

# 几种环境因子对波纹巴非蛤面盘幼虫发育的影响

张鹏飞, 徐小伟, 周 龙, 骆 轩, 游伟伟, 黄妙琴, 虞晋晋, 柯才焕

(厦门大学 海洋与地球学院, 福建省海洋生物资源开发利用协同创新中心, 福建 厦门 361102)

**摘要:** 采用实验生态的方法研究了饵料密度、温度和盐度对波纹巴非蛤面盘幼虫的影响。结果表明, 球等鞭金藻密度为  $3 \times 10^4$  个/mL 是波纹巴非蛤面盘幼虫培育的最佳饵料密度; 面盘幼虫培育的适宜温度为 24~30℃, 最适为 27~30℃; 适宜盐度为 27~33, 最适为 30。实验结果可为建立波纹巴非蛤人工育苗技术参考。

**关键词:** 波纹巴非蛤(*Paphia undulata*); 面盘幼虫; 温度; 盐度; 饵料

中图分类号: P735 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2016)12-0013-06

doi: 10.11759/hyxx20150923001

波纹巴非蛤(*Paphia undulata*)隶属瓣鳃纲(Bivalvia)、帘蛤科(Veneridae)、巴非蛤属(*Paphia*), 俗称“油蛤”, 是一种浅海内湾重要经济贝类, 栖息于热带、亚热带内湾浅海软泥中, 最大栖息水深可达 44 m, 主要分布于中国热带和亚热带沿岸、墨吉群岛、波斯湾、锡兰海岸、阿曼湾、澳大利亚北部的阿拉弗拉海等地<sup>[1]</sup>。该种在福建、广西、海南和广东产量较大, 其肉质细嫩, 味道鲜美, 深受消费者喜爱<sup>[1-3]</sup>, 也是浅海增养殖对象之一。

由于海区生态环境恶化和过度捕捞, 近年来中国沿岸波纹巴非蛤野生资源日益衰减, 而依靠自然苗种供给用于增养殖的局面仍未改变, 因此发展该种的人工育苗技术有重要意义<sup>[2, 4]</sup>。目前国内外关于波纹巴非蛤的研究主要集中在繁殖生物学、组织学、增养殖技术和生理等方面<sup>[1-7]</sup>, 张跃平等<sup>[2]</sup>使用光学显微镜对波纹巴非蛤的早期发育过程进行了观察, 发现其胚胎和面盘幼虫明显小于其他帘蛤科种类, 陈志等<sup>[6]</sup>报道了温度、盐度和密度交互作用对波纹巴非蛤幼贝生长的影响。本文研究了饵料密度、温度和盐度对面盘幼虫生长、存活和附着的影响, 期望获得幼虫发育的适宜环境参数, 为该种人工育苗技术提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

用于实验的波纹巴非蛤胚胎和 D 形幼虫经人工催产获得。波纹巴非蛤亲贝于 2013 年 7 月采自福建省漳州东山湾列屿浅海, 选取性腺成熟的亲贝(壳长

(44.50±1.87)mm, 壳高(25.70±1.15)mm, 体质量(13.34±0.57)g), 在云霄金龟湾水产养殖场, 采用“阴干-曝气”刺激的方法进行催产获得波纹巴非蛤受精卵, 继之获得 D 形幼虫, 供实验用。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 饵料密度对面盘幼虫的影响

选取浮游于水体上层的 D 形幼虫进行实验。实验在 2 L 塑料杯中进行, 浓缩幼虫到杯中, 使用 0.22 μm 膜滤海水, 盐度 30, pH8.1, 水温 27℃, 培育过程中保持柔和充气及正常昼夜光照。实验幼虫密度 10 只/mL。实验饵料采用球等鞭金藻(*Isochrysis galbana*), 设定 5 个投喂密度实验组: 1<sup>#</sup>为  $0.5 \times 10^4$  个/mL, 2<sup>#</sup>为  $1 \times 10^4$  个/mL, 3<sup>#</sup>为  $3 \times 10^4$  个/mL, 4<sup>#</sup>为  $5 \times 10^4$  个/mL, 5<sup>#</sup>为  $10 \times 10^4$  个/mL, 每组 3 个平行。各实验组早晚投喂一次, 每天全量换水并测定幼虫生长和存活情况, 不同实验组根据监测所得的存活率调整实验水体使幼虫密度保持在 10 只/mL, 同时调整海藻投喂量到设定密度。待幼虫壳长增长至 190 μm 时连续监测幼虫附着变态情况。

