

怒江东方墨头鱼的年龄结构与生长特性

田辉伍 岳兴建 陈大庆 邓华堂 刘绍平 *

(华中农业大学水产学院 武汉 430070; 中国水产科学研究院长江水产研究所 荆州 434000;
西南大学生命科学学院 水产科学重庆市市级重点实验室 重庆 400715;
内江师范学院化学与生命科学系 内江 641112)

摘要: 2006年 10月至 2008年 10月于怒江采集东方墨头鱼 (*Garra orientalis*) 136尾,体长 54 ~ 167 mm, 体重 3.0 ~ 114.6 g。研究了其年龄、生长等生物学特性,通过耳石轮纹估算东方墨头鱼的年龄,显示怒江东方墨头鱼由 10个年龄组组成。耳石半径与体长关系为: $L = 0.061R^{1.131}$ ($n = 125, R^2 = 0.907$),体长与体重关系为: $W = 0.1 \times 10^{-4} L^{3.160}$ 。von Bertalanffy生长参数由退算体长估算:雄性 $L_{\infty} = 224.79$ mm, $k = 0.094$ /年, $t_0 = 0.51$ 年;雌性 $L_{\infty} = 228.91$ mm, $k = 0.091$ /年, $t_0 = 0.639$ 年;总体 $L_{\infty} = 227.78$ mm, $k = 0.091$ /年, $t_0 = 0.588$ 年。体重生长拐点雄性 12.15龄、雌性 13.75龄。

关键词: 东方墨头鱼;渔获物年龄组成;生长

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2010)01-104-07

Age Structure and Growth Characteristic of *Garra orientalis* from the Nujiang River

TAN Hui-Wu YUE Xing-Jian CHEN Da-Qing
DENG Hua-Tang LU Shao-Ping *

(Fisheries College of Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070; Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Jingzhou 434000;
College of Life Science, Southwest University, Key Laboratory of Aquatic Science of Chongqing, Chongqing 400715;
Chemistry and Life Science Department, Neijiang Normal University, Neijiang 641112, China)

Abstract: One hundred and thirty six specimens of Oriental Sucking Barb (*Garra orientalis*), ranged 54 - 167 mm in length and 3.0 - 114.6 g in weight were collected from October 2006 to October 2008 in the Nujiang River. Their age and growth were examined. The age estimation was made by the otolith ring and 10 age classes were identified. The relationship between the otolith radius and body length was expressed as $L = 0.061R^{1.131}$ ($n = 125, R^2 = 0.907$), while that between body length and body weight as $W = 0.1 \times 10^{-4} L^{3.160}$. von Bertalanffy growth parameters derived from back-calculated body length was as follows: $L_{\infty} = 224.79$ mm, $k = 0.094$ /year, $t_0 = 0.51$ year for male and $L_{\infty} = 228.91$ mm, $k = 0.091$ /year, $t_0 = 0.639$ year for female; $L_{\infty} = 227.78$ mm, $k = 0.091$ /year, $t_0 = 0.588$ year for all the collected specimens. The inflection point of the weight growth curve was 12.15 years for male and 13.75 years for female.

Key words: Oriental Sucking Barb (*Garra orientalis*); Age constitute in catch; Growth

基金项目 国家环境保护部项目 (No. EPA4261);

*通讯作者, E-mail: lsp@yfi.ac.cn;

第一作者介绍 田辉伍,男,硕士研究生;研究方向:渔业资源;E-mail: taosha8413@163.com.

