

# 匙吻鲟摄食器官数量性状胚后发育研究

刘建虎 陈昌齐 刁晓明 冯兴无

(西南农业大学水产系, 重庆 400716)

**摘 要** 匙吻鲟摄食器官发育期较长,全长65.5mm以前为仔稚鱼期,摄食方式为吞食,适口饵料粒径大于0.3mm,该阶段口径、口宽及齿的数量发育较快。全长65.5mm以后开始出现鳃耙,其长度及过滤面积呈幂函数增长,显示具有较强的过滤能力。滤食阶段,鳃耙间距小于0.1mm,饵料规格与鳙相似。本文对匙吻鲟口及鳃耙数量发育进行了回归分析,并探讨了其摄食器官数量性状与食性变化的关系。

**关键词** 匙吻鲟,摄食器官,数量性状,胚后发育

**中图分类号** S917

匙吻鲟(*Polyodon spathula*)是一种大型滤食性软骨硬鳞鱼类,其摄食器官胚后发育期长,摄食方式及食饵种类变化复杂。探明匙吻鲟摄食器官的数量性状变化规律,对于了解其食性演变、提高苗种培育技术水平具有重要意义。

鱼类滤食器官的构造和发育,国内外已有较为深入的研究[孙晓明和孟庆闻 1992,刘焕亮和李梦河 1993,刘焕亮和丁守河 1994,倪 啸 1987年中译本],匙吻鲟早期苗种培育过程中食性及饵料种类的研究国外也已有文献报道[Busch 和 Shell 1973,Ruelle 1997],Webster[1991]及 Mims[1989, 1991]、Kellen[1992]等研究了水体中生物饵料密度对仔鱼成活率的影响;倪 啸[1987年中译本]比较了不同年龄组匙吻鲟及鳙滤食总面积的差异,目前尚未见到有关匙吻鲟早期发育过程中摄食器官数量性状变化的报道。

本文系统描述了匙吻鲟摄食器官数量性状在胚后发育中的变化,为制定匙吻鲟苗种培育及大水面放养的技术措施提供生物学依据。

## 1 材料与方 法

实验材料系西南农业大学水产系实验场培育的匙吻鲟,全长7.8mm~395.0mm,其中全长7.8mm~138.0mm 仔稚鱼为1997年同批孵化鱼苗,138.0mm以后则选用1994年孵化的不同养殖时期固定的标本鱼。解剖和观察标本计150尾。

仔鱼用 Bouin 氏液固定,石蜡切片,Hirrias 苏木精—伊红染色,光镜下观察。

数量性状的测定材料用10%甲醛固定,在解剖镜或显微镜下以测微尺测其数据,依刘焕亮和李梦河[1993]方法测量口宽、口径;口裂左右间距离为口宽、上下颌张开至90°时口端上下颌

之间距离为口径；鳃耙测量则以第一鳃弧为代表，对其上、中、下段鳃耙长度、密度、间距进行测量并求平均值。

适口饵料规格参见刘焕亮和李梦河[1993]的公式：

适口食物规格 = [口径 × 75% (开口率)] · 口宽求得。

过滤总面积则以公式  $S = \text{鳃耙均长} \times \text{第一鳃弧长} \cdot n \times 2$  来计算，其中  $n$  为鱼体鳃弧总数。

## 2 结果

匙吻鲟摄食器官数量性状详见表1、图1~图4。

### 2.1 摄食器官形态发育

#### 2.1.1 口

仔鱼全长10.5mm(3日龄)时开口，上下颌未软骨化、肌肉组织发育不完善，不能自由张合。全长12.0mm时上述结构初步发育形成，并出现突状味蕾，主要分布在口腔前缘及舌上，此外咽腔及鳃弓上端也有少量分布。

#### 2.1.2 齿

匙吻鲟齿为颌齿，着生于前颌骨及齿骨两侧，沿前颌骨及齿骨走向排列，齿在全长12.0mm时开始发生，最初包埋于口腔粘膜下面，前颌软骨形成时与齿相连处突起形成齿槽，齿表面被以一层光滑致密的物质，髓部疏松，齿冠细尖；全长14.3mm时，齿穿透粘膜突向口腔。鳃弓上缘也有大量齿的分布。

