

太湖湖鲚年龄与生长的研究*

孙雪兴†

(淡水渔业研究中心, 无锡)

仇延舫††

(上海水产学院)

提要 湖鲚鳞片年轮可作为年龄鉴定的依据,其边缘增长率 K 的周年变化,表明年轮系一年形成一次,主要在4—6月出现。体长与鳞长的关系式为 $L = 18.658 + 118.06R$,与体重关系式为 $W_{♀} = 7.588 \times 10^{-6} L^{2.8301}$ 、 $W_{♂} = 5.584 \times 10^{-6} L^{2.8781}$ 。2龄鱼以前,体长和体重相对增长率与生长指标较大,2龄以后则相反。生长适合 Von Bertalanffy 生长方程,体重生长曲线的拐点位于2—3龄的 $W = 0.292 W_{\infty}$ 处;生长速度和加速度曲线能反映生长过程的变化特征,合理的捕捞年龄应为2龄以后,体长为170mm以上。本文为提高太湖湖鲚产量提供了重要依据。

湖鲚 (*Coilia ectenes taihuensis* Yuen et Lin) 是一种定居性的小型低质经济鱼类,广泛分布于长江中下游的封闭性湖泊中,具有群体大、性成熟早、繁殖力大、适应能力强和食性广的特点。因此,湖鲚在敞水性湖泊中所占捕捞量的比重很大,就太湖而言即达50%,为主要的捕捞对象。

关于湖鲚的年龄与生长以往曾有报道^{1,2)},但对其年龄特征和生长规律却未见专门的研究。为探索其资源状况和数量变动规律,以便进行资源评估,更好地为渔业生产服务,我们对湖鲚年龄与生长进行了研究。

一、材料与方 法

本文所用材料,系淡水渔业研究中心的“增殖”号和“实验”号调查船,用两张网口为13m²的虾拖网,自1983年1—12月在太湖的三山湖、大浦口、大雷山、小雷山、笠山、乌龟山、贡湖和胥口湖8个采集点采集。拖曳时的船速为1.5—2km/h,每一采集点拖曳30分钟,全年采集湖鲚样本3964尾,均在现场进行常规生物学测定并记录。同时,采集了供鉴定年龄用的湖鲚鳞片样本412个。鳞片采自左右胸鳍末端的下方,每侧各取样5—6个,经5%氨水洗净后置于WX-JTT型台式投影仪下放大20倍观察。

* 参加工作的还有唐渝、施伟纲、周卫东同志。

† 现在上海农牧渔业部东海区渔业指挥部工作。

†† 上海水产学院1984届毕业生。

收稿日期: 1985年2月25日。

1) 上海水产学院,1964。太湖的鱼类。

2) 秦安龄、袁传恣、谷庆义,1983。太湖鲚鱼鱼群变动情况及生物学调查报告。

湖鲚鳞长 R 与各年轮的轮距 R_1, R_2, \dots, R_n 是用投影放大机所放大的印象进行测量。关于年轮形成的周期与时间,可用鳞片边缘增长率 $\alpha = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}}$ 的逐月变化求得。体长和体重的相关分析用 Keys 公式 $W = aL^b$ 计算,并用 Von Bertalanffy 生长方程求得湖鲚生长特性和一般规律。各龄鱼的体长推算按 Lea. E (1910) 正比例公式进行。鳞长与体长的关系用 $L = a + bR$ 计算。各龄生长情况以其体长、体重、生长速度和加速度求得,并以此确定湖鲚被利用的最佳年龄。

二、研究结果

1. 年轮和副轮的特征

湖鲚鳞片呈椭圆形,属圆鳞,薄而透明,表层披露一层银白色的粘膜,鳞片整齐地呈覆瓦状排列,因着生部位不同而形态亦异。整个鳞片分为前区、后区和两个侧区。前区和两个侧区的环纹呈半圆形排列,前区上有自鳞片中心向鳞缘伸延的 1—3 条辐射沟。鳞片裸露于皮肤外的部分为后区,无环纹而布满断裂的网状结构,网眼大小和目数随湖鲚年龄增长网眼增大而目数却减少。在同一生长年带中,环纹的排列走向相互平行,而两个生长年带相邻的环纹则呈切割状而形成年轮,在鳞片侧区和后区交界区,环纹切割明显。

