

Preliminary Study on the Adaptability and Feeding Rate of *Anodonta woodiana* in Low Salinity Environment

Ge Jiang¹, Qi Jiang¹, Hui Shen^{1*}, Xihe Wan¹, Yi Qiao¹, Xianping Fan^{1,2}, Jie Cheng¹, Yali Qin¹, Jing Shen¹

¹Jiangsu Institute of Marine Fisheries, Nantong Jiangsu

²Jiangsu Ocean University, Nantong Jiangsu

Email: *darkhui@163.com, 18751322127@163.com

Received: May 13th, 2020; accepted: May 29th, 2020; published: Jun. 5th, 2020

Abstract

In order to explore the physiological response of *Anodonta woodiana* under different environmental conditions, the physiological activities and ingestion rates of *Anodonta woodiana* under 2 temperature levels (25°C, 30°C) and 4 salinity grids(0, 2, 2.5, 5,10) were observed and compared. The results showed that the survival rate of *Anodonta woodiana* was 100% at 25°C in the salinity of 0 and 2.5 and 5; when the salinity is 10, the 24 h survival rate was 77% and the 48 h survival rate was 62%. When the temperature was set at 30°C, the survival rate was 42%(in fresh water), 29%(salinity of 2.5) and 0(salinity of 5 and 10) respectively after 24 h, and the survival rate was all 0 after 48 h at 4 levels of salinity. Under each test salinity, the survival rate of individuals in the 25°C experimental group was significantly higher than that in the 30°C experimental group ($P < 0.05$). At 25°C and 30°C, ingestion rates increased with increasing salinity, reaching peak levels when the salinity increased to a certain point, then dropped following increasing salinity. At a salinity of 2.5, the ingestion rates reached its peak. And at the same salinity, the ingestion rates were higher at 25°C than at 30°C. Therefore, the salinity range of *Anodonta woodiana* is 0~5. The physiological state of *Anodonta woodiana* at 25°C, including ingestion, is better than that at 30°C, and the maximum ingestion rates occur at a salinity of 2.5.

Keywords

Anodonta woodiana, Salinity, Physiological Activity, Temperature, Ingestion Rate

背角无齿蚌在低盐度环境下的适应性及摄食率初步研究

*通讯作者。

文章引用: 蒋葛, 姜琦, 沈辉, 万夕和, 乔毅, 范贤平, 成婕, 秦亚丽, 沈静. 背角无齿蚌在低盐度环境下的适应性及摄食率初步研究[J]. 水产研究, 2020, 7(2): 93-99. DOI: 10.12677/ojfr.2020.72013

蒋葛¹, 姜琦¹, 沈辉^{1*}, 万夕和¹, 乔毅¹, 范贤平^{1,2}, 成婕¹, 秦亚丽¹, 沈静¹

¹江苏省海洋水产研究所, 江苏 南通

²江苏海洋大学, 江苏 南通

Email: darkhui@163.com, 18751322127@163.com

收稿日期: 2020年5月13日; 录用日期: 2020年5月29日; 发布日期: 2020年6月5日

摘要

为探索背角无齿蚌(*Anodonta woodiana*)在不同环境条件下生理响应, 对背角无齿蚌在不同温度(25℃、30℃)、盐度条件(0、2.5、5、10)下的生理活动和摄食率进行了观察与比较。实验结果发现, 在25℃条件下, 盐度为0、2.5、5时, 背角无齿蚌成贝存活率为100%; 盐度10时, 24 h存活率77%, 48 h存活率62%; 在30℃条件下, 盐度0时, 24h存活率为42%, 盐度2.5时, 24 h存活率为29%, 盐度5时, 24 h存活率为0, 盐度10时, 24 h存活率为0, 各试验盐度下48 h存活率为0。实验结果表明, 在25℃条件下, 各盐度组的个体存活率都显著高于30℃实验组($P < 0.05$)。25℃和30℃下, 随盐度升高, 背角无齿蚌的摄食率呈现先增长后下降的抛物线趋势, 最适盐度为2.5。且相同盐度下, 25℃时蚌的摄食率比30℃高。因此, 背角无齿蚌适宜生存的盐度范围为0~5, 25℃时背角无齿蚌包括摄食在内的生理状态优于30℃时, 盐度2.5时出现最大摄食率, 背角无齿蚌受温度的影响要显著高于盐度的影响。

