

姚娜,汪敏,宫玉仁,等. 塔里木河流域隆额高原鳅的生物学特征[J]. 江苏农业科学,2018,46(12):146-149.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.12.036

塔里木河流域隆额高原鳅的生物学特征

姚娜¹,汪敏²,宫玉仁²,鞠明浩¹,王帅¹,陈生熬¹,宋勇¹

(1. 塔里木大学动物科学学院,新疆阿拉尔 843300; 2. 新疆克孜尔水库管理局,新疆拜城 842300)

摘要:2009—2010年和2014—2015年塔里木河流域渭干河4季采集隆额高原鳅,运用传统生物学方法进行有关生物学测定和分析。结果显示,隆额高原鳅被定为“极危(CR)”,按照 $W=0.054L^{2.240}$ 中 b 值与3差异显著($P>0.05$),为异速生长。隆额高原鳅样本中, 3^+ 为优势年龄个体,最大年龄 6^+ ,占26.9%; 4^+ 和 5^+ 占25%。隆额高原鳅体长和尾柄长的关系式为: $PL=0.303L+0.258$;体长和体高相关方程为: $H=0.153L-0.183$, $R^2=0.933$,隆额高原鳅的渐进体长和体质量分别为 $L_{\infty}=63.31$ cm, $W_{\infty}=585.64$ g,拐点年龄 t_i 为13.71,丰满度系数 $K=W/L^3\times 100\%$ 。说明隆额高原鳅异速生长,机体偏瘦,生长不稳定,雌雄个体差异显著($P<0.05$),拐点年龄偏大,是塔里木河流域亟待保护的鱼类。

关键词:塔里木河流域;隆额高原鳅;生物学特征

中图分类号: S917.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)12-0146-04

隆额高原鳅[*Triplophysa bombifrons* (Herzenstein)]别称球吻条鳅,隶属于鳅科(Cobitidae)条鳅亚科(Nemachilinae)高原鳅属(*Triplophysa*)^[1-3]。2015年32号文指出,环境保护部和中国科学院联合编制《中国生物多样性红色名录——脊椎动物卷》中隆额高原鳅被定为“极危(CR)”。其地方名为蛇棒子,主要是其尾柄细长如蛇而得名。

高原鳅属(*Triplophysa*)隶属于鳅科(Cobitidae)条鳅亚科(Nemacheilinae),是条鳅亚科中最大的一类,广泛分布于高原地区,是栖息海拔最高的鱼类之一,高原鳅属是青藏高原的一个特殊类群,对高原生活环境适应性极强,是高原鱼类群体中

极为重要的类群之一^[1,4-6]。诸多研究者曾依据形态学特征和地理分布,对青藏高原及其邻近地区多种高原鳅属鱼类进行研究,认为高原鳅属鱼类的起源和演化与青藏高原的隆起密切相关^[1,4-8]。

对于隆额高原鳅研究报道较少,而对于其系统生物学研究未见报道^[3,9]。因此,本研究旨在通过鱼类生物学和生态特征,说明其高原鳅属鱼类在特殊地区生长性状,给高原鳅属鱼类生长积累数据,为进一步保护鱼类种质资源打基础。

1 材料与方法

1.1 材料

2009—2010、2014—2015年在塔里木河流域渭干河4季采集样本52尾,用4%福尔马林固定保存,带回实验室,观察解剖,并测量体长(L)、体高(H)、尾柄长(PL),称其体质量(W)。体长和体质量分别精确到0.01 cm和0.01 g。

试验器具和试剂:解剖器械、烧杯、电热炉、培养皿、20% H_2O_2 溶液、95%乙醇溶液。

1.2 方法

本研究运用传统的形态学方法^[10-11],观察2种鱼类形态

收稿日期:2017-11-18

基金项目:国家自然科学基金(编号:31360635、31460691);塔里木畜牧科技兵团重点实验室项目(编号:HS201505、HS201704)。

作者简介:姚娜(1987—),女,陕西渭南人,硕士,实验师,主要从事动物分类及解剖学方面的教学和研究。E-mail:51324086@qq.com。

通信作者:宋勇,讲师,主要从事鱼类学方面的教学和研究。E-mail:sy_514@qq.com。

密度,以便降低传播速度,对于哺乳仔猪更应加强护理。

参考文献:

- [1] 王小新,王昌斌,贝怀国,等. 洪泽县仔猪病病毒性腹泻流行病学调查[J]. 山东畜牧兽医,2014,35(10):58-59.
- [2] 张俊才,杨春光. 猪病病毒性腹泻的流行与鉴别诊断[J]. 现代畜牧科技,2015(2):88.
- [3] 张世忠,江斌. 2011年福建省猪流行性腹泻的流行特点及其防治措施[J]. 福建畜牧兽医,2012,34(2):23-25.
- [4] 薛瑞雪,田野,田夫林,等. 山东省部分地区仔猪病病毒性腹泻流行病学调查[J]. 中国预防兽医学报,2015,37(4):254-257.
- [5] 沈思思,汤承,岳华. 四川某猪场仔猪腹泻病的病原学诊断[J]. 四川畜牧兽医,2017(2):34-36.

- [6] 郑新添,吴天兴,戴爱玲,等. 龙岩市仔猪病病毒性腹泻检测与分析[J]. 中国兽医杂志,2014,50(10):36-38.
- [7] 徐仲凯,徐新昌. 我国猪病病毒性腹泻病的流行现状与防控措施[J]. 中国动物保健,2014(5):44-46.
- [8] 杨丽梅,马力,徐倩倩,等. 我国猪病病毒性腹泻的诊断与流行病学调查研究概况[J]. 动物医学进展,2014,35(2):115-119.
- [9] Lu B X, Qin Y B, He Y, et al. Detection of porcine epidemic diarrhea virus in Guangxi Province from 2011 to 2014 and sequence analysis of its *M* gene[J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2016, 8(1):14.
- [10] 李瑞香,王翠萍. 猪病病毒性腹泻病的流行特点及防控措施[J]. 畜牧与饲料科学,2016,37(2):111-112.
- [11] 张传亮,潘彬彬,黄晓兵,等. 猪病病毒性腹泻的流行病学与综合防控[J]. 畜牧兽医杂志,2015,34(5):122-124.

特征并分析体长与体质量的关系式,综合描述鱼类特性与生长。

鱼类体长与体质量幂指数关系式^[11]为 $W = aL^b$ 。式中: a 值是表示鱼类肥瘦(肥满度)的指标, a 值越小,则表示这种鱼类肥满度差,鱼类机体较瘦;反之,机体则肥; b 是表示鱼类是否匀速生长的指标, $b \geq 3$,则表示这种鱼类匀速生长, $b < 3$,则表示异速生长。

年龄鉴定采用脊椎骨和微耳石鉴定分析,且观察者有 2 人组成,分 3 次观察,其中 3 次观察结果以完全吻合为好,并记录年龄数^[12]。

1.3 数据处理

采用方差分析(ANOVA)对所测鱼类数据并进行显著性分析;采用 t -检验对生长指数(b)和 3 分析,判断这 2 种鱼类是否为匀速生长^[11]。数据用 SPSS 16.0 软件处理。

2 结果与分析

2.1 年龄结构和体长与体质量分布

对于隆额高原鳅的年龄鉴定采用脊椎骨和微耳石的鉴定

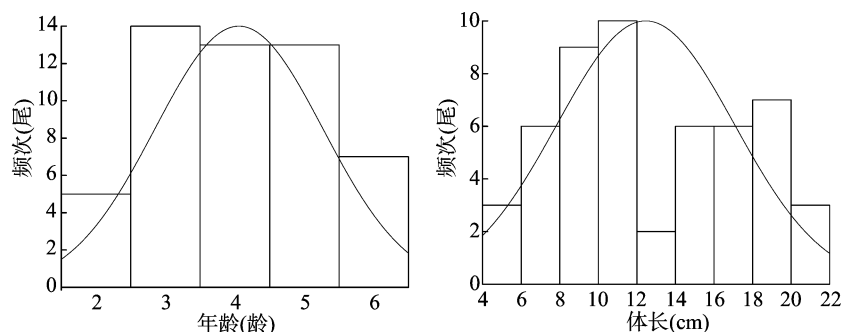


图1 隆额高原鳅的年龄、体长、体质量分布

2.2 生长分析

2.2.1 体长与体质量的关系 依据股名称的方法^[11],通过对隆额高原鳅样本数 $[n = 52]$,其中雌性($n = 21$),雄性($n = 31$)]进行相关性分析,结果显示如下。

