

文章编号:1000 - 0615(2004)06 - 0669 - 06

斜带石斑鱼仔鱼的摄食节律及日摄食量

张海发^{1,2}, 刘晓春¹, 林浩然¹, 刘付永忠^{1,2}

王云新², 黄国光², 王宏东², 欧春晖²

(1. 中山大学生命科学学院水生经济动物研究所, 广东 广州 510275;

2. 广东省大亚湾水产试验中心, 广东 惠州 516081)

摘要:鱼类的日摄食节律分为白天摄食、晚上摄食、晨昏摄食和无明显节律四种类型。为了解斜带石斑鱼早期发育阶段的日摄食量及昼夜摄食规律,对孵化 15 天的仔鱼(全长 $4.86 \pm 0.38\text{mm}$)在不同昼夜节律下的日摄食量和摄食节律进行了研究。结果如下:实验包括自然昼夜组(对照组)、持续光照组和持续黑暗组,各组对轮虫的日摄食量分别为 142 个/尾、156 个/尾和 47 个/尾;白天摄食量比例分别为总摄食量的 91.3%, 80.5% 和 71.7%。对照组在正午(14:00)出现一个明显的摄食高峰;持续光照组在下午(16:00~18:00)出现明显的摄食小高峰;黑暗组则未出现明显的摄食峰。持续光照组在夜间的群摄食率明显高于对照组;黑暗组在白天的群摄食率明显低于对照组。持续光照组摄食强度小幅度增加,日摄食量为对照组的 109.9%;而黑暗组摄食强度则明显下降,日摄食量为对照组的 33.1%。综上所述,斜带石斑仔鱼摄食节律明显,属于典型的白天摄食类型;仔鱼的摄食与光照有着紧密的关系。

关键词:斜带石斑鱼;仔鱼;摄食节律;日摄食量;昼夜节律

中图分类号:S963

文献标识码:A

Studies on feeding rhythm and daily feeding amount of larval *Epinephelus coioides*

ZHANG Hai-fa^{1,2}, LIU Xiao-chun¹, LIN Hao-ran¹, LIUFU Yong-zhong^{1,2}

WANG Yun-xing², HUANG Guo-guang², WANG Hong-dong², OU Chun-hui²

(1. Institute of Aquatic Economic Animals, School of Life Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275;

2. Guangdong Daya Bay Fisheries Development Center, Huizhou 516081)

Abstract:The daily feeding rhythms of fish were classified into four groups, named daytime feeding, night feeding, morning-dusk feeding and rhythmless feeding. In order to characterize the daily feeding rhythm and daily feeding amount of larval *Epinephelus coioides*, the fifteen-day-old larvae ($4.86 \pm 0.38\text{mm}$, total length) were used for study. The obtained results were as follows: experiments consisted of natural day-night group (control group), continuous light group and continuous dark group, the daily feeding amounts of rotifer were 142/larva, 156/larva, 47/larva respectively and the amount of daytime feeding were 91.3%, 80.5% and 71.7% of that of total daily feeding amount, respectively. In the control group, an apparent feeding peak appeared at 14:00 PM. Similarly, in the continuous light group, the feeding peak presented at 16:00 - 18:00

收稿日期:2003-12-16

资助项目:国家 863 资源与环境技术领域海洋生物技术主题资助课题(2003AA603011),国家自然科学基金农业倾斜项目(39970586),广东省重大科技兴海项目(A20000A02),广东省科技计划项目(2001A3050201)

作者简介:张海发(1973-),男,广东乐昌人,工程师,博士研究生,主要从事海水鱼类繁殖生理生态研究, Tel:0752-5577234, E-mail:zhhaifa812@hotmail.com。

PM. By contrast, in the continuous dark group, apparent feeding peak did not exist. In the evening, the feeding incidence of the continuous light group was higher than that of control group, in contrast with this, at the daytime, the feeding incidence of continuous dark group was much lower than that of control group. In the continuous light group, daily feeding amount increased slightly and it was 109.9% of that of control group, however, in the continuous dark group, daily feeding amount decreased obviously and it was 33.1% of that of control group. Taken together, our results showed that the feeding rhythm of larval *Epinephelus coioides* was identical with the daytime feeding. The feeding behavior of larval *Epinephelus coioides* had close relationship with light.

