

赵金发,邱龙辉,周琼,等.新疆车尔臣河叶尔羌高原鳅的年龄结构与生长特征[J].华中农业大学学报,2023,42(5):221-228.  
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2023.05.025

## 新疆车尔臣河叶尔羌高原鳅的年龄结构与生长特征

赵金发,邱龙辉,周琼,周小云,沈建忠

华中农业大学水产学院/长江经济带大宗水生生物产业绿色发展教育部工程研究中心,武汉 430070

**摘要** 为了更好地保护和开发利用塔里木河流域叶尔羌高原鳅资源,基于2019—2022年在塔里木河支流车尔臣河采集到的348尾样本,对叶尔羌高原鳅(*Triplophysa yarkandensis*)的年龄结构与生长特征进行研究。结果显示,采集到的样本体长分布范围为38~290 mm,体质量分布范围为0.8~271.6 g,年龄结构为1~11龄,体长体质量关系式为 $W=2.47\times10^{-5}L^{2.8562}$ 。von Bertalanffy生长方程雌性为: $L_t=407.2572[1-e^{-0.1117(t+0.9298)}]$ , $W_t=697.2606[1-e^{-0.1117(t+0.9298)}]^{2.8756}$ ;雄性为: $L_t=327.9114[1-e^{-0.1572(t+0.7154)}]$ , $W_t=373.9090[1-e^{-0.1572(t+0.9298)}]^{2.8353}$ 。表观生长指数分别为: $\phi_{\text{♀}}=4.2678$ , $\phi_{\text{♂}}=4.2280$ ,拐点年龄和对应的体长、体质量雌性为:8.5龄、265.63 mm、204.04 g;雄性为:5.9龄、212.26 mm、108.94 g。研究结果表明,车尔臣河的叶尔羌高原鳅群体的生长规格和自然寿命较长,生长速度也快于其他支流。

**关键词** 叶尔羌高原鳅;年龄结构;生长特性;车尔臣河

**中图分类号** Q959.46<sup>+8</sup> **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2023)05-0221-08

叶尔羌高原鳅(*Triplophysa yarkandensis*)隶属于鲤形目(Cypriniformes)鳅科(Cobitidae)条鳅亚科(Noemacheilinae)高原鳅属(*Triplophysa*),是塔里木河流域特有的鱼类。作为高原鳅属鱼类中体型最大的经济鱼类之一,叶尔羌高原鳅被《中国生物多样性红色名录·内陆鱼类》定为易危鱼类,《新疆维吾尔自治区重点保护水生野生动物名录》列为II级重点保护水生动物<sup>[1]</sup>,曾经因为肉质细腻、味道鲜美深受人们喜爱,并成为重要捕捞对象。但由于环境变化、人类活动加剧、外来种入侵等问题,其种群遭到破坏,数量大幅度减少,目前塔里木河流域的大部分水体叶尔羌高原鳅种群明显出现性成熟提前及小型化的状况<sup>[2-4]</sup>。因此,对叶尔羌高原鳅的资源保护问题日益受到关注,对其自然种群特征和生物学进行系统研究十分必要。

有关鱼类年龄与生长的研究报道有很多,其研究方法和理论也在不断更新与发展<sup>[5]</sup>。廖传松等<sup>[6]</sup>通过研究三峡水库蓄水后的鱼类资源及主要鱼类年龄与生长变化,发现三峡水库蓄水后鱼类群落呈空间梯度变化,重要鱼类种群呈现低龄化现象。刘乐乐等<sup>[7]</sup>分析了西藏双须叶须鱼(*Ptychobarbus di-*

*pogon*)的年龄和生长特点,认为双须叶须鱼趋向低龄化,应当予以充分关注。李筱芹等<sup>[8]</sup>对雅砻江上游厚唇裸重唇鱼(*Gymmodiptychus pachycheilus*)种群结构和生长进行了研究,结果表明其年龄趋于低龄化,体型趋于小型化,并具有自然寿命较长和生长缓慢等特征,推测雅砻江上游厚唇裸重唇鱼种群增长潜力较低,其野生资源的自然恢复将面临挑战。

车尔臣河(Qarqan River)是中国第一大内流河塔里木河的重要支流、塔里木河九大水系之一,位于巴音郭楞蒙古自治州境内,全长813 km,是塔里木河受到人类影响相对较小的支流之一<sup>[9-10]</sup>。其中分布有扁吻鱼(*Aspiorhynchus laticeps*)、新疆裸重唇鱼(*Gymmodiptychus dybowskii*)、塔里木裂腹鱼(*Schizothorax biddulphi*)、隆额高原鳅(*Triplophysa bombyfrons*)和叶尔羌高原鳅等新疆特有鱼类<sup>[11-12]</sup>。尽管目前对于塔里木河流域鱼类资源的研究众多,但是对于车尔臣河叶尔羌高原鳅全面的生物学研究尚未见报道。因此,本研究将车尔臣河的叶尔羌高原鳅群体作为研究对象,分析其年龄结构和生长特性,比较叶尔羌高原鳅在不同流域的生长情况,旨在丰富塔里木河流域叶尔羌高原鳅的生物学研究数据,为

收稿日期:2023-06-16

基金项目:农业农村部财政专项:西北地区重点水域渔业资源与环境调查(2019—2021)