收稿日期: 2009-06-05,修回日期 2009-11-15

东方墨头鱼 (*Garru orientalis*) 隶属鲤形目 (Cypriniformes) 鲤科 (Cyprinidae) 野鲮亚科 (Labeoninae) 墨头鱼属, 分布于我国南方珠江、闽江、九龙江、韩江、元江、海南岛、怒江、大盈江等水系, 生活于江河激流, 吸附岩石上, 刮食附生在岩石表面的周丛生物^[1-3]。在怒江流域, 东方墨头鱼分布于泸水县上江乡以下江段, 该鱼生长缓慢, 个体不大, 但体内富含脂肪, 肉味鲜美, 在产区视为名贵鱼类。怒江上中游地处横断山脉, 全流域水能资源理论蕴藏量达 4 474 万 kW, 技术可开发量 3 200 万 kW, 其中干流约 3 000 万 kW, 待开发量在国内众多江河中排名第二^[4]。怒江中下游干流水能资源至今尚未开发, 其潜在的水电开发必然会对东方墨头鱼资源造成影响甚至危及该物种在怒江的生存。国内外有少量关于墨头鱼属鱼类基础生物学的相关研究资料^[1-3,5-8], 东方墨头鱼的基础生物学研究资料缺乏, 仅见少量分布与形态特征描述。本文对怒江东方墨头鱼种群年龄结构及生长特性进行研究, 以期为该物种保护和合理利用提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 材料来源 2006年10月至2008年10月, 在云南怒江泸水县上江乡至龙陵县木城乡江段通过刺网等作业方式采得东方墨头鱼标本 136尾。新鲜材料现场测定体长、体重。体长精确到 1 mm, 体重精确到 1 g。解剖后现场鉴定性别, 不能鉴定的则摘取性腺, 以 10% 甲醛溶液保存带回实验室, 经组织切片鉴定。摘取背鳍基起点下方侧线鳞以上 2~3 行形状规则的鳞片、微耳石、颅腔后一段脊椎骨 (3~5 节)。

1.1.2 材料处理 鳞片清洗晾干后以两片载玻片夹片直接在 Olympus 解剖镜下观察。耳石去除附着物后用无水乙醇清洗, 晾干, 滴加适量中性树胶固定于载玻片上, 烘干后以 2 000# 砂纸粗磨, 并随时在解剖镜下观察, 近磨至耳石生长中心时换 5 000# 砂纸精磨, 然后换另一面打磨, 打磨好的耳石磨片经二甲苯透明和中性树

胶封片后烘干, 耳石装片置于 Olympus 显微镜下拍照, 借助耳石轮纹测量系统 (otolith daily ring measurement system, RatoC System Engineering Co., Ltd) 测量耳石年轮半径。脊椎骨经自然腐烂, 洗净烘干后在 Olympus 解剖镜下观察。

1.2 数据处理 怒江东方墨头鱼群体体长与体重关系以 $W = aL^b$ 拟合, 式中 W 为体重 (g), L 为体长 (mm), a , b 为通过回归分析估算的常数和指数。拟合体长与耳石半径关系函数, 以相关指数最大为选择标准, 获得体长与耳石半径关系的最佳方程。怒江东方墨头鱼的生长采用 von Bertalanffy 生长方程 $L_t = L (1 - e^{-k(t-t_0)})$ 拟合^[9], 其中 L_t 表示年龄为 t 时的预测体长, L 表示渐近体长, k 表示生长系数, t_0 表示理论体长为零时的年龄。通过 VBGF 分别求取体长、体重的生长速度和加速度方程及生长拐点年龄。

所有数据用 Excel 2007 和 SPSS 16.0 进行记录和分析, 用 Photoshop 9.0 进行图像处理。

2 结果与分析

2.1 年龄鉴定 怒江东方墨头鱼耳石年轮特征较为明显, 为疏密型年轮, 在 3 龄及 3 龄后年轮两侧副轮较明显, 但大多不连续或凌乱 (图 1A 中箭头所示)。脊椎骨 (图 1B) 年轮清楚, 但起始轮与边缘轮难以准确确定, 其与耳石年龄读数吻合率为 73.6%。鳞片不适于年龄鉴定, 其鳞焦周围为碎裂的无纹区 (图 1C 中箭头所示), 轮纹集中在边缘, 所有鳞片样本可数最大年轮仅 6 轮。

2.2 渔获物年龄组成和体长体重分布 用于年龄鉴定的 136 尾标本由雄性 59 尾 (43.38%)、雌性 72 尾 (52.94%) 和雌雄未定 5 尾 (3.68%) 组成; 据耳石轮纹分析, 136 尾标本由 3~13 龄 10 个年龄组组成, 各年龄组的实测体长、体重值见表 1; 个体平均体长为 (106.2 ± 22.51) mm, 平均体重为 (28.87 ± 19.69) g, 其中雌性 3~13 龄, 体长 68~160 mm, 体重 5.1~113.2 g; 雄性 3~13 龄, 体长 54~167 mm, 体重 3~114.6 g。

