参数见表 2。从表 2 可以看出, 水温的变化范围为 8.22–23.57℃; 盐度的变化范围为 30.80–31.90; pH 的变化范围为 8.01–8.31; 溶解氧的变化范围为 6.24–9.67 mg/L; 叶绿素(Chl-*a*)的变化范围为 1.56–5.56 μg/L; 氨氮(NH<sub>4</sub>-N)的变化范围为 3.15–5.65 μmol/L; 硝酸盐(NO<sub>3</sub>-N)的变化范围为 0.67–5.56 μmol/L; 亚硝酸盐(NO<sub>2</sub>-N)的变化范围为 0.13–1.01 μmol/L; 活性磷酸盐(PO<sub>4</sub>-P)的变化范围为 0.18–0.45 μmol/L; 硅酸盐(SiO<sub>3</sub>)的变化范围为 1.56–5.63 μmol/L。

### 2.2 缓释剂对魁蚶生长的影响

缓释剂对魁蚶生长参数(壳长、壳宽、壳高、湿重)的影响见图 1。从图 1 可以看出, 在 80 d (6 月 26 日)时, 各生长性状开始显现差异, C0 组各参数均低于

表2 实验海区海水理化参数

项目 Items	04-06	05-16	06-26	08-06	09-16	10-26
温度 $T(^{\circ}\text{C})$	8.22	15.56	19.94	22.91	23.57	19.05
盐度 Salinity	31.90	31.40	31.70	30.80	31.50	31.70
酸碱度 pH	8.14	8.18	8.31	8.11	8.01	8.11
溶解氧 DO(mg/L)	9.67	9.21	8.51	6.47	6.24	8.05
叶绿素 Chl- $a(\mu\text{g/L})$	1.56	2.75	3.36	5.56	4.49	3.26
氨氮 $\text{NH}_4\text{-N}(\mu\text{mol/L})$	3.15	4.45	5.25	5.65	4.35	5.12
硝酸盐 $\text{NO}_3\text{-N}(\mu\text{mol/L})$	0.67	1.24	1.28	4.11	4.21	5.56
亚硝酸盐 $\text{NO}_2\text{-N}(\mu\text{mol/L})$	0.25	0.15	0.13	0.51	0.87	1.01
活性磷酸盐 $\text{PO}_4\text{-P}(\mu\text{mol/L})$	0.25	0.18	0.22	0.32	0.38	0.45
硅酸盐 $\text{SiO}_3(\mu\text{mol/L})$	1.56	2.35	4.21	5.63	4.13	3.35