赵金发, E-mail: zhaojf2019@163.com

通信作者: 沈建忠, E-mail: jzhsh@mail.hzau.edu.cn

塔里木河流域叶尔羌高原鳅的种质保护和开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样本采集

1)采样时间。在车尔臣河水域共开展了6次调查,调查站位分布见表1。

表1 车尔臣河水域调查站位分布表

Table 1 Sampling site in the Qarqan River

站位名称 Station name	站点 Site	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔/m Altitude
且末水电站 Qiemo Hydropower Station	Q1	85°41'43.28" E	37°43'59" N	1 750
龙口 Longkou	Q2	85°35'56.27" E	38°1'36.74" N	1 342
第二分水枢纽 The second diversion hub	Q3	85°30'49.93" E	38°12'51.44" N	1 209
环境检测站 Environmental testing station	Q4	85°46'30.77" E	38°28'3.65" N	1 125
五苇场 The fifth reed field	Q5	86°31'1.16" E	38°40'34.13" N	1 015
瓦石峡 Washixia	Q6	86°40'7.85" E	38°45'47.37" N	989
台特玛湖 Tetema Lake	Q7	88°16'53.54" E	39°28'46.79" N	789

### 1.2 调查方法及样品处理

利用地笼、刺网、抬网等工具进行采样。地笼(长度分别为:5、10、15 m,网眼直径为4 mm)下在岸边回水湾处;刺网(网眼:1、2、3 cm)斜截河道或横截回水湾;抬网(长8 m、高1.5 m、网眼2 cm)采用2~3人操作,垂直水流方向展开抬网,顺水流方向快速前行,围捕顶水鱼类等方法共捕获叶尔羌高原鳅544尾。现场解剖测量标准体长、全长、体质量、性腺质量、内脏质量和空壳质量等,长度精确到0.01 cm,体质量精确到0.01 g。对于较大个体,现场摘取微耳石和鳃盖骨;对于当年幼鱼及仔稚鱼,用95%乙醇保存鱼体,带回实验室在解剖镜下摘取微耳石,不取鳃盖骨。利用钙化组织分析法,以微耳石为主,鳃盖骨为辅对叶尔羌高原鳅进行年龄鉴定,并用孵化不到1个月的仔鱼个体的耳石确定首轮<sup>[3-4]</sup>。

将采集的耳石用乙醇清洗干净,保存于1.5 mL EP管中加95%乙醇带回实验室并进行固定、打磨和透明等操作:(1)固定:耳石凸面向上,用热熔胶包埋固定于载玻片上,24 h自然风干;(2)打磨:用1000#、2000#、2500#、3000#水磨砂纸打磨抛光,并随时在显微镜下观察,距离核心越近换用目数更高的砂纸,直至可以清晰观察到耳石核心时,用丙酮溶解热熔胶,将耳石翻面,用相同的方法打磨第二面;(3)透明:耳石磨至0.1~0.2 mm,耳石核心和外周轮纹较为清晰时,用二甲苯透明,并用中性树胶进行封片;(4)观察:将耳石磨片在显微镜透射光下观察,可以看到核心和明暗交错的环带,将完整的由透明带向不透明带转变处作为年轮,并拍照记录(图1A)。

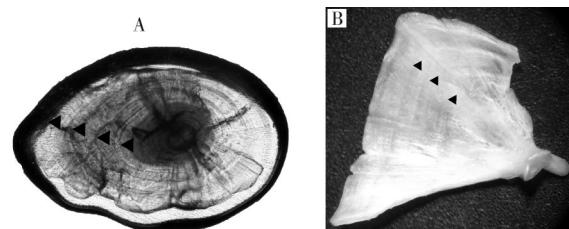
查,调查时间分别为2019年的5月(春)、8月(夏)、10月(秋)和2020年的6月(夏)、11月(秋)以及2021年的4—5月(春)。

2)采样站点。采用实地考察与历史调查数据相结合的调查布点方式,利用卫星地图进行站位布设,调查站位分布见表1。

表1 车尔臣河水域调查站位分布表

Table 1 Sampling site in the Qarqan River

将采集的鳃盖骨经过开水煮沸,用毛刷清理干净,烘干后装入牛皮纸袋中带回实验室并进行以下处理:(1)漂白:将鳃盖骨置于1%双氧水中漂白24~48 h;(2)烘干:将漂白后的鳃盖骨清洗干净,60 °C烘干;(3):观察:将处理好的鳃盖骨在解剖镜入射光下观察,并拍照记录(图1B)。



黑色箭头处为年轮标记。The black arrow is the annual ring.

图1 显微镜下叶尔羌高原鳅的耳石(A)和鳃盖骨(B)

Fig.1 The otoliths(A) and operculum(B) of *Triplophysa yarkandensis* under a microscope

### 1.3 数据分析

采用Keys公式对叶尔羌高原鳅的体长体质量关系进行回归分析,公式如下:

$$W=aL^b \quad (1)$$

式(1)中:W为体质量,g;L为体长,mm;a为生长的条件因子;b为幂指数系数。

将体长和体质量数据进行对数化处理,以lnW为协变量进行协方差分析(ANCOVA),检验不同性别体长体质量关系是否存在显著性差异,并采用Pauly-t检验比较异速生长指数(b)值和3(等速生长状态下的b值)是否存在显著性差异。Pauly-t检验公式为:

$$t = \frac{L_{SD}}{W_{SD}} \times \frac{|b-3|}{\sqrt{1-R^2}} \times \sqrt{n-2} \quad (2)$$

式(2)中: $L_{SD}$ 为体长对数值的标准差; $W_{SD}$ 为体质量对数值的标准差; $R$ 为相关系数; $n$ 为样品数。

采用von Bertalanffy生长方程拟合叶尔羌高原鳅的生长特征,公式如下:

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad (3)$$

$$W_t = W_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b \quad (4)$$

式(3)、(4)中: $L_t$ 、 $W_t$ 为 $t$ 龄时的体长和体质量; $L_{\infty}$ 、 $W_{\infty}$ 为渐进体长和体质量; $t_0$ 为理论上体长和体质量为0时的年龄; $k$ 为生长系数。

采用表观生长指数( $\phi$ )对同属鱼类生长性能进行比较,公式如下:

$$\phi = \lg k + 2 \lg L_{\infty} \quad (5)$$

生长拐点年龄( $t_i$ )计算公式如下:

$$t_i = \frac{\ln b}{k} + t_0 \quad (6)$$

式(5)、(6)中: $k$ 、 $b$ 、 $L_{\infty}$ 、 $W_{\infty}$ 均来自于生长方程参数。

采用Excel 2019、SPSS 24.0、Origin 2017进行数据统计分析,采用ArcMap 10.6、GoogleEarth Pro、Lightools进行图片处理。统计显著性标准设

为0.05。

## 2 结果与分析

### 2.1 群体特征

2019—2021年在塔里木河支流车尔臣河共采集到544尾叶尔羌高原鳅,其中348尾用于生长年龄研究,雌性157尾,雄性148尾,性别未辨43尾。叶尔羌高原鳅雌性个体体长范围为39~275 mm,平均体长为(165.9±47.42) mm,优势体长范围为120~210 mm,占总数的29.88%;体质量范围为0.87~266.96 g,平均体质量为(64.59±52.24) g,优势体质量范围为0~90 g,占总数的34.20%。雄性个体体长范围为62~290 mm,平均体长为(176.46±39.61) mm,优势体长范围为120~210 mm,占总数的32.18%;体质量范围为2.17~271.60 g,平均体质量为(74.89±48.57) g,优势体质量范围为30~120 g,占总数的31.61%。性别未辨鳅体长范围为38~145 mm,平均体长为(84.00±27.69) mm,优势体长范围为60~120 mm,占总数的7.76%;体质量范围为0.8~32.99 g,平均体质量为(8.91±7.74) g,优势体质量范围为0~30 g,占总数的12.07%(图2)。

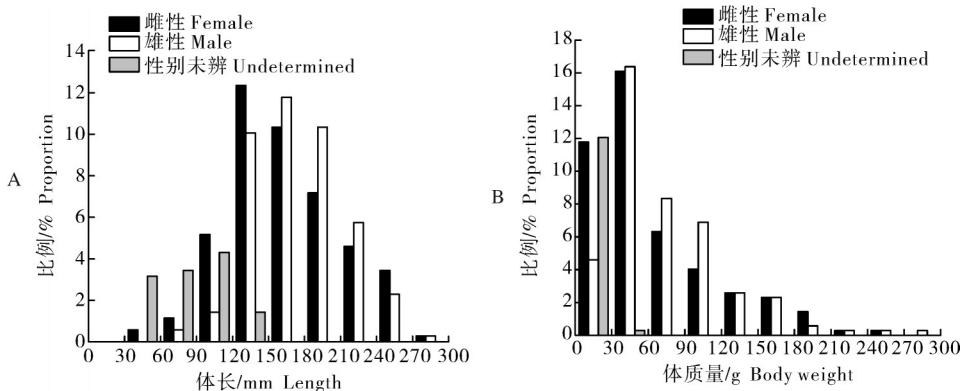


图2 叶尔羌高原鳅体长(A)和体质量(B)频数分布

Fig.2 Standard length(A) and body weight(B) frequency distribution of *Triplophysa yarkandensis*

### 2.2 年龄结构

叶尔羌高原鳅总体年龄范围为1~11龄,雌性个体年龄范围为1~10龄,2~5龄为优势年龄组,占总个体数的36.21%;雄性个体年龄范围为1~11龄,3~6龄为优势年龄组,占总个体数的36.49%;性别未辨个体年龄范围为1~4龄,1~2龄为优势年龄组,占总个体数的11.21%(图3)。

### 2.3 体长体质量关系

用实测法,对车尔臣河采集到的叶尔羌高原鳅雌性个体、雄性个体、性别未辨和种群总体的实测体

长和体质量数据分别进行拟合(图4),其体长和体质量关系均呈幂函数相关,回归方程如下:

雌性群体:  $W = 2.18 \times 10^{-5} L^{2.8756} (R^2 = 0.9439, n = 157)$ ;

雄性群体:  $W = 2.82 \times 10^{-5} L^{2.8353} (R^2 = 0.9308, n = 148)$ ;

性别未辨:  $W = 1.95 \times 10^{-5} L^{2.8843} (R^2 = 0.9277, n = 43)$ 。

协方差分析表明,叶尔羌高原鳅雌性和雄性体长与体质量方程差异不显著( $F = 1.459, P > 0.05$ ),故将其合并为种群总体的幂函数方程。

种群总体:  $W = 2.47 \times 10^{-5} L^{2.8562} (R^2 = 0.9469, n = 348)$ 。

经Pauly- $t$ 检验,叶尔羌高原鳅种群总体 $b$ 值显著小于3( $t = 3.917 > t_{0.05}$ ,  $P < 0.05$ ),表明叶尔羌高原

