

在实验条件下温度对 3 种不同规格魁蚶幼贝生长和存活的影响

郝世鑫^{1,2}, 刘广斌³, 王晓通⁴, 刘恩孚³, 张天文³, 荆圆圆³, 郭文³

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 山东省海洋资源与环境研究院, 山东 烟台 264006; 3. 山东省海洋生物研究院, 山东 青岛 266104; 4. 鲁东大学 农学院, 山东 烟台 264025)

摘要: 在 6~24℃室内可控温范围内, 每 3℃为一个梯度, 以魁蚶壳长、体质量日增长率以及存活率作为指标, 研究了温度对 3 种规格魁蚶(*Scapharca broughtonii*)幼贝(小规格壳长 6.565 mm±0.225 mm、体质量 53.704 mg±5.830 mg; 中规格壳长 10.114 mm±0.446 mm、体质量 181.918 mg±24.797 mg; 大规格壳长 14.725 mm±0.315 mm、体质量 562.416 mg±42.791 mg)生长和存活的影响。结果表明, 3 种规格魁蚶幼贝在 6~24℃水温下均能生长, 但在水温 6℃及 24℃下的壳长和体质量日增长率均较低; 水温 9℃时 3 种规格的幼贝的存活率均最高, 水温 24℃时 3 种规格幼贝的存活率均最低; 水温 6~21℃时 3 种规格幼贝的存活率随着规格的增大而提高, 水温 24℃时 3 种规格幼贝的存活率随着规格的增大而降低; 小、中、大规格幼贝适宜生长温度分别为 10.7~22.3、6.9~23.2、3.7~23.3℃, 较适宜生长温度分别为 14.3~19.5、15.8~21.6、11.5~21.0℃, 最适生长温度分别为 18、18、15℃。实验结论为, 随着规格增大, 魁蚶幼贝适宜生长温度范围扩大, 最适生长温度降低, 本实验确定了魁蚶幼贝适宜的生长温度, 为更有效地开展魁蚶中间培育和底播增殖提供理论支持。

关键词: 魁蚶(*Scapharca broughtonii*); 魁蚶幼贝规格; 温度; 生长; 存活

中图分类号: S968.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2017)11-0060-07

DOI: 10.11759/hyxx20170714007

魁蚶(*Scapharca broughtonii*)隶属软体动物门(Mollusca)、瓣鳃纲(Lamellibranchia)、列齿目(Taxodonta)、蚶科(Arcidae), 俗称赤贝、血贝、大毛蛤, 是我国北方沿海重要的大型经济冷水性蚶类, 喜泥质或泥沙质底质^[1], 分布于太平洋西部沿岸近岸水深 5~60 m 处。在我国主要分布于辽东半岛东南部沿海、山东半岛东北部和南部沿海。因 20 世纪 90 年代以来的过度捕捞, 魁蚶自然资源日益枯竭, 亟需开展增殖放流以修复资源。

魁蚶的增养殖研究在日本和我国开展得较早^[2-4], 关注较多的是温度、盐度等理化因子对魁蚶浮游幼体、幼贝的影响^[5-7]。温度是重要的海洋生态环境因子, 对双壳贝类的生长和存活有显著影响^[8-10]。国内已有温度等海洋生态理化因子对魁蚶影响的多方面研究, 王子臣等^[11]研究了温度和饵料对魁蚶性腺发育的影响; 常亚青等^[12]对魁蚶耗氧率进行了初步的研究; 陈觉民等^[13]研究了海水中某些化学因子对魁蚶幼虫、幼贝及成体的影响, 求得魁蚶幼虫、幼贝以及成体对氨氮和溶氧等化学因子的适应浓度范围和最适范围; 王兴章等^[14]研究了水温对孵化和幼虫生长的影响; 于瑞海等^[15]和郝永允等^[16]都以控制温度

为手段进行魁蚶的生产育苗等工作。尚未见到有关温度对不同规格魁蚶幼贝生长和存活影响的研究报道。本试验在室内设置多个温度梯度, 研究了不同温度对 3 种不同规格魁蚶幼贝生长和存活的影响, 以期确定魁蚶幼贝适宜的生长温度和生存温度, 为更有效地开展魁蚶中间培育和底播增殖提供理论支持。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验所用魁蚶取自青岛即墨鳌山卫实验基地养殖的同一批幼贝, 经挑选分为小、中、大 3 种不同规格, 对 3 种规格的魁蚶幼贝随机抽样各 50 个测量并

