

文章编号:1000-0615(2000)06-0510-06

饥饿对波部东风螺幼虫存活、生长及变态的影响

郑怀平¹, 周时强², 柯才焕², 李复雪²

(1.盐城工学院海洋工程系,江苏 盐城 224003; 2.厦门大学海洋系,福建 厦门 361005)

摘要:对波部东风螺幼虫进行不同时间的初次投饵实验,测定了饥饿对波部东风螺幼虫存活、生长及变态的影响。幼虫自身存在一个耐受饥饿不可逆点,实验测得约为105h。饥饿条件下,卵黄作为幼虫早期的内源性营养,对维持幼虫的生存和生长都起着相当重要的作用。36h的短时间饥饿并不影响幼虫的生长,但随着饥饿时间的延长,幼虫的存活率、变态率显著地降低,生长速度明显变慢;幼虫自发变态时间随着饥饿时间的延长而延长,二者呈线性关系;饥饿对变态幼虫大小的影响并不明显。

关键词:波部东风螺;幼虫;饥饿;生长;存活;变态

中图分类号:S917 **文献标识码:**A

Effect of starvation on survival, growth and metamorphosis for larvae of *Babylonia formosae habei*

ZHENG Huai-ping¹, ZHOU Shi-qiang², KE Cai-huan², LI Fu-xue²

(1. Department of Marine Engineering, Engineering College of Yancheng, Yancheng 224003, China;

2. Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: To determine effect of starvation on survival, growth and metamorphosis of larvae of *Babylonia formosae habei*, the experiment of different initial feeding times was conducted. The larva of *B. formosae habei* was a species of marine planktotrophic life, which possess stronger tolerance of starvation. Moreover, there was a point of not return (PNR) at starvation of tolerance in larva itself, and the PNR was about 105 h by the experimental test. As endogenous nutrition, yolk plays important role in maintaining survival and growth of the early stage in larval life at starvation. With time of starvation prolonged, both survival rate and metamorphic rate decreased significantly, and growth rate apparently slowed. However, there was no apparent influence of starvation on growth of the larvae within 36h. Between the days of metamorphosis and the time of starvation, there was a linear relationship. There was no apparent effect of starvation on size of the metamorphosed larvae.

Key words: *Babylonia formosae habei*; larvae; starvation; growth; survival; metamorphosis

波部东风螺(*Babylonia formosae habei*)是中国东南沿海重要的经济腹足类。该螺肉味鲜美,风味独特且个体较大,广为人们喜爱,是海水养殖中值得开发的新种类。由于酷捕滥采,目前波部东风螺的自然资源已严重衰减,市场上更是供不应求。为了保护自然资源和满足人们生活的需要,开展波部东风螺

收稿日期:1999-12-27

资助项目:福建省重点科技项目(98-Z-8)

作者简介:郑怀平(1968-),男,硕士,讲师,安徽蚌埠人,主要从事海洋底栖生物学、幼虫生态学等方面的研究。Tel:0515-8328388-2109

的人工育苗和增殖研究,有着非常重要的意义和广阔的应用前景。目前,波部东风螺的研究多集中在成体的生殖腺发育^[1,2]、生殖周期^[3]、摄食营养^[4]、生活习性^[5]、幼虫变态的化学诱导^[6,7]、胚胎发育与温、盐度的关系^[8]等方面。本文研究了饥饿对波部东风螺幼虫存活、生长及变态的影响,旨在为人工育苗的适时投饵提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

波部东风螺亲螺采自福建省长乐市沿海,在实验室内对亲螺进行性腺催熟培养。亲螺交配后,以卵囊形式产出受精卵。在 $25 \pm 1^\circ\text{C}$,盐度 24 ± 1 条件下,经过1周左右,受精卵就可发育为中期面盘幼虫从卵囊中逸出。收集12h内逸出卵囊的同一批幼虫,作为实验材料。用Walne培养液在实验室内单种培养湛江叉鞭金藻(*Dicratelia zhanjiangensis*)做为面盘幼虫浮游生活期的饵料。

1.2 方法

1.2.1 实验设计

取12h之内孵化出的波部东风螺幼虫(初始壳长为 $454.2 \pm 20.8 \mu\text{m}$, $n = 52$)(视为同一批)分别放入12个450mL的玻璃烧杯中,幼虫密度 $0.5 \text{ind} \cdot \text{mL}^{-1}$,每杯200个。12个实验组的初次投饵时间分别为0、12、24、36、48、60、72、84、96、108、120和132h。实验各设置二个平行组。

