

# 西藏浪错兰格湖裸鲤种群繁殖生物学特征

刘飞<sup>①</sup> 牟振波<sup>①</sup> 王且鲁<sup>①</sup> 刘海平<sup>①</sup> 韦慧<sup>②</sup>

张怵怵<sup>③</sup> 扎西拉姆<sup>①</sup> 周建设<sup>①</sup> 张驰<sup>①\*</sup>

① 西藏自治区农牧科学院水产科学研究所 拉萨 850032; ② 中国水产科学研究院珠江水产研究所, 农业部休闲渔业重点实验室 广州 510380; ③ 中国水产科学研究院东海水产研究所 上海 200940

**摘要:** 2017年7月至2018年6月,于西藏自治区昂仁县浪错采集兰格湖裸鲤(*Gymnocypris chui*) 307尾,开展种群繁殖生物学研究。结果显示,浪错兰格湖裸鲤在3~5月性成熟系数较高。雌性最小性成熟个体年龄为7龄,体长217 mm,体重122.68 g,成熟系数为3.92%;雄性最小性成熟个体年龄为6龄,体长198 mm,体重91.93 g,成熟系数为3.34%。其平均成熟卵径为2.18 mm,卵径分布为单峰型。绝对繁殖力为862~8 933粒/尾,平均绝对繁殖力为(2 885±2 765)粒,相对繁殖力为7~43粒/g,平均相对繁殖力为(15±11)粒/g。绝对繁殖力与体长和体重呈显著正相关,相对繁殖力与体长、体重的相关性不显著。繁殖群体性比(♀:♂)为1:0.967,符合1:1比例。

**关键词:** 兰格湖裸鲤; 性腺发育; 周年变化; 繁殖力

**中图分类号:** S917.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2020) 01-058-09

## Reproductive Biology Characteristics in Population of *Gymnocypris chui* in the Lake Lang Tso, Tibet, China

LIU Fei<sup>①</sup> MOU Zhen-Bo<sup>①</sup> WANG Qie-Lu<sup>①</sup> LIU Hai-Ping<sup>①</sup> WEI Hui<sup>②</sup>  
ZHANG Bian-Bian<sup>③</sup> Zhaxi Lamu<sup>①</sup> ZHOU Jian-She<sup>①</sup> ZHANG Chi<sup>①\*</sup>

① Aquatic Science Institute, Tibet Academy of Agriculture and Animal Husbandry Science, Lhasa 850032; ② Key Laboratory of Recreational Fisheries Research, Ministry of Agriculture, Guangzhou, Pearl River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510380; ③ East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200940, China

**Abstract:** *Gymnocypris chui*, also known as the Zhus naked carp, belongs to *Gymnocypris*, Schizothoracinae, Cyprinidae, Cypriniformes, which was mainly distributed in the Lake Lang Tso, Ngamring County, Shigatse City, Tibet Autonomous Region. The regionality and particularity of the living geographical environment for *G. chui* made it very sensitive to external disturbance. Once the population resources were broken, it would be difficult to recover. The study of fish life history was of great significance to the protection and exploitation of fish resources, and reproductive biology was an important part of the study of life history. To understand

**基金项目** 农业部财政专项“西藏重点水域渔业资源与环境调查”, 西藏自治区自然基金项目(No. XZ2018ZRG-55(Z));

\* 通讯作者, E-mail: zc0891@163.com;

**第一作者简介** 刘飞, 男, 研究实习生; 研究方向: 鱼类生态学及渔业资源保护; E-mail: liufei636@163.com。

收稿日期: 2019-07-28, 修回日期: 2019-12-20 DOI: 10.13859/j.cjz.202001008

reproductive biology of *G. chui*, total 307 specimens were collected from July 2017 to June 2018 in the Lang Tso, Ngamring County, Tibet (Fig. 1 & Table 1). The total length, body length (accurate to 0.1cm) and total weight (accurate to 0.01 g) were measured in fresh state after sampling. After dissection, the weight of gonad and eviscerated body weight were weighed (accurate to 0.01 g). Gender and gonadal development were judged according to the description in references. The ovaries at mature stage (IV, V) were taken for about 5g and fixed with 6% formalin solution, and then counted with a counter. Two hundred eggs were randomly sampled from different parts of IV ovaries. The diameter of eggs (accurate to 0.01mm) was measured by micrometer. The results showed that the shape of anal fin could be used as a preliminary tool for sex discrimination of *G. chui*. The female's anal fin was oval. With a slightly pointed end and smooth edge, while the male's anal fin had a notched edge, and the last three branch fins had horny barbs (Fig. 2). The gonadosomatic index (GSI) of females and males *G. chui* was relative high from March to May (Fig. 3). The mean oocyte diameter was 2.18 mm, which is unimodal distribution (Fig. 4). Fulness and GSI showed the opposite trend (Fig. 5). The range of absolute fecundity was from 862 to 8 933 eggs. The mean absolute fecundity was  $2\ 885 \pm 2\ 765$  eggs and the mean relative fecundity was 15 eggs /g (Table 2). Absolute fecundity positively correlate with body length and body weight, while relative fecundity had no significant correlation with body length and body weight (Fig. 6 & Fig. 7). The minimum size and weight were 217 mm and 122.68 g for mature females, and 198 mm and 91.93 g for mature males. The GSI were 3.92% for females and 3.34% for males. The minimum age at maturity was 7 for females and 6 for males. Sex ratio ( $\text{♀} : \text{♂}$ ) was 1 : 0.967, which is consistent with the 1 : 1 ratio (Table 3). During the investigation period, the water temperature of the rivers entering the lake ranged from 2.2 to 15.9 °C during the non-stop flow period and the freezing period, and the flow velocity ranged from 0.1 to 0.6 m/s (Table 4). These results suggest that *G. chui* had more yolk substances which can provide more nutrients for larvae to hatch. These results also reflect that *G. chui* experience more the environmental pressure in the Lang Tso.

