

湖北牛山湖高体 的年龄、生长与繁殖*

张堂林 李钟杰 崔奕波

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

提 要 研究了牛山湖高体 的年龄、生长和繁殖特征。鳞片上年轮清晰, 主要呈现疏密特征。种群年龄结构简单, 仅由一个世代组成, 雄与雌的比例为 1.59:1 ($n = 332$), 显著不同于 1:1 ($X_c^2 = 16.94, p < 0.005$) 而符合 2:1 的类型 ($X_c^2 = 3.82, p > 0.05$)。两性最大寿命不超过 2a。雄、雌体全长与体重、全长与体长的回归方程差异显著。在繁殖期间, 雌雄鱼均出现第二性征。雄鱼最小成熟个体的全长和体重分别为 26mm、0.216g, 雌鱼则分别为 32mm、0.393g。性成熟年龄为 1a, 属分批产卵类型。成熟卵粒呈葫芦状, 长度平均 3.31mm。每尾雌鱼平均繁殖力为 61 粒, 繁殖力与全长及体重均呈显著相关 ($p < 0.001$)。

关键词 高体 年龄 生长 繁殖 牛山湖

分类号 Q959.46+8

高体 (*Rhodeus ocellatus* Kner) 在分类上属于鲤科、鲮亚科、 属, 是长江中下游湖泊中的一种常见小型鱼类^[1, 2]。由于个体小, 身体侧扁, 体色鲜艳, 因而具有一定的观赏价值。在国内这种鱼的生物学资料非常缺乏, 已有的大都是有关形态特征的描述^[1, 3]。在此有必要说明的是, 中华 (*Rhodeus sinensis* Güther) 曾经作为一个有效种^[3, 4] 现已订正为高体的同物异名^[1]。虽然本研究对象是以前常称的中华, 但为了与新的研究结果保持一致, 改用高体 作为种名。根据 1999 年 4~6 月的样本, 作者研究了这种鱼的年龄、生长与繁殖特征。

1 研究地点、材料与方法

牛山湖 (30°19' N, 114°32' E) 位于武汉市江夏区境内, 属于梁子湖水系, 水域面积 40km²。1979 年通过筑堤与梁子湖分隔, 湖盆呈东西走向, 西北较狭, 平均宽度为 2.5 km。该湖沉水植物丰盛, 主要是黄丝草。水质清澈, 水深一般在 2.0~4.0m, 是江汉湖群较有代表性的草型湖泊。

绝大部分材料鱼捕于 1999 年 4~5 月, 少量捕于 6 月, 取样渔具为网簰(网目约为 5mm)。除了少数样本在野外进行鲜活测定外, 其余均采用 5% 的福尔马林浸泡保存, 带回实验室测量。每尾样本均测定全长、体长及体重, 并鉴定性别。对于雌鱼, 还测量了自生殖突延伸的产卵管长度。甲醛浸泡后样本的体重与其鲜重存在显著差异 (t 检验, $p < 0.0001$), 前者比后者平均增加了 12.16%, 然而浸泡前样本的全长与浸泡后的没有显著差异 (t 检验, $p > 0.05$)。因此, 所有浸泡样本的体重数据在进行统计分析前均校正为鲜重值。年龄鉴定采用鳞片作为材料, 鳞片取自体侧中部。

* 国家“九五”科技攻关项目(96-008-02-03) 中国科学院“九五”重大项目(KZ951-A1-102, KZ951-B1-104) 联合资助。收稿日期: 2001-09-24; 收到修改稿日期: 2002-01-14。张堂林, 男, 1966 年生, 副研究员。

繁殖力计数仅用 4 月下旬的样本. 繁殖力是指每尾雌鱼在繁殖期间可能产生的卵粒数. 凡是具卵黄沉积的均用于计数, 由于该鱼繁殖力很低, 取双侧卵巢直接用于计数.

所有数据均在计算机上利用 STATISTICA 统计软件^[8]进行处理. 协方差分析用于两条线性方程间的比较, t 检验用于两个平均数的比较, χ^2 检验用于性比吻合度的分析.

2 结果

2.1 年轮特征

鳞片上年轮清晰, 主要以环片的排列疏密为特征(图 1), 少数鳞片在侧区同时伴有环片切割或碎裂等其它特征.

