

雅鲁藏布江墨脱段的墨头鱼属待定名种种群的 年龄结构和生长特性

金洪宇¹, 李雷¹, 吴松¹, 王念民¹, 陈中祥¹, 汤施展¹, 金星¹, 马波^{2*}

(1. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 黑龙江 哈尔滨 150070;

2. 中国水产科学研究院营口增殖实验站, 辽宁 营口 115000)

摘要: 为了了解西藏雅鲁藏布江墨头鱼属(*Garra*)的待定名种(*Garra* sp.)的生长特性和种群动态, 2017年3~4月和2018年4月、10月, 在西藏雅鲁藏布江墨脱段设置了采样点, 采集了墨头鱼属待定名种的样本, 以其微耳石作为年龄鉴定材料, 分析了墨头鱼属待定名种样本的体长、体质量、年龄组成和体长与体质量的关系, 利用 von Bertalanffy 方程, 描述了墨头鱼属待定名种的生长特性, 探讨了墨头鱼属待定名种资源保护的途径。研究结果表明, 在各采样点采集的墨头鱼属待定名种样本的年龄为4~8龄, 其中, 7龄个体的数量占总个体数量的57.2%; 墨头鱼属待定名种样本的体长为90.0~178.0 mm, 其(平均值±标准误)为(151.2±17.8) mm; 样本的体质量为11.2~118.4 g, 其(平均值±标准误)为(65.6±21.5) g; 样本中的雌性与雄性个体的生长指标无显著差异; 西藏雅鲁藏布江墨脱段的墨头鱼属待定名种种群的拐点年龄为5.72龄, 所对应的墨头鱼属待定名种的体长为134.5 mm, 体质量为58.0 g。

关键词: 墨头鱼属待定名种; 年龄结构; 生长; 雅鲁藏布江

中图分类号: Q959.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-5948(2022)06-785-08

雅鲁藏布江是流经中国西藏自治区的国际河流。雅鲁藏布江墨脱段位于雅鲁藏布江下游, 地处雅鲁藏布江大峡谷深处。作为印度洋暖湿气流进入青藏高原的入口, 雅鲁藏布江墨脱段两岸区域的气候具有热带湿润气候特征。近年来, 水利工程和非法捕捞等人类活动破坏了雅鲁藏布江中鱼类的生境, 盲目放生导致外来物种入侵, 使雅鲁藏布江的渔业资源衰减。高原地区鱼类生境较为脆弱, 一旦遭到破坏, 较难恢复^[1-4]。

墨头鱼属待定名种(*Garra* sp.)隶属于鲤形目(Cypriniformes)、鲤科(Cyprinidae)、墨头鱼属(*Garra*)。在国内, 墨头鱼属待定名种主要分布于雅鲁藏布江的干流和支流^[5]。通过Cytb基因分析发现, 墨头鱼属待定名种与西藏墨头鱼(*Garra kempfi*)和僮巴墨头鱼(*Garra dengba*)达到显著遗传

分化水平, 并将其确定为墨头鱼属中的待定名种^[6]。

目前, 对墨头鱼属待定名种的基础生物学研究不多, 其资源保护工作也因此受到限制。为了了解墨头鱼属待定名种种群的动态和生长特性, 本文研究了雅鲁藏布江墨脱段墨头鱼属待定名种种群的年龄结构, 以期对墨头鱼属待定名种的资源保护和合理利用提供基础资料。

1 材料与方 法

1.1 采样点设置与样品采集

采样时间为2017年3~4月和2018年4月、10月。

采样水域为西藏雅鲁藏布江下游干流墨脱段及其支流, 共布设了4个采样点(图1)。

采样工具为定置刺网, 其网目规格为2~4 cm,

收稿日期: 2021-12-03; 修订日期: 2022-09-19

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项项目(201403012)、农业财政专项项目和中央级公益性科研院所基本科研业务费专项项目(2020TD07)资助。

作者简介: 金洪宇(1995-), 男, 黑龙江省绥化人, 硕士, 实习研究员, 从事渔业生物学研究。E-mail: jinhongyu_0721@163.com