种群总体长和体质量相关方程为: $W = 0.054L^{2.240}$, $r^2 = 0.922$ (图 2);雌性个体体长和体质量相关方程为: $W = 0.040L^{2.313}$, $r^2 = 0.970$;雄性个体体长和体质量相关方程为: $W = 0.071L^{2.157}$, $r^2 = 0.863$ 。

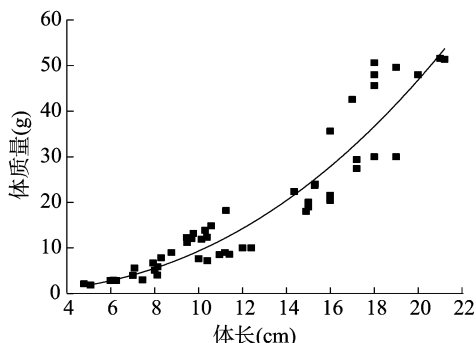


图2 隆额高原鳅总体的体长与体质量关系

隆额高原鳅的种群总体长与体质量关系式(图 2)表明,10.00、15.00 cm 的个体数较多。依据股名称的方法可知,如果 $b = 3$ 或是 $b \geq 3$,则表示该鱼类匀速生长,否则异速

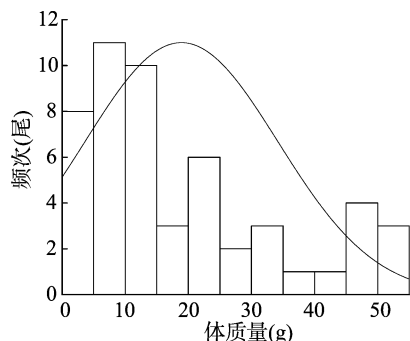
方式,鱼类的耳石呈现出明暗带相间,明暗带为日生长的增长带和阻断带,不同程度的颜色及明暗带,以此来鉴定鲤的年龄特征,并分析。

通过年龄结构,分析其体长与体质量随年龄的变化而变化,结果见图 1。采集的 52 尾隆额高原鳅样本中,年龄范围为 1~6 龄,均值 \pm 标准差为 (4.01 ± 0.179) 龄,年龄结构不符合正态分布[SPSS 16.0 检验,偏度(Sk) = -0.265 ,峰度(Ku) = -0.379];其中 3 龄为优势年龄个体,占 26.9%,4、5 龄,占 25%。

采集的 52 尾隆额高原鳅样本中,体长范围为 4.78~21.20 cm,均值 \pm 标准差为 (12.46 ± 0.638) cm,体长不符合正态分布(SPSS 16.0 检验, $Sk = 0.204$, $Ku = -1.173$)。

采集的 52 尾隆额高原鳅样本中,体质量范围为 1.83~51.58 g,均值 \pm 标准差为 (18.90 ± 2.121) g,体质量不符合正态分布(SPSS 16.0 检验, $Sk = 0.959$, $Ku = -0.242$),优势体质量为 30.0 g。

52 尾隆额高原鳅中最小年龄 1 龄,体长 4.78 cm,体质量 1.83 g;最大年龄 6 龄,体长 21.20 cm,体质量 51.58 g。



生长;该研究中隆额高原鳅的体长与体质量的关系式为 $W = 0.054L^{2.240}$, $r^2 = 0.922$,发现隆额高原鳅的拟合方程中 $b = 2.240 < 3$,表示隆额高原鳅为异速生长。

2.2.2 体长与尾柄长及体高的关系 依据股名称的方法^[11],通过对种群总体样本数($n = 52$)进行相关性分析,结果显示如下。

隆额高原鳅体长和尾柄长的关系式为 $PL = 0.303 L + 0.258$, $r^2 = 0.920$ 。

由图 3 可知隆额高原鳅的生长趋势,体长随体高直线上,但生长不稳定,这个上述体长与体质量拟合方程中的 b 值相关,其中 10.00 cm 左右和 15.00~20.00 cm 之间生长较为稳定,偏离度不大,中间生长期偏离明显。