收稿日期: 2016-02-16; 修回日期: 2016-06-25

基金项目: 国家海洋局海洋公益性行业科研专项(201205021-2); 国家贝类产业技术体系项目(CARS-48)

[Foundation: Special Fund for Marine Scientific Research in the Public Interest, No.201205021-2; Earmarked Fund for Modern Agro-industry Technology Research System, No.CARS-48]

作者简介: 张鹏飞(1986-), 男, 河南漯河人, 博士研究生, 从事贝类生物学研究, 电话: 18959208798, E-mail: 191989736@qq.com; 柯才焕(1962-), 通信作者, 男, 教授, 从事贝类生物学与遗传育种研究, E-mail: chke@xmu.edu.cn

### 1.2.2 温度对面盘幼虫的影响

实验方法参照 1.2.1。实验在 2 L 水体的塑料烧杯中进行, 实验温度梯度设置 21、24、27、30 和 33℃, 使用加热棒水浴控制温度, 实验开始前连续监测以保证水温偏差 $<0.5^{\circ}\text{C}$ 。各实验组早晚各投饵一次, 金藻投喂量为  $3 \times 10^4$  个/mL, 每天全换水一次, 换水前预备与相应实验组水温一致的新鲜海水。在换水时观察幼虫生长、存活情况, 监测幼虫附着变态情况。

### 1.2.3 盐度对面盘幼虫的影响

实验方法参照 1.2.1。实验在 2 L 水体的塑料烧杯中进行, 幼虫密度为 9 只/mL。实验设 15、18、21、24、27、30、33 和 36 等 8 个盐度梯度, 不同盐度组的实验海水由添加海盐配置成 40 盐度的海水经  $0.22 \mu\text{m}$  膜滤后配比超纯水后制得。实验水体水温( $27 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ), 早晚投饵一次, 金藻投喂量为  $3 \times 10^4$  个/mL, 每天换水一次, 换水前准备好与相应实验组盐度一致的新鲜海水备用。在换水时观察幼虫生长、存活情况, 监测幼虫附着变态情况。

## 1.3 数据处理

幼虫的存活率、生长率由以下公式计算获得:

$$\text{存活率} = \frac{\text{存活个体}}{\text{总个体}} \times 100\%$$

$$\text{壳长生长率: } R = (D_n - D_0) / n$$

式中,  $D_0$  表示面盘幼虫实验开始时的壳长,  $D_n$  表示面盘幼虫实验第  $n$  天时的壳长。

到达附着时间指从 D 形幼虫到 30% 幼虫附着所经历的天数。

采用 SPSS 20.0 对数据进行单因子方差分析, 并以 LSD 法对各组数据进行多重比较检验,  $P < 0.05$  为差异显著, 用 Origin 软件进行数据分析及作图。

## 2 结果

### 2.1 饵料密度对面盘幼虫生长和存活的影响

实验结果表明, 在设置的 5 个金藻投喂密度实验中, D 形幼虫均可以正常发育生长, 并完成附着变态。其中金藻密度为  $3 \times 10^4$  个/mL 的实验组幼虫培育效果最佳, 具体表现为最高的壳长生长率  $14.46 \mu\text{m/d}$  和存活率 83.33%, 到达附着时间最短、附着率最高(实验第 10 天达到 61.12% 的附着率), 见表 1 和图 1; 其次是 2# 和 4# 实验组, 在第 10 天和第 11 天附着率分别为 36.99%、40.52%, 存活率和生长率也低于 3# 组, 其余两组(金藻投喂密度为  $0.5 \times 10^4$  个/mL 和  $10 \times 10^4$  个/mL) 幼虫生长发育结果更差。各组投喂密度差异结果显

示, 波纹巴非蛤幼虫适宜的金藻投喂密度在  $1 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4$  个/mL, 以  $3 \times 10^4$  个/mL 最佳。

表 1 投喂不同密度金藻面盘幼虫到达附着时间及附着率  
Tab. 1 Larval reaching settlement time and settlement rate under different densities of *I. galbana*

项目	1#	2#	3#	4#	5#
金藻密度( $\times 10^4$ 个/mL)	0.5	1	3	5	10
到达附着时间(d)	13	10	10	11	12
附着率(%)	40.48	36.99	61.12	40.52	30.73