*通讯作者: 马波, 研究员。E-mail: hsyymabo@163.com

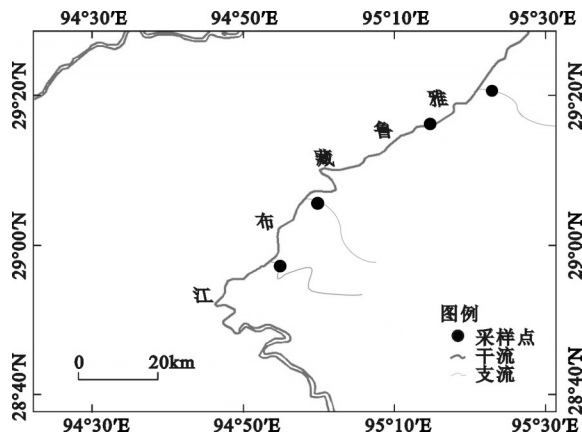


图1 墨头鱼属待定名种采样点分布示意图

Fig.1 Distribution diagram of sampling sites for *Garra* sp.

网长为 50 m, 网高为 1.2 m, 定置时间为 12 h。共获取墨头鱼属待定名种样本 159 尾。

1.2 样品处理

在采样现场, 在样本鱼新鲜的状态下, 利用量鱼板, 测量样本鱼的体长, 精确至 1.0 mm; 利用电子秤, 测量样本鱼的体质量, 精确至 0.1 g; 取样本鱼的生殖腺和左侧、右侧的微耳石, 分别放入 1.0 mL 的离心管中保存。

在实验室中, 将微耳石表面的附着物剔除, 用无水乙醇清洗, 晾干; 用透明指甲油将微耳石固定于载玻片上, 在显微镜下, 利用 1000 号砂纸, 打磨微耳石, 当接近微耳石生长中心时, 改用 2000 号砂纸精磨, 直至微耳石中心核; 然后, 翻至另一面, 用指甲油包埋, 用砂纸打磨, 直到打磨至微耳石核区清晰为止。将微耳石磨片置于显微镜下, 用与计算机连接的图像分析系统拍照和计数轮纹。

1.3 年龄鉴定

在显微镜的透射光下, 墨头鱼属待定名种微耳石上面的年轮是以生长中心核为圆心、呈同心

圆状排列的透明带和暗带, 一条透明带和一条暗带构成一个年轮(图 2)。将尚无年轮形成的墨头鱼属待定名种个体划分在 0 龄组; 将已经形成第 1 个年轮和年轮纹外已经有第 2 年的生长环带、但是尚未形成第 2 个完整年轮纹的个体, 划分在 1 龄组; 将已经形成第 2 个年轮和年轮纹外已经有第 3 年的生长环带、但是尚未形成第 3 个完整年轮纹的个体, 划分在 2 龄组。以此类推, 对所有样本鱼进行年龄组划分。

鉴定人在未知样本规格和其性别的情况下, 对鉴定材料进行判别。每种鉴定材料由同一鉴定者间隔 24 h 进行 2 次独立鉴定, 若两次鉴定结果一致, 则采用该结果; 若两次鉴定结果不同, 需要进行第三次鉴定, 若第三次鉴定结果与上两次鉴定结果之一一致, 则采用该结果; 若三次鉴定结果都不一致, 则将该样本舍弃。

1.4 各种参数的计算和检验方法

1.4.1 体长与体质量回归方程幂参数的检验

墨头鱼属待定名种的体长与体质量的回归方程为 $W=aL^b$, 其中, $W(g)$ 为体质量, $L(mm)$ 为实测体长, a 和 b 分别为拟合方程的常数和幂指数。

采用 Pauly 的 t 检验法, 检验体长与体质量的回归方程的幂指数值与 3 之间的差异^[7]。

1.4.2 个体体长退算

采用指数函数、对数函数、幂函数和线性方程, 对墨头鱼属待定名种的实测体长与实测微耳石长轴半径进行拟合。利用各年龄组鱼的微耳石半径, 退算样本鱼的个体体长。采用 t 检验法, 进行实测体长与退算体长的差异性检验。

