

河川沙塘鳢消化系统的发育及仔、稚、幼鱼摄食的研究

胡先成 孙帼英

(华东师范大学生物学系, 上海 200062)

提 要 本文描述了河川沙塘鳢胚胎、仔、稚鱼消化系统的发育过程,对仔、稚、幼鱼的摄食作了较深入的研究。仔鱼开口摄食期为孵化后的2—7天,第10天的仔鱼,卵黄方被完全吸收,属混合性营养类型,混合营养期为孵化后的2—9天。小型枝角类是仔鱼适宜的开口饵料;仔、稚鱼期的主要饵料亦为枝角类,其次为桡足类;幼鱼则转为以小蚯蚓和摇蚊等底栖动物为主要食物。从仔鱼到幼鱼,摄食量逐渐增大。稚鱼昼夜摄食节律变化明显。

关键词 河川沙塘鳢, 消化系统发育, 摄食

河川沙塘鳢 *Odontobutis potamophila* (Günther) 系小型经济鱼类,深受上海、江苏、浙江一带人们的喜爱。本文在该鱼生物学和人工繁殖研究(孙帼英、郭学彦,1996;谢仰杰、孙帼英,1996)的基础上,探讨仔、稚、幼鱼的食性及摄食规律。对开食期仔鱼口宽与饵料大小的关系,不同发育阶段的食性及摄食强度等进行了研究,为人工培育鱼苗提供科学依据。

1 材料和方法

在4—5月,从江苏苏州东山和上海水产市场收集性腺发育良好的亲鱼,饲养于大型水族箱中,取卵镜检,当卵发育成熟时,作干法人工授精。受精卵置于培养缸内孵化。在消化管出现后,每天取5—10粒卵,在解剖镜下剥除卵膜,观察消化系统发育和测定有关数据。

仔鱼孵出后的第二天开始投喂活饵料。仔鱼孵出后每天采样一次,10天后每3天一次,每次取10—20尾,麻醉后观察和测量。用滤纸吸干标本上的水份,用1/10000分析天平进行群体称重。取出胃及肠管,目测胃育塞度,在解剖镜下分析食物团中饵料的种类,计数和测量。食物团重量系按各类饵料平均大小换算而得。

1995-12-13收到。

(1)孙帼英、郭学彦,1996。太湖河川沙塘鳢年龄、生长和摄食习性的研究。

(2)谢仰杰、孙帼英,1996。太湖河川沙塘鳢胚胎及仔、稚鱼发育及温度对胚胎发育的影响。

2 结果

2.1 消化系统的发育(图1)

2.1.1 胚胎期

胚胎约经11天的发育进入循环期,此时,胚体全长3.57mm,消化管出现,直管状。第13天,胚体全长3.73mm,肝脏出现于消化管前腹侧。第14-15天,胚体全长3.87-3.91mm,口凹形成,消化管中后部出现黄绿色内含物,全长3.91mm时,口裂贯通。第16-17天时,胚体全长4.17-4.26mm,消化管在鳔的后下方处发生弯曲,其内全部充满黄绿色内含物,口能上下张合。第18天,胚体全长4.47mm,消化管开始蠕动,食道分化形成。第19-20天时,胚体全长4.73-4.95mm,肠管形成一个盘曲,上下颌齿出现。第21天,胚体全长5.08mm,胃分化形成,第一鳃弓内缘出现3枚鳃耙。第22-23天,胚体全长5.55-5.59mm,胃更明显,鳃耙7枚。

2.1.2 仔、稚鱼期

第24天,初孵仔鱼全长6.20mm,消化管全长3.27mm,胃内壁开始形成纵行皱褶,鳃耙8枚,肝脏和胆囊明显。1天仔鱼,全长6.45mm,消化管全长3.53mm,胃内壁皱褶明显。2-3天仔鱼,全长6.62-6.79mm,消化管全长3.70-3.87mm 肛门陆续贯通,仔鱼亦陆续开口摄食。4-9天仔鱼,全长6.96-7.93mm,消化管全长4.13-5.59mm,肠管盘曲环和管腔增大。10-31日龄,稚鱼全长8.05-12.01mm,消化管全长6.45-7.84mm,胃更扩大并遮盖了肠管的盘曲环,胃、肠内皱褶增多,管腔增大,摄食量亦随之增大,鳃耙达11枚(3+8),鳃耙间距从10日龄的96μm 增至31日龄的215μm。

