

# 条纹锯鲷(*Centropristis striata*)仔、稚、幼鱼 形态发育的异速生长模式\*

贾瑞锦<sup>1,2</sup> 陈 超<sup>1</sup> 李炎璐<sup>1</sup> 孙曙光<sup>1</sup> 王 鲁<sup>1</sup>  
于欢欢<sup>1,2</sup> 孔祥迪<sup>1,2</sup> 吴 坚<sup>3</sup> 曲江波<sup>4</sup> 赵从明<sup>5</sup>

(1. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071 ;  
2. 上海海洋大学水产与生命学院 上海 201306 ; 3. 浙江海生源生物科技有限公司 台州 317600 ;  
4. 烟台开发区天源水产有限公司 烟台 264000 ; 5. 天津立达海水资源开发有限公司 天津 300050)

**摘要** 采用实验生态学方法对条纹锯鲷仔、稚、幼鱼形态发育的异速生长模式进行研究。对条纹锯鲷(0-80 日龄)的可量性状进行测量并运用统计学方法进行分析。结果表明,0-80 日龄条纹锯鲷全长的生长符合  $Y = 4.529 - (9.227 \times 10^{-5})X^3 + 0.015X^2 - 0.189X$  ( $R^2 = 0.994$ ),干重增长符合  $Y = 0.002X^3 - 0.151X^2 + 3.257X - 18.232$  ( $R^2 = 0.993$ ),其变化曲线呈“J”型增长。多数功能器官具有异速生长的特性,与摄食、运动相关的功能器官的生长拐点相对较早,在拐点之前,相对于全长呈正异速生长,拐点之后相对于全长呈负异速生长或等速生长。口裂、吻长、眼径、胸鳍、尾鳍的生长拐点分别为 20、44、32、36、19 日龄,其他相关器官的生长拐点相对较晚,头长、头高、腹长、体高的生长拐点分别为 56、37、44、60 日龄,其中头长相对于全长在拐点之前呈负异速生长,拐点之后呈等速生长。条纹锯鲷部分功能器官的优先发育保证了在个体发育过程中的早期摄食能力和对敌害的躲避能力的完善,有效地提高了其生存能力。条纹锯鲷异速生长模型的建立,有助于针对性地为其提供适宜条件,从而获得其最适和最大生长效能,为人工繁育和养殖条纹锯鲷提供理论基础。

**关键词** 条纹锯鲷;早期发育;形态特征;异速生长

中图分类号 S917 文献标识码 A 文章编号 1000-7075(2014)05-0128-07

鱼类在早期生长发育过程中,受遗传因素及环境因素的影响,仔鱼身体的各部分功能器官的生长具有不同步性,即异速生长(Allometric growth),又称相对生长(Relative growth)。异速生长规律描述了生物个体大小和其他属性之间的非线性数量关系,通常以幂函数形式表示: $y = ax^b$  ( $y$  为因变量, $x$  为自变量, $a$  为截距, $b$  为异速生长指数),自 Weymouth 等(1942)提出以来,已成为研究异速生长的最普遍的方法(韩文轩等,2008)。研究发现,硬骨鱼类的早期发育普遍存在异速生长现象,鱼类为适应环境而优先发育感

觉、运动、摄食等功能器官以提高其摄食和躲避敌害的能力,其他器官则延后发育(Osse *et al*, 1997; Pena *et al*, 2009; 邹雄等,2010)。

条纹锯鲷(*Centropristis striata*)属于鲷科(Serranidae)、石斑鱼亚科(Serraninae)、锯鲷属(*Centropristis*),常用名为美洲黑石斑鱼(Black seabass)。自 2002 年从美国引进鱼苗和受精卵进行养殖和育苗(王波等,2003),经历 10 余年发展,养殖规模逐渐扩大,我国沿海各地区均有分布(雷霖霖等,2007;郑磊等,2011;贾瑞锦等,2012)。条纹锯鲷肉质鲜美、富含营养,

\* 科技部国际合作项目(2012DFA30360)和天津市滨海新区项目(201004070)共同资助。贾瑞锦, E-mail: jiaruijin@163.com

通讯作者: 陈 超, 研究员, E-mail: ysfriichenchao@126.com

收稿日期: 2014-02-10, 收修改稿日期: 2014-03-11

具有很高的养殖和食用价值(林星, 2009; 党冉等, 2010)。作者通过对人工繁育的条纹锯鲷仔、稚、幼鱼的生长特点进行研究, 探索其不同功能器官的发育时序, 了解条纹锯鲷早期生长发育与生态环境相适应的特点, 并建立异速生长模型, 以丰富仔稚幼鱼发育的基础研究, 旨在为人工繁育条纹锯鲷提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