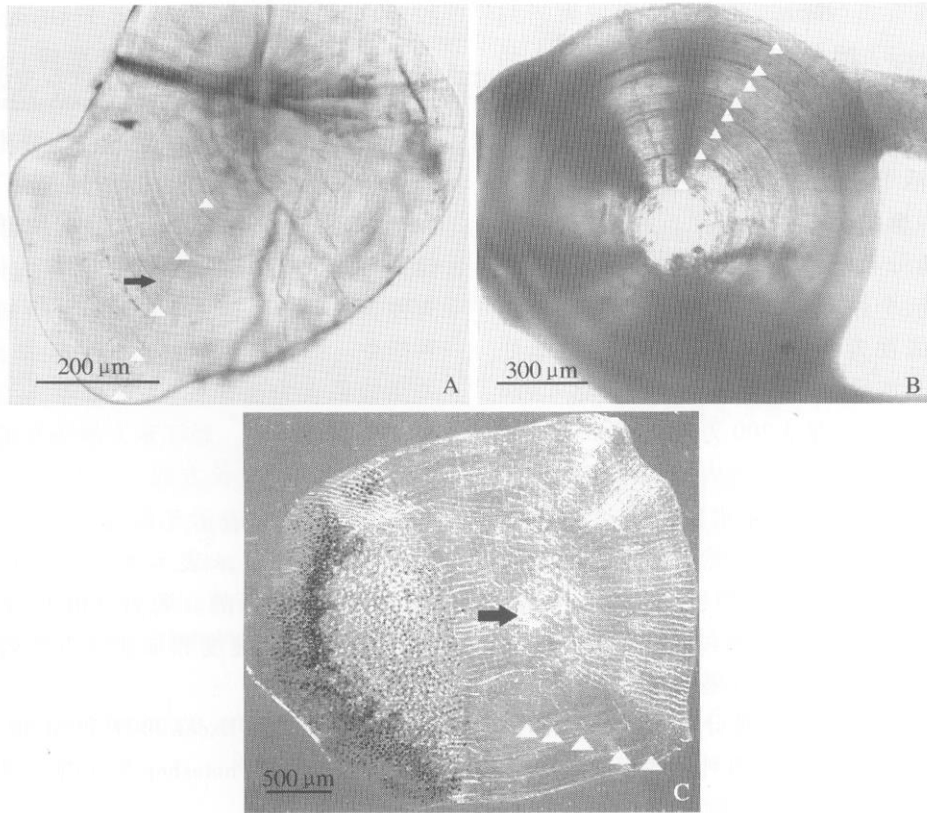


图 1 怒江东方墨头鱼年龄鉴定材料及年轮

Fig. 1 Annuli on several kinds of material for age diagnosis of *Garra orientalis*
A:耳石; B:脊椎骨; C:鳞片; 示年轮。A: Otolith; B: Vertebra; C: Scale; Show annuli

表 1 怒江东方墨头鱼体长、体重实测值

Table 1 Measurement of body length and body weight of *Garra orientalis*

年龄 Age	样本数 Samples (n)	百分比 Percentage (%)	实测体长 (mm) Actually measured body length			实测体重 (g) Actually measured body weight		
			范围 Range	Mean ±SD	年增量 Annual increment	范围 Range	Mean ±SD	年增量 Annual increment
3	7	5.15	54 ~ 68	62.25 ±5.90		3.0 ~ 5.9	4.38 ±1.17	
4	15	11.03	70 ~ 84	77.33 ±4.70	16.08	7.9 ~ 13.8	10.18 ±2.12	5.80
5	18	13.24	82 ~ 105	90.89 ±7.00	16.56	11.4 ~ 27.1	18.38 ±5.71	8.20
6	21	15.44	93 ~ 109	100.10 ±4.90	6.21	14.7 ~ 33.1	22.12 ±5.20	3.74
7	31	22.79	98 ~ 117	107.94 ±5.90	7.84	18.2 ~ 39.2	27.95 ±6.75	5.83
8	19	13.97	101 ~ 135	118.20 ±10.00	10.26	18.7 ~ 54.1	35.34 ±11.30	7.39
9	13	9.56	115 ~ 139	126.71 ±8.60	8.51	34.3 ~ 61.7	43.44 ±8.87	8.10
10	10	7.35	125 ~ 152	137.00 ±8.90	10.29	50.2 ~ 60.1	56.86 ±4.81	13.42
13	2	1.47	160 ~ 167	163.5 ±3.50	8.83	113.2 ~ 114.6	113.9 ±0.70	19.01
总计 Total	136	100.00						

