

doi: 10.7541/2022.2020.029

傀儡湖似刺鲃种群生长特征及资源量评估研究

蔡杏伟^{1,2} 郭超^{1,2} 廖传松^{1,2} 李为¹ 樊厚瑞^{1,2} 刘家寿¹

(1. 中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072; 2. 中国科学院大学, 北京 100039)

摘要: 2013年4月至2014年12月, 在昆山市傀儡湖开展了似刺鲃种群生长特征及资源量评估的研究。结果表明, 傀儡湖似刺鲃种群共有6个年龄组, 优势年龄组为1至2龄, 占总数的72.18%; 其次为3至4龄年龄组(22.59%); 5至6龄年龄组仅占4.62%。全长与体重呈幂函数的增长关系: $W=0.0037L^{3.3137}$ ($n=512$, $R^2=0.99$), 属正异速生长型。全长和体重的von-Bertalanffy生长方程分别为 $L_t=41.16 \times [1-e^{-0.308(t+0.4953)}]$ 和 $W_t=828.11 \times [1-e^{-0.308(t+0.4953)}]^{3.3137}$, 生长拐点年龄 $t_L=3.39$ 龄, 拐点全长 $L_L=28.7$ cm; 拐点体重 $W_L=251.34$ g。为可持续利用傀儡湖似刺鲃种群资源, 建议似刺鲃的起捕体重在251.34 g以上。似刺鲃种群总死亡系数为1.21/a, 自然死亡系数为0.63/a, 捕捞死亡系数为0.58, 资源开发率为0.48, 初始资源尾数为7.34万尾, 初始资源总量为9560 kg。傀儡湖似刺鲃种群处于合理开发状态。

关键词: 傀儡湖; 种群结构; 生长特性; 渔业管理; 似刺鲃

中图分类号: S932.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3207(2022)03-0348-08



似刺鲃(*Paracanthobrama guichenoti* Bleeker)隶属于鲤形目、鲤科、鲃亚科、似刺鲃属, 俗称“石鲫”“鸡公鲤”, 为我国长江中下游常见的土著经济鱼类, 肉质鲜美, 生长迅速, 能够在湖泊自然水体中繁殖形成种群^[1]。据文献资料记载, 在20世纪60—70年代似刺鲃分布水域较广, 长江中下游及附属湖泊(太湖、鄱阳湖、洪湖等)均有一定分布^[2-5]。近年来, 随着人为活动干扰不断增强, 如太湖、鄱阳湖和洪湖等湖泊自然环境改变加上人为过度捕捞导致似刺鲃的资源量急剧下降, 资源状况令人担忧, 目前仅在少数人为干扰低的湖泊(如傀儡湖和澄湖)具有一定的产量^[2]。虽然国内从20世纪80年代就开始在太湖^[3]、网湖^[4,5]和澄湖^[2]等对似刺鲃的年龄与生长做了一定研究, 但是系统的似刺鲃种群特征、死亡系数和资源量估算方面的研究鲜有报道。鱼类种群生长特征是描述鱼类生活史策略的主要指标之一, 它不仅是研究鱼类生物学和生态学特征的基础, 也是分析和评估鱼类种群动态的基本依据之一^[6-8]。鱼类种群参数中生长系数、死亡系数和开发率是渔业资源的开发利

用和有效保护的主要参考依据^[9,10]。

傀儡湖位于太湖流域(31°21′—31°30′N, 120°39′—120°51′E), 是一个养殖湖泊经过清淤、加深和除鱼等生态工程改造后建立起来的新型饮用水水源地湖泊。自2006年起, 傀儡湖转型开展环境友好型的保水渔业模式, 即通过合理的鱼类放养及渔业捕捞, 在保护水源地水质的基础上获取一定渔业产值^[11]。多年来, 保水渔业模式的开展显著改善了傀儡湖的水域生态环境, 同时也丰富了鱼类的生存空间及饵料资源, 促进似刺鲃成为傀儡湖的常见鱼类^[12]。为可持续利用傀儡湖似刺鲃种群资源, 本研究对傀儡湖的似刺鲃年龄与生长、种群生物学参数, 如总死亡率、自然死亡率和捕捞死亡率等特征进行研究, 旨在探索保水渔业模式下, 似刺鲃种群生长特性和种群动态特征, 为该模式下渔业资源可持续利用和水质保护提供科学指导。

1 材料与方法

1.1 样本采集

2013年4月至2014年12月, 逐月采用多网目复

收稿日期: 2020-02-18; 修订日期: 2021-07-26

基金项目: 国家科技支撑计划“长江流域湖泊与库区生态健康养殖技术集成与示范(2012BAD25B08)”资助 [Supported by the National Science and Technology Supporting (2012BAD25B08)]