实验所用条纹锯鲷于 2012 年 9–12 月取自浙江海生源生物科技有限公司, 通过人工诱导亲鱼产卵、受精获得仔鱼, 在 4 m×7 m×0.8 m 的水泥池中微流水充气培育, 布池密度为 15 g egg/m<sup>3</sup>, 温度为(24±0.6)°C, 盐度为 30–32, DO 6.0 mg/L, pH 7.4–7.8、氨氮<0.1 mg/L。3–15 日龄鱼每日投喂轮虫(15–20 ind/ml), 12–28 日龄鱼投喂卤虫(15–20 ind/ml), 22 日龄鱼开始投喂日产“鱼宝”配合饲料。

### 1.2 实验方法

从初孵仔鱼开始(0–38 日龄), 每天定时从池中随机取 15 尾; 40 日龄开始每隔 1 d 取 15 尾进行测量; 52–54 日龄时, 部分鱼感染刺激隐核虫(*Cryptocaryon irritans*), 此时选取健康、能正常游动、镜检体表无刺激隐核虫的鱼作为试验材料。用 Nikon E100 显微镜和 Olympus 体视显微镜中的台测微尺以及游标卡尺测量其全长、口裂、吻长、眼径、头长、头高、体高、腹长、胸鳍、尾鳍, 并进行拍照。在 80°C 干燥箱中烘 5 h 后, 用分析天平称其干重。

### 1.3 数据分析

以 Excel 2003 统计整理条纹锯鲷(0–80 日龄)的各项生长数据, 以 SPSS 19.0 统计软件整理录入数据, 采用非线性回归(Nonlinear regression)分析全长和体重与日龄的关系, 以 R<sup>2</sup> 为函数关系抉择标准, 以 R<sup>2</sup> 最大值的函数关系式作为最佳曲线模型。异速生长模型以幂函数方程即异速生长方程( $y=ax^b$ )计算, 采用 OriginPro 8.5.1 软件中的拟合分段回归模型, 以相关指数 R<sup>2</sup> 最大及残差平方和最小作为曲线拟合标准, 并求出条纹锯鲷的日龄与全长(平均值±标准差)拐点。用 SPSS 19.0 软件进行显著性检验, P<0.05 为具有显著性差异。用 OriginPro 8.5.1 软件作图。

## 2 实验结果

### 2.1 全长随日龄的变化

条纹锯鲷初孵仔鱼平均全长为(2.960±0.210) mm, 经过 80 d 的生长, 达到(41.749±2.838) mm, 符合  $Y=4.529-(9.227\times 10^{-5})X^3+0.015X^2-0.189X(R^2=0.994)$ (表 1)。全长随日龄的变化可分为 3 个阶段(图 1): 第 1 阶段为初孵仔鱼至 28 日龄, 全长(7.280±0.286) mm, 生长率为 0.193 mm/d; 第 2 阶段为 28–54 日龄, 全长(24.046±0.898) mm, 生长率为 0.736 mm/d; 第 3 阶段为 54 日龄以后, 生长率为 0.687 mm/d。3 个阶段全长生长率差异显著(P<0.05), 28 日龄以前全长的生长相对缓慢, 28 日龄以后全长进入快速生长期。

### 2.2 体重随日龄的变化

条纹锯鲷初孵仔鱼干重  $8.0\times 10^{-5}$  g, 随着卵黄囊和油球被吸收, 至第 3 日龄, 全长为(1.542±0.112) mm

表 1 全长与日龄的模型分析与参数估计  
Tab.1 The model summary and parameter estimates of total length and days post hatching

函数 Function	模型分析 Model summary					参数估计 Parameter estimates			
	R <sup>2</sup>	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
线性函数 Linear	0.965	1451.518	1	53	0.000	-3.167	0.522		
对数函数 Logarithmic	0.739	150.363	1	53	0.000	-28.289	13.133		
倒数函数 Inverse	0.375	31.812	1	53	0.000	22.836	-147.831		
二次函数 Quadratic	0.990	2493.945	2	52	0.000	1.576	0.184	0.004	
三次函数 Cubic	0.994	2971.758	3	51	0.000	4.529	-0.189	0.015	-9.227×10 <sup>-5</sup>
复合函数 Compound	0.972	1814.876	1	53	0.000	3.255	1.036		
幂函数 Power	0.903	491.505	1	53	0.000	0.441	0.978		
S 型函数 S	0.572	70.871	1	53	0.000	3.053	-12.304		
增长函数 Growth	0.972	1814.876	1	53	0.000	1.180	0.035		
指数函数 Exponential	0.972	1814.876	1	53	0.000	3.255	0.035		
逻辑斯蒂函数 Logistic	0.972	1814.876	1	53	0.000	0.307	0.965		