2.3 体长与体重、耳石半径关系 怒江东方墨头鱼体长 (mm)与体重 (g)呈幂函数关系 (图

2),回归方程为: $W = 0.1 \times 10^{-4} L^{3.160}$ ($n = 136$, $R^2 = 0.947$, $F = 1741.36$, $P < 0.01$), 幂指数 b 值接近 3 ($t^2 = 0.039$, $P > 0.05$), 说明怒江东方墨头鱼属于匀速生长型鱼类。

怒江东方墨头鱼体长 (mm) 与耳石半径 (μm) 呈显著的正相关, 幂函数拟合效果最好

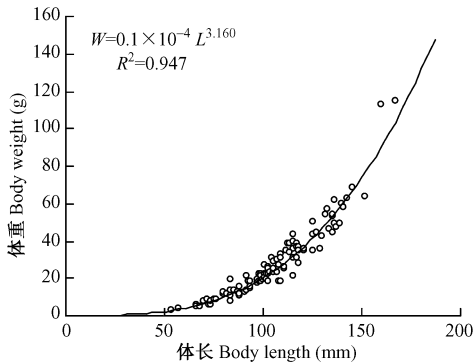


图 2 怒江东方墨头鱼体长与体重关系

Fig. 2 Relationship between body length and body weight of *Garra orientalis*

(图 3), 回归方程为: $L = 0.061R^{1.131}$ ($n = 125$, $R^2 = 0.907$, $F = 432.68$, $P < 0.01$)。按上式求得各年龄组的退算体长值 (表 2), 并求平均值, 结果显示东方墨头鱼退算体长值与实测体长值存在一定的差异, 且随年龄的减小差异越显著, 出现了李氏现象。

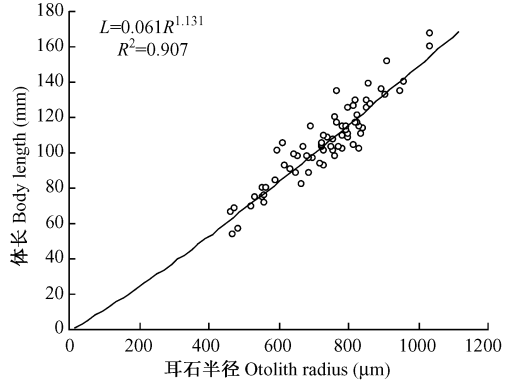


图 3 怒江东方墨头鱼体长与耳石半径的关系

Fig. 3 Relationship between body length and otolith radius of *Garra orientalis*

表 2 怒江东方墨头鱼各龄组退算体长

Table 2 Back-calculation body length of *Garra orientalis*

年龄 Year	各龄组退算体长 Back-calculated body length (mm)													样本数 Number
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉	L ₁₀	L ₁₁	L ₁₂	L ₁₃	
3	11.31	34.24	64.02											7
4	11.42	33.66	56.06	77.13										15
5	11.26	30.38	50.74	70.95	90.17									18
6	11.77	30.54	49.91	67.98	86.41	103.48								21
7	10.12	25.99	43.23	61.76	78.62	94.68	109.65							31
8	10.39	25.47	40.55	56.71	71.89	86.44	101.04	114.90						19
9	9.55	25.23	40.53	55.19	69.52	83.24	97.38	110.81	121.94					13
10	10.27	24.93	40.56	54.84	69.49	84.37	97.00	110.05	123.41	137.17				10
13	8.40	27.51	44.95	60.88	75.42	88.69	100.80	111.86	121.96	131.18	139.59	147.27	154.29	2
均值 Average	10.50	28.66	47.84	63.18	77.36	90.15	101.17	111.91	122.44	134.18	139.59	147.27	154.29	136
实测体长 Measured body length			62.25	77.33	90.89	100.10	107.93	118.20	126.71	137.00			163.50	
偏差 Dispersion			- 14.41	- 14.15	- 13.53	- 9.95	- 6.76	- 6.29	- 4.27	- 2.82			- 9.21	

