

青鱼消化器官数量性状胚后发育规律

李 华 刘焕亮

(大连水产学院, 116023)

摘 要 采用显微解剖和测量、光镜和扫描电镜观察方法,系统观测全长为 5.6~330.0 mm 的青鱼标本 370 尾,描述了鳃耙、咽齿、角质垫和肠等消化器官数量性状在胚后发育过程中的变化规律;论述了青鱼的摄食特性、消化器官数量性状胚后发育的阶段性和其相关性、消化器官数量性状发育与食性转化,为制订培育青鱼苗种和饲养成鱼的生物学技术提供了可靠依据。

关键词 青鱼,消化器官,数量性状,胚后发育

青鱼(*Mylopharyngodon piceus* Richardson)是我国主要淡水经济鱼类和池塘养殖的重要对象,生长快,肉味鲜美,摄食螺蛳等底栖动物。与其食性相适应的消化器官的形态学和数量性状不仅具有一定特点,而且在胚后发育过程中发生规律性变化。

关于青鱼成体的咽骨和咽齿形态学特征[李仲辉,1982;孟庆闻等,1987;Chu,1935]、咽齿和角质垫的形态发育及组织学[叶奕佐,1964;刘焕亮等,1990;翟宝香等,1988]有过较系统报道,青鱼的鳃耙和肠的数量性状发育[叶奕佐,1964]也有过零星报道。但关于青鱼消化器官数量性状胚后发育规律的系统研究,尚未见报道。我们在研究青鱼咀嚼器官形态组织学发育的同时,系统观察了其消化器官数量性状的发育。本文报道青鱼的鳃耙数、鳃耙间距、咽齿齿式、角质垫的大小、肠的长度及其相对长度等消化器官数量性状在胚后发育过程中的变化规律,以丰富鱼类发育生物学内容,为制订饲养青鱼的生物学技术措施提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验用青鱼标本全长为 5.6~330.0mm,采自江苏省吴县黄桥养殖场,均为 1981 年 6 月 2 日 16 时人工授精卵孵出的同批鱼。鱼苗出膜至下塘前每日 5 时和 17 时采样,下塘后至 7 月 4 日每日 9 时采样,然后每月采样一次;体长 100mm 以上的标本于 1982~1983 年采集。鱼苗用氯仿麻醉后保存在 5% 福尔马林液中,其余规格标本用 10% 福尔马林液固定,保存在 5% 福尔马林液中。

1.2 试验方法

仔鱼、稚鱼和幼鱼的鳃耙、咽齿、角质垫和肠在显微镜与解剖镜下解剖,成鱼则采用肉眼解剖法,共解剖标本 370 尾。其数量性状在解剖镜和显微镜下用测微尺测量。

鳃耙数和鳃耙间距的计数和测量以第 I 鳃弓的外列鳃耙为准。鳃耙间距是相邻鳃耙内侧(鳃耙沟)的平均距离。

根据咽骨上的齿和发育齿形状、大小和固着的状态确定咽齿的更换代数。相对肠长(比肠长)为肠长与体长的比值。

2 结果

青鱼的鳃耙数、鳃耙间距、角质垫大小和厚度、咽齿发育期和齿式、肠襻数和长度在胚后发育过程中发生规律性变化(表 1)。

表 1 青鱼消化器官数量性状变化

Table 1 The variation of digestive organ quantitative characters of black carp (*Mylopharyngodon piceus*)

