

武昌南湖花鲢的生长研究*

谢从新 龚世园 杨治国 张其林

(华中农业大学, 武汉)

提要 花鲢适应性强, 生长迅速, 肉味腴美, 食性和栖息水层与主要养殖鱼类不同, 所以增、移殖该鱼对发挥水体生产潜力具积极作用。

武昌南湖花鲢的生长特性: 体长与鳞径关系为 $L = 3.8105^{t-1.277}$ 。体长与体重关系为 $W = 4.947 \times 10^{-3} L^{3.4158}$ 。生长指标跳跃性下降时的年龄落在性成熟后。Brody-Bertalanffy 生长方程中的主要生物学参数为 $L_{\infty} = 33.14\text{cm}$, $W_{\infty} = 776.1\text{g}$, $K = 0.4173$, $t_0 = -0.7369$, 拐点年龄 $t_i = 2.20$ 龄, 拐点体重 $W_i = 236.8\text{g}$ 。这是鱼类体重生长的转折点, 可作为合理捕捞的依据。

花鲢 (*Hemibarbus maculatus* Bleeker) 隶属鲤科、鲃亚科, 为我国淡水水域习见经济鱼类。花鲢适应性强, 生长迅速, 肉味腴美, 在静水水体中能自然繁殖形成种群, 食性和栖息水层与我国主要养殖鱼类不同, 所以在渔业生产上占有一定地位。

有关花鲢的研究, 以往文献已有报道^[1-3, 6], 至于人工放养湖泊中花鲢的生长特性, 至今还未见报道。本文旨在探索该鱼的生长规律, 供进一步制订增、移殖措施时参考。

一、材料和方法

研究的标本, 系 1984 年 11 月—1985 年 9 月采自武昌南湖。共收集 738 尾, 其中 349 尾取自捕捞选择性较小的地曳网渔获群体(共三批, 每批约占渔获总重的 20%), 其余为刺网捕获。体长范围为 14.0—32.0cm, 体重范围为 35.0—695.0g。

用鳞片作鉴定年龄的材料。取鳞部位为背鳍起点下, 侧线上第二行, 自前向后取 5—8 枚。依文献[6]描述的年轮特征确定年龄。年龄鉴定中, 弃除了那些破碎或年轮特征不明显的标本, 共 16 尾。在 18 倍双筒解剖镜下观察年轮并测量鳞径。鳞径测量部位为鳞片上侧区(近背鳍一侧), 以鳞焦至后侧区边缘的直线距离作为鳞径。

用 $W = aL^b$ 拟合体长与体重关系。用 Brody-Bertalanffy 生长方程描述体长和体重生长特性。

二、结 果

(一) 体长与鳞径关系

鱼类的生长可以用体长与鳞径的相关式作为种群的一个特征来描述。经点图和对几种常见相关式的比较分析, 发现幂函数式 $L = aS^b$ 是描述花鲢体长与鳞径关系的最佳相

* 参加材料采集的尚有朱邦科和陈勇两位老师, 南湖渔场给予大力支持, 谨此一并志谢。
收稿日期: 1986 年 6 月 10 日。

关式。经计算,得 $L = 3.810S^{1.1277}$, 相关系数 $r = 0.996$, 见图 1。式中 L 为体长 (cm), S 为鳞径 (mm), a, b 为参数。

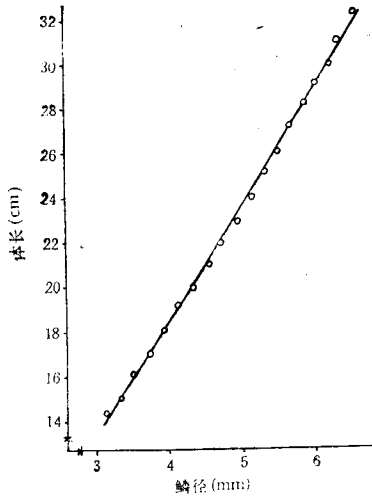


图 1 南湖花鲢体长与鳞径关系

○ 平均实测体长

Fig. 1 Relationship between body length and scale radius of *H. maculatus*

(二) 渔获群体年龄组成及体长、体重分布

由 1984 年 11 月地曳网渔获群体的结构分析查明, 武昌南湖花鲢的年龄结构较为简单, 系由四个龄组组成, 其中以 1—2 龄鱼为主要渔获对象, 1 龄和 2 龄鱼的尾数占渔获总尾数的 63.8% 和 29.3%, 重量则占渔获总重量的 36.2% 和 45.2%。优势体长为 15—19cm, 占总尾数的 60.8%; 优势体重为 50—130g, 占总尾数的 61.5% (表 2, 3)。