1.4.3 生长方程

采用 Von Bertalanffy 生长方程、Compertz 生长方程和 Logistic 生长方程^[8], 拟合墨头鱼属待定名

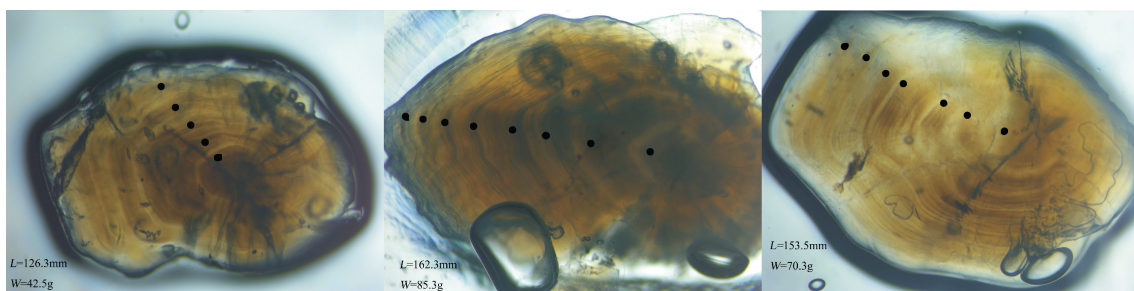


图2 墨头鱼属待定名种的微耳石磨片照片

Fig.2 The photos of polished otolith of *Garra* sp.

种的生长。

采用赤池信息量准则 (Akaike information criterion, AIC) 和贝叶斯信息准则 (Bayesian Information Criterion, BIC)^[9-10], 对生长方程进行筛选, AIC 值和 BIC 值最小的生长方程为最适生长方程。

1.4.4 生长速度和加速度

对生长方程中的变量(鱼的年龄)求一阶导数和二阶导数, 分别得出墨头鱼属待定名种的生长速度和加速度方程。

1.4.5 生长率

根据墨头鱼属待定名种的拐点年龄、生长比速、生长常数、体长相对增长率、生长指标和生长特征指数, 描述墨头鱼属待定名种的生长率, 这些指标的计算公式详见文献[11]。

1.5 数据分析和处理

利用 SPSS 20.0 软件和 Microsoft Excel 2016 软件, 进行数据分析。利用 Photoshop 6.0 软件, 进行图片处理。

2 结果与分析

2.1 体长、体质量和年龄组成

采集到的 159 尾墨头鱼属待定名种个体的年龄变化在 4~8 龄之间(表 1), 优势年龄为 7 龄, 有 57.2% 的墨头鱼属待定名种个体的年龄为 7 龄; 体长变化在 90.0~178.0 mm 之间, 体长的(平均值±标准误)为(151.2±17.8) mm, 优势体长变化在 150.0~170.0 mm 之间, 有 53.4% 的墨头鱼属待定名种个体的体长在优势体长范围内; 其体质量变化在 11.2~118.4 g 之间, 体质量的(平均值±标准误)为(65.6±21.5) g, 优势体质量变化在 60.0~80.0 g 之间, 有 41.5% 的墨头鱼属待定名种个体的体质量在优势体质量范围内。

采集到的 159 尾墨头鱼属待定名种样本由 89 尾雌性和 70 尾雄性构成(表 2), 雌性与雄性个体数量的比例为 1:0.79。在采集到的 159 尾墨头鱼属待定名种样本中, 雌性墨头鱼属待定名种个体的体长变化范围为 103.0~178.0 mm, 体长的(平均值±标准误)为(153.1±14.0) mm, 体质量的变化范

表 1 采集到的墨头鱼属待定名种样本的体长和体质量

Table 1 The lengths and weights of collected samples of *Garra* sp.

年龄(龄)	样本数量(尾)	体长(mm)		体质量(g)	
		变化范围	平均值±标准误	变化范围	平均值±标准误
4	5	90.0~115.0	104.6±7.0	11.2~16.3	13.2±2.4
5	8	110.0~129.0	123.1±8.0	17.2~42.1	36.0±9.7
6	11	126.0~145.0	138.2±5.4	31.6~57.1	47.9±8.3
7	91	135.0~163.0	151.4±6.9	37.9~94.4	69.7±13.0
8	44	153.0~178.0	160.1±8.9	61.1~118.4	85.0±16.7
合计	159	90.0~178.0	151.2±17.8	11.2~118.4	65.6±21.5

表 2 不同体长和体质量范围内的雌性和雄性墨头鱼属待定名种的样本数量

Table 2 Numbers of collected female and male samples of *Garra* sp. in different body length and body mass ranges

