

山东缢蛭人工繁育试验及高盐对幼虫生长的影响

崔玉龙¹, 姜珊¹, 吴彪², 曹伟^{2,3*}, 于贞贞⁴, 陈聪聪⁴, 赵磊⁴

(1. 荣成市海洋经济发展中心, 山东荣成 264300; 2. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东青岛 266071; 3. 浙江海洋大学国家海洋设施养殖工程技术研究中心, 浙江舟山 316022; 4. 东营市海洋发展研究院, 山东东营 257091)

摘要 研究了山东地区缢蛭人工繁育过程及盐度对幼虫生长的影响。结果发现, 山东地区能够顺利培育缢蛭苗种, 其受精卵在 23 °C 条件下发育 24 h 便可进入 D 形幼虫阶段, 浮游期约为 8 d, 每天生长约 15 μm, 变态后生长速度稳步加快; 将幼虫在 14、21、28 盐度梯度下培育发现, 随着盐度的升高, 其壳长生长速率显著下降 ($P < 0.05$)。该研究结果可为山东地区开展缢蛭人工繁育提供参考。

关键词 缢蛭; 人工繁育; 盐度; 幼虫; 生长

中图分类号 S968.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)07-0085-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.07.021



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Experiment on Artificial Propagation and Effect of High Salinity on Larvae Growth of *Sinonovacula constricta* in Shandong

CUI Yu-long¹, JIANG Shan¹, WU Biao² et al (1. Rongcheng Marine Economic Development Center, Rongcheng, Shandong 264300; 2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, Shandong 266071)

Key words The artificial breeding process of razor clams in Shandong and the effects of salinity on the growth of larvae were studied. The results showed that razor clam could be successfully propagated in Shandong, and their fertilized eggs could enter the D-shaped larval stage after 24 h of development at 23 °C. The larval stage was about 8 days, with a growth rate of about 15 μm per day, and the growth rate steadily accelerated after larval stage; the larvae were bred under three salinity of 14, 21 and 28, and it was found that the shell length growth rate decreased significantly with the increase of salinity ($P < 0.05$). The results of the study provide a reference for the artificial propagation of razor clams in Shandong.

Key words *Sinonovacula constricta*; Artificial propagation; Salinity; Larvae; Growth

缢蛭(*Sinonovacula constricta*)为软体动物,属瓣鳃纲帘蛤目竹蛭科,常栖息于河口有淡水注入的软泥底质中,是我国传统的四大海水养殖贝类之一。缢蛭广泛分布于中国、日本和朝鲜等国的沿海地区^[1],在我国浙江、福建的贝类养殖中占有重要地位。

近年来,缢蛭养殖业呈快速稳定发展趋势,养殖区域从浙江、福建向周边的江苏、山东、广东等省份迅速扩展^[2]。山东东营、滨州、青岛缢蛭养殖规模不断扩大,成为北方滩涂养殖的新亮点^[3]。但缢蛭人工繁育主要集中在浙江、福建两地,山东地区的养殖苗种均来自南方,尚无缢蛭苗种规模化人工繁育的相关报道。海阳市渔业技术推广站分析比较了北方自然繁殖的苗种与浙江苗种,发现北方苗种更加适应当地自然环境,养殖经济效益比南方苗种更具优势,可避免长途运输苗种,减少投资,降低养殖成本^[4]。随着缢蛭在山东养殖规模的不断扩大,亟需开展苗种规模化、本土化生产。

盐度是影响贝类生长发育及新陈代谢的重要环境因子^[5]。牡蛎和贻贝等大多数瓣鳃纲贝类具有密封且坚厚如石的壳来保护柔软的身体,而拥有两片薄而不封闭的壳的缢蛭选择了深挖洞的生活方式^[6-7],这导致缢蛭最先面临水体盐度波动、氨氮上升和溶氧下降等不利环境。因此,缢蛭是研究应激反应和适应的理想生物。林笔水等^[8-9]研究了不同