序号	全长 (mm)	体长 (mm)	第一鳃弓外列鳃耙		角 质 垫			咽 齿		肠 长			
			鳃耙数	耙间距 (μm)	长 (mm)	宽 (mm)	厚 (mm)	发育期	齿式	肠襻数	长 (mm)	肠长/体长	
1	6.7	6.4	4	57				无齿		0	4.0	0.625	
2	7.2	6.8	5	75				齿胚		0	4.0	0.588	
3	7.6	7.1	6	72				初齿	1, 2/2, 1	0	3.8	0.535	
4	8.0	7.5	6	78	0.120	0.140		第一代	3/3	0	3.9	0.520	
5	8.3	8.0	7	84	0.120	0.160		第一代	3/3	0	4.4	0.550	
6	9.0	8.5	8	72	0.140	0.190		第一代	3/3	0	5.0	0.588	
7	10.0	8.9	7	81	0.160	0.230		过	第一代	3/3	0	4.07	0.528
8	10.6	9.8	7	90	0.230	0.360	0.059	第一代	3/3	0	4.7	0.480	
9	11.4	10.5	8	78	0.210	0.310	0.047	渡	第二代	4/4	出现弯曲	5.6	0.533
10	13.0	11.2	7	90	0.330	0.380	0.071	第二代	4/4	弯曲	6.0	0.536	
11	14.6	12.8	8	110	0.260	0.380	0.095	型	第二代	4/4	弯曲	6.08	0.531
12	15.2	13.2	7	95	0.360	0.360	0.120	第二代	4/4	肠襻雏型	7.0	0.530	
13	17.0	15.0	11	95	0.550	0.480	0.160	齿	第二代	4/4	2	8.0	0.533
14	22.3	18.0	11	140	0.900	0.670	0.260	第三代	4/5	2	12.0	0.667	
15	24.0	19.0	14	140	0.900	0.670	0.260	第三代	4/5	2~4	16.0	0.842	
16	28.5	23.0	13	190	1.450	1.200	0.480	第三代	4/5	4	20.0	0.869	
17	31.5	25.0	12	140	1.400	1.200	0.550	第四代	4/5	4	24.0	0.960	
18	37.7	30.0	13	230	2.200	2.000	1.000	第四代	4/5	4	20.0	0.667	
19	43.5	35.0	17	230	2.500	2.000	1.200	第四代	4/5	4	32.0	0.914	
20	49.5	40.0	14	290	3.100	2.300	1.500	第四代	4/5	4	40.0	1.000	
21	61.0	49.0	13	260	3.900	2.900	1.900	固	第四代	4/5	4	50.0	1.020
22	67.4	54.0	16	440	3.700	3.000	1.800	定	第四代	4/5	6	72.0	1.333
23	90.0	72.0	18	460	5.000	4.200	2.200	第四代	4/5	6	111.0	1.542	
24	108.0	86.8	18	650	6.800	5.500	3.500	型	第五代	4/5	6	165.0	1.901
25	141.0	114.0	19	760	7.000	6.000	3.200	第五代	4/5	6	150.0	1.316	
26	179.0	152.0	17	870	8.500	6.600	4.000	齿	第五代	4/5	6	213.0	1.401
27	238.0	198.0	17	1170	11.500	10.000	4.500	第六代	4/5	6	315.0	1.591	
28	291.0	247.0	18	2080	15.000	13.500	5.200	第六代	4/5	6	355.0	1.437	
29	311.0	265.0	18	1860	15.000	13.400	6.000	第六代	4/5	6	400.0	1.509	
30	330.0	286.0	17	1680	14.000	11.800	5.900	第七代	4/5	6	320.0	1.119	

2.1 鳃耙数和鳃耙间距

青鱼的鳃耙呈扁三角形, 粗短而稀少, 约 17~ 20 个。其鳃耙数目在胚后发育过程中随身体增长而增加。全长 6.7mm 时, 第 I 鳃弓的外列鳃耙为 4 枚, 全长 141.0mm 时, 增加为 19 枚, 以后基本上不再增多。体长 6.4~ 286.0mm 的鳃耙数(Y, 枚)对体长(X, mm)的直线回归方程为:

$$Y = 10.2016 + 0.0248x (n = 268), r = 0.6413 > r_{0.001} = 0.3211$$

青鱼鳃耙间距(μm) 随身体的增长而明显增大, 全长 6.7mm 时为 5.7 μm , 全长 330.0mm 时增大为 1680 μm 。体长 6.4~ 286.0mm 的鳃耙间距(Y, μm) 对体长(x, mm) 的直线回归方程为:

$$Y = 0.0252 + 0.0064x (n = 265), r = 0.9885 > r_{0.001} = 0.3211$$

2.2 角质垫的大小和厚度

青鱼的角质垫在基枕骨的腹面, 呈椭圆形, 由基层(生发层)、中央层(颗粒层)和表层(角质层)构成。表层坚厚, 与咽齿相对, 用以压磨食物。角质垫的大小和厚度在胚后发育过程中, 也随身体增长而增大和增厚。