副轮是非周期性发生的,轮圈不完整,仅在鳞片侧区或前区局部出现,大多数湖鲚鳞片具有副轮且较复杂。除利用其特征来鉴别外,有时还要辅以推算体长来加以区别。

湖鲚的幼轮位于鳞片中心区,一般接近中心部,出现在第一轮内,幼轮以内的环纹排列紧密,没有切割现象(图 1)。

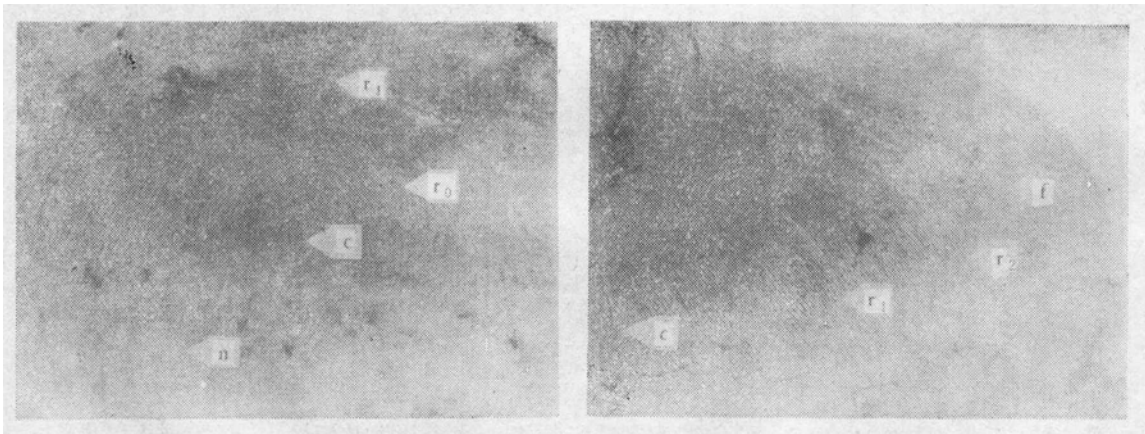


图 1 湖鲚鳞片的年轮和年轮特征

r_1, r_2 分别代表第 1, 第 2 年轮; r_0 为幼轮; f 为副轮; n 为鳞片后区网状结构; c 为鳞焦(中心)。

2. 年轮形成的时间

应用鳞片边缘增长率 $\alpha = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}}$ 计算式¹⁾,即根据鳞片边缘增长率的幅度 ($R - r_n$) 与鳞片最后两个年轮间距离 ($r_n - r_{n-1}$) 的比值变化,作为确定年轮形成时的指标。

1) α 表示鳞片边缘增长率; R 是鳞片半径; r_n 和 r_{n-1} 分别代表由中心至倒数第 1—2 轮的轮距。

当湖鲚新年轮刚形成时, K 值极小, 接近于零。当 K 值逐渐增大, 鳞片边缘增长的幅度接近最后两个年轮间的距离时, 则表明新的年轮即将出现。从鳞片边缘增长率 α 的周年变化来看, 年轮系每年形成一次, 出现新年轮的时间主要是 4—6 月, 但也有些在 2 或 3 月。在周年中鳞片边缘增长的速度并不一致, 自 7 月到翌年 4 月, K 值逐渐显著增加 (图 2)。这说明夏、秋、冬季和早春为湖鲚鳞片的快速增长期, 但增长的周年变化, 在一定程度上反映了太湖湖鲚的季节生长, 即夏、秋、冬季和早春生长迅速, 春末生长相对缓慢。据湖鲚性腺组织学研究¹⁾及太湖湖鲚鱼苗主要出现在 6—8 月, 证实了其主产卵期为 5—7 月, 与年轮形成的时间基本一致。