1.2.2 实验用水的处理

所有实验的海水均经过 $0.45 \mu\text{m}$ 微孔滤膜过滤,并加入 $30 \text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ 的硫酸链霉素,温度均为 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、盐度 24.0 ± 0.5 。

1.2.3 饵料投喂方法

为避免藻类培养液影响实验水质和体积,先对藻液进行离心,弃除上清液,再用浓缩后的藻膏投喂幼虫。日投喂湛江叉鞭金藻 $20.0 \times 10^4 \text{ cells} \cdot \text{mL}^{-1}$,分两次投喂。

1.2.4 幼虫壳长的测量

在显微镜下用目微尺测量。实验开始前,幼虫随机取30个以上用1%的碘液固定测其壳长;实验过程每两天均对各实验组随机取10个幼虫进行一次活体壳长测量;变态后的稚螺亦用1%的碘液固定后测其壳高。通过解剖镜和显微镜观察幼虫的运动、摄食、排粪、存活等情况。

1.2.5 幼虫生长速度和浮游生活期长度的测定

波部东风螺幼虫生长速度的测定参考文献[9-11]。

幼虫浮游生活期长度指幼虫从卵囊逸出后到自发变态的天数,其长度值为幼虫达到变态的平均天数。

1.2.6 幼虫变态的指标

Pechenik^[12]曾做过定义并加以划分。腹足类幼虫的变态定义为游泳器官——面盘的丧失^[12]。本实验观察到,波部东风螺幼虫变态在形态特征和行为习性上都有显著的变化。形态特征的变化主要表现在两个方面,一面盘的完全脱落和足的伸出;二是贝壳由幼虫的扁圆形转变为成体的螺旋形。行为习性的变化主要表现为由快速的水中游泳状态转变成缓慢的底栖爬行状态。

1.2.7 幼虫耐受饥饿的不可逆点

按参考文献[13]对仔鱼PNR的定义,根据波部东风螺幼虫具有较强的耐受饥饿能力的特点,将幼虫尚无死亡,投饵后虽然还能够存活一段时间,但已不再能够摄食并且最终变态率为零的饥饿时间称为幼虫耐受饥饿的不可逆点(The Point of Not Return, PNR)

1.2.8 数据处理

通过t-检验和单侧方差分析法对数据进行差异显著性分析。

2 结果

2.1 幼虫的活动、摄食及存活

波部东风螺幼虫多卵囊逸出后不久就能够摄食,投饵 5min^后,镜检发现幼虫胃中就有金色的金藻。饥饿 36h 时,幼虫悬浮于水中或聚群于水面,镜检发现约 50% 的幼虫卵黄尚未吸收尽,但卵黄囊已比较小;饥饿 96h,尚无死亡个体出现,幼虫多沉于水底层,活动缓慢,只有少数幼虫悬浮于水中,镜检发现约 5% 的幼虫卵黄尚未吸收尽,但卵黄囊已极小,投饵后,所有幼虫仍能够摄食;饥饿 108h 时,已有少数幼虫死亡,幼虫全部沉于底层,活动极为缓慢,镜检发现幼虫的卵黄已被吸收殆尽,投饵后,幼虫已不再摄食,4~5d 后,幼虫全部死亡。可见,波部东风螺幼虫具有较强的耐受饥饿的能力。

2.2 幼虫存活、变态与饥饿时间的关系

幼虫的存活率和变态率随着饥饿时间的延长迅速下降,饥饿 108h 后幼虫在变态前就全部死亡(表 1),而没有饥饿的幼虫存活率和变态率分别可高达 54.75% 和 53.75% (图 1),表明饥饿对波部东风螺幼虫的存活和变态有显著的影响。

表 1 饥饿对波部东风螺幼虫生长、存活及变态的影响

Tab.1 Effects of starvation on growth, survival and metamorphosis for larvae of *B. formosae habei*

幼虫参数	饥饿时间(h)									
	0	12	24	36	48	60	72	84	96	108
变态时平均大小($X \pm Sd, \mu m$)	959.1 ± 75.5 N=76	1015.6 ± 86 N=29	987.3 ± 96.9 N=27	998.6 ± 128 N=30	1089.5 ± 94.2 N=18	1086 ± 66.8 N=18	1005.7 ± 88.8 N=10	984.5 ± 111.2 N=4	1011 ± 125 N=4	-
最小变态个体(μm)	848.88	860.67	848.88	730.98	860.67	908.57	884.25	825.3	848.88	-
死亡率(%)	45.25	51.5	67.25	76.0	84.5	93.5	97.25	98.5	99.0	100
个体平均生长速度($X \pm Sd, \mu m \cdot d^{-1}$)	35.75 ± 7.22 N=87	36.24 ± 6.74 N=65	34.67 ± 6.48 N=57	34.05 ± 6.89 N=59	32.42 ± 5.59 N=43	29.06 ± 5.61 N=16	28.86 ± 4.63 N=10	25.66 ± 3.26 N=4	21.24 ± 2.36 N=2	-
群体生长速度($\mu m \cdot d^{-1}$)	41.774	41.559	41.473	41.128	38.298	33.433	31.796	26.882	21.757	2.571
浮游期的长度($X \pm Sd, d$)	19.3 ± 3.5 N=120	19.5 ± 3.1 N=92	18.8 ± 2.1 N=79	20.3 ± 3.7 N=94	22.0 ± 3.4 N=21	21.2 ± 2.9 N=16	22.6 ± 2.6 N=10	23.2 ± 2.4 N=4	23.7 ± 0.7 N=2	-