在仔鱼期,消化管(Ld)与全长(T)的直线回归方程为 $Ld = -5.03 + 1.32T$ ($r = 0.998 > r_{0.01} = 0.834$) 两者呈正相关,直线相关关系密切(图2)。

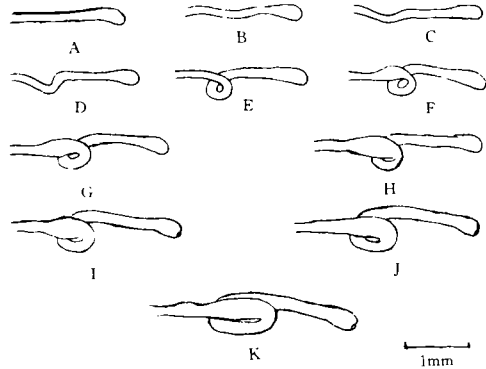


图1 消化管的发育过程

Fig. 1 Development of digestive tube

- A. 胚体全长3.57mm; B. 全长4.17mm;
- C. 全长4.26mm; D. 全长4.47mm;
- E. 全长4.73mm; F. 全长5.08mm;
- G. 全长5.59mm; H. 初孵仔鱼全长6.20mm;
- I. 全长6.79mm; J. 全长7.01mm;
- K. 全长8.05mm。

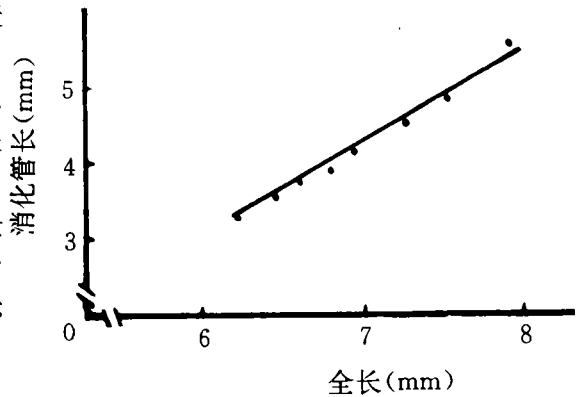


图2 仔鱼消化管长与全长的关系

Fig. 2 Relationship between length of digestive tube and total length of larvae

2.2 仔、稚、幼鱼的摄食

2.2.1 仔鱼的开口摄食期与混合营养期

初孵仔鱼卵黄囊略呈梨形,长径平均1.46mm,短径为0.74mm;随着卵黄物质被吸收,逐渐由梨形变成哑铃形,直至长棒状,7日龄开始出现卵黄完全被吸收的个体,10日龄时,卵黄全部被吸收。部分2日龄仔鱼开口摄食,摄食个体占总数的30%,3日龄的摄食个体增加1倍,7日龄的摄食个体达100%(表1),即仔鱼的开食期为2—7日龄,但由于10日龄仔鱼方转为纯外源性营养,故其群体的混合营养期为2—9日龄。

表1 仔鱼卵黄囊的吸收及开口摄食

Tab. 1 The absorption of the yolk sac and the initial feeding stage of larvae

日龄	尾数	全长 (mm)	卵黄囊		卵黄吸收完的个体		摄食个体	
			长径(mm)	短径(mm)	尾数	%	尾数	%
初孵仔鱼	12	5.93—6.45	1.29—1.72	0.65—0.90	0	0	0	0
1	18	6.19—6.67	1.20—1.59	0.52—0.69	0	0	0	0
2	15	6.28—7.05	1.29—1.55	0.43—0.52	0	0	5	30
3	10	6.45—7.14	1.12—1.46	0.34—0.47	0	0	6	60
4	15	6.54—7.22	0.86—1.46	0.22—0.43	0	0	12	80
5	15	6.79—7.27	0.77—1.46	0.13—0.26	0	0	12	80
6	15	6.88—7.65	0.52—1.46	0.065—0.13	0	0	13	87
7	15	7.01—7.74	0—1.20	0—0.13	2	13	15	100
8	15	6.97—8.00	0—1.12	0—0.13	5	30	15	100
9	10	7.44—8.34	0—0.77	0—0.086	7	70	10	100
10	10	7.57—8.69	0	0	10	100	10	100