体长变化范围(mm)	样本数量(尾)		体质量变化范围(g)	样本数量(尾)	
	雌性	雄性		雌性	雄性
90~110	1	6	0~20	1	6
110~130	4	5	20~40	5	4
130~150	31	16	40~60	23	18
150~170	49	36	60~80	39	27
170~190	4	7	80~100	15	10
			100~120	6	5

围为17.2~118.3 g,体质量的(平均值±标准误)为(67.8±19.1) g; 雌性墨头鱼属待定名种个体的体长变化范围为90.0~178.0 mm,体长的(平均值±标准误)为(148.8±21.6) mm,体质量的变化范围为11.2~118.4 g,体质量的(平均值±标准误)为(62.8±24.0) g。

2.2 体长与体质量的关系

雌性和雄性墨头鱼属待定名种个体体长与体质量的回归方程分别为:

$$W_F=2\times 10^{-5}\times L^{2.9704} \quad (R^2=0.805, n=89) \quad (1)$$

$$W_M=1\times 10^{-5}\times L^{3.0355} \quad (R^2=0.813, n=70) \quad (2)$$

公式(1)和(2)中, W_F 、 W_M 分别为雌性和雄性墨头鱼属待定名种个体的体质量; L 为墨头鱼属待定名种个体的体长。

协方差分析结果显示,雌性与雄性墨头鱼属待定名种个体的体质量、体长都无显著差异($F=0.056, p=0.813$)。

墨头鱼属待定名种所有样本的体长与体质量的回归方程为:

$$W=2\times 10^{-5}\times L^{3.0361} \quad (R^2=0.810, n=159) \quad (3)$$

公式(3)中, W 为墨头鱼属待定名种个体的体质量; L 为墨头鱼属待定名种个体的体长。

分别对墨头鱼属待定名种的体长与体质量回归方程的幂指数与3之间进行t检验,结果表明,幂指数与3之间无显著差异($t=0.865, t_{0.05}=1.96, t < t_{0.05}$),说明墨头鱼属待定名种的个体生长类型为匀速生长类型。

2.3 体长与微耳石长半轴半径的关系和生长退算

墨头鱼属待定名种的微耳石长半轴半径(R_L)与体长(L)的拟合度最高的方程为:

$$L=64.505\times \ln R_L+137.48 \quad (R^2=0.918, n=159) \quad (4)$$

可以利用公式(4),进行墨头鱼属待定名种体长退算。

协方差分析结果显示,墨头鱼属待定名种雌性个体与雄性个体的微耳石长轴半径、体长无显著差异($F=0.47, p=0.494 > 0.05$)。

4~8龄墨头鱼属待定名种个体体长的退算结果详见表3。

2.4 体长生长方程

墨头鱼属待定名种个体体长(L_t)的Compertz生长方程、von Bertalanffy生长方程和Logistic生长方程的表达式分别为 $L_t=187.7e^{-\frac{[-0.328(t-2.368)]}{t}}$ 、 $L_t=200.6[1-e^{-0.218(t-0.631)}]$ 和 $L_t=180.3/[1+e^{-0.438(t-3.262)}]$, t 为墨头鱼属待定名种个体的年龄。三种生长方程的AIC值分别为-8.88、-9.10和-8.53,其BIC值分别为-5.81、-6.03和-5.46。von Bertalanffy生长方程的AIC值和BIC值都最小,说明该方程对墨头鱼属待定名种个体体长的拟合效果最好。

墨头鱼属待定名种个体体质量(W_t)的von Bertalanffy生长方程为 $W_t=195.5[1-e^{-0.218(t-0.631)}]^{3.0361}$ 。

图3显示,墨头鱼属待定名种个体的体长和体质量生长曲线都无拐点,当墨头鱼属待定名种个体低龄时,其体长和体质量生长速度都较大,随着年龄的增大,其体长生长速度缓慢,逐渐趋向渐近体长,而其体质量的生长速度虽然放缓,但是一直在增大,并逐渐趋近于渐进体质量。

2.5 生长速度和加速度

对墨头鱼属待定名种个体的体长和体质量von Bertalanffy生长方程分别求一阶导数和二阶导数,得到体长和体质量的生长速度和加速度方程。

墨头鱼属待定名种个体的体长生长速度(dL/dt)

表3 采集到的墨头鱼属待定名种样本的实测和退算体长

Table 3 Measured and inversed body lengths of collected samples of *Garra* sp.

