

西藏扁头鲌的年龄与生长特征

陈锋¹, 马宝珊², 谢从新³, 张惠娟¹

(1. 西藏农牧学院高原生态研究所, 西藏高原森林生态教育部重点实验室, 西藏林芝高山森林生态系统国家野外科学观测研究站, 西藏自治区高原森林生态实验室, 西藏自治区生态安全联合实验室, 西藏林芝 860000; 2. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 武汉 430223; 3. 华中农业大学水产学院, 武汉 430070)

摘要: 为了解雅鲁藏布江扁头鲌种群的生物学特征, 制定合理的渔业资源管理和保护对策, 于2012年4-9月、2016年3-9月采集西藏帕隆藏布支流东久河、鲁朗河和拉月曲的695尾扁头鲌(*Pareuchiloglanis kamengensis*), 以耳石为年龄材料, 进行年龄与生长特征研究。结果表明: 扁头鲌群体样本体长分布范围为56~179 mm, 雌雄体长分布有显著差异, 范围分别为94~158 mm和98~179 mm; 群体年龄范围为2~20龄, 雄鱼年龄为5~18龄, 雌鱼年龄为6~20龄; 体长体重关系式为: $W = 3.3306 \times 10^{-5} SL^{2.81}$ ($n = 695$, $R^2 = 0.838$), t 检验表明种群为异速生长类型。采用 von Bertalanffy 方程拟合生长方程, 雌雄鱼体长生长方程分别为: $L_{t♀} = 165.97 [1 - e^{-0.107(t+3.172)}]$, $L_{t♂} = 200.31 [1 - e^{-0.073(t+3.933)}]$; 雌雄鱼的生长拐点分别为6.24龄和10.52龄, 对应体长为105 mm和130 mm, 对应体重为16.44 g和28.96 g。由于扁头鲌生长缓慢, 为保证扁头鲌种群资源的可持续利用, 在捕捞时建议选择大于130 mm的个体。

关键词: 扁头鲌(*Pareuchiloglanis kamengensis*); 年龄; 生长; 青藏高原

中图分类号: S932.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-6907-(2018)04-0045-07

DOI:10.13721/j.cnki.dsyy.20180516.018

Age and growth characteristics of *Pareuchiloglanis kamengensis* in Tibet

CHEN Feng¹, MA Bao-shan², XIE Cong-xin³, ZHANG Hui-juan¹

(1. Res. Institute of Tibet Plateau Ecology, Tibet Agricultural & Animal Husbandry University; Tibet Key Laboratory of Forest Ecology in Tibet Plateau Area, Ministry of Education; National Key Station for Field Scientific Observation & Experiment; Key Laboratory of Forest Ecology in Plateau Area, Tibet Autonomous Region; United Key Laboratories of Ecological Security, Tibet Autonomous Region, Linzhi 860000, Tibet, China; 2. Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China; 3. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: Age and growth parameters of *P. kamengensis* were estimated using otolith as aging materials in this study to understand the biological characteristics of *Pareuchiloglanis kamengensis* (Jayaram, 1966) and develop rational fishery management measures to protect the population. Totally 695 individual fishes were collected from April to September in 2012 and March to October in 2016, in Parlung Zangbo River, Tibet. Standard lengths ranged from 56 to 179 mm for all specimens. The body length for males and females had significant difference, 94 to 158 mm for females, and 98 to 179 mm for males. Ages ranged from 2 to 20 for all specimens, 6 to 20 years for females, and 5 to 18 years for males. The relationship between standard length and weight relation for *P. kamengensis* was described as $W = 3.3306 \times 10^{-5} SL^{2.81}$ ($n = 695$, $R^2 = 0.838$), the t -test indicated that the growth of *P. kamengensis* was allometric. The von Bertalanffy function was used to model the observed length-at-age data as $L_{t♀} = 165.97 [1 - e^{-0.107(t+3.172)}]$, $L_{t♂} = 200.31 [1 - e^{-0.073(t+3.933)}]$. Growth inflexion points were 6.24 and 10.52 years for females and males, respectively. The corresponding standard lengths

收稿日期: 2017-11-20; 修订日期: 2018-03-19

资助项目: 国家自然科学基金项目(31360117); 西藏特色农牧资源研发协同创新中心-高原生态平台

第一作者简介: 陈锋(1992-), 男, 硕士研究生, 专业方向为动物生态学。E-mail: 747757317@qq.com

通讯作者: 张惠娟。E-mail: zhanghuijuan001@yeah.net

and body weights were 105 mm and 16.44 g for females and 130 mm and 28 g for males, respectively. To protect the resource of *P. kamengensis*, it is suggested that the minimum catchable size should be larger than 130 mm in individual standard length.