2.2.2 口宽与饵料大小

仔鱼对开口饵料的选择与口宽有关(表2)。开食期仔鱼口宽随鱼体的增长而增大,饵料亦显著增大;口宽变化范围为0.75—0.90mm,摄食的饵料为180—370 μ m,饵料大小占口宽的比例为24.00—41.11%。

表2 仔鱼口宽与饵料大小

Tab. 2 Mouth size and food size of larvae

日龄	全长(mm)		口宽(mm)		饵料(mm)		饵料/口宽 (%)
	范围	平均	范围	平均	范围	平均	
2	6.38—6.88	6.67	0.73—0.77	0.75	0.15—0.22	0.18	24.00
4	6.71—7.53	7.11	0.77—0.86	0.81	0.16—0.38	0.28	34.57
5	6.88—7.61	7.16	0.82—0.90	0.86	0.24—0.45	0.35	40.70
6	7.05—8.00	7.44	0.84—0.93	0.88	0.16—0.48	0.35	39.77
7	7.10—7.74	7.49	0.86—0.95	0.90	0.26—0.51	0.37	41.11

2.2.3 仔鱼开口摄食的饵料种类与适口饵料

共解剖63尾开食期仔鱼,在47尾摄食者中,饵料种类有轮虫、无节幼体、桡足类、枝角类、藻类和人工饵料,其中枝角类(包括幼蚤)的出现率最高,平均达98%,其它的活饵料出现率仅为6.4—10.6%(图3),这表明仔鱼开食期的适口饵料为枝角类(包括幼蚤)。

2.2.4 不同发育阶段的食性

对全长5.93—20.86mm的234尾仔、稚和幼鱼进行了食性分析,摄食个体为186尾。除部分初孵至开食期的仔鱼尚未摄食外,稚、幼鱼的摄食率为96—100%(表3)。仔鱼期的主要饵料为浮游动物,其中以枝角类为主。稚鱼期仍以枝角类为主,而桡足类有增长趋势,幼鱼期以底栖动物的出现率较高,其中水蚯蚓的出现率高于摇蚊幼虫,食物中未见腹足类幼体,枝角类的出现率虽尚达60—80%,但摄食量很少。此外,仔鱼在开食期摄取极少藻类,基本不摄食人工饵料。

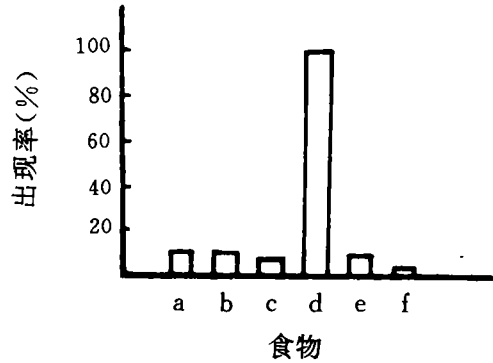


图3 仔鱼开食期各种饵料的出现率

Fig. 3 Percentage occurrence of various kinds of food during initial feeding stage

a. 轮虫; b. 无节幼体; c. 桡足类; d. 枝角类; e. 藻类; f. 人工饵料。

表3 仔、稚和幼鱼摄食饵料的出现率

Tab. 3 Percentage occurrence of various kinds of food ingested by larvae, juvenile and young fish

发育阶段 全长(mm)	出现率 (%)	浮游动物				底栖动物			藻类	人工 饵料	摄食率 (%)
		轮虫	无节幼体	桡足类	枝角类	摇蚊幼虫	水蚯蚓	腹足类幼体			
仔鱼期	5.93—6.20									0	
	6.28—7.52	9.62	9.62	5.77	96.15			7.69	1.92	76	
	7.58—7.93				100					100	
	8.05—9.26			6.90	100					100	
稚鱼期	9.53—11.64			11.11	92.60					96	
	12.01—12.90			40.74	96.30					96	
	13.39—14.11			70	100					100	
幼鱼期	14.96—16.12			20	80	60	80			100	
	16.34—20.85				60	60	100			100	