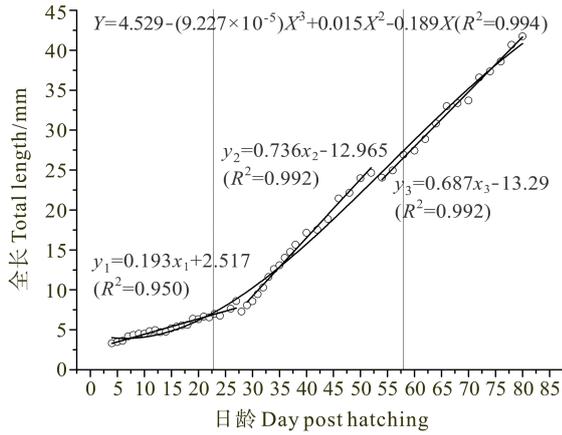


图1 全长与日龄的拟合曲线

Fig.1 Fitting curve between total length and day post hatching

时,干重降为  $4.29 \times 10^{-5}$  g,之后逐渐增加,至80日龄时达到  $(0.363 \pm 0.054)$  g,条纹锯鲂仔、稚、幼鱼单尾干重符合多项式  $Y = 0.002X^3 - 0.151X^2 + 3.257X - 18.232$  ( $R^2 = 0.993$ ) (表2),体重随日龄的变化可分为3个阶段(图2):第1阶段为初孵仔鱼至28日龄,体重增长率为0.016 g/d;第2阶段为28-54日龄,体重增长率为1.757 g/d;第3阶段为54日龄以后,体重增长率为12.560 g/d。

2.3 各功能器官的异速生长

2.3.1 摄食相关器官的异速生长 口裂的生长拐点在20日龄[全长  $(6.313 \pm 0.597)$  mm]。从2日龄仔鱼开口至20日龄口裂相对于全长呈正异速生长,生长指数  $b$  为1.454,显著大于1 ( $P < 0.01$ );20-80日龄,

表2 体重与日龄的模型分析与参数估计

Tab.2 The model summary and parameter estimates of body weight and days post hatching

函数 Function	模型分析 Model summary					参数估计 Parameter estimates			
	$R^2$	$F$	$df1$	$df2$	Sig.	Constant	$b1$	$b2$	$b3$
线性函数 Linear	0.676	110.716	1	53	0.000	-72.061	3.363		
对数函数 Logarithmic	0.394	34.408	1	53	0.000	-197.681	73.761		
倒数函数 Inverse	0.149	9.259	1	53	0.004	83.839	-716.519		
二次函数 Quadratic	0.952	511.309	2	52	0.000	49.329	-5.282	0.107	
三次函数 Cubic	0.993	2254.471	3	51	0.000	-18.232	3.257	-0.151	0.002
复合函数 Compound	0.970	1690.847	1	53	0.000	0.026	1.141		
幂函数 Power	0.875	371.934	1	53	0.000	$1.791 \times 10^{-5}$	3.595		
S型函数 S	0.527	58.984	1	53	0.000	3.242	-44.070		
增长函数 Growth	0.970	1690.847	1	53	0.000	-3.652	0.132		
指数函数 Exponential	0.970	1690.847	1	53	0.000	0.026	0.132		
逻辑斯蒂函数 Logistic	0.970	1690.847	1	53	0.000	38.538	0.877		

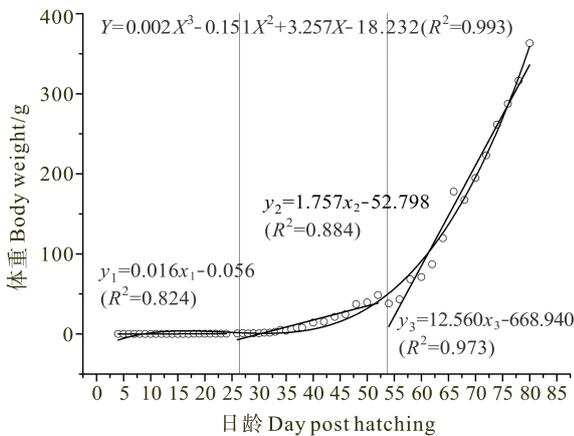


图2 体重与日龄的拟合曲线

Fig.2 Fitting curve between body weight and day post hatching

生长指数  $b$  为0.849,显著小于1 ( $P < 0.05$ ),口裂相对于全长呈负异速生长(图3a)。

吻长的生长拐点在44日龄[全长  $(18.856 \pm 0.928)$  mm]。3-44日龄,吻长相对于全长呈正异速生长,生长指数  $b$  为1.132,显著大于1 ( $P < 0.05$ );44-80日龄,生长指数  $b$  为0.820,显著小于1 ( $P < 0.05$ ),吻长相对于全长呈负异速生长(图3b)。