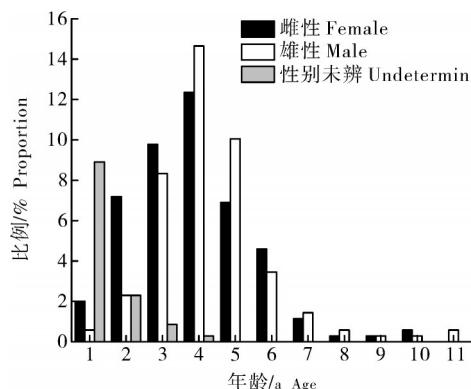


图3 叶尔羌高原鳅群体年龄结构分布

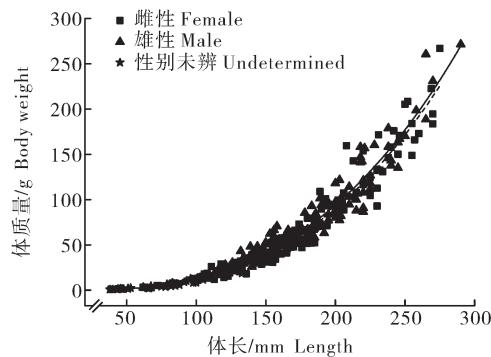
Fig.3 Age structure distribution of *Triplophysa yarkandensis*

图4 叶尔羌高原鳅群体体长体质量关系

Fig.4 Length-weight relationship of *Triplophysa yarkandensis*

鳅群体为负异速生长。

#### 2.4 生长方程

表2为性别未辨个体和性别可辨个体(雌、雄性)的样本量及实测体长均值。独立样本t-test结果显示,同年龄组实测体长由于性别不同而存在显著性差异( $P<0.05$ ),即叶尔羌高原鳅雌雄个体生长存在差异,所以需要分开拟合生长,根据实测体长拟合的von Bertalanffy生长方程如下:

$$\text{雌性: } L_t = 407.2572 [1 - e^{-0.1117(t+0.9298)}]$$

$$(R^2=0.7889, n=157)$$

$$\text{雄性: } L_t = 327.9114 [1 - e^{-0.1572(t+0.7154)}]$$

$$(R^2=0.7187, n=148)$$

将体长体质量关系式代入生长方程,得到体质生长方程:

$$\text{雌性: } W_t = 697.2606 [1 - e^{-0.1117(t+0.9298)}]^{2.8756}$$

$$\text{雄性: } W_t = 373.9090 [1 - e^{-0.1572(t+0.7154)}]^{2.8353}$$

由图5和表2可以看出,叶尔羌高原鳅在4龄之前雌雄个体生长非常接近,4龄之后,逐渐出现差异,相同年龄时雌性个体体长大于雄性个体,并随着年龄的增长,差异越来越明显。并且根据叶尔羌高

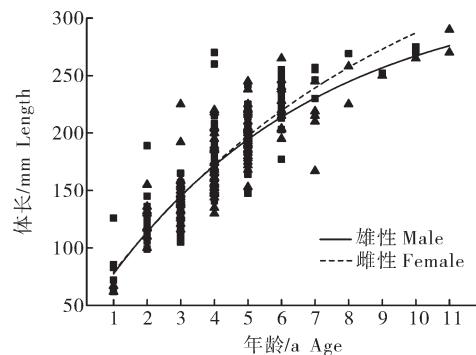


图5 叶尔羌高原鳅的年龄与体长关系

Fig.5 The relationship between age and standard length of *Triplophysa yarkandensis*

鳅von Bertalanffy生长方程的生长参数,得出叶尔羌高原鳅雌鱼和雄鱼的生长系数分别为 $k_{\varphi}=0.1117$ , $k_{\delta}=0.1572$ ,表观生长指数分别为: $\phi_{\varphi}=4.2678$ , $\phi_{\delta}=4.2280$ 。

体长生长不具有拐点,而体质量生长速度呈现先升后降的趋势,当体质量生长加速度为0时,体质量生长速度达到最大值,此点为体质量的生长拐点( $t_i$ ):

雌性的拐点年龄为8.5龄,此时的体长为265.63 mm,体质量为204.04 g;雄性的拐点年龄为5.9龄,此时的体长为212.26 mm,体质量为108.94 g。

## 3 讨 论

### 3.1 种群特征

鱼类种群特征可以从侧面反映鱼类生存现状,同种鱼类会因不同的环境而表现出不同生长速度、个体大小等,一般在相对较恶劣、捕捞强度大的条件下,鱼类个体会趋于小型化,性腺提前发育成熟,以保证可以利用更少的资源而达到延续种群的目的,而在较好的条件下,鱼类个体就会相对成长得更大,寿命更长<sup>[13-14]</sup>。目前在多项研究中发现叶尔羌高原鳅小型化严重<sup>[2-4]</sup>,而在车尔臣河的调查中发现,叶尔羌高原鳅平均体长为170.7 mm,平均体质量为173.9 g,明显大于其他水域叶尔羌高原鳅个体,包括塔里木河干流、阿拉尔段、沙雅段、克孜河、阿克苏河、和田河、叶尔羌河、台特玛湖及阿尔干。另外,车尔臣河中发现的叶尔羌高原鳅最大个体达290.0 mm、271.6 g,已接近历史发现最大个体300 mm、305 g(保存于新疆维吾尔自治区水产科学研究所)<sup>[15]</sup>,这一发现意义重大。车尔臣河内的叶尔羌高原鳅群体为最近相关研究中最大,原因可能与车尔臣河相比其他水域受到人类影响更小有关,车尔臣

表2 叶尔羌高原鳅不同年龄组的样本数和平均体长

Table 2 Number of specimens and range of standard length at age of *Triphlophysa yarkandensis*

