

38-44

2519(6)

第13卷 第1期
1993年3月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 13, No. 1
Mar., 1993

太湖似刺鲃年龄和生长的研究

殷名称

(上海水产大学, 上海, 200090)

Q959.468

摘要 本文较为详细地研究了太湖似刺鲃 (*Paracanthobrama guichenoti* Bleeker) 的年龄和生长, 并对种的繁殖保护措施作了探讨。共积累756尾标本的生物学资料。

关键词: 似刺鲃, 年龄, 生长。

鲃形目

似刺鲃 (*Paracanthobrama guichenoti* Bleeker) 是鲤科、鲃亚科的中小型经济鱼类。分布于长江中、下游干流及附属湖泊。据太湖渔管委产量资料分析, 年产量约占全湖总渔获量的 0.5%。鱼肉细嫩鲜美, 俗称“石鲫”。关于似刺鲃的生物学特性, 迄今未见报道。为此, 作者在1979—1980年, 1982和1989年结合教学实践, 对似刺鲃的年龄和生长作了较为详细的研究, 为今后开展长江中下游鲃亚科鱼类资源的综合评估、利用和区系规划管理提供科学依据。

1 材料和方法

材料主要于1979年8月, 1980年7月按月在渡桥、杨湾水产收购站和渔船上采集; 1982年3、10月和1989年3月又作了补充。总共采集 756尾标本。年龄鉴定以鳞片为材料。取背鳍起点下方, 左侧线上方第3行鳞, 自前而后5枚。用台式投影仪放大20倍观察, 并测量第1枚鳞片鳞焦至上侧区边缘(鳞径)及各年轮(轮径)的垂直距离, 用于生长逆算; 如第1枚鳞片缺损或不规则, 则依次测量以后的鳞片。丰满度 = $(W/l^3) \times 100$; 生长指标 = $((\ln l_2 - \ln l_1) / \Delta t) \times l_1^{(1)}$ 。

2 结果

2.1 年轮特征和形成时间

似刺鲃具圆鳞, 前端钝, 后端稍尖, 近六角形。按邓中彝等^[2]分型标准, 年轮特征介于疏密切割型和疏密碎裂型之间: 前区表现为疏密结构, 侧区呈切割结构, 前侧区交界处, 疏密和切割常同时出现; 切割相内缘环片细密, 外缘宽松。多数性成熟个体, 在侧区还伴有碎裂型的结构特征, 如年轮处环片愈合、碎裂, 结果是环片增粗、数目减少、排列不规则。

第一年轮有时较难辨认, 仅在前侧区交界处看到新生环片向外缘散开, 从而表现为稀疏的特征, 需仔细观察。

副轮结构常见有2种: 1) 在正常快速生长的疏带中突然夹杂有2—3个慢速生长的紧密环片; 2) 在侧区有两个非常靠近的疏密切割结构, 追踪到前区却聚合成一个疏密结构, 通常外侧一个为副轮。

据观察1979—1980年全年381个标本鳞片边缘状况的周年变化, 每年3—8月为新轮出现

* 本校波进班同志参加标本采集; 1983届硕士生唐宇平、康春晓参加部分资料的分析 and 整理, 特此致谢。
本文于1991年8月18日收到, 修改稿于1992年4月20日收到。

时间(表 1)，主要集中在 4—7 月，形成周期为 1 年。不同龄组之间年轮出现时间有一定区别：1—2 龄个体主要在 4—6 月，3—4 龄在 6—7 月。

表 1 太湖似刺鲃的各龄组鳞片年轮出现时期

Table 1 Period of annuli formation on the scales in different age-groups of *P. guichenoti* from Tai Lake