盐度下缢蛭幼虫生存、生长及发育状况,发现缢蛭幼虫对盐度的变化很敏感,高盐度海水会使其存活率较低、生长缓慢、无法变态等,且长期生活在较高盐度海域的缢蛭所繁衍的幼虫对高盐的耐受能力强于低盐耐受能力。缢蛭适应盐度范围是 4~28^[10],最适盐度范围为 15~25^[11]。蛭体大小不同,对盐度的适应能力略有不同,相对而言,小蛭更耐淡,大蛭更耐咸^[10]。然而在实际生产过程中,缢蛭的人工育苗和养殖经常受到高盐度海水的影响。为此,笔者开展了山东本地缢蛭的工厂化苗种繁育关键技术摸索,同时研究了不同盐度下幼虫的生长情况,以期为山东地区缢蛭本土化规模繁育提供基础资料和参考。

1 材料与方法

1.1 亲贝采集与催产 缢蛭亲贝于 9 月中旬取自烟台莱阳五龙河入海口处。于低温、阴干条件下运回育苗场后,选择壳表无损伤、无附着物且壳长 5 cm 以上的个体为亲贝,持续阴干至 22:00 之后移至产卵池充气刺激,产卵池水温 23 °C、盐度 14,持续充气刺激至翌日 02:00 后便可产卵。

1.2 幼虫培育 缢蛭受精卵发育 24 h 后,大部分可达到 D 形幼虫阶段,挑选健康、活力好且上浮的幼虫转至育苗池培育,培育密度为 10 ind/mL,保持水温 23 °C,每日早晚换水,换水量为 50%,换水后投喂等鞭金藻(*Isochrysis galbana*)和牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri*)。

1.3 幼虫附着 在 1/3 幼虫出现眼点并有伸足现象时移入附苗池,利用去除杂质并消毒后的细沙作为附着基。

1.4 稚贝培育 稚贝初始培育密度为 2×10^6 颗/m²,随着个体的生长而逐渐降低,一般 8 d 降低密度 50%。每日早晚换水,换水量为 80%。每日投饵 2~4 次。

基金项目 宁波市“科技创新 2025”重大专项(2019B10005);宁波市重大科技攻关暨“揭榜挂帅”项目(2021Z114)。

作者简介 崔玉龙(1981—),男,山东威海人,工程师,从事水产养殖研究。

* 通信作者,硕士,主要从事贝类遗传育种与繁育工作。

收稿日期 2022-04-07; **修回日期** 2022-05-12

1.5 不同盐度培育幼虫试验 试验盐度使用海水和曝气 24 h 的自来水配制,设置 14、21、28 3 个盐度,每组 3 个生物学重复,水温保持 20 ℃ 以上。受精卵发育 24 h 后移入各盐度养殖池中,幼虫培育期间每 2 d 利用显微镜测量缢蛏幼虫壳长。

1.6 数据分析 试验数据采用 Excel 2019 进行统计和作图分析,采用 SPSS 26 进行差异显著性检验,显著水平为 0.05 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 幼虫发育前期观察 由图 1 可见,受精 9 h 后胚胎发育至原肠期,长约 70 μm ,植物极细胞内陷形成一个小孔,称为

原口或胚孔,形成原肠胚,24 h 后发育成 D 形幼虫,壳长约 100 μm ,覆盖两片透明的半圆形贝壳,顶端初步形成面盘和纤毛,靠面盘上纤毛的摆动向前游动;D 形幼虫期 2~3 d,形成黄色的消化盲囊,壳长生长至 140 μm ;发育 4 d 的幼虫开始形成壳顶,不甚明显,面盘发达,在静水中能自由游动,壳长约 150 μm ;壳顶幼虫期约有 3 d,贝壳向卵圆形发展,并进一步形成柱状的足原基,消化盲囊变黄褐色,壳长生长至 180 μm ;发育 7 d 的幼虫部分出现眼点,足开始收缩,面盘开始萎缩,壳长约 200 μm ;发育 8 d 的幼虫面盘退化,纤毛环脱落,面盘幼虫期终止,足伸出壳外,内部器官逐渐完善,壳长约为 220 μm (表 1)。