收稿日期: 2017-07-14; 修回日期: 2017-09-15

基金项目: 山东省现代农业产业技术体系贝类创新团队建设专项资金项目(SDAIT-14); 山东省农业重大应用技术创新课题

[Foundation: Special Fund Project for Construction of Shellfish Innovation Team in Modern Agricultural Industry and Technology System of Shandong Province, No.SDAIT-14; Major Agricultural Application Technology Innovation in Shandong]

作者简介: 郝世鑫(1992-), 男, 山东菏泽人, 硕士研究生, 主要从事海洋贝类学研究, 电话: 13188976517, E-mail: shixin92827@163.com; 郭文, 通信作者, 男, 研究员, E-mail: guowen1963@126.com

统计平均壳长、壳宽、壳高和体质量, 生物学测定数据见表 1。试验前放置室内暂养, 1 周后挑选活力好、外壳完整无附着物的个体进行实验。

试验所用工具器材有, 150 L 塑料圆桶、电触点

水银温度计(0~50℃, ±0.1℃)、可控温加热棒、气石等若干, 小型网袋 96 个, 游标卡尺(精度±0.02 mm), 电子天平(型号: 美国奥豪斯天平 SE601F 精度±0.1 mg)等。

表 1 3 种不同规格魁蚶的初始壳长、壳宽、壳高以及平均体质量

Tab. 1 The initial shell length, shell width, shell height and average body mass of three different specifications

规格	壳长(mm)	壳宽(mm)	壳高(mm)	体质量(mg/个)
小	6.565±0.225 ^c	4.055±0.194 ^c	2.828±0.120 ^c	53.704±5.830 ^c
中	10.114±0.446 ^b	6.369±0.352 ^b	4.385±0.240 ^b	181.918±24.797 ^b
大	14.725±0.315 ^a	9.705±0.199 ^a	6.556±0.192 ^a	562.416±42.791 ^a

注: 同列数据右上角标写不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

湛江叉鞭金藻(*Dicrateria zhanjiangensis* Hu. var. sp)、扁藻(*Platymonas*)作为生物饵料, 在培养室内培养。

水质条件为, 自然海水, 盐度 29~31, pH8.0~8.2。海水水源符合国家渔业水质标准, 实验用水经二级过滤系统沉淀, 再经入池管道口 300 目尼龙筛绢网滤出, 经镜检无大型原生动植物。

1.2 试验设置与管理

试验设置水温分别为 6、9、12、15、18、21 和 24℃ 的 7 个温度组, 各设 3 个平行。试验在室内塑料圆桶中进行, 使用可控温加热棒保持水体水温的恒定(±0.1℃)。每组分别放不同规格的小、中、大规格幼贝各 300 粒, 放置于小型网袋中, 每袋 100 粒, 作为平行, 连成一串悬挂于试验水桶内, 自然光照, 24 h 微量充气。实验共持续 35 d。

每天分别投喂金藻、扁藻各一次, 投喂后实验圆桶内饵料密度为 3×10^4 个/mL。根据摄食情况随时调整。

每天上午 8:00 等温换水, 换水量为 1/2。换水前吸除桶底的粪便和污物。

1.3 测定指标和方法

每 7 天测量一次壳长和体质量, 每次测量魁蚶幼贝 30 粒。用游标卡尺测量魁蚶幼贝的壳长; 用电子天平称量魁蚶幼贝的体质量。称量前用纱布或滤纸吸去贝壳表面附着的水分。

实验结束后, 每平行的魁蚶幼贝去除死亡个体后统计活体数量。判定死亡的标准为放入海水后 1 h 内壳未张开, 或壳张开的个体用镊子等硬物触碰无反应。

1.4 各项指标定义

壳长日增长率 $R_L = (L_1 - L_0) / (t_1 - t_0)$, L_0 为初始平均壳长, L_1 为试验结束时各组所有剩余幼贝的平均壳长。 t_0 、 t_1 分别为试验开始时间和结束时间。

体质量日增长率 $R_w = (M_1 - M_0) / (t_1 - t_0)$, M_0 为初始平均体质量, M_1 为试验结束时各组所有剩余幼贝的平均体质量。 t_0 、 t_1 分别为试验开始时间和结束时间。