作者简介: 蔡杏伟(1989—), 男, 博士; 研究方向为水生生物专业。E-mail: caixw618@163.com

通信作者: 刘家寿, E-mail: jsliu@ihb.ac.cn

合刺网、地笼、网簰等渔具在傀儡湖进行似刺鲃样本采集, 共获得512尾。现场测量似刺鲃样本的全长(精确到1 mm)、体重(精确到0.1 g)。采用鳞片作为年龄鉴定材料。取鱼体两侧背鳍起点下方, 侧线鳞以上的4—8枚鳞片, 放于纸质鳞片夹保存, 并做好记录。将清洗干净的鳞片置于OLYMPUS双筒解剖镜下观察, 年轮以鳞片两后测区具有对称的切割点为标志, 同时测量鳞径, 用于鉴定年龄和划分渔获物年龄组。鳞片上年轮数与年龄关系采用常规方法记录: 0^+ —1记为1龄鱼, 1^+ —2记为2龄鱼, 2^+ —3记为3龄鱼……以此类推^[13]。全部鳞片的年龄鉴定由3名观察者独立进行鉴定, 如三者鉴定结果一致, 则采用此结果, 否则放弃该样本。

1.2 生长参数

生长指标与丰满度 生长指标、年增重率及丰满度均按以下关系进行计算^[13]:

$$\text{生长指标} = (\lg L_t - \lg L_{t-1}) L_{t-1} / 0.4343 \quad (1)$$

$$\text{年增重率}(\%) = 100 \times (W_t - W_{t-1}) / W_{t-1} \quad (2)$$

$$\text{丰满度}(\text{g}/\text{mm}^3) = 100 \times W / L^3 \quad (3)$$

式中, W 为体重(g); L 为全长(mm), W_t 为鱼在 t 龄时的体重(g); L_t 为鱼在 t 龄时的全长(mm)。

全长与体重关系 对似刺鲃的全长和体重的相关性进行显著性检验, 然后利用幂函数拟合它们的全长与体重关系, 其表达式为:

$$W = aL^b \quad (4)$$

式中, a 为鱼体的生长条件因子, b 为幂指数系数。此外, 对幂指数 b 和3做 t 检验, 判断样本群体是否为等速生长^[14]。

生长方程 对似刺鲃的全长以10 mm为组距进行分组^[14]。采用FiSAT II软件中的Shepherd's法, 对其生长参数 L_∞ 和 k 值进行估算, 理论生长起点年龄 t_0 根据Pauly^[15]的经验公式获得:

$$\ln(-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \ln L_\infty - 1.038k \quad (5)$$

采用von Bertalanffy生长方程拟合并描述鱼类的生长规律^[15]:

$$L_t = L_\infty \left[1 - e^{-K(t-t_0)} \right] \quad (6)$$

$$W_t = W_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}]^b \quad (7)$$

1.3 死亡系数及开发率

鱼类死亡系数可以分为总死亡率(Z)、捕捞死亡率(F)和自然死亡率(M), 三者之间的关系可以用以下的数学公式来表示: $Z = F + M$ 。渔业资源开发率

(E)是指捕捞死亡率占总死亡率的比例, 即 $E = F/Z$, 它常用来指示渔业资源的开发状态^[16]。在本研究中, 总死亡率(Z)采用FiSAT II软件中的长度转换渔获物曲线法估算^[14]; 自然死亡率(M)采用Pauly等^[17]的经验公式计算:

$$\ln M = -0.0066 - 0.279 \ln L_\infty + 0.6543 \ln k + 0.6434 \ln T \quad (8)$$

式中, T 为傀儡湖年均水温, 根据本次调查同步测量的水温数据, 计算出该湖年平均水温为18.5℃。

1.4 单位补充量渔获量

根据全长变换曲线拟合的直线方程推算线性回归中未被利用点的相对期望值 $\ln(N/\Delta t)$, 计算各点的观察值与期望值之比, 及这些点比率的累积率, 当累积率达到50%的点所对应的全长为平均选择全长的估计量, 即开捕全长(L_c)。

运用Pauly和Soriano调整的模型来预测相对单位补充量渔获量(Y'/R)和相对单位补充量生物量(B'/R)。 Y'/R 模型和 B'/R 模型在FiSAT II软件中, 以刀刃式选择假设模型(knife-edge model)建立, 数学公式如下^[17]:

$$Y'/R = (EU)^{m/k} [1 - 3U/(1+m) + 3U^2/(1+2m) - U^3/(1+3m)] \quad (9)$$

$$U = 1 - L_c/L_\infty \quad (10)$$

$$m = (1 - E)/(M/k) = k/Z \quad (11)$$

$$B'/R = (Y'/R)/F \quad (12)$$

式中, B'/R 和 Y'/R 分别为相对单位补充量渔获量和相对单位补充量生物量; L_c 和 L_∞ 分别表示表示开捕全长和渐进全长。FiSAT II软件中开发率(E)包括以下几种水平: (1) $E_{\max}$ 指获得最大渔获量的开发率; (2) $E_{0.1}$ 指 Y'/R 边际增长减少10%时的开发率; (3) $E_{0.5}$ 指资源量下降到原始水平50%时的开发率^[18]。