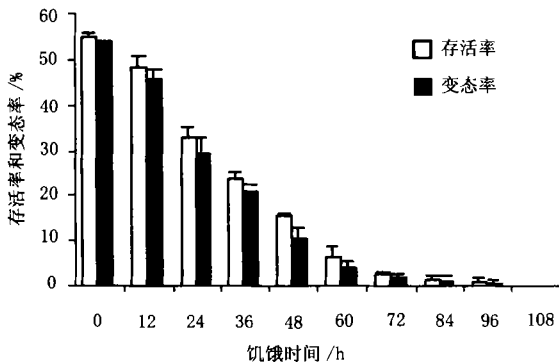


图 1 幼虫的存活率和变态率

Fig.1 Survival rate and metamorphosis rate larval *B. formosae habei*

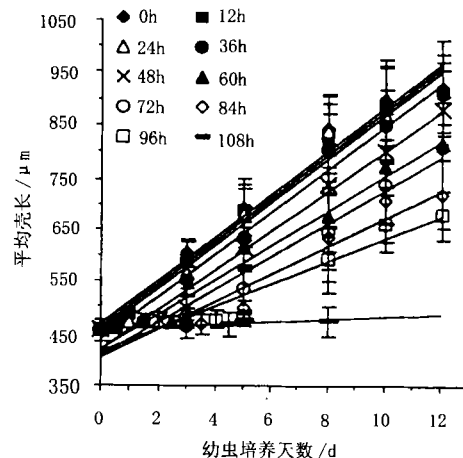


图 2 幼虫的生长速度

Fig.2 Growth rate of larval *B. formosae habei*

饥饿时间与幼虫的存活率和变态率的关系,可回归为以下两个方程

$$Y_1 = 0.0059X^2 - 1.1717X + 57.705 \quad (0h < X < 108h) \quad r = 0.9955 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0.0067X^2 - 1.2375X + 56.034 \quad (0h < X < 105.2h) \quad r = 0.9956 \quad (2)$$

这里 Y_1 、 Y_2 分别为存活率(%)和变态率(%), X 为初次投饵时间(h)。

2.3 饥饿对幼虫生长的影响

PNR 之前的幼虫,生长速度随饥饿时间的延长显著地变小;PNR 之后的幼虫,几乎不生长;饥饿时间在 36h 之内,幼虫的生长速度没有改变。这些从图 2、表 1 和表 2 都能反映出来。

表 2 幼虫壳长与培养时间的线性回归方程

Tab.2 Linear regression equations between shell length of larvae and cultured time

饥饿时间(h)	回归方程	饥饿时间(h)	回归方程
0	$Y = 466.99 + 41.774X \quad r = 0.9890$	12	$Y = 459.04 + 41.559X \quad r = 0.9908$
24	$Y = 453.83 + 41.473X \quad r = 0.9877$	36	$Y = 435.42 + 41.128X \quad r = 0.9927$
48	$Y = 417.79 + 38.298X \quad r = 0.9911$	60	$Y = 418.25 + 33.433X \quad r = 0.9808$
72	$Y = 405.62 + 31.796X \quad r = 0.9744$	84	$Y = 403.47 + 26.832X \quad r = 0.9572$
96	$Y = 415.16 + 21.757X \quad r = 0.9470$	108	$Y = 455.82 + 2.5717X \quad r = 0.9279$

2.4 PNR 的确定

饥饿 96h 后,最终仍有 0.5% 的幼虫自发变态,而饥饿 108h 后,幼虫已不再摄食并且最终全部死亡,说明波部东风螺幼虫耐饥饿时间临界点在 96h 和 108h 之间。根据方程(2)求得 PNR 为 115.2h。