适宜及较适宜生长温度的计算。根据栗志民^[17]及曹伏君^[18]已有的实验记录方法, 采用实验期间壳长和体质量日增长率最快一组日增长率的 30% 和 70% 所对应的温度作为壳长和体质量增长临界温度 T_C , 其求法采用二点法。 $T_C = T_1 + [(R_1 - pR_m) / (R_1 - R_2)] (T_1 - T_2)$ 。 p 为 30% 或 70%, R_m 为最大日增长率, R_1 、 R_2 为与 pR_m 相邻的高、低端增长率, T_1 、 T_2 分别为相应的试验温度。把最大增长率的 30% 和 70% 时所对应温度的高、低两端增长临界温度之间的范围分别作为壳长和体质量的适宜及较适宜生长温度。

最适生长温度的计算。经统计分析没有显著差异($P > 0.05$)的日增长率最大的几个组对应的温度, 或与其他组别有显著差异($P < 0.05$)的日增长率最大的一个温度, 作为魁蚶幼贝的最适增长温度。最适生长温度为壳长与体质量最适增长温度重叠的部分。

存活率(R_s , %)为实验结束后存活的幼贝数量(N_1)与初始幼贝数量(N_0)的比值。计算公式为: $R_s = (N_1 / N_0) \times 100\%$

1.5 试验数据统计分析

采用 SPSS 19.0 统计分析软件对实验数据进行单因素方差分析 (ANOVA), 采用 Duncan 法进行多重比较, 检验处理间的差异显著性($P < 0.05$)。实验数据用“平均数±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 不同温度海水对魁蚶小规格幼贝生长和存活的影响

多重比较结果表明, 在温度 12℃ 与 24℃ 时壳

长、体质量日增长率差异不显著($P>0.05$), 与其余温度组存在显著差异($P<0.05$), 且其余各温度下魁蚶小规格幼贝的壳长、体质量日增长率差异显著($P<0.05$)。越靠近两端温度, 小规格幼贝的壳长、体质量日增长率越小, 壳长日增长率和体质量日增长率在水温 18°C 时最大, 在水温 6°C 时最小。魁蚶小规格幼贝在 $6\sim 24^{\circ}\text{C}$ 范围内均能生长。

如表 2 所示, 魁蚶小规格幼贝在水温 9°C 时的存活率最高, 与其他组有显著差异。结果表明, 12°C 与 15°C 、 15°C 与 18°C 时存活率差异不显著($P>0.05$), 但 12°C 与 18°C 时存活率存在显著差异, 其余不同温度对魁蚶小规格幼贝存活率的影响差异显著($P<0.05$)。

表 2 不同温度下小规格幼贝壳长、体质量日增长率和存活率

Tab. 2 Survival rate and daily growth rates of shell length and body mass of small seedlings at different temperatures

温度 ($^{\circ}\text{C}$)	壳长日增长率 ($\mu\text{m}/\text{d}$)	体质量日增长率 (mg/d)	存活率 (%)
6	$14.0\pm 0.2^{\text{f}}$	$0.20\pm 0.02^{\text{f}}$	$91.0\pm 0.8^{\text{b}}$
9	$17.0\pm 0.3^{\text{e}}$	$0.40\pm 0.03^{\text{e}}$	$92.3\pm 1.1^{\text{a}}$
12	$23.0\pm 0.4^{\text{d}}$	$0.75\pm 0.05^{\text{d}}$	$88.0\pm 1.2^{\text{c}}$
15	$33.0\pm 0.5^{\text{b}}$	$1.08\pm 0.07^{\text{b}}$	$87.0\pm 1.5^{\text{cd}}$
18	$79.0\pm 0.8^{\text{a}}$	$1.43\pm 0.09^{\text{a}}$	$85.3\pm 2.0^{\text{d}}$
21	$28.0\pm 0.4^{\text{c}}$	$0.88\pm 0.06^{\text{c}}$	$83.7\pm 2.2^{\text{e}}$
24	$23.0\pm 0.4^{\text{d}}$	$0.75\pm 0.05^{\text{d}}$	$76.7\pm 2.8^{\text{f}}$

根据表 2 使用二点法求出高、低端增长临界温度并由文中前述定义可得, 小规格幼贝的壳长和体质量适宜生长温度为 $10.7\sim 22.3^{\circ}\text{C}$, 较适宜生长温度为 $14.3\sim 19.5^{\circ}\text{C}$, 最适生长温度为 18°C 。