**Key words:** *Gymnocypris chui*; Gonad development; Year cycle; Fecundity

兰格湖裸鲤 (*Gymnocypris chui*), 别名朱氏裸鲤、翘嘴裸鲤, 隶属于鲤形目 (Cypriniformes) 鲤科 (Cyprinidae) 裂腹鱼亚科 (Schizothoracinae), 主要分布于西藏自治区日喀则市昂仁县的浪错, 并在阿里地区的兰噶错、公珠错及玛旁雍错分布着其长颌亚种 (武云飞等 1992)。兰格湖裸鲤的成鱼主要栖息于湖泊中、下层, 而幼鱼主要在近岸湍水处及入湖河流岸边活动; 其以植食性为主, 兼食湖泊及入湖河流中的浮游动物和底栖动物 (张春光等 1995)。

兰格湖裸鲤生活地理环境的区域性和特殊性使其对外界干扰十分敏感, 种群资源较易受到破坏, 而分布区域的狭小性必然导致其种群

资源一旦遭到破坏将很难恢复。繁殖生物学研究是生活史研究的重要组成部分, 开展鱼类生活史研究对其资源保护及开发利用具有重要意义 (Helfman 2007, 李建生等 2015)。有关兰格湖裸鲤的研究极少, Li 等 (2017) 报道了浪错兰格湖裸鲤的体长-体重关系。本研究在浪错逐月采样, 探索兰格湖裸鲤的繁殖生物学特征, 旨在丰富其生物学资料, 为渔业管理部门分析评估其种群动态和数量提供数据支持, 并为其资源保护及开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样本采集

浪错 (29°12'33"N, 87°23'05"E, 图 1) 又

名兰格湖，位于西藏昂仁县境内，湖面海拔 4 300 m，滨湖为海拔 4 500 ~ 4 800 m 的山地环绕，湖岸陡峭，布玛河（全长 9.5 km）为唯一的常年性入湖河流从东北部注入浪错。浪错东西长 6.9 km，南北平均宽 1.7 km，最大宽 2.3 km，湖面面积约 12.1 km<sup>2</sup>。2017 年 7 月至 2018 年 6 月，以地笼和三层刺网（网目 20 ~ 50 mm）于浪错近岸水域采集兰格湖裸鲤 307 尾，其中鉴定性别的 278 尾（表 1）。

**1.2 样本处理**

样本采集后于新鲜状态下测量其全长、体长（精确到 0.1 cm）和体重（精确到 0.01 g）。解剖后称量其性腺质量和空壳质量（精确到 0.01 g），并参考文献（殷名称 1995，刘飞等 2017，郜星辰等 2018）中的描述判断性别和性腺发育期。取成熟期（IV、V 期）卵巢 5 g 左右，用 6% 的福尔马林溶液固定，用计数器进

行卵粒计数（刘明典等 2015）。从 IV 期卵巢各部位随机抽取 200 粒已积累卵黄的卵，使用测微尺测量卵径，精确至 0.01 mm（蓝昭军等 2015，刘海平等 2018）。从颅腔内取出微耳石并清洗晾干，用指甲油固定于载玻片上，使用 1 500 # 水砂纸先进行粗磨，再用 2 000 # 水砂纸细磨，直至在显微镜下观察到中心核和清晰轮纹，判读年龄。以半数以上同龄个体达到性腺发育 IV 期及以上的年龄作为群体的最小繁殖年龄，并计算其平均体长、体重和成熟系数。使用温度计及流速仪（SL-50B，合众博普）测定入湖河流布玛河的周年水温与流速变化。

**1.3 数据处理**

分别计算以下繁殖指标，成熟系数 = (性腺质量/空壳质量) × 100%，丰满度 = (空壳质量/体长<sup>3</sup>) × 100，绝对繁殖力 = (样品卵粒数/卵巢样品质量) × 卵巢质量，相对繁殖力 = 绝