Key words: *Pareuchiloglanis kamengensis*; age; growth; Tibetan plateau

青藏高原鱼类主要由鲤形目鲤科的裂腹鱼亚科、鳅科的条鳅亚科和鲇形目的鲶科组成^[1]。由于青藏高原水温低、食物匮乏等因素,鱼类的生长速度和低海拔地区的鱼类相比更为缓慢,如裂腹鱼生长到500 g 体重时需要9~10 a^[2-3],色林错裸鲤甚至更久,需要14~16 a^[4],黑斑原鲢体重生长到100 g 需要6~8 a^[5]。近年来,随着西藏社会经济快速发展,内地进藏人口日益增加,鱼类捕捞压力增大,加之水电站的建设对鱼类生境的干扰,以及由于当地盲目放生造成的外来鱼种入侵等问题对当地鱼类资源造成严重威胁^[6-10]。

扁头鲢(*Pareuchiloglanis kamengensis* Jayaram)隶属于鲇形目(Siluriformes)鲶科(Sisoridae)鲶属(*Pareuchiloglanis*),主要分布于雅鲁藏布江、伊诺瓦底江、怒江、澜沧江及印度的布拉马普特拉河水系,在西藏境内主要分布于察隅、波密、墨脱、通麦等雅鲁藏布江下游地区^[1,11]。扁头鲢通常生活在多石的主河道及溪流中,平时伏居在石缝间隙,主食水生昆虫,如毛翅目、蜉蝣目及鞘翅目的幼虫,还吃少量植物沉渣;为产地食用鱼^[12-13]。目前国内对扁头鲢的报道主要集中于分类学研究和不同地理种群的形态差异比较^[14-15],而有关扁头鲢生物学的资料匮乏,仅有Kong等^[16]对怒江支流独龙江流域的扁头鲢种群体长体重关系进行了研究。本研究利用微耳石鉴定扁头鲢的年龄,通过实测体长来拟合 von Bertalanffy 生长方程,揭示西藏扁头鲢的生长特征,为雅鲁藏布江流域的渔业资源利用和保护提供依据。

1 方法

1.1 样品采集

扁头鲢样品由2012年3-9月和2016年3-9月,用三层流刺网(内层网目3 cm,外层网目8 cm)采自西藏帕隆藏布支流东久河、鲁朗河和拉月曲(海拔2 207~2 698 m,年均气温10~12℃,年均降水量1 100~1 400 mm^[17],图1)共695尾,记录样品体长(SL,精确到1 mm),全长(TL,精确到1 mm),体重(W,精确到0.1 g);在实验室解剖样品,肉眼鉴定性别;去除内脏称量空壳重量

(GW,精确到0.1 g);摘取左右微耳石,耳石在酒精中清洗干净,晾干保存在0.5 mL离心管中待用;同时取扁头鲢第4~10节脊椎骨用于年龄鉴定。

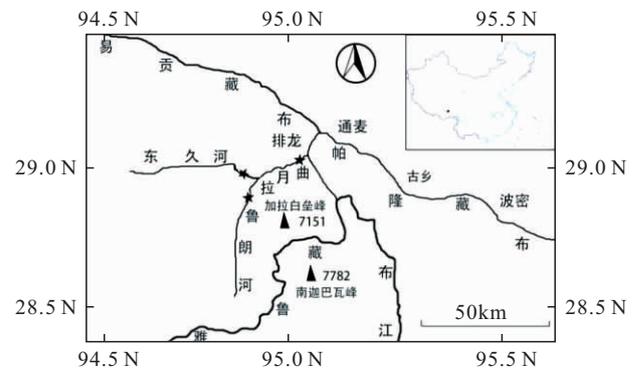


图1 西藏扁头鲢采样点分布图

Fig. 1 Sampling locations of *P. kamengensis*

1.2 年龄材料的选择与处理

用无色透明指甲油将耳石固定在载玻片上,用3000~7000#的砂纸打磨,边打磨边在显微镜下观察,至年轮清晰可见,用丙酮融化指甲油,翻面重复上述过程,再打磨直至所有年轮和核心都清晰可见^[18]。