2.5 饥饿对幼虫变态时间和变态个体大小的影响

饥饿显著地影响幼虫自发变态时间($P < 0.01$, $t = 17.70$, $d.f. = 8$),幼虫自发变态的时间随饥饿时间的延长而延长,呈线性关系(图 3),二者间回归方程为: $Y = 0.0826X + 12.394 \quad r = 0.9794$

这里, Y 为幼虫自发变态的时间(d), X 为饥饿时间(h)。

表 1 中的幼虫变态时的平均大小和最小变态个体都能反映出饥饿并不影响幼虫变态的大小。

2.6 幼虫生长速度与其浮游生活期的关系

幼虫生长速度大小与其变态前的浮游生活期长短具有负相关,快速生长的幼虫变态比较早,浮游生活期也比较短(图 4、表 1)。

3 讨论

3.1 饥饿对波部东风螺幼虫存活、生长和变态的影响

海产动物幼体饥饿方面的报道多见于鱼类、甲壳类等,而贝类方面却报道比较少。曾发现皇后凤螺(*Strombus gigas*)面盘幼虫在过滤后的海水中,由于未投饵,只能存活 9~11d^[14];在饵料浓度低的情况下,营浮养型生活的腹足类浮游幼虫的存活和生长都受到影响^[15,16]。波部东风螺幼虫属营浮养型生活的腹足类幼虫,存活、生长和变态受饥饿的影响具有一定的耐饥饿能力也不例外。从生理角度考虑,蛋白质主要用于体组织的更新、修复、维持及幼虫生长,脂肪、碳水化合物等主要用于提供能量^[17,18]。随着饥饿时间的延长,这些营养物质消耗过多,并且得不到补充,从而造成机体损伤、能量缺乏,以至于幼虫生长变慢、发育受阻及死亡增多。而当饥饿时间超过 PNR,幼虫体内蛋白质的破坏超过有机体能够修补的阈值,幼虫必然全部死亡。林瑞才等也曾指出组织蛋白的破坏与饥饿有明显的关系^[19]。从实验结果还可看出,尽管短时间内的饥饿对幼虫的生长影响不明显,但对幼虫的存活率是非常重要的。

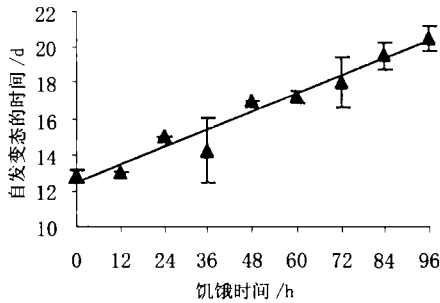


图3 饥饿时间与幼虫变态时间的关系

Fig.3 Relationship between time of starvation and day of spontaneous metamorphosis for larvae of *B. formosae habei*

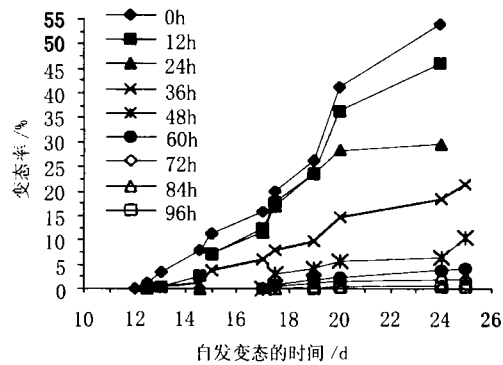


图4 幼虫变态率与变态时间的关系

Fig.4 Relationship between metamorphic rate and day of spontaneous metamorphosis for larvae of *B. formosae habei*

