

# 倒刺鲃生活史各阶段的食性分析

王春<sup>①</sup> 易祖盛<sup>②</sup> 林小涛<sup>①\*</sup> 陈湘琳<sup>③</sup>

(<sup>①</sup>暨南大学水生生物研究所 广州 510632; <sup>②</sup>广州大学生物系 广州 510405; <sup>③</sup>华南师范大学生命科学院 广州 510631)

**摘要:** 2004年3月至2005年2月对分布在西江水系中上游广西柳江段龙江中的一种名贵经济鱼类——倒刺鲃(*Spinibarbus denticulatus*)生活史各发育阶段的食性进行了分析研究。采用常规生物学方法,测定了倒刺鲃生活史各发育阶段的消化道指数、肠长指数、食物充塞度、肥满度等生物学参数。通过其食物组成、出现率和饵料类群变动或更替的数量特征,细分出倒刺鲃各发育阶段的食性特点:仔鱼和稚鱼阶段为杂食性偏动物食性;早期幼鱼为明显的杂食性,青年鱼则趋向于杂食偏植物食性;成鱼才是真正意义上的草食性鱼类。倒刺鲃幼龄及青年个体在周年中保持2.0~5.0的食物充塞度,而成鱼的摄食强度则存在明显的季节变化,在1月的平均充塞度只有0.3,在10月则为5.0。倒刺鲃幼龄个体周年中肥满度变化不明显,条件系数全年维持在2.201~2.406,青年个体周年中的肥满度5~8月间维持相对稳定,平均条件系数的变幅为2.337~2.365,但从9~12月,条件系数逐渐从2.451逐渐增大到2.852,在1~4月,条件系数逐渐从2.693减小到2.306;成鱼的肥满度呈现明显的季节变化,7月的条件系数为1.775,12月的则高达2.894。在倒刺鲃的整个生活史中,藻类在消化道中的出现率均达100%,平均湿重百分比在25.0%以上,可能是其重要的食物类群。

**关键词:** 倒刺鲃;生活史;食性;杂食性;草食性

中图分类号:Q958 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2007)04-101-07

## Analysis of Food Habits of *Spinibarbus denticulatus* in Its Life History

WANG Chun<sup>①</sup> YI Zu-Sheng<sup>②</sup> LIN Xiao-Tao<sup>①\*</sup> CHEN Xiang-Lin<sup>③</sup>

(<sup>①</sup> Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632;

<sup>②</sup> Department of Biology, Guangzhou University, Guangzhou 510405;

<sup>③</sup> Department of Biology, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

**Abstract:** The present paper deals with the feeding habits of a rare and commercial fish — Down-spine Carp, *Spinibarbus denticulatus* distributed in the Longjiang River, a section of the Liujiang River, belonging to the mid and upper reaches of the Xijiang River in Guangxi Autonomous Region from Mar. 2004 to Feb. 2005. In its history of life, the larvae fed mainly on algae (i.e. diatoms), protozoa (i.e. *Arcella*, *Diffugia*), rotifer and copepoda. Algae and rotifer were found to be the most important food item in the gut contents. Besides these, the juvenile fed also on filamentous green algae (i.e. *Cladophora*, *Spirogyra*), oligochaetes (i.e. *Tubifex*, *Limodrilus*), aquatic insect larva (i.e. *Chironomidae*) and detritus. Early young fish was inclined to be omnivorous, as a small amount of larger phytobenthos (i.e. *Chara*, *Nitella*) and aquatic plants (i.e. *Ceratophyllum demersum*, *Hydrilla verticillata*, *Potamogeton malainus*) were also added to food components in the gut compared with a diet of the juvenile. The adolescent fish tended to be more herbivorous due to an increase in an amount of aquatic plants. Adult fish was

基金项目 广东省科技厅重点农业攻关项目(No. 2002B21507);

\* 通讯作者, E-mail: tlinxt@jnu.edu.cn;