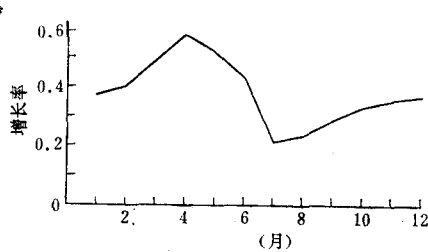


图 2 太湖湖鲚鳞片边缘增长率的周年变化

3. 生长特性

(1) 渔获的年龄组成: 1983 年所获 412 尾湖鲚鳞片年龄组成为: 0 龄组即 7—8 个月龄的当年幼鱼占 26.37%, 1 龄组占 55.22%, 2 龄组占 8.21%, 3 龄组占 5.72%, 4 龄组占 3.73%, 5 龄组占 0.75%。可见, 0 龄组和 1 龄组湖鲚为主要捕捞对象, 占渔获量的 81.59%。各年龄组的平均体长和体重为: 0 龄组长 88.19mm, 重 2.63g; 1 龄组长 102.78mm, 重 3.65g; 2 龄组长 175.67mm, 重 17.74g; 3 龄组长 226.25mm, 重 36.20g; 4 龄组长 268.00mm, 重 59.0g; 5 龄组长 289.00mm, 重 67.25g。

(2) 体长与鳞长的相关: 据湖鲚各体长组的平均体长及其相应的平均鳞长作图 (图 3) 可以看出, 体长与鳞长呈直线相关, 可用直线回归方程 $L = a + bR$ 来表示, 经计算求得其体长与鳞长的关系式为 $L = 18.658 + 118.06R$, 相关系数 $r = 0.965$ 。式中的 L 为体长(mm), R 为鳞长(mm)。

(3) 体长与体重的相关: 湖鲚的体长与体重的回归曲线呈指数函数关系, 可用 $W = aL^b$ 来表示。根据各体长组的平均体长及相应的平均体重测定值, 用最小二乘法算得其体长与体重的回归方程为:

$$W_g = 7.588 \times 10^{-6} L^{2.8301}, r = 0.999$$

$$W_s = 5.584 \times 10^{-6} L^{2.8781}, r = 0.997$$

1) 刘仁华、袁传宓、谷庆义, 1983。太湖湖鲚性腺发育的初步研究。太湖水产资源调查汇编。

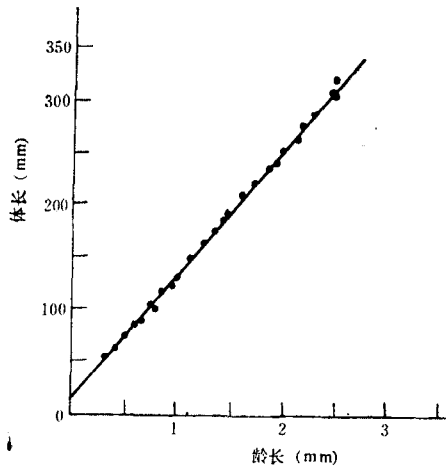


图3 太湖湖鲚鳞长和体长相关曲线

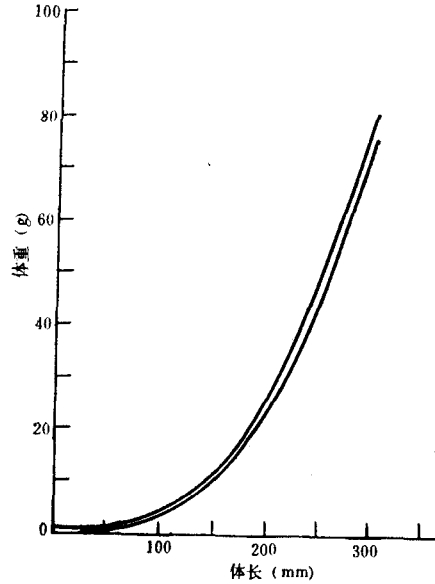


图4 太湖湖鲚体长和体重相关曲线

式中的 L 为体长 (mm), W 为体重 (g)。假设鱼类为均匀生长, 在生长过程中鱼体比重不变, 则参数 $b = 3$ 。太湖湖鲚体长与体重关系近似于 $W = aL^3$ 的假定条件, 基本上可视为均匀生长, 其回归关系是显著的。同时, 湖鲚在体长相同的情况下, 雌鱼体重大于雄鱼。