2.2.5 摄食强度

(1)食物育塞度 解剖观察了201尾、稚和幼鱼的胃充塞度(表4),仔鱼多为1—3级,而稚、幼鱼则多为3—5级。

表4 仔、稚和幼鱼的胃充塞度

Tab. 4 The fullness of the stomach of larvae, juvenile and young fish

发育阶段	出现次数 全长 (mm)	胃充塞度(级)					解剖尾数	
		0	1	2	3	4		
仔鱼期	5.93-6.20	30					30	
	6.28-7.52	17	16	16	7	6	65	
	7.58-7.93		6	4	4	3	21	
稚鱼期	8.05-9.26	1	1	2	5	6	5	20
	9.53-11.64		1	2	2	4	7	16
	12.01-12.90	1	1	1	4	5	7	19
	13.39-14.11		1	1	2	4	3	11
幼鱼期	14.96-16.12			1	1	3	4	9
	16.34-20.85				2	4	4	10

(2)摄食量和饱满指数 将125尾仔、稚和幼鱼的饵料种类和数量,按不同长度组以更正重量算出平均摄食量,并计算平均饱满指数(图4)。饱满指数系消化道内食物团重与鱼体重的比值, $K = \frac{W_f}{W_b} \times 10000$ [李思发等,1980]。

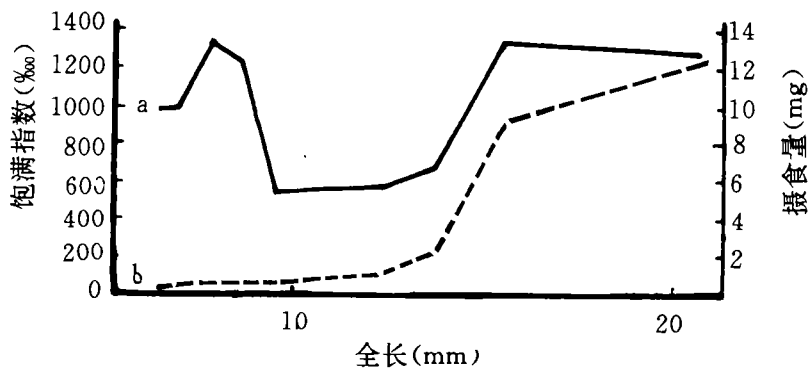


图4 仔、稚和幼鱼摄食强度的变化

Fig. 4 Variation of feeding intensity of larvae, juvenile and young fish

a. 饱满指数; b. 摄食量(消化道内一次镜检出的数量)。

图4表明,开食期的摄食量最小,平均0.31mg;此后及稚鱼期,摄食量逐渐增加;进入幼鱼期后,摄食量急剧增高,而且随着幼鱼的增长而不断增高。开食期的仔鱼,平均饱满指数较高,全长在7.58mm以后,仔鱼陆续转为纯外源性营养,饱满指数相应升高,稚鱼早期的饱满指数亦维持在较高水平,而在全长为9.53mm以后显著降低,这是由于稚鱼体重增长速度(从5.84mg增至35.65mg)超过了摄食量的增长速度(从0.71mg增至2.44mg)所致。幼鱼的食性发生转变,摄食量的急剧增加导致饱满指数再次升高。

(3)稚鱼昼夜摄食节律 在一昼夜内,每隔4小时采样一次,每次采鱼10尾,观察24小时内稚鱼胃充塞度和计算平均饱满指数(图5):06:00时胃充塞度为1—3级的占78%,10:00时4—5级占44%;14:00和18:00时摄食活动最为强烈,4—5级为100%,22:00时4—5级占40%;02:00时均为0—1级。饱满指数与充塞度有相似的变化,两者均在一昼夜间出现一个高峰,02:00时最低。