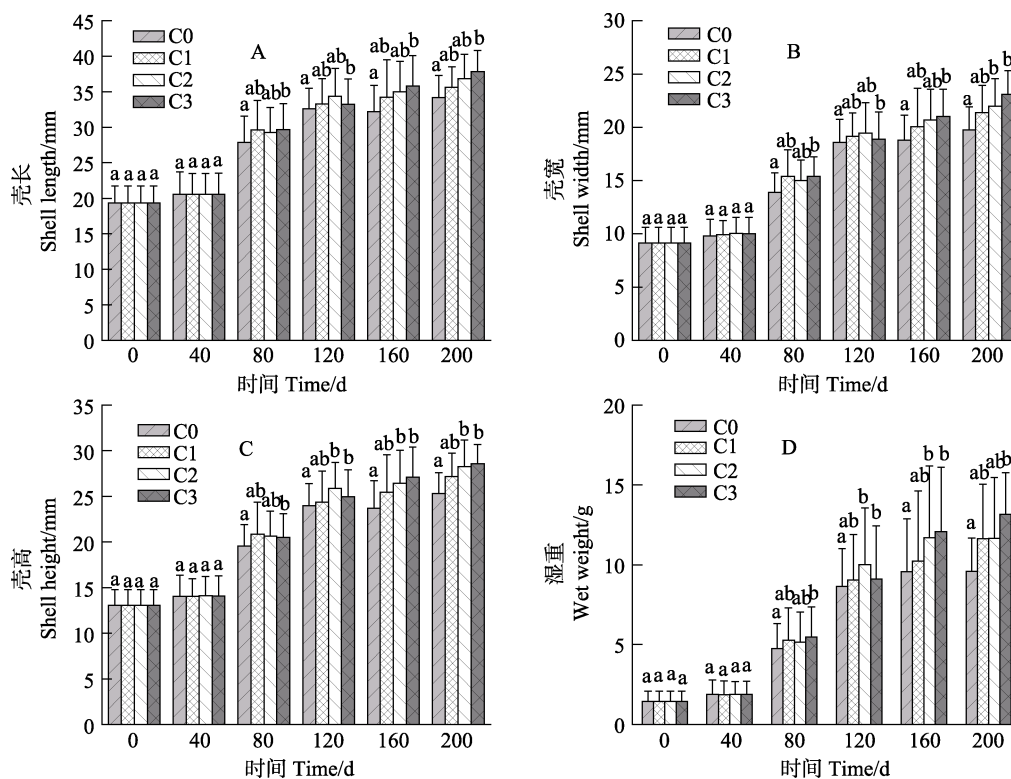


图1 缓释剂对魁蚶生长参数影响

Fig.1 Effect of careshell on growth of *S. broughtonii*

C0: 对照组; C1: 80 g 缓释剂; C2: 160 g 缓释剂; C3: 320 g 缓释剂

C0: Control; C1:80 g careshell; C2: 160 g careshell; C3:320 g careshell

不同字母间表示差异显著( $P<0.05$ )Different letters represent significant different ( $P<0.05$ )

其他各处理组且显著低于C3组( $P<0.05$ )。在120 d时, C2组各参数高于C0组(图1-A—图1-D), 其中, C2组壳高、湿重生长显著高于C0组( $P<0.05$ )(图1-C、图1-D), 此外, C3组在各生长参数上均高于C0组且差异显著( $P<0.05$ )。养殖160 d时, C3组各参数均高于其他组, 显著高于C0组( $P<0.05$ ), C2组在壳高、湿重上显著高于C0组( $P<0.05$ )(图1-C、图1-D)。养

殖时间为200 d时, 生长状况与养殖160 d类似, 同样表现为C0组各参数低于其他3个处理组, 其中, C3组显著高于C0组且均差异极显著( $P<0.01$ ), C2组在壳宽和壳高上显著高于C0组( $P<0.05$ )(图1-B、图1-C)。综合以上结果表明, 加入缓释剂能有效促进魁蚶各参数生长, 且在本实验中缓释剂量越高, 养殖时间越长, 生长效果越明显。

在各养殖时间段里,通过测量魁蚶的壳长、壳宽、壳高及湿重,来分析魁蚶的 SGR 状况(表 3)。在 40–80 d 时, C0 组的湿重 SGR 显著低于 3 个处理组( $P < 0.05$ )。在 120–160 d 时, C0 组壳长、壳高 SGR 显著低于其他处理组,差异均极显著( $P < 0.01$ )。160–200 d 时, C0 组的湿重 SGR 显著低于 C3 组( $P < 0.05$ )。在 0–200 d 时, C3 组壳长、壳宽、壳高、湿重 SGR 显著高于 C0 组且差异均极显著( $P < 0.01$ )。

经过 200 d 的养殖实验, C3 组魁蚶的长、宽、高、重的 SGR 比 C0 组平均增加了 17.9%、20.3%、18.1%、

16.7%。综合以上结果表明,与 C0 组相比,添加缓释剂后魁蚶各生长参数的 SGR 整体上均明显增加。

### 2.3 缓释剂对魁蚶生存的影响

从图 2 可看出各实验组魁蚶累积死亡率状况。各处理组 C1–C2 组累积死亡率在各阶段均低于 C0 组,而 C3 组在各阶段死亡率最低。40 d 时各处理组死亡率接近,位于 3%–5%之间,在 200 d 时 C3 组死亡率为 24.64%,低于 C0 组的 31.07%。结果显示,加入一定量缓释剂能在一定程度上降低魁蚶的死亡率。

表 3 不同时间段魁蚶的特定生长率  
Tab.3 Variation in growth rates of *S. broughtonii* in different time periods