2.2 不同温度海水对魁蚶中等规格幼贝生长和存活的影响

多重比较结果表明, 在温度 12°C 与 15°C 时壳长、体质量日增长率差异不显著($P>0.05$), 与其余温度组存在显著差异($P<0.05$), 且其余各温度下魁蚶中等规格幼贝的壳长、体质量日增长率差异显著($P<0.05$)。越靠近两端温度, 中等规格幼贝的壳长、体质量日增长率越小, 壳长日增长率和体质量日增长率在 18°C 最大, 在 6°C 时最小。魁蚶中等规格幼贝在 $6\sim 24^{\circ}\text{C}$ 范围内均能生长。

如表 3 所示, 魁蚶中等规格幼贝在温度 9°C 的存活率最高, 与其他组有显著差异。结果表明, 18°C 与 21°C 时存活率差异不显著($P>0.05$), 其余不同温度对魁蚶中等规格幼贝存活率的影响差异显著($P<0.05$)。

表 3 不同温度下中等规格幼贝壳长、体质量日增长率和存活率

Tab. 3 Survival rate and daily growth rates of shell length and body mass of middle seedlings at different temperatures

温度 ($^{\circ}\text{C}$)	壳长日增长率 ($\mu\text{m}/\text{d}$)	体质量日增长率 (mg/d)	存活率 (%)
6	$9.5\pm 0.1^{\text{f}}$	$0.80\pm 0.02^{\text{f}}$	$94.7\pm 0.6^{\text{b}}$
9	$27.5\pm 0.3^{\text{d}}$	$1.75\pm 0.03^{\text{d}}$	$97.0\pm 0.4^{\text{a}}$
12	$33.0\pm 0.4^{\text{c}}$	$1.97\pm 0.03^{\text{c}}$	$93.0\pm 0.9^{\text{c}}$
15	$34.0\pm 0.4^{\text{c}}$	$2.10\pm 0.04^{\text{c}}$	$88.7\pm 1.2^{\text{d}}$
18	$50.5\pm 0.7^{\text{a}}$	$3.60\pm 0.09^{\text{a}}$	$86.0\pm 1.5^{\text{e}}$
21	$43.0\pm 0.5^{\text{b}}$	$3.10\pm 0.05^{\text{b}}$	$85.3\pm 1.8^{\text{e}}$
24	$18.0\pm 0.2^{\text{e}}$	$0.35\pm 0.01^{\text{e}}$	$76.7\pm 2.6^{\text{f}}$

根据表 3 使用二点法求出高、低端增长临界温度并由文中前述定义可得, 中等规格幼贝的壳长和体质量适宜生长温度为 $6.9\sim 23.2^{\circ}\text{C}$, 较适宜生长温度为 $15.8\sim 21.6^{\circ}\text{C}$, 最适生长温度为 18°C 。

2.3 不同温度海水对魁蚶大规格幼贝生长和存活的影响

多重比较结果表明, 在温度 6°C 与 9°C 、 12°C 与 21°C 、 15°C 与 18°C 时壳长日增长率分别差异不显著($P>0.05$), 但与其余温度间魁蚶大规格幼贝的壳长日增长率存在显著差异($P<0.05$)。在水温 12°C 与 21°C 时体质量日增长率差异不显著($P>0.05$), 与其余温度组存在显著差异($P<0.05$), 且其余各温度下魁蚶大规格幼贝的体质量日增长率差异显著($P<0.05$)。越靠近两端温度, 大规格幼贝的壳长、体质量日增长率越小, 壳长日增长率和体质量日增长率在 15°C 最大, 在 24°C 时最小。魁蚶大规格幼贝在 $6\sim 24^{\circ}\text{C}$ 范围内均能生长。

如表 4 所示, 魁蚶大规格幼贝在温度 9°C 的存活率最高, 与其他组有显著差异($P<0.05$)。结果表明, 水温 12°C 与 15°C 、 18°C 与 21°C 时存活率差异不显著($P>0.05$), 其余不同温度对魁蚶大规格幼贝存活率的影响差异显著($P<0.05$)。

根据表 4 使用二点法求出高、低端增长临界温度并由文中前述定义可得, 大规格幼贝的壳长和体质量适宜生长温度为 $3.7\sim 23.3^{\circ}\text{C}$, 较适宜生长温度为 $11.5\sim 21.0^{\circ}\text{C}$, 最适生长温度为 15°C 。

