

# 中华乌塘鳢仔稚鱼的摄食习性与食物选择\*

张维燾

(中国科学院南海海洋研究所, 广州 510000)

收稿日期 1990年4月11日

关键词 仔稚鱼, 食物选择, 摄食量, 消化吸收口器

**提要** 本文在实验培养条件下, 对中华乌塘鳢仔稚鱼的食性进行了初步的研究。文中采用线性指标:  $L_i = r_i - p_i$  分析仔稚鱼对轮虫、卤虫和桡足类这3种饵料的选择性。结果表明, 在不同的发育阶段对不同的饵料有明显的选择性。本文同时对仔稚鱼的开口时间、日摄食量、消化吸收率、口器效应等作了初步的研究。

## I. 材料与方法

本文采用 Blaxter (1968) 和 Rosenthal (1968) 等创造的方法, 研究仔稚鱼的食物选择性。即将仔鱼放在实验室内培养, 利用胃内容物和环境水体中的饵料成分作比较分析, 以确定其选择性。

实验鱼苗是在实验室内通过人工催产、孵化培养获得。培养箱系容积 200L 的玻璃水簇箱, 培养水经过过滤、恒比重 1.012kg/L, 水温 24~28°C。饵料是用浮游生物网在海边捞取, 主要成分是桡足类。另外适量补加人工培养的轮虫 (*Brachinus Plicatilis*) 和初孵卤虫 (*Artemia Salina*) 幼体。

饵料标本和仔鱼标本同时抽样, 仔鱼经过体长、体重等测量后, 用解剖针将其整个消化道剔出, 再剖开鉴定并计数。饵料数包括整个消化道可辨认的数目(包括未消化和尚未完全消化的饵料)。仔鱼对饵料的利用是否有选择性, 采用线性指标:  $L_i = r_i - p_i$  来估计。 $r_i$  是消化道内容物中某成分的百分比,  $p_i$  是环境饵料中某成分的百分比。线性指标的值范围在-1和+1之间。0值表示没有选择性, 或者说仔鱼对这种饵料是随机摄食的; 负值表示负向选择性, 或者说仔鱼对该成分不感兴趣, 避免摄入或不易捕食; 正值表示正向选择性, 数值越大, 喜好程度越高。各饵料成分的统计量  $L_i$  将通过  $t$ -检验。

## II. 结果

### II.1. 开口时间

中华乌塘鳢仔鱼是在孵出后第4或第5天开始摄食。此时卵黄即将耗尽, 开口饵料是轮虫或

\* 致谢导师徐恭昭研究员的悉心指导。

者是桡足类幼体。表 1 是两次实验的结果。

表 1 开口时间数据

Tab. 1 The time of setting on prey of Larvae

日期(月.日)	孵出天数	测定尾数	平均全长(mm)	平均卵黄径(mm)	摄食比率
5.31	0	5	3.6	0.78	0
6.1	1	5	3.8	0.75	0
6.2	2	5	4.5	0.65	0
6.3	3	5	4.8	0.45	0
6.4	4	5	4.9	0.30	0
6.5	5	5	5.1	0.11	1/5
6.6	6	5	5.0	0.00	3/5
10.6	1	15	3.8	0.73	0
10.7	2	15	4.3	0.35	0
10.8	3	15	4.6	0.14	0
10.9	4	15	4.7	0.04	5/15
10.10	5	15	4.7	0.00	7/15
10.11	6	15	5.0	0.00	8/15

## II.2. 饵料选择性

仔鱼标本每次抽样 5 尾。水体饵料标本每次抽样 100mL。现将仔鱼胃内经常性的 3 种饵料生物分成 4 个组分,分别计算  $r_i, p_i$  和  $L_i$  值,列成表 2。采用  $t$ -双边检验,检验结果如表 3。其中, ns:不显著;\*: 显著;\*\* : 高度显著。