生长指标 Growth indices	组别 Groups	特定生长率 Specific growth rate(%/d)					
		0–40 d	40–80 d	80–120 d	120–160 d	160–200 d	0–200 d
壳长 Shell length (mm)	C0	0.151±0.021	0.763±0.077	0.391±0.075	-0.030±0.009 <sup>a</sup>	0.136±0.035	0.285±0.009 <sup>a</sup>
	C1	0.151±0.049	0.914±0.078	0.295±0.055	0.068±0.017 <sup>b</sup>	0.102±0.006	0.306±0.007 <sup>b</sup>
	C2	0.152±0.027	0.885±0.069	0.400±0.053	0.047±0.012 <sup>b</sup>	0.129±0.007	0.323±0.006 <sup>bc</sup>
	C3	0.152±0.036	0.917±0.099	0.287±0.070	0.183±0.005 <sup>c</sup>	0.138±0.050	0.336±0.006 <sup>c</sup>
壳宽 Shell width (mm)	C0	0.172±0.067	0.874±0.042	0.725±0.143	0.028±0.039 <sup>a</sup>	0.114±0.017	0.385±0.001 <sup>a</sup>
	C1	0.204±0.027	1.096±0.048	0.548±0.111	0.114±0.075 <sup>ab</sup>	0.161±0.068	0.425±0.010 <sup>ab</sup>
	C2	0.233±0.001	1.004±0.068	0.649±0.066	0.154±0.001 <sup>ab</sup>	0.152±0.001	0.440±0.020 <sup>b</sup>
	C3	0.228±0.036	1.075±0.148	0.510±0.180	0.266±0.101 <sup>b</sup>	0.238±0.080	0.463±0.019 <sup>b</sup>
壳高 Shell height (mm)	C0	0.182±0.011	0.829±0.055 <sup>a</sup>	0.510±0.088 <sup>ab</sup>	-0.029±0.004 <sup>a</sup>	0.157±0.017	0.332±0.011 <sup>a</sup>
	C1	0.180±0.002	0.994±0.018 <sup>b</sup>	0.385±0.042 <sup>a</sup>	0.112±0.007 <sup>c</sup>	0.165±0.014	0.367±0.001 <sup>b</sup>
	C2	0.198±0.005	0.950±0.029 <sup>b</sup>	0.564±0.043 <sup>b</sup>	0.056±0.003 <sup>b</sup>	0.164±0.042	0.387±0.013 <sup>c</sup>
	C3	0.192±0.016	0.939±0.008 <sup>b</sup>	0.492±0.006 <sup>ab</sup>	0.205±0.031 <sup>d</sup>	0.133±0.098	0.392±0.007 <sup>c</sup>
湿重 Wet weight (g)	C0	0.676±0.084	2.327±0.005	1.490±0.091	0.260±0.168 <sup>a</sup>	-0.028±0.101 <sup>a</sup>	0.951±0.002 <sup>a</sup>
	C1	0.667±0.001	2.597±0.211	1.345±0.165	0.311±0.024 <sup>a</sup>	0.324±0.057 <sup>b</sup>	1.049±0.017 <sup>b</sup>
	C2	0.680±0.084	2.533±0.146	1.651±0.049	0.388±0.043 <sup>a</sup>	-0.013±0.135 <sup>a</sup>	1.049±0.032 <sup>c</sup>
	C3	0.689±0.108	2.667±0.281	1.271±0.275	0.708±0.096 <sup>b</sup>	0.214±0.122 <sup>b</sup>	1.110±0.002 <sup>c</sup>

注: 同列中标有不同小写字母者表示组间有显著性差异( $P < 0.05$ )

Note: The means with different letters within the same column were significantly different at the 0.05 probability level

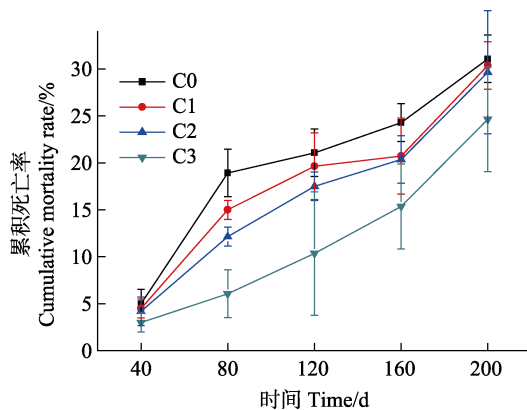


图 2 魁蚶累积死亡率

Fig.2 Cumulative mortality rate of *S. broughtonii*

### 3 讨论

牡蛎壳粉缓释剂以牡蛎外壳粉及  $Mg(OH)_2$  等为主要原料,经加工制成缓释剂颗粒,主要应用于养殖生态环境调控与贝类等海水生物养殖,原材料取自海洋,产品用于海洋,从而减少环境污染。有研究表明,牡蛎壳粉能有效改善水质且能吸附重金属离子(林荣晓, 2013)<sup>1)</sup>,并能使 pH 增加,修复酸性土壤(曹英兰等, 2016)。该牡蛎壳粉缓释剂通过缓慢释放作用,能提升并稳定海水 pH。長谷川夏樹等(2012)研究表明,缓释剂和同重量的水混合后其 pH 为 10.0,而与 10 倍重