Key words: *Epinephelus coioides*; larval fish; feeding rhythm; daily feeding amount; day-night rhythm

斜带石斑鱼 (*Epinephelus coioides*) 是驰名世界特别是东南亚地区的名贵海产鱼类之一,肉质鲜美,营养丰富。中国大陆沿海适宜石斑鱼养殖的海域广阔,石斑鱼养殖具有巨大的开发潜力和有利条件,而大批量健康苗种的生产和稳定供应是石斑鱼养殖的前提和关键,开展石斑鱼种苗培育技术研究意义重大。

仔鱼的摄食节律和日摄食量的研究,是鱼类早期生活史研究的重要内容之一,不同的鱼类表现出不同的摄食节律^[1-4]。石斑鱼育苗实践中,仔鱼的摄食是影响种苗培育成功与否的重要因素,而摄食状况的好坏与饵料的供应量、投喂时间的把握及环境因子的控制等紧密相关。开展这方面的研究能为种苗培育提供直接的技术依据。有关石斑鱼仔鱼摄食方面的研究已有不少的报道^[2],对于延长和缩短光照时间即改变自然昼夜节律对石斑鱼仔鱼摄食的影响则未见有报道。本文研究了自然昼夜节律、持续光照和全天黑暗三种条件下斜带石斑鱼仔鱼的日摄食量和摄食节律。

1 材料与方 法

1.1 材 料

实验于2003年10月在广东省大亚湾水产试验中心进行,实验用仔鱼为该中心室内人工育苗所得。仔鱼饵料为褶皱臂尾轮虫。实验时仔鱼饲养于100L的透明玻璃水族箱,微充气,饲育水中保持轮虫密度每mL 20~25个,小球藻每mL 40~50万个。饲育水温24.0~25.0℃,盐度29.7~30.0,pH值7.58。

1.2 方 法

分组 实验设3个组,1组置于室内自然光照及自然昼夜节律下饲养,为对照组;2组白天

自然光照,夜间日光灯照射,为持续光照组;3组在暗室中黑暗条件饲养,为黑暗组。以上各组设两个平行组。饲育水表面光照度测定使用日本产MINOLTA T-1H型光照计。

不同昼夜节律下的摄食节律观察 2003年10月18日进行摄食节律观察,从10月18日6:00至次日6:00共1d的时间。实验时各组每隔2h取样15尾仔鱼,在尼康生物显微镜下解剖,检查并计算每尾仔鱼胃中的轮虫数。轮虫数以未能消化的轮虫咀嚼器的数量为准进行计数^[2]。取样时同时测定光照度。

消化时间测定 在仔鱼摄食高峰期随机采样约200尾,置于不含轮虫等饵料的净海水中,每隔30min取样15尾,解剖仔鱼消化道,观察仔鱼胃肠内剩余饵料量,根据仔鱼胃内的平均饵料剩余量推算出斜带石斑仔鱼一次饱食后至完全排空所需的消化时间。

摄食率、摄食强度及日摄食量的计算 仔鱼的群摄食率(又称摄食发生率 feeding incidence)、摄食强度(feeding intensity)及日摄食量(daily feeding amount)以下式表示:

$$\text{群摄食率} = \frac{\text{摄食饵料的仔鱼数}}{15} \times 100\% \quad [2]$$

$$\text{摄食强度} = \frac{\text{各时点仔鱼胃内饵料总数}}{15} \quad [5]$$

$$\text{日摄食量} = \frac{\text{日平均饱食量} \times \text{1天可能的摄食时间}}{\text{消化时间}} \quad [2]$$

注:饱食量的计算法依王涵生^[2]的方法有所改进,即各观察时点所测得的15尾仔鱼的饵料摄食数中,取其最高的5个数值的平均值(30%的上限值)的平均值,作为该时点的饱食量。而以各时点饱食量的平均值作为日平均饱食量(在计算日平均饱食量时,群摄食率小于30%或摄食强度显著低于其余时段的时点不列入计算范围)。

2 结果

2.1 15 日龄仔鱼的轮虫消化时间

从图 1 可以看出,15 日龄的斜带石斑鱼仔鱼在饱食后 1h 内胃内轮虫剩余量急剧下降,2h 后,胃内轮虫剩余量几乎为 0,以此我们推定 15 日龄斜带石斑鱼仔鱼的轮虫消化时间为 2h。