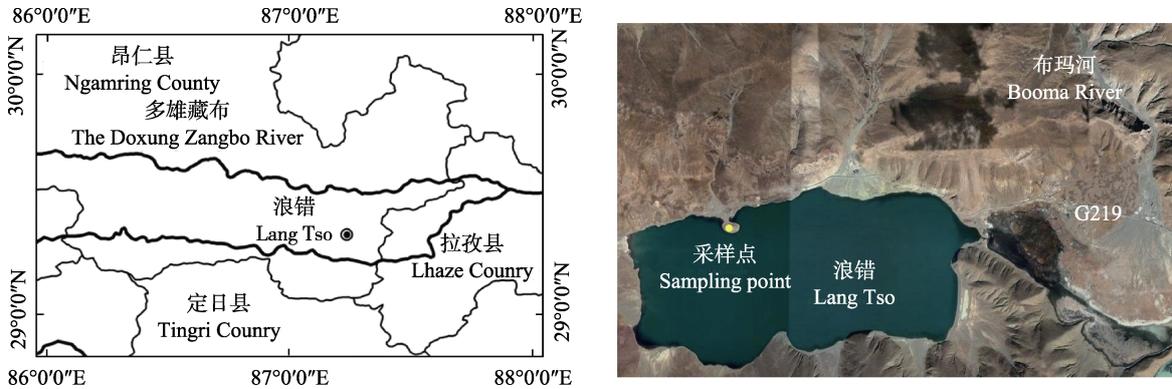


图 1 浪错地理位置和采样点示意图

Fig. 1 The geographical position and sampling point of the Lang Tso

表 1 浪错兰格湖裸鲤样本采集数量

Table 1 Individuals of *Gymnocypris chui* collected in each month in the Lang Tso

	采样月份 Month												合计 Total (ind)
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
雌 Female (ind)	21	16	14	9	18	5	9	4	8	4	26	15	149
雄 Male (ind)	17	20	10	9	9	6	7	5	6	7	9	24	129
合计 Total (ind)	38	36	24	18	27	11	16	9	14	11	35	39	278

对繁殖力/空壳质量。

使用直线式  $F = a + bL$  和  $F = a + bW$  以及幂函数  $F = aL^b$  和  $F = aW^b$  分别拟合兰格湖裸鲤的绝对繁殖力 ( $F$ , 单位粒) 与体长 ( $L$ , 单位 mm)、体重 ( $W$ , 单位 g) 的关系, 式中,  $a$ 、 $b$  为常数。

使用 SPSS 22.0 和 Excel 2007 进行数据分析, 使用  $t$  检验对绝对繁殖力 ( $F$ ) 与体长 ( $L$ )、体重 ( $W$ ) 的关系式进行显著性检验, Adobe Illustrator CS5 和 Photoshop CS6 进行图片处理。

## 2 结果

### 2.1 兰格湖裸鲤雌、雄鱼外形区别及第二性征

臀鳍形状可以作为初步判别兰格湖裸鲤性别的指标。兰格湖裸鲤雌鱼的臀鳍呈椭圆叶状, 末端略尖, 边缘平滑无缺 (图 2a); 雄鱼的臀鳍形状与雌鱼相似, 但边缘有明显缺刻, 且最后 3 枚分支鳍条有角质倒钩 (图 2b)。

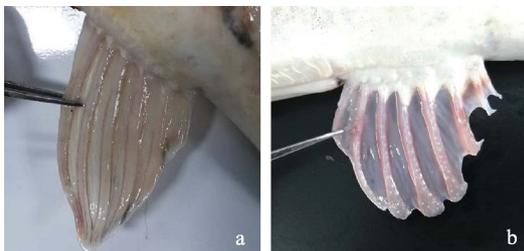


图 2 浪错兰格湖裸鲤雌 (a)、雄 (b) 鱼臀鳍形态  
Fig. 2 Anal fin morphology in female (a) and male (b) of *Gymnocypris chui* in the Lang Tso

性成熟的兰格湖裸鲤在繁殖季节会出现第二性征, 臀鳍较冬季明显增厚, 雄鱼的身体各处会出现大量质感粗糙的珠星, 尤其是臀鳍部位的珠星较体表其他部位的更大; 雌鱼体表也有珠星出现, 但珠星大小和数量较雄鱼远远不足, 仅在臀鳍、尾柄及尾鳍处出现少量珠星。

**基金项目** 农业部财政专项“西藏重点水域渔业资源与环境调查”, 西藏自治区自然基金项目 (No. XZ2018ZRG-55(Z));

\* 通讯作者, E-mail: zc0891@163.com;