3.2 卵黄对维持幼虫存活和生长所起的作用

饥饿情况下,卵黄作为幼虫早期的内源性营养,对维持幼虫后续的生存和生长都起着相当重要的作用,随着饥饿时间的延长因被耗尽而对幼虫的生存和生长均不再起作用,因而以卵黄耗尽作为标志的PNR点可视为是波部东风螺幼虫培养阶段的一个致死点。Dasaro就曾把胚胎食物——幼虫消化腺壁(卵黄)的耗尽,作为皇后凤螺面盘幼虫实验室培养阶段的两个致死点之一提出^[14]。我们认为,波部东风螺浮游幼虫之所以具有较强的耐受饥饿能力是与其体内含有较多的卵黄密切相关的。Barber和Halver^[20]也曾报道贝类在繁殖期间体蛋白也是主要能源物质以及亲贝在产卵前脂肪含量增加而产卵后降低,有人推测,在这期间脂肪和糖类主要用于卵黄的积累^[17]。据此,我们认为,波部东风螺面盘幼虫卵黄主要含有的营养物质为脂肪和糖类。由于刚从卵囊中孵化出的幼虫卵黄较多,幼虫可依靠这一内源性营养维持一段时间,并且在短时间内,还可维持生长。然而这段时间有一定限度,当幼虫卵黄未被完全消耗之前,幼虫体内蛋白质的破坏还未超过有机体能够修补的阈值,这时幼虫的摄食机能并没完全丧失,饥饿时间只要没有抵达PNR,如能及时投喂饵料,幼虫仍可摄食,获得外源性营养,恢复生长和发育变态。但由于蛋白质既要用于修补机体的损伤,又要在脂肪、糖类等含量下降时供能,消耗量比较大,因此,即使是短时间的饥饿也会对幼虫后期的生存造成严重的不良影响。当抵达PNR时,卵黄完全被耗尽,幼虫机体组织的破坏也已超过有机体能够修补的阈值,运动、摄食等功能已完全丧失,这时即使投喂饵料,幼虫已不能运动和摄食,无法获取外源性营养,虽然还能存活一段时间,但最终不能摆脱死亡的厄运。我们获得的波部东风螺幼虫PNR约为105h这个值,可为我们在该螺的育苗生产上最迟投饵时间的制定提供一个参考。

参考文献:

- [1] 柯才焕,李复雪.台湾东风螺的生殖系统及其组织结构[J].台湾海峡,1990,9(4):359-365.
- [2] 柯才焕,李复雪.台湾东风螺精子发生和精子形态的超微结构研究[J].动物学报,1991,38(3):233-240.
- [3] 柯才焕,李复雪.台湾东风螺生殖周期研究[A].贝类学论文集(第四辑)[C],青岛:青岛海洋大学出版社,1994.141-148.
- [4] 柯才焕,符艳,汤鸿,等.波部东风螺对饵料摄食和对饵料蛋白质的消化率[J].海洋科学,1997,5:5-7.
- [5] 刘德经,肖思祺.台湾东风螺生态学的初步研究[J].中国水产科学,1998,5(1):93-96.
- [6] 柯才焕.海产贝类附着和变态的化学诱导研究[J].海洋通报,1993,12(3):107-116.
- [7] 柯才焕,李少菁,李复雪,等.两种东风螺幼体附着和变态的化学诱导研究[J].海洋学报,1996,18(4):90-95.
- [8] 郑怀平,朱建新,柯才焕,等.温度、盐度对波部东风螺胚胎发育的影响[J].台湾海峡,2000,19(1):1-5.
- [9] Pechenik J A. The relationship between temperature, growth rate, and duration of planktonic life for larvae of the gastropod *Crepidula fornicata* (L.) [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1984, 74:241-257.
- [10] Pechenik J A, Lima G M. Relationship between growth, differentiation, and length of larval life for individually reared larvae of the marine gastropod, *Crepidula fornicata* [J]. Biol Bull, 1984, 166:537-549.
- [11] Lima G M, Pechenik J A. The influence of temperature on growth rate and length of larval life of the gastropod, *Crepidula fornicata* [J]. J Exp Mar Biol Ecol, 1985, 90:55-71.
- [12] Pechenik J A. Growth and energy balance during the larval lives of three prosobranch gastropod [J]. Mar Biol, 1980, 44:1-28.
- [13] 殷名称.北海鲱卵黄囊期仔鱼的摄食能力和生长 [J].海洋与湖沼,1991,20(1):1-9.
- [14] Dasaro C N. Organogenesis, development, and metamorphosis in the queen conch, *Strombus gigas*, with notes on breeding habits [J]. Bull Mar Sci, 1965, 15(2):359-416.
- [15] Bayne B L. Physiological ecology of marine molluscan larvae [J]. The Mollusca, 1983, 3:299-343.
- [16] Aranda D A, Lucas A, Brule T, et al. Effects of temperature, algal food, feeding rate and density on the larval growth of the milk conch (*Strombus costatus*) in Mexico [J]. Aquac, 1989, 76:361-371.
- [17] 谭北平,麦康森,周岐存.贝类营养研究进展[J].水产学报,1999,23(2):193-198.
- [18] 谢小军,邓利,张波.饥饿对鱼类生理生态学影响的研究[J].水生生物学报,1998,22(2):181-188.
- [19] 林瑞才,周莲贞,张金标.近缘新对虾幼体的饥饿、摄食和食性[J].水产学报,1992,36(30):189-199.
- [20] Barber A, Halver J E. Effect of dietary protein, Lipid and carbohydrate content on the growth, feed efficiency and carcass composition of striped bass, *Morone saxatilis* (Walbaum) fingerling [J]. Aquac Fish Manag, 1981, 18(3):345-356.