1) Lin RX. Study on water quality improver prepared by oyster shell. Master's Thesis of Fujian Agriculture and Forestry University [林荣晓. 牡蛎壳制备水质改良剂的研究. 福建农林大学硕士研究生学位论文, 2013, 13–50]

的海水混合后,其 pH 稳定在 8.6 左右。

长谷川夏樹等(2012)在潮间带进行菲律宾蛤仔增殖实验,敷设区放有缓释剂,对照区不放。实验开始时,对照区和敷设区的菲律宾蛤仔的壳长相似,壳长 10 mm 以下的个体约占 90%,240 d 后对照区没有超过 10 mm 以上的菲律宾蛤仔,而在敷设区超过 10 mm 的占 35%;新产品能改善贝类产卵场环境,促进贝类幼虫附着变态。在不适宜菲律宾蛤仔生长的海域,通过缓释剂改良后,在实验区域内发现菲律宾蛤仔聚集。同时,装有该缓释剂的网袋中浮游植物容易富集,与潮滩中天然生长的菲律宾蛤仔相比,网袋中的菲律宾蛤仔的生长速度可提高 1.5–2.0 倍。此外,日向野純也(2014)利用塑料箱子进行筏式养殖菲律宾蛤仔实验,每个箱子中装有 150 个菲律宾蛤仔并加入缓释剂,150 d 后调查其存活率和生长率。结果显示,实验 150 d 后菲律宾蛤仔的存活率为 90% 以上,150 d 内筏式养殖的菲律宾蛤仔壳长从 22 mm 成长为 33 mm。和日本伊势湾菲律宾蛤仔需要 2 年才长到 25 mm 的速度相比,菲律宾蛤仔加入缓释剂后生长是极为迅速的。本研究牡蛎壳粉缓释剂对魁蚶生长影响主要体现在壳长、壳宽、壳高、湿重等生长参数上。随着时间推移,各处理组生长参数高于 C0 组,特别是 160–200 d 缓释剂量最高的 C3 组显著高于 C0 组。研究表明,缓释剂对魁蚶各项生长参数影响显著,这与长谷川夏樹等(2012)、日向野純也(2014)的研究菲律宾蛤仔加入缓释剂后显著生长的结果一致。

环境因子包括海区温度、饵料浓度、pH 等因素,对魁蚶生长具有重要作用。温度过高或过低都会对海洋贝类造成严重影响。本研究表明,120–160 d (8 月 6 日–9 月 16 日)时,C0 组的壳长、壳高 SGR 出现负值,可能与当时 8 月夏季水温较高有关,导致魁蚶大量死亡及生长率负增长,而且有研究表明,8 月夏季水温较高也会导致长牡蛎(*Crassostrea gigas*)(毛玉泽等,2005)、栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)(肖洁,2002)<sup>1)</sup>的大面积死亡。而本研究中加入缓释剂的 3 个实验组,在高温期并未出现生长率负增长状况,说明加入缓释剂对魁蚶的生长率有较好的提升作用。此外,研究表明,双壳贝类的生长、存活与 pH 及饵料状况等相关(唐保军,2005<sup>2)</sup>;贺猛等,2009)。pH 对海洋贝类

有重要影响,王有基等(2014)研究表明,低 pH 对贝类的幼虫发育、免疫功能及繁殖等生理活动产生负面作用,低 pH 还会使  $\text{CO}_3^{2-}$  浓度降低,影响贝类钙化。研究表明,饵料浓度会影响贝类的摄食率(陈自强等,2013),从而影响贝类的生长。该缓释剂能提升并稳定海水 pH,增加养殖海水的碳酸根浓度及碳酸钙饱和度,提升贝类钙化率。而本研究通过计录魁蚶死亡个数来获得死亡率,结果表明,各处理组死亡率低于对照组,对于实验结果综合分析,该缓释剂对魁蚶的存活具有一定的改善作用。