年龄 Age	雌性Female			雄性Male			性别未辨Undetermined		
	数量 n	平均值±标准差/mm Mean±SD	范围/mm Range	数量 n	平均值±标准差/mm Mean±S.D.	范围/mm Range	数量 n	平均值±标准差/mm Mean±S.D.	范围/mm Range
1	7	73.07±27.21	39~126	2	64.50±2.50	62~67	31	71.83±21.36	38~101
2	25	122.58±18.43	99~189	8	124.75±16.03	100~155	8	108.75±9.62	96~124
3	34	137.05±15.11	105~165	29	144.60±20.78	116~225	3	123.33±8.65	112~133
4	43	173.37±26.37	141~270	51	168.14±21.02	130~220	1	145.00	145
5	24	193.50±20.65	147.5~242	35	196.97±19.79	153~245			
6	16	228.31±18.27	177~255	12	226.00±19.69	195~265			
7	4	247.00±10.65	230~257	5	211.20±25.19	167~245			
8	1	269.00	269	2	241.50±16.50	225~258			
9	1	252.00	252	1	250.00	250			
10	2	272.50±2.50	270~275	1	265.00	265			
11				2	280.00±10.00	270~290			

河地处新疆东南部,受到塔克拉玛干沙漠与阿尔金山脉的保护,周边人烟罕至,人类扰动较少。另外,车尔臣河拥有较为适合叶尔羌高原鳅生长繁殖的生态环境,其水道较宽,两岸长有芦苇、红柳等植物,有供叶尔羌高原鳅产卵、育幼的浅滩,适宜叶尔羌高原鳅的繁衍生长。因此,这也突出了对车尔臣河叶尔羌高原鳅群体研究的重要性,对其生物学进行更加详细的研究可为整个塔里木河流域叶尔羌高原鳅的保护及恢复提供科学依据。

### 3.2 种群生长参数

鱼类在自然界中生存,要不断适应环境,最终经过自然选择幸存下来的个体才能继续繁衍以壮大种群,然而受到自身遗传、环境指标、空间大小、食物数量等多方面的因素制约,鱼类也会通过调节自身繁殖、摄食、洄游等行为来应对自然环境的变化,其中年龄结构与生长特性最能表现出鱼类的生存状况<sup>[16]</sup>。

车尔臣河叶尔羌高原鳅群体年龄结构为1~11龄,这与克孜河<sup>[4]</sup>(2~11龄)和塔里木河阿拉尔段<sup>[17]</sup>(1~10龄)结果类似,略高于和田河<sup>[18]</sup>(1~7龄)、叶尔羌河<sup>[18]</sup>(1~7龄)和塔里木河干流<sup>[2]</sup>(1~5龄)群体,这可能与和田河和叶尔羌河位于塔里木河水系最上游、纬度和海拔与其他流域相差较大有关,而塔里木河干流可能由于水流量减少、外来物种侵入,进一步挤压了叶尔羌高原鳅等土著种的生存空间,使其逐渐小型化<sup>[19~20]</sup>。与其他高原鳅群体的年龄结构进行比较分析,如青海似鮈高原鳅(*T. siluroides*)<sup>[21]</sup>(1~5龄)、雅鲁藏布江东方高原鳅(*T. orientalis*)<sup>[22]</sup>(1~7龄)、大渡河麻尔柯河高原鳅<sup>[23]</sup>(2~8龄)等,车

尔臣河叶尔羌高原鳅也为较长寿的。

鱼类的生长特性能直观地表现出鱼类种群的发展情况,其生长是由自身基因和自然环境共同作用的结果,同一物种对于不同的环境条件会做出不同的反应,从而会表现出不同的生长状态而出现种间差异<sup>[24~27]</sup>。生长系数(*k*)、表观生长指数(*ϕ*)、*b*值、拐点年龄等都是评估鱼类种群生长潜力的关键参数<sup>[16]</sup>。*b*值是体长体质量关系的幂函数指数,是一个重要的生长参数,可以判断鱼类体长体质量是否等比例生长,*b*<3时,优先体长生长;*b*=3时,体长体质量等比例生长;*b*>3时,优先体质量生长<sup>[28]</sup>。本研究中雌性个体*b*值(2.875 6)略高于雄性个体*b*值(2.835 3),表明车尔臣河叶尔羌高原鳅为优先体长的异速生长类型,接近均速生长,并且雌性相比雄性更偏向于体质量生长,这是一种偏向于繁殖的生长策略,有利于性腺发育。车尔臣河叶尔羌高原鳅的*b*值结果与克孜河(2.988 9)<sup>[4]</sup>、阿克苏河(2.630 5)<sup>[29]</sup>、和田河(2.898 5)<sup>[18]</sup>和叶尔羌河(2.725 2)<sup>[18]</sup>群体结果相似,但是却明显高于塔里木河阿拉尔段(2.118 2)<sup>[17]</sup>、塔里木河沙雅段(2.327 2)<sup>[30]</sup>群体,低于塔里木河干流(3.195 9)<sup>[2,18]</sup>、阿尔干(5.612 0)<sup>[31]</sup>和台特玛湖(3.432 0)<sup>[31]</sup>群体。这可能与地理位置、环境条件和样本量的不同有关,说明即使是同一种鱼,生活环境不同、发育阶段不同,*b*值都有可能存在差异<sup>[32]</sup>。生长系数*k*能够反映鱼类的生长速率,0.05<*k*≤0.10时,属于缓慢生长类型;0.10<*k*≤0.20时,属于均速生长类型;0.20<*k*≤0.50时,属于快速生长类型<sup>[33~34]</sup>。本研究中叶尔羌高原鳅雌性个体*k*值为0.111 7,雄性个体*k*