**第一作者介绍** 刘飞, 男, 研究实习员; 研究方向: 鱼类生态学及渔业资源保护; E-mail: liufei636@163.com。

收稿日期: 2019-07-28, 修回日期: 2019-12-20 DOI: 10.13859/j.cjz.202001008

### 2.2 成熟系数与性腺发育期的周年变化

统计 278 尾 (雌 149 尾, 雄 129 尾) 个体的成熟系数周年变化 (图 3)。7 月份, 雌鱼的成熟系数处于周年最低值 (3.11%); 10 月至翌年 2 月越冬期间 82.22% 的雌鱼卵巢为 IV 期, 3 月开始成熟系数显著上升, V 期卵巢显著增多, 并发现少量产后亲鱼; 4 和 5 月卵巢主要位于 IV 和 V 期, 5 月成熟系数处于周年最高值 (15.98%), 6 月份随着繁殖活动的结束, VI 期卵巢出现比例剧增, 成熟系数迅速下降。雄鱼的成熟系数及性腺发育期的周年变化基本与雌鱼保持一致, 在 8 月份处于周年最低值 (3.17%), 10 月至翌年 2 月越冬期间成熟系数逐渐上升并维持较高水平, 且此时 90.22% 的雄鱼精巢位于 IV 期; 3 月和 4 月成熟系数迅速上升, 并在 5 月达到峰值 (8.92%); 之后成熟系数迅速降低。

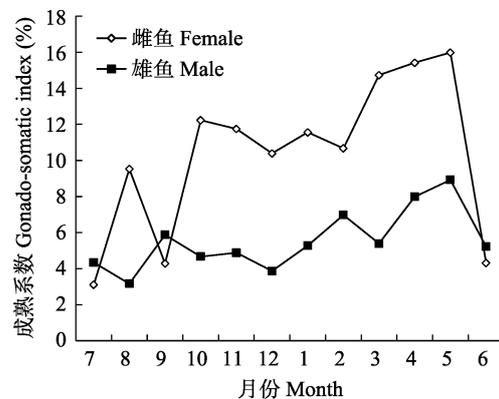


图 3 浪错兰格湖裸鲤雌、雄鱼成熟系数的周年变化  
(2017 年 7 月至 2018 年 6 月)

Fig. 3 Annual variation of gonadosomatic index (GSI) in female and male of *Gymnocypris chui* in the Lang Tso (2017/7-2018/6)

### 2.3 兰格湖裸鲤的卵径分布

278 尾样本中性腺发育位于IV期的雌鱼共 79 尾。兰格湖裸鲤雌鱼的卵巢自 9 月份开始发育, 10 月至翌年 2 月越冬期间卵粒数及平均卵径不断上升, 在 4 至 5 月份达到最高。IV 期雌鱼全年平均卵径 ( $2.07 \pm 0.61$ ) mm, 4 至 5 月平均卵径 2.18 mm, 大于全年其他月份平均卵径。卵径分布呈单峰形 (图 4), 推测兰格湖裸鲤属于同步产卵类型鱼类。

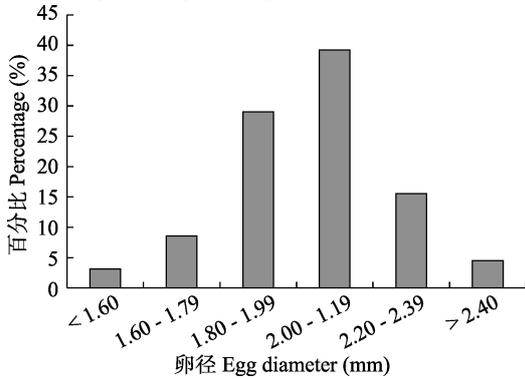


图 4 79 尾IV期浪错兰格湖裸鲤的卵径分布  
Fig. 4 Oocyte diameter distribution in 79 *Gymnocypris chui* in the Lang Tso at stage IV

### 2.4 兰格湖裸鲤的丰满度

雌鱼丰满度在 10 月出现峰值, 之后进入越冬期整体呈下降趋势, 至繁殖期开始迅速下降, 并在 5 月达到谷值, 5 月繁殖期结束后, 丰满度开始回升。雄鱼丰满度在 9 月份出现峰值, 之后同雌鱼一样, 在越冬期至繁殖期间不断下降, 5 月份达到谷值后迅速回升 (图 5)。

### 2.5 兰格湖裸鲤的繁殖力

79 尾IV期兰格湖裸鲤雌鱼的体长为 195 ~ 322 mm, 体重为 104.79 ~ 460.00 g, 绝对繁殖力为 862 ~ 8933 粒/尾, 均值 ( $2\ 885 \pm 2\ 765$ ) 粒/尾; 相对繁殖力 7 ~ 43 粒/g, 均值为 ( $15 \pm 11$ ) 粒/g (表 2)。

使用直线式和幂函数分别拟合兰格湖裸鲤

的绝对繁殖力 ( $F$ ) 与体长 ( $L$ )、体重 ( $W$ ) 的关系:  $F = 408.257L - 7\ 226.09$  ( $n = 79, R^2 = 0.774, P < 0.01$ ),  $F = 0.053L^{3.377}$  ( $n = 79, R^2 =$