年龄(龄)	样本数量(尾)	退算体长(mm)				
		4龄	5龄	6龄	7龄	8龄
4	5	101.3				
5	8	96.5	120.6			
6	11	97.5	119.6	136.2		
7	91	94.3	113.4	130.1	153.6	
8	44	96.9	118.0	127.0	149.8	162.4
平均退算体长(mm)		97.3	117.9	133.1	151.7	162.4
平均实测体长(mm)		104.6	123.1	138.2	151.4	160.1

和生长加速度(d^2L/dt^2)方程分别为 $dL/dt=43.7e^{-0.218(t-0.631)}$ 和 $d^2L/dt^2=-9.53e^{-0.218(t-0.631)}$ 。

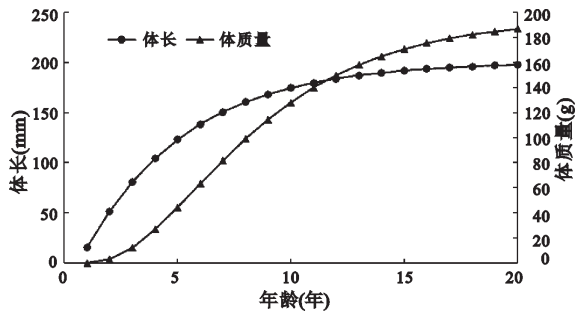


图3 墨头鱼属待定名种种个体体长和体质量的 von Bertalanffy 生长方程曲线

Fig.3 The curves of von Bertalanffy growth functions of body length and weight of *Garra* sp. individuals

墨头鱼属待定名种种个体的体质量生长速度(dW/dt)和生长加速度(d^2W/dt^2)方程分别为 $dW/dt=129.4e^{-0.218(t-0.631)} \times [1-e^{-0.218(t-0.631)}]^{2.0361}$ 和 $d^2W/dt^2=28.2e^{-0.218(t-0.631)} \times [1-e^{-0.218(t-0.631)}]^{1.0361} \times [3.0361e^{-0.218(t-0.631)}-1]$ 。

由图4可知,墨头鱼属待定名种种个体的体长生长速度和加速度曲线都无拐点;随着年龄的增长,虽然其体长生长速度不断减小,并且逐渐趋近于0,说明其在0龄时的体长生长速度最大;随着年龄的增长,其体长生长加速度不断增大,并且逐渐趋近于0。

图5显示,墨头鱼属待定名种种个体的体质量生长速度和加速度曲线都为单峰型曲线;当墨头鱼属待定名种种个体年龄为5.72龄时,其体质量生长速度达到最大值,所对应的体长为134.5 mm,体质量为58.0 g;当其年龄为2龄时,其体质量生长加速度达到最大值。

2.6 生长参数

计算结果(表4)显示,随着年龄的增长,墨头

鱼属待定名种种个体的年体长增长量、年体长相对增长率和年生长指标都逐渐减小;4~5龄个体的体长相对增长率最大,此阶段其生长速度较快;6龄之后,其体长相对增长率较小。

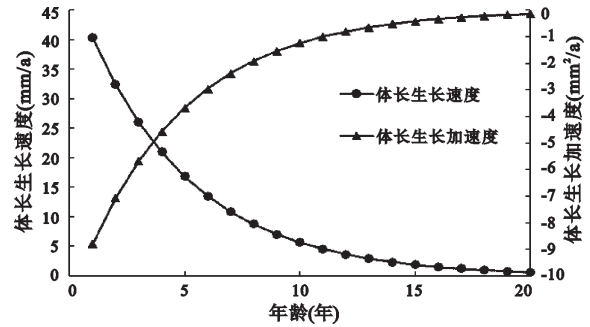


图4 墨头鱼属待定名种种个体体长的生长速度和加速度曲线

Fig.4 The curves of growth rate and acceleration of body length of *Garra* sp. individuals