1.5 数据处理

数据处理和绘图均在FiSAT II、Excel 2019和SPSS 20.0软件中完成。此外, 全文均采用均值±标准误差表示(mean±SE), $P < 0.05$ 表示存在显著性差异。

2 结果

2.1 年龄组成及全长、体重分布

傀儡湖的似刺鲃渔获物有1至6龄共6个年龄组, 优势年龄组为1至2龄, 占总数的72.18%; 其次为3至4龄年龄组占22.59%; 5至6龄年龄组数量最少占总数的4.62%(图1)。似刺鲃全长12.5—38.5 cm, 其中全长17.0—33.0 cm的个体占样本总数的69.83%;

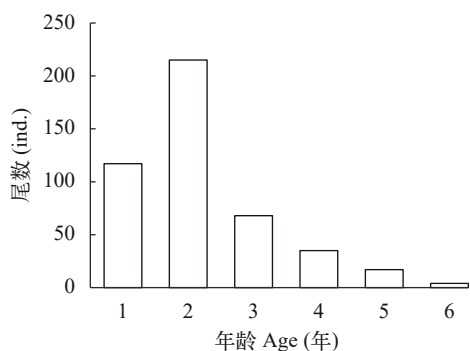


图 1 傀儡湖似刺鲃年龄结构组成

Fig. 1 Age composition of *paracanthobrama guichenoti* (Bleeker) in Kuilei Lake

体重为15.6—704.8 g, 其中36.0—316.0 g的个体占样本总数的68.52%。

2.2 生长指标与丰满度

傀儡湖似刺鲃全长生长速度以第1年最快,第2年次之,从第5年起,全长的年增长率随年龄的增长而逐步下降。体重的年增重率随年龄增长而逐年下降。傀儡湖似刺鲃的丰满度总体上随年龄的增长而增加(表 1),且雌、雄群体的丰满度无显著性差异(t 检验, $P>0.05$)。

2.3 种群生长特征

鳞径与年龄关系 似刺鳊鲈不同年龄组鳞径见表2。在6龄内似刺鳊鲈的鳞径与年龄呈直线相关关系(图2), 其回归方程为 $R=0.5795t+2.5608$ ($n=460, r^2=0.9111, P<0.05$)。

生长退算 根据全长与鳞径的关系, 结合鳞

片上以往年轮的轮径,推算出相应年龄鱼体的全长。将各年龄组的实测平均全长与推算全长进行配对样本 t 检验,检验结果显示,全长与实测平均全长之间无显著性差异($P=0.146>0.05$),说明推算全长较可信(表3)。

全长与体重关系和生长方程 傀儡湖似刺
 鳊鲂体重和全长关系可以表示为 $W=0.0037L^{3.3137}$
 ($n=512, R^2=0.99, P<0.05$), t 检验结构表明, b 值
 (3.3137)与3显著性差异 ($P<0.05$), 似刺鳊鲂的生长
 类型属于正异速生长型(图 3)。采用FiSAT II软件
 中的Shepherd's法估算傀儡湖的似刺鳊鲂的 L_{∞} 和
 k 值, 分别为41.16 cm, 和0.308。似刺鳊鲂的全长、
 体重的生长方程分别表示如下:

$$L_t=41.16 \left[1-e^{-0.308(t+0.4953)} \right];$$

$$W_t = 835.08 \left[1 - e^{-0.308(t+0.4953)} \right]^{3.3137}$$

由傀儡湖似刺鳊鲊的von-Bertalanffy生长方程得出其全长、体重生长速度及生长加速度的方程如下:

全长生长速度(dl/dt)方程:

$$dl/dt = 12.68 e^{-0.308(t+0.4953)}$$

体重生长速度(dw/dt)方程:

$$dw/dt = 2744.11 e^{-0.308(t+0.4953)} \times [1 - e^{-0.308(t+0.4953)}]^{2.3137}$$

全长生长加速度(d^2l/dt^2)方程:

$$d^2l/dt^2 = -3.905e^{-0.308(t+0.4953)}$$

体重生长加速度 (d^2w/dt^2) 方程:

表 1 傀儡湖似刺鲃不同年龄组的生长参数

Tab. 1 Growth indices in different age groups of *P. guichenoti* from Kuilei Lake

[illegible]

$$\begin{aligned} d^2w/dt^2 &= 260.32e^{-0.308(t+0.4953)} \times \\ &\quad [1 - e^{-0.308(t+0.4953)}]^{1.3137} \times \\ &\quad [3.3137e^{-0.308(t+0.4953)} - 1] \end{aligned}$$

随着时间的增大, dl/dt 在不断的递减, 而 d^2l/dt^2 却在逐渐上升, 但位于 t 轴的下方, 为负值, 表明随着全长生长速度下降, 其递减速度逐渐趋缓慢。

傀儡湖似刺鲃体重生长速度和加速度曲线均具有拐点, 经测算其拐点年龄 $t_i=3.39$ 龄, 其拐点年龄的全长 $L_i=28.7$ cm; 体重 $W_i=253.46$ g。

表 2 傀儡湖似刺鲃不同年龄组的鳞径

Tab. 2 Scale radius in different age groups of *P. guichenoti* from Kuilei Lake

项目Item	年龄Age					
	1	2	3	4	5	6
样本数Sample	117	215	68	35	17	4
鳞径Scale radius (mm)	2.67±0.47	4.02±0.54	4.57±0.53	5.19±0.37	5.20±0.46	5.89±0.59
范围Range	1.46—3.70	2.01—5.45	3.34—5.53	4.37—5.92	4.18—6.25	5.23—6.52

表 3 傀儡湖似刺鲃的推算全长

Tab. 3 Calculated total length (cm) of *P. guichenoti* in Kuilei Lake

年龄组Age	各龄鱼推算全长Calculated total length (cm)					样本数Number of samples
	L1	L2	L3	L4	L5	
1						117
2	18.81					215
3	17.35	26.23				68
4	16.52	24.47	30.11			35
5	16.46	20.88	28.34	32.12		17
6	14.18	20.14	26.56	30.70	33.28	4
平均全长Average total length (cm)	16.67	22.93	28.34	31.41	33.28	

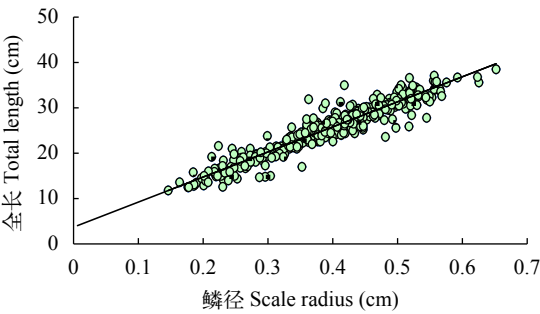


图 2 傀儡湖似刺鲃鳞径与全长的关系

Fig. 2 The relationship between scale radius and total length of *P. guichenoti* in Kuilei Lake

2.4 死亡系数

傀儡湖似刺鲃的总死亡系数 $Z=1.21/a$; 自然死亡系数 $M=0.63/a$; 捕捞死亡系数: $F=0.58$; 群体资源开发率为 $E=0.48$ (图 4)。

2.5 单位补充量渔获量

傀儡湖似刺鲃开捕全长为 241.7 mm, 对应求得开捕年龄为 2.37。相对单位补充量渔获量 (Y/R) 与开发率 (E) 的二维分析图可以明确反映傀儡湖似刺鲃的开发程度(图 5)。此时, $L_c=241.7$ mm, $E_{0.1}=0.65$ 、 $E_{0.5}=0.396$ 、 $E_{max}=0.799$; 当 $L_c=241.7$ mm, $E<0.48$ 时, Y/R 随着开发率 E 的增加而增加; 当 $L_c=241.7$ mm, $E>0.48$ 时, Y/R 随着开发率 E 的增加而先增加后减少。当开发率 E 减小至 $E_{0.5}$ (0.396) 时, 对应的 $Y/R=0.04$; 当开发率 E 增加至 $E_{0.1}$ (0.65) 时, 对应的 Y/R 会大幅度增加, 即 $Y/R=0.073$; 当开发率 E 增加至 E_{max} (0.799) 时, Y/R 的幅度不大但达到最大值, 即 $Y/R=0.075$ 。

2.6 初始资源量评估

为了更准确地估算出傀儡湖似刺鲃的现存量, 采用估算最大全长组的资源尾数为计算起点, 然后按照从大到小的顺序逐一地估算出各全长组的资源尾数, 将所得全长组的资源尾数求和即为傀