第一作者介绍 王春,男,博士,讲师,主要从事经济鱼类的驯化及生理生态学研究, E-mail: jishichao@163.com

收稿日期 2006-12-26, 修回日期 2007-05-11

factually herbivorous whose food items in its gut were mostly constituted by such aquatic plants as *C. demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Najas major*, *P. malainus*, *P. crispus* and *Vallisneria spiralis*. Food fullness of grade 2.0 to 5.0 was sustained in the guts of juvenile, early young fish and adolescent fish throughout one year. Seasonal variation of average food fullness in adult fish was distinctively observed with a minimum of grade 0.3 in Jan. and a maximum of grade 5.0 in Oct. Variation in annual fullness with season did not markedly present itself in juvenile and early young fish, which average condition factor (ACF) ranged from 2.201 to 2.406 in one year. In adolescent fish, fullness started gradually to increase from Sep. to Dec. with condition factor ranged from 2.451 to 2.852, and decrease gradually from next January to Apr. with ACF ranged from 2.693 - 2.306, and remained roughly the same with 2.337 - 2.365 ACF from May to Aug. In adult fish, fullness with 1.775 - 2.894 ACF varied obviously with season from July to Dec. Algae was possibly an important food item in the gut contents with a frequency of occurrence of 100% and average wet weight of 25.0% plus in the life history of the Down-spine Carp, *S. denticulatus*.

**Key words** : *Spinibarbus denticulatus*; Life history; Feeding habits; Omnivorous; Herbivorous

倒刺鲃 (*Spinibarbus denticulatus*) 又称青竹鱼、竹鱼、黄冠鱼, 主要分布于我国珠江水系的北江、西江和东江的中上游, 以及海南岛的昌化江、南渡江, 是一种名贵的野生经济鱼类, 长期以来, 一直是华南地区的高档河鲜之一<sup>[1]</sup>。其具有个体大、生长快、草食性、肉质鲜嫩、半洄游产卵等特点, 被认为是具有潜在开发价值的优质鱼类。目前, 人工驯化养殖已积累一定的经验<sup>[2,3]</sup>。但由于倒刺鲃天然种群较小, 野生种苗稀缺, 生物学资料缺乏, 其种苗的人工批量繁育仍有困难, 产业发展严重受阻。因此, 开展倒刺鲃生活中各发育阶段食性的研究, 不仅有助于其野生资源的保护及利用, 而且可为人工批量繁育种苗, 选择恰当的饵料, 把握驯食的时机提供生物学资料。

## 1 材料与方 法

2004 年 3 月至 2005 年 2 月在西江水系广西柳江段龙江 (包括其支流) 采集标本。其中成鱼标本主要委托当地渔民采用定置张网、拖网 (网目 3 ~ 17 cm)、流刺网 (大网目网衣目大小 40 ~ 80、小网目网衣目大小 8 ~ 18) 等渔具捕获, 捕捞水深多在 4 ~ 20 m。仔、稚鱼和幼鱼标本则采用筛网、竹箩、掌杆网、大罾网等捕得。研究中采用了少量其他年份采集的浸泡标本。按常规生物学研究方法测定标本的体长和肠长、称量体重、空壳重 (除去内脏后的重量) 和消化腺重等。

将标本分成不同的体长组, 并测量肠长, 以分析不同体长组的食物组成和出现率的差异。肠长以自然伸长时量度。小心剔出肠间的肝胰脏和脂肪组织。消化腺 (包括胆囊在内的肝胰脏) 及食物团湿重用精度为 0.1 g 的天平称量。一部分标本在刚捕获时野外现场解剖进行定性分析 (取前、中、后肠内含物混合, 稀释、制片和镜检), 一部分标本则将消化道两端系紧, 用 5% 的福尔马林固定后带回实验室进行定量分析, 各类食物的计数、定量及湿重的换算方法参见黄道明等<sup>[4-8]</sup>, 并统计出现率。出现率是一种食物在被解剖的消化道中出现次数占全部被解剖鱼的消化道的百分比。用食物充塞度和充塞度指数来表示倒刺鲃的摄食强度。按照 Cobpob 的测定方法, 充塞度分为 0 ~ 5 个等级<sup>[9]</sup>。肠长指数、消化腺指数及食物充塞度指数按下列公式给出<sup>[9,10]</sup> :