2.4 3 种不同规格魁蚶幼贝适温性

对魁蚶幼贝的适宜生长温度、较适宜生长温度

表 4 不同温度下大规格幼贝壳长、体质量日增长率和存活率

Tab. 4 Survival rate and daily growth rates of shell length and body mass of large seedlings at different temperatures

温度 (°C)	壳长日增长率 (μm/d)	体质量日增长率 (mg/d)	存活率 (%)
6	21.5±0.3 ^c	2.95±0.03 ^d	96.0±1.8 ^b
9	22.0±0.3 ^c	4.02±0.04 ^c	98.3±0.6 ^a
12	22.5±0.3 ^b	4.28±0.04 ^b	93.7±1.2 ^c
15	41.0±0.6 ^a	6.05±0.08 ^a	93.0±1.5 ^c
18	39.5±0.5 ^a	4.75±0.05 ^e	91.0±2.0 ^e
21	23.0±0.3 ^b	4.23±0.05 ^b	90.7±2.1 ^e
24	18.0±0.2 ^d	1.05±0.01 ^f	71.7±3.2 ^f

进行比较发现,规格越大对温度的适应范围越大,大规格幼贝适温能力比小规格幼贝强,见表 5。魁蚶大、中、小规格幼贝的适宜生长温度、较适宜生长温度都是在低温端差异显著、高温端差异不显著;大规格魁蚶幼贝的最适宜生长温度显著低于中、小规格魁蚶幼贝的最适宜生长温度,中、小规格魁蚶幼贝的最适宜生长温度之间差异不显著($P<0.05$)。

表 5 3 种规格幼贝生长适温比较

Tab. 5 Comparison of suitable growth temperatures between seedlings of 3 sizes

规格	适宜生长温度 (°C)		较适宜生长温度 (°C)		最适宜生长温度 (°C)
	低	高	低	高	
	小	10.7 ^a	22.3 ^{ab}	14.3 ^b	
中	6.9 ^b	23.2 ^a	15.8 ^a	21.6 ^a	18 ^a
大	3.7 ^c	23.3 ^a	11.5 ^c	21.0 ^a	15 ^b

3 讨论

本试验通过魁蚶幼贝的壳长日增长率、体质量日增长率和存活率 3 个指标,研究了不同温度(6~24°C)条件下 3 种不同规格魁蚶幼贝生长和存活的差异。结果表明,3 种不同规格魁蚶幼贝在水温 6~24°C 范围内均能生长,这与王如才等^[19]对魁蚶的适温范围为 5~25°C 的观点相一致。在水温 6°C 及 24°C 下,3 种规格幼贝壳长和体质量日增长率均较低。从结果中小、中、大规格幼贝适宜生长温度与较适宜生长温度可知,随着规格增大,魁蚶幼贝适温范围扩大;中、小规格的贝最适生长温度为 18°C,大规格幼贝最适生长温度为 15°C,表明随着幼贝规格的增大,最适生长温度向低温端漂移。

实验结果表明,不同温度对不同规格幼贝的存活率影响基本一致:3 种不同规格幼贝的存活率均随着温度升高而降低,表明魁蚶幼贝不耐高温。低温环境下大规格幼贝的存活率明显高于小规格,表明随着规格增大,幼贝的耐低温能力增强,大规格幼贝对低温有更强的适应性。其他研究指出,魁蚶浮游幼体适宜生长温度为 23~25°C^[20],幼贝 9~20°C^[21],说明魁蚶适宜温度随个体规格增大而降低。这与魁蚶 6 月底、7 月初繁殖的习性有关^[22-23]。与魁蚶分布范围相近的刺参也存在这一生理现象^[24],从已有研究数据可知刺参浮游幼体适温范围 19~25°C^[25]、幼参 10~15°C^[26],表明刺参幼体时适宜生长温度也随个体的增长向低温端变化。

温度是影响生物体各级组织的物质代谢和生物进程重要的非生物因素,是影响机体生长存活和行为表现的主要因素,决定了生物的地理分布^[27]。同时,温度也与贝类的生长和存活密切相关^[28-29],如魁蚶的适温性也影响着对其增殖放流时水域环境的选择。从已有的研究来看,孙日东^[30]采用了 1.5 cm 即大规格魁蚶幼贝于水温 5°C 以上时进行海上浮筏养殖;张起信^[31]则选择 1.5~2.0 cm 的魁蚶苗种在水温 7°C 以上时进行播苗,本实验所得结论支持这一观点。本实验研究结果表明中规格的魁蚶幼贝较大规格幼贝适温范围窄,如选择 1.0 cm 规格魁蚶幼贝增殖放流时,应更加注意温度对其成活率和生长的影响。