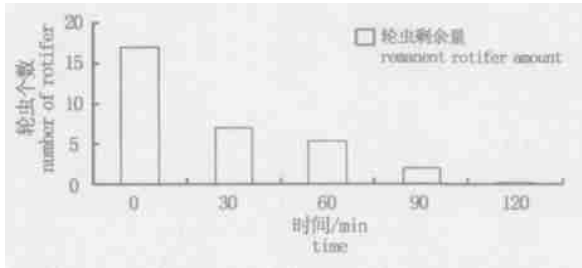


图 1 15 日龄斜带石斑鱼仔鱼的轮虫消化时间
Fig. 1 Digestive time of rotifer in 15-day larvae of *Epinephelus coioides*

2.2 不同昼夜节律下仔鱼的摄食节律及日摄食量

观察结果表明,15 日龄的斜带石斑鱼仔鱼属于典型的白天摄食类型,在自然昼夜、持续光照和黑暗条件下均表现为白天摄食为主,仔鱼摄食呈现出一定的节律性。从表 1 和图 2 可以看到,三组实验鱼均表现出在白天 8:00~20:00 时区摄食相对活跃,而在其余时区摄食不活跃或不摄食;持

续光照组稍微增加了仔鱼的夜间摄食;黑暗组仔鱼在白天的摄食受到很大的影响,日摄食量大幅下降。经计算,对照组、持续光照组和黑暗组对轮虫的日摄食量分别为每尾 142 个、156 个和 47 个;昼夜摄食比例(图 3)分别为 91.6 8.4,80.4 19.6 和 74.0 26.0;持续光照组日摄食量为对照组的 109.9%,而黑暗组为对照组的 33.1%;在群摄食率方面(图 4),持续光照组在白天的群摄食率明显高于对照组;黑暗组在白天的群摄食率明显低于对照组。对照组在正午(14:00)出现一个摄食小高峰;持续光照组在下午(16:00-18:00)出现摄食小高峰;黑暗组则未出现明显的摄食峰。

3 讨论

3.1 斜带石斑鱼仔鱼摄食节律的特点

Helfman 把鱼类的摄食归纳为白天摄食、晚上摄食、晨昏摄食和无明显节律四种类型^[4]。斜带石斑鱼仔鱼的摄食节律比较明显,通过对 15 日龄仔鱼摄食节律的观察,可以看出,白天始终是斜带石斑鱼仔鱼摄食的主要时间。在不同昼夜节律下,仔鱼在白天的摄食占总摄食的比例均高于 70%,在对照组中仔鱼白天的摄食比更是达到了 90%以上。由此可认为,斜带石斑鱼仔鱼属于典型的白天摄食类型。

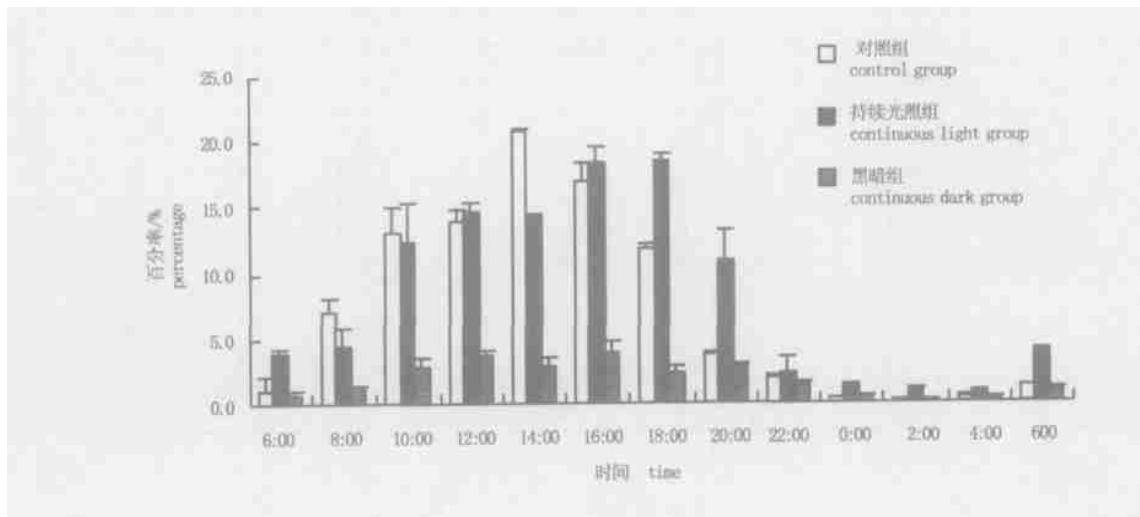


图 2 不同昼夜节律下仔鱼的摄食强度

Fig. 2 Feeding intensity of larval *Epinephelus coioides* under different day-night rhythms