关键词

背角无齿蚌, 盐度, 生理活动, 温度, 摄食率

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, 随着南美白对虾半咸水养殖规模的逐年扩增, 随之因养殖尾水带来的生态损害已严重影响其可持续发展。目前, 全国各省市相继出台了池塘养殖水排放强制要求, 养殖尾水达标排放已是大势所趋。在已有的水处理技术中以物理方法、化学方法和微生物方法, 生物方法最为常见, 但需要投入较高的使用成本, 而通过植物、滤食性贝类等物种来实现养殖水净化处理可以极大地降低水体净化成本, 日益得到对虾养殖产业的关注。南美白对虾小棚养殖水为低盐度的半咸水, 筛选特定的滤食贝类对健康养殖具有积极意义。

近年来滤食性动物越来越多地被应用于水质的处理, 尤其是滤食性贝类因可滤食浮游植物、有机碎屑等悬浮颗粒, 可增加水体透明度, 改善水质, 已广泛应用[1] [2] [3] [4]。荷兰的一些浅水湖泊的生态修复中运用了斑马贻贝(*Dreissena polymorpha*); 太湖蠡湖和上海金山城市沙滩人工湖水体的生态修复中也运用了滤食性河蚌进行水体净化处理[5] [6] [7] [8]。除滤食外, 河蚌的呼吸、分泌、排泄等生理活动, 也可显著释放并快速降解水中营养盐浓度[9] [10] [11] [12]。将滤食性动物养殖与半咸水投喂式水产养殖相结合, 滤食性动物在养殖环境中被称为“生物过滤器”, 具有高效地改善养殖环境的作用。因此筛选一种滤食性动物对于半咸水循环水养殖具有良好的应用价值。

盐度和温度是影响生长存活的最重要影响因素, 关于盐度对贝类的生长、摄食研究主要集中在海水种类, 如扇贝、缢蛏、文蛤、牡蛎、细角螺等, 而淡水贝类在不同盐度下的生理生态研究甚少[13]-[18]。从容和林楠等先后研究了盐度对三角帆蚌幼贝生长和对三角帆蚌成贝摄食的影响, 已有的研究表明不同动物的生理盐水浓度不尽相同, 其浓度与体内渗透压应保持一致[19] [20]。背角无齿蚌是我国特有淡水品种, 广泛分布于我国内陆水域, 具有食用和育种等功能。此外背角无齿蚌能够有效降低水体中的叶绿素 a、悬浮物、化学需氧量、悬浮态氮和总磷含量。陈报修等将背角无齿蚌用于养鱼水体的净化, 能够显著降低水体的浊度、TN、NO₃⁻-N 和 TP 含量[21]。丁涛等为了净化滇池水质, 对背角无齿蚌进行了试验取得了良好的效果[22]。目前, 背角无齿蚌还未有用于半咸水养殖水体净化处理的报道。

本实验选取了不同盐度的试验咸水对背角无齿蚌进行了盐度耐受试验, 观察了不同盐度条件下的生理活动状态和存活情况, 以期开展背角无齿蚌对半咸水养殖水体净化提供参考, 同时为其生理生态学研究积累基础资料。

2. 材料与方法

2.1. 实验材料

2.1.1. 实验贝类

实验所需背角无齿蚌采自南通地区。实验贝取回后, 去除其表面附着物, 挑选无损伤、有活力个体置于水族箱内暂养, 暂养至其无杂物排出。暂养水为曝气 24 h 的自来水。温度与盐度胁迫实验贝类, 按下表 1 分组, 每组 20 只贝, 3 组平行。摄食率试验按照表 1 分为 8 组, 每组试验贝湿总质量 400~500 克。

Table 1. Shell length and weight of temperature and salinity test samples

表 1. 温度与盐度试验样品的壳长与体重

温度	盐度	壳长/cm	体重/g
25°C	0	12.07 ± 0.76	142.58 ± 28.30
	2.5	12.25 ± 0.10	158.33 ± 13.22
	5	12.87 ± 2.37	164.57 ± 09.68
	10	12.39 ± 1.77	154.68 ± 16.46
30°C	0	12.28 ± 1.11	157.40 ± 32.66
	2.5	12.37 ± 1.48	156.47 ± 24.63
	5	12.58 ± 1.30	160.34 ± 16.24
	10	12.68 ± 2.10	159.02 ± 12.71

2.1.2. 实验藻类

蛋白核小球藻为实验室保藏藻种, 使用 BG11 培养基于锥形瓶中无菌培养。锥形瓶置于恒温培养箱的摇床中(60 rpm), 培养温度保持(25 ± 0.5)°C, 12 h 光照, 12 h 黑暗。