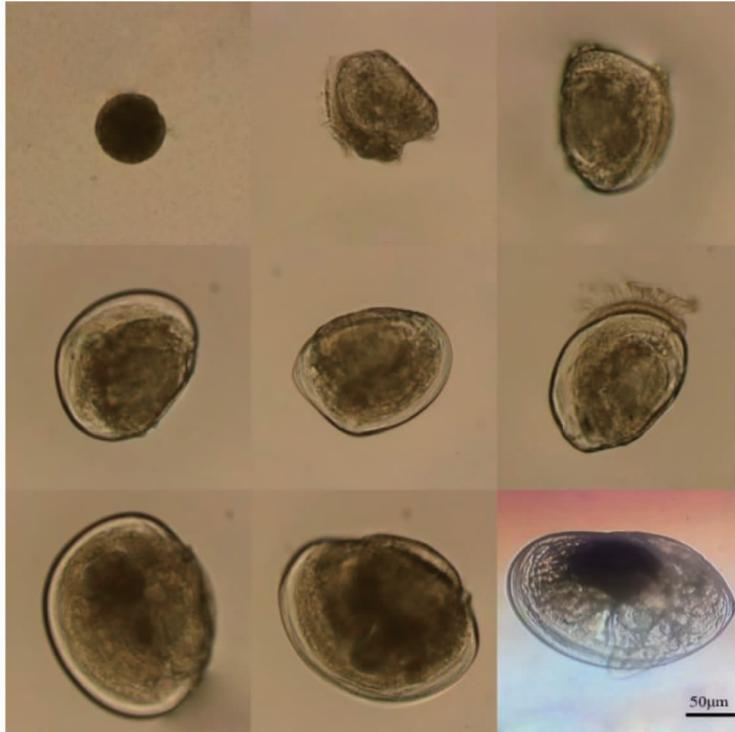


图 1 山东缢蛏幼虫形态

Fig.1 Larval development in the razor clam of Shandong

2.2 幼虫与稚贝的生长 表 1 是缢蛏幼虫和前期稚贝的生长情况。D 形幼虫期生长较快,壳长以每天 20 μm 的速度增长;壳顶幼虫期生长速度减缓,壳长每天生长约 15 μm ;眼点幼虫期生长速度变快,每天生长约 20 μm ;前期稚贝生长速度慢,但生长速度随时间呈稳步增长。

2.3 不同盐度缢蛏幼虫前期生长的影响 盐度对缢蛏幼虫生长的影响如图 2 所示。试验结果表明,随着盐度的升高,其生长速率显著下降($P < 0.05$),盐度 14 组生长最快,试验期间共生长约 120 μm ,增长率约 116%;盐度 21 组生长缓慢,生长约 50 μm ,增长率约 50%;盐度 28 组生长最慢,只生长约 38 μm ,增长率仅 40%。在试验的第 3、5、7、9 天,不同盐度组的平均壳长两两之间均有显著差异($P < 0.05$);在同一盐度组中,不同试验天数的平均壳长两两之间也均有显著差异($P < 0.05$)。试验结果说明,盐度对缢蛏幼虫前期生长存在显著影响。

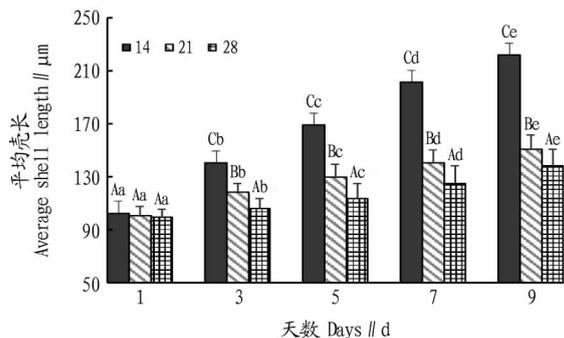
表 1 缢蛏幼虫与稚贝的生长

Table 1 Larval and spat growth in *Sinonovacula constricta*

日龄 Age in days	发育阶段 Develop- ment stage	壳长 Shell length μm
1	D 形幼虫	101.13 \pm 5.94
2		119.37 \pm 6.09
3		140.07 \pm 6.38
4	壳顶幼虫	146.07 \pm 5.32
5		168.33 \pm 5.84
6		178.10 \pm 7.94
7	眼点幼虫	200.70 \pm 8.50
8		219.60 \pm 8.82
15	稚贝	326.00 \pm 15.46
20		422.83 \pm 15.04
25		631.83 \pm 36.82
30		870.17 \pm 132.77