## 参 考 文 献

- Cao YL, Chen LN, Zhang JL, *et al.* Effects of oyster shell powder on the remediation and stabilization of acid Cd pollution soil. *Environmental Science and Technology*, 2016, 39(1): 178–182 [曹英兰, 陈丽娜, 张金丽, 等. 牡蛎壳粉对酸性土壤的修复及其对镉的钝化作用研究. *环境科学与技术*, 2016, 39(1): 178–182]
- Chang YQ. *Shellfish aquaculture science*. Beijing: China Agriculture Press, 2007 [常亚青. 贝类增养殖学. 北京: 中国农业出版社, 2007]
- Chen JM, Wang EM, Li H. The effects of some chemical factors on the larvae and adults of *Scapharca broughtonii* (Schrenck). *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1989, 20(1): 15–22 [陈觉民, 王恩明, 李何. 海水中某些化学因子对魁蚶幼虫、稚贝及成体的影响. *海洋与湖泊*, 1989, 20(1): 15–22]
- Chen ZQ, Shou L, Liao YB, *et al.* Advance in the effect of microalgal diets and nutritional value on the growth of early life stages of bivalves. *Bulletin of Science and Technology*, 2013, 29(7): 46–55 [陈自强, 寿鹿, 廖一波, 等. 微藻饵料对双壳贝类幼体生长影响的研究进展. *科技通报*, 2013, 29(7): 46–55]
- He M, Zhang XK, Liu XQ, *et al.* Study on queen scallop growth factor. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2009, 37(9): 4054–4056 [贺猛, 张小葵, 刘雪芹, 等. 栉孔扇贝成长因子研究. *安徽农业科学*, 2009, 37(9): 4054–4056]
- Lin XH. *Scapharca broughtonii*. *Fisheries Science and Technology Information*, 1978(7): 15–17 [林祥辉. 魁蚶. *水产科技情报*, 1978(7): 15–17]
- Liu J, Wang WM, Sun PF, *et al.* The technique for bottom sowing cultivation of *Scapharca broughtonii* in shallow sea. *Fisheries Science and Technology*, 2009(6): 24–25 [刘杰, 王卫民, 孙鹏飞, 等. 浅海底播养殖魁蚶技术. *水产科技*, 2009(6): 24–25]

1) Xiao J. Preliminary studies on the massive mortality of cultured *Chlamys farreri* along the coast of Shandong Province. Master's Thesis of University of Chinese Academy of Sciences [肖洁. 山东沿海养殖栉孔扇贝大批死亡原因的初步研究. 中国科学院研究生院海洋研究所硕士研究生学位论文, 2002, 3–29]

2) Tang BJ. Effects of environmental factors and food on the energy budget and larval development of *Meretrix meretrix*. Master's Thesis of University of Chinese Academy of Sciences [唐保军. 环境因子和饵料对文蛤能量收支与幼虫生长发育的影响. 中国科学院研究生院海洋研究所硕士研究生学位论文, 2005, 10–50]