2.2. 实验方法

2.2.1. 温度与盐度胁迫

将实验蚌平均分成 8 组, 各组生物学参数见表 1。以蒸馏水和浓缩海水配置盐度为 0、2.5、5、10, 4 个梯度的试验液, 设置两个温度梯度, 分别为 25°C 和 30°C, 以曝气蒸馏水作为空白对照组。置于 100 L 的塑料水箱中, 每个烧杯中加 70 L 试验液, 每组设置 3 个平行样。实验前 2 d 将背角无齿蚌转入实验室玻璃槽中, 停止喂食, 日换水 2 次, 每次换水量为 1/3。实验在水箱中进行, 实验期间连续充气。试验在

光照培养箱中进行。在试验开始后, 2 h, 12 h, 24 h, 48 h 观察背角无齿蚌的生理活动, 统计存活率。以双壳张开, 且无斧足运动为死亡评判标准。

2.2.2. 摄食率测定

实验前将实验藻类在相应盐度下培养 7 d, 实验前一天将实验贝放入淡水藻液中适应环境。实验藻液浓度为 $3 \cdot 10^5$ cells/mL。将相应盐度的无贝藻液置于实验温度下作对照, 用以检测实验期间藻类的生长情况。 t 时间后, 从容器中取 5 mL 食物溶液固定保存于 4°C 下, 用血球计数板于显微镜下计数, 计算摄食率。

摄食率测算依据曹善茂等[23]使用的方法, 计算公式如下:

$$IR = V \cdot [C_o - C_t - (C_o \cdot S_d)] / (N \cdot t)$$

$$S_d = (C'_o - C'_t) / C'_o$$

式中, IR 为单位体质量的滤食率[个/(g·h)]; C_o (C'_o) 和 C_t (C'_t) 分别为试验开始和结束时试验组(对照组)水中的藻类密度(个/mL), 藻类密度通过使用血球计数板定量测算, 每次取样 $5 \mu\text{L}$, 测算 3 次; V 为试验水体体积(L); S_d 为对照组饵料变化系数; N 为试验贝个数; t 为试验时间(h)。

3. 结果

3.1. 温度与盐度胁迫

25°C 时, 在盐度 0、2.5 及 5 试验条件下其 48 h 存活率均为 100%, 盐度 10 时, 12 h 出现死亡, 试验时间的增加, 存活率逐渐下降, 48 h 存活率为 61.67%; 30°C 时, 盐度 0 和 2.5 试验组在 12 h 出现死亡, 存活率分别为 83.33% 和 78.33%, 随试验时间延长, 存活率下降, 48 h 两组存活率均为 0; 盐度 5 和盐度 10 试验组 2 h 出现死亡, 存活率为 83.33% 和 61.67%, 24 h 存活率均为 0 (图 1)。

相同盐度不同温度下, 背角无齿蚌表现出不同程度的生理活动。各试验盐度下, 25°C 时背角无齿蚌生理状态优于 30°C 。 25°C 下, 不同试验组蚌的生理活动基本正常, 盐度 10 试验组蚌斧足运动和肠道蠕动减弱; 而 30°C 条件下, 蚌的生理活动明显减弱, 双壳关闭, 斧足运动微弱。