(4) 阶段生长: 为分析湖鲚的阶段生长, 作者整理了其体长和体重增长率各项指数的变化^[1], 计算式为:

$$\text{体长相对增长率} = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100 = 74.73\%$$

$$\text{体重相对增长率} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 = 393.09\%$$

$$\text{生长指标} = \frac{\lg L_2 - \lg L_1}{0.4343} \times L_1 = 57.14$$

计算结果见表 1。

表 1 太湖湖鲚的阶段生长

年 龄	推算体长 (mm)	体长相对增长率 (%)	生长指标	推算体重 (g)	体重相对增长率 (%)
1	102.39			3.62	
2	178.91	74.73	57.14	17.85	393.09
3	229.53	28.29	44.58	36.41	103.98
4	272.22	18.60	39.15	59.30	62.87
5	283.68	4.21	11.23	66.73	12.53

由表 1 可以看出, 不同年龄组湖鲚的体长、体重相对增长率和生长指标是不同的, 1—2 龄时, 其体长与体重相对增长率较大, 生长指标较高, 为生长快速阶段。3 龄以后则进入缓慢生长阶段。

按年轮推算各龄鱼以往年份中的生长情况和实测体长比较(表2),平均各龄的推算体长与相应年龄实测体长比较接近,数值稍偏高,这是由于鳞片形成时鱼体已有一定的长度所致(图3)。

表2 太湖湖鲚实测体长与推算体长

年龄	实测体长 (mm)	各龄推算体长(mm)					标本数 (尾)
		L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	
1	102.78	102.39					169
2	175.67	103.74	178.91				33
3	226.25	103.85	173.89	229.53			23
4	268.00	107.04	173.85	229.44	272.22		15
5	289.00	105.54	160.67	210.15	269.64	283.68	12

(5) 一般生长型: Von Bertalanffy (1938) 在假定有机体的体重与体长的立方成比例的条件下,导出体重与体长的生长方程为:

$$W_t = W_\infty(1 - e^{-K(t-t_0)^3}) \quad (1)$$

$$L_t = L_\infty(1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad (2)$$

式中: L_t 为 t 龄鱼时的体长; W_t 为 t 龄鱼时的体重; L_∞ 是当 $t = \infty$ 时, 鱼的渐近体长; W_∞ 是当 $t = \infty$ 时, 鱼的渐近体重; K 为生长曲线的曲率参数; t_0 为理论上体长和体重等于 0 时的年龄。

太湖湖鲚的生长适合于 Von Bertalanffy 生长方程。

表3 太湖湖鲚体长和体重的推算值与理论值

项目 \ 年龄	1	2	3	4	5
推算体长 (mm)	102.39	178.91	229.53	272.22	283.68
理论体长 (mm)	99.91	179.44	230.66	263.65	284.89
推算体重 (g)	3.62	17.85	36.41	59.30	66.73
理论体重 (g)	3.37	18.00	36.92	54.12	67.55

根据湖鲚各龄的平均推算体长(表3),再以此推算体长用 Walford (1946) 作图法以 $t+1$ 龄时体长作纵坐标, t 龄时的体长作横坐标,以 $t+1$ 和 t 时及 $t+2$ 和 $t+1$ 时……的一系列体长值在图上取点,连于各点的直线与从原点出发的 45° 直线的交点为 L_∞ 值。从图5求得 $L_\infty = 323.33\text{mm}$ (图5)。从直线回归方程:

$$L_n(L_\infty - L_t) = L_n L_\infty + K t_0 - K t$$

求得参数 $K = 0.44$, $t_0 = 0.16$ 。代入式(2),求得各龄的理论体长(表3)并作图(图6),则湖鲚的体长生长曲线为一条不具拐点的上部接近渐近值的曲线,这条曲线开始上升快,而后转为缓慢。

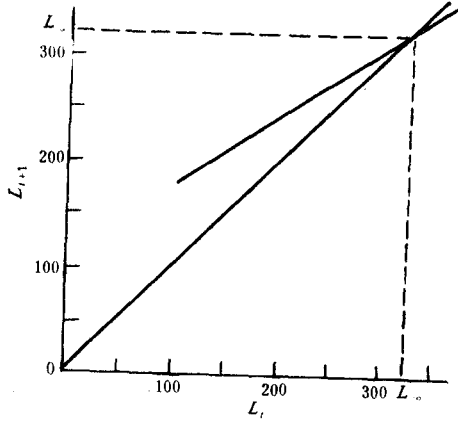
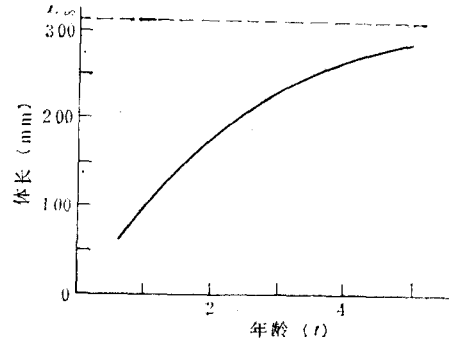
图5 太湖湖鲢体长 L_t 与 L_{t+1} 相关