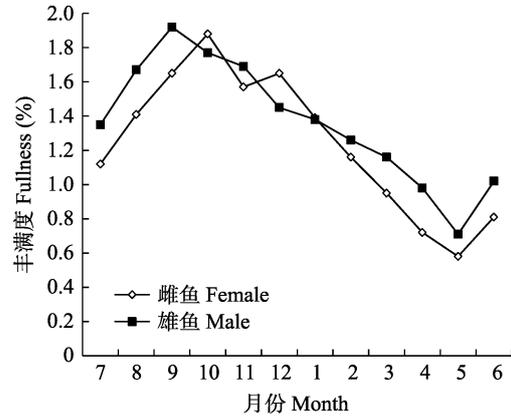


图 5 浪错兰格湖裸鲤丰满度的周年变化  
Fig. 5 Annual variation of fullness of *Gymnocypris chui* in the Lang Tso

0.756,  $P < 0.01$ ) (图 6a);  $F = 17.057W - 129.425$  ( $n = 79, R^2 = 0.763, P < 0.01$ ),  $F = 9.759 W^{1.093}$  ( $n = 79, R^2 = 0.686, P < 0.01$ ) (图 6b)。兰格湖裸鲤的绝对繁殖力 ( $F$ ) 与体长 ( $L$ )、体重 ( $W$ ) 的直线式相关系数均大于幂函数关系式, 表明其绝对繁殖力 ( $F$ ) 与体长 ( $L$ )、体重 ( $W$ ) 呈直线相关, 随体长 ( $L$ )、体重 ( $W$ ) 的增加而增加。

当兰格湖裸鲤的体长处于 300 mm 以下时, 其相对繁殖力的均值 ( $15 \pm 7$ ) 粒/g 与体长成正比; 体长在 300 ~ 322 mm 之间时, 其相对繁殖力维持在 15 粒/g (图 7a)。当兰格湖裸鲤的体重小于 300 g 时, 其相对繁殖力的均值 ( $19 \pm 3$ ) 粒/g 与体重成正比; 体重在 300 ~ 400 g 之间时, 相对繁殖力呈现下降趋势; 体重大于 400 g 时, 相对繁殖力保持在 12 粒/g; 相

表 2 浪错兰格湖裸鲤的繁殖力

Table 2 Fecundity of *Gymnocypris chui* in the Lang Tso

体长 Body length (mm)		体重 Total weight (g)		绝对繁殖力 Absolute fecundity (ind)		相对繁殖力 Relative fecundity (ind/g)		样本数 (尾) Sample size (ind)
范围 Range	平均 Mean	范围 Range	平均 Mean	范围 Range	平均 Mean	范围 Range	平均 Mean	
195 - 249	228	104.79 - 181.24	143.97	862 - 3 586	2 342	7 - 20	11	41
250 - 299	267	148.24 - 308.72	229.36	1 522 - 5 620	3 399	10 - 43	21	33
300 - 322	309	301.17 - 460.00	378.75	3 916 - 8 933	6 085	9 - 31	15	5

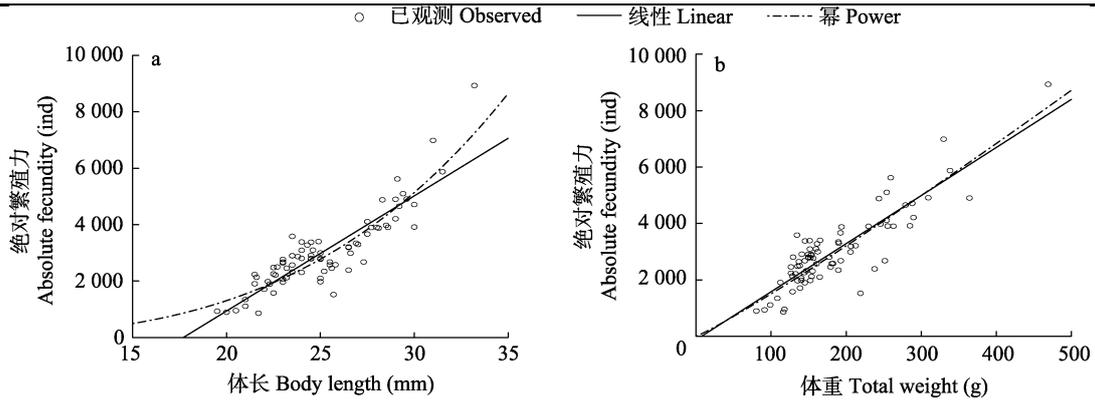


图 6 浪错兰格湖裸鲤的绝对繁殖力与体长 (a)、体重 (b) 的关系曲线  
 Fig. 6 The relationship curve between body length (a), total weight (b) and absolute fecundity of *Gymnocypris chui* in the Lang Tso