肠长指数 = 肠长 / 体长 ; 消化腺指数 = 消化腺重量 / 肠长 ; 食物充塞度指数 =  $10\,000 \times$  食物团湿重 / 鱼空壳重 ; 肥满度的大小由条件系数 (condition factor) 给出<sup>[9]</sup> :  $Q = 100 W_0 / L^3$ , 其中,  $Q$  为条件系数,  $W_0$  为剔出内脏后的空壳重,  $L$  为鱼的体长。结果分析时, 条件系数采用当月标本的平均值。

分别统计幼龄个体 (0<sup>+</sup> ~ 1<sup>+</sup> 龄)、青年个体 (2 ~ 4<sup>+</sup> 龄) 和性成熟个体各 360 尾标本 (每月各 30 尾) 的食物平均充塞度和肥满度之间的周年变化。仔鱼、稚鱼、幼鱼和成鱼的分期按股名称

的方法<sup>[11]</sup>,本研究涉及的仔、稚鱼的大致日龄是根据采集标本时前后 60 d 的平均水温,参照不同温度下倒刺鲃早期发育的时程推算得到<sup>[12]\*</sup>,幼鱼及成鱼的年龄鉴定及记法按殷名称的方法<sup>[11]</sup>。饵料生物的鉴定参照大连水产学院方法<sup>[13]</sup>,分类地位尽量鉴定到属或种。

## 2 观察与结果

### 2.1 倒刺鲃的食物组成

2.1.1 倒刺鲃仔、稚鱼的食物组成 如表 1 所示,倒刺鲃的仔鱼主要摄食藻类中的硅藻、原生动物中的表壳虫(*Arcella* sp.)等、轮虫、枝角类

和桡足类,其中以硅藻类、原生动物、轮虫和枝角类的出现率较高,分别达 100.0%、70.0%、85.0%和 65.0%。稚鱼的食谱有所扩大,藻类中出现了刚毛藻(*Cladophora* sp.)和水绵(*Spirogyra* sp.)等丝状绿藻。另外,食物类群中还增加了寡毛类,如颤蚓(*Tubifex* sp.)和水丝蚓(*Limodrilus* sp.),以及水生昆虫中的摇蚊幼虫及植物碎屑。原生动物、轮虫的出现率比仔鱼阶段有所减小。结合表 2 所示各主要食物类群在消化道中湿重的百分比,可以看出,倒刺鲃仔鱼、稚鱼为杂食且偏动物食性。

表 1 倒刺鲃仔、稚鱼的食物组成及其出现率( $n = 120$ )

Table 1 Food composition and its frequency of occurrence in the guts of *Spinibarbus denticulatus* larva and juvenile

食物类群 Food item	藻类 Algae	原生动物 Protozoa	轮虫 Rotifera	枝角类 Cladocera	桡足类 Copepoda	寡毛类 Oligochaeta	水生昆虫 Aquatic insect	有机碎屑 Organic detritus	
出现率(%) Frequency of occurrence	100.0	70.0	85.0	65.0	37.5				
仔鱼 Larva	代表属或种类 Representative genus or species	扁圆卵形藻、窄异极藻、比索曲壳藻、针杆藻等	表壳虫、沙壳虫、匣壳虫、刺胞虫	臂尾轮虫、腔轮虫	无刺大尾蚤、象鼻蚤、盘肠蚤	剑水蚤、无节幼体、桡足幼体			
出现率(%) Frequency of occurrence	100.0	34.2	65.0	95.0	55.0	32.5	17.5	22.5	
稚鱼 Juvenile	代表属或种类 Representative genus or species	直链藻、脆杆藻、舟形藻、桥弯藻、针杆藻、钢毛藻、水绵	表壳虫、沙壳虫、匣壳虫	臂尾轮虫、腔轮虫、晶囊轮虫	尖额蚤、无刺大尾蚤、多刺裸腹蚤、盘肠蚤	剑水蚤、猛水蚤、桡足幼体、无节幼体	线蚓、水丝蚓	摇蚊幼虫	碎屑