表1 摄食器官数量性状变化

Tab. 1 The changes of quantitative characters of feeding organs

日龄	全长 (mm)	口					鳃					
		口宽 (mm)	口径 (mm)	齿长 ( $\mu\text{m}$ )	齿密度 (个/ $\text{mm}^2$ )	适口食物规格 (宽×高)		第一鳃弧 总长(mm)	鳃耙长 (mm)	鳃耙间距 (mm)	鳃耙密度 (个/mm)	过滤总面积 ( $\text{mm}^2$ )
						吞食 ( $\text{mm}^2$ )	滤食 ( $\mu\text{m}$ )					
1	7.8											
3	10.5	0.7	0.5			0.7×0.4		4.1				
5	14.3	0.8	0.8	80.0	12	0.8×0.6		4.4				
10	23.4	2.4	2.1	120.0	11	2.4×1.6		10.2				
15	33.8	3.5	3.1	140.0	10	3.5×2.3		12.4				
20	47.1	6.3	4.0	160.0	10	6.3×3.0		13.0	0.1			20.8
25	56.1	7.5	5.7	175.0	10	7.5×4.3		13.1	0.1		25	21.0
30	65.5	8.0	6.3	173.0	12	8.0×4.7		13.7	0.2		23	43.8
35	76.0	10.0	6.2	172.5	12	10.0×4.7		16.5	0.4	8.0	22	103.7
40	93.8	11.0	7.8	202.5	12	11.0×5.8		24.7	0.5	12.0	12	197.6
60	138.0	11.3	11.0	250.0	12		20.0	28.2	1.3	20.0	12	586.6
	164.3	13.1	12.0		11		22.0	28.2	1.3	22.0	12	586.6
	183.0	15.5	14.0	282.5	10		30.0	40.9	4.4	30.0	10	2879.4
	207.0	16.0	15.0	288.0	10		90.0	57.0	5.5	90.0	11	5016.0
>60	265.0	19.5	18.0	310.0	10		110.0	72.4	6.1	110.0	9.5	7066.2
	286.0	20.0	20.0	310.0	8		110.0	80.0	7.0	110.0	10	8960.0
	337.0	22.0	20.0	310.0	8		110.0	84.5	12.0	110.0	10	16224.0
	395.0	26.0	23.5	388.0	6		130.0	92.0	14.9	130.0	8	21932.8

### 2.1.3 鳃耙

匙吻鲟鳃耙发育较晚,全长33.8mm 稚鱼鳃原基出现,着生于鳃弓软骨两侧,呈乳突状结构,外形与味蕾相似,但突起中部无梨状细胞,也无味蕾特有的纤毛及胶状顶帽结构。全长47.1mm 稚鱼鳃耙延长成条状,基部膨大由复层扁平上皮包裹、游离端由一层扁平或立方上皮包围,鳃耙中央软骨组织支持。匙吻鲟鳃耙网结构简单,仅成栅栏状排列结构,无鳃耙侧突。

## 2.2 摄食器官数量性状发育

### 2.2.1 口宽及口径

口宽随体长增长而变化(图1),在全长10.5~95.0mm 期间,增长较快,口宽( $y_1$ , mm)对全长( $x$ , mm)回归方程为  $y_1 = -0.378 + 0.129x$  ( $n=25$ ),  $r=0.985 > r_{0.01}=0.708$ ; 在全长96.0~300.0mm 期间,口宽增速减慢,口宽( $y_1$ , mm)对全长( $x$ , mm)回归方程为  $y_1 = 2.216 + 0.069x$  ( $n=20$ ),  $r=0.976 > r_{0.01}=0.765$ 。

口径随全长增长呈直线相关,全长138.0mm 时,口径达到12.0mm,口径( $y_2$ , mm)对全长( $x$ , mm)回归方程为  $y_2 = -0.047 + 0.088x$  ( $n=20$ ),  $r=0.991 > r_{0.01}=0.765$ 。