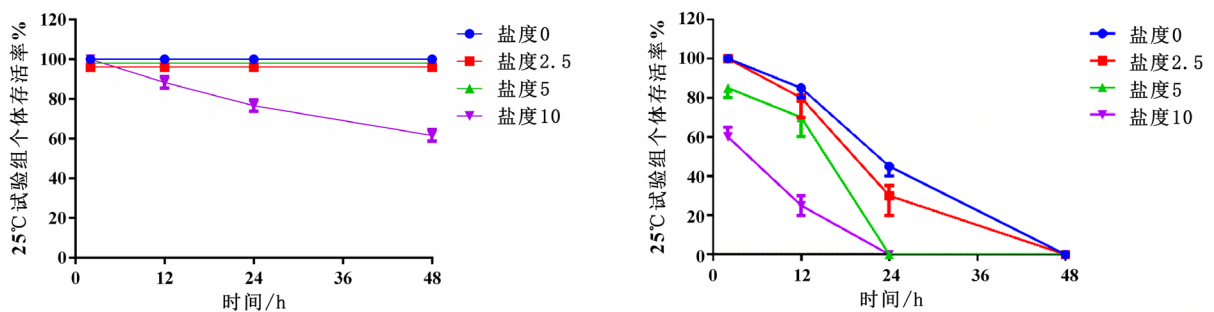


Figure 1. Individual survival rates in different experimental groups

图 1. 不同试验组个体存活率

3.2. 摄食率

实验发现, 在 25°C 和 30°C 条件下, 背角无齿蚌的摄食率都呈现先增长后下降的抛物线趋势, 其中盐度为 2.5 时, 摄食率达到最高峰, 盐度 10 下摄食率最低。且相同盐度下, 25°C 时蚌的摄食率比 30°C 高, 表明温度对背角无齿蚌摄食率有一定影响(图 2)。

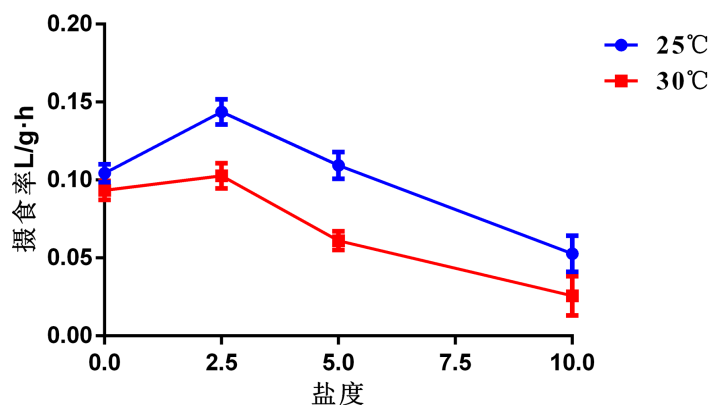


Figure 2. Ingestion rate determination
图 2. 摄食率测定

4. 讨论

本课题组在前期调研中发现, 江苏南部沿海南美对虾养殖水的盐度约 5, 在此盐度条件下海水贝类如文蛤、花蛤和下行适应能力较差, 在综合比较盐度耐受性、易得性及性价比后, 选择背角无齿蚌做进一步地耐温、耐盐性研究。本研究发现, 背角无齿蚌成贝在 25℃ 时能耐受 5 的盐度, 存活率能达到 100%, 最适盐度为 2.5, 对 30℃ 的水体环境耐受力比较差。由此表明, 温度对于背角无齿蚌的影响要高于盐度。温度是影响背角无齿蚌生存的显著因素, 本文认为, 背角无齿蚌在 30℃ 下的生存状态不佳, 25℃ 的生存状态比较理想。南美对虾小型温棚养殖水体温度要高于 25℃, 夏季要高于 30℃, 并且对虾养殖密度较大, 不宜原位投放背角无齿蚌, 适宜使用背角无齿蚌进行异位净化水体。温度对壳黑长牡蛎幼虫存活率也具有显著影响, 实验温度范围为 20℃~33℃, 33℃ 时存活率最低, 20℃ 存活率最高[24]。王成东等发现, 18℃~34℃ 试验条件下, 26℃ 下薄片镜蛤孵化后存活率最高, 34℃ 最低[25]。

贝类是变渗透压动物, 外界环境盐度过高或过低引起贝类体内渗透压变化, 渗透压机制的维持要消耗生物能量, 影响能量的分配。不适的盐度影响贝类的附着力, 影响鳃纤毛的运动以及心脏的跳动等[23][26]。而适量的盐度能减少其体内外环境的渗透压之差, 从而减少其渗透压调节时的能量损失, 提高新陈代谢能力, 促进水生动物的生长。已有研究认为不同水生动物的适宜生存盐度不尽相同。因此, 背角无齿蚌成贝适宜盐度在 5 以下, 但能耐受盐度 5 左右的环境。背角无齿蚌在盐度急性和慢性胁迫下的生理反应, 以及持续时间和适应策略之间的关系, 有待进一步研究。

贝类摄食活力受外界因素影响很大。当外界环境发生变化时, 贝类会做出适当的反应来适应环境变化。一旦外界环境盐度超出贝类的适应范围, 将会影响贝类包括摄食在内的正常生理活动。本研究发现, 盐度低于 2.5 时, 背角无齿蚌的摄食率与水体盐度呈正相关, 当盐度高于 2.5 时, 呈负相关。这可能是由于高盐度环境使淡水贝类体内渗透压发生了变化, 贝类关闭进出水管或者贝壳, 从而将机体与高盐度环境相隔离, 降低贝类与外界水体的交换能力, 导致其摄食活动的减弱[27]。吕昊泽等发现, 盐度 0~5 时, 淡水贝类河蚬达到最大摄食率, 盐度大于 5, 摄食率显著下降。笔者认为, 在低盐环境下, 虽然滤食性贝类摄食率降低, 但是可以通过增加消化率、吸收率以及降低基础代谢来维持生命活动。但盐度过高, 超过背角无齿蚌本身的生理调控范围, 就会造成其不摄食, 最终导致背角无齿蚌的死亡。