2.1.2 倒刺鲃幼鱼及成鱼的食物组成 如表 3 所示,倒刺鲃幼鱼主要摄食藻类(尤其是大型的沉水藻类如轮藻 *Chara*、丽藻 *Nitella*)寡毛类、水生昆虫中的摇蚊幼虫、水生维管束植物中的金鱼藻(*Ceratophyllum demersum*)、聚草(*Myriophyllum spicatum*)、轮叶黑藻(*Hydrilla verticillata*)和马来眼子菜(*Potamogeton malainus*)以及植物的碎屑。而成鱼主要摄食水生维管束植物中的马来眼子菜、金鱼藻、菹草(*Potamogeton crispus*)和苦草(*Vallisneria spiralis*)。结合表 2 所示各主要食物类群在消化道中湿重的百分比,可以看出,倒刺鲃幼鱼所摄动物性饵料的湿重百分比仍然较高,累计占

消化道食物总湿重的 34.48%,依然表现出杂食性的特点;成鱼消化道中植物性饵料的湿重百分比累计达 90.27%,表明其明显转变为植食性。

2.2 倒刺鲃不同年龄及体长组的食物组成 倒刺鲃不同年龄与体长组的食性分析如表 4。随着体长的增长,倒刺鲃摄取的食物类群及出现率有较大的变化。主要体现在,当年的幼鱼或体长 4.50 cm 以上的个体,开始摄食水生维管束植物和有机碎屑;体长 20.10 cm 以上的个

\* 王春. 倒刺鲃的繁殖生物学及早期发育阶段的生理生态学研究. 暨南大学博士学位论文, 2006, 64 ~ 89.

表 2 倒刺鲃各发育阶段消化道主要食物类群的湿重百分比  
 Table 2 Percentage of wet weight of the main food ingredients in the guts of *Spinibarbus denticulatus* at different developmental stages

		平均湿重百分比 Average percentage of wet weight (%)								
		藻类 Algae	原生动物 Protozoa	轮虫 Rotifera	枝角类 Cladocera	桡足类 Copepoda	寡毛类 Oligochaeta	摇蚊幼虫 Chironomus	水生维管束植物 Aquatic plants	碎屑 Detritus
仔鱼 Larva	平均值 Average	25.45	18.78	35.39	20.38					
	变幅 Range	21.43 ~ 27.65	13.13 ~ 19.56	30.70 ~ 39.56	12.75 ~ 26.40					
稚鱼 Juvenile	平均值 Average	20.05	7.47	19.07	27.58	12.32	10.48	2.09		0.95
	变幅 Range	16.55 ~ 25.0	92.88 ~ 10.59	17.38 ~ 20.87	19.27 ~ 38.01	9.48 ~ 15.25	2.33 ~ 18.36	0.06 ~ 8.75		0.45 ~ 2.75
幼鱼 Young fish	平均值 Average	17.33	0.048	0.15	16.43	3.67	8.85	5.33	40.14	11.72
	变幅 Range	7.63 ~ 20.45	0.011 ~ 0.075	0.03 ~ 0.81	0.12 ~ 23.04	0.42 ~ 8.82	0.03 ~ 15.05	0 ~ 8.25	24.98 ~ 65.37	5.21 ~ 18.31
成鱼 Adult fish	平均值 Average	10.21	0.023	0.09	2.04	1.01	1.25	1.83	80.06	3.49
	变幅 Range	4.83 ~ 13.09	0.008 ~ 0.028	0.01 ~ 0.12	0.01 ~ 4.32	0.06 ~ 1.88	0 ~ 3.39	0 ~ 3.20	63.75 ~ 87.21	2.67 ~ 5.25

表 3 倒刺鲃幼鱼及成鱼的食物组成及其出现率 (n = 180)  
 Table 3 Food composition and its frequency of occurrence in the guts of *Spinibarbus denticulatus* young and adult fish