3 讨论

缢蛏作为我国重要的经济贝类,养殖规模不断扩大,近



注:图中不同大写字母代表同一时间不同盐度组间的差异显著($P < 0.05$),不同小写字母代表同一盐度组不同时间下的差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different capital letters represent the expression differences between different salinity groups at the same time ($P < 0.05$), and different small letters represent the expression differences of the same salinity group at different time ($P < 0.05$).

图2 不同盐度下缢蛏幼虫生长情况

Fig. 2 Shell length of *Sinonovacula constricta* larvae cultured at different salinity

些年规模化的人工养殖已北延至山东东营等地,发展前景十分广阔。有关缢蛏人工繁育的试验已有很多报道,福建、浙江在20世纪50年代就开始人工育苗试验,但由于当时大量催产的技术未能解决,仅限于实验室小水体育苗^[12]。至20世纪70年代末,陈文龙等^[13]首次采用循环水池进行缢蛏人工育苗试验,不仅连续4年均获成功,而且其单位水体出苗量都提高数倍;有学者采用流水刺激或冷冻刺激进行大量催产,取得了良好的效果,为人工育苗积累了宝贵的经验^[12]。该研究利用山东本地缢蛏作为亲贝在东营进行了苗种生产试验并获得成功。在20℃、盐度14培育条件下幼虫浮游期约8d,其中D形幼虫期2~3d,壳顶幼虫期约3d,眼点幼虫期约2d。浮游期间壳长平均每天增加约15μm,至200μm左右便可附着变态,25d壳长便可达到600μm的出苗规格。但北方地区的育苗有一定的局限性。北方地区缢蛏繁育催产,须充分了解当地缢蛏繁育生物学^[1,14]自然繁殖习性,谨慎选择育苗开始时间。山东莱阳地区缢蛏的盛产期是8—9月,该研究的亲贝采自9月中旬,其性腺发育较好,是该研究获得成功的重要前提。其次,北方地区自9月昼夜温差变大,特别是进入10月后随时都可能大幅度降温,所以应选择保温性较好的育苗车间。

盐度是海洋生物的重要环境因子。缢蛏在有淡水流入的内湾或河口附近繁殖,在此环境中,理化因子变化较大,特别是盐度变化更为明显,缢蛏幼虫能生活在这样的环境中,说明它是一种广盐而又略偏低盐的种类^[15]。目前,关于盐度对海洋贝类浮游幼虫生长的影响已有很多报道^[16-21],发现盐度对海洋贝类浮游幼虫生长产生了显著影响。与缢蛏有相似生活盐度的近江牡蛎(*Crassostrea ariakensis*),其在高盐胁迫下的幼虫生长严重受限^[5,22],这与该研究得出的随着盐度的升高,缢蛏幼虫生长速率显著下降结果一致。同一试验天数,不同盐度组平均壳长两两之间均有显著性差异;同一

盐度组,不同试验天数平均壳长两两之间也均有显著性差异,这也与林笔水等^[8-9]对福建地区缢蛏幼虫的试验结果相似。因此,在缢蛏育苗过程中,应注重培育盐度的调整和控制,避免高盐度对幼虫的危害。

虽然盐度21、28的高盐环境导致缢蛏幼虫生长变慢,但其壳长依然保持一定程度的生长,初步说明其具有在盐度28甚至更高盐度环境下生长发育的潜力。以上研究表明,缢蛏幼虫对高盐环境的抗性具有一定的可塑性,并且依照林笔水等^[9]的研究,这种耐高盐机制源自遗传变异,这种机制是开展耐高盐缢蛏育种的基础。截至目前,我国已育成缢蛏“申浙1号”^[23]和“甬乐1号”^[24]两个新品种,其分别针对生长性状和耐低盐性状作为育种目标进行选留。迄今无耐高盐新品种的报道。未来有必要开展缢蛏耐高盐性状的遗传学分析,为选育耐高盐缢蛏新品种奠定基础。