参考文献:

- [1] 刘世禄,杨爱国. 中国主要海产贝类健康养殖技术[M]. 北京: 海洋出版社, 2005: 176-177.
Liu Shilu, Yang Aiguo. The Health Culture Technology of the Main Marine Shellfish in China[M]. Beijing: China Ocean Press, 2005: 176-177.
- [2] Yoshida H. On the later pelagic larvae and early benthic youngs of *Anadara inflata* (REEVA)[J]. The Malacological Society of Japan, 1935, 1: 1-10.
- [3] 高见东洋,井上泰,岩本哲二,等. アカガイの増殖に関する研究-II, 食害生物特にヒトデの駆除効果について[J]. 水産増殖, 1981, 29(1): 47-56.
Takami T, Inoue T, Iwamoto T, et al. In the form of gas, on continued growth in -II research, especially food pest repellent effect of no human data in the last analysis[J]. Aquatic proliferation, 1981, 29 (1): 47-56
- [4] 王庆成,李文姬. 魁蚶人工育苗生产试验研究[J]. 动物学杂志, 1986, 3: 1-3.
Wang Qingcheng, Li Wenji. Research on producing ar-

- tificial breeding of *Scapharca broughtonii*[J]. Journal of Zoology, 1986, 3: 1-3.
- [5] 张启刚, 王兴章, 邢信泽. 各种理化因子对魁蚶人工育苗的影响[J]. 中国水产, 2001, 8: 59-60.
Zhang Qigang, Wang Xingzhang, Xing Xinze. Various physical and chemical factors influence on artificial breeding of *Scapharca broughtonii*[J]. China Fisheries, 2001, 8: 59-60.
- [6] 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, 18(4): 5-7.
Xiao Yusheng, Su Junjie, Xu Erdong. Effects of salinity on growth of juvenile and on fattening and mature acceleration of parent *Scapharca broughtonii*[J]. Marine Sciences, 1994, 18(4): 5-7.
- [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 (*Scapharca broughtonii*) in Shandong offshore waters.[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1994, 5(4): 396-402.
- [8] 王丹丽, 徐善良, 尤仲杰, 等. 温度和盐度对青蛤孵化及幼虫、幼贝存活与生长变态的影响[J]. 水生生物学报, 2005, 29(5): 495-501.
Wang Danli, Xu Shanliang, You Zhongjie, et al. The effects of temperature and salinity on the incubation of *Cyclina sinensis* and survival, growth and metamorphosis of *Cyclina sinensis* larvae and juveniles[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2005, 29(5): 495-501.
- [9] 刘志刚, 王辉, 栗志民, 等. 墨西哥湾扇贝高起始致死温度的研究[J]. 中国水产科学, 2007, 14(5): 778-785.
Liu Zhigang, Wang Hui, Li Zhimin, et al. Upper incipient lethal temperature of *Argopecten irradians concentricus* Say[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(5): 778-785.
- [10] 林笔水, 吴天明, 黄炳章. 温度和盐度对菲律宾蛤仔幼贝生长及发育的影响[J]. 水产学报, 1983, 7(1): 15-23.
Lin Bishui, Wu Tianming, Huang Bingzhang. The effects of temperature and salinity on the growth and development of spats of the clam (*Ruditapes philippinarum*)[J]. Journal of Fisheries, 1983, 7(1): 15-23.
- [11] 王子臣, 张国范, 高悦勉, 等. 温度和饵料对魁蚶性腺发育的影响[J]. 大连水产学院学报, 1987, 2: 1-10.
Wang Zichen, Zhang Guofan, Gao Yuemian, et al. The effects of temperature and foods on the development of gonad of the blood eokle, *Area inflata*[J]. Journal of Dalian Fisheries College, 1987, 2: 1-10.
- [12] 常亚青, 王子臣. 魁蚶耗氧率的初步研究[J]. 水产科学, 1992, 11(12): 1-6.
Chang Yaqing, Wang Zichen. A preliminary study on the oxygen consumption rate of Ark-shell *Scapharca broughtonii*[J]. Journal of Fishery Sciences, 1992, 11(12): 1-6.
- [13] 陈觉民, 王恩明, 李何. 海水中某些化学因子对魁蚶幼虫、幼贝及成体的影响[J]. 海洋与湖沼, 1989, 20(1): 15-22.
Chn Juemin, Wang Enming, Li He. The effects of some chemical factors on the larvae and adults of *Scapharca broughtonii*[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1989, 20(1): 15-22.
- [14] 王兴章, 邢信泽, 张启刚. 几种理化因子对魁蚶人工育苗的影响[J]. 齐鲁渔业, 2003, 20(2): 17-18.
Wang Xingzhang, Xing Xinze, Zhang Qigang. Effects of several physical and chemical factors on artificial breeding of *Scapharca broughtonii*[J]. Shandong Fisheries, 2003, 20(2): 17-18.
- [15] 于瑞海, 王如才, 姜春丽, 等. 魁蚶生产性间断升温育苗技术的研究[J]. 黄渤海海洋, 1997, 15(3): 40-45.
Yu Ruihai, Wang Rucai, Jiang Chunli, et al. Studies on production techniques of intermitent raising of temperature in rearing *Arca inflata*[J]. Journal of Oceanography of Huanghai & Bohai Seas, 1997, 15(3): 40-45.
- [16] 郑永允, 张晓燕, 栾红兵, 等. 魁蚶生产性控温育苗研究[J]. 齐鲁渔业, 1993, (2): 11-14.
Zheng Yongyun, Zhang Xiaoyan, Luan Hongbing, et al. Studies on seed-rearing of *Arca inflata* by temperature control[J]. Shandong Fisheries, 1993, (2): 11-14.
- [17] 栗志民, 刘志刚, 姚茹, 等. 温度和盐度对皱肋文蛤幼贝存活与生长的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(13): 3406-3413.
LI Zhimin, Liu Zhigang, Yao Ru, et al. Effects of temperature and salinity on the survival and growth of *Meretrix lyrata* juveniles[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(13): 3406-3413.
- [18] 曹伏君, 刘志刚, 罗正杰. 海水盐度、温度对文蛤幼贝生长及存活的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(10): 2545-2550.
Cao Fujun, Liu Zhigang, Luo Zhengjie. Effects of sea water temperature and salinity on the growth and survival of juvenile *Meretrix meretrix* Linnaeus[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(10): 2545-2550.
- [19] 王如才, 王昭萍, 张建中. 海水贝类养殖学[M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1993: 181-185.
Wang Rucai, Wang Zhaoping, Zhang Jianzhong. Marine Shellfish Culture[M]. Qingdao: Qingdao Ocean University Press, 1993: 181-185.
- [20] 张杰. 刺海参育苗及养殖技术[J]. 农村实用技术, 2010, 2: 58-59.
Zhang Jie. Seedling raising and culture technology of sea cucumber[J]. Rural Practical Technology, 2010, 2: 58-59.