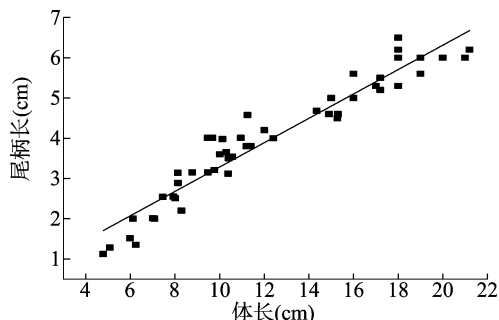


图3 隆额高原鳅体长与尾柄长的关系

种群总体体长和体高直线相关方程为: $H = 0.153L - 0.183$, $r^2 = 0.933$ (图 4)。

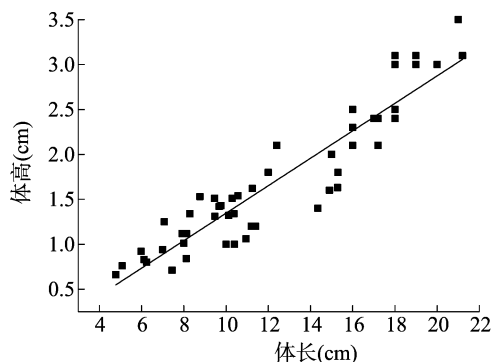


图4 隆额高原鳅的L-H相关线

从隆额高原鳅体长与体高的相关性来看,两者相关系数较高, $r^2 = 0.933$,所以体高会随体长出现明显的变化趋势,或许增长、或许减缓。本曲线图中表现出了明显的增长趋势,前期 7.50 cm 左右隆额高原鳅则属于负增长趋势。

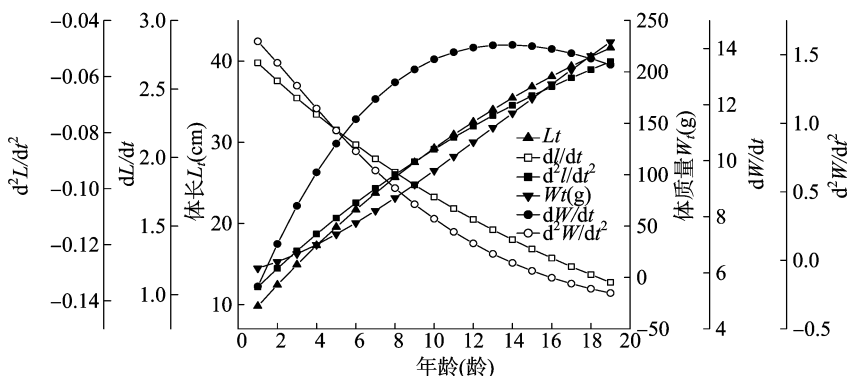


图5 隆额高原鳅 von Bertalanffy 生长和体长与体质量生长速度和加速度相关曲线

隆额高原鳅的体长与体质量的生长速度及加速度的变化趋势有相似之处(图 5)。其中体长生长曲线是一条不具有拐点的渐近线,而体质量生长曲线是一条不对称的类似 S 形渐近曲线,拐点年龄 t_i 为 13.71,拐点年龄所对应的鱼类个体的体长和体质量分别为 35.05 cm 和 155.78 g,体长的生长速度和体质量的生长加速度与年龄增长却呈现出负相关,体长的生长速度和体质量的生长加速度随着年龄增大而降低,反之亦然。体质量的生长速度持续增长,当到达拐点年龄后处于平稳增长状态。

2.2.4 丰满度指数 依据殷名称的方法^[11],通过丰满度系数为 $K = (W/L^3) \times 100$,对样本数($n = 52$)进行相关性分析,结果显示如下。

隆额高原鳅种群总体($n = 52$) $K = 0.9117 \pm 0.0508$;结合种群总体中体长与体质量的关系式 $W = 0.054L^{2.240}$ 。可能从栖息于该水域中隆额高原鳅个体生长中肥满度小、偏瘦,与栖息水域密切相关,生长不均一和不稳定及水质特征密切相关。