脊椎骨放入沸水中煮10~15 min后,用尖头镊子和刷子去除表面肌肉、结缔组织,放入5%的双氧水中浸泡24 h后,放在阴凉处风干后用二甲苯透明在解剖镜中观察年轮。对比两种年龄材料中年轮清晰度等,选择最适合的年龄材料。

采用元月1日为年龄递增日期^[19]。在不知道样本体长、体重、性别和采集日期的情况下对两种材料进行年龄鉴定。每个耳石和脊椎骨的年龄都由两个观察者进行独立鉴定,对比耳石和脊椎骨中年轮清晰度和两次读数的平均百分比误差(IA-PE)^[20],公式如下:

$$IAPE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right)$$

X_{ij} = 第j个样本第i次读数;

X_j = 第j个样本的年龄读数平均值;

R = 每条鱼年龄鉴定次数;

N = 年龄鉴定样本数。

1.3 数据处理

1.3.1 体长与体重关系式

体长与体重的关系通过幂函数进行回归分析^[21], 将体长体重数据进行对数化处理, 利用协方差(ANCOVA)对不同性别体长体重的关系进行显著性比较。采用 *t* 检验对生长指数(*b*)和3进行比较^[22], 判断扁头鲌是否为匀速生长。

体长体重关系式采用以下公式:

$$W = a SL^b$$

式中: *W*: 体重, *SL*: 体长, *a*、*b* 为常数

同时采用丰满度来描述扁头鲌体长和体重的关系:

$$K = 10^5 (GW/SL^3)$$

式中: *GW*: 空壳重, *SL*: 体长

1.3.2 体长体重的生长方程

通过 von Bertalanffy 方程^[23], 拟合扁头鲌年龄与实测体长关系, 方程如下:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

$$W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$$

式中: *L*_∞: 渐进体长; *t*: 年龄, *k*: 生长率, *t*₀: 理论生长起点年龄。
生长拐点

$$T = \ln b/k + t_0$$

表观生长指数

通过公式 $\emptyset = \lg k + 2 \lg L_\infty$ 来计算表观生长指数^[24], 表观生长指数(\emptyset)被用于和其他鲌科鱼类作比较。

2 结果

2.1 体长分布

以 5 mm 为一个单位对体长进行分组, 可得扁头鲌的体长分布见图 2。在 695 个样品中, 体长分布范围为 56 ~ 179 mm, 均值为 129.97 mm, 主要集中在 110 ~ 140 mm, 占总样本量的 72.5%, 体长在 100 mm 以下的个体数量较少。性别未辨群体体长范围为 64 ~ 112 mm, 占总体的 0.43%。雌性群体体长范围为 94 ~ 158 mm, 均值为 128.4 mm, 主要集中在 121 ~ 135 mm, 占总样品量的 55.28%, 雄性群体体长分布范围为 98 ~ 179 mm, 均值为 131.7 mm, 121 ~ 135 mm 为主要分布范围, 占总体的 41.1%, 雌雄体长分布差异显著 (Mann - Whitney 检验, *P* < 0.05)。雄鱼体长大的比雌鱼多, 体长小的比雌鱼少。

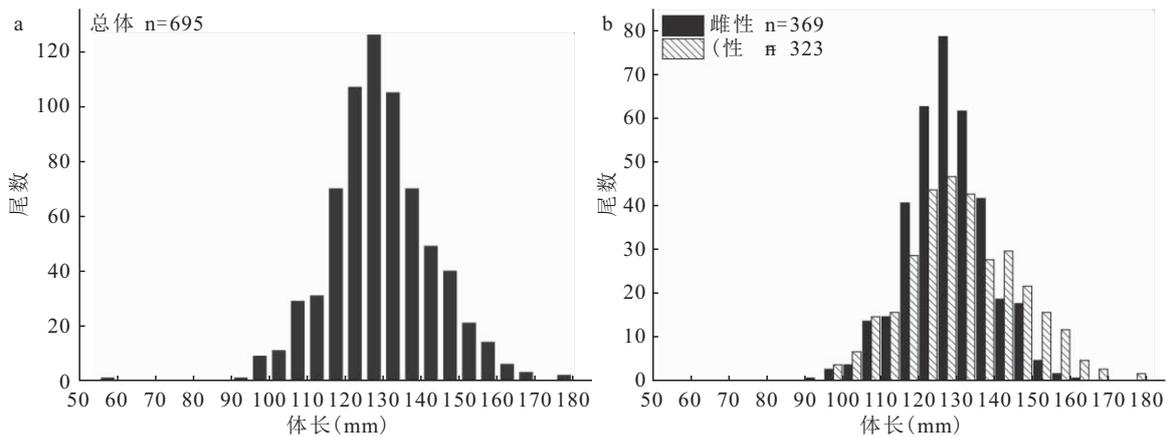


图 2 扁头鲌种群总体 (a) 和雌雄种群 (b) 体长分布

Fig. 2 Distributions of the standard length for total (a) and females and males (b) population for *P. kamengensis*