注: 1#.  $0.5 \times 10^4$  个/mL; 2#.  $1 \times 10^4$  个/mL; 3#.  $3 \times 10^4$  个/mL; 4#.  $5 \times 10^4$  个/mL; 5#.  $10 \times 10^4$  个/mL

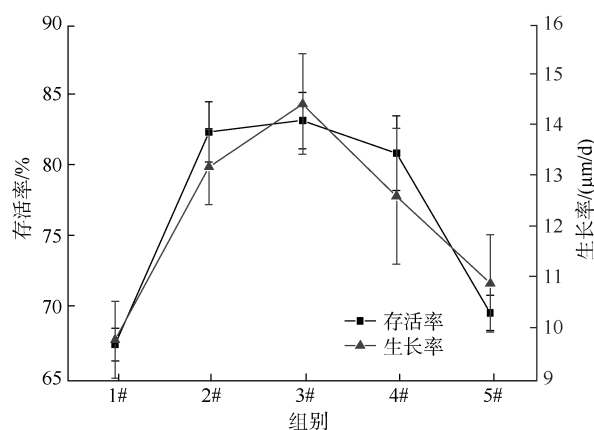


图 1 金藻不同投喂密度下面盘幼虫的存活率和生长率  
Fig. 1 Larval survival and growth rate under different feeding densities of *I. galbana*

1#.  $0.5 \times 10^4$  个/mL; 2#.  $1 \times 10^4$  个/mL; 3#.  $3 \times 10^4$  个/mL; 4#.  $5 \times 10^4$  个/mL; 5#.  $10 \times 10^4$  个/mL

1#.  $0.5 \times 10^4$  cell/mL; 2#.  $1 \times 10^4$  cell/mL; 3#.  $3 \times 10^4$  cell/mL; 4#.  $5 \times 10^4$  cell/mL; 5#.  $10 \times 10^4$  cell/mL

### 2.2 温度对面盘幼虫的影响

实验结果显示(表 2, 图 2), 幼虫在  $33^{\circ}\text{C}$  温度下只能存活 5 d,  $21^{\circ}\text{C}$  温度组幼虫发育到附着时间用时最长, 用时 14 d 完成附着, 附着率为 37.11%, 存活率仅为 10.14%, 壳长生长率为  $10.15 \mu\text{m/d}$ 。  $30^{\circ}\text{C}$  实验组, 幼虫在实验第 8 天即有 53.77% 个体附着, 存活率达 79.50%, 生长率最快, 达  $16.42 \mu\text{m/d}$ 。其余  $24^{\circ}\text{C}$  和  $27^{\circ}\text{C}$  实验组附着率均在第 11 天超过 50%, 其中  $27^{\circ}\text{C}$  组具有最高的存活率 79.61%, 而  $24^{\circ}\text{C}$  组为 41.33%, 两组的壳长生长率分别为 13.21、 $14.00 \mu\text{m/d}$ 。可以看出, 波纹巴非蛤面盘幼虫正常生长适宜的水温为  $24 \sim 30^{\circ}\text{C}$ , 最适生长水温为  $27 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 。

### 2.3 盐度对面盘幼虫的影响

从实验结果看(表 3, 图 3), 15、18 和 21 的低盐

表 2 不同水温下幼虫到达附着时间及附着率

Tab. 2 The end time and larva metamorphosis rate under different temperatures

项目	21℃	24℃	27℃	30℃	33℃
到达附着时间(d)	14	11	11	8	5
附着率(%)	37.11	53.20	67.49	53.77	0.00

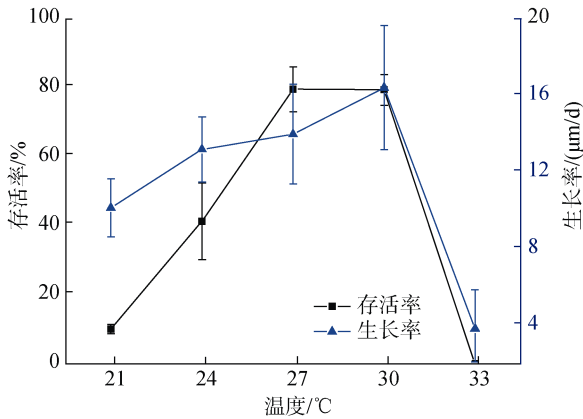


图 2 不同水温下面盘幼虫的存活率和生长率

Fig. 2 Larval survival and growth rate in different temperatures

度组培育幼虫在附着之前全部死亡, 其余 5 组幼虫均能生长至附着。第 11 天, 27、30、33 盐度组幼虫附着率均达到 37%以上, 30 盐度组存活率最高, 为 47.30%, 33 盐度组次之为 44.56%, 27 盐度组仅 37.00%, 壳长生长率仍是 30 盐度组最高, 为 11.89 μm/d, 33 和 27