刚孵出的青鱼苗全长 6.5mm 左右, 尚未形成角质垫。全长达 8.0mm 左右时出现初形角质垫, 其长和宽为 0.12mm 和 0.14mm; 全长 291.0mm 时, 角质垫长 15.0mm、宽 13.5mm。体长 7.5~ 286.0mm 的角质垫长(Y, mm) 对体长(x, mm) 的直线回归方程为:

$$Y = 0.2171 + 0.0601x (n = 227), r = 0.9228 > r_{0.001} = 0.3211$$

角质垫宽(Y, mm) 对体长(x, mm) 的直线回归方程为:

$$Y = 0.0579 + 0.0524x (n = 225), r = 0.9418 > r_{0.001} = 0.3211$$

青鱼的角质垫厚度(mm) 随身体增长而明显增厚, 全长 10.6mm 时为 0.059mm, 全长 311.0mm 时增厚为 6.0mm。体长 9.8~ 265.0mm 的角质垫厚度(Y, mm) 对体长(x, mm) 的直线回归方程为:

$$Y = 0.0605 + 0.0248x (n = 215), r = 0.9708 > r_{0.001} = 0.3211$$

2.3 咽齿发育期和齿式

青鱼和其它鲤科鱼类一样, 咽齿固着在咽骨或第 V 对鳃弧骨的角鳃骨上, 齿式 4/5, 齿粗大且短, 呈臼状, 咀嚼面光滑。左侧第一齿咀嚼面较圆, 大小适中。其余各齿咀嚼面椭圆, 第二、三齿最大, 第四齿最小。右列第一、二齿约相等, 咀嚼面近圆形, 其余三齿咀嚼面椭圆, 第二、五齿最小。咽齿与角质垫遥遥相对, 构成强有力的咀嚼器官。

青鱼自卵膜孵出后至第四天, 全长 6.8~ 7.0mm 时, 无咽齿或刚出现齿胚, 全长达 7.6mm 左右时出现初齿, 呈锥形, 齿式为 1.2/2.1。全长达 8.0~ 28.5mm 左右时(孵出 7~ 18 天), 咽齿发育很快, 连续更换三代齿, 齿形由尖锥状逐渐发育成臼齿状, 齿式由 3/3 变为 4/5。第一代至第三代齿称过渡型齿[Bežorypo³, 1948; 刘焕亮, 1990], 全长 31.5mm(孵出 25 天左右)以上的青鱼, 咽齿仍不断发育更换, 自第四代齿以后的各代齿的齿形、齿组织结构、齿根和咽骨的固着等都与成鱼相似, 称固定型齿[Bežorypo³, 1948]。齿式稳定为 4/5[刘焕亮等, 1990]。

2.4 肠襻和肠长

青鱼的肠管为6个襻,肠较短,为体长的1.4~1.5倍,少数个体可达1.9倍。

青鱼的肠管形状在胚后发育过程中发生规律性变化。全长6.7~10.6mm时,肠管为直管形;全长11.4mm时,开始出现弯曲。然后,随身体增长肠的弯曲程度逐渐增大,全长15.2mm时,出现肠襻锥型;全长达17.0mm时,形成第一对肠襻,即2个肠襻;全长24.0mm时,出现第二对肠襻,即4个肠襻。4个肠襻期持续时间较长,至全长67.4~74.0mm时,才出现第三对肠襻,即进入成鱼型的6个肠襻期。

青鱼肠管的绝对长度和相对长度(比肠长)随着身体的增长而增大。全长6.7mm时,肠长为4.0mm,全长330.0mm时,肠长为320.0mm。体长6.4~330.0mm的肠长(Y , mm)对体长(x , mm)的直线回归方程为:

$$Y = 1.4215x - 12.3781 (n = 263), r = 0.9834 > r_{0.001} = 0.3211$$

青鱼的相对肠长随身体增长趋势可划分为三个阶段:第一阶段全长为6.7~18.0mm左右,平均比肠长为 (0.5223 ± 0.0403) mm($n = 69$),肠长与体长的增长速度几乎相等。第二阶段全长为19.0~49.8mm左右,平均比肠长为 (0.7532 ± 0.1416) mm($n = 99$),肠长的增长速度快于体长的增长速度,个体间差异也较前阶段略大。第三阶段全长为52.0~311.0mm左右,平均比肠长为 (1.275 ± 0.209) mm($n = 92$),肠长的增长速度明显快于体长的增长速度,个体间的差异也较前两个阶段大。全长320.0mm以上的青鱼,比肠长基本稳定在1.4~1.5左右。综上所述,青鱼的比肠长增长速度在胚后发育过程中存在两个明显特点:其一,相对肠长的增长速度随身体的增长而逐渐加速,但当全长达300mm以上时,则基本稳定;其二,具有快速增长期和缓慢生长期相交替的规律,全长20.0~22.0mm和50.0~60.0mm左右的两个时期为快速增长期(表1)。