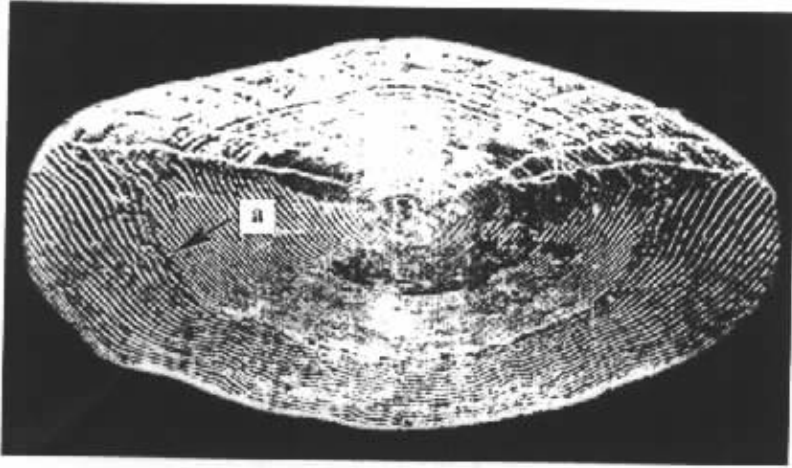


图 1 高体 鳞片上年轮(a)特征(1999 年 6 月下旬)

Fig. 1 One annulus (a) on the scale from *Rhodeus ocellatus* in late June 1999

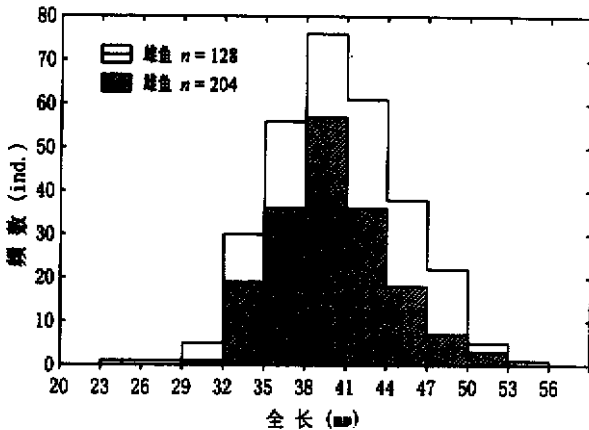


图 2 高体 种群个体大小(1999 年 4~6 月)

Fig. 2 Size structure of the population of *Rhodeus ocellatus* from April to June, 1999

2.2 种群结构

种群的年龄结构简单, 仅由 1 个年龄组 ($0^+ \rightarrow 1^+$) 构成, 在随机抽样的 332 尾样本中, 没有发现 2 冬龄鱼. 图 2 显示了种群中个体大小的结构特征. 随机抽样的种群性比(雄:雌)为 1.59:1 ($\chi^2 = 332$), 显著不同于 1:1 ($\chi^2 = 16.94, p < 0.005$) 而符合 2:1 的类型 ($\chi^2 = 3.82, p > 0.05$).

2.3 生长

两性全长与体重的测量数据汇总于表 1. 由表 1 可知, 雄鱼体重显著大于雌鱼 ($p < 0.01$), 而全长与雌鱼的无显著差别 ($p > 0.05$). 在研究期间发现最大雄鱼全长 55.5mm, 体重 2.034g, 最大雌

鱼全长 52.5mm, 体重 1.540g.

表 1 1999 年 4~5 月高体 鰾的全长 (TL) 体重 (W)*

Tab. 1 Total length (TL) and body weight (W) of *Rhdeous ocellatus* from April to May, 1999

高体	雄	雌	t 检验
全长 (mm)	41.7 ± 5.5 (120)	40.7 ± 4.1 (181)	$p > 0.05$
体重 (g)	0.909 ± 0.376 (119)	0.796 ± 0.244 (119)	$p < 0.01$

* 均值 ± 标准差 (样本数).