2.4 生长特征 怒江东方墨头鱼属于匀速生长型鱼类, 故可以用 von Bertalanffy 生长方程拟

合, 由退算体长估算生长参数: 雄性 $L_{\infty} = 224.79 \text{ mm}$, $W_{\infty} = 205.29 \text{ g}$, $k = 0.094/\text{年}$, $t_0 =$

0.51年;雌性 $L_t = 228.91 \text{ mm}$, $W_t = 310.73 \text{ g}$, $k = 0.091/\text{年}$, $t_0 = 0.639\text{年}$;总体 $L_t = 227.78 \text{ mm}$, $W_t = 281.23 \text{ g}$, $k = 0.091/\text{年}$, $t_0 = 0.588\text{年}$ 。卡方检验结果显示 L 、 k 、 t_0 3个参数雌雄之间无显著性差异 ($\chi^2 = 0.004, P > 0.05$),而 W 这一参数雄性明显小于雌性。将这些参数代入 von Bertalanffy生长方程并绘制体长体重生长曲线(图4)。

$$\begin{aligned} \text{总体: } L_t &= 227.78(1 - e^{-0.091(t - 0.588)}), \\ W_t &= 281.23(1 - e^{-0.091(t - 0.588)})^{3.160}; \\ \text{雌性: } L_t &= 228.91(1 - e^{-0.091(t - 0.639)}), \\ W_t &= 310.73(1 - e^{-0.091(t - 0.639)})^{3.269}; \\ \text{雄性: } L_t &= 224.79(1 - e^{-0.094(t - 0.51)}), \\ W_t &= 205.29(1 - e^{-0.094(t - 0.51)})^{2.981}. \end{aligned}$$

体长和体重生长曲线都是积分曲线,它们

只能反映生长过程的总和。为了研究东方墨头鱼生长过程变化的特征,分别将 $L_t = f(t)$ 和 $W_t = f(t)$ 函数式对 t 求一阶和二阶导数,得到体长和体重生长的速度 ($dL/dt, dW/dt$) 及加速度 ($d^2L/dt^2, d^2W/dt^2$) 的方程为:

$$\begin{aligned} dL/dt &= 20.73e^{-0.091(t - 0.588)}; \\ d^2L/dt^2 &= -1.89e^{-0.091(t - 0.588)}; \\ dW/dt &= 80.87e^{-0.091(t - 0.588)} \times \\ &\quad (1 - e^{-0.091(t - 0.588)})^{2.160}; \\ d^2W/dt^2 &= 7.36e^{-0.091(t - 0.588)} \times \\ &\quad (1 - e^{-0.091(t - 0.588)})^{1.160} \\ &\quad \times (3.11e^{-0.091(t - 0.588)} - 1). \end{aligned}$$