图6 太湖湖鲢体长生长曲线

根据体长与体重的关系式, $W_{\infty} = aL_{\infty}^b$ 从渐近体长 $L_{\infty} = 323.33\text{mm}$ 换算为渐近体重 $W_{\infty} = 97.01\text{g}$, 依式(1)求得各龄鱼的理论体重 W_t , 以此作图(图7), 可看出湖鲢的体重生长为一条不对称的S形曲线。随着年龄的增大, 生长由慢到快再转向慢, 这条曲线的拐点位于 $t = 2.548$ 龄, $W_t = 28.33\text{g}$, $W_t/W_{\infty} = 0.292$, 其拐点相当于 $0.292W_{\infty}$ 处, 即出现在 2—3 龄间。

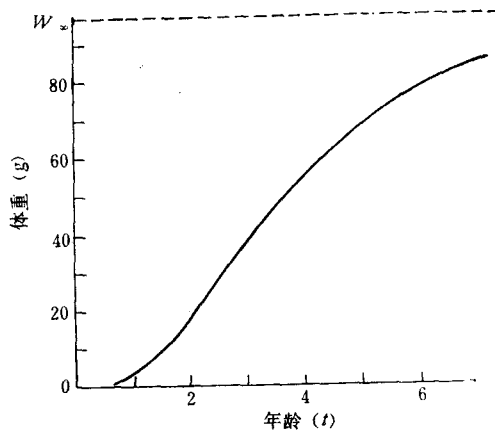


图7 太湖湖鲢体重生长曲线

太湖湖鲢体长和体重的推算值和理论值颇为近似, 这说明湖鲢满足均匀生长的假定, 其一般生长型可用 Von Bertalanffy 生长方程描绘。

(6) 生长速度和加速度: 鱼类的生长速度是指鱼体在单位时间内所增加的长度和重量, 通常以年为单位用以说明其各年的生长情况。体长生长曲线 ($L_t = f(t)$) 和体重生长曲线 ($W_t = f(t)$) 都是积分曲线, 反映生长过程的总和。为研究生长过程的变化特征, 可将方程(1),(2)对 t 求导数, 得生长速度曲线(一阶导数)和生长加速度曲线(二阶导数):

$$dL/dt = KL_{\infty}e^{-K(t-t_0)}$$

$$dW/dt = 3KW_{\infty}(1 - e^{-K(t-t_0)^2}e^{-K(t-t_0)})$$

$$d^2W/dt^2 = 3K^2W_{\infty}e^{-K(t-t_0)}(1 - e^{-K(t-t_0)^2})(3e^{-K(t-t_0)} - 1)$$

将各参数代入，计算与年龄 t 的函数关系并作图（图 8—10）可看出：体长生长速度随年龄而递减，并渐趋近于零（图 8）。当年龄 $t < 2.548$ 时，其体重生长速度曲线上升（图 9）。体重生长加速度曲线下降并位于 t 轴上方（ d^2W/dt^2 为正值）（图 10）这表明 2.548 龄以前是湖鲚体重生长速度的递增阶段（ dW/dt 值递增），但其递增速度却逐渐下降（ d^2W/dt^2 值递减）。当年龄 $t = 2.548$ 时，体重生长速度曲线达极大点，体重生长加速度曲线与 t 轴相交（ $d^2W/dt^2 = 0$ ）。表明此时湖鲚体重生长速度达最大值 而其递增阶