(三) 体长与体重关系

鱼的一生中任何一个生长环节, 其体重依体长某一指数变化而变化, 可用下式表示:

$$W = aL^b$$

式中 W 为体重 (g), L 为体长 (cm)。根据体长组 (组距 1cm) 平均体重, 用几何平均函数回归, 求得南湖花鲢体长与体重关系:

$$W = 4.947 \times 10^{-3} L^{3.4158} (r = 0.998) \quad (1)$$

由式 (1) 绘得体长与体重相关曲线 (图 2)。从图 2 可看出实测值与曲线基本相符。

表 1 南湖花鲢渔获群体年龄组成¹⁾

Tab. 1 Age structure of of *H. maculatus*

年 龄 组	1	2	3	4
各龄占渔获总重量 (%)	36.2	45.2	6.9	11.7
各龄占渔获总尾数 (%)	63.8	29.3	3.0	3.9

1) 渔获总重量 48.54kg, 总尾数 334 尾。

表 2 南湖花鲢体长和体重分布

Tab. 2 Body length and body weight frequency distributions of *H. maculatus*

体长组 (cm)	14—15—16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
尾 数	5	19	63	91	30	5	2	15	32	30	16	9	2	6	3	3	2	1
占总尾数 (%)	1.5	5.7	18.9	27.2	9.0	1.5	0.6	4.5	9.6	9.0	4.8	2.7	0.6	1.8	0.9	0.9	0.6	0.3
体重组 (g)	< 50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250							
尾 数	5	64	58	69	14	2	5	9	29	22	13							
占总尾数 (%)	1.5	19.2	17.4	20.7	4.2	0.6	1.5	2.7	8.7	6.6	3.9							
体重组 (g)	— 270	— 290	— 310	— 330	— 350	— 370	— 390	— 410	<									
尾 数	13	4	5	4	1	4	2	5	6									
占总尾数 (%)	3.9	1.2	1.5	1.2	0.3	1.2	0.6	1.5	1.8									

而 31cm 以上体长组实测值偏低,可能与标本较少有关。

(四) 生长指标和肥满度

花鲢体长和体重生长数据见表 3。体长生长以第一年最快,第二年次之,随着年龄的增长,体长的年增长量逐年下降。生长指标表明:1—2 龄为线性生长快速阶段,3 龄以后生长逐渐趋向缓慢。南湖花鲢是一冬龄性成熟的鱼,生长指标陡然下降时的年龄落后于性成熟年龄一年。体重相对增长率与体长一样,随年龄增长逐年下降。但绝对增长量以第二年最快,第一年小于第二年,从第二年起的各龄增长量变化的总趋势是随年龄的增长逐年下降,尽管个别龄的增长量略有波动。

丰满度和年龄的关系及其季节变化,见表 4(5, 6 龄因标本数过少未列入)。丰满度一般随年龄的增长而增高。如 1—4 龄鱼的全年平均丰满度依次为 1.61, 1.89, 2.01 和 2.01。不同年龄的鱼,丰满度的季节变化略有不同:1 龄鱼春季最高,秋、夏次之,冬季最低;2—4 龄鱼,春季繁殖前最高,夏季繁殖后体力恢复期最低,秋季大量积累营养,丰满度回升,冬季因摄食强度下降,丰满度亦略有下降。

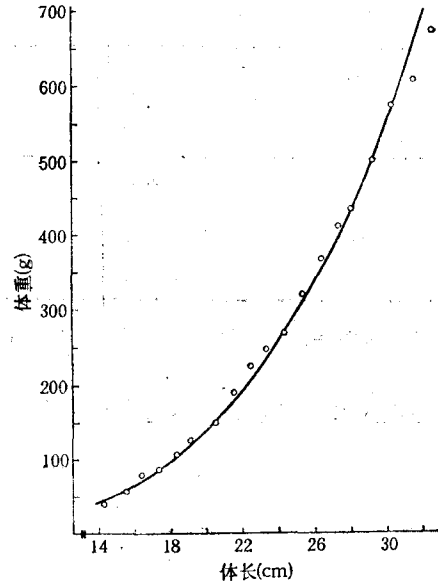


图 2 南湖花鲢体长与体重相关曲线
○ 平均实测体重

Fig. 2 Relationship between body length and body weight of *H. maculatus*

表 3 南湖花鲢体长和体重生长¹⁾

Tab. 3 Growth of body length and body weight of *H. maculatus*

年 龄	体长(cm)			体 重 (g)		
	均 值	年增长	生长指标	均 值	年增重	年增重率(%)
1	17.1	17.1		84.3	84.3	
2	22.8	5.7	4.919	231.5	147.2	174.6
3	25.9	3.1	2.907	369.9	138.4	59.8
4	28.4	2.5	2.204	460.2	90.3	24.4
5	30.1	1.7	1.651	564.2	104.0	22.6
6	31.3	1.2	1.177	614.5	50.3	8.9