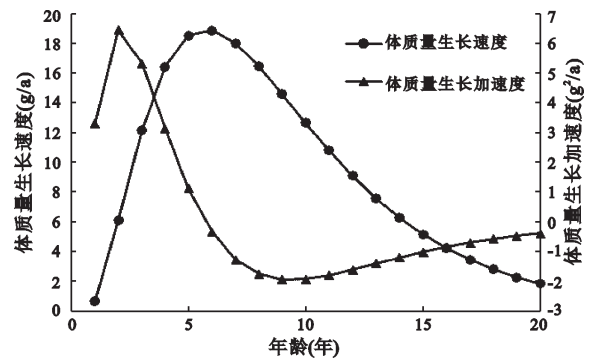


图5 墨头鱼属待定名种种个体体质量的生长速度和加速度曲线

Fig.5 The curves of growth rate and acceleration of body weight of *Garra* sp. individuals

3 讨论

生长方程是表达鱼类生长特点的数学表达式,它受鱼类的种类、栖息环境和生长阶段等因素

表4 墨头鱼属待定名种种个体的生长参数值

Table 4 The values of growth parameters of *Garra* sp. individuals

年龄(龄)	体长(mm)	年体长增长量(mm)	体长相对增长率(%)	生长比速(mm/龄)	生长常数(龄)	生长指标(mm)
4	104.6	—	—	—	—	—
5	123.1	18.5	17.69	0.16	0.90	17.03
6	138.2	15.1	12.27	0.12	0.75	14.24
7	151.4	13.2	9.55	0.09	0.68	12.61
8	160.1	8.7	5.75	0.06	0.47	8.46

注:“—”表示该处无数据

的影响。虽然鱼类生长方程中的参数值并不随着鱼类的生长而发生改变^[8],但是通过对鱼类生长方程中的参数进行统计学检验,则可以筛选出最适宜的生长方程来描述鱼类的生长特征。由于不同的生长方程所描述的鱼类生长特性侧重点各异,因此,需要选择最适生长方程^[12]。对于不同鱼类物种,用来描述其生长特性的生长方程也各异。研究表明,用来描述黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)生长特性的最适生长方程为 Gompertz 生长方程^[13];描述长脂拟鲢(*Pseudobagrus adiposalis*)和黄斑褶鲢(*Pseudecheneis sulcatus*)生长特性的最适生长方程都为 von Bertalanffy 生长方程^[14-15]。

研究鱼类体长与体质量的关系是鱼类生物学的重要内容,对渔业资源保护有着特殊意义。鱼类体长与体质量回归方程的幂指数值能够反映鱼类个体在不同时期、不同环境的生长发育状态^[6]。在本研究中,西藏雅鲁藏布江墨脱段的墨头鱼属待定名种雌性与雄性个体体长与体质量回归方程的幂指数值无显著差异,样本群体体长与体质量回归方程的幂指数值为 3.0361,与“3”无显著差异,表明该墨头鱼属待定名种为等速生长类型鱼类,符合使用 von Bertalanffy 生长方程对其生长进行拟合的条件^[11]。在 von Bertalanffy 生长方程、Compertz 生长方程和 Logistic 生长方程中,以 von Bertalanffy 生长方程对墨头鱼属待定名种生长特性拟合的效果最佳。

在自然条件下,Logistic 生长方程受鱼类的摄食特性和栖息地环境容量的影响,鱼类的生长参数受生境的影响较大。用于本研究的墨头鱼属待定名种的样本采自雅鲁藏布江墨脱段干流及其支流,各采样点生境存在差异,因而不适合用 Logistic 生长方程进行墨头鱼属待定名种生长特性的拟合。Compertz 生长方程多适用于生命周期较短、生活史为 r-选择策略型的鱼类,但是墨头鱼属待定名种在雅鲁藏布江流域中的生活史策略并不符合 r-选择策略型,故 Compertz 生长方程在描述其生长特性时,可能存在一定的偏差^[17]。

生长系数(k)是鱼类资源潜在性评估的关键参数,它反映了鱼类物种生长曲线接近渐近值的速率。生长系数值越大,表明鱼类的生长速度越快。研究表明,生长系数值为 0.05~0.10、0.10~0.20 和 0.20~0.50 的鱼类物种,分别为生长缓慢、

中速生长和快速生长的鱼类物种^[18]。在本研究中,西藏雅鲁藏布江墨脱段的墨头鱼属待定名种的生长系数值为 0.218,故该物种属于快速生长的鱼类物种。

但是,生长系数值可能受到鱼类种群年龄结构的影响,故本研究还同时采用了生长特征指数、相对生长速率和生长比速等指标,对西藏雅鲁藏布江墨脱段的墨头鱼属待定名种的生长特性进行了描述。