- [21] 于治宝, 石永波, 姜成斌, 等. 魁蚶浮筏吊养生长试验研究[J]. 齐鲁渔业, 2006, 23(9): 20-22.
Yu Zhibao, Shi Yongbo, Jiang Chengbin, et al. Experiment on the rearing technique of *Scapharca broughtonii* suspending on float raft[J]. Shandong Fisheries, 2006, 23(9): 20-22.
- [22] 周玮, 薛真福, 王有君, 等. 魁蚶海区采苗的技术要点[J]. 水产科学, 1992, 11(2): 18-20.
Zhou Wei, Xue Zhenfu, Wang Youjun, et al. Ark-shell sea mining techniques of seedling[J]. Fishery Sciences, 1992, 11(2): 18-20.
- [23] 周玮, 薛真福, 王有君, 等. 魁蚶海区采苗技术研究[J]. 水产科学, 1995, 14(3): 20-21.
Zhou Wei, Xue Zhenfu, Wang Youjun, et al. Study on the technology of mining area of ark-shell seedlings[J]. Fishery Sciences, 1995, 14(3): 20-21.
- [24] 董云伟, 董双林. 刺参对温度适应的生理生态学研究进展[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2009, 39(5): 908-912.
Dong Yunwei, Dong Shuanglin. Advances of ecological physiology in sea cucumber, *Apostichopus japonicus* Selenka[J]. Periodical of Ocean University of China(自然科学版), 2009, 39(5): 908-912.
- [25] 顾成柏, 焦自芸. 魁蚶控温人工苗种培育技术探索与研究[J]. 齐鲁渔业, 2010, 27(7): 16-17.
Gu Chengbai, Jiao Ziyun. Research and technology to explore the cultivation temperature control artificial seed of *Scapharca broughtonii*[J]. Shandong Fisheries, 2010, 27(7): 16-17.
- [26] Yang Hongsheng, Zhou Yi, Zhang Tao, et al. Effects of body size and watertemperature on food consumption and growth in the sea cucumber *Apostichopus japonicus*(Selenka) with special reference to aestivation[J]. Aquaculture Research, 2005, 36(11): 1085-1092.
- [27] Somero G N. Thermal physiology and verticalzonation of intertidal animals: optima, limits, andcosts of living[J]. Integrative and Comparative Biology, 2002, 42(4): 780-789.
- [28] 尤仲杰, 徐善良, 边平江, 等. 海水温度和盐度对泥蚶幼虫和幼贝生长及存活的影响[J]. 海洋学报, 2001, 23(6): 108-113.
You Zhongjie, Xu Shanliang, Bian Pingjiang, 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.
- [29] 尤仲杰, 陆彤霞, 马斌, 等. 温度对墨西哥湾扇贝幼虫和幼贝生长与存活的影响[J]. 水产科学, 2003, 22(1): 8-10.
You Zhongjie, Lu Tongxia, Ma Bin, et al. The temperature on the growth and survival of *Argopecten irradians concentricus* larvae and juveniles[J]. Fisheries Science, 2003, 22(1): 8-10.
- [30] 孙日东. 人工筏式养殖魁蚶[J]. 中国水产, 1990, (5): 34.
Sun Ridong. Artificial raft culture ark-shell[J]. China Fisheries, 1990, (5): 34.
- [31] 张起信. 魁蚶的人工底播增殖[J]. 海洋科学, 1991, 15 (6): 3-4.
Zhang Qixin. Artificial bottom sowing proliferation of ark-shell[J]. Marine Sciences, 1991, 15 (6): 3-4.