表 1 不同昼夜节律下仔鱼的摄食节律

Tab. 1 Feeding rhythm of larval *Epinephelus coioides* under different day-night rhythms

组别 group	时间 time	水温() water temperature	光照(1x) light intensity	饱食量 saturated feeding amounts		摄食强度 feeding intensity		群摄食(%) feeding incidence	
对照组 control group	6:00	24	0.3	3.6	1.3	1.4	0.8	53.3	40
	8:00		228	16	10.4	7.8	6.3	100	93.3
	10:00		329	20.6	23.1	12.4	14	100	100
	12:00		363	19.4	25.2	12.6	15.3	100	100
	14:00	25	304	29	33.5	21.6	20.3	100	100
	16:00		202	30	28.2	16.9	17.1	93.3	100
	18:00		20	18.6	21.5	10.9	13.0	93.3	93.3
	20:00		0	8.4	5.9	3.9	3.6	80	73.3
	22:00	24	0	3.6	3.3	1.7	2.0	80	66.7
	0:00		0	1.6	0.3	0.5	0.2	40	40
	2:00		0	0.2	0.0	0.1	0.0	6.7	0
	4:00		0	1.2	0.3	0.4	0.2	20	6.7
	6:00		1	2.8	2.5	1.1	1.5	53.3	33.3
	持续光照组 continuous light group	6:00	24	185	8.6	6.8	4.1	3.6	93.3
8:00			190	6.6	5.8	3.5	5.5	86.7	86.7
10:00			190	16.2	17.1	10.3	14.5	100	100
12:00			187	25.8	23.4	14.2	15.2	93.3	100
14:00		25	182	21.6	23.9	14.5	14.1	100	100
16:00			197	28.2	31.9	19.3	17.6	100	100
18:00			180	26	31.2	18.9	18.2	100	93.3
20:00			180	17.2	15.5	9.4	12.7	100	100
22:00		24	182	6.2	5.2	3.1	1.5	86.7	86.7
0:00			183	3.4	2.2	1.3	1.2	53.3	60
2:00			181	3	1.8	1.1	1.0	40	33.3
4:00			180	1.8	1.4	0.9	0.6	60	40
6:00			183	7.6	6.3	3.8	4.0	80	86.7
黑暗组 continuous dark group		6:00	24	0	2.2	1.3	0.9	0.6	53.3
	8:00		0	3.4	2.8	1.5	1.3	60	60
	10:00		0	5.8	7.1	2.4	3.3	66.7	73.3
	12:00		0	7.8	7.7	4.0	3.6	80	73.3
	14:00	25	0	6.2	4.9	3.3	2.3	80	80
	16:00		0	8.2	9.7	3.4	4.5	80	86.7
	18:00		0	4.4	5.8	2.0	2.7	66.7	73.3
	20:00		0	5.6	5.8	3.0	2.7	86.7	80
	22:00	24	0	3	3.0	1.6	1.4	73.3	60
	0:00		0	1.4	0.6	0.5	0.3	20	33.3
	2:00		0	0.6	0.2	0.2	0.1	20	20
	4:00		0	0.5	0.4	0.3	0.2	20	20
	6:00		0	2.5	1.7	1.0	0.8	53.3	33.3