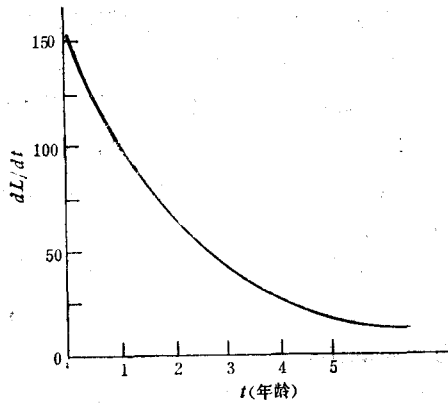


图 8 太湖湖鲚体长生长速度曲线

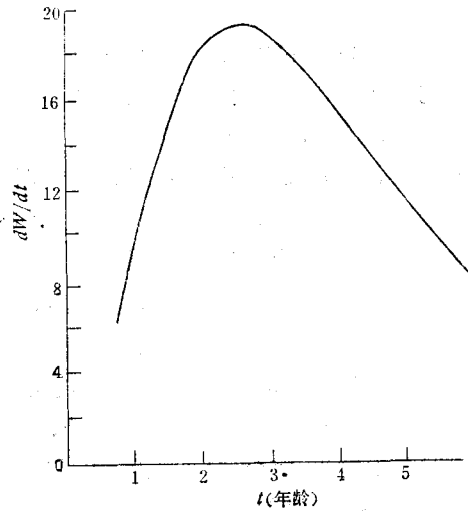


图 9 太湖湖鲚体重生长速度曲线

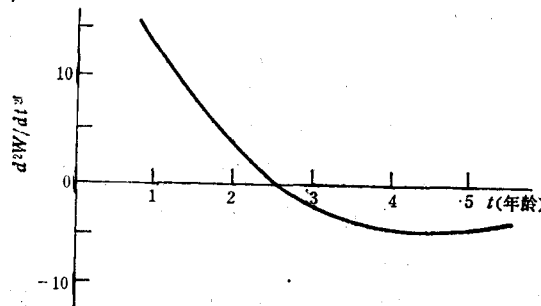


图 10 太湖湖鲚体重生长加速度曲线

段已告结束，这是湖鲚生长过程的主要转折。当年龄 $t > 2.548$ 时，体重生长曲线呈凸形，体重生长速度曲线下降，而体重生长加速度曲线则在 t 轴下方（ d^2W/dt^2 为负值）。这表明 2.548 龄以后，为湖鲚体重生长速度的递减阶段。从年龄 $t = 4$ 开始，其体重生长加速度曲线又逐渐上升，生长速度的递减速度却下降（ d^2W/dt^2 的绝对值递减）。此后，湖

鲢体重生长曲线趋于渐近值,其生长速度和加速度曲线趋近于零。这就是太湖湖鲢生长过程及其变化的特征。

三、讨 论

1. 生长参数 t_0 在理论上为鱼类生长的起点,鱼类在刚孵出时,已具有一定的体长和体重,所以 t_0 通常为负值。但据 Von Bertalanffy 生长方程计算得出 $t_0 = 0.16$ 为正值,这是由于湖鲢生殖期较长(4月下旬到10月)。而年轮形成时间相对集中。因此,无论产卵早或晚,4—6月年轮基本全部形成。同时,由于虾拖网易捕捞个体小的湖鲢,所以1龄鱼的推算体长(102.39mm)较实际体长(102.78mm)为小。故 t_0 必须为正值才能符合生长方程。

2. 对鱼类的拐点年龄,有两种观点,一是拐点年龄为初次性成熟年龄,在性成熟前,鱼类的索饵主要是为了生长,促使体重迅速增加;达性成熟后,营养的积累主要用于性产物的成熟,而体重生长则相应减缓。另一种观点是拐点年龄为鱼体开始衰老的年龄,这种鱼主要分布在热带和亚热带水域,由于温度较高,在衰老前生长迅速,进入衰老期后,生长就开始缓慢。而太湖湖鲢拐点年龄(2.548龄)既非初次性成熟年龄,又不是衰老拐点年龄。这是因为太湖湖鲢7—8个月龄即达性成熟,而成鱼4龄后才开始进入衰老期。又因太湖湖鲢是刀鲢的一个新亚种¹⁾,而刀鲢性成熟年龄为2龄,其拐点年龄在2龄左右。太湖湖鲢性成熟虽早,但其拐点年龄仍保持了其原来种的特性。