食物类群 Food item	藻类 Algae				轮虫 Rotifera	枝角类 Cladocera	桡足类 Copepoda	寡毛类 Oligochaeta	瓣鳃类 Lamellibranchia	水生昆虫 Aquatic insect	水生维管束植物及碎屑 Aquatic plant and detritus
	硅藻 Diatom	绿藻 Chlorophyta	蓝藻 Cyanophytes	轮藻 Stonewort							
出现率(%) 幼鱼 Frequency of occurrence Young	93.0	32.5	16.8	87.0	42.5	54.3	42.6	52.1	15.6	34.5	87.5
成鱼 Adult	100.0	7.2	12.5	5.6	6.7	4.4				5.6	100.0
代表属或种类 Representative genus or species	直链藻 脆杆藻 针杆藻 舟形藻 桥弯藻	水绵 刚毛藻	螺旋藻、项圈藻	丽藻 轮藻	臂尾轮虫 晶囊轮虫 腔轮虫	尖额蚤 无刺大尾蚤	剑水蚤 猛水蚤 无节幼体 桡足幼体	线蚓 水丝蚓	淡水壳菜	摇蚊幼虫	马来眼子菜、金鱼藻、聚草、轮叶黑藻、荇草、苦草

体主要摄食硅藻、水生维管束植物和植物的有机碎屑。结合表 2、3,严格而言,当年出生的幼体和低龄幼鱼(3+龄以下)属于杂食性鱼类。

2.3 倒刺鲃的肠袢、肠长指数、消化腺指数与主要食物类群的关系 由表 5 可见,随着倒刺鲃的生长发育,在生活史不同阶段所摄取的食物类群或变化、或更替、或扩大,相应的肠长指数、肠袢数和消化腺指数也逐渐增大或增多,至成鱼阶段基本稳定下来。

2.4 摄食强度与肥满度的周年变化 采用食物充塞度及其指数反映倒刺鲃的摄食强度,两

者之间的关系见表 6。结合图 1、2,倒刺鲃幼龄及青年个体在周年中均保持 2.0 ~ 5.0 的食物充塞度,从 4 月起,摄食强度逐渐增大,至 10 月达到最大,以后逐渐减小,幼龄及青年个体分别在翌年的 1 月和 2 月降至最小;成鱼的摄食强度则存在明显的季节变化,在 1 月的平均充塞度只有 0.3,在 10 月则为 5.0。倒刺鲃幼龄个体周年中肥满度变化不明显,条件系数全年维持在 2.201 ~ 2.406。青年个体周年中的肥满度 5 ~ 8 月间维持相对稳定,平均条件系数的变幅为 2.337 ~ 2.365;从 9 ~ 12 月,条件系数逐渐从

表 4 倒刺鲃不同年龄及体长组的食物组成及其出现率

Table 4 Food items and its frequency of occurrence in the guts of *Spinibarbus denticulatus* in different age and body length groups

标本数 Specimen (尾)	年龄 Age	体长 Body length (cm)	出现率 Frequency of occurrence (%)													
			藻类 Algae				原生 动物 Protozoa	轮虫 Roti- fera	枝角类 Clado- cera	桡足类 Cope- poda	寡毛类 Oligoc- hacta	瓣鳃类 Lamelli- branchia	水生昆虫 Aquatic insect	水生维管 束植物 Aquatic plant	碎屑 Detritus	
			硅藻 Dialom	绿藻 Chlorella	蓝藻 Cyanophytes	轮藻 Stonewort										
120	仔鱼 Larva	1.00 ~ 5.00	100.0	17.5			70.0	85.0	65.0	37.5						22.5
120	稚鱼 Juvenile	2.50 ~ 4.30	100.0	22.5	12.5	29.2	33.3	65.0	95.0	55.0	32.5		35.0			76.1
180	当年幼鱼 Parr < 0+	4.50 ~ 10.00	100.0	27.8	16.3	35.6	26.7	42.2	75.0	70.0	52.8		38.3	4.4		100.0
180	0+ ~ 1	10.10 ~ 20.00	100.0	25.0	18.3	32.2	18.3	27.8	48.3	52.2	50.0	2.8	30.0	53.3		100.0
180	1+ ~ 3	20.10 ~ 30.00	100.0	20.0	15.0	25.0	16.1	15.0	17.8	21.1	21.1	3.9	22.2	85.0		100.0
180	3+ ~ 5	31.10 ~ 40.00	90.0	17.8	15.0	15.0	17.8	3.9	2.8	5.0	10.0		6.1	100.0		80.0
40	5+ ~ 8	41.10 ~ 50.00	85.0	12.5	10.0		8.0									

“仔鱼”指大致日龄为 6 ~ 40 d 龄的仔鱼；“稚鱼”指大致日龄 41 ~ 80 d 龄的稚鱼。

“Larva” were roughly referred to those larva at the age of 6 ~ 40 d; “Juvenile” were roughly referred to those at the age of 41 ~ 80 d.