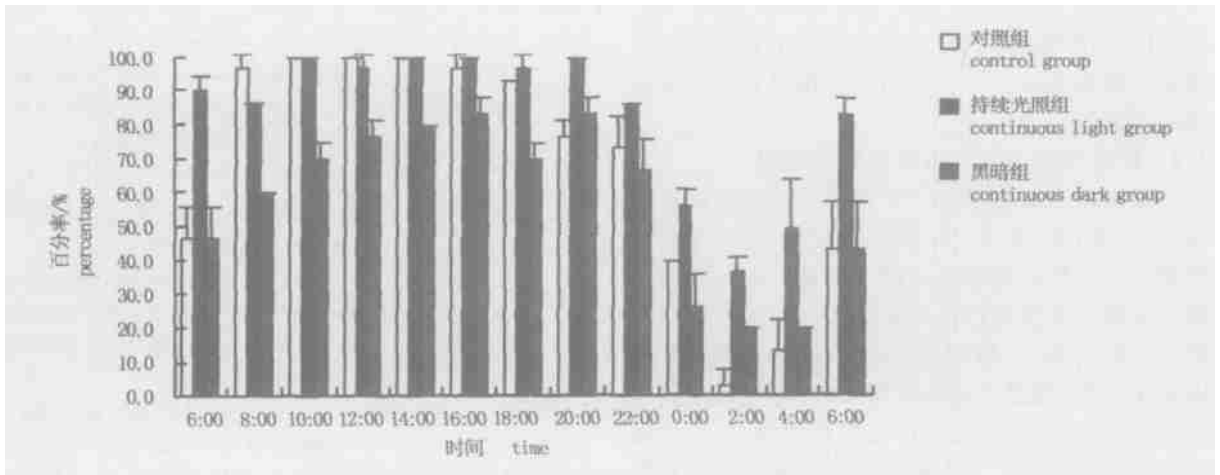


图3 不同昼夜节律下仔鱼的群摄食率

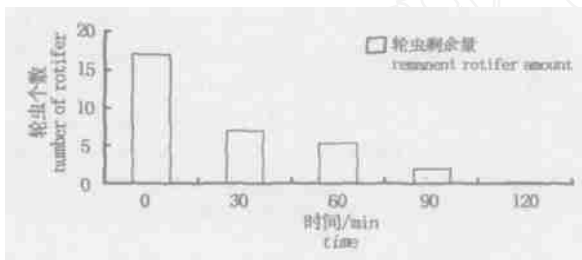
Fig. 3 Feeding incidence of larval *Epinephelus coioides* under different day-night rhythms

图4 不同昼夜节律下仔鱼昼夜摄食比例

Fig. 4 The feeding proportion between day and night of larval *Epinephelus coioides* under different day-night rhythms

3.2 关于饱食量和日摄食量

许多日本学者研究过一些海水鱼类仔稚鱼不同发育期的饱食量,对饱食量的确定,他们一般在仔稚鱼的各不同发育期取某一时点(如9:00或10:00时)的标本,计算胃内轮虫数,取其上限为其饱食量^[2,6]。王涵生认为,仔鱼的饱食量应以1天内各个观测时点饱食量的平均值来表示,而各个时点的饱食量应以最高值到此值下浮20%之值间的平均值表示^[2]。作者在15日龄斜带石斑鱼仔鱼的摄食观察中发现,同批仔鱼在1天中各个时刻及同一时刻不同个体间的摄食强度差异很大,这主要是由于个体大小差异及个体间摄食状态差异所造成的。在这种情况下,作者认为,如果按日本学者的取上限为其饱食量的做法,是欠科学的;而按王涵生的做法,在确定各个时点的饱食量时又很难操作。于是作者对各个时点饱食量的确定方法做了改进,取某时点所测得的30%的高数值求其平均值为该时点的饱食量。如本次实验

中,我们每个时点测定了15尾仔鱼的摄食量,我们就取其最高的5尾仔鱼的摄食量的平均值为该时点的饱食量。在计算日摄食量时,作者采用了间接法,即检查仔稚鱼消化道内的饵料量,求其饱食量,再根据饱食量、消化时间及一天内可能的摄食时间推算日摄食量。按此方法测得15日龄斜带石斑鱼仔鱼在自然昼夜节律下的轮虫日摄食量为每尾142个。

3.3 光照及昼夜节律的改变对仔鱼摄食的影响

许多研究认为,仔鱼的摄食与光照强度有很大的关系^[3,5,7]。仔鱼是视觉摄食者,没有光照就不能产生视觉,无法摄食,仔鱼摄食的临界光强度是0.1 lx,最好保持在100~500 lx,但不宜超过1000 lx,否则仔鱼会出现明显受惊反应,甚至光休克而死亡^[8]。这种情况也见于斜带石斑鱼,仔鱼的摄食与光照的变化有紧密的关系。自然昼夜节律下,室内光照白天在100~400 lx之间,斜带石斑鱼仔鱼在白天各时段摄食相对活跃,而在夜间光照为0,摄食不活跃或不摄食。另外,夜间提供光照稍微增加了仔鱼的夜间摄食;黑暗条件下仔鱼在白天的摄食受到很大的影响,摄食强度显著下降。在摄食节律方面,仔鱼在自然昼夜、持续光照和黑暗条件下均表现为白天摄食为主,摄食节律明显且较一致。这说明,光照变化对仔鱼的摄食能产生很大的影响,但对其昼夜整体节律影响不大。作者认为,斜带石斑鱼仔鱼的摄食节律是仔鱼对包括光照变化在内的昼夜节律的一种适应性表现,也可以说是仔鱼内在生物节律与环境变