表 2 选择指标各组分数据

Tab. 2 Linear selection index values on the four groups of prey

日期(10月)	仔鱼平均全长(mm)	轮虫			桡足类(<200 $\mu$ m)			桡足类(>200 $\mu$ m)			卤虫无节幼体		
		$r_1$	$p_1$	$L_1$	$r_2$	$p_2$	$L_2$	$r_3$	$p_3$	$L_3$	$r_4$	$p_4$	$L_4$
9	4.7	0.84	0.91	-0.07	0.08	0.00	0.08	0.22	0.09	0.13	0.00	0.00	0.00
10	4.7	0.85	0.90	-0.05	0.00	0.00	0.00	0.04	0.05	-0.01	0.11	0.05	0.06
11	4.7	0.21	0.94	-0.73	0.11	0.00	0.11	0.61	0.01	0.59	0.07	0.05	0.02
12	4.9	0.67	0.50	0.17	0.00	0.30	-0.30	0.00	0.20	-0.20	0.33	0.00	0.33
13	4.9	0.14	0.50	-0.36	0.00	0.00	0.00	0.01	0.30	-0.29	0.84	0.20	0.64
14	5.0	0.64	0.55	0.09	0.09	0.27	-0.18	0.18	0.18	0.00	0.09	0.00	0.09
16	5.2	0.04	0.37	-0.33	0.96	0.63	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	5.1	0.11	0.68	-0.57	0.89	0.20	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	-0.12
21	6.1	0.02	0.36	-0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	-0.64	0.98	0.00	0.98
23	7.1	0.12	0.93	-0.81	0.00	0.00	0.00	0.37	0.07	0.30	0.51	0.00	0.51
26	7.8	0.05	0.11	-0.06	0.00	0.00	0.00	0.03	0.85	-0.82	0.91	0.04	0.87
29	9.1	0.00	0.04	-0.04	0.00	0.00	0.00	0.05	0.70	-0.65	0.95	0.26	0.59

### II.2.1. 对轮虫的选择

$t$  检验说明  $L_1$  的平均值与 0 有显著差异,据此认为仔鱼对轮虫有负向选择。再观察  $L_i$  数据可以发现仔鱼在 6d 前的  $L$  值在 0 左右波动,6d 后才有稳定的负值,作进一步的分析:

$$6d \text{ 前: } t = -0.158 / (0.333 / \sqrt{6}) = -1.162 \quad (\text{ns})$$

表3  $L_i$  值显著性检验

Tab. 3 The t-test for significance of  $L_i$  values from zero

	$\bar{L}_i$	$S\bar{x} = S/\sqrt{n}$	$t = \bar{L}_i/S\bar{x}$	$t_{0.05}$	
轮 $L_1$	-0.258 0	0.092 0	-2.802	2.201	*
桡 $L_2$	0.077 5	0.116 6	0.665	2.447	ns
桡 $L_3$	-0.133 0	0.119 5	-1.112	2.201	ns
卤 $L_4$	0.362 0	0.114 0	3.173	$t_{0.01} = 3.169$	**

6d 后:  $t = -0.358 / (0.297 / \sqrt{6}) = -2.958$  (\*)

初步结论: 仔鱼在 6d 前对轮虫是随机摄食, 6d 后呈负向选择。

### II.2.2. 对桡足类的选择

$L_2$  和  $L_3$  的数据均无显著性, 因此总体来说仔鱼对桡足类的摄食是随机选择。进一步观察数据, 发现仔鱼对桡足类的摄食在不同的发育时期有明显的不同。数据表明, 6d 前是随机选择, 6d 后, 相对于轮虫是正向选择, 相对于卤虫是负向选择。

### II.2.3. 对卤虫的选择

$L_4$  数据  $t$  检验高度显著, 即仔鱼对卤虫的摄食表现出强烈的正向选择。对数据进一步分析表明, 仔鱼在前 3d 内的摄食是随机的, 而随着生长对卤虫表现越来越强的正向选择。