2.2 年龄结构

通过对比 629 个微耳石和脊椎骨中年轮清晰度和年龄读数的平均百分比误差 (IAPE), 可知扁头鲌微耳石的年轮更清晰 (图 3), 且微耳石的 IAPE 值 (3.9%) 比脊椎骨 (6.5%) 小, 因此选用微耳石作为年龄鉴定材料。通过微耳石鉴定了 635 尾扁头鲌样本年龄, 其中雌鱼 341 尾, 雄鱼 291 尾及性别未辨 3 尾。群体样本年龄结构如图 4, 最小年龄

为 2 龄, 最大年龄为 20 龄, 大于 14 龄的样本较少。最大年龄雌性为 20 龄, 雄性为 18 龄, 主要年龄均集中在 10 和 11 龄 (分别占总样本的 47.2% 和 37.2%); 大于 13 龄的样本雌鱼占总样本的 7.0%, 而雄鱼占总样本的 14.8%。雌雄年龄分布差异显著 (Mann - Whitney 检验, *P* < 0.05)。在小于 12 龄的样本雌鱼比雄鱼多, 13 - 18 龄样本雄鱼比雌鱼多, 没有捕到 18 龄以上的雄鱼。

2.3 体长体重关系

2.3.1 体长体重关系式

雌性种群: $W = 4.7425 \times 10^{-5} SL^{2.739}$ ($n = 369$, $R^2 = 0.739$)

雄性种群: $W = 2.4154 \times 10^{-5} SL^{2.873}$ ($n = 323$, $R^2 = 0.888$)

种群总体: $W = 3.3306 \times 10^{-5} SL^{2.81}$ ($n = 695$, $R^2 = 0.838$)

雌性、雄性种群的 b 值均小于 3, 通过协方差分析(ANCOVA), 发现扁头鲮雌雄间体长体重关系没有显著性差异($F = 1.103$, $P = 0.382 > 0.05$),

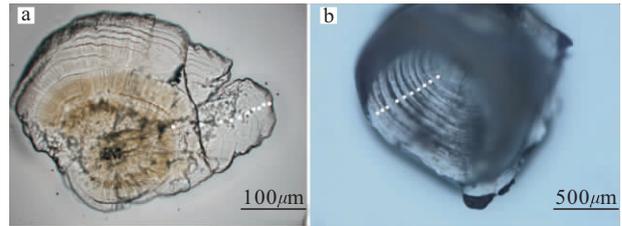


图3 扁头鲮微耳石(a)和脊椎骨(b)的年轮(雌性10龄, 体长121 mm, 体重27.7 g; 白点标记年轮)

Fig. 3 The annuals on the otolith (a) and vertebra (b) of a 10 years female *P. kamengensis* with 121 mm SL and 27.7 g W indicated by white points

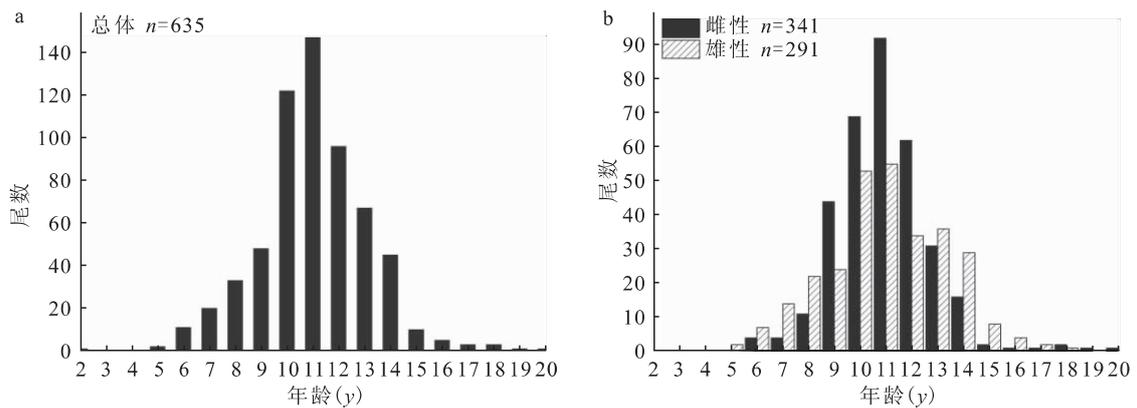


图4 扁头鲮种群总体(a)和雌雄种群(b)的年龄结构

Fig. 4 Age - frequency composition for total (a) and females and males (b) population of *P. kamengensis*