眼径的生长拐点在32日龄[全长  $(10.303 \pm 0.881)$  mm]。从仔鱼孵出至32日龄,眼睛相对于全长呈正异速生长,生长指数  $b$  为1.128,极显著大于1 ( $P < 0.01$ );32-80日龄,生长指数  $b$  为0.915,显著小于1 ( $P < 0.05$ ),眼睛相对于全长呈负异速生长(图3c)。

2.3.2 运动器官的异速生长 胸鳍的生长拐点在36日龄[全长  $(13.995 \pm 0.595)$  mm]。4-36日龄胸鳍相

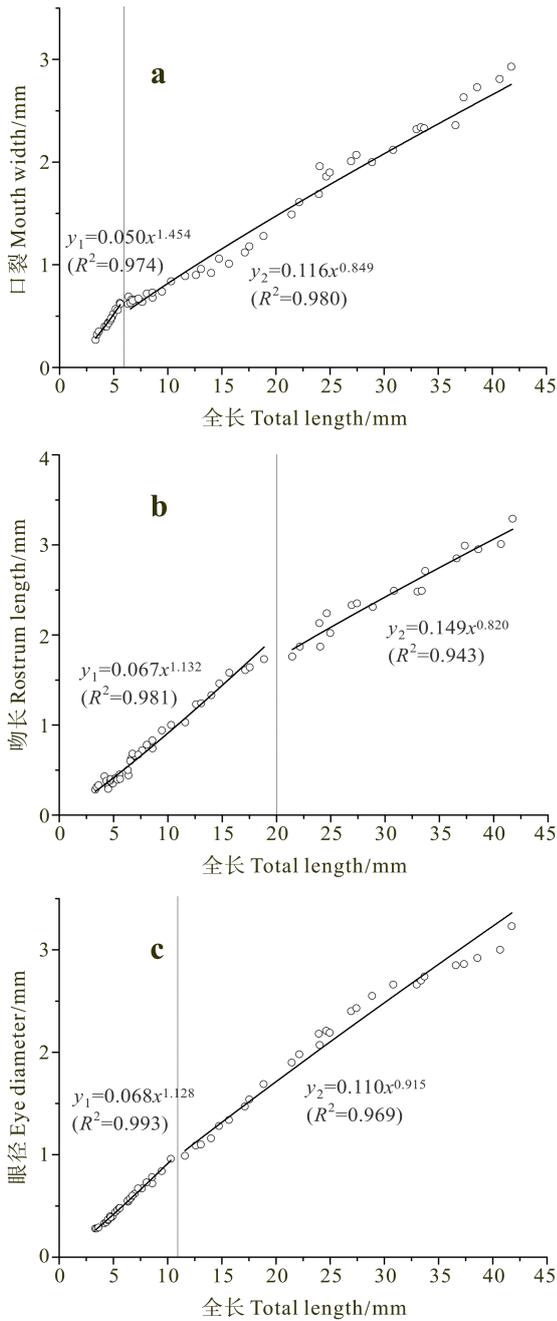


图 3 摄食器官的异速生长

Fig.3 Allometric growth pattern of feeding organs

对于全长呈正异速生长, 生长指数  $b$  为 1.100, 极显著大于 1 ( $P < 0.01$ ); 36–80 日龄, 生长指数  $b$  为 0.947, 与 1 之间无显著性差异 ( $P > 0.05$ ), 即胸鳍在 36 日龄之后与全长呈等速生长(图 4a)。

尾鳍的生长拐点在 19 日龄[全长(6.375±0.540) mm]。3–19 日龄, 尾鳍相对于全长呈正异速生长, 生长指数  $b$  为 1.927, 显著大于 1 ( $P < 0.05$ ); 19–80 日龄, 生长指数  $b$  为 1.049, 与 1 之间无显著性差异 ( $P > 0.05$ ), 即尾鳍从 19 日龄之后与全长呈等速生长(图 4b)。