温度对背角无齿蚌正常摄食有一定影响。在一定的适宜温度范围内, 摄食率随着温度的升高而加大, 到一定温度时达到最大值, 其后温度再升高, 摄食率下降[26][27]。不同种贝类达到最大摄食率的温度不同。本研究发现, 背角无齿蚌在 25℃ 时的摄食率优于 30℃, 差异较大。海湾扇贝、太平洋牡蛎在 29℃ 时

摄食率达到最大值, 菲律宾蛤仔在 22℃ 时的摄食率达到最大值, 张许峰等发现背角无齿蚌摄食率达到最大值时的温度为 25℃, 这与本文研究结果一致[28] [29] [30]。但是吴庆龙等通过原位实验研究背角无齿蚌对浮游藻类的摄食率, 发现其最大摄食率出现的温度为 30℃ [31]。实验结果的差异可能在于试验环境和试验技术的不同造成的。不同贝类的摄食率的最适温度有所不同, 一方面是种间差异, 另一方面是贝类对变化的环境具有生理适应性。不同种类贝类的摄食率的最适温度的差异, 提示我们在通过贝类滤食作用净化水体时, 适当地调节环境温度, 到达最佳的净化效率。

基金项目

江苏省渔业科技类项目 Y2018-14; 南通市科技项目 GJZ17077; 中央引导地方科技发展专项基金 YDZX20173200001267; 江苏省渔业科技类项目 D2018-1。

参考文献

- [1] Horgan, M.J. and Mills, E.L. (1997) Clearance Rates and Filtering Activity of Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*): Implications for Freshwater Lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **54**, 249-255. <https://doi.org/10.1139/f96-276>
- [2] Reeders, H.H. and Vaate, A.B.D. (1990) Zebra Mussels (*Dreissena polymorpha*): A New Perspective for Water Quality Management. *Hydrobiologia*, **200-201**, 437-450. <https://doi.org/10.1007/BF02530361>
- [3] 吴中奎, 邱小常, 张修峰, 等. 富营养化浅水湖泊生态修复中背角无齿蚌(*Anodonta woodiana*)对水质改善的影响[J]. 湖泊科学, 2018, 30(6): 142-147.
- [4] Ismail, N.S., Dodd, H., Sassoubre, L.M., et al. (2015) Improvement of Urban Lake Water Quality by Removal of *Escherichia coli* through the Action of the Bivalve *Anodonta californiensis*. *Environmental Science & Technology*, **49**, 1664-1672. <https://doi.org/10.1021/es5033212>
- [5] Mayer, C.M., Keats, R.A., Rudstam, L.G., et al. (2002) Scale-Dependent Effects of Zebra Mussels on Benthic Invertebrates in a Large Eutrophic Lake. *Journal of the North American Benthological Society*, **21**, 616-633. <https://doi.org/10.2307/1468434>
- [6] Dijk, G.M.V. and Donk, E.V. (1991) Perspectives for Submerged Macrophytes in Shallow Lake Restoration Projects in the Netherlands. *Hydrobiological Bulletin*, **24**, 125-131. <https://doi.org/10.1007/BF02260429>
- [7] Ye, W.-J. and Chen, Y.-Q. (2014) Ecological Restoration and Effective Assessment of an Artificial Lagoon in City Beach of Jinshan District in Shanghai. *Fisheries Science*, **33**, 844-849.
- [8] And, G.N. and Steinman, A.D. (2014) Influence of Ecosystem Engineers on Ecosystem Processes Is Mediated by Lake Sediment Properties. *Oikos*, **123**, 500-512. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2013.00978.x>
- [9] Conroy, J.D., Edwards, W.J., Pontius, R.A., et al. (2005) Soluble Nitrogen and Phosphorus Excretion of Exotic Freshwater Mussels (*Dreissena* spp.): Potential Impacts for Nutrient Remineralisation in Western Lake Erie. *Freshwater Biology*, **50**, 1146-1162. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2005.01392.x>
- [10] Higgins, S.N. and Zanden, M.J.V. (2010) What a Difference a Species Makes: A Meta-Analysis of Dreissenid Mussel Impacts on Freshwater Ecosystems. *Ecological Monographs*, **80**, 179-196. <https://doi.org/10.1890/09-1249.1>
- [11] Zhang, X., Liu, Z., Jeppesen, E., et al. (2014) Effects of Deposit-Feeding Tubificid Worms and Filter-Feeding Bivalves on Benthic-Pelagic Coupling: Implications for the Restoration of Eutrophic Shallow Lakes. *Water Research*, **50**, 135-146. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.12.003>
- [12] Cai, L.Z., Hwang, J.S., Dahms, H.U., et al. (2014) Effect of the Invasive Bivalve *Mytilopsis sallei* on the Macrofaunal Fouling Community and the Environment of Yundang Lagoon, Xiamen, China. *Hydrobiologia*, **741**, 101-111. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2012-4>
- [13] 何义朝, 张福绥. 盐度对海湾扇贝不同发育阶段的影响[J]. 海洋与湖沼, 1990, 21(3): 197-204.
- [14] 杜美荣, 方建光, 葛长宇, 等. 盐度和饵料密度对栉孔扇贝稚贝滤水率的影响[J]. 渔业科学进展, 2009, 30(3): 74-78.
- [15] 林笔水, 吴天明. 温度与盐度和缢蛭幼体生存、生长及发育的关系[J]. 水产学报, 1990, 14(3): 171-178.
- [16] 陈冲, 王志松. 盐度对文蛤孵化及幼体存活和生长的影响[J]. 海洋科学, 1999, 23(3): 16-18.
- [17] 薛凌展, 阙华勇, 张国范, 等. 盐度对近江牡蛎幼虫生长及存活的影响[J]. 海洋科学, 2007, 31(9): 73-77.