## II.3. 日摄食量

实验首先将鱼苗捞入实验盆中, 适应饥饿数小时, 然后换上经过滤的清水, 加入计数后的卤虫幼体, 适当遮光, 避免惊扰。实验数据见表 4。

表4 仔稚鱼日摄食量实验数据

Tab. 4 The data for the rations of larvae and juveniles

实验号	容器	实验苗数	投喂卤虫数	摄食时间	残饵数	平均每尾摄食数	平均每时每尾摄食数	实验鱼平均全长 (mm)
A	玻缸	10	1 200	7h 9:00~16:00	645	55.5	7.94	8.3
B	瓷碗	9	500	4min	427	8.1	121.50	8.3
C	玻缸	6	1 500	17h 17:00~9:00	159	223.5	13.97	14.0

7.94 可基本认为是 8mm 左右仔鱼平均日摄食率。C 号摄食时间包含了 10h 夜间, 夜间 20:00~5:00 无适宜光线, 可能不摄食。因此, 14mm 左右的稚鱼平均日摄食率大致认为是 32。如果每天有效摄食时间估计为 14h, 并按下式:

日摄食量 = 平均日摄食率 × 日有效摄食时间计算, 则:

8mm 左右仔鱼日摄食量约为 111 个卤幼; 14mm 左右稚鱼日摄食量约为 448 个卤幼。

## II.4. 消化吸收率

将 14mm 左右的稚鱼 6 尾放入浅玻璃缸饥饿 8h, 下午 4:00 换新水后, 放入 1 500 个卤虫幼体, 水温 26.5°C。翌日 8:00 计数残饵, 粪使用吸管及时收集在备好的滤纸上。滤纸及样品置烘箱 60°C 下烘干 6h。实验数据列于表 5。

应该指出, 粪便排入水中会有一些溶解损失, 可能会使此处消化吸收率略为增大。

## II.5. 仔稚鱼的口裂宽和最大口径

### II.5.1. 口裂宽

表 5 稚鱼对卤虫幼体干重的消化吸收率\*

Tab. 5 Dryweight absorptivity of juvenile to *Artemia salina*

平均全长 (mm)	实验尾数 (鱼)	粪便干重 (mg)	摄食尾数卤虫	平均每尾卤虫干重 (mg)	摄食卤虫干重 (mg)	消化吸收率 (%)
14.2	6	34	1 416	0.14	198.24	82.8

\* 稚鱼对卤虫幼体干重的消化吸收率:

$$DR = (\text{摄食卤虫干重} - \text{粪便干重}) / (\text{摄食卤虫干重}) \times 100\% = 82.8\%$$

仔稚鱼口裂宽的大小以及随发育而增加的速度,对于不同种类有明显的差别。本实验对中华乌塘鳢仔稚鱼口裂宽的测定得到下列关系式:

$$Y = 0.119X - 0.079$$

Y: 口裂宽; X: 仔稚鱼全长; 单位: mm。

### II.5.2. 最大口径

仔稚鱼口径的直径直接测定不能象测口裂宽那样方便和精确,现在很少采用。目前普遍采用了田中克的间接测定法。

下面是间接法测定仔稚鱼最大口径的数据。

表 6 仔稚鱼的最大口径(mm)

Tab. 6 Maximum mouth gape of larvae and juveniles

全长	4.00	5.03	5.70	7.63	8.70	9.60	11.0	12.80	16.8	21.00	25.00	33.30
上颌长	0.13	0.28	0.33	0.5	0.63	0.75	0.88	0.88	0.94	1.13	1.60	2.05
最大口径	0.18	0.40	0.47	0.71	0.89	1.06	1.24	1.24	1.33	1.59	2.26	2.90

仔稚鱼上颌长对全长的关系:

$$Y = 0.06X + 0.033 \quad (Y: \text{上颌长}, X: \text{全长})$$

仔稚鱼最大口径对全长的关系:

$$Y = 0.085X + 0.047 \quad (Y: \text{最大口径}; X: \text{全长})$$

## III. 讨论

### III.1. 食物选择性

本文选用的选择指标是:  $L_i = r_i - p_i$ , 其优点是,  $L_i$  具有正态分布的统计学特征,即在随机选择情况下,  $L$  服从于平均数为 0, 方差为  $\sigma$  的正态分布。这样  $L$  值可以方便地与 0 进行比较,在 0.05 概率水准上进行  $t$ -检验。