3 讨论与结论

高原鳅属鱼类属于高原鱼类种群中主要组成鱼类之一,有其特殊生物学特性和生理机制,在高原鱼类多样性中有着不可替代的作用和意义^[1-2,4-6,8,13]。本试验对于南疆塔里木

2.2.3 生长方程 依据殷名称的方法^[11],通过对隆额高原鳅样本数($n = 52$)进行了相关性分析,用实测体长推算出隆额高原鳅的渐进体长 $L_{\infty} = 63.31$ cm、生产系数 $k = 0.0502$;按照 $W = aL^b$ 中的 $W = 0.054L^{2.240}$ 可以计算出 $W_{\infty} = 585.64$ g,求得 $t_0 = -1.4371$ 。

种群总体($n = 25$)体长和体质量相关方程为(图 5):

$$L_t = 63.30[1 - e^{-0.0502(t+1.4371)}];$$

$$W_t = 585.64[1 - e^{-0.0502(t+1.4371)}]^{2.240}.$$

对于上述隆额高原鳅的群体总体体长与体质量的生长方程,再运用高等数学中导数关系对其进行一阶与二阶求导,即可获得如下生长速度和加速度的方程(图 5):

$$dL/dt = 3.18 e^{-0.0502(t+1.4371)};$$

$$d^2L/dt^2 = -0.16 e^{-0.0502(t+1.4371)};$$

$$dW/dt = 65.85 e^{-0.0502(t+1.4371)} [1 - e^{-0.0502(t+1.4371)1.240}];$$

$$d^2W/dt^2 = 3.31 e^{-0.0502(t+1.4371)} \times [1 - e^{-0.0502(t+1.4371)0.240}] \times [2.240 \times e^{-0.0502(t+1.4371)} - 1].$$

河流域中隆额高原鳅进行生长特性研究,由于隆额高原鳅在 2015 年环保部公布调查名单中被列入“极危”行列,这与笔者的调查结果相一致,隆额高原鳅自 2010 年以后在塔里木河干流中很难觅到,2016 年在塔里木河尾间各个流域如尼雅河等支流中有发现,迄今在塔里木河干流中游段以上未曾见过,这可能与塔里木河水量减少、盐碱度上升和外来凶猛鱼类等原因密切相关^[14-18]。

隆额高原鳅是塔里木河流域的特有物种^[9],体灰黑色,腹部灰白色,多数背部和头部有细小黑色结点,体很延长,近似长身高原鳅,前躯近圆筒形,尾柄低且长,自尾柄处变窄,尾鳍条基部侧位,尾柄较长,并长于长身高原鳅。头扁平,吻部低而宽扁。口下位,唇厚。唇缘有乳突,较发达,须 3 对,较长,外吻须达到眼球上方,颌须到达鳃盖骨中部;体表裸露无鳞,体表布满灰褐色短杆状结节,一般在头顶及背鳍条前段的背侧密集,雄性较雌性多,这与其他高原鳅雌雄特征相似。侧线完全平直,腹鳍末端可达肛门,尾鳍条分叉较深。鳔前室包于骨质囊中,后室为游离的卵圆形膜质鳔,两者间通过细长的鳔管相连,且鳔管短于后鳔室直径长度。肠管短,呈现“Y”字形,自胃部的后方绕行一环通向肛门。由于外形特征和个体大小,经济价值不如生态价值高^[2-3,9,19]。

塔里木河水量减少,盐碱度升高,浑浊度较大,饵料生物贫瘠,丰度较低^[14-18]。采集到的 52 尾隆额高原鳅中,由于资

源锐减,采样历时比较长,其中 3 龄为优势年龄,最小年龄为 1 龄,最大年龄为 6 龄,体长范围为 4.78 ~ 21.20 cm,体质量范围为 1.83 ~ 51.58 g;这与陈生熬研究叶尔羌高原鳅结果^[20]相类似,主要原因是饵料贫瘠,食物缺乏。