年 月 Age Month	1			2			3			4		
	已出现 (尾数) Formed (No)	未出现 (尾数) Unformed (No)	已出现 (%) Formed (%)	已出现 (尾数) Formed (No)	未出现 (尾数) Unformed (No)	已出现 (%) Formed (%)	已出现 (尾数) Formed (No)	未出现 (尾数) Unformed (No)	已出现 (%) Formed (%)	已出现 (尾数) Formed (No)	未出现 (尾数) Unformed (No)	已出现 (%) Formed (%)
3	2	5	28.6	4	9	38.8	0	2	0	0	1	0
4	9	11	45.6	10	17	37.0	0	6	0	0	2	0
6	20	2	90.9	27	6	81.8	1	6	14.3	0	2	0
6	16	0	100.0	23	1	95.8	3	3	50.0	0	1	0
7	8	0	100.0	13	0	100.0	3	1	75.0	1	0	100.0
8	6	0	100.0	10	0	100.0	3	0	100.0	—	—	—

2.2 渔获物龄群组成和体长、体重分布

似刺鲃渔获物龄组见表 2。1979—1982 年 1—3 龄组的尾数和重量百分比，和 1989 年相比，两者无明显差别。低龄鱼构成了渔获物的主体。1979—1982 年和 1989 年之间，2+—1 龄 3 鱼的尾数和重量比进一步下降，而 1+—2 龄鱼却有上升的倾向。这表示种群的年龄结构以 1—3 龄鱼占绝对优势，并有进一步低龄化或小型化的趋势。

分析全部 756 尾标本体长、体重分布，发现体长在 12.5—16.5cm 之间者占总尾数 7.4%，体重在 40—105g 之间者占 78.3%。采集到的最大个体雌鱼体长 21.3cm，体重 223.6g，雄鱼体长 20.7cm、体重 180.0g。

表 2 太湖似刺鲃的渔获物龄群组成

Table 2 Catching age structure of *P. guichenoti* from Tai Lake

年份 Year	年龄 Age 项目 Item	0+—1		1+—2		2+—3		3+—4		4+—5		5+—6		总尾数 Total number	总重量 Total weight(kg)
		♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂		
1979	尾数百分比 Number(%)	5.77	8.83	16.27	22.05	22.31	18.11	4.46	2.36	1.31	0.26	0	0.26	381	29.002
1980	重量百分比 Weight(%)	2.23	2.92	11.70	17.38	28.82	21.51	7.91	3.70	2.98	0.54	0	0.62		
1982	尾数百分比 Number(%)	4.57	5.68	19.28	25.16	17.97	17.65	3.26	3.60	1.31	1.31	0.33	0	306	24.996
	重量百分比 Weight(%)	1.72	2.03	15.98	18.89	22.86	20.41	5.94	6.61	2.97	2.61	0.98	0		
1989	尾数百分比 Number(%)	4.35	7.25	21.74	26.08	17.39	13.04	1.45	5.80	2.90	0	0	0	69	5.449
	重量百分比 Weight(%)	1.77	2.93	19.11	20.94	23.59	14.09	2.73	8.19	6.65	0	0	0		

2.3 实测生长

按 1982 年 3 月(繁殖期前)一批渔获物统计，似刺鲃的实测生长见表 3。

表 3 太湖似刺鲃的实测生长

Table 3 Observed growth of body length and weight of *P. guichenoti* from Tai Lake

性别 Sex	年龄 Age	标本数 No	体长 (cm)		年增长 (cm) Yearly increment	体重 (g)		年增重 (g) Yearly increment
			幅度 Range	均值 Mean		幅度 Range	均值 Mean	
♀	1	11	9.2—13.1	11.55	11.55	14.5—48.1	29.15	29.15
	2	27	12.6—16.5	14.56	3.01	41.8—88.2	66.54	37.39
	3	31	15.1—17.9	16.51	1.95	74.4—129.2	102.10	35.56
	4	4	17.6—19.5	18.30	1.79	117.5—170.4	140.45	38.35
	5	2	18.9—20.7	19.80	1.50	163.2—192.9	178.06	37.60
	6	1	21.3	21.3	1.50	223.6	223.60	45.55
♂	1	12	8.9—12.5	11.36	11.30	13.2—42.8	27.96	27.96
	2	37	12.3—15.8	14.11	2.81	37.6—80.6	61.41	33.46
	3	36	14.7—17.4	16.01	1.90	70.4—116.4	95.50	34.09
	4	6	17.0—18.5	17.77	1.78	105.4—148.6	150.25	34.75
	5	3	18.6—19.8	19.17	1.40	142.6—176.4	163.4	33.15