表 3 不同盐度水体中到达附着时间及面盘幼虫附着率

Tab. 3 End time and larval metamorphosis rate under different salinities

项目	15	18	21	24	27	30	33	36
到达附着时间(d)	5	7	10	13	11	11	11	14
附着率(%)	0	0	0	34.05	37.38	38.71	38.36	41.00

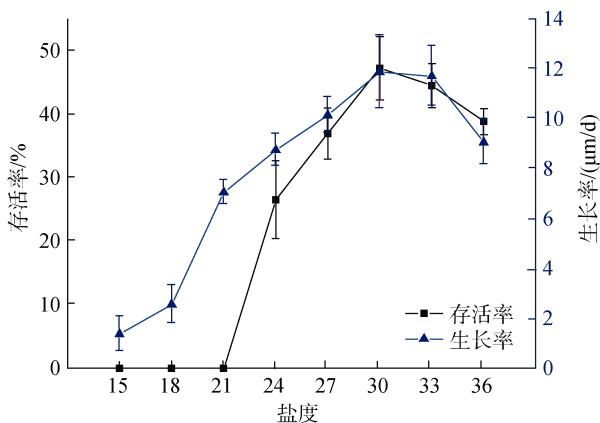


图 3 不同盐度下面盘幼虫的存活率和生长率

Fig. 3 Larval survival and growth rate under different salinities

盐度组分别为 11.72、10.16 μm/d。其余 24 和 36 盐度组存活率最终为 26.58%、38.92%，生长率为 8.76 μm/d 和 9.08 μm/d。从以上结果可以看出, 波纹巴非蛤幼虫培育的适宜盐度为 27~33, 而最适盐度为 30。

### 3 讨论

饵料密度实验获得的波纹巴非蛤面盘幼虫培育的最佳等鞭藻投喂密度为  $3 \times 10^4$  个/mL, 适宜投喂密度为  $1 \times 10^4 \sim 5 \times 10^4$  个/mL, 饵料密度过高或过低均不利于面盘幼虫生长。这略高于菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)和栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)幼虫<sup>[8-9]</sup>, 略低于彩虹明樱蛤(*Moerella iridescens*)和紫彩血蛤(*Nuttallia olivacea*)幼虫的饵料需求<sup>[10-11]</sup>, 而与文蛤(*Meretrix meretrix*)、太平洋牡蛎(*Crassostrea gigas*)及锯齿巴非蛤(*Paphia malabarica*)接近<sup>[12-14]</sup>。在双壳贝类的人工育苗中, 投饵密度与幼虫的生长、死亡率和附着率联系密切, 有时候甚至决定育苗的成败。饵料密度过低, 则幼虫获得能量不足, 生长缓慢, 面盘期延长, 幼虫死亡率上升; 饵料密度过高, 活体单胞藻饵料大量残余甚至引发藻类爆发性增长, 甚至引起藻类大量老化死亡、氨氮增加等, 从而使幼虫死亡率增高<sup>[15-16]</sup>。本实验结果对波纹巴非蛤育苗生产具有重要的指导意义, 生产上可根据幼虫规格和摄食情况, 以  $3 \times 10^4$  个/mL 为基准, 灵活控制饵料单胞藻密度。

实验结果显示波纹巴非蛤面盘幼虫生长的适宜温度为 24~30℃, 最适生长水温为 27~30℃。这与泥蚶、黑唇珍珠贝(*Pinctada margaritifera*)相似<sup>[17-18]</sup>, 高于紫彩血蛤和贻贝(*Mytilus galloprovincialis*)<sup>[19-20]</sup>, 这种差异主要是物种差异性造成的, 波纹巴非蛤属于暖水性种, 适应于较高的水温环境。水温在 21~30℃ 范围内, 波纹巴非蛤幼虫都能存活并达到附着变态, 随培育温度的提高, 幼虫完成附着用时缩短, 其中 30℃ 组面盘幼虫用时 8 d 即达到 53.77% 的附着率, 而 21℃ 组则是在第 14 天仅 37.11% 附着, 可见生产上选择夏秋高温季节和进行反季节加温开展育苗能提高苗种生产效率。此外还发现水温对波纹巴非蛤面盘幼虫附着规格有一定影响, 在 30℃ 条件下幼虫的附