从隆额高原鳅的种群总体体长和体质量相关方程($W_{\text{总}} = 0.054L^{2.240}$, $W_{\text{雌}} = 0.040L^{2.313}$, $W_{\text{雄}} = 0.071L^{2.157}$)可以看出,隆额高原鳅属于异速生长,个体偏瘦,雌雄个体中,雌性个体较雄性个体偏瘦,但生长速度稳定较雄性好,其中塔里木河流域叶尔羌高原鳅^[20] $W = 0.0355L^{2.5916}$ ($r^2 = 0.8736$)、雅鲁藏布江东方高原鳅 $W_{\text{总}} = 0.00002L^{2.9296}$ 和 $W = 0.00002L^{2.8475}$ ^[21],说明塔里木河流域中叶尔羌高原鳅生长速度较隆额高原鳅优,隆额高原鳅较叶尔羌高原鳅瘦,但比雅鲁藏布江东方高原鳅肥满,匀速生长程度均优于塔里木河流域 2 种鱼类。依据隆额高原鳅特殊形态特征,尾柄较长,所以体长和尾柄长直线相关性较密切, $PL = 0.303L + 0.258$ ($r^2 = 0.920$),体长和体高直线相关方程为 $H = 0.153L - 0.183$ ($r^2 = 0.933$),体长和体高也密切相关,这是与其他高原鳅属鱼类不同之处。叶尔羌高原鳅依据不同年龄生长指标的不同,其中体长与体质量和其他生长性状相关性也不一样,这说明尾柄长在隆额高原鳅遗传育种中有着很重要的作用,也可作为关键选育因子指标^[22-23]。

依据殷名称的方法^[11],通过对隆额高原鳅样本数($n = 52$)进行相关性分析,用实测体长推算出隆额高原鳅的渐进体长 $L_{\infty} = 63.31$ cm, $W_{\infty} = 585.64$ g,拐点年龄 13.71,拐点年龄体长和体质量分别为 35.05 cm 和 155.78 g。研究塔里木河流域叶尔羌高原鳅后发现,雌性, $L_{\infty} = 23.66$ cm, $W_{\infty} = 129.16$ g,雄性, $L_{\infty} = 18.48$ cm, $W_{\infty} = 68.08$ g,雌性最大拐点年龄 10.39,雄性 8.24^[20]。东方高原鳅的生长拐点年龄分别为 8.19 和 5.83,对应的体长和体质量分别为 10.077 cm、9.32 g、8.113 cm、5.46 g^[24]。所以拐点年龄稍大于同一水域叶尔羌高原鳅,最大个体均小于隆额高原鳅,不同水域东方高原鳅拐点年龄也小于隆额高原鳅,这与不同水域和摄食及生长密切相关,有待进一步对比研究^[25-28]。

隆额高原鳅种群总体($n = 52$): $K = 0.9117 \pm 0.0508$;结合种群总体中体长与体质量的关系式 $W = 0.054L^{2.240}$ 。可能从栖息于此水域中的隆额高原鳅个体生长中肥满度小、偏瘦,与栖息水域密切相关,生长的不均一和不稳定及水质特征密切相关^[20,29-30]。同一水域中叶尔羌高原鳅雌雄种群总体,雌性群体平均丰满度为 1.141 2,雄性群体平均丰满度为 1.224 4;总体水平上雌鱼小于雄鱼,均大于本试验所得结果。因为隆额高原鳅生存的适宜水温为 16 ~ 22 °C,这与其他高原鳅生存温度相近^[20],栖息水域水源均为高寒天山雪水,水质特征相似,生长速度慢、机体偏瘦,与上述体长和体质量关系中的论点^[20,29-30]相一致。

参考文献:

- [1] 何长才. 两种海拔最高的鱼类及其分布[J]. 四川动物, 1996, 15 (3): 116-117.
- [2] 武云飞, 吴翠珍. 青藏高原鱼类[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1982.
- [3] 郭 焱. 新疆鱼类志[M]. 乌鲁木齐: 新疆科学技术出版社, 1979: 20121-20218.