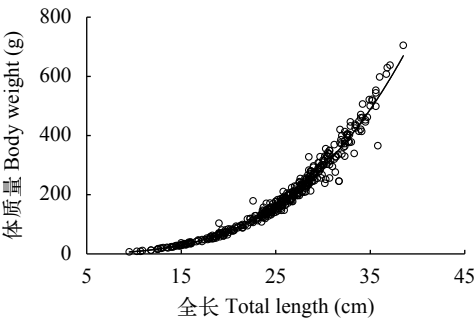


图 3 傀儡湖似刺鲃体重与全长的关系

Fig. 3 The relationship between body weight and total length of *P. guichenoti* in Kuilei Lake

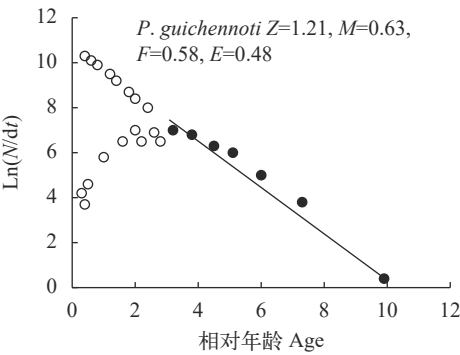


图 4 傀儡湖似刺鲃总死亡系数

Fig. 4 Total mortality coefficient of *P. guichenoti* in Kuilei Lake

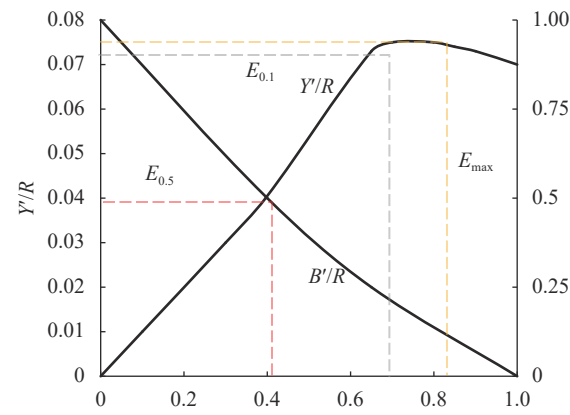


图5 傀儡湖似刺鲃开捕全长对应的单位补充量产量(Y'/R)和相对单位补充生物量(B'/R)曲线

Fig. 5 The relative yield per recruit (Y'/R) and the relative biomass per recruit (B'/R) curves of *P. guichenoti* in Kuilei Lake

傀儡湖似刺鲃年资源尾数,也就是初始资源尾数,最后通过已有的全长与体重的相关关系可以换算得到年资源重量。将相关参数输入FiSAT II中,然后运算实际种群分析模块(Virtual Population Analysis)从而得出傀儡湖似刺鲃的初始资源尾数为7.3474万尾,初始资源重量为9560 kg,表4)。

3 讨论

3.1 年龄组成

鱼类的年龄研究是渔业生物学研究的基础之一^[13]。鱼类年龄结构可用于种群动力学进行分析,为鱼类资源现状做出正确的评估,为制定合理的渔业管理措施和实现渔业资源可持续发展提供科学依据^[18, 19]。目前年龄鉴定材料包括耳石、鳃盖骨、鳞片、鳍条、匙骨和脊椎骨等^[20–22]。其中,鳞片因取样、处理和观察方便,结果较为可靠,因而在鲤科鱼类年龄鉴定中被广泛采用^[22]。经鉴定,傀儡湖的似刺鲃渔获物共6个年龄组组成,其中低龄鱼(1至3龄)的数量占绝对优势,这种现象与太湖、网湖和澄湖相似^[2–5]。长江下游湖泊似刺鲃普遍出现低龄化现象,可能与过度捕捞有关^[23]。

3.2 生长特征

鱼类的生长特征是渔业管理和鱼类资源保护的重要依据^[14]。其中,生长系数可表征鱼类的生命周期和生长速度,用来确定鱼类达到潜在寿命的时间及达到其渐近体长的速率^[13]。Branstetter^[24]认为 k 值为0.05–0.10的鱼类是生长缓慢的鱼类,0.10–0.20为均匀生长种,0.20–0.50为快速生长种。据此分类,傀儡湖似刺鲃属快速生长种($k=0.308$),高于澄湖种群^[2]和太湖种群^[3],这主要得益于傀儡湖良好的水域生态环境。傀儡湖在开展保水渔业模