### 2.2.2 鳃耙

全长47.1mm 时鳃耙呈条状,鳃耙有一个快速生长期和一个趋缓增长阶段(图2),全长50.0~200.0mm 阶段,鳃耙生长迅速、鳃耙长( $y_2$ ,  $\mu\text{m}$ )对全长( $x$ , mm)呈幂函数关系,回归方程为  $y_2 = 0.113e^{0.015x}$  ( $n=13$ ),  $r=0.931 > r_{0.01}=0.765$ 。全长200.0mm 以后,鳃耙生长趋缓。

鳃耙密度随鳃耙长度的增加和鳃耙间距扩大而减少,在全长50.0~300.0mm 时鳃耙密度( $y$  个/mm)对全长( $x$ , mm)呈幂函数关系,回归方程为  $y = 432.400x^{-0.720}$  ( $n=20$ ),  $r=0.947 > r_{0.01}=0.708$ 。

第一鳃弧总长随全长增长保持直线相关(图2),回归方程为  $y_1 = -1.266 + 0.241x$  ( $n=20$ ),  $r=0.988 > r_{0.01}=0.708$ 。

鳃耙过滤面积随全长增长而增大(图3),全长50.0mm 以上的过滤总面积( $y$ ,  $\text{mm}^2$ )对全长( $x$ , mm)呈幂函数关系,回归方程为  $y = e^{-12.610x^{3.892}}$  ( $n=20$ ),  $r=0.989 > r_{0.01}=0.708$ 。

### 2.2.3 齿

全长138.0mm 以前已经出现齿,当匙吻鲟全长达138.00mm 时其齿长为0.3mm,以后齿便停止生长(图4)。并随鱼体生长而逐渐脱落,全长630.0mm 的幼鱼,口中已无齿。全长10.0~138.0mm 齿长与全长回归方程为  $y = -0.195 + 0.092\text{Ln}x$  ( $n=20$ ),  $r=0.968 > r_{0.01}=0.684$ 。

齿的密度随着口宽与颌长的增长逐渐变稀,全长65.5~138.0mm 时齿密度为12个/mm,之后逐步减少。全长290.0~400.0mm 时,齿密度为8个/ $\text{mm}^2$ 。

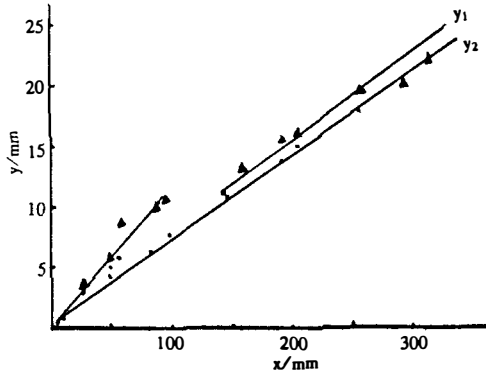


图1 口宽( $y_1$ )、口径( $y_2$ )随全长( $x$ )变化

Fig. 1 The changes of the width ( $y_1$ ) and diameter ( $y_2$ ) against total length

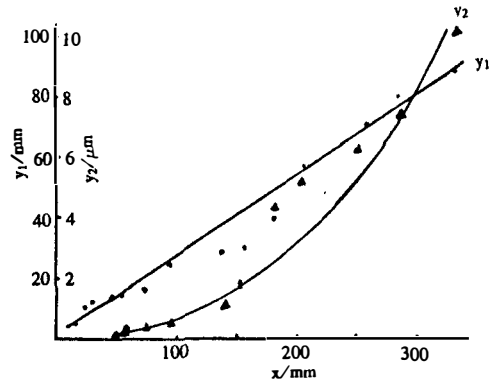


图2 第一鳃弧总长( $y_1$ )、鳃耙长( $y_2$ )随全长( $x$ )变化

Fig. 2 The changes of the length of first arch ( $y_1$ ) and gill raker ( $y_2$ ) against total length