参考文献

- [1] 闫红伟,李琪,孔令锋,等. 山东沿海缢蛏的繁殖生物学研究[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2009,39(S1):343-346,352.
- [2] 安贤惠,李联泰. 缢蛏研究现状及发展前景[J]. 科学养鱼,2005(1):4-5.
- [3] 山东东营市垦利县将建东营首家省级缢蛏良种场[J]. 水产养殖,2012,33(3):54.
- [4] 海阳市渔业技术推广站课题组. 南、北方缢蛏苗种在北方养殖的比较研究[J]. 齐鲁渔业,2008,25(4):31-32.
- [5] 卢王梯,关则智,司圆圆. 盐度对近江牡蛎幼虫生长和存活的影响[J]. 江西水产科技,2020(5):8-10.
- [6] MORTON B. The functional morphology of *Sinonovacula constricta* with a discussion on the taxonomic status of the Novaculininae (Bivalvia) [J]. Journal of zoology, 1984,202(3):299-325.
- [7] DONG Y H, ZENG Q F, REN J F, et al. The chromosome-level genome assembly and comprehensive transcriptomes of the razor clam (*Sinonovacula constricta*) [J]. Frontiers in genetics, 2020,11:1-8.
- [8] 林笔水,吴天明. 温度和盐度对缢蛏浮游幼虫发育的影响[J]. 动物学报,1984,30(4):385-392.
- [9] 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.
- [10] 许振祖. 缢蛏[J]. 水产科技情报,1977(2):57-60.
- [11] 吕昊泽,刘健,陈锦辉,等. 盐度对长江口3种滤食性贝类滤水率、摄食率、同化率的影响[J]. 海洋科学,2016,40(8):10-17.
- [12] 金彬明. 关于缢蛏的养殖技术之一:缢蛏人工育苗概况及相关问题探讨[J]. 中国水产,2000(11):41-43.
- [13] 陈文龙,何连金,李秀珠,等. 缢蛏循环水池人工育苗实验报告[J]. 福建水产,1984,6(4):22-29.
- [14] 许振祖,唐崇惕. 缢蛏全人工育苗研究:II. 缢蛏生殖腺的初步研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版),1977,16(2):83-92.
- [15] 林笔水,吴天明. 温度和盐度同缢蛏稚贝存活及生长的关系[J]. 水产学报,1986,10(1):41-50.
- [16] 焦海峰,严巧娜,郑丹,等. 温度和盐度对埋栖性双壳类泥蚶(*Tegillarca granosa*)呼吸、排泄的影响[J]. 海洋与湖沼,2015,46(6):1333-1338.
- [17] 梁玉波,张福绥. 温度、盐度对栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)胚胎和幼虫的影响[J]. 海洋与湖沼,2008,39(4):334-340.
- [18] 王丹丽,徐善良,尤仲杰,等. 温度和盐度对青蛤孵化及幼虫、稚贝存活与生长变态的影响[J]. 水生生物学,2005,29(5):495-501.
- [19] 孟乾,李琪,张景晓. 水温和盐度对长牡蛎“海大1号”早期生长发育的影响[J]. 海洋科学,2017,41(12):32-37.
- [20] 范超,温子川,霍忠明,等. 盐度胁迫对不同发育时期菲律宾蛤仔生长和存活的影响[J]. 大连海洋大学学报,2016,31(5):497-504.
- [21] 李浩浩,于瑞海,杨智鹏,等. 温度和盐度对栉江珧受精卵孵化及早期幼虫生长与存活的影响[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2017,47(4):22-27.
- [22] 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.
- [23] 李家乐,沈和定,牛东红,等. 缢蛏“申浙1号”[J]. 中国水产,2019(8):81-84.
- [24] 缢蛏“甬乐1号”[J]. 中国水产,2021(9):85-90.