3 讨论

3.1 青鱼的摄食特性

青鱼是典型食贝类的鱼类,主要食物为螺蛳和蚬等,也食摇蚊幼虫和水生昆虫等底栖动物,但不能像鲤那样挖掘埋在底泥中的水丝蚓等底栖动物。因此,青鱼属以贝类为主的底栖动物食性。吞食的螺蛳和蚬等贝类在咽喉部被坚硬而强大的臼状咽齿与坚厚的角质垫轧碎外壳,然后吐出碎壳及肉,再将肉吞食[孟庆闻等,1987],经咀嚼器官研磨入消化管。青鱼的摄食方式在胚后发育各阶段中基本上无变化,皆属吞食,但食物组成变化很大,前期吞食浮游动物,后期吞食底栖动物。

3.2 消化器官数量性状胚后发育的阶段性及其相关性

青鱼的鳃耙、咽齿、角质垫和肠的数量性状在胚后发育过程中,不仅具有明显的阶段性,而且各器官之间具有一定的相关性。全长6.7~28.5mm、31.5~67.4mm和90mm以上为3个慢速发育阶段;全长28.5~31.5mm和67.4~90.0mm为2个快速发育阶段(表1)。鳃耙数、鳃耙间距、咽齿发育期和齿式、角质垫的大小和厚度,肠襻数和比肠长等数量性状的发育速度,在3个慢速发育阶段中变化缓慢,而在两个进程较短的快速发育阶段中变化迅速。在第1个

快速发育阶段不仅鳃耙数及其间距、角质垫的大小和厚度增长快, 而且咽齿由过渡型变为固定型、肠襻由 2 个变为 4 个、比肠长增至近 1.0(0.869~0.960)。在第 2 个快速发育阶段, 除角质垫的大小和厚度以及鳃耙间距随身体增长而增大, 鳃耙数(19~20)、咽齿(臼齿、4/5)、肠襻(6)和比肠长(1.4~1.5)都迅速发育为成鱼型。

3.3 消化器官数量性状发育与食性转化

青鱼消化器官在胚后发育过程中, 不仅反映了器官的形态发育与生理机能的辩证统一性, 而且明显体现了数量性状发育与食性转化的密切相关性。全长 6.7~15.0mm 的仔鱼和稚鱼, 鳃耙为 4~8 枚, 短锥形, 间距为 57~90 μm , 咽齿的形状由尖锥状发育成齿冠为钩状锥形齿, 齿式由 3/3 变为 4/4, 角质垫刚刚形成不久, 厚度非常薄($< 0.1\text{mm}$), 肠为直管状而且短(比肠长 0.522 3)。此时, 青鱼仔鱼、稚鱼无咀嚼机能, 处于内营养、混合营养和吞食浮游动物阶段。全长 17.0~123.0mm 的稚鱼和幼鱼, 鳃耙为 11~18 枚, 短而稀(间距 650 μm)、咽齿齿式由 4/4 变为 4/5, 齿形由尖端带钩形的似臼状齿变化臼状齿, 齿冠的硬度逐渐增大至 192.6 kg/mm^2 [刘焕亮等, 1990], 角质垫增厚为成鱼型, 6 个肠襻, 比肠长为 1.4~1.5。此时, 由于咽齿的硬度尚低于小螺蛳的硬度(228.2 kg/mm^2), 因此, 此时的稚、幼鱼尚不能吃螺蛳等贝类, 其食性由吞食大型浮游动物转为吞食摇蚊幼虫、水生昆虫幼虫等底栖动物。全长 141.0mm 以上的幼鱼, 不仅鳃耙、咀嚼器官和肠都发育成成鱼型, 而且角质垫明显增厚, 咽齿的硬度达 284.7 kg/mm^2 , 超过小螺蛳和大螺蛳的硬度(228.3 kg/mm^2)。此时, 幼鱼开始以螺蛳和蚬等底栖动物为主要食物。