全长 (TL, mm) 与体重 (W, g) 的关系可用下列回归方程表示:

$$\text{雌鱼: } \ln W = -11.857 + 3.14 \ln TL \quad (n = 119, r = 0.97, p < 0.0001)$$

$$\text{雄鱼: } \ln W = -12.113 + 3.20 \ln TL \quad (n = 119, r = 0.98, p < 0.0001)$$

$$\text{雌、雄鱼: } \ln W = -11.945 + 3.16 \ln TL \quad (n = 238, r = 0.979, p < 0.0001)$$

协方差分析表明, 虽然雌、雄鱼回归方程的斜率没有显著性差异 ($F_{1, 238} = 0.44, p > 0.50$), 但是截距存在极显著差异 ($F_{1, 238} = 9.85, p < 0.002$). 因此, 雌、雄鱼混合后的回归方程并不能反映两性的全长与体重关系. 此外, 上述方程的斜率均显著大于 3 (t 检验, $p < 0.05$), 这表明高体 鰾属异速生长类型.

在鱼体长度测量中, 常用全长或体长作指标. 为了便于数据的换算和比较, 下面列出了全长与体长 (BL, mm) 的回归方程:

$$\text{雌鱼: } TL = 1.2 + 1.24 BL \quad (n = 27, r = 0.80, p < 0.0001)$$

$$\text{雄鱼: } TL = 2.8 + 1.20 BL \quad (n = 109, r = 0.98, p < 0.0001)$$

$$\text{雌、雄鱼: } TL = 2.0 + 1.22 BL \quad (n = 136, r = 0.98, p < 0.0001)$$

协方差分析表明, 两性全长与体重回归方程的截距有显著性差异 ($F_{1, 133} = 8.92, p < 0.01$).

2.4 副性征

在繁殖期间, 雌、雄鱼均出现副性征. 雄鱼体色变得格外鲜艳, 且背鳍的前外缘 (限于末根不分枝鳍条和第一至第四分枝鳍条)、臀鳍均显红色, 腹鳍不分枝鳍条呈乳白色, 臀鳍外缘还镶着黑色, 吻端、眶上骨和泪骨上可见珠星. 雌鱼产卵管延长, 大部分呈粉红色, 长度变化于 2~31 mm.

2.5 性成熟年龄、大小及产卵类型

高体 鰾性成熟年龄为一年, 在研究期间发现最小成熟雌鱼全长 32 mm, 体重 0.393 g, 最小成熟雄鱼体长 26 mm, 体重 0.216 g. 成熟卵粒的长度平均为 3.31 ± 0.14 mm ($n = 23$), 形似葫芦状, 呈桔黄色.

在即将产卵的雌鱼卵巢中, 有两类不同形态的卵粒, 一类是轻压即可挤出的成熟卵粒, 另一类是正在发育但未成熟的球形或椭圆形卵粒, 呈浅黄色或灰白色, 卵粒大小的分布呈现两个明显的峰值 (图 3a). 在无成熟卵粒的雌鱼卵巢中, 卵粒大小的分布也呈现两个明显的峰值 (图 3b), 由此可以推测高体 鰾属分批产卵类型.

2.6 繁殖力

每尾雌鱼繁殖力变化于 28~119 粒, 平均为 61 ± 18 粒 ($n = 46$), 相对于全长 (mm)、体长 (mm) 和体重 (g) 的相对繁殖力 (均值 ± 标准差) 分别为 1.46 ± 0.34 , 1.89 ± 0.42 , 72.4 ± 14.5 . 繁殖力 (F, eggs) 与体重 (W, g) 及全长 (TL, mm) 存在显著相关 ($p < 0.001$, 图 4).

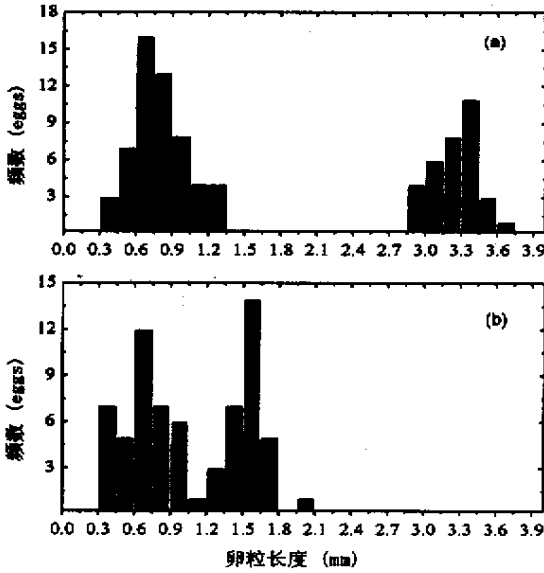


图 3 卵粒大小的频数分布 (a) 具成熟卵细胞 (b) 无成熟卵细胞

Fig.3 Frequency distribution of egg size of *Rhodeus ocellatus* (a) with some mature eggs, (b) without matured eggs