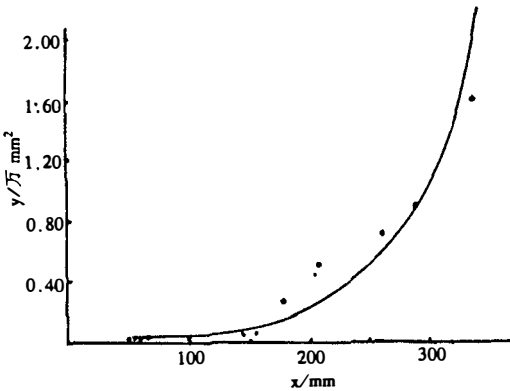


图3 过滤总面积( $y$ )随全长( $x$ )变化  
Fig. 3 The changes of the total size ( $y$ ) of filtering against total length

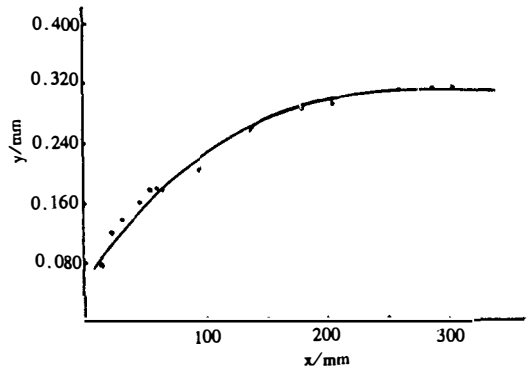


图4 齿长( $y$ )随全长( $x$ )变化  
Fig. 4 The changes of the teeth length ( $y$ ) against total length

### 3 讨论

#### 3.1 摄食器官数量性状与摄食方式

匙吻鲟在胚后的摄食方式发育过程中随着摄食器官变化也发生相应转化。

##### 3.1.1 吞食阶段

全长13.0mm 仔鱼开始吞食,此时口宽为0.7mm,口径0.5mm,适口饵料为0.3mm<sup>3</sup>,远大

于尼罗罗非鱼、鲢、鳙等滤食性鱼类开口时的适口饵料粒径[孙晓明和孟庆闻 1992,刘焕亮和李梦河 1993,刘焕亮和丁守河 1994]。故匙吻鲟开口饵料应以直径在0.3mm左右的枝角类为主。原生动物及轮虫等(直径0.1mm左右)由于粒径较小,匙吻鲟虽也可摄食,但摄食效率较低。吞食阶段鳃耙尚未发育,摄食器官为口及齿,口径及口宽在全长95.0mm以前有一较快的生长过程,表明此阶段摄食效率主要依赖于吞食食物粒径的大小,齿的生长有利于对大型进食生物饵料的撕碎。

### 3.1.2 吞食向滤食转化阶段

此阶段鱼全长介于65.0~138.0mm之间,鳃耙在此时开始发生,但较短且过滤总面积较少,此时口径及齿的生长虽已趋缓,但绝对值仍增大,匙吻鲟虽然仍可捕食或吞食饵料,但随着鳃耙发育、过滤功能开始形成,全长96.0mm稚鱼鳃耙长达0.5mm,过滤总面积达198.0mm<sup>2</sup>,已能部份替代吞食作用。此阶段适口饵料有两种类型,一种为4.5~8.0mm左右可被吞食的大颗粒生物饵料,另一种则是鳃耙间距不能透过的粒径0.03mm以上的小型浮游生物。

### 3.1.3 滤食阶段

全长138.0mm幼鱼鳃耙过滤功能已形成,此阶段初期过滤总面积增长迅速,164.3mm时,过滤总面积达1528.2mm<sup>2</sup>,而在183.0mm时则达到2879.4mm<sup>2</sup>,全长286.0mm以后幼鱼齿的发育停止,口宽及口径增长缓慢,而鳃耙过滤总面积却达到8960.0mm<sup>2</sup>,此时,滤食成为外界营养来源的主要摄入方式,滤食阶段鳃耙间距变大,密度变稀,其平均间距可达0.05mm,故推测此阶段滤出饵料应为直径0.05mm以上的小型浮游动物。