2.4 体长-鳞径关系和逆算体长

按渔获物各体长组(组距 1cm)的平均体长和相应的平均鳞径,求得似刺鲃的体长(L, cm)和鳞径(R, cm)关系符合直线和幂函数两种相关式,如下:

$$L = 3.7232 + 44.765R \quad (r = 0.972)$$

$$L = 45.505R^{0.804} \quad (r = 0.974)$$

据此,绘得体和鳞径相关线(见图 1)。按直线相关式求得各龄平均逆算体长与实测值的差值(表 4)较幂函数相关小;后者逆算的各龄平均体长依次为: 11.10, 14.54, 16.68, 18.53, 20.01cm, 尤其是当 R = 0 或越接近 0 时,其结果越和实际情况不符。此外,逆算体长和实测值的差值(表 4)越是低龄组越小,这可能是低龄鱼年轮形成时间和实测时间(3月)相接近的缘故。这不仅提示:所建立的直线相关式符合实际情况;而且表明,对于象似刺鲃这样繁殖期延续时间短的鱼,选择在繁殖期前统计其实测生长,最能反映鱼体的实际情况。

表 4 太湖似刺鲃的逆算体长

Table 4 Body length determined by backcalculation of *P. guichenoti* from Tai Lake

年龄 Age	实测体长 (cm) Observed body length	各龄鱼逆算体长 (cm) Body length by backcalculation at different ages					差值 Difference	标本数 No
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅		
1	11.42						+0.06	76
2	14.29	11.55					+0.28	315
3	16.24	11.44	14.60				+0.34	284
4	17.94	11.36	14.48	16.84			+0.43	52
5	19.36	10.75	14.32	16.38	18.38		+0.47	16
6	21.0	10.43	14.45	16.48	18.27	19.83		2
平均数 (Average)		11.48	14.57	16.58	18.37	19.83		

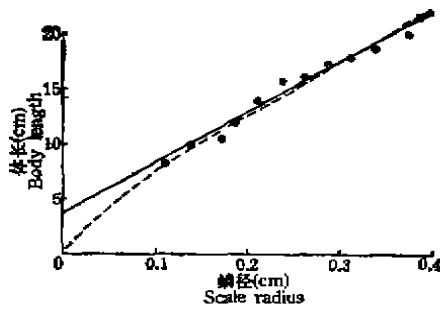


图 1 太湖似刺鲃体长和鳞径关系
Fig.1 Relationship between body length and scale radius of *P.guichenoti* from Tai Lake

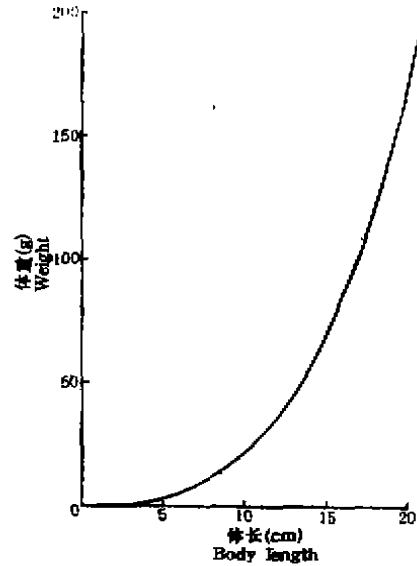


图 2 太湖似刺鲃的体长和体重关系
Fig.2 Relationship between body length and weight of *P.guichenoti* from Tai Lake

2.5 长-重关系和丰满度

以刺鲃体长(L, cm)和体重(W, g)呈幂函数相关(图 2), 其相关式如下:
 $W = 0.0151L^{3.1273} \quad (r = 0.998)$

丰满度和年龄、性别的关系及其季节变化见表 5。1—5 龄全年平均丰满度依次为 1.775, 1.989, 2.027, 2.089, 2.221, 随年龄而增大。1—2 龄雄鱼略大于雌鱼, 而 3—5 龄雌鱼略大于雄鱼。孵化后 2 a 内, 丰满度除了在冬季略下降外, 保持不断上升趋势。3—5 龄鱼, 秋季大量积累营养, 丰满度最高; 而后随着性腺发育、越冬期来临和摄食强度降低而下降; 春季繁殖前稍有上升; 夏季繁殖后, 由于产卵大量耗能尚未恢复, 丰满度最低。