由上述相关方程求得各龄组体长、体重值,并绘得相应的生长速度曲线(图5)。

从上述图表可以看出,体长生长速度曲线

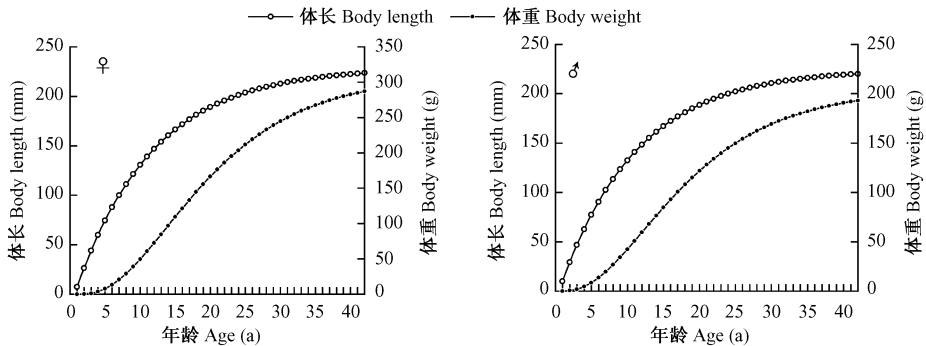


图4 怒江东方墨头鱼体长、体重生长曲线

Fig. 4 Growth curve of body length and body weight of *Garra orientalis*

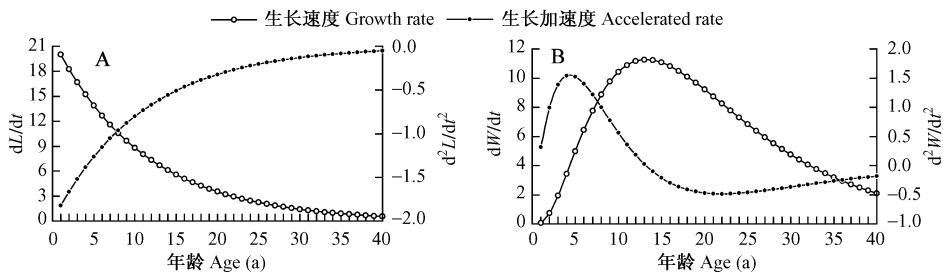


图5 怒江东方墨头鱼体长(A)、体重(B)生长速度曲线

Fig. 5 Growth rate curve of body length(A) and body weight(B) of *Garra orientalis*

(图5A)是一条随时间 t 的增大而逐渐下降的曲线,表明其生长速度在不断减慢;而体长生长加速度曲线在逐渐上升,表明随着体长生长速

度下降,其递减速度渐趋缓慢。

体重生长速度和加速度曲线均为具拐点的曲线(图5B),雌性 $t_i = 13.75$ 龄,雄性 $t_i =$

12.15龄,总体 $t_i = 13.21$ 龄,总体拐点年龄体长 $L_i = 155.69$ mm,体重 $W_i = 84.64$ g。拐点之前(即 $t < 13.21$ 龄)加速度为正值,是体重生长速度的递增阶段,但增长的加速度却在下降;当 $t = 13.21$ 龄时加速度为 0,生长速度不再递增;拐点之后(即 $t > 13.21$ 龄)加速度为负值,体重生长速度进入递减阶段。

3 讨论

3.1 年龄鉴定材料的选择 利用鱼体硬组织上的轮纹鉴定鱼类年龄是最为传统和常用的方法。鳞片因取材和观察方便,不需特殊加工,一直被认为是可靠的年龄鉴定材料,特别是在淡水鱼类的年龄鉴定上^[10-12]。鲤科鱼类鳞片通常较大,在研究中常被作为惟一年龄材料^[13-14],与东方墨头鱼同亚科的鲮(*Cirrhinus molitorella*)^[15]也采用鳞片作为年龄材料。但是,由于怒江东方墨头鱼生活于激流生境,鳞片在生活中易脱落而形成再生鳞,同时所获鳞片样本形态和大小上也存在较大差异,这些都会导致年龄鉴定结果失真,故而本研究弃用鳞片。怒江东方墨头鱼的脊椎骨轮纹较鳞片清晰易读,但其轮纹不在同一水平面上,且起始轮与边缘轮较难准确确定,不宜作为年龄鉴定的最佳材料。耳石鉴定年龄比用鳞片、脊椎骨和鳍条等材料更准确的现象已为国内外许多研究所证实^[16-17],尤其是相对长寿命的鱼类耳石鉴定结果更为准确。从实验结果看,以耳石为年龄材料能较准确鉴定怒江东方墨头鱼年龄。但是,由于其分布江段处于亚热带水域只有旱雨二季,水温、饵料等外部条件周年变化不大,致使

耳石轮纹清晰度不高,同时耳石在 3 龄和 3 龄后的年轮两侧存在明显的副轮,怒江东方墨头鱼的性成熟年龄小于等于 3 龄,副轮可能是受性腺发育及生殖活动的影响而产生,这些都对耳石年轮的准确判定有一定影响。