故将其合并。群体 b 值显著小于 3 ($t = 8.40 > t_{0.05} = 1.96$), 说明扁头鲮为异速生长鱼类。

2.3.2 丰满度

扁头鲮雌性种群的平均丰满度为 1.34, 雄性种群平均丰满度为 1.31, 通过独立样本 t 检验, 表明雌雄之间的丰满度不存在显著差异 ($t = -2.217$, $P = 0.249 > 0.05$)。性别未辨个体数太少不具有统计学意义。

雌性在 4 月和 6 月出现双峰值, 6-9 月丰满度呈降低趋势; 雄性在 4 月出现峰值, 5 月降低, 6 月份又出现缓慢上升后, 7-9 月基本趋于稳定。通过 ANOVA 分析发现, 丰满度在月份上存在显著差异 ($F = 8.312$, $P < 0.05$); 由于 5 龄和大于 16 龄扁头鲮的数量较少, 分析 6~16 龄雌雄扁头鲮丰满度可知, 雌雄丰满度峰值均出现在 7 龄, 除 7 龄和 13 龄外雌性扁头鲮丰满度均大于雄性, 通过 ANOVA 分析发现, 在年龄上没有显著性差异(雌性: $F = 0.872$, $P = 0.574 > 0.05$; 雄性: $F = 1.435$, $P = 1.430 > 0.05$) 如图 6。

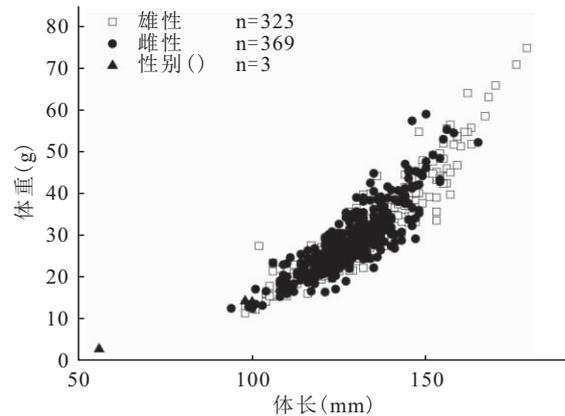


图5 扁头鲮体长体重关系

Fig. 5 The length - weight relationships of *P. kamengensis*

2.4 生长方程

通过单独样本 t 检验 ($P = 0.74 > 0.05$) 发现雌雄种群在 6~12 龄上的平均年龄没有显著差异性, 因此, 在拟合生长方程中将性别未辨个体的年龄体长加入到雌雄种群中(图7)。采用实测体长和年龄对生长方程进行拟合。

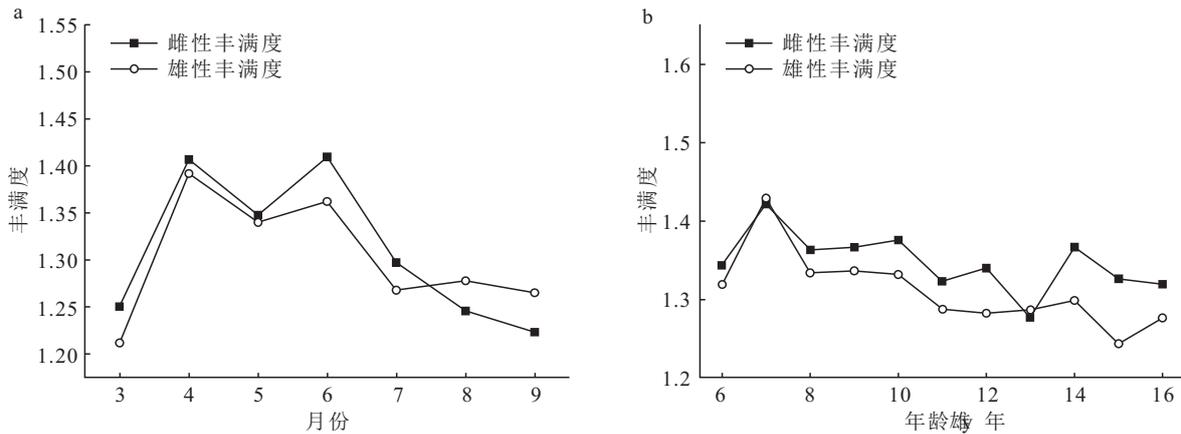


图6 扁头鲃丰满度随月份(a)和年龄(b)的变化

Fig. 6 Fullness in *P. kamengensis* according to month (a) and age (b)