表4 傀儡湖似刺鲃初始资源量

Tab. 4 Initial stock biomass of *P. guichenoti* in Kuilei Lake

全长组 Total length (mm)	样品尾数 Number of samples	捕捞尾数 Number of fishing	初始资源尾数 Number of initial stock	初始资源量 Initial stock biomass (kg)
90—99	2	4	7056	100
100—109	3	6	6619	140
110—119	2	4	6193	160
120—129	5	10	5783	200
130—139	7	15	5381	240
140—149	11	23	4990	280
150—159	19	39	4607	340
160—169	12	25	4223	380
170—179	10	21	3870	420
180—189	21	44	3535	460
190—199	29	60	3194	500
200—209	17	35	2855	520
210—219	19	39	2559	540
220—229	14	29	2275	560
230—239	26	54	2017	580
240—249	29	60	1751	580
250—259	41	85	1498	560
260—269	33	69	1242	540
270—279	39	81	1021	500
280—289	40	83	808	440
290—299	29	60	615	380
300—309	28	58	465	320
310—319	15	31	334	260
320—329	25	52	245	200
330—339	10	21	150	140
340—349	12	25	98	100
350—359	8	17	52	60
360—369	4	8	23	20
370—379	1	2	9	20
380—389	1	2	4	0
Σ	512	1063	73474	9560

式之后,其水域环境得到显著改善,鱼类的生存环境及饵料资源也得到明显恢复,促进似刺鲃保持了较好的生长状况^[12]。

同种鱼类在不同的水域生境中会表现出生长特性的差异,这一现象出现的原因主要是由于不同生境的水文条件、饵料资源和种群竞争等综合因素作用的结果,并且一般体现在广布种类^[18, 25, 26]。为此,将傀儡湖似刺鲃的有关生长特征与网湖、太湖和澄湖3个不同生境的种群进行比较(表5)。对比之下,傀儡湖似刺鲃的拐点年龄的全长(28.7 cm)和体重(251.3 g)、渐进全长(41.2 cm)和体重(828.1 g)均大于其他3个湖泊,这说明傀儡湖似刺鲃生长

表 5 不同湖泊似刺鲃的生长参数比较

Tab. 5 Growth indices of *P. guichenoti* among different lakes

生境水体 Habitats	生长比率 Growth ratio	拐点年龄 Inflexion age	拐点全长Inflexion total length (cm)	拐点体重Inflexion body weight (g)	渐进全长 Asymptotic total length (cm)	渐进体重Asymptotic body weight (g)
网湖 ^[5] Wang- hu Lake	3.1012	2.32	17.26	94.32	25.44	314.00
网湖 ^[6] Wang- hu Lake	2.8754	1	16.42	82.82	25.01	277.89
太湖 ^[4] Taihu Lake	3.1273	2.87	16.5	96.8	24.24	322.63
澄湖 ^[3] Chenghu Lake	3.1587	3.55	20.49	192.24	30.62	632.49
傀儡湖Kuilei Lake	3.3137	3.39	28.7	251.3	41.2	828.1

特性优于网湖、太湖和澄湖。这几个湖泊均处于长江中下游流域, 所处的气候条件较为相近, 但人为干扰程度及水域生态环境差异较大。傀儡湖作为昆山市饮用水水源地湖泊, 湖泊功能以保护水质为主, 因此在保证水质前提下进行鱼类群落结构的调控, 如对草食性鱼类草鱼、鳊, 底层扰动性鱼类鲤、鲫和滤食性鱼类鲢、鳙进行定量捕捞, 此外没有任何商业性捕捞, 因而与太湖、网湖和澄湖等没有进行禁捕的湖泊相比傀儡湖的渔业捕捞强度小得多, 这可能是导致傀儡湖似刺鲃种群生长特性优于其他湖泊的似刺鲃种群的原因。

3.3 资源量与捕捞管理

本研究发现傀儡湖似刺鲃总死亡系数、自然死亡系数、捕捞死亡系数及开发率分别为: 1.21、0.63、0.58和0.48, 初始资源尾数为7.34万尾, 初始资源总量为9560 kg。根据Gulland提出的一般鱼类最适开发率为0.5来判断渔业资源的开发程度, 现阶段傀儡湖似刺鲃资源量处于合理开发状态^[27]。

傀儡湖似刺鲃的拐点年龄为3.39龄, 即生长转折阶段。拐点年龄在理论上是鱼类生长速度转折点, 在实践上常用于确定首捕年龄, 从发挥鱼类生产潜能角度出发, 在资源保护角度建议捕捞在拐点年龄之后。因此, 为傀儡湖似刺鲃种群资源能够可持续的利用, 建议傀儡湖似刺鲃的起捕年龄为3.39龄以上, 且起捕规格为全长大于28.7 cm、体重大于251.34 g。

参考文献:

- [1] Chen Y Y. Fauna Sinica, Osteichthyes, Cypriniformes II [M]. Beijing: Science Press. 1998, 249-251 [陈宜瑜. 中国动物志: 硬骨鱼纲鲤形目(中卷) [M]. 北京: 科学出版社. 1998, 249-251.]
- [2] Xu G C, Gu R B, Wen H B, et al. Age and growth characteristics of *Paracanthobrama guichenoti* in Lake Chenghu [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2009, 16(3): 307-315. [徐钢春, 顾若波, 闻海波, 等. 澄湖似刺鲃的年龄和生长特征 [J]. *中国水产科学*, 2009,

- 16(3): 307-315.]
- [3] Yin M C. Age and growth of *Paracanthobrama guichenoti* bleeker from Lake Taihu [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1993(13): 38-44. [殷名称. 太湖似刺鲃年龄和生长的研究 [J]. *生态学报*, 1993(13): 38-44.]
- [4] Chang J B, Sun J Y, Duan Z H, et al. Study on the population growth and mortality of *Paracanthobrama guichenoti* Bleeker in Wanghu Lake [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1994, 18(3): 230-239. [常剑波, 孙建贻, 段中华, 等. 网湖似刺鲃种群生长和死亡率研究 [J]. *水生生物学报*, 1994, 18(3): 230-239.]
- [5] Gong S Y, Song Z X, Hu X J, et al. Growth of *Paracanthobrama guichenoti* bleeker from Wanghu Lake [J]. *Journal of Lake Sciences*, 1996, 8(3): 253-259. [龚世国, 宋智修, 胡新建, 等. 网湖似刺鲃年龄与生长的研究 [J]. *湖泊科学*, 1996, 8(3): 253-259.]
- [6] Piddocke T P, Butler G L, Butcher P A, et al. Age and growth of mangrove red snapper *Lutjanus argentimaculatus* at its cool-water-range limits [J]. *Journal of Fish Biology*, 2015, 86(5): 1587-600.
- [7] Akita Y, Tachihara K. Age, growth, maturity, and sex changes of monogrammed monocle bream *Scolopsis monogramma* in the waters around Okinawa-jima Island, Japan [J]. *Fisheries Science*, 2014, 80(4): 679-685.
- [8] Ofstad L H, Angus C, Pedersen T, et al. Age and growth of anglerfish (*Lophius piscatorius*) in Faroese waters [J]. *Fisheries Research*, 2013, 139: 51-60.
- [9] Abohweyere P O, Falaye E A. Population parameters of *Macrobrachium vollenhovenii* in the Lagos-Lekki Lagoon system, Nigeria [J]. *Journal of Fisheries International*, 2012, 6(1): 19-26.
- [10] Al-Barwani S M, Arshad A, Amin S M N, et al. Population dynamics of the green mussel *Perna viridis*, from the high spat-fall coastal water of Malacca, Peninsular Malaysia [J]. *Fisheries Research*, 2007, 84(2): 147-152.
- [11] Guo L G, Deng Y L, Tao M, et al. Discussion on fisheries development based on protection of water resources of lakes: a case in Lake Kuilei of Kunshan city [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2011, 35(4): 693-697. [过龙根, 邓永良, 陶敏, 等. 基于湖泊水源地保护的渔业发展模式探讨: 以昆山傀儡湖为例 [J]. *水生生物学报*, 2011, 35(4): 693-697.]
- [12] Cai X W. Studies on the characteristics of fish community structure and the manipulation strategies in three drinking water lakes [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2017. [蔡杏伟. 三个水源地湖泊鱼类群落特征及调控策略研究 [D]. 北京: 中国科学院大学, 2017.]