1) 生长指标 = $\frac{\lg L_n - \lg L_{n-1}}{0.4343} \times \ln_{-1}$; 年增重率 = $\frac{W_n - W_{n-1}}{W_{n-1}} \times 100$ 。

(五) 体长、体重与年龄的关系

将体长与年龄的关系绘成图,可看出体长按指数曲线形式增长(图 3)。故采用 Brody-Bertalanffy 生长方程:

$$L_t = L_{\infty}[1 - e^{-k(t-t_0)}] \tag{2}$$

$$W_t = W_{\infty}[1 - e^{-k(t-t_0)}]^b \tag{3}$$

表4 南湖花鲢各龄组丰满度的季节变化¹⁾Tab. 4 Seasonal variation of conditional coefficient of *H. maculatus* for different age-groups

月份 年龄	3—5	6—8	9—11	11—12
1	1.99(27)	1.71(7)	1.62(210)	1.54(159)
2	2.04(89)	1.63(5)	1.82(100)	1.82(75)
3	2.11(35)	1.72(2)	1.88(12)	1.86(9)
4	2.11(23)	—	2.00(25)	1.86(11)

1) 丰满度 = $\frac{W}{L^3} \times 100$; () 内数字为标本数。

分别描述体长与年龄和体重与年龄的关系。式(1)中 $b = 3.4158$, 与理论值 $b = 3$ 存在一些差异, 故式(3)中 b 值取 3.4158。经计算, 得到南湖花鲢体长和体重的生长方程:

$$L_t = 33.14[1 - e^{-0.4173(t+0.7369)}] \quad (2')$$

$$W_t = 776.1[1 - e^{-0.4173(t+0.7369)}]^{3.4158} \quad (3')$$

由图 3, 4 和表 5 可看出, 式(2')和式(3')计算出的体长和体重与实测体长和体重颇为接近(体长:

$$t = 1.0243 < t_{0.001}, P > 0.001;$$

$$\text{体重: } t = 0.8979 < t_{0.001}, P > 0.001)。$$

体长与年龄相关曲线为一光滑

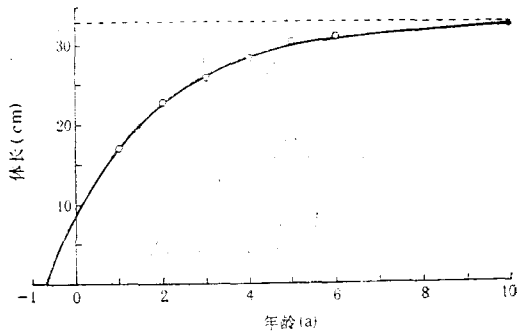


图3 南湖花鲢体长生长曲线

○ 实测体长

Fig. 3 Body length growth curve of *H. maculatus*

的、不具拐点的上升曲线。体重与年龄相关曲线为一条 S 型曲线, 其拐点年龄 t_i 在 2.20 龄处, 拐点体重 W_i 在 236.8g 处相, 当于 $0.305W_\infty$ 处。拐点年龄 t_i 与生长指标跳跃性下降时的年龄基本吻合, 但落后于性成熟年龄约一年。

(六) 生长速度和生长加速度

对所得生长方程(式 2', 3')求导数, 得生长速度 (dL/dt)、体重生长速度 (dW/dt), 体长生长加速度 (d^2L/d^2t)、体重生长加速度 (d^2W/d^2t), 结果如表 6 和图 5—8 所示。

花鲢体长生长速度 dL/dt 随时间 t 的增长而递减, d^2L/d^2t 则随时间 t 的增加而上升。

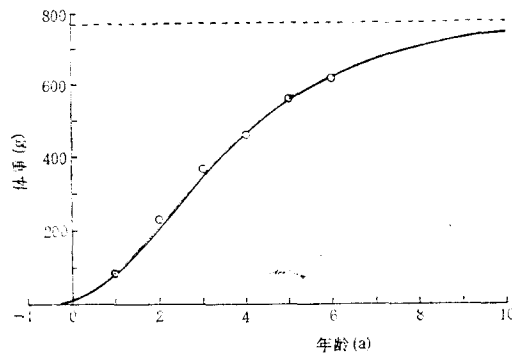


图4 南湖花鲢体重生长曲线

○ 实测体重

Fig. 4 Body weight growth curve of *H. maculatus*

表 5 南湖花鲢实测体长、体重与计算值比较

Tab. 5 Comparisons between counted and measured body length (cm) and body weight (g) of *H. maculatus*