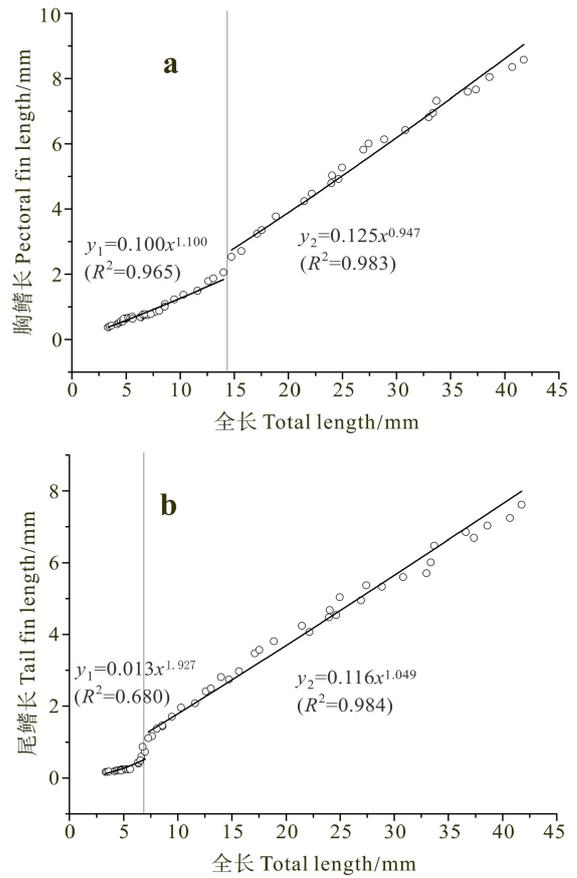


图 4 运动器官的异速生长

Fig.4 Allometric growth pattern of organs of locomotion

**2.3.3 其他器官的异速生长** 头长的生长拐点在 56 日龄[全长(24.958±1.110) mm]。4–56 日龄头长相对于全长呈负异速生长, 生长指数  $b$  为 0.913, 显著小于 1 ( $P < 0.05$ ); 56–80 日龄, 生长指数  $b$  为 1.372, 与 1 差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 即头长从 56 日龄之后与全长呈等速生长(图 5a)。

头高的生长拐点在 37 日龄[全长(14.738±0.816) mm]。4–37 日龄, 头高的生长指数  $b$  为 1.167, 显著大于 1 ( $P < 0.05$ ); 37–80 日龄, 生长指数  $b$  为 0.883, 显著小于 1 ( $P < 0.05$ ), 即头高从 37 日龄之后与全长呈负异速生长(图 5b)。

腹长的生长拐点在 44 日龄[全长(18.856±0.928) mm]。3–44 日龄, 腹长相对于全长呈正异速生长, 生长指数  $b$  为 1.058, 显著大于 1 ( $P < 0.05$ ); 44–80 日龄, 生长指数  $b$  为 0.905, 显著小于 1 ( $P < 0.05$ ), 即腹长从 44 日龄之后与全长呈负异速生长(图 5c)。

体高的生长拐点在 60 日龄[全长(27.432±0.751) mm]。3–60 日龄, 体高相对于全长呈正异速生长, 生长指数  $b$  为 1.262, 显著大于 1 ( $P < 0.05$ ); 60–80 日龄, 生长指数  $b$  为 1.112, 与 1 之间无显著性差异 ( $P > 0.05$ ),