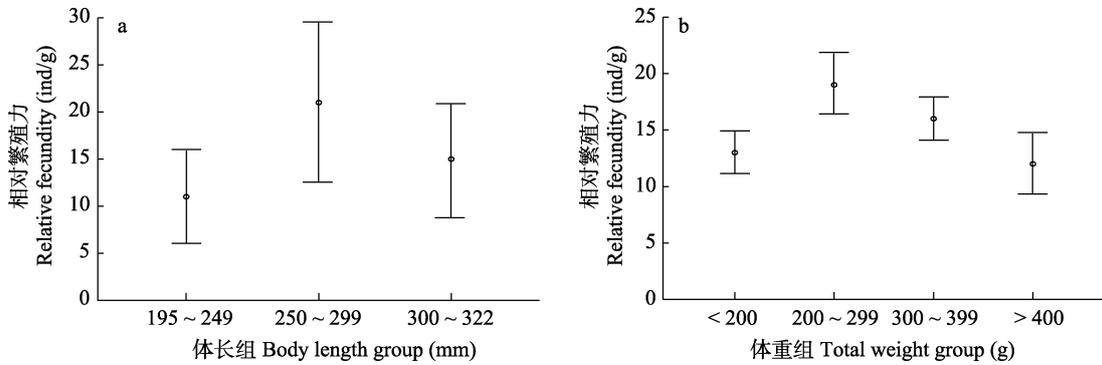


图 7 浪错兰格湖裸鲤的相对繁殖力随体长 (a)、体重 (b) 增加的变化特征 (平均值 ± 标准差)  
 Fig. 7 Changes of relative fecundity along with the increase of body length (a), total weight (b) of *Gymnocypris chui* in the Lang Tso (Mean ± SD)

对繁殖力与体长、体重无显著性相关关系 (图 7b)。

2.6 繁殖群体结构组成

在能够鉴定出性别的 278 尾样本中, 雌鱼

149 条, 雄鱼 129 条, 雌雄性比为 1 : 0.866; 性腺为 IV 和 V 期的 179 尾可繁殖样本中, 雌鱼 91 尾, 雄鱼 88 尾, 雌雄性比为 1 : 0.967, 符合 1 : 1 比例 (表 3)。

表 3 浪错兰格湖裸鲤繁殖群体结构组成

**Table 3** Composition of reproductive population structure of *Gymnocypris chui* in the Lang Tso

性腺发育期 Gonadal development	总数 Total (ind)	雌 Female (ind)	雄 Male (ind)	性比 Sex ratio (♀:♂)
II - III	80	47	33	1 : 0.702
IV - V	179	91	88	1 : 0.967
VI	19	11	8	1 : 0.727
II - VI	278	149	129	1 : 0.866

雌性最小繁殖年龄为 7 龄，平均体长 217 mm，平均体重 122.68 g，平均成熟系数为 3.92%；雄性最小繁殖年龄为 6 龄，平均体长 198 mm，平均体重 91.93 g，平均成熟系数为 3.34%。

### 3 讨论

兰格湖裸鲤的繁殖需要溶氧充足的流水条件，因此每年在繁殖期由浪错进入湖北部的布玛河产卵繁殖，其溯河洄游的时间与布玛河的到来水量关系密切。3 月气温开始回升，冰雪融化加快，布玛河水量增加，部分个体较大，发育较好的亲鱼开始上溯至河道进行繁殖，此时河水较浅，在河边可以观察到水面露着背鳍的兰格湖裸鲤相互摩擦游曳。布玛河底质多为沙砾，水深 0.1 ~ 1.5 m，流速 0.1 ~ 0.6 m/s，调查期间水温在非断流期及结冰期介于 2.2 ~ 15.9 °C 之间（表 4），除夏季 7 至 9 月份河水较浑浊外，其余月份透明度均较高。这种溯河产卵的繁殖习性也见于青海湖裸鲤 (*G. przewalskii*)（张信等 2005）、羊卓雍错高原裸鲤 (*G. waddellii*)（杨汉运等 2011）等，这种繁殖习性可能是由于入湖河流水流较缓，河道较浅，适宜鱼类产卵，且入湖河流注入了丰富的淡水和营养盐，导致饵料资源丰富，能够较好地保证鱼卵和幼鱼良好发育。

大多数性成熟的鲤科鱼类在繁殖季节会出现第二性征（殷名称 1995）。从 3 月份开始，兰格湖裸鲤雄鱼的吻部、颊部、鳃盖、头背部和鳍条处开始出现大量质感粗糙的珠星，尤其

是臀鳍部位，珠星较体表其他部位更大；雌鱼体表也有珠星出现，但珠星数量和大小较雄鱼偏小。珠星是鱼类表皮细胞角质化的结果，又称追星或婚姻结节，可能在鱼类的繁殖活动中起刺激和兴奋作用，以达到同步排放精卵的目的（叶富良等 2002）。在繁殖季节，成熟的兰格湖裸鲤雌、雄鱼成群游曳到布玛河及近岸浅水域追逐嬉戏，用布满珠星的身体部位相互摩擦，到繁殖期结束，珠星消失，繁殖活动结束。