- [13] Yin M C. Fish Ecology [M]. Beijing: Chinese Agriculture Publishing House, 1995: 21. [殷名称. 鱼类生态学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 21.]
- [14] Zhan B Y. Fish Stock Assessment [M]. Beijing: Chinese Agriculture Publishing House, 1995. [詹秉义. 渔业资源评估 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.]
- [15] Pauly D. Theory and management of tropical multispecies stocks: a review, with emphasis on the Southeast Asian demersal fisheries [J]. *Working Papers*, 1979: 1-35.
- [16] Gulland J A. The Fish Resources of the Oceans [M]. London: Fishing News Books, Ltd, 1971.
- [17] Pauly D, Soriano M L. Some practical extensions to beverton and Holt's Relative Yield-Per-Recruit Model [J]. *The First Asian Fisheries Forum, Manila: Asian Fisheries Society*, 1986: 491-496.
- [18] Beverton R J H, Holt S J. On the Dynamics of Exploited Fish Populations [M]. Netherlands: Springer, 1993.
- [19] Zhang X J, Cheng J H. Survey on study of the fish age determination [J]. *Marine Fisheries*, 2009, **31**(1): 92-99. [张学健, 程家骅. 鱼类年龄鉴定研究概况 [J]. *海洋渔业*, 2009, **31**(1): 92-99.]
- [20] Guo Z Q, Liu S P, Duan X B, *et al.* The age and growth of *Paracabitis variegates* in Daning River [J]. *Freshwater Fisheries*, 2008, **38**(6): 14-18. [郭志强, 刘绍平, 段辛斌, 等. 大宁河红尾副鲃年龄与生长的研究 [J]. *淡水渔业*, 2008, **38**(6): 14-18.]
- [21] Hu H R, Zhang J B, Chang Y. Age and growth characteristics of *Schizopygopsis malacanthus* Chengi in the Chuosijia River [J]. *Freshwater Fisheries*, 2012, **42**(6): 78-81. [胡华锐, 张家波, 常毅. 绰斯甲河大渡裸裂尻鱼的年龄与生长特性研究 [J]. *淡水渔业*, 2012, **42**(6): 78-81.]
- [22] Chen P X. The formation of annuli on the scale of the carp in Liangzi Lake [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1959(3): 255-261. [陈佩薰. 梁子湖鲤鱼鳞片年轮的标志及其形成的时期 [J]. *水生生物学集刊*, 1959(3): 255-261.]
- [23] Yin M C, Miao X Z. Ecological characteristics of common fishes and propagation measures in Taihu Lake [J]. *Journal of Lake Sciences*, 1991, **3**(1): 25-24. [殷名称, 缪学祖. 太湖常见鱼类的生态特点和增殖措施的探讨 [J]. *湖泊科学*, 1991, **3**(1): 25-24.]
- [24] Branstetter S. Age and growth estimates for Blacktip, *Carcharhinus limbatus*, and Spinner, *C. brevipinna*, sharks from the northwestern gulf of Mexico [J]. *Copeia*, 1987, **1987**(4): 964-974.
- [25] Li X Q, Chen Y F, Li K. Age and growth characters of an alien catfish *Pelteobagrus fulvidraco* in Lake Fuxian, China [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2006(2): 263-271. [李秀启, 陈毅峰, 李堃. 抚仙湖外来黄颡鱼种群的年龄和生长特征 [J]. *动物学报*, 2006(2): 263-271.]
- [26] Zhu F Y. Life history traits of the icefish *Neosalanx tangkahkeii* and their plasticity in Lake Erhai, China [D]. Wuhan: Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, 2013. [朱峰跃. 洱海陈氏银鱼生活史特征及其可塑性研究 [D]. 武汉: 中国科学院水生生物研究所, 2013.]
- [27] Gulland J A. Fish Stock Assessment: a Manual of Basic Methods [M]. John Wiley and Sons, 1983.

POPULATION GROWTH CHARACTERISTICS AND STOCK ASSESSMENT OF *PARACANTHOBrama GUICHENOTI* (BLEEKER, 1864) IN KUILEI LAKE, JIANGSU PROVINCE, CHINA

CAI Xing-Wei^{1,2}, GUO Chao^{1,2}, LIAO Chuan-Song^{1,2}, LI Wei¹, FAN Hou-Rui^{1,2} and LIU Jia-Shou¹

(1. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 2. University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: From April 2013 to December 2014, the *Paracanthobrama guichenoti* were sampled and the population characteristics and stock assessment of *Paracanthobrama guichenoti* were carried out in Kuilei Lake in Jiangsu Province. The results indicated that the population of *Paracanthobrama guichenoti* was consisted of 6 age classes, of which the dominant age class was 1—2 years old, accounting for 72.18% of the total individuals. The second age class was 3—4 years old (22.59%), and the 5—6 years old age class accounted for only 4.62%. The relationship between the total length (L) and the body weight (W) can be expressed by the power function equation $W=0.0037L^{3.3137}$. The von-Bertalanffy of *Paracanthobrama guichenoti* can be predicated by the following equations: $L_t=41.16[1-e^{-0.308(t+0.4953)}]$; $W_t=828.11[1-e^{-0.308(t+0.4953)}]$. The growth parameter of L_∞ and W_∞ were 41.16 cm and 828.11 g, respectively. The growth inflexion point was $t_i=3.39$, and the corresponding total length and the body weight were 28.7 cm and 251.34 g, respectively. Our study suggests that the harvesting age should be over 3.39 years old in order to realize rational and sustainable utilization of the population resource in Kuilei Lake. The total mortality, the natural mortality, the fishing mortality, and the exploitation rate were 1.21/a, 0.63/a, 0.58/a and 0.48, respectively, and the total original resources of *Paracanthobrama guichenoti* were 9560 kg. Our study indicates that the exploitation of the population was in a reasonable state.

Key words: Kuilei Lake; Population structure; Growth characteristic; Fisheries management; *Paracanthobrama guichenoti*