化共同作用的结果。仔鱼在完全黑暗条件下仍有明显的摄食节律这一结果为以上推论提供了强有力的证据。

3.4 仔鱼饲养的饵料供应及光照时间

根据以上观察结果,15日龄的斜带石斑鱼仔鱼,以每池(35t水体)50万尾仔鱼计算,每天至少供应7千万轮虫才能满足摄食需要。仔鱼期的投饵应主要在白天进行。仔鱼饲养时的光照持续时间,一般主张与自然白昼保持一致为好^[3]。Blaxter认为,通过人工延长照明时间,可以延长鱼用以摄食的时间,因而可以改善鱼的摄食,达到提高生长率的目的^[9]。王迎春认为夜晚过长的光照亦不利于仔鱼的生长,因为夜晚只要有光照仔鱼便处于相对较活动的状态,消耗较多,得不到足够时间的休息,对生长及存活亦不利^[7]。从此次实验结果看来,延长光照时间稍微增加了仔鱼的夜间摄食,但对仔鱼的日摄食量影响并不显著,由此笔者也认为斜带石斑鱼仔鱼饲养时的光照持续时间最好与自然白昼保持一致。

参考文献:

- [1] Li D Y, Liu X C, He D R. Feeding rhythm of *Pagrosomus major* during the development stage [J]. *Tropic Oceanology*, 1994, 13 (2): 82 - 87. [李大勇, 刘晓春, 何大仁. 真鲷早期发育阶段的摄食节律[J]. 热带海洋, 1994, 13(2): 82 - 87.]
- [2] Wang H S. Studies on the daily consumed numbers of rotifer fed by the early larvae of *Epinephelus akaara* [J]. *J Fish China*, 1996, 20(4): 365 - 369. [王涵生. 赤点石斑鱼早期仔鱼轮虫日摄食量的研究[J]. 水产学报, 1996, 20(4): 365 - 369.]
- [3] Yin M C. Feeding and growth of the larva stage of fish [J]. *J Fish China*, 1995, 19(4): 335 - 342. [殷名枢. 鱼类仔鱼期的摄食和生长[J]. 水产学报, 1995, 19(4): 335 - 342.]
- [4] Helfman G S. Fish behaviour by day, night and twilight [A]. *The behaviour of Teleost fishes*. Tong J. Pitchered. Baltimore Maryland [M]. The Johns Hopkins University Press, 1986. 366 - 387.
- [5] Li D Y, He D R, Liu X C. Influence of light on feeding of larval, juvenile and young red sea bream [J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 1994, 13(1): 26 - 31. [李大勇, 何大仁, 刘晓春. 光照对真鲷仔、稚、幼鱼摄食的影响[J]. 台湾海峡, 1994, 13(1): 26 - 31.]
- [6] Kayano Y, Ho Y W. Initial feeding and growth of larval red spotted grouper *Epinephelus akaara* [J]. *Suisanzoshoku*, 1997, 45 (2): 213 - 218. [萱野泰久, 何玉环. キツハタ仔鱼の初期摄餌と成長[J]. 水产增殖, 1997, 45(2): 213 - 218.]
- [7] Wang Y C, Su J X, Zhou Q. Effects of light on growth, development and feeding of larval *Limanda yokohamae* [J]. *J Fish China*, 1999, 23(1): 6 - 12. [王迎春, 苏锦祥, 周勤. 光照对黄盖鲽仔鱼生长、发育及摄食的影响[J]. 水产学报, 1999, 23(1): 6 - 12.]
- [8] Blaxter J H S. The rearing of larval fish, in *Aquarium System* [M]. London: Academic Press, 1981. 303 - 325.
- [9] Blaxter J H S. Light intensity, vision and feeding in young plaice [J]. *J Exp Biol Ecol*, 1968, 2: 293 - 307.