表 5 倒刺鲃的肠袢、肠长指数、消化腺指数与主要食物类群的关系

Table 5 Relationship between main food items and intestine loops, index of intestine length and index of digestive gland at different developmental stage of *Spinibarbus denticulatus*

标本数(ind)	体长(cm)	肠长(cm)	肠袢(ind)	肠长指数		消化腺指数	主要食物类型		
				Index of intestine length				Index of digestive gland	Main food items
				幅度 Range	平均值 Average				
120	1.00 ~ 2.50	0.60 ~ 2.80	0 ~ 1	0.60 ~ 1.12	0.86	—	硅藻、原生动物、轮虫、枝角类		
120	2.60 ~ 4.40	2.60 ~ 6.80	1	1.00 ~ 1.55	1.35	< 0.01	硅藻、轮虫、枝角类、桡足类、寡毛类		
180	4.50 ~ 10.00	7.00 ~ 16.40	1 ~ 3	1.56 ~ 1.64	1.60	0.03 ~ 0.06	藻类、枝角类、桡足类、寡毛类、有机碎屑		
180	10.10 ~ 20.00	17.00 ~ 48.30	3 ~ 5	1.68 ~ 2.42	2.20	0.06 ~ 0.12	藻类、枝角类、桡足类、寡毛类、水生昆虫 水生维管束植物、有机(植物)碎屑		
180	20.10 ~ 30.00	48.50 ~ 88.50	5 ~ 7	2.41 ~ 2.95	2.60	0.13 ~ 0.25	藻类、水生维管束植物、有机(植物)碎屑		
180	30.10 ~ 40.00	90.00 ~ 118.50	7 ~ 8	2.96 ~ 2.99	2.98	0.25 ~ 0.58	藻类、水生维管束植物、有机(植物)碎屑		
40	40.10 ~ 50.00	119.10 ~ 149.50	8 ~ 9	2.98 ~ 2.99	2.99	0.59 ~ 0.62	藻类、水生维管束植物、有机(植物)碎屑		

表 6 倒刺鲃食物充塞度与充塞度指数间的对应关系

Table 6 Corresponding relation between food fullness and fullness index of *Spinibarbus denticulatus*

充塞度 Fullness		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
充塞度指数	平均值 Average	132.45	248.91	366.62	593.36	860.43
Fullness index	变幅 Range	88.79 ~ 156.32	147.25 ~ 367.18	278.45 ~ 645.23	475.36 ~ 742.08	702.37 ~ 930.50

2.451 增大到 2.852; 从 1 ~ 4 月, 条件系数逐渐从 2.693 减小到 2.306。成鱼的肥满度呈现明显的季节变化, 7 月的条件系数为 1.775, 12 月的则高达 2.894。

### 3 讨论

淡水鱼类中大多数种类的仔鱼开口饵料主要是轮虫或小型的枝角类、无节幼体等浮游动物<sup>[14~16]</sup>。藻类仅仅被认为是某些鱼类最早期

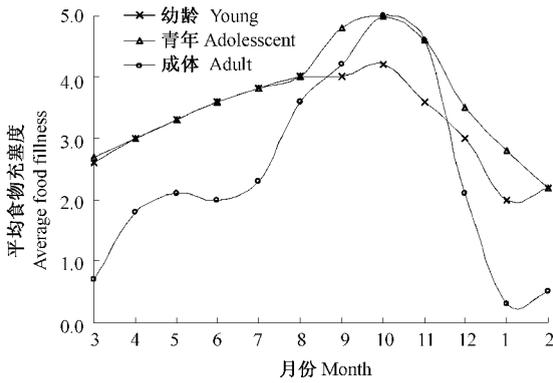


图1 倒刺鲃各发育阶段食物充塞度的周年变化(2004~2005年)

Fig. 1 Annual dynamics of food fillness of *Spinibarbus denticulatus* at different developmental stages from 2004 to 2005