表 5 太湖似刺鲃的各龄组丰满度的季节变化
Table 5 Seasonal variation of conditional coefficient in different age-groups of *P.guichenoti* from Tai Lake

年 龄 Age	性 别 Sex	月 份 Month			
		6—8	9—11	12—2	3—5
1	♀	—	1.727 (7)	1.703 (7)	1.807 (8)
	♂	—	1.778 (9)	1.707 (7)	1.878 (10)
2	♀	1.911 (14)	1.926 (10)	1.882 (12)	2.094 (26)
	♂	1.931 (17)	1.844 (14)	1.870 (16)	2.085 (37)
3	♀	1.975 (29)	2.166 (20)	2.018 (7)	2.046 (29)
	♂	1.951 (22)	2.138 (18)	1.985 (6)	2.022 (5)
4	♀	1.968 (6)	2.266 (6)	2.053 (2)	2.122 (4)
	♂	1.923 (3)	2.318 (2)	2.042 (2)	2.071 (2)
5	♀	—	2.310 (2)	2.086 (1)	2.285 (2)
	♂	—	2.236 (1)	—	2.136 (1)

注 括号内为标本数

2.6 生长指标

根据逆算体长,求得似刺鲃 1—5 龄年间生长指标分别是 2.737, 1.882, 1.700, 1.405。将这一结果和鲃亚科其它几种鱼类,如吻鲃^[2]、圆筒吻鲃^[2]、铜鱼^[3]、花鲢^[4,5]和嘉陵颌须鲃^[6]等的生长指标比较,可以看出: 1) 除铜鱼、吻鲃外,几种鲃亚科鱼类的生长指标陡然跌落的年龄均发生在 2—3 龄间; 2) 第二阶段生长指标,似刺鲃仅高于嘉陵颌须鲃,表明其生长速度在鲃亚科中属偏慢鱼类。

2.7 生长方程

似刺鲃各龄的平均逆算体长,经过拟合和检验,符合 von Bertalanffy (1938) 生长方程。 $l_t = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$; $W_t = W_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})^3$ 。方程的各参数值确定步骤是:

1) 根据 Ford (1933) 和 Walford (1946) 方程求解 L_{∞}, k ; Ford 和 Walford 方程表示式是: $l_{t+1} = L_{\infty}(1 - e^{-k}) + e^{-k}l_t$; 计算结果,似刺鲃 l_{t+1} 和 l_t 存在线性相关,截距 $L_{\infty}(1 - e^{-k}) = 5.6294$,斜率 $e^{-k} = 0.7677$ ($r = 0.997$); 所以 $L_{\infty} = 24.2378$ (cm), $k = 0.2643$ 。

2) 根据 Beverton (1954) 法求解 t_0 : 将上述 L_{∞} 作为试用值,代入以下由 von Bertalanffy 方程导出的自然对数式中: $\ln(L_{\infty} - l_t) = \ln L_{\infty} + kt_0 - kt$ 。计算结果,似刺鲃 $\ln(L_{\infty} - l_t)$ 和 t 存在线性相关,截距 $\ln L_{\infty} + kt_0 = 2.8081$,斜率 $-k = -0.2625$ ($r = 0.999$); 所以 $t_0 = -1.447$ 。

3) 根据 $W = aL^b$, 若 b 接近 3, 表明鱼体各部呈等速生长,则可以由长重关系式简便求得 $W_{\infty} = 322.6283$ (g), 而且体重和体长生长方程的 k 和 t_0 也一致,不必分别计算。于是,似刺鲃的体长、体重生长方程如下:

$$l_t = 24.2378(1 - e^{-0.2643(t+1.447)}) \quad (X^2 = 0.044, df = 4, p > 0.995)$$

$$W_t = 322.6283(1 - e^{-0.2643(t+1.447)})^{3.173} \quad (X^2 = 0.652, df = 4, p = 0.975-0.950)$$