Effects of temperature on the growth and survival of three different specifications of *Scapharca broughtonii* under experimental conditions

HAO Shi-xin^{1, 2}, LIU Guang-bin³, WANG Xiao-tong⁴, LIU En-fu³, ZHANG Tian-wen³, JING Yuan-yuan³, GUO Wen³

(1. College of Fisheries and Life Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shandong Marine Resources and Environment Research Institute, Yantai 264006, China; 3. Marine Biology Institute of Shandong Province, Qingdao 266104, China; 4. School of Agriculture, Ludong University, Yantai 264025, China)

Received: Jul. 14, 2017

Key words: *Scapharca broughtonii*; specification of ark-shell seedling; temperature; growth; survival rate

Abstract: Within the indoor temperature range from 6°C to 24°C and by 3°C gradient, shell length, body mass daily

growth and survival are regarded as observed indicators. The text study the effects of different temperature for different specifications chief cockle on the growth and survival of the larvae and suitable, appropriate and optimum growth temperature of three sizes of *Scapharca broughtonii* seedlings (small size shell length 6.565 mm±0.225 mm, body mass 53.704 mg±5.830 mg; medium size shell length 10.114 mm±0.446 mm, body mass 181.918 mg±24.797 mg; large size shell length 14.725 mm±0.315mm, body mass 562.416 mg±42.791 mg). The result shows that three kinds of seedlings could grow from 6 to 24°C in seawater, but in the water temperature 6 and 24 centigrade, the shell length and body mass daily growth rate of three kinds of specifications is lower. Under the water temperature of 9°C, the survival rate of three seedlings is the highest, when the water temperature is 24°C, the survival rate of the larvae of different specifications is the lowest; In the water temperature 6~21°C environment, the survival rate increases with the specifications increased, and it is lower with the specifications increased in 24°C. The suitable temperature for the growth of small, medium and large-sized larvae is 10.7~22.3°C, 6.9~23.2 °C, 3.7~23.3°C, respectively. The more appropriate growth temperature of small, medium and large-sized seedlings is 14.3~19.5°C, 15.8~21.6°C, 11.5~21.0°C, respectively. The optimum growth temperature of small and medium size seedlings is 18 °C, the temperature of the large size of the seedlings is 15°C. Conclusion, with the increase of the specifications, the suitable growth temperature range of the larvae is prolonged and the optimum growth temperature is reduced, the study determined the ark-shell larvae suitable growth temperature, provide theoretical support to carry out arkshell intermediate cultivation and bottom sowing proliferation more effectively.

(本文编辑: 刘珊珊)