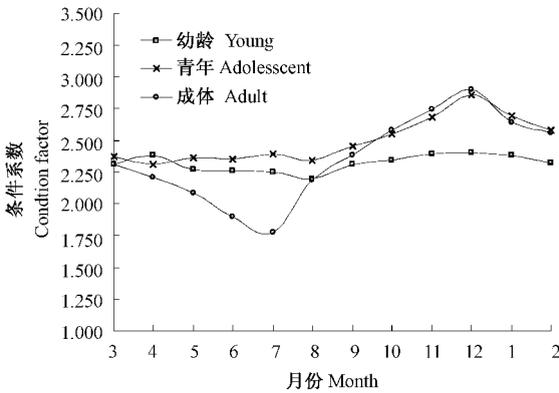


图2 倒刺鲃各发育阶段条件系数的周年变化(2004~2005年)

Fig. 2 Annual dynamics of condition factor of *Spinibarbus denticulatus* at different developmental stages from 2004 to 2005

幼体的食物,或只是那些很小的初孵仔鱼的过渡性饵料<sup>[15~18]</sup>。本文对倒刺鲃生活史中的食性研究表明,其处于混合营养期的仔鱼在消化道中即可发现有藻类,特别是某些底栖营附着生活的硅藻(如扁圆卵形藻 *Cocconeis olacantula*、窄异极藻 *Gomphonema angustatum*)和营浮游或附生生活的硅藻(如针杆藻 *Synedra*、曲壳藻 *Achnanthes*),而且在整个生活史中其在消化道中的出现率均达100%,且平均湿重百分比均在10.21%或以上。可见,在自然条件下,藻类

不仅是倒刺鲃早期幼体的重要食物,而且是其生活史中的主要食物类群。但值得注意的是,倒刺鲃对藻类似乎有较强的选择性,如偏好某些硅藻、轮藻等。其中的选择摄食机制尚需进一步研究。

在无胃鱼类中,消化管的长短与食性关系密切。肠长指数是决定鱼类食性的重要指标之一。一般情况下,典型肉食性鱼类的肠长较短,其肠长指数等于或小于1.0;杂食性鱼类或偏重植食性的杂食性鱼类,肠长指数常变动于1.0~3.0之间;纯植食性或碎屑食性鱼的消化道较长,其肠长指数在3.0以上,如草鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、鳊(*Parabramis pekinensis*)的肠长指数为3.0~4.0,银鲌(*Xenocypris argentea*)的肠长指数为5.0~6.0<sup>[9~19]</sup>。倒刺鲃稚鱼阶段(体长2.50~4.30 cm)的平均肠长指数为1.27,早期幼体和低龄幼鱼阶段(0~3<sup>+</sup>龄、体长4.50~30.00 cm)的平均肠长指数为1.60~2.60,具有杂食性鱼类肠长指数的特点,与梭鱼(*Mugil soiyu*)早期幼体的情形相似<sup>[20]</sup>。进一步考察倒刺鲃在此阶段所摄食的食物类群,主要是藻类、轮虫、枝角类、桡足类、寡毛类、水生昆虫中的摇蚊幼虫、有机(植物)碎屑以及水生维管束植物,表明倒刺鲃稚鱼及低龄幼鱼为杂食性鱼类。

随着体长的增加,肠长指数也增大,表明食物在肠中停留的时间也相对增加,食物被消化的时间延长,消化程度增大<sup>[10]</sup>。消化腺指数的增大,单位肠长的消化腺重量增加,也反映出消化能力的逐步增强。倒刺鲃从青年幼鱼到成鱼,其平均肠长指数也从2.60增加至2.98,反映出在此阶段食性从杂食性逐渐过渡到植食性。食性分析的结果也表明,从青年幼鱼到成鱼,倒刺鲃所摄食的食物类群中动物性饵料逐渐减小而藻类和水生维管束植物则逐渐增多,至成鱼阶段,基本上以水生维管束植物为主,成为真正意义上的植食性鱼类。与此相应,其肠袢数、肠长指数和消化腺指数趋于稳定,达到最大值。