从湖鲢食性的分析表明,体长在170mm前,主要摄食枝角类和挠足类等浮游动物,170mm以后转为摄食鱼虾类为主²⁾,故2龄以后体重增长速度最快。由此可见,太湖湖鲢的拐点年龄为2.548龄是正确的,符合湖鲢生长的一般规律。

3. 从太湖湖鲢生长规律看来,合理捕捞的生物学指标应以生长过程的主要转折点较为适当,但据湖鲢摄食转化情况看来,应对太湖湖鲢生产进行必要的调整,即开捕年龄为2龄以后,体长在170mm以上。这样,既不损害经济鱼虾类资源,又能达到增产的目的,使湖鲢资源得到充分的合理利用。

四、结 语

1. 太湖湖鲢的年轮由两个相邻的生长年带呈切割而形成,副轮出现在鳞片侧区和前区的局部,幼轮出现在第一轮之内,接近鳞片的中心(鳞焦)部。

2. 太湖湖鲢鳞片边缘增长率 K 的周年变化,表明鳞片年轮每年形成一次,时间为7月至翌年4月,主要形成期是4—6月。

3. 太湖湖鲢的最高寿命为5龄。年龄组成比较简单,以0龄和1龄组占优势,2龄以上各组数量较少。

4. 太湖湖鲢体长与鳞长之间的关系呈直线相关。关系式为 $L = 18.658 + 118.06R$, $r = 0.965$ 。

5. 太湖湖鲢体重与体长之间呈指数函数关系。其关系式为:

1) 同39页脚注2)。

2) 同39页脚注1)。

$$W_{\text{♀}} = 7.588 \times 10^{-6} L^{2.8301}, W_{\text{♂}} = 5.584 \times 10^{-6} L^{2.8781}$$

6. 根据 Von Bertalanffy 生长方程计算结果, 2 龄鱼以前体长和体重的相对增长率较大, 生长指标较高; 2 龄鱼以后则相反。4 龄鱼开始迅速衰老。体重生长曲线的拐点位于 2—3 龄间, 拐点位置在 $W = 0.292W_{\infty}$ 处。

7. 为合理利用太湖湖鲚资源, 捕捞年龄应为 2 龄以后, 体长在 170mm 以上, 此即提高产量的关键之一。

参 考 文 献

- [1] 丘古诺娃, H. H., 1952 (刘建康、陈佩董译, 1956)。鱼类年龄与生长的研究方法。科学出版社, 90 页。
 [2] Beverton, R. J. H. and S. J. Holt, 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. Fish. Invest. seris II, Vol. XIX pp.1—533。

STUDY ON THE AGE AND GROWTH OF LAKE ANCHOVY IN TAIHU LAKE

Sun Xuexing and

(Fresh Water Fisheries Research Center, Wuxi)

Chou Yanfang

(Shanghai Fisheries College)

ABSTRACT

3946 specimens for the present study were collected in Taihu Lake from January to December in 1983.

1. The annual ring of the Lake Anchovy is formed from the adjacent growth zones of a tangent shape, the inferior rings occur in the front and lateral parts of the scale, and the larva ring in the first growth ring is close to the core of the scale.

2. The annual fluctuation of the scale margin growth rate K for the Lake Anchovy demonstrates that the annual ring is developed every year, to be exact, from late July to April of the next year, with a final completion in April or June.

3. The top life span of the Lake Anchovy is five. The age composition is relatively simple, the fish of 0 and one year old is dominant, but that of over two years old in different group is very few.

4. The relationship between the body length and scale length is linear, and the formula is $L = 18.658 + 11.06R$, $r = 0.965$.

5. The exponential function is the relationship between body weight and body length, so the relation formula is

$$W_{\text{♀}} = 7.588 \times 10^{-6} L^{2.8301}, W_{\text{♂}} = 5.584 \times 10^{-6} L^{2.8781}$$

6. From the Von Bertalanffy's growth equation, the relative growth rate of the fish before age two is very high and so is the growth index, but the negative is the fish over age two. The fish of four years old, anyway, become decrepit rapidly. The critical position of the body weight growth curve is W located between the 2—3 years ($W = 0.292W_{\infty}$).

7. To utilize the Lake Anchovy resource of Taihu Lake properly, the Lake Anchovy caught for market should be over two years old and more than 170 mm in body length. That's one of keys to increase the yield of the Taihu Lake fisheries.