值为0.1572,均为均速生长类型,雄性个体生长速度略高于雌性个体。结果与和田河(0.1117)<sup>[18]</sup>和叶尔羌河(0.1901)<sup>[18]</sup>群体相似,低于塔里木河干流群体(0.3388)<sup>[2,18]</sup>,这种差异除了环境因素外,还与样本个体大小有关,样本体长的极值是影响k值的最大因素<sup>[35]</sup>。拐点年龄也是反映鱼类生长现状的一个重要指标,本研究中叶尔羌高原鳅拐点年龄雌性个体为8.5264龄,雄性个体为5.9140龄,与和田河群体(9.0710龄)<sup>[18]</sup>相似,明显高于叶尔羌河群体(3.9548龄)<sup>[18]</sup>和塔里木河干流群体(1.8295龄)<sup>[2,18]</sup>,说明叶尔羌河和塔里木河干流群体鱼类性成熟提前,小型化更加严重。总的来说,塔里木河流域的叶尔羌高原鳅生长速度缓慢、生长性状不稳定、小型化严重,与近年来塔里木河流域盐碱度升高、含沙量增大,以及人类活动、水利枢纽建设和耕地面积增大等导致的断流,鱼类“三场”被破坏,入侵种的泛滥等原因密切相关<sup>[19,36]</sup>。

### 3.3 保护措施及展望

由于水利工程建设、修桥筑路工程、挖沙以及过度的农业用水,破坏鱼类生境,引起断流造成干支流连通性以及生境的片段化,导致叶尔羌高原鳅的种群隔离、交流受阻,导致补充群体数量不足,种群数量减少的速度加快。同时,在与外来物种与竞争中,土著种占据劣势,使生长缓慢、成熟年龄较迟的鱼类资源量逐年下降,已经临近濒危。针对上述问题,并结合叶尔羌高原鳅生物学特性提出以下保护措施及建议:(1)加大对野生鱼类保护的宣传力度,严厉打击非法捕捞行为,增强人们对这一珍贵野生动物资源的自觉保护意识。(2)就地建立叶尔羌高原鳅种质资源保护区,对这幸存的高质量栖息地加以保护,加强其种质资源的保护。(3)积极开展对叶尔羌高原鳅的科学的研究和人工繁殖工作,以人工授精、人工流水孵化的形式进行濒临物种的人工繁殖,对一些濒危的鱼类进行抢救性保护,建立活体种质资源库,开展人工增殖放流活动,在研究分析的基础上维持车尔臣河的生态流量以满足叶尔羌高原鳅繁殖所需。

### 参考文献 References

- [1] 陈生熬.叶尔羌高原鳅早期发育及盐碱适应生理机制[D].武汉:华中农业大学,2019.CHEN S A.Early development and physiological mechanism of salinity-alkalinity adaption of *Triplophysa yarkandensis* (Day) [D].Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2019(in Chinese with English abstract).
- [2] 阿达可白克·可尔江,霍堂斌,姜作发,等.塔里木河干流叶尔羌高原鳅种群生物学研究[J].水生态学杂志,2011,32(1):34-39.Adakbek·Kar jan, HUO T B, JIANG Z F, et al. Study on biological characters of *Triplophysa* (*Hedinichthys*) *yarkandensis* (Day) from the main stream of Tarim River [J]. Journal of hydroecology, 2011, 32(1):34-39 (in Chinese with English abstract).
- [3] 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.CHEN S A.Population ecology of loach in Yarkant Plateau of Tarim River [D].Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2012(in Chinese with English abstract).
- [4] 曾霖,唐文乔.叶尔羌高原鳅的年龄、生长与繁殖特征[J].动物学杂志,2010,45(5):29-38.ZENG L, TANG W Q.Age, body growth and reproductive characteristics of *Triplophysa yarkandensis* [J].Chinese journal of zoology, 2010, 45(5):29-38 (in Chinese with English abstract).
- [5] 朱国平,魏联.南极鱼类年龄与生长研究进展[J].水产学报,2017,41(10):1638-1647.ZHU G P, WEI L.Age and growth of Antarctic fish species: a review [J].Journal of fisheries of China, 2017, 41(10):1638-1647 (in Chinese with English abstract).
- [6] 廖传松,陈思宝,叶少文,等.三峡水库鱼类群落结构及主要鱼类种群年龄与生长[J].中国水产科学,2021,28(6):695-702.LIAO C S, CHEN S B, YE S W, et al. Fish assemblage structure and age and growth of the primary fish populations in the Three Gorges Reservoir [J].Journal of fishery sciences of China, 2021, 28 (6) : 695-702 (in Chinese with English abstract).
- [7] 刘乐乐,刘海平,王纤纤,等.西藏双须叶须鱼年龄与生长特点研究[J].生物资源,2020,42(6):617-628.LIU L L, LIU H P, WANG Q Q, et al. Age and growth characteristics of *Ptychochobanus dipogon* in Tibet [J].Biotic resources, 2020, 42(6): 617-628 (in Chinese with English abstract).
- [8] 李筱芹,郑江,万卓坤,等.雅砻江上游厚唇裸重唇鱼种群结构与生长研究[J].生态学报,2023(16): 1-18.LI X Q, ZHENG J, WAN Z K, et al. Population structure and growth characteristics of *Gymnodiptynchus pachycheilus* in the upper reach of Yalong River [J].Acta ecologica sinica, 2023(16): 1-18 (in Chinese with English abstract).
- [9] 达伟,王书峰,沈永平,等.1957—2019年昆仑山北麓车尔臣河流域水文情势及其对气候变化的响应[J].冰川冻土,2022,44(1):46-55.DA W, WANG S F, SHEN Y P, et al. Hydrological response to the climatic changes in the Qarqan River Basin at the northern slope of Kunlun Mountains during 1957—2019 [J].Journal of glaciology and geocryology, 2022, 44(1):46-55 (in Chinese with English abstract).
- [10] HOU Y F, CHEN Y N, DING J L, et al. Ecological impacts of land use change in the arid Tarim River Basin of China [J/OL]. Remote sensing, 2022, 14 (8) : 1894 [2023-06-16].<https://doi.org/10.3390/rs14081894>.
- [11] 马燕武,郭焱,张人铭,等.新疆塔里木河水系土著鱼类区系