根据青鱼消化器官数量性状胚后发育生物学特点, 在培育苗种和饲养成鱼时应投喂适宜的饵料, 以降低发病率, 提高综合效益。在鱼苗养成夏花时期(全长小于 100mm)以培养浮游动物和投喂小型颗粒等硬度较小的饲料; 全长达 100mm 以上时, 可喂轧碎螺蛳和蚬类等食物; 当全长达 120mm 以上时, 咀嚼器官具有一定的咀嚼力和牙合力, 可投喂轧碎的螺蛳和整个蚬类; 全长达 140mm 以上时, 可投喂小螺蛳, 随身体增长可投喂不经过筛的螺蛳。

参 考 文 献

- [1] 刘焕亮等, 1990. 青鱼咀嚼器官胚后发育生物学的研究. 水生生物学报, 14(4): 310~320.
- [2] 叶奕佐, 1964. 青鱼胚后发育的初步研究. 水产学报, 1(1~2): 39~57.
- [3] 李仲辉, 1982. 河南鲤科鱼类咽骨咽齿的比较研究(一). 新乡师范学院学报, (1): 61~72.
- [4] 孟庆闻等, 1987. 鱼类比较解剖, 152~189 页. 科学出版社(京).
- [5] 翟宝香等, 1988. 青鱼咽齿和角质垫发生和发育组织学研究. 大连水产学院学报, 3(1): 23~26.
- [6] Chu, Y. T., 1935. Comparative studies on the scales and on the pharyngeals and their teeth in Chinese cyprinids, with particular reference to taxonomy and evolution. *Biological Bulletin of ST. John's University*, (2): 81~110.
- [7] 李华, 1994. 青鱼消化器官数量性状胚后发育规律. 水生生物学报, 18(1): 144~181.

THE LAW OF POST-EMBRYONIC DEVELOPMENT OF DIGESTIVE ORGAN'S QUANTITATIVE CHARACTERS OF BLACK CARP (*MYLOPHARYNGODON PICEUS*)

Li Hua and Liu Huanliang
(Dalian Fisheries College, 116023)

ABSTRACT Black carps (*Mylopharyngodon piceus*) varying from 5.6mm to 330.0mm in total length (n = 370) were dissected and measured with microscopy, and then the specimens were observed through light and scanning electron microscope. The results were as following:

1. With the growth of body length, the number of gill rakers and distance between them increased. When total length reached 141.0mm, gill rakers were 19 and did not increase any more. The regression equation of distance between gill rakers(y, mm) to body length (x, mm) was: $y = 0.0252 + 0.0064x$ (n = 265), $r = 0.9885$, $r_{0.001} = 0.3211$.

2. The size and thickness of horny pad increased with the growth of body length. The regression equation of horny pad length (y, mm) to body length (x, mm) was: $y = 0.02117 + 0.0601x$ (n = 227), $r = 0.9228$, $r_{0.001} = 0.3211$, and the regression equation of horny pad thickness (y, mm) to body length (x, mm) was: $y = 0.0605 + 0.0248x$ (n = 215), $r = 0.9708$, $r_{0.001} = 0.3211$.

3. When total length was around 7.6mm, original teeth developed like cone, and dental formula was 1, 2/2, 1. When total length was from 8.0mm to 28.5mm, pharyngeal teeth changed 3 times in succession, and dental formula changed from 3/3 to 4/5. It was called transitional teeth pattern. When total length was over 31.5mm, pharyngeal teeth developed and changed constantly. At that age, pharyngeal teeth reached the 5th generation as molar. They were called fixed pattern teeth, and dental formula was 4/5.

4. The folds and length of intestine length increased too with the body length. When total length was from 6.7 mm to 10.6 mm, intestine was straight. When total length was 17.0 mm, two intestine folds developed. When total length was 24.0 mm, 4 intestine folds formed. When total length was 67.4mm, there was 6 intestine folds. After that, there was no development. When total length was from 6.7 mm to 311.0 mm, the average value of intestine length to body length was $0.5223 \pm$

0.0403 to 1.275 ± 0.209 mm. The relative intestine length of adultfish was from 1.4 to 1.5.

The following questions were discussed: 1. Feeding characteristics of black carp. 2. The stage and correlativity of post-embryonic development of digestive organ's quantitative characters. 3. The relationship between the development of quantitative characters of digestive organ and the transformation of feeding habits.

KEYWORDS Black carp (*Mylopharyngodon piceus*), Digestive organ, Quantitative characters, Post-embryonic development