3.2 样本选择造成的误差 怒江东方墨头鱼退算体长值均小于实测体长值,出现了李氏现象^[18-19],可能是所采样本缺乏 1~2 龄个体,同时高龄组样本偏少,造成体长退算存在一定的偏差。也可能是实测体长统计中的样本选择问题,实测体长统计是以全年所采样本为对象,除足龄体长还包括当年生长,而退算体长计算的是某一个体当年年轮形成时的对应体长,因此实测体长与退算体长具有不同的生长周期,李文静在厚颌鲂(*Megalobrama pellegri*)^[20]的研究中也存在同样的情况。退算体长值与实测体长值的差异还造成生长曲线不通过坐标轴原点,理论生长起点年龄 t_0 大于零,即理论 0 龄体长不为 0,只是在这里 t_0 仅仅是一个使生长曲线拟合更符合理论数学结构的结果^[21],没有实际意义。

3.3 怒江东方墨头鱼生长特性 将怒江东方墨头鱼的有关生长参数与其他同属、同科或亚科的一些生境相同或相异的体型相近鱼类进行比较。 k 、 L 和 t_i 值与同属的马耶墨头鱼(*Garra mullya*)^[22]相比均有显著差异;与同亚科的鲮^[15]的 k 值和 t_i 值相近;与产于太湖的似刺鲃^[23](*Paracanthobrama guichenoti*)^[23]和产于长江上游干流的圆筒吻鲃(*Rhinogobio cylindricus*)^[13]的 k 值和 t_i 值也有显著差异(表 3)。

表 3 怒江东方墨头鱼与相关鱼类生长参数比较

Table 3 Comparison of growth indices between *Garra orientalis* and other fish

比较项目 Item	采样点 Sampling point	k	L (mm)	t_i	资料来源 Source
马耶墨头鱼 <i>Garra mullya</i>	泰米尔纳德 Tamil Nadu	0.517	104.00	2.43	Joseph等,2000 ^[22]
鲮 <i>Cirrhinus molitorella</i>	西江 Xijiang River	0.070	971.14	15.55	陈永乐等,1990 ^[15]
似刺鲃 <i>Paracanthobrama guichenoti</i>	太湖 Taihu Lake	0.264	242.38	2.87	殷名称,1993 ^[23]
圆筒吻鲃 <i>Rhinogobio cylindricus</i>	长江 Yangtze River	0.212	335.88	3.32	马惠钦等,2004 ^[13]
东方墨头鱼 <i>Garra orientalis</i>	怒江 Nujiang River	0.091	227.78	13.21	本研究 This study

两种墨头鱼属鱼类生长参数差异可能是采用了不同的年龄材料或生境差异等原因所致,马耶墨头鱼年龄鉴定仅采用鳞片,存在错判或低估年龄的可能性;马耶墨头鱼生长统计样本取自印度泰米尔纳德邦最南端的一条河流,周年积温明显高于分布于较高纬度的怒江东方墨头鱼,具有较快的生长速度和较小的拐点年龄是合理的,但据报道该鱼曾在印度其他河流采到过全长 170 mm 的个体^[24],可能是不同分布区域生长性能产生了地理差异所致。太湖似刺鲃和长江圆筒吻鲃生活于典型四季分明水域,生长受季节变化的影响,一般生长速度较快,拐点年龄较小;而怒江东方墨头鱼生活水域无明显四季之分,周年水温变化不大,鱼类全年均可生长,但受怒江上游及沿途雪山融雪水的影响周年积温不高,总体生长速度缓慢,且拐点年龄较大,其拐点年龄落后于性成熟年龄(性成熟年龄 3 龄),与所采样本的最大年龄(13 龄)相近,符合衰老拐点的生物学意义^[25]。怒江东方墨头鱼总体生长性能与鲮相似,在自然生境条件下较慢的生长速度、相对较大的 L 值以及较高的拐点年龄有利于增大种群繁殖力,保证种群绵延。