据此,求得各龄鱼的理论体长和体重,并绘出相应的生长曲线(图 3, A, B)。体长生长曲线是一条不具拐点的渐近线; 体重生长曲线是一条不对称的 S 形渐近线。

2.8 生长速度和加速度

生长速度和加速度用于描述鱼类生长过程变化的特征。将似刺鲃的生长方程对 t 求一阶导数 (dl/dt 和 dW/dt) 为生长速度,求二阶导数 (d^2l/dt^2 和 d^2W/dt^2) 为加速度。似刺鲃体长生长速度和加速度曲线(图 3, C, E) 显示: 随时间 t 的增大, dl/dt 不断递减,而 d^2l/dt^2 却逐渐上升,但位于 t 轴下方,为负值; 表明随着体长生长速度下降,其递减速度渐趋缓慢。体重生长速度和加速度均为具拐点的曲线(图 3, D, F)。根据数学原理,拐点处的 $d^2W/dt^2 = 0$, 由此判断和计算拐点年龄 t_1 最为简便。据计算, $t_1 = 2.87$ 龄, 拐点处 $W = 96.8$ g, $L = 16.5$ cm。当 $t < 2.87$ 龄时, dW/dt 上升, d^2W/dt^2 下降,但位于 t 轴上方,为正值,为体重生长递增阶段; 当 $t > 2.87$ 龄时, dW/dt 和 d^2W/dt^2 均下降,而且 d^2W/dt^2 位于 t 轴下方,为负值,为体重生长递减阶段。6 龄前后, d^2W/dt^2 降至最低点,而后又逐渐上升,表明随着体重生长速度下降,其递减速度亦渐趋缓慢。

3 讨论

3.1 Brody (1927, 1945) 认为: 动物长度对时间的生长曲线通常呈 S 形, 分别适配于两种函数式: $l_t = ae^{kt}$ 和 $l_t = b - ce^{-kt}$ 。显然, von Bertalanffy 方程与 Brody 方程 $l_t = b - ce^{-kt}$ 是一致的。这表明: von Bertalanffy 方程仅适配于鱼类长度生长的后半曲线。就本文拟合

的似刺编鮡的长度生长曲线(图3,A,C,E)而言,仅适配于进入渔获群体的1龄以上的个体。如果将这一曲线外推到时间轴(图3.A),这个时间为 $t_0 = -1.447$,这是不符合实际情况的。由此可见,似刺编鮡体长生长S形曲线的前一半在1龄前,必须分别拟合。因此,在拟合 von Bertalanffy 方程及其相关曲线时,应当对所适用的年龄范围有一个正确的估计。这是方程本质所决定的。这也表明, t_0 虽然可以理解为理论生长起点年龄,但实际上它的存在仅是方程数学结构的结果,而丝毫不代表生长的起点年龄。

3.2 按作者等(1991)^[4]的分型标准,就似刺编鮡的基本生物学(繁殖生物学另文报道)特性分析,它在太湖鱼类群落系统中,和鲤、鲫^[1]、花鲢^[1]等同属消极适应的种类。这一类型的鱼,其种群繁殖力和自我调节能力均不及刀鲚和其它小型杂鱼类,对湖区环境变迁和过度捕捞的反应,通常是消极地提早性成熟、种群结构趋向低龄化或小型化。据本文调查,似刺编鮡渔获物组成1—3龄个体尾数占到约90%,且有进一步小型化的倾向(表2)。为此,作者提出1:)似刺编鮡应和鲤、鲫、花鲢等一起,明确列为太湖渔业繁殖保护重点对象;其产卵场为重点保护区。在半年封湖禁渔期,还应重点排除非渔业干扰,譬如在产卵场隔泥、捞草、扒螺蛳和避免工农业污染源等; 2)明确规定起捕规格,根据初次性成熟年龄和生长特性,亦照顾到小船渔民的利益,似刺编鮡的起捕规格应定为:体长16.0cm;体重100.0g。