着规格(壳长)最小, 平均值为 220  $\mu\text{m}$ , 27、24 和 21 $^{\circ}\text{C}$  实验组幼虫附着的规格分别为 244.22、235.58 和 232.37  $\mu\text{m}$ , 均大于 30 $^{\circ}\text{C}$  实验组(图 4), 这与矮浪蛤 (*Mulinia lateralis*)和缢蛏(*Sinonovacula constricta*)的研究结果相似<sup>[21-22]</sup>。此外, 实验结果还显示波纹巴非蛤面盘幼虫在 33 $^{\circ}\text{C}$  下的存活率下降明显, 仅存活 5 d, 壳长增长仅为 3.84  $\mu\text{m}/\text{d}$ , 近于停滞, 而在低水温实验组幼虫均能正常生长发育, 可见波纹巴非蛤早期发育阶段对低温的耐力明显强于高温, 高温时幼虫存活率下降更快, 这与滑顶薄壳鸟蛤(*Fulvia mutica*)及文蛤的研究结果一致<sup>[23-24]</sup>。

盐度实验得出波纹巴非蛤幼虫发育的适宜盐度为 27~33, 最适盐度为 30, 属高盐狭盐性种类, 相对于其他双壳贝类适盐范围较窄<sup>[25-26]</sup>, 而与滑顶薄壳鸟蛤、锯齿巴非蛤的盐度适应特征相似<sup>[23, 27]</sup>, 这是物种特异性所决定的, 波纹巴非蛤多分布于浅海内湾, 距河口有一定距离, 长期适应的结果使其对低盐耐受性较差。

由于贝类育苗场常设在沿岸或内湾, 近岸海水易受季节和天气的影响常出现盐度大幅波动, 特别是在春、夏季, 雨水偏多, 加之沿岸及河口地区受陆地径流影响, 近岸海水常在短时间内发生剧烈的盐度变化, 贸然大量换水极易造成贝类幼虫和稚贝的大批死亡<sup>[28]</sup>。对于波纹巴非蛤育苗工作来讲, 根据波纹巴非蛤高盐狭盐性的特点, 育苗工作开展首先要选择海区盐度适宜的育苗场, 还要根据海区盐度季节变动规律合理安排育苗计划, 此外苗种的运输、转移暂养也要充分考虑盐度差异这一因素。