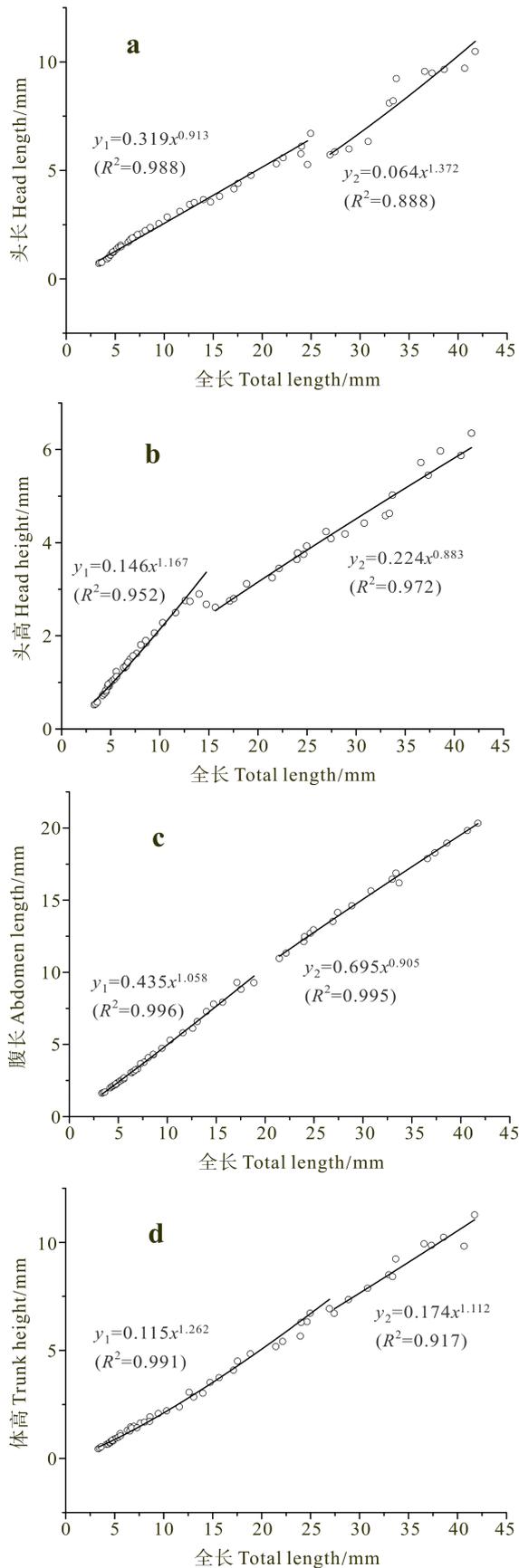


图5 其他相关器官的异速生长

Fig.5 Allometric growth pattern of other organs

即从 60 日龄之后与全长呈等速生长(图 5d)。

### 3 讨论

#### 3.1 全长的生长变化

条纹锯鲂仔鱼孵出后第 2 天, 其全长开始缩短, 这与条石鲷 3 日龄仔鱼全长小于 2 日龄仔鱼全长相类似(肖志忠等, 2008), 3 日龄开始摄食, 同时卵黄囊、油球消失, 仔鱼由摄食的轮虫提供能量, 全长逐渐增加。3–15 日龄仔鱼主要摄食轮虫, 15–28 日龄主要摄食卤虫, 此阶段, 仔鱼平均生长率较低(0.193 mm/d); 随着仔鱼视觉、运动、消化器官的不断完善, 28 日龄之后, 条纹锯鲂稚鱼主要以摄食配合饲料为主, 平均生长率激增(0.736 mm/d), 全长快速增长; 52 日龄时, 此阶段稚鱼全长略有下降(图 1), 鱼苗的生长有所延迟, 全长平均生长率出现降低(0.687 mm/d), 这是由于育苗池鱼苗受到刺激隐核虫病的影响, 采用了全池泼洒 10 mg/L 的福尔马林和降温处理的方法, 对其生长有一定影响。随后, 稚鱼的大部分组织器官结构发育完全, 进入幼鱼期。全长的生长率虽受小瓜虫病的影响, 比 28–52 日龄有所降低, 但其生长依然保持在一个较高的水平。

#### 3.2 体重的生长变化

条纹锯鲂体重的生长变化与全长的生长变化相似, 可以明显分为 3 个阶段。仔鱼初孵化时尚未开口, 营养完全由卵黄囊和油球供应。4 日龄时卵黄囊和油球完全消耗(贾瑞锦等, 2014), 因此仔鱼的体重出现明显下降。3–28 日龄, 仔鱼摄食的营养主要用于各组织器官的生长和完善, 因此体重的增长十分缓慢, 体重增长率仅为 0.016 g/d。28 日龄之后, 条纹锯鲂稚鱼主要以摄食配合饲料为主, 稚鱼的体重出现明显增加, 体重增长率可达 1.757 g/d。54 日龄时, 同样受刺激隐核虫的影响, 体重出现急速下降(图 2), 此阶段, 病鱼大量集群浮于育苗池入水口附近, 不停旋转, 停止摄食, 病鱼好转之后附于池底并大量摄食。54–80 日龄, 幼鱼体重增长率可达 12.560 g/d, 至实验结束时(80 日龄), 条纹锯鲂体重呈“J”型增长, 正处于全长、体重增长的快速期。

#### 3.3 摄食和运动器官的异速生长

条纹锯鲂摄食器官中口裂在 20 日龄时(表 3)最先达到异速生长拐点, 这对于仔鱼摄食能力的提高具有重要的意义。条纹锯鲂前期仔鱼主要以生物活饵料为主, 口裂的快速增长有助于其更好地摄取大量的营养

表 3 条纹锯鲈异速生长时序  
Tab.3 Time table of allometric growth of *Centropristis striata*

发育器官 Organs	口裂 Mouth width	吻长 Rostrum length	眼径 Eye diameter	胸鳍 Pectoral fin length	尾鳍 Tail fin length	头长 Head length	头高 Head height	腹长 Abdomen length	体高 Trunk height
日龄(Days post hatching)	20	44	32	36	19	56	37	44	60