性腺质量占空壳质量的比例即成熟系数，主要用于衡量鱼体能量在性腺和身体间的分配比例（Alabsawy 2010）。兰格湖裸鲤的成熟系数呈现明显的周年变化，3 月随着兰格湖裸鲤繁殖期的到来，成熟系数开始显著上升，并在 5 月达到峰值（♀15.98%，♂8.92%），之后随着繁殖活动的进行，成熟系数迅速降低，在 7、8 月份到达谷值（♀3.11%，♂3.17%）；繁殖活动结束后，性腺再次逐渐发育，成熟系数随之上升；但雌鱼的性腺发育受年龄大小、个体差异及索饵能力等因素影响极大，并非在同月份一起排卵，9 月仍有部分雌鱼排卵，又因其数量基数小，从而拉低了平均成熟系数数值，导致 9 月雌鱼的成熟系数呈下降趋势；雄鱼的成熟系数及性腺发育期的周年变化基本与雌鱼保持一致，在 8 月份处于周年最低值（3.17%）。在 10 月至翌年 2 月越冬期间雌、雄鱼均有 90% 左右的亲鱼性腺达到 IV 期，这与异齿裂腹鱼 (*Schizothorax o'conori*)（马宝珊 2011）、巨须裂腹鱼 (*S. macropogon*)（周贤君 2014）和拉萨裂腹鱼 (*S. waltoni*)（刘洁雅 2016）等高原

**表 4** 布玛河 2017 年 7 月至 2018 年 6 月周年水温流速情况表

**Table 4** The annual water temperature and velocity of the 2017/7-2018/6 in the Booma River

	月份 Month											
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
水温 Water temperature (°C)	15.2	13.7	11.1	6.8	2.2	-	-	-	4.5	7.9	10.5	15.9
流速 Velocity (m/s)	0.5	0.6	0.4	0.3	0.1	-	-	-	0.1	0.2	0.4	0.6

表中“-”表示断流期及结冰期间水温及流速数据无。

The "-" in table indicates that there is no data of water temperature and velocity during the cut-off period and icing period.

冷水鱼类类似, 性腺均为IV期越冬, 且成熟系数在种内呈现明显的雌雄相异, 雌鱼的成熟系数一般较雄鱼偏大。

丰满度主要用于衡量鱼体的营养状况和丰满程度, 并可以间接评估鱼类的生长环境条件(段中华等 1999, 朱赟杰等 2017)。兰格湖裸鲤的丰满度和成熟系数呈相反趋势, 在成熟系数最高的 5 月, 繁殖活动消耗了大量能量, 丰满度处于全年最低值; 随着繁殖活动的结束及夏季饵料资源的丰富, 丰满度逐渐升高, 并在越冬前的 9、10 月份达到峰值; 接着由于性腺的发育及越冬期饵料渐少, 丰满度呈逐渐降低趋势。

繁殖力可以反映鱼类对环境变化的适应, 其变化规律常被用来阐明种群的补充过程(李忠利等 2017)。兰格湖裸鲤的绝对繁殖力为 862 ~ 8 933 粒/尾, 均值 ( $2\ 885 \pm 2\ 765$ ) 粒/尾, 随体长、体重增加而增加(图 6), 较青海湖裸鲤[绝对繁殖力 710 ~ 17 850 粒/尾, 均值 ( $4\ 337 \pm 2\ 541$ ) 粒/尾](张信等 2005)、羊卓雍错高原裸鲤[绝对繁殖力 1 086 ~ 11 400 粒/尾, 均值 4 446 粒/尾](杨汉运等 2011)和尖裸鲤(*Oxygymnocypris stewartii*) [绝对繁殖力 11 017 ~ 56 907 粒/尾, 均值 ( $34\ 211 \pm 11\ 506$ ) 粒/尾](霍斌 2014)等裂腹鱼类低, 而青海湖裸鲤、羊卓雍错高原裸鲤及尖裸鲤的个体规格均大于兰格湖裸鲤, 表明鱼类的绝对繁殖力与体长、体重成正比, 随其增加而增加。兰格湖裸鲤的相对繁殖力为 7 ~ 43 粒/g, 均值 ( $15 \pm 11$ ) 粒/g, 同样较青海湖裸鲤[相对繁殖力 4 ~ 75 粒/g, 均值 ( $27 \pm 11$ ) 粒/g](张信等 2005)、羊卓雍错高原裸鲤(相对繁殖力 6 ~ 36 粒/g,

均值 18 粒/g)(杨汉运等 2011)和尖裸鲤[相对繁殖力 18 ~ 40 粒/g, 均值 ( $25 \pm 5$ ) 粒/g](霍斌 2014)等裂腹鱼类低。相对繁殖力常用来反映鱼类的繁殖策略, 相对繁殖力越小, 卵的体积越大、卵黄物质积累越多, 这是为了抵御环境压力, 保证物种延续(Jumawa et al. 2014, 崔奕等 2016)。兰格湖裸鲤的相对繁殖力较低, 说明其卵径偏大, 单位体重繁殖投入、仔鱼出膜和成活率可能会较其他裂腹鱼类高, 可能是环境压力较大导致。因为浪错北岸毗邻 219 国道, 交通便利, 在 2017 至 2018 年的调查中多次发现渔民夜晚偷渔行为; 同时较青海湖和羊卓雍错而言, 浪错中存在兰格湖裸鲤和硬刺裸鲤(*G. scleracanthus*) 2 种裸鲤(张春光等 1995), 相对竞争压力也较其他湖泊裂腹鱼大。兰格湖裸鲤生活地理环境的区域性和特殊性使其在物种起源、适应性进化及种类特征分化上具有较高的独特性, 是研究青藏高原隆起与环境变化对物种演化及分布格局影响的重要物种, 但特殊而狭小的地理分布使其对外界干扰十分敏感, 种群资源一旦遭到破坏很难恢复。针对其繁殖力较其他裸鲤属鱼类较低的现象, 应尽早采取相应的保护管理措施, 建议把兰格湖裸鲤列为重点保护物种加以管理, 同时加强对浪错生态环境的保护, 从而更好地保护这一青藏高原湖泊特有的鱼类资源。