- [4] 冯晨光, 童 超, 张仁意, 等. 青藏高原东北部边缘高原鳅属鱼类的多样性与分布格局[J]. 生物多样性, 2017(1): 53-61.
- [5] 何德奎, 陈咏霞, 陈毅峰. 高原鳅属 *Triplophysa* 鱼类的分子系统发育和生物地理学研究[J]. 自然科学进展, 2006, 16(11): 1395-1404.
- [6] 陈宜瑜, 陈毅峰, 刘焕章. 青藏高原动物地理区的地位和东部界线问题[J]. 水生生物学报, 1996, 20(2): 97-103.
- [7] 陈毅峰, 陈咏霞. 中国鳅属鱼类的副性征、噤氏斑纹和分类整理(鲤形目, 鳅科, 鳅亚科)[J]. 动物分类学报, 2005, 30(4): 647-658.
- [8] 何德奎, 陈毅峰, 陈宜瑜, 等. 特化等级裂腹鱼类的分子系统发育与青藏高原隆起[J]. 科学通报, 2003(22): 2354-2362.
- [9] 王智超, 程 勇, 陈生熬, 等. 塔里木河隆额高原鳅形态特征[J]. 动物学杂志, 2007(6): 147-148.
- [10] 谢从新. 鱼类学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 20101-20256.
- [11] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 基隆: 水产出版社, 1998.
- [12] 曾 霖, 唐文乔. 两种无鳞高原鳅年龄鉴定方法探讨[J]. 动物学杂志, 2010(1): 94-103.
- [13] 何德奎, 陈毅峰. 高度特化等级裂腹鱼类分子系统发育与生物地理学[J]. 科学通报, 2007(3): 303-312.
- [14] 张永雷, 陈亚宁, 杨玉海, 等. 塔里木河河道的历史变迁及驱动力分析[J]. 干旱区地理, 2016(3): 582-589.
- [15] 邓铭江. 新疆未来发展的思考——塔里木河流域水问题与水战略研究[J]. 干旱区地理, 2016(1): 1-11.
- [16] 杨 鹏, 陈亚宁, 李卫红, 等. 2003—2012 年新疆塔里木河径流量变化与断流分析[J]. 资源科学, 2015, 37(3): 485-493.
- [17] 陈生熬, 姚 娜, 王智超, 等. 塔里木河叶尔羌高原鳅种群动态研究[J]. 新疆农业科学, 2015(10): 1917-1925.
- [18] 陈生熬, 程 勇, 范镇明, 等. 塔里木河上游阿拉尔段水质的时空特征[J]. 水生态学杂志, 2014(5): 15-21.
- [19] 朱松泉. 中国条鳅志[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1989.
- [20] 陈生熬. 塔里木河叶尔羌高原鳅种群生态学研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [21] 李亮涛, 杨学芬, 杨瑞斌, 等. 雅鲁藏布江中游东方高原鳅的年龄与生长特性[J]. 华中农业大学学报, 2016(6): 117-123.
- [22] 陈生熬, 姚 娜, 宋 勇, 等. 塔里木河叶尔羌高原鳅形态性状对体质量的影响[J]. 新疆农业科学, 2017, 53(3): 546-556.
- [23] 冯晨光, 童 超, 张仁意, 等. 青藏高原东北部边缘高原鳅属鱼类的多样性与分布格局[J]. 生物多样性, 2017(1): 53-61.
- [24] 李亮涛, 杨学芬, 杨瑞斌, 等. 雅鲁藏布江中游东方高原鳅的年龄与生长特性[J]. 华中农业大学学报, 2016(6): 117-123.
- [25] 陈生熬, 姚 娜, 王智超, 等. 塔里木河叶尔羌高原鳅种群动态研究[J]. 新疆农业科学, 2015(10): 1917-1925.
- [26] 谢春刚, 马燕武, 郭 焱. 塔里木盆地鱼类生物地理学初步解析[J]. 水产学杂志, 2015(2): 40-46.
- [27] 陈生熬, 范镇明, 向 伟, 等. 塔里木河 2 种入侵鱼类的解剖学分析[J]. 新疆农垦科技, 2014(11): 26-28.
- [28] 陈生熬, 程 勇, 范镇明, 等. 塔里木河上游阿拉尔段水质的时空特征[J]. 水生态学杂志, 2014(5): 15-21.
- [29] 陈生熬, 谢从新, 宋 勇, 等. 塔里木河沙雅段叶尔羌高原鳅形态生物学研究[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(8): 1499-1504.
- [30] 陈生熬, 王 帅, 周 刚, 等. 塔里木河流域多浪水库浮游生物调查研究[J]. 塔里木大学学报, 2011, 23(3): 30-36.