物质,此时期也是仔鱼转饵的关键时期,口裂的完善为摄取人工饵料做好了准备。与口裂的生长拐点相比,吻长的生长拐点出现得相对较晚,至 44 日龄才出现拐点,表明摄食器官仍在不断完善,这与施氏鲟(*Acipenser schrenckii*) (马境等,2007) 8-9 日龄达到口裂拐点、16 日龄才达到吻长的拐点在顺序上具有一定的相似性,条纹锯鲈的这种特性可能与初孵仔鱼的口裂较小有关,也说明口裂的增长相对于吻长的增加在条纹锯鲈发育过程中更具有紧迫性。眼睛作为重要的视觉器官,在条纹锯鲈摄食和逃避敌害的过程中起着重要的作用,而眼径持续正异速生长也为眼睛的重要性提供了佐证。

运动器官中,尾鳍在 19 日龄最先达异速生长拐点,与口裂的生长拐点几乎同步,表明在条纹锯鲈的摄食过程中运动器官的重要作用,这与条纹锯鲈以活饵作为开口饵料相适应。尾鳍的快速生长提高了在摄食过程中的游动速度,保证了其主动寻找食物及躲避敌害的能力。而胸鳍作为重要的运动平衡器官,其生长拐点则要晚于尾鳍的拐点,这与西伯利亚鲟(*Acipenser baerii*) (庄平等,2009)运动器官的拐点模式相类似,而与鲈鲤(*Percocypris pingi pingi*) (何勇凤等,2013)的胸鳍拐点早于尾鳍拐点的生长模式相反。条纹锯鲈具有相互残食的特性,在这种生存环境下条纹锯鲈需要优先提高其快速游动的能力。

### 3.4 其他器官的异速生长

条纹锯鲈仔鱼孵化后第 3 天,肠管发育,腹部增大,进入摄食期,呈正异速生长,第 44 日龄时出现拐点,这与吻长的拐点期相一致。在仔鱼摄食能力增强的同时,消化能力也在不断完善(李海燕等,2011),伴随着仔鱼摄食量的增加及鳔功能的增强,仔鱼体高也进入异速生长的拐点,条纹锯鲈仔鱼的干重进入第 3 阶段,体重进入快速增长期。头部的功能器官达到生长拐点之后,头高也快速进入生长拐点,这与运动摄食功能器官的优先发育相适应,与条石鲷(*Oplegnathus fasciatus*) (何滔等,2012)相似,头高的生长拐点晚于头长的生长拐点。

## 4 结语

条纹锯鲈从孵化到 60 日龄,各功能器官先后进入异速生长拐点,说明不同功能器官不断发育完善,多数器官转入等速生长模式,此时条纹锯鲈已完全进入幼鱼期,活动区域也由水体的中上层转入底层生活,摄食量不断增加,体重进入快速生长期。为抵抗捕食者(包括同类相残)和饥饿所带来的威胁(刘建魁等,2008;宋洪建等,2013),条纹锯鲈不同功能器官协调发育快速生长,迅速提高了其对复杂环境的适应能力和生存能力,此时是“分苗”的关键时期。

本研究通过对条纹锯鲈早期功能器官发育模式的探索,指出其生长规律,如能为其提供适宜的生长环境,对其苗种繁育将起到指导作用。

## 参 考 文 献

- 马境,章龙珍,庄平,等. 施氏鲟仔鱼发育及异速生长模型. 应用生态学报,2007,18(12): 2875-2882
- 王波,朱明远,毛兴华. 养殖新品种—美洲黑石斑鱼. 河北渔业,2003(5): 26-27
- 庄平,宋超,章龙珍,等. 全人工繁殖西伯利亚鲟仔稚鱼发育的异速生长. 生态学杂志,2009,28(4): 681-687
- 刘建魁,李文龙,石振广,等. 达氏鳇(♀)×西伯利亚鲟(♂)杂交幼鱼生长特性初步研究. 淡水渔业,2008,38(6): 63-67
- 李海燕,竺健全,陈飞,等. 美洲黑石斑鱼消化道的形态结构. 生物学杂志,2011,28(4): 31-34,46
- 肖志忠,郑炯,于道德,等. 条石鲷早期发育的形态特征. 海洋科学,2008,32(3): 25-30
- 何勇凤,吴兴兵,朱永久,等. 鲈鲤仔鱼的异速生长模式. 动物学杂志,2013,48(1): 8-15
- 何滔,肖志忠,刘清华,等. 条石鲷早期发育阶段的生长模式. 水产学报,2012,36(8): 1242-1248
- 邹雄,庄平,章龙珍,等. 点篮子鱼形态特征及其相关性参数分析. 海洋渔业,2010,32(4): 395-400
- 宋洪建,刘伟,王继隆,等. 大麻哈鱼卵黄囊期仔鱼异速生长及其生态学意义. 水生生物学报,2013,37(2): 329-335
- 林星. 条纹锯鲈肌肉营养成分分析与品质评价. 养殖与饲料,2009,40(9): 43-46
- 郑磊,马振宁,吴斌,等. 美洲黑石斑鱼血清 IgM 纯化及其免疫血清部分特性. 上海海洋大学学报,2011,20(4):