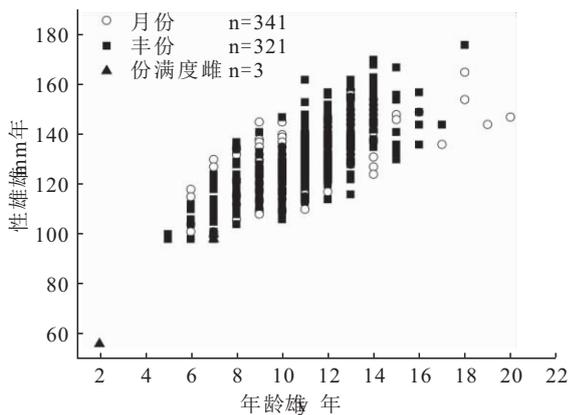


图7 扁头鲃年龄与实测体长关系

Fig. 7 The relationship between age and standard length of *P. kamengensis*

体长生长方程

$$\text{雌性: } L_t = 165.97 [1 - e^{-0.107(t+3.172)}]$$

$$\text{雄性: } L_t = 200.31 [1 - e^{-0.073(t+3.933)}]$$

体重生长方程

$$\text{雌性: } W_t = 56.99 [1 - e^{-0.107(t+3.172)}]^{2.739}$$

$$\text{雄性: } W_t = 99.26 [1 - e^{-0.073(t+3.933)}]^{2.873}$$

雌鱼和雄鱼的表现生长指数(\emptyset)分别为3.4701和3.4653。

根据拐点方程计算得, 雌性拐点年龄为6.24龄, 雄性拐点年龄为10.52龄, 对应体长为105 mm和130 mm, 对应体重为16.44 g和28.96 g。

3 讨论

b 值是反映鱼类体长与体重生长同步性的重要指标, 与种群年龄、环境海拔、食物、性别等有关^[21]。西藏扁头鲃种群体长与体重关系 b 值为2.81, 为异速生长, 与独龙江流域的扁头鲃(b 值

为2.9247)^[16]种群差距较大。究其原因, 可能是两个种群栖居环境有差异。姚景龙等^[25]在对比雅鲁藏布江、伊洛瓦底江、怒江和澜沧江扁头鲃种群形态特征中发现, 为适应不同生境, 在海拔梯度变化下扁头鲃背鳍基长比体长等特征呈梯度降低。独龙江扁头鲃主要采自海拔1213~1816 m的独龙江流域, 本研究扁头鲃采样海拔在2207~2698 m的帕隆藏布流域, 为适应相应的生境, 两流域的扁头鲃种群形态变异可能是导致扁头鲃种群体长体重生长 b 值差异的重要原因。王雯等^[25]也指出体长体重关系会受到地区、季节和食物资源等的影响。另一方面样本数量不同可能也是造成研究结果差异的原因之一, 独龙江扁头鲃样本量为62尾, 而本研究中扁头鲃样本量为695尾, 基于较大的样本量所拟合的方程能更有效地反映种群总体的体长和体重关系特征。

扁头鲃雌性种群丰满度高于雄性但没有显著性差异。这与福建纹胸鲃^[26]的研究结果一致。缪学祖等^[27]指出丰满度与性腺发育期数有关, 在繁殖期过后出现上升后, 由于性腺发育到III-IV又会下降, 冬季进食后又上升。扁头鲃雌雄种群丰满度在4-5月下降, 6月小幅上升后至9月一直下降, 因此推测扁头鲃丰满度的变化可能与繁殖期和摄食率等密切相关。

k 值代表种群生长系数, k 值越大, 接近渐近值越快, 体长、体重的极值也越小^[20]。本研究中雌性种群的生长系数较雄性种群大, 相应的体长极值也比雄性小。根据Branstetter^[28]所提出的界定标准, k 值为0.05~0.10/年的是生长缓慢的鱼类, 0.1~0.2/年为中速生长鱼类, 0.20~0.50/年是生长快速的鱼类。扁头鲃雌雄种群生长系数 k 分别为