- 组成与分布[J].水产学报,2009,33(6):949-956.MA Y W, GUO Y, ZHANG R M, et al. Fauna composition and distribution of aboriginal fish in the Tarim River of Xinjiang Uygur Autonomous Region[J]. Journal of fisheries of China, 2009, 33 (6):949-956 (in Chinese with English abstract).
- [12] 王智超,姜作发,张长征,等.塔里木河流域土著鱼类名录文献考究及检索表的编制[J].渔业科学进展,2010,31(1):15-18. WANG Z C, JIANG Z F, ZHANG C Z, et al. Checklist literature study and compilation of bracketed keys for indigenous fishes Tarim River Basin [J]. Progress in fishery sciences, 2010, 31(1):15-18 (in Chinese with English abstract).
- [13] 刘其根,沈建忠,陈马康,等.天然经济鱼类小型化问题的研究进展[J].上海水产大学学报,2005,14(1):79-83. LIU Q G, SHEN J Z, CHEN M K, et al. Advances of the study on the miniaturization of natural economical fish resources[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2005, 14(1):79-83 (in Chinese with English abstract).
- [14] VIEIRA A R, SEQUEIRA V, NEVES A, et al. Reproductive strategy of forkbeard, *Phycis phycis*, from the Portuguese coast [J]. Helgoland marine research, 2016, 70(1):1-15.
- [15] 陈生熬,马春晖,丁慧萍,等.塔里木河叶尔羌高原鳅繁殖生物学研究[J].水生生物学报,2013,37(5):810-816. CHEN S A, MA C H, DING H P, et al. The reproductive biology of *Triplophysa (hedinichthys) yarkandensis* (day) in Tarim River [J]. Acta hydrobiologica sinica, 2013, 37(5):810-816 (in Chinese with English abstract).
- [16] 殷名称.鱼类生态学[M].北京:中国农业出版社,1995. YIN M C. Fish ecology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995 (in Chinese).
- [17] 陈生熬,姚娜,任道全,等.塔里木河上游叶尔羌高原鳅种群结构研究[J].东北农业大学学报,2014,45(8):90-97. CHEN S A, YAO N, REN D Q, et al. Study on the population structure of *Triplophysa (Hedinichthys) yarkandensis* (Day) in the upper reaches of Tarim River [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2014, 45(8):90-97 (in Chinese with English abstract).
- [18] 王新月.叶尔羌高原鳅年龄、生长、繁殖和种群判别的研究[D].阿拉尔:塔里木大学,2022. WANG X Y. Age, growth, reproduction and population discrimination of *Triplophysa yarkandensis* [D]. Alar: Tarim University, 2022 (in Chinese with English abstract).
- [19] 王德忠.塔里木河鱼类区系变化及土著鱼类保护问题[J].干旱区研究,1995,12(3):54-59. WANG D Z. The changes of fishes fauna and protections of aboriginal fishes in the Tarim River [J]. Arid zone research, 1995, 12(3):54-59 (in Chinese with English abstract).
- [20] HUO T B, JIANG Z F, KARJAN A, et al. Length-weight relationships of 16 fish species from the Tarim River, China [J]. Journal of applied ichthyology, 2012, 28(1):152-153.
- [21] 姚娜,马良,金珊珊,等.青海北川河流域拟鮈高原鳅生长特性研究[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2019,40(6):5-10. YAO N, MA L, JIN S S, et al. Growth characteristics of *Triplophysa siluroides* (herzenstein) in Beichuanhe Basin of Qinghai [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University (natural science edition), 2019, 40(6):5-10 (in Chinese with English abstract).
- [22] 李亮涛.雅鲁藏布江中游东方高原鳅年龄生长和种群动态研究[D].武汉:华中农业大学,2016. LI L T. Study on age, growth and population dynamics of *Triplophysa orientalis* in the middle reaches of Yarlung Zangbo Tsangpo River, Tibet [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016 (in Chinese with English abstract).
- [23] 张雪飞,何春林,宋昭彬.大渡河上游麻尔柯河高原鳅的年龄与生长[J].动物学杂志,2010,45(4):11-20. ZHANG X F, HE C L, SONG Z B. Age and growth of *Triplophysa markeheensis* from the markehe river in upper reaches of the Dadu River [J]. Chinese journal of zoology, 2010, 45(4):11-20 (in Chinese with English abstract).
- [24] 刘成杰,张志明,马徐发,等.新疆额尔齐斯河银鲫年龄鉴定比较与生长特征研究[J].水生态学杂志,2015,36(6):51-58. LIU C J, ZHANG Z M, MA X F, et al. Comparative study of age determination and growth characteristics for *Carassius auratus gibelio* in the Irtysh River, Xinjiang [J]. Journal of hydroecology, 2015, 36 (6) : 51-58 (in Chinese with English abstract).
- [25] BOISCLAIR D, LEGGETT W C. Among-population variability of fish growth: II. Influence of prey type [J]. Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 1989, 46(3):468-482.
- [26] BOISCLAIR D, LEGGETT W C. Among-population variability of fish growth: III. Influence of fish community [J]. Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 1989, 46 (9) : 1539-1550.
- [27] SMOLIŃSKI S, BERG F. Varying relationships between fish length and scale size under changing environmental conditions—multidecadal perspective in Atlantic herring [J/OL]. Ecological indicators, 2022, 134 [2023-06-16]. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108494>.
- [28] 田波,吴金明,梁孟,等.长江中游武汉江段铜鱼的年龄与生长[J].水产学报,2021,45(1):68-78. TIAN B, WU J M, LIANG M, et al. Age and growth of *Coreius heterodon* from Wuhan stretch of the middle Yangtze River [J]. Journal of fisheries of China, 2021, 45 (1) : 68-78 (in Chinese with English abstract).
- [29] 任波,马燕武,吐尔逊,等.阿克苏河叶尔羌高原鳅 *Triplophysa (hedinichthys) yarkandensis* (Day) 生物学研究[J].水产学杂志,2004,17(1):46-52. REN B, MA Y W, Turson, et al. The study on the biology of *Triplophysa (hedinichthys) yarkandensis* (Day) in Akesu River [J]. Chinese journal of fisheries, 2004, 17(1):46-52 (in Chinese with English abstract).
- [30] 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.
- CHEN S A, XIE C X, SONG Y, et al. Morphological biology of *Triplophysa (hedinichthys) yarkandensis* (day) in Shaya section of Tarim River[J]. Xinjiang agricultural sciences, 2011, 48 (8):1499-1504 (in Chinese with English abstract).
- [31] 王锦秀,任道全,王新月,等.塔里木河下游河段叶尔羌高原鳅形态生物学研究[J].家畜生态学报,2021,42(8):58-63.
- WANG J X, REN D Q, WANG X Y, et al. Morphological biology of *Triplophysa yarkandensis* in the lower reaches of Tarim River[J]. Journal of domestic animal ecology, 2021, 42 (8):58-63 (in Chinese with English abstract).
- [32] 谢从新.鱼类学[M].北京:中国农业出版社,2010.XIE C X. Ichthyology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2010 (in Chinese with English abstract).
- [33] BRANSTETTER S G. Biological parameters of the sharks of the northwestern gulf of mexico in relation to their potential as a commercial fishery resource (age, growth)[D]. Texas: Tex- as A&M University, 1986.
- [34] 王健,张富斌,胡华明,等.雅鲁藏布江下游弧唇裂腹鱼的年龄结构与生长特性[J].水生生物学报,2022,46(12):1770-1779.
- WANG J, ZHANG F B, HU H M, et al. Characteristics of age and growth of *Schizothorax curvifrons* in the lower reaches of Yarlung Zangbo River[J]. Acta hydrobiologica sinica, 2022, 46(12):1770-1779 (in Chinese with English abstract).
- [35] CAMPANA S E. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods [J]. Journal of fish biology, 2001, 59 (2):197-242.
- [36] TAO H, GEMMER M, BAI Y G, et al. Trends of streamflow in the Tarim River Basin during the past 50 years: human impact or climate change? [J]. Journal of hydrology, 2011, 400(1/2):1-9.