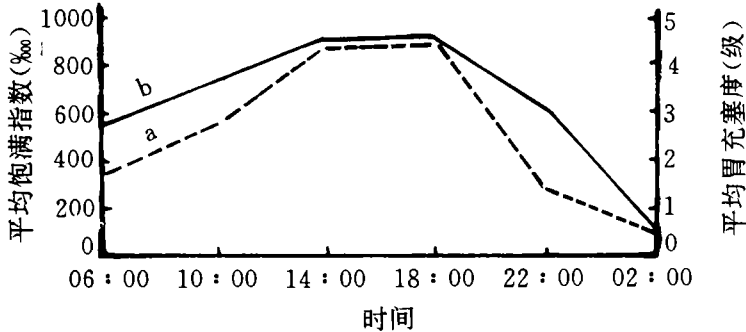


图5 稚鱼摄食强度的昼夜变化

Fig. 5 The variations of feeding intensity of the juvenile during day and night

a. 平均饱满指数; b. 平均胃充塞度。

(4)稚鱼的日摄食率 日摄食率是单位体重每天的摄食量,由日摄食率推测一定体重的鱼在一天内的饵料需要量。日摄率采用“时平均饱满指数法”, $k_d = \frac{(k_{14} - k_{10}) + (k_{22} - k_2)}{8} \times 24$ [李思发等,1980]。求得 $k_d = 16.11\%$,即稚鱼每天摄取的食物约占体重的16%。(上式中, k_{14} 、 k_{10} 、 k_{22} 、 k_2 为一昼夜内不同时间测得的饱满指数)。

3 讨论

3.1 仔鱼开口摄食期的特点

在孵化后第2天,部分仔鱼开口摄食,第7天,摄食个体达100%,即群体的开食期为孵化后的第2—7天,在此期间,仔鱼属混合性营养类型,在卵黄囊被吸收转为纯外源性营养时,混合营养期方结束,故群体的混合营养期为孵化后的第2—9天,即整个开口摄食期处在混合营养期内,这与日本鲈鱼仔鱼的情况相似[Huntert 和 Kimbrell,1981],而与仔鱼的混合营养期处在开食期内不同[黄德祥,1980;汪留全、程云生,1985;颜开强、张其永,1991]。这一特点对仔鱼的成活极为有利,在试验中,仔鱼具有68%的成活率,也说明了这一点。此外,2日龄就仔于开口摄食的摄食比例即达30%,与某些鱼类相比显然较高[朱成德,1987;颜开强、张其永,1991],其原因可能与仔鱼的器官发育较完善和运动能力较强有关,致使开口摄食的成功率较高[朱成德,1986],这对提高仔鱼的成活率具有积极意义。人工育苗时要注意开口摄食早这一特点,及早投喂饵料。

3.2 仔鱼对开口饵料的选择

仔鱼对开口饵料的选择,与口宽和饵料个体的大小关系密切,口的大小是仔、稚鱼摄食的限制因素[Dabrowski 和 Bardega,1984;朱成德,1986]。仔鱼开口摄食期饵料宽度占仔鱼口宽的20—50%,很少超过80%[殷名称,1991]。根据这一比例,河川沙塘鳢仔鱼适合的开口饵料应为150—450 μm 。在试验中,我们同时投喂了相当数量的轮虫,小型枝角类、桡足类及无节幼体等,而在仔鱼的食物中,大量出现的是小型枝角类,投喂的小型枝角类为192—480 μm ,而仔鱼摄取的为180—370 μm ,占口宽的比例为24.00—41.11%,这与据口宽的预测值基本吻合。食物中很少出现轮虫、桡足类及无节幼体,这与轮虫和无节幼体大小有关,投喂的裂足轮虫和晶囊轮虫,宽度为80—224 μm ,仅占口宽的7.8—23.7%,仅能被4日龄以前部分仔鱼摄取,而桡足类个体相对较大(344—602 μm),且活动迅速,桡足类逃避鱼捕食的能力比枝角类大很多[Drenner等,1978]。食物中少量藻类和人工饵料可能是吞食时随水流带入的。