0.107 和 0.073, 因此雌性种群为生长中速类型, 雄性为生长缓慢类型。对比其他鲃科鱼类发现(表 1), 扁头鲃估算的表现生长指数(Φ)最小; 黑斑原鲃(*Glyptosternum maculatum*)^[5]的雌雄生长速度也存在差异; 低海拔鲃科鱼类福建纹胸鲃(*Glyptothorax fukiensis*)^[29]属于快速生长鱼类, 而高原鲃科鱼类大鳍异齿鲃(*Creteuchiloglanis macropterus*)^[30]、黄石爬鲃(*Euchiloglanis kishinouyei*)^[31]和黑斑原鲃^[5]等种群的 k 值与本研究的扁头鲃接近, 均属于缓慢型或者中速生长鱼类。因此, 高原鱼类生长速度普遍慢于生长于低海拔地区的鱼类。这可能与高原水温较低有关。Pauly^[32]指出鱼类的生长速度与水温呈负相关, 丁慧萍^[9]也发现由于青藏高原的特殊环境(水温低等)导致入侵到青藏高原的鲫鱼、麦穗鱼和泥鳅均出现生长速度较原产地减缓的现象。结果表明, 在高原环境下, 生长缓慢是鱼类种群对长期低温环境的一种响应。

扁头鲃雌雄鱼的体重生长拐点分别为 6.24 龄

和 10.52 龄, 对应体长分别为 105 mm 和 130 mm, 渔获物中主要体长分布在 110 ~ 140 mm, 在生长拐点前, 体重生长速度处于上升阶段, 在拐点年龄后, 生长速度逐渐降低。因此建议在捕捞活动中选择 130 mm 以上体长的个体, 保证足够的幼体补充和种群稳定。扁头鲃属于生长缓慢鱼类, 而生长缓慢的鱼类在快速死亡和资源快速锐减后的恢复需要数十年的时间^[33]; 加之捕捞压力和近年来西藏公路、水电站建设对河道环境的改变, 使得扁头鲃的栖息地遭到破坏和干扰, 因此需要尽快制订扁头鲃的保护策略, 加强对扁头鲃栖息地的保护和相关禁渔政策的落实力度。另外, 近年来由于内地进藏旅游人口增加, 市场对于扁头鲃的需求量也增加, 在开展相关保护工作的同时应及时开展扁头鲃的人工繁育工作, 不仅可以提供市场需求, 同时还可以进行增殖放流增加野生种群数量, 保证扁头鲃这一重要高原鱼类种群的维持和可持续发展。

表 1 扁头鲃与其他鲃科鱼类生长系数比较

Tab. 1 Comparison of growth charaters of *P. kamengensis* with other Sisoridae fishes

| 种类 | 年龄材料 | 样本数 | 性别 | 生长参数 | | | | | 文献 |
|-------|------|-----|----|--------------|---------|----------|--------|--------|------------|
| | | | | L_{∞} | k | t_0 | Φ | 拐点年龄 | |
| 黑斑原鲃 | 脊椎骨 | 82 | 雌性 | 342.66 | 0.114 2 | -0.748 8 | 4.127 | 9.178 | 李红敬, 2008 |
| | | 128 | 雄性 | 460.24 | 0.088 2 | -0.231 2 | 4.271 | 12.876 | |
| 大鳍异齿鲃 | 胸鳍棘 | 180 | 总体 | 377.015 | 0.049 1 | -4.019 5 | 3.844 | 14.48 | 黄自豪, 2015 |
| 黄石爬鲃 | 脊椎骨 | 365 | 总体 | 208.42 | 0.089 | -1.20 | 3.587 | 10.87 | 王永明等, 2016 |
| 福建纹胸鲃 | 脊椎骨 | 238 | 总体 | 140.2 | 0.254 1 | -0.069 | 3.699 | 4.53 | 申严杰等, 2005 |
| 扁头鲃 | 耳石 | 321 | 雌性 | 165.97 | 0.107 | -3.172 | 3.469 | 6.24 | 本研究 |
| | | 290 | 雄性 | 200.31 | 0.073 | -3.933 | 3.467 | 10.52 | |