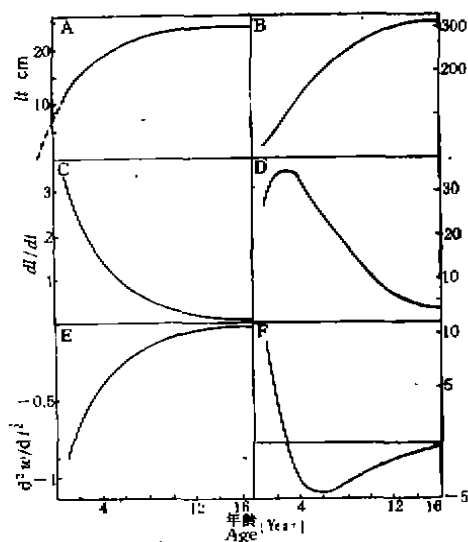


图3 太湖似刺编鮡的生长曲线

A,体长生长, C,体长生长速度, E,体长生长加速度曲线; B,体重生长, D,体重生长速度, F,体重生长加速度曲线

Fig.4 Growth curves of *P. guichenoti* from Tai Lake

A, C&E, do by length growth, growth speed and acceleration speed curve
B, D&F, do by weight growth, growth speed and acceleration speed curve

参 考 文 献

[1] 缪学祖、殷名称,太湖花鲢生物学研究,水产学报,1983,7(1):31—44
 [2] 邓中焜等,汉江主要经济鱼类的年龄和生长,鱼类学论文集,1981,1:97—116
 [3] 许蘊环等,长江铜鱼生物学及三峡水利枢纽对铜鱼资源的影响,水生生物学集刊,1981,7(3):271—284
 [4] 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,湖泊科学,1991,3(1):25—34
 [5] 谢从新等,武昌南湖花鲢的生长研究,海洋与湖沼,1983,19(3):225—231
 [6] 谢从新,神农架嘉陵颌须鮡年龄和生长的初步研究,华中农学院学报,1985,4(1):41—43
 [7] von Bertalanffy L A quantitative theory of organic growth, Hum Biol, 1933, 10:181—213
 [8] Beverton R J H, Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish populations, U S Fish Lab, Beaufort, N C, Misc Contrib, 1964 2:159
 [9] Brody S, Growth rates, Univ Missouri Agric Exp Sta Bull, 1927, 97
 [10] Brody S, Bioenergetics and growth, Reinhold publishing Corp., New York, N. Y., 1945, 1023
 [11] Ford E, An account of the herring investigations conducted at plymouth during the years from 1924—1933 J Mar Biol Assoc U K, 1933, 19:305—334

1) 殷名称, 1992. 太湖鲢鱼生物学调查和增殖问题. 动物学杂志, 待发表。

[12] Walford L. A. A new graphic method of describing the growth of animals, *Biol Bull.* 1948, 90(2): 141—147

AGE AND GROWTH OF *PARACANTHOBRAMA GUICHENOTI* BLEEKER FROM LAKE TAIHU

Yin Ming-Cheng

(Shanghai Fisheries University, 200090)

This paper deals with the age and growth of *Paracanthobrama guichenoti* Bleeker from lake Taihu. 756 specimens were collected and examined during August 1979 to July 1980, and partially in 1982 and 1989.

Scales used for age determination are drawn from the middle part between the starting point of the dorsal fin and the left lateral line. The annuli are formed (or shown) chiefly from April to July. The catches are composed of 1—6 age groups, and the 1—3 age groups contribute about 90% of the total number.

The correlation formula of the body length (L , cm) and scale radius (R , cm) is: $L = 3.7232 + 44.7650R$, and of body length and weight (W , g) is: $W = 0.0151 L^{3.1274}$

The growth type of *P. guichenoti* may be expressed by von Bertalanffy (1938) equation as

$$l_t = 24.2378(1 - e^{-0.2643(t+1.447)})$$

$$W_t = 322.6283(1 - e^{-0.2643(t+1.447)})^{3.1274}$$

The inflection point t_i is 2.87 years, and at the point the body weight is 96.80g, and body length is 16.49cm.

In order to maintain the development of the population, it is suggested that the fish stock should be exploited rationally and the minimum catchable size must be 16.0cm in body length and 100.0g in weight.

Key words: *Paracanthobrama guichenoti*, age, growth.