西藏雅鲁藏布江墨脱段的墨头鱼属待定名种的生长特征指数为 3.93,而生活在雅鲁藏布江的全唇裂腹鱼(*Schizothorax integrilabiatius*)、巨须裂腹鱼(*Schizothorax macropogon*)等高原鱼类物种的生长特征指数在 2.055~2.261 之间^[19-20]。这表明,与雅鲁藏布江其它鱼类物种相比,墨头鱼属待定名种的生长较为迅速。

通常情况下,鱼类物种的生长特征指数受物种的差异性和栖息地环境的共同影响。雅鲁藏布江墨脱段的平均海拔较低,该区域气候属于热带湿润型气候,年平均气温为 16 °C,水温季节变化明显,水环境中饵料生物丰富,多种环境因素的共同作用塑造了墨头鱼属待定名种生长较快的特点。雅鲁藏布江墨脱段的墨头鱼属待定名种的渐进体长(200.6 mm)、生长系数(0.218)和拐点年龄(5.72 龄)与泰米尔纳德的马耶墨头鱼(*Garra mully*)^[21](分别为 104.0 mm、0.517 和 2.43 龄)、怒江的东方墨头鱼(*Garra orientalis*)^[22](分别为 277.78 mm、0.091 和 13.21 龄)明显不同,而与赤水河的墨头鱼(*Garra pingi pingi*)^[23](分别为 323.02 mm、0.178 和 4.77 龄)相近。这可能是这些物种的生长环境差异所致。马耶墨头鱼生活在印度泰米尔纳德邦最南端的河流中,其生境的全年水温都明显高于雅鲁藏布江墨脱段,马耶墨头鱼符合生长迅速、拐点年龄较小的生长特点。而受怒江上游雪山常年融雪的影响,怒江的东方墨头鱼生活水域的全年积温较小,东方墨头鱼生长速度较慢,而且拐点年龄较大,远落后于其性成熟年龄。鱼类物种的生长参数受其生活环境的影响较大,这是鱼类物种适应其生长环境和保证种群延续的具体体现。

由于西藏雅鲁藏布江墨脱段的墨头鱼属待定名种的分布区域较偏僻,大多数生境处于原始状态,因此,墨头鱼属待定名种群资源一旦遭到破

坏,其恢复时间将十分漫长。墨头鱼属待定名种是雅鲁藏布江流域水生生物食物网中不可或缺的一环,其种群资源的稳定性能确保雅鲁藏布江流域物种多样性结构的稳定,对该区域内生物多样性的持续健康发展具有重要意义。因此,为了保护西藏雅鲁藏布江墨脱段的墨头鱼属待定名种的种群资源,建议将其列为重点保护鱼类物种,并建立自然保护区,对其栖息地环境和种质资源开展全面保护。同时,加强对墨头鱼属待定名种的科学研究,开展墨头鱼属待定名种的人工繁育和增殖放流工作,以增加其种群数量。

4 结 论

西藏雅鲁藏布江墨脱段的墨头鱼属待定名种的雌性与雄性个体的生长特性无明显差异。墨头鱼属待定名种个体的生长类型为匀速生长类型,其在雅鲁藏布江流域中属于快速生长的鱼类物种。墨头鱼属待定名种个体的拐点年龄为5.72龄,对应的体长为134.5 mm,建议将其作为制定墨头鱼属待定名种捕捞规格的依据。

参 考 文 献

- [1] 卢国, 都雪, 程磊, 等. 西藏渔业资源现状、存在问题及保护对策[J]. 水产学杂志, 2019, **32**(3): 58-64.
- [2] 杨汉运, 黄道明, 谢山, 等. 雅鲁藏布江中游渔业资源现状研究[J]. 水生态学杂志, 2010, **3**(6): 120-126.
- [3] 张驰, 李宝海, 周建设, 等. 西藏渔业资源保护现状、问题及对策[J]. 水产学杂志, 2014, **27**(2): 68-72.
- [4] 扎西拉姆, 吕红健, 张驰, 等. 西藏鱼类放生存在的问题及解决对策[J]. 中国水产, 2017(9): 32-35.
- [5] 西藏自治区水产局. 西藏鱼类及其资源[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [6] 金星, 马波. 西藏雅鲁藏布江下游鱼类及资源[M]. 北京: 中国农业出版社, 2020.
- [7] BERTALANFFY L V. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II) [J]. Human Biology, 1938, **10**(2): 181-213.
- [8] URBAN H J. Modeling growth of different developmental stages in bivalves[J]. Marine Ecology Progress Series, 2002, **238**: 109-114.
- [9] CERRATO R M. Interpretable statistical tests for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1990, **47**: 1416-1426.
- [10] SCHWARZ G. Estimating the dimension of a model[J]. Annals

of Statistics, 1978, **6**: 461-464.