#### 参考文献:

- [1] 赵志江, 李复雪, 柯才焕. 波纹巴非蛤的性腺发育和生殖周期[J]. 水产学报, 1991, 15(1): 1-8.  
Zhao Zhijiang, Li Fuxue, Ke Caihuan. On the sex gonad development and reproductive cycle of clam *Paphia undulata*[J]. Journal of Fisheries of China, 1991, 15(1): 1-8.
- [2] 张跃平, 吕小梅, 洪一川, 等. 波纹巴非蛤胚胎与浮游幼虫的形态发育和生长特性[J]. 台湾海峡, 2011, 30(4): 546-550.  
Zhang Yueping, Lü Xiaomei, Hong Yichuan, et al. Morphological development and growth characters of embryo and pelagic of *Paphia undulata*[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 2011, 30(4): 546-550.
- [3] 王茵, 刘淑集, 苏永昌, 等. 波纹巴非蛤的形态分析与营养成分评价[J]. 南方水产科学, 2011, 7(6): 19-25.  
Wang Yin, Liu Shuji, Su Yongchang, et al. Morphological analysis and nutrition evaluation of *Paphia undulata*[J]. South China Fisheries Science, 2011, 7(6): 19-25.
- [4] 黄松木, 方火顺, 吴和平, 等. 云霄礁美海区波纹巴非蛤生物学特性及增殖研究[J]. 福建水产, 1984, (3): 14-19.  
Huang Songmu, Fang Huoshun, Wu Heping, et al. Biological characteristics and multiplication techniques of *Paphia undulata* in the Jiaomei offshore area, Yunxiao, Fujian Province[J]. Fujian Fisheries, 1984, (3): 14-19.
- [5] 吴洪流. 波纹巴非蛤性逆转时生殖腺的组织学变化[J]. 海洋科学, 2002, 26(1): 5-8.  
Wu Hongliu. Histological changes in the gonad during *Paphia (Paratapes) undulata* sex reversal[J]. Marine Sciences, 2002, 26(1): 5-8.
- [6] 陈志, 高如承, 胡青, 等. 温度、盐度和密度交互作用对波纹巴非蛤幼贝生长的影响[J]. 海洋科学, 2013, 37(8): 55-60.  
Chen Zhi, Gao Rucheng, Hu Qing, et al. The effect of temperature, salinity and density on growth of *Paphia undulata* youth analyzed by response surface methodology[J]. Marine Sciences, 2013, 37(8): 55-60.
- [7] 王万东. 东山湾云霄海区波纹巴非蛤生态习性和增殖技术[J]. 渔业现代化, 2007, 34(4): 33-34.  
Wang Wandong. Ecological characteristics and propagation technology of *Paphia undulata* in the Yunxiao offshore area, Dongshan Bay[J]. Fishery Modernization, 2007, 34(4): 33-34.
- [8] 何进金, 齐秋贞, 韦信敏, 等. 菲律宾蛤仔幼虫食料和食性的研究[J]. 水产学报, 2005, 5(4): 275-284.  
He Jinjin, Qi Qiuzhen, Wei Xinmin, et al. A study on the food and feeding behavior of the larvae of *Ruditapes philippinarum*[J]. Journal of Fisheries of China, 2005, 5(4): 275-284.
- [9] 王庆成, 寇宝增. 栉孔扇贝幼虫适宜饵料的初步探讨[J]. 海洋湖沼通报, 1986, 8(2): 44-48.  
Wang Qingcheng, Kou Baozeng. Preliminary study on the optimum food for the larvae of scallop (*Chlamys farreri*) [J]. Transaction of Oceanology and Limnology, 1986, 8(2): 44-48.
- [10] 尤仲杰, 王一农. 彩虹明樱蛤 *Moerellairidescens* 人工育苗的初步研究[J]. 海洋湖沼通报, 1991, 13(3): 55-61.  
You Zhongjie, Wang Yinong. A preliminary study on the artificial seedling rearing of *Moerella iridescens*[J]. Transaction of Oceanology and Limnology, 1991, 13(3): 55-61.
- [11] 孙虎山, 王为纲, 王宜艳, 等. 饵料密度对紫彩血蛤幼虫生长发育的影响[J]. 烟台师范学院学报: 自然科学版, 1998, 14(2): 114-117.