- [18] 许章程, 金亮, 宋普庆, 等. 温度和盐度与细角螺幼体生存、生长及发育的关系[J]. 应用海洋学报, 2009, 28(2): 266-271.
- [19] 从容. 盐度对三角帆蚌幼蚌生长的影响[J]. 东海海洋, 1991(1): 48-53.
- [20] 彭建华, 陈文祥, 栾建国, 等. 温度、pH 对二种淡水贝类滤水率的影响[J]. 动物学杂志, 2004, 39(6): 2-6.
- [21] 陈修报, 刘洪波, 苏彦平, 等. 背角无齿蚌对养鱼水体的净化效果[J]. 环境工程学报, 2015, 9(4): 1757-1762.
- [22] 丁涛, 李林, 彭亮, 等. 背角无齿蚌摄食率及对水中叶绿素 a 清除能力的研究[J]. 水生生物学报, 2010, 34(4): 779-786.
- [23] 曹善茂, 梁伟锋, 汪健, 等. 岩扇贝幼贝滤食率的基础研究[J]. 大连海洋大学学报, 2016, 31(6): 612-617.
- [24] 许岚, 李琪, 孔令锋, 等. 温度和盐度对壳黑长牡蛎幼虫生长和存活的影响[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2017, 47(8): 44-50.
- [25] 王成东, 聂鸿涛, 张兴志, 等. 温度和盐度对薄片镜蛤孵化及幼虫生长与存活的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2014, 29(4): 364-368.
- [26] 李庭古, 马牲. 不同盐度对克氏螯虾幼虾代谢率的影响[J]. 海洋湖沼通报, 2009(3): 174-178.
- [27] Navarro, J.M. (1988) The Effects of Salinity on the Physiological Ecology of *Choromytilus chorus* (Molina, 1782) (Bivalvia: Mytilidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **122**, 19-33.
[https://doi.org/10.1016/0022-0981\(88\)90209-2](https://doi.org/10.1016/0022-0981(88)90209-2)
- [28] 王芳. 菲律宾蛤仔和栉孔扇贝的呼吸与排泄研究[J]. 水产学报, 1997, 21(3): 252-257.
- [29] 董波, 薛钦昭. 环境因子对菲律宾蛤仔摄食生理生态的影响[J]. 海洋与湖沼, 2000, 31(6): 636-642.
- [30] 张许峰. 四种淡水贝摄食率和耗氧率的实验研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2007.
- [31] 吴庆龙, 陈宇炜, 刘正文. 背角无齿蚌对浮游藻类的滤食选择性与滤水率研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2423-2427.