参 考 文 献

- [1] 褚新洛,陈银瑞. 云南鱼类志:上册. 北京:科学出版社, 1989.
- [2] 伍献文. 中国鲤科鱼类志:上卷. 上海:上海科学技术出版社, 1977.
- [3] 乐佩琦. 中国动物志:硬骨鱼纲:鲤形目:下卷. 北京:科学出版社, 2000.
- [4] 钟华平,刘恒,耿雷华. 怒江水电梯级开发的生态环境累积效应. 水电能源科学, 2008, 26(1): 52 - 59.
- [5] Saxena S C. Adhesive apparatus of a hill-stream cyprinid fish *Garramullya* (Sykes). Proc Natl Inst Sci India, 1959, 26: 176 - 188.
- [6] Jha B R, Waidbacher H, Shama S, et al Length-weight relationship of sucker head, *Garra gotyla gotyla* (Gray, 1830) in different rivers of Nepal and the influence of monsoon. Int J Environ Sci Tech, 2005, 2(2): 147 - 153.
- [7] Yalcin-Ozdilek S, Ekmecki F G. Preliminary data on the diet of *Garra nufa* (Cyprinidae) in the Basin Asi (Orontes). Turkey Cybium, 2006, 30(2): 177 - 184.
- [8] Esmaeli H R, Ebrahimi M. Length-weight relationships of some freshwater fishes of Iran. J Appl Ichthyol, 2006, 22: 328 - 329.
- [9] Ricker W E. Linear regressions in fishery research. J Fish Res Board Can, 1973, 30: 409 - 434.
- [10] 沈建忠,曹文宣,崔奕波. 用鳞片和耳石鉴定鲫年龄的比较研究. 水生生物学报, 2001, 25(5): 462 - 466.
- [11] 陈毅峰. 色林错裸鲤的年龄鉴定. 动物学报, 2002, 48(4): 527 - 533.
- [12] 张学健,程家骅. 鱼类年龄鉴定研究概况. 海洋渔业, 2009, 31(1): 93 - 99.
- [13] 马惠钦,何学福. 长江干流圆筒吻鲃的年龄与生长. 动物学杂志, 2004, 39(3): 55 - 59.
- [14] 郭丽丽,严云志,席贻龙. 长江芜湖段赤眼鲮的年龄与生长. 水生生物学报, 2009, 33(1): 130 - 135.
- [15] 陈永乐,陈奋昌,钟海浪. 西江鲮鱼年龄与生长的研究. 水产学报, 1990, 14(3): 198 - 205.
- [16] Fowler A J, Doherty P J. Validation of annual growth increments in the otoliths of two species of damselfish from the southern Great Barrier Reef. Aust J Mar Fresh Res, 1992, 43: 1057 - 1068.
- [17] Campana S E, Thorold S R. Otoliths, increments, and elements: Keys to a comprehensive understanding of fish populations. Can J Fish Aquat Sci, 2001, 58(1): 30 - 38.
- [18] Gutreuter S. Considerations for estimation and interpretation of annual growth rates. Summerfelt R C, Hall G H. Age and Growth of Fish. Ames, IA: The Iowa State University Press, 1987, 115 - 126.
- [19] Moreau J. Mathematical and biological expression of growth in fishes: recent trends and further developments. Summerfelt R, Hall G H. The Age and Growth of Fish. Ames, IA: The Iowa State University Press, 1987, 81 - 113.
- [20] 李文静,王剑伟,谢丛新,等. 厚颌鲂的年龄结构及生长特性. 中国水产科学, 2007, 14(2): 215 - 222.
- [21] Tsepes G, Tsimenides N. Age, growth and mortality of *Serranus cabrilla* (Linnaeus, 1758) on the Cretan shelf. Fisheries Research, 2001, 51: 27 - 34.
- [22] Joseph L, Godwin W S. Biology of the hill stream fish, *Garramullya* (Sykes). Ponniah A G, Gopalakrishnan A. Endemic Fish Diversity of Western Ghats Lucknow U P, India: NBFGR-NATP Press, National Bureau of Fish Genetic Resources, 2000, 276 - 277.
- [23] 殷名称. 太湖似刺鲃的年龄和生长的研究. 生态学报, 1993, 13(1): 38 - 44.
- [24] Talwar P K, Jhingran A G. Inland fishes of India and Adjacent Countries. Rotterdam, The Netherlands: Balkema A A, 1991.
- [25] 区又君,廖锐,李加儿,等. 驼背鲈的年龄与生长特征. 水产学报, 2007, 31(5): 624 - 632.