食物种类是人为施加的,与自然环境有很大差别。但笔者认为,此法是实验生态学中一个有效可行的研究方法,其结果对人工育苗工作具有重要的应用价值。

### III.2. 摄食习性

III.2.1. 考虑到饵料生物的活动性和仔鱼的捕捉能力,中华乌塘鳢仔鱼的开口饵料仍以轮虫为好,3~6d 后投喂桡足类或卤虫幼体是合理的。

III.2.2.1 星期后的仔鱼,以轮虫作为单一饵料已不适宜,此时卤虫幼体是优良饵料,在缺乏卤虫的情况下,以桡足类代替亦可。仔鱼对这 3 种饵料的喜好程度如下顺序:卤虫幼体 > 桡足类 > 轮

虫。

III.2.3. 仔稚鱼主要靠视觉觅食,夜间由于无适宜光线,可能不摄食或极少摄食。

### III.3. 口器效应

中华乌塘鳢开口仔鱼的口裂宽约 0.48mm。本实验投喂的轮虫、卤虫幼体和桡足类成体的体宽分别是: 0.133mm, 0.236mm, 0.250mm, 即它们的比率分别是: 0.28, 0.49, 0.52, 均小于 0.76。

最大口径与口裂一样,直接影响仔鱼对饵料大小的选择,尤其是行吞咽摄食时。中华乌塘鳢稚鱼期时,常常衔着较大的饵料。一边调整食物的位置,一边极力吞咽。此时,稚鱼最大限度的张口,往往要处理一段时间后才慢慢吞咽下去。仔稚鱼摄食时,处理食物所需的时间可能与最大口径有密切的相关性。

### 主要参考文献

- [1] 张维鑫, 1989. 中华乌塘鳢仔稚幼鱼行为生态初步观察. 热带海洋 8(2): 110~116.
- [2] 张维鑫, 1988. 中华乌塘鳢育苗关键期及死亡因素探讨. 南海研究与开发 3: 53~58.
- [3] Strauss, R.E., 1979. Reliability estimates for Ivlev's electivity index, the forage ratio and a proposed linear index of food selection. *Transaction of the American Fisheries Society* 108:344-352.
- [4] Hunter, J.R., and C.A. Kimbrell, 1980. Early life history of pacific mackerel, *Scomber japonicus*. *U.S. Fish. Bull.* 78:89-101.

## FEEDING HABITS OF *BOSTRICHTHYS SINENSIS* LARVAE AND JUVENILES

Zhang Weizhu

(South China Sea Institute of Oceanology, Academia Sinica, Guangzhou 510301)

Received: Apr., 11, 1990

**Key Words:** Larvae and juveniles, Food selection, Ration, Digestion and absorption, Mouth effect

### Abstract

This paper deals with the feeding habits of *Bostrichthys sinensis* larvae and juveniles under laboratory rearing conditions.

Food selectivity of the larvae and juveniles on rotifers, *Artemia salina* nauplii and copepods is analysed by means of linear index  $L_i = R_i - P_i$ . The results indicate that there is obvious selectivity of larvae and juveniles. Larvae show random feeding on the three prey during the initial 3-6d, switched to feeding on *A. salina* nauplii thereafter.

The setting on prey of larvae is on the 4th or 5th days after being hatched. The daily rations of larvae about 8 mm and juveniles about 14 mm are 111 ind. and 488 ind. of *A. salina* nauplii, respectively. The digestion and absorption rate of juveniles to *A. salina* nauplii in dry weight is about 82.8%. The linear relations of the mouth width and maximum mouth gape to total length are as follows:

$$Y_1 = 0.119X - 0.079 \quad (X: \text{total length, } Y_1: \text{mouth width, mm})$$

$$Y_2 = 0.085X + 0.047 \quad (X: \text{total length, } Y_2: \text{maximum mouth gape, mm})$$