3.3 稚鱼的昼夜摄食节律与人工投喂

稚鱼摄食强度的昼夜变化与日出、日落有关,即日出前开始摄食,此后,饱食个体逐渐增多,在下午14:00点至日落前饱满指数最高,夜晚基本不摄食。Kadris[1991]指出,大西洋鲑的摄食高峰期正是其活动高峰期,并和光照明有一定关系,而活动高峰期又与水体溶氧及鱼的生物钟有关。因此,日摄食节律与多种因子有关,有待探讨。根据稚鱼的日摄食节律和日摄食率,在人工育苗时,应在每天9:00和16:00时投饵,一次投饵量至少应约占鱼体重的8%,保证充足的饵料供应,以防鱼苗同类相残。

第一作者现在重庆师范学院生物学系。

参 考 文 献

- [1] 朱成德,1986.仔鱼的开口摄食期及其饵料综述,水生生物学报,10(1):86—95。
- [2] ——,1987.在人工饲养条件下鲢鱼仔鱼期开口摄食的观察,生态学报,7(4):368—375。
- [3] 汪留全、程云生,1985.池养条件下革胡子鲶仔幼鱼摄食习性与生长的初步研究.水产学报,14(2):105—113。
- [4] 李思发等,1980.鲢、鳙、草鱼摄食节律和日摄食率的初步研究.水产学报,4(3):275—283。
- [5] 殷名称,1991.鱼类早期生活史研究与其进展.水产学报,15(4):348—356。
- [6] 黄德祥,1980.达氏鲟仔鱼消化系统的发育及摄食初期食性的初步研究.水产学报,4(3):285—293。
- [7] 颜开强、张其永,1991.大弹涂鱼仔、稚、幼鱼消化系统的发育及其食性的研究.海洋学报,13(2):240—246。
- [8] Dabrowski, K. and R. Bardega, 1984. Mouth size and predicted food size preference of larvae of three cyprinid fish species. *Aquaculture*, 40:41—46.
- [9] Drenner, R. W. et al., 1978. Capture probability: The role of zooplankter escape in the selective feeding of planktivorous fish. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 35:1370—1373.
- [10] Hunter, J. R. and C. Kimbrell, 1981. Some aspects of the life history of laboratory reared Pacific mackerel larvae (*Scomber japonicus*). *Rapp. P. V. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 178:344.
- [11] Kadris, S., 1991. Daily feeding rhythms in Atlantic Salmon in sea cages. *Aquaculture*, 92:219—224.

STUDIES ON THE DEVELOPMENT OF THE DIGESTIVE SYSTEM AND THE FEEDING OF LARVAL, JUVENILE AND YOUNG DARK SLEEPER *ODONTOBUTIS POTAMOPHILA*

Hu Xian-cheng and Sun Guo-ying

(East China Normal University, Shanghai 200062)

ABSTRACT This paper deals with the development of the digestive system and the feeding of the larval, juvenile and young dark sleeper *Odontobutis potamophila*. Eleven days after fertilization, the digestive tube begins to appear. And afterwards, the digestive tube divides into esophagus, stomach and intestines, the liver forms, teeth and gill rakers appear and increase in number and the mouth opens too. Two days after hatching, the larval anus opens and the larva begins to feed. The initial feeding stage of larvae is 2–7 days after hatching. The yolks of all larvae are completely absorbed on the 10th day after hatching, hence the larva belongs to the type of mixture nutrition. The mixture nutrition is 2–9 days after hatching and it is longer than the initial feeding stage. The suitable food of larvae in the initial feeding stage is cladoceran. The width of food is 180–370 μm and its ratio to the width of mouth is 24.00–41.11%. The main food is cladoceran, then is copepods during larva and juvenile stages. During young fish stage, the main foods are freshwater oligochaetes and chironomids. The food ration increase gradually from the larva stage to the young fish stage. The study on diurnal feeding rhythm of juvenile shows that the peak of feeding lies at 14:00–18:00. The daily ration of juvenile (the relation of the total weight weight of food taken in a day to the weight of the juvenile) is 16.11%.

KEYWORDS dark sleeper, *Odontobutis potamophila*, development of digestive system, feeding