- Liu TH, Yu XQ, Liu GB, *et al.* The safety evaluation of the acute toxicological effects of inorganic-cadmium on *Scapharca broughtonii*. *Progress in Fishery Sciences*, 2015, 36(6): 88–94 [刘天红, 于晓清, 刘广斌, 等. 无机镉对魁蚶(*Scapharca broughtonii*)毒性效应及其安全性评价. *渔业科学进展*, 2015, 36(6): 88–94]
- Ma SF, Liu ZJ, Wang RS, *et al.* On technique for farming ark shell with raft. *Shandong Fisheries*, 1996, 13(6): 8–9 [马述法, 柳钟景, 王仁先, 等. 魁蚶筏式养殖技术试验报告. *齐鲁渔业*, 1996, 13(6): 8–9]
- Mao XY, Yan ZJ, Shao YQ. New exploration of artificial seedling of *Scapharca broughtonii*. *Shandong Fisheries*, 2007, 24(7): 55 [毛雪英, 阎子娟, 邵雁群. 魁蚶人工育苗及保苗的新探索. *齐鲁渔业*, 2007, 24(7): 55]
- Mao YZ, Zhou Y, Yang HS, *et al.* Seasonal variation in metabolic rate of pacific oyster *Crassostrea gigas* and its implication to summer mortality. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2005, 36(5): 445–451 [毛玉泽, 周毅, 杨红生, 等. 长牡蛎(*Crassostrea gigas*)代谢率的季节变化及其与夏季死亡关系的探讨. *海洋与湖沼*, 2005, 36(5): 445–451]
- Sun PF, Ren YQ, Wang WM, *et al.* The experiment for bottom sowing cultivation of *Scapharca broughtonii* in shallow sea. *Shandong Fisheries*, 2010, 27(11): 17–18 [孙鹏飞, 任永秋, 王卫民, 等. 浅海魁蚶底播养殖试验. *齐鲁渔业*, 2010, 27(11): 17–18]
- Wang YJ, Li LS, Li QZ, *et al.* Research progress on eco-physiological responses of shellfish under ocean acidification and global warming. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(13): 3499–3508 [王有基, 李丽莎, 李琼珍, 等. 海洋酸化和全球变暖对贝类生理生态的影响研究进展. *生态学报*, 2014, 34(13): 3499–3508]
- Yu RH, Li Q. New techniques for bottom sowing multiplication and cultivation of the pollution-free ark shell (*Scapharca broughtonii* Schrenck). *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2009(3): 87–90 [于瑞海, 李琪. 无公害魁蚶底播增殖稳产新技术. *海洋湖沼通报*, 2009(3): 87–90]
- Zhang H, Song GB, Qi XL, *et al.* The effect of pH and ammonia nitrogen on growth and survival of juvenile ark shell. *China Agriculture Information*, 2013(13): 139–140 [张焕, 宋国斌, 齐晓陆, 等. pH和氨氮对魁蚶稚贝生长与存活的影响. *中国农业信息*, 2013(13): 139–140]
- Zhang LM, Cao CM. The experiment for hoisting cage cultivation of *Scapharca broughtonii* in shallow sea. *Hebei Fisheries*, 2013(8): 48–50 [张丽敏, 曹春梅. 魁蚶浅海吊笼养殖试验. *河北渔业*, 2013(8): 48–50]
- Zhang QX, Wang SH. Factors related to the death of *Scapharca broughtonii* during raft-rearing and its prevention methods. *Marine Sciences*, 1994(6): 13–15 [张起信, 王淑华. 魁蚶筏式养殖中死亡原因及防止对策. *海洋科学*, 1994(6): 13–15]
- 長谷川夏樹, 日向野純也, 井上誠章, 等. アサリ増殖基質としてのカキ殻加工固形物「ケアシエル」の利用. *水産技術*, 2012, 5(1): 97–105
- 日向野純也. アサリ垂下養殖の取組. *水産総合研究センター増養殖研究所*, 2014, 80(1): 121

(编辑 陈严)

## The Effect of Careshell on Growth of *Scapharca broughtonii*

GUO Xiaoliang<sup>1,2</sup>, MAO Yuze<sup>2,3①</sup>, LI Yang<sup>1,2</sup>, LI Jiaqi<sup>2,3</sup>,  
CHEN Qionglin<sup>1,2</sup>, XUE Suyan<sup>2,3</sup>, GAO Zhenkun<sup>1,2</sup>

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 2. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Eco-Environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 3. Laboratory for Marine Ecology and Environmental Science, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071)

**Abstract** The effect of careshell on growth and survival of *Scapharca broughtonii* was investigated in Sanggou Bay from April 6 to October 26, 2015. *S. broughtonii* with initial mean weight of 160 g were exposed to the environment with four doses of Careshell: 0 (control, C0), 80 g(C1), 160 g(C2) and 320 g(C3) respectively. The growth indices (shell length, shell width, shell height, wet weight) of *S. broughtonii* were measured and the number of deaths recorded in every 40-day period. The experiment lasted 200 days. Growth and mortality rates were calculated in each period. The results showed that the growth indices of *S. broughtonii* for C3 group were significantly higher than those of the control group C0 ( $P < 0.05$ ), but the difference with C2 and C1 was not significant ( $P > 0.05$ ). The growth rates of shell length, shell width, shell height and wet weight for C3 during the experimental period were,  $(0.34 \pm 0.01)\%/d$ ,  $(0.46 \pm 0.02)\%/d$ ,  $(0.39 \pm 0.01)\%/d$  and  $(1.11 \pm 0.002)\%/d$ , respectively, which were significantly higher than those of C0 ( $P < 0.01$ ). On the average, the indices during the experimental period were increased by 17.9%, 20.3%, 18.1% and 16.7% respectively, which were significantly higher than those of C0 ( $P < 0.01$ ). The mortality rate of C3 group ( $19.6 \pm 5.6\%$ ) was lower than that of the control group C0 ( $26.1 \pm 2.5\%$ ), but the difference was not significant ( $P > 0.05$ ).

**Key words** *Scapharca broughtonii*; Careshell; Growth indices; Specific growth rate; Mortality rate

① Corresponding author: MAO Yuze, E-mail: maoyz@ysfri.ac.cn