494–498

- 贾瑞锦, 王鲁, 赵从明, 等. 条纹锯鲂胚胎发育及卵黄囊仔鱼形态变化的观察. 渔业科学进展, 2012, 33(4): 11–17
- 贾瑞锦, 陈超, 孔祥迪, 等. 饥饿对条纹锯鲂仔鱼的存活、摄食及生长的影响. 海洋科学, 2014, 38(3): 44–49
- 党冉, 竺俊全, 邱新志. 美洲黑石斑鱼含肉率及肌肉营养成分分析. 海洋学研究, 2010, 28(2): 60–66
- 韩文轩, 方精云. 幂指数异速生长机制模型综述. 植物生态学报, 2008, 32(4): 951–960
- 雷霖霖, 卢继武. 美洲黑石斑鱼的品种优势和养殖前景. 海洋水产研究, 2007, 28(5): 110–115
- Osse J, van den Boogaart J, van Snik G, *et al.* Priorities during early growth of fish larvae. Aquaculture, 1997, 155(1–4): 253–262
- Pena R, Dumas S. Development and allometric growth patterns during early larval stages of the spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* (Percoidei: Serranidae). Scientia Marina (Barcelona), 2009, 73: 183–189
- Weymouth FW, Field J II, Kleiber M. Relationship between body size and metabolism. Exp Biol Med, 1942, 49(3): 367–370

(编辑 冯小花)

## Early Development and the Allometric Growth Pattern of *Centropristis striata*

JIA Ruijin<sup>1,2</sup>, CHEN Chao<sup>1</sup>, LI Yanlu<sup>1</sup>, SUN Shuguang<sup>1</sup>, WANG Lu<sup>1</sup>, YU Huanhuan<sup>1,2</sup>,  
KONG Xiangdi<sup>1,2</sup>, WU Jian<sup>3</sup>, QU Jiangbo<sup>4</sup>, ZHAO Congming<sup>5</sup>

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; 2. College of Fisheries and Life Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306; 3. Zhejiang Haishengyuan Biological Technology Co., Ltd., Taizhou 317600; 4. Yantai Tianyuan Aquaculture Co., Ltd, Yantai 264000; 5. Tianjin Leadar Marine Resources Development Co, Ltd, Tianjin 300050)

**Abstract** We applied experimental ecological approaches to study the allometric growth patterns at early developmental stages of *Centropristis striata*. Nikon E100 microscope and vernier caliper were used to measure the total length, mouth width, rostrum length, eye diameter, head length, head height, trunk length, trunk height, pectoral fin length and the tail fin length. All data were analyzed with appropriate statistical methods. The results showed that the growth of the total length of black sea bass conformed to the equation  $Y = 4.529 - (9.227 \times 10^{-5}) X^3 + 0.015X^2 - 0.189X$  ( $R^2 = 0.994$ ), and the dry body weight fit in the equation  $Y = 0.002X^3 - 0.151X^2 + 3.257X - 18.232$  ( $R^2 = 0.993$ ), which displayed a J-shaped curve. Most of functional organs showed allometric growth patterns. We found that organs responsible for feeding and locomotive functions had relatively early growth inflection points. The growth inflection points of the mouth width, rostrum length, eye diameter, pectoral fin length and tail fin length were 20, 44, 32, 36, and 19 days post hatching respectively. The growth inflection points of other organs appeared at later time: head length, head height, abdomen length and trunk height had inflection points on 56, 37, 44 and 60 days post hatching respectively. There were also other models of allometric growth patterns, for example, the head length showed a negative allometric growth before reaching the inflection point but a constant growth pattern afterward. Allometric growth patterns ensure the priority development of organs that are required in key functions such as feeding and escaping from predators, which improved the viability of black sea bass. Our study will greatly help establish appropriate breeding conditions for black sea bass.

**Key words** *Centropristis striata*; Early development; Body morphology; Allometric growth