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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, 4(3): 76-82.
- [3] 段友健. 拉萨裸裂尻鱼个体生物学和种群动态研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2015.
- [4] 陈毅峰, 何德奎, 曹文宣, 等. 色林错裸鲤的生长[J]. 动物学报, 2002, 48(5): 667-676.
- [5] 李红敬. 黑斑原鲃个体生物学及种群生态研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [6] 周建设, 李宝海, 潘瑛子, 等. 西藏渔业资源调查研究进展[J]. 中国农学通报, 2013, 29(5): 53-57.
- [7] 李芳. 西藏尼洋河流域水生生物研究及水电工程对其影响的预测评价[D]. 西安: 西北大学, 2009.
- [8] 陈锋, 陈毅峰. 拉萨河鱼类调查及保护[J]. 水生生物学报, 2010, 34: 278-284.
- [9] 丁慧萍. 茶巴朗湿地外来鱼类的生物学及其对土著鱼类的胁迫[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014.
- [10] 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.
- [11] 伍献文, 何名臣, 褚新洛. 西藏地区的鲃科鱼类[J]. 海洋与湖沼, 1981, 12(1): 74-79.
- [12] 褚新洛, 郑葆珊, 戴定远. 中国动物志硬骨鱼纲鲃形目[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [13] 武云飞, 吴翠珍. 青藏高原鱼类[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1992.
- [14] Ng H H. Two new glyptosternine catfishes (Teleostei: Sisoridae)

- from Vietnam and China [J]. *Zootaxa*, 2004, 428: 1 - 12.
- [15] 姚景龙, 严云志, 高 勇, 等. 扁头鲃地理种群形态变异的研究兼论大鳍鲃的物种有效 [J]. *动物分类学报*, 2007, 32 (4): 814 - 821.
- [16] Kong D, Pan X, Yang J, et al. Distribution and length - weight relationships of Glyptosternoid fishes in the Drung River Basin, Yunnan [J]. *Zoo Res*, 2005, 26: 632 - 637.
- [17] 程尊兰, 时 亮, 刘建康, 等. 帕隆藏布江上游冰湖分布及其变化 [J]. *水土保持通报*, 2012, 32(5): 8 - 12.
- [18] He W, Li Z, Liu J, et al. Validation of a method of estimating age, modelling growth, and describing the age composition of *Coilia mystus* from the Yangtze Estuary, China [J]. *ICES J Mar Sci*, 2008, 6: 1655 - 1661.
- [19] Massuti E, Morales N B, Moranta J. Age and growth of blue - mouth, *Helicolenus dactylopterus* (*Osteichthyes scorpaenidae*), in the western Mediterranean [J]. *Fish Res*, 2000, 46(1): 165 - 176.
- [20] Beamish R J, Fournier D A. A Method for comparing the precision of a set of age determinations [J]. *Can J Fish Aquat Sci*, 1981, 38(8): 982 - 983.
- [21] 殷名称. 鱼类生态学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [22] Pauly D. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators [M]. *ICLARM Stud Rev*, 1984, 8: 325.
- [23] Von B L. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws II) [J]. *Hum Biol*, 1938, 10: 181 - 213.
- [24] Munro J D, Pauly D. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates [J]. *Fishbyte*, 1983, 1(1): 5 - 6.
- [25] 王 雯, 贾银涛, 陈毅峰. 绥芬河三种经济鱼类的生物学特性研究 [J]. *安徽师范大学学报(自然科学版)*, 2012, 35 (5): 466 - 470.
- [26] 王 汨, 王怀林, 刘明镜, 等. 涪江下游福建纹胸鲃可量性状的初步研究 [J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(21): 10020 - 10022.
- [27] 缪学祖, 殷名称. 太湖花(鱼骨)生物学研究 [J]. *水产学报*, 1983, 7(1): 31 - 44.
- [28] 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.
- [29] 申严杰, 蒲德永, 高 梅, 等. 福建纹胸鲃年龄与生长的初步研究 [J]. *西南农业大学学报(自然科学版)*, 2005, 27 (1): 106 - 110.
- [30] 黄自豪. 大鳍异鲃生长、食性、消化系统和肌肉营养研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2015.
- [31] 王永明, 曹 敏, 谢碧文, 等. 大渡河流域黄石爬鲃的年龄与生长 [J]. *动物学杂志*, 2016, 51(2): 228 - 240.
- [32] Pauly D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks [J]. *ICES J Mar Sci*, 1980, 39(2): 175 - 192.
- [33] Musick J A. Ecology and conservation of long - lived marine animals [J]. *Am Fish Soc Symp*, 1999, 23: 1 - 10.