- [11] 李思发. 淡水鱼类种群生态学[M]. 北京: 农业出版社, 1989.
- [12] HILBORN R, WATERS C J. Quantitative Fisheries Stock Assessment, Choice, Dynamics and Uncertainty[M]. New York: Chapman and Hall, 1992.
- [13] 段中华, 孙建胎. 瓦氏黄颡鱼年龄与生长的研究[J]. 水生生物学报, 1999, **23**(6): 617-623.
- [14] 金洪宇, 李雷, 金星, 等. 雅鲁藏布江下游墨脱江段黄斑褶鲑的年龄结构与生长特征[J]. 淡水渔业, 2020, **50**(2): 10-17.
- [15] 尹邦一, 代应贵, 范家佑, 等. 长脂拟鲮年龄与生长研究[J]. 水生态学杂志, 2017, **38**(1): 94-100.
- [16] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.
- [17] W. E. 里克. 鱼类种群生物统计量的计算和解析[M]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [18] BRANSTETTER S. Age and growth estimates for blacktip, *Carcharhinus limbatus*, and spinner, *C. brevipinna*, sharks from the northwestern Gulf of Mexico[J]. Copeia, 1987, **4**: 964-974.
- [19] 龚君华, 王继隆, 李雷, 等. 西藏布裙湖全唇裂腹鱼年龄与生长的初步研究[J]. 淡水渔业, 2017, **47**(6): 26-31.
- [20] 朱秀芳, 陈毅峰. 巨须裂腹鱼年龄与生长的初步研究[J]. 动物学杂志, 2009, **44**(3): 76-82.
- [21] JOSEPH L, GODWIN W S. Biology of the hill stream fish, *Garra mullya* (Sykes) [M]//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.
- [22] 田辉伍, 岳兴建, 陈大庆, 等. 怒江东方墨头鱼的年龄结构与生长特性[J]. 动物学杂志, 2010, **45**(1): 104-110.
- [23] 赵海涛, 王剑伟, 刘丽, 等. 赤水河上游墨头鱼年龄与生长研究[J]. 贵州工程应用技术学院学报, 2011, **29**(4): 106-111.

Age Structure and Growth Characteristics of *Garra* sp. Population in Motuo Section of Yarlung Zangbo River

JIN Hongyu¹, LI Lei¹, WU Song¹, WANG Nianmin¹, CHEN Zhongxiang¹,
TANG Shizhan¹, JIN Xing¹, MA Bo²

(1. Heilongjiang Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150070, Heilongjiang, P.R.China;

2. Yingkou Enhancement and Experiment Station, Chinese Academy of Fishery Sciences, Yingkou 115000, Liaoning, P.R.China)

Abstract: To understand the growth characteristics and population dynamics of *Garra* sp. from Motuo section of Yarlung Zangbo River in the Tibet Autonomous Region and to provide a scientific basis for the conservation of this species, sample collection was conducted from March to April 2017 and April to October 2018. Using micro-otoliths as age identification ion materials, the body length, weight, age composition, and the relationship between body length and weight of the population were analyzed. The von Bertalanffy equation described the growth characteristics of *Garra* sp., and resource protection methods were also discussed. The results showed that the age range of the samples was 4-8 years old, and most individuals were 7 years old, accounting for about 57.2% of the total samples. The sample body length range was 90.0-178.0 mm, and the of (average±standard error) of body length was (151.2±17.8) mm. The body weight distribution ranged from 11.2-118.4 g, and its (average±standard error) was (65.6±21.5) g. The growth of relationships showed no significant difference between females and males. This study showed that the age at the inflection point of body weight growth was 5.72 years, in which total length and body weight was 134.5 mm and 58.0 g, respectively, which provided a scientific basis for the conservation of this species.

Keywords: *Garra* sp.; age structure; growth; Yarlung Zangbo River