- Sun Hushan, Wang Weigang, Wang Yiyan, et al. Influence of density of food on growth and development of larvae of *Nuttallia olivacea*[J]. Yantai Teachers University Journal (Natural Science), 1998, 14(2): 114-117.
- [12] 林君卓, 许振祖. 文蛤幼体的摄食生态研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1997, 36(6): 104-110.  
Lin Junzhuo, Xu Zhenzu. Study on the Feeding and Starvation of *Meretrix meretrix* Larva[J]. Journal of Xiamen University (Natural Science), 1997, 36(6): 104-110.
- [13] Rico-Villa B, Pouvreau S, Robert R. Influence of food density and temperature on ingestion, growth and settlement of Pacific oyster larvae, *Crassostrea gigas*[J]. Aquaculture, 2009, 287(3-4): 395-401.
- [14] Gireesh R, Gopinathan C P. Effects of microalgal diets on larval growth and survival of *Paphiamalabarica cachemnitz*[J]. Aquaculture Research, 2008, 39(5): 552-556.
- [15] 包永波, 尤仲杰. 几种环境因子对海洋贝类幼虫生长的影响[J]. 水产科学, 2004, 23(12): 39-41.  
Bao Yongbo, You Zhongjie. Influences of Several Environmental Factors on Growth in Marine Shellfish Larvae[J]. Fisheries Science, 2004, 23(12): 39-41.
- [16] Walne P R. Observation on the influence of food supply and temperature on the feeding and growth of the larvae *Ostrea edulis*L[J]. Fishery Invest, 1965, 24: 1-45.
- [17] 尤仲杰, 徐善良, 边平江, 等. 海水温度和盐度对泥蚶幼虫和稚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.
- [18] Doroudi M S, Southgate P C, Mayer R J. The combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the black lip pearl oyster, *Pinctadamargaritifera* (L.)[J]. Aquaculture Research, 1999, 30(4): 271-277.
- [19] Lazo C S, Pita I M. Effect of temperature on survival, growth and development of *Mytilus galloprovincialis* larvae[J]. Aquaculture Research, 2012, 43(8): 1127-1133.
- [20] 孙虎山, 王为纲, 王宜艳, 等. 温度对紫彩血蛤胚胎及幼虫发育的影响[J]. 海洋湖沼通报, 1997, 19(2): 54-58.  
Sun Hushan, Wang Weigang, Wang Yiyan, et al. The effects of temperature on embryonic development and growth of larvae of *Nuttallia olivacea*[J]. Transaction of Oceanology and Limnology, 1997, 19(2): 54-58.
- [21] 林笔水, 吴天明. 温度和盐度对缢蛏浮游幼虫发育的影响[J]. 生态学报, 1984, 4(4): 385-392.  
Lin Bishui, Wu Tianming. The effects of temperature and salinity on the larvae of *Sinonova acula constricta*(Lamarck)[J]. Acta Ecologica Sinica, 1984, 4(4): 385-392.
- [22] Calabrese A. Individual and combined effects of salinity and temperature on embryos and larvae of the coot clam, *Mulinialateralis* (Say)[J]. The Biological Bulletin, 1969, 137(3): 417-428.
- [23] 李世英, 鲁男, 蒋双, 等. 温度、盐度对滑顶薄壳乌蛤面盘幼虫存活和生长的影响[J]. 大连水产学院学报, 1999(02): 66-69.  
Li Shiyong, Lu Nan, Jiang Shuang, et al. Effect of temperature and salinity on survival and growth of the veliger of head clam (*Fulvia mutica* Reeve)[J]. JOURNAL OF DALIAN FISHERIES UNIVERSITY, 1999(02): 66-69.
- [24] 林君卓, 许振祖. 温度和盐度对文蛤幼体生长发育的影响[J]. 福建水产, 1997, 3(1): 27-33.  
Lin Junzhuo, Xu Zhenzu. The Effects of Temperature and Salinity on the Development of *Meretrix meretrix* Larvae[J]. Journal of Fujian Fisheries, 1997, 3(1): 27-33.
- [25] Numaguchi K. SHORT COMMUNICATION Preliminary experiments on the influence of water temperature, salinity and air exposure on the mortality of Manila clam larvae[J]. Aquaculture International, 1998, 6(1): 77-81.
- [26] 王军, 王志松, 董颖, 等. 盐度对菲律宾蛤仔浮游幼体存活和生长的影响[J]. 水产科学, 2003, 22(2): 12-14.  
Wang Jun, Wang Zhisong, Dong Ying, et al. The Effect of Salinity on Growth and Survival of (*Ruditapes philippinarum*) Floating Larva[J]. Fisheries Science, 2003, 22(2): 12-14.
- [27] Gireesh R, Gopinathan C P. Effect of salinity and pH on the larval development and spat production of *Paphiamalabarica*[J]. Journal of the Marine Biological Association of India, 2004, 46(2): 146-153.
- [28] 尤仲杰, 陆彤霞, 马斌, 等. 盐度对墨西哥湾扇贝幼虫和稚贝生长与存活的影响[J]. 动物学杂志, 2003, 38(3): 58-60.  
You Zhongjie, Lu Tongxia, Ma Bin, et al. Effect of Seawater Salinity on the Growth and Survival of *Argopecten irradians concentricus* Larvae and Juveniles[J]. Chinese Journal of Zoology, 2003, 38(3): 58-60.

# Effects of several environmental factors on the larval development of *Paphia undulata*

ZHANG Peng-fei, XU Xiao-wei, ZHOU Long, LUO Xuan, YOU Wei-wei,  
HUANG Miao-qin, YU Jin-jin, KE Cai-huan

(College of Ocean and Earth Sciences, Xiamen University, Fujian Collaborative Innovation Center for Exploitation and Utilization of Marine Biological Resources, Xiamen 361102, China)

**Received:** Feb. 16, 2016

**Key words:** *Paphia undulata*; larva; temperature; salinity; food density

**Abstract:** Effects of temperature, salinity, and food density on larvae of *Paphia undulate* were studied using an experimental ecology method. The main conclusions are: the best food density (*Isochrysis galbana*) of larval cultivation is  $3 \times 10^4$  cell/mL; optimum temperature and salinity for larval development are 27–33°C and 24–30 respectively, but the best are 30°C and 30, respectively. These results provide a technological basis for artificial seeding of *P. undulata*.

(本文编辑: 梁德海)