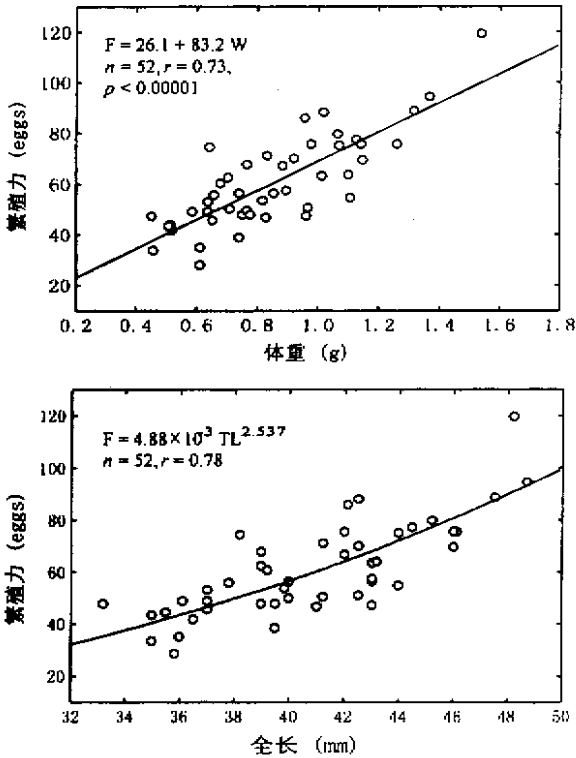


图 4 繁殖力 (F , eggs) 与体重 (W , g) 及全长 (TL , mm) 的关系

Fig.4 Relationship between fecundity (F , eggs) and body weight (W , g) or total length (TL , mm)

3 讨论

鱼类的长度与重量的关系一般可用方程 $\log Y = a + b \log X$ (或 $Y = aX^b$) 表示, 当 $b = 3$ 时, 鱼类表现为等速生长; 当 $b > 3$ 或 $b < 3$ 时, 表现为异速生长^[6]. 本研究中高体的 b 显著大于 3, 这表明该鱼属异速生长类型. 此外, 性别对高体 鰾长度与重量的关系有着显著的影响, 类似的情形在其它研究中也曾发现, 如河鲈 (*Perca fluviatilis*)^[7], 云鲮 (*Tenualosa ilisha*)^[8], 麦穗鱼 (*Pseudorasbora parva*)^[9], 彩副鰾 (*Paracheilognathus imberbis*)^[10]. 因此, 对于这些鱼类, 在进行长度与重量换算时应该考虑到性别的影响.

本研究表明高体 鰾最大寿命不超过 2a, 属一年生的类型, 生殖群体中没有补充群体. 它的繁殖力变化于 28 ~ 129 粒, 平均只有 61 粒, 与另外两种 苦味 鰾 (*Rhodeus amarus*) (40 ~ 100 粒)^[11] 和彩副鰾 (38 ~ 189 粒)^[10] 的比较接近. 然而, 与麦穗鱼 (平均 1002 粒)^[12]、鰾 (*Gobio gobio*) (1000 ~ 3000 粒)^[11] 等无护幼行为的小型鱼类相比则非常低. 虽然

鱼类也无双亲护幼行为, 但是它们具有将卵产于蚌类鳃中孵化的特性, 而且孵出后的仔鱼可在蚌内滞留一段时间, 直至开口摄食为止^[1, 13]. 鱼类特殊的产卵场所既可为胚胎发育提供丰富的溶氧, 又能避免泥沙掩埋和敌害生物的捕食, 因而非常有利于提高受精卵和仔鱼的成活率, 在一定程度上弥补了低繁殖力的弱点.

本研究还表明高体 鰾属分批产卵类型. 分批产卵在不稳定的环境中有着勿容置疑的优点, 不仅可以避免后代在恶劣的气候条件下一次性死亡, 而且可以相对地增加个体繁殖力^[14]. 因此, 高体 鰾分批产卵的特性也有利于种群在不利环境条件下繁衍和扩展.