对倒刺鲃平均肥满度和摄食强度周年变化

的研究表明,倒刺鲃的青年个体及成鱼在夏、秋季均表现出较大的摄食强度,相应地,其肥满度在 1~2 月的时滞后也呈现出较大值(图 1、2),这不仅与其在冬季基本停食且在深水石窟或石涧越冬的生活习性密切相关,而且与水生维管束植物的繁殖、生长、世代更替及其能值等有关。倒刺鲃青年个体及成鱼秋季摄食活动最强,有利于为越冬积蓄脂肪或为翌年产卵繁殖提供能量贮备。但也注意到,倒刺鲃幼龄个体在周年中始终保持 2.0~5.0 的食物充塞度,而其肥满度的变化并不明显,其中的原因尚须进一步研究。

对倒刺鲃生活史中消化道食物组成、出现率、各食物组分的湿重百分比以及其摄食强度的研究,反映了其在自然条件下在食性上的广谱性以及食性转变的规律性,间接地反映了其在食性上的可塑性及人工投饵驯养的可行性。虽然在生产实践中,人们已在池塘、网箱中对倒刺鲃进行了人工投饵驯养,并初步获得成功,但其生长速度较慢,生产周期过长,影响了产业的发展<sup>[2,3]</sup>。如何正确地把握驯食的时机及饵料的适时转换,尚需进一步研究。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 广西壮族自治区水产研究所,中国科学院动物研究所主编. 广西淡水鱼类志. 南宁:广西人民出版社,1981,71~72.
- [ 2 ] 张水波. 小网箱高密度养殖倒刺鲃试验. 渔业现代化,1998,(6):6~7.
- [ 3 ] 张水波. 倒刺鲃池塘养殖初探. 科学养鱼,1998,(11):30.
- [ 4 ] 黄道明,林永泰,万成炎等. 金沙河水库鲂成鱼食性研究. 见:中国鱼类学会编辑. 鱼类学论文集(第六辑). 北京:科学出版社,1997,98~106.
- [ 5 ] 陈雪梅. 淡水桡足类生物量的测算. 水生生物学集刊,1981,(3):397~408.
- [ 6 ] 黄祥飞. 淡水浮游动物的定量方法. 水库渔业,1982,(4):52~58.
- [ 7 ] 王骥. 淡水浮游植物的采集、计数和定量方法. 水库渔业,1982(4):59~63.
- [ 8 ] 刘健康,何碧梧主编. 中国淡水鱼类养殖学(第三版). 北京:科学出版社,1992,706~721.
- [ 9 ] 殷名称编著. 鱼类生态学. 北京:中国农业出版社,1995,265~267.
- [ 10 ] 尾崎久雄著(吴尚忠译). 鱼类消化生理(上册). 上海:上海科技出版社,1985,105~108.
- [ 11 ] 殷名称. 鱼类早期生活史研究与其进展. 水产学报,1991,15(4):348~358.
- [ 12 ] 易祖盛,陈湘舜,王春等. 倒刺鲃胚胎发育的研究. 中国水产科学,2004,11(1):65~68.
- [ 13 ] 大连水产学院主编. 淡水生物学(上册,分类学部分). 北京:中国农业出版社,1982,5~334.
- [ 14 ] 殷名称. 鱼类仔鱼期的摄食与生长. 水产学报,1995,19(4):335~342.
- [ 15 ] 朱成德. 仔鱼的开口摄食期及其饵料综述. 水生生物学报,1986,10(1):86~95.
- [ 16 ] McCullough R D, Stanley J G. Feeding niche dimensions in larval rainbow smelt( *Osmerus mordax* ). *Rapp P-v Réun Cons Int Explor Mer*, 1981, 178:352~354.
- [ 17 ] Russell F S. The eggs and Planktonic Stage of British Marine Fishes. New York:Academic Press,1976.
- [ 18 ] Shelby D G. Feeding Ecology of Fish. London:Academic Press Limited,1994,142~144.
- [ 19 ] 易伯鲁编著. 鱼类生态学. 武汉:华中农业大学出版社,1982,18~32.
- [ 20 ] 李明德,戴展志,陈云英等. 梭鱼的食性与生长. 见:梭鱼鲮鱼研究文集征集组编. 梭鱼鲮鱼研究文集. 北京:中国农业出版社,1982,54~65.