## 3.2 与其它滤食性鱼类摄食方式及摄食效率比较

鲢、鳙、尼罗罗非鱼等摄食方式也随其摄食器官数量性状变化发生转化[孙晓明和孟庆闻 1992,刘焕亮和李梦河 1993,刘焕亮和丁守河 1994]。与匙吻鲟不同的是前者鳃耙发生较早。鲢、鳙全长30.0mm时,鳃耙已达0.8mm,此时,口径小于2.7mm,适口食物规格(宽×高)为(1332~1952)mm×(1611~1966)mm,之后很快转入滤食阶段。而匙吻鲟鳃耙达0.8mm并形成过滤功能时其全长已达120.0mm以上,口径大于7.3mm,因此,匙吻鲟苗种培育早期,过滤食水体中小型浮游生物之前有一较长的吞食或捕食大型蚤类及水生昆虫的阶段。

滤食阶段匙吻鲟鳃耙间距与鲢、鳙等相近,但相同体长幼鱼过滤总面积远远大于后者,倪啸[1987年中译文]报道相同体重匙吻鲟比鳙过滤面积大一倍。我们在匙吻鲟稚、幼鱼上所测过滤总面积结果与此一致。这可能有助于说明其生长迅速的原因。

## 参 考 文 献

- 孙晓明,孟庆闻. 1992. 鲢、鳙滤食及消化器官的发育构造及食性的相关关系. 水产学报,16(3):202~211.
- 刘焕亮,李梦河. 1993. 鲢滤食器官胚后发育生物学研究. 大连水产学院学报,8(2~3):1~17.
- 刘焕亮,丁守河. 1994. 尼罗罗非鱼摄食器官胚后发育生物学. 水产学报,18(1):8~17.
- 倪 啸(译). 1987. 匙吻鲟的繁殖. 淡水渔业译丛,(4):11~16.
- Busch R, Shell E W. 1973. Culture of paddlefish fry in a 1.4 acre earthen pond. Fisheries Research Annual Report. Auburn U. Auburn AL. USA. 2:73~74.
- Kellen J K. 1992. Effect of water temperature and for malated ditets on growth and survival of larve paddlefish. Trans Amer Fish Soc, 121:538~543.
- Mims S D. 1989. Influence of Daphnia desity on survival and growth of paddlefish larva at two temperature. Fish and wild Agencies, 99.69~82.

- Mims S D. 1991. Evaluation of three organic fertilizers for paddlefish (*Polyodon spathula*) Production in nursery ponds. *Aquaculture*, 99:69~8.
- Ruelle R. 1997. Paddlefish (*Polyodon spathula*): growth and food of young of the year and a suggested technique for measuring length. *Trans Amer Fish Soc*, 106(6):609~613.
- Webster C D. 1991. Comparison of live food organisms and prepared diets as first food for paddlefish (*Polyodon spathula*). *Aquaculture and fisheries management*, 22:155~163.

## STUDY ON POST-EMBRY DEVELOPMENT OF QUANTITATIVE CHARACTERS OF FEEDING ORGANS IN PADDLEFISH, *POLYODON SPATHULA*

LIU Jian-Hu, CHEN Chang-Qi, DIAO Xiao-Ming, FENG Xing-Wu  
(*Fisheries Department, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716*)

**ABSTRACT** The period of development of feeding organs is long in paddlefish, *Polyodon spathula*. Fish feed live food organisms by oral and teeth until 65.5mm total length. In this stage, oral width and diameter developed quickly, and the size of food organisms is more than 0.3mm. Gill rakers were not well developed until 65.5mm of total length. The increasing rate of length and filtering-size of gill rakers is exponential in relation to the total length of fish. The diameter of food organisms which could be filtered between gill rakers is more than 0.1mm which is similar to that of another filt-feeding fish, big head carp (*Aristichthys nobilis*). The relationship between quantitative characters of feeding organs and change of feeding behaviour was discussed in this paper. Against the total length of paddlfish, the regression analysis of those quantitative characters was also made.

**KEYWORDS** *Polyodon spathula*, feeding organ, quantitative character, post-embry development