参 考 文 献

- 1 林人端. 鰾亚科. 见: 陈宜瑜主编, 中国动物志 - 骨鱼纲鲤形目(中). 北京: 科学出版社, 1998: 413 - 444
- 2 张堂林, 方榕乐, 崔奕波. 渔业发展阶段不同的五个水体鱼类多样性的比较. 水生生物学报, 1996, 20(增刊): 192 - 199
- 3 吴清江. 鰾亚科. 见: 伍献文主编, 中国鲤科鱼类志(上). 上海: 上海科学技术出版社, 1964: 202 - 225
- 4 朱松泉. 中国淡水鱼类检索. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995: 46 - 47
- 5 StatSoft Inc. STATISTICA for Windows. Tulsa, OK 74104, USA, 1995
- 6 Ricker W E. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bull Fish Res Bd Can*, 1975, 191: 1 - 382
- 7 Le Cren E D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J Anim Ecol*, 1951, 20: 201 - 219
- 8 Al-Baz AF. Population biology of Scout *Tenualosa ilisha* (Homilton-Buchanan) in Kuwait. *Asian Fish Sci*, 1995, 8: 239 - 254
- 9 张堂林, 崔奕波, 方榕乐, 等. 保安湖麦穗鱼种群生物学 I. 年龄与生长. 水生生物学报, 1998, 22(增刊): 139 - 146
- 10 Zhang T, Li Z. Some observations on the biology of the bitterling *Paracheilognathus imberbis* in the Niushan Lak (Hubei, China). *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1999, 23(Suppl.): 164 - 170
- 11 Wootton R J. Fish ecology. New York: Chapman and Hall, 1992: 133 - 140
- 12 张堂林, 崔奕波, 方榕乐, 等. 保安湖麦穗鱼种群生物学 II. 繁殖. 水生生物学报, 1998, 22(增刊): 147 - 154
- 13 Lelek A. The freshwater fishes of Europe. Vol. 9, Threatened fishes of Europe. Wiesbaden: Aula-Verlag, 1987: 223 - 225
- 14 Nikolsky G V. The ecology of fishes. London: Academic Press, 1963

Age , Growth and Reproduction of *Rhodeus ocellatus* in the Niushan Lake , Hubei Province

ZHANG Tanglin LI Zhongjie CUI Yibo

(Institute of Hydrobiology , Chinese Academy of Sciences , Wuhan 430072 ,P. R ,China)

Abstract

Niushan Lake (114°32'E , 30°19'N) , situated in Hubei Province of China , is a shallow macrophyte lake in the middle reaches of the Changjiang (Yangtze) River , with a total surface area of 40 km². Age , growth and reproduction of *Rhodeus ocellatus* from the lake were studied during April to June 1999. Annuli on scales were clear and could be used as valid indicators of age. The population of the bitterling comprised only one age group , and the maximum of life span for both sexes may be less than 2 years. The sex ratio of males to females was 1.59 :1 ($\chi^2 = 332$) with significant difference from 1 : 1 ($\chi^2_{test} = 16.94$, $P < 0.01$). The relationship between total length (TL , mm) and body weight (W , g) for sexes was expressed by the equation $\ln W = 11.945 + 3.163 \ln TL$ ($\chi^2 = 238$, $r = 0.98$, $P < 0.0001$). Slope of the equation was significantly greater than 3 ($P < 0.01$). This may suggest an allometric growth.

The bitterling were multiple spawners reaching maturity in the second year. During spawning , both sexes exhibited secondary sexual characters. Minimum size was 26 mm in total length and 0.216 g in weight for males , and 32 mm and 0.393 g for females. Mature eggs were cucurbit-like form with mean size of 3.31 mm long ($\chi^2 = 23$, $SD = 0.14$). Fecundity per female averaged 61 eggs ($\chi^2 = 46$, $SD = 18$) with a range of from 28 to 119. In addition to that , There was significant correlation of fecundity (F , eggs) to total length (TL , mm) or body weight (W , g) ($P < 0.0001$) , and the relationships were expressed by the equations

$$F = 26.1 + 83.2 W \quad (\chi^2 = 52 \quad r = 0.73)$$

$$F = 4.78 \cdot 10^{-3} TL^{2.537} \quad (\chi^2 = 52 \quad r = 0.78)$$

Keywords *Rhodeus ocellatus* ; age ; growth ; reproduction ; Niushan Lake