## Age structure and growth characteristics of *Triplophysa yarkandensis* in the Qarqan River, Xinjiang

ZHAO Jinf, QIU Longhui, ZHOU Qiong, ZHOU Xiaoyun, SHEN Jianzhong

College of Fisheries, Huazhong Agricultural University/Engineering Research Center of Green Development for Conventional Aquatic Biological Industry in the Yangtze River Economic Belt, Wuhan 430070, China

**Abstract** In order to better protect and exploit the resources of *Triplophysa yarkandensis* in the Tarim River basin, based on 348 samples collected in the Qarqan River, a tributary of the Tarim River, from 2019 to 2022, the age structure and growth characteristics of *T. yarkandensis* were studied. The results showed that the collected samples had a body length distribution range of 38-290 mm and a body weight distribution range of 0.8-271.6 g. The age structure was 1-11 years old, and the body length weight relationship equation was  $W=2.47\times10^{-5}L^{2.8562}$ . The Von Bertalanffy growth equations of the female were:  $L_t=407.2572[1-e^{-0.1117(t+0.9298)}]$ ,  $W_t=697.2606[1-e^{-0.1117(t+0.9298)}]^{2.8756}$ ; and of the male were:  $L_t=327.9114[1-e^{-0.1572(t+0.7154)}]$ ,  $W_t=373.9090[1-e^{-0.1572(t+0.9298)}]^{2.8353}$ . The apparent growth indexes were:  $\phi_{\text{♀}}=4.2678$  and  $\phi_{\text{♂}}=4.2280$ . The inflection point age, corresponding body length and weight for females were: 8.5 years old, 265.63 mm and 204.04 g; and for males were: 5.9 years old, 212.26 mm and 108.94 g, respectively. The results showed that the growth size and natural life of the population of *T. yarkandensis* in the Qarqan River was larger, and the growth rate was faster than that of other tributaries.

**Keywords** *Triplophysa yarkandensis*; age structure; growth properties; Qarqan River

(责任编辑:边书京)