## 参 考 文 献

- Alabsawy M A E. 2010. The reproductive biology and the histological and ultrastructural characteristics in ovaries of the female gadidae fish *Merluccius merluccius* from the Egyptian Mediterranean water. African Journal of Biotechnology, 9(17): 2544-2559.

- Helfman G S. 2007. Fish Conservation: a Guide to Understanding and Restoring Global Aquatic Biodiversity and Fishery Resources. Washington DC: Island Press, 49–52.
- Jumawa J C, Herrera A A. 2014. Ovary morphology and reproductive features of the female suckermouth sailfin catfish, *Pterygoplichthys disjunctivus* (Weber 1991) from Marikina River, Philippines. *Asian Fisheries Science*, 27: 75–89.
- Li L, Ma B, Zhang C, et al. 2017. Length-weight relationships of five fish species in Tibet, Southwest China. *Journal of Applied Ichthyology*, 33(3): 586–588.
- 崔奕, 姚达章, 林小涛, 等. 2016. 广东从化地区不同生境食蚊鱼种群的繁殖生物学特征. *动物学杂志*, 51(1): 57–65.
- 段中华, 孙建贻. 1999. 瓦氏黄颡鱼的繁殖生物学研究. *水生生物学报*, 23(6): 610–616.
- 郇星辰, 姜伟, 白云钦, 等. 2018. 长江宜昌段鲢的繁殖生物学特征. *动物学杂志*, 53(2): 198–206.
- 霍斌. 2014. 尖裸鲤个体生物学和种群动态学研究. 武汉: 华中农业大学博士学位论文, 71–91.
- 蓝昭军, 徐嘉良, 李强, 等. 2015. 侧条光唇鱼两邻近地理种群的繁殖生物学特征的差异. *动物学杂志*, 50(5): 735–743.
- 李建生, 严利平, 胡芬, 等. 2015. 温台渔场日本鲭的繁殖生物学特征. *中国水产科学*, 22(1): 99–105.
- 李忠利, 冉辉, 杨马, 等. 2017. 锦江翘嘴鲈的繁殖生物学特征. *动物学杂志*, 52(2): 263–270.
- 刘飞, 韦慧, 顾党恩, 等. 2017. 流溪河入侵鱼类豹纹脂身鲶繁殖生物学研究. *淡水渔业*, 47(2): 42–48.
- 刘海平, 刘艳超, 刘书蕴, 等. 2018. 雅鲁藏布江中游双须叶须鱼群体繁殖力与繁殖策略研究 (英文). *水生生物学报*, 42(6): 1169–1179.
- 刘洁雅. 2016. 西藏巨须裂腹鱼个体生物学和种群动态研究. 塔里木: 塔里木大学硕士学位论文, 33–42.
- 刘明典, 黄福江, 朱佳志, 等. 2015. 大鳞裂峡鲃繁殖生物学特征. *动物学杂志*, 50(3): 405–414.
- 马宝珊. 2011. 异齿裂腹鱼个体生物学和种群动态研究. 武汉: 华中农业大学博士学位论文, 123–137.
- 武云飞, 吴翠珍. 1992. 青藏高原鱼类. 成都: 四川科学技术出版社, 460–462.
- 杨汉运, 黄道明, 池仕运, 等. 2011. 羊卓雍错高原裸鲤(*Gymnocypris waddellii* Regan)繁殖生物学研究. *湖泊科学*, 23(2): 277–280.
- 叶富良, 张健东. 2002. 鱼类生态学. 广州: 广东高等教育出版社, 113–115.
- 殷名称. 1995. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社, 105–128.
- 张春光, 蔡斌, 许涛清. 1995. 西藏鱼类及其资源. 北京: 中国农业出版社, 111–112.
- 张信, 熊飞, 唐红玉, 等. 2005. 青海湖裸鲤繁殖生物学研究. *海洋水产研究*, 26(3): 61–67.
- 周贤君. 2014. 拉萨裂腹鱼个体生物学和种群动态研究. 武汉: 华中农业大学博士学位论文, 69–89.
- 朱赟杰, 顾党恩, 韦慧, 等. 2017. 华南地区外来鱼类革胡子鲶的繁殖生物学. *生态学杂志*, 36(1): 137–143.