年 龄		1	2	3	4	5	6
体长 (cm)	实测	17.1	22.8	25.9	28.4	30.1	31.3
	计算	17.1	22.6	26.2	28.6	30.1	31.2
		$t = 1.0243 < t_{0.001}, P > 0.001$					
体重 (g)	实测	84.3	231.5	369.9	459.1	564.2	614.5
	计算	80.8	208.8	346.5	466.4	559.7	628.0
		$t = 0.8979 < t_{0.001}, P > 0.001$					

当 $t < 2.20$ 年时, dW/dt 上升, d^2W/d^2t 下降, 为体重增长速度递增阶段, 但递增的速度逐渐下降; 当 $t = 2.20$ 年时, dW/dt 达最大值, $d^2W/d^2t = 0$, 递增阶段结束, 为生长过程的转折点; 当 $t > 2.20$ 年时, $d^2W/d^2t < 0$, dW/dt 下降, 为体重增长速度递减阶段, 此即为武昌南湖花鲢生长随时间 t 的变化特征。

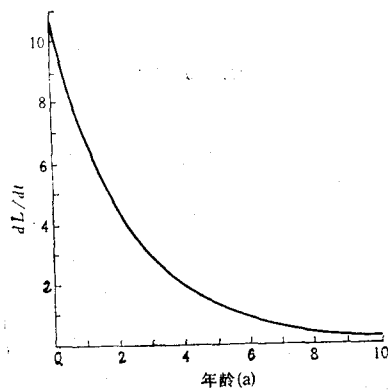


图 5 南湖花鲢体长生长速度曲线
Fig. 5 Body length growth speed curve of *H. maculatus*

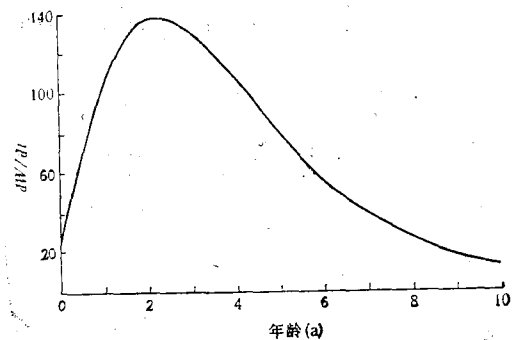


图 6 南湖花鲢体重生长速度曲线
Fig. 6 Body weight growth speed curve of *H. maculatus*

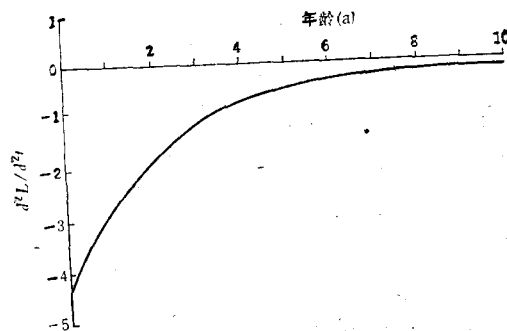


图 7 南湖花鲢体长生长加速度曲线
Fig. 7 Body length growth acceleration speed curve of *H. maculatus*

表 6 南湖花鲢生长速度和生长加速度

Tab. 6 Growth speeds and growth acceleration speeds of *H. maculatus*

年 龄	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
dL/dt	6.70	4.41	2.91	1.92	1.26	0.83	0.55	0.36	0.24	0.16
dW/dt	106.76	137.69	129.81	105.51	79.09	55.47	39.27	26.73	18.00	12.03
d^2L/d^2t	-2.80	-1.84	-1.21	-0.80	-0.53	-0.35	-0.23	-0.15	-0.10	-0.07
d^2W/d^2t	57.31	7.69	-19.59	-26.74	-25.33	-20.20	-14.93	-10.58	-7.28	-4.94

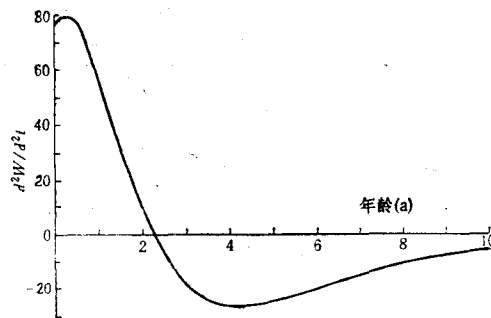


图 8 南湖花鲢体重生长加速度曲线

Fig. 8 Body weight growth acceleration speed curve of *H. maculatus*

三、讨 论

用于描述鱼类体长与鳞径关系的相关式很多,但并非每一相关式都对所有鱼类适用,选用哪个相关式更为适合,与鱼的体型和鳞片形状有一定关系。武昌南湖花鲢体长和鳞径关系可用直线式 $L = a + bS$, 幂函数式 $L = aS^b$ 和双曲线式 $L = \frac{1}{a + b/S}$ 拟合,但以幂函数式最佳。类似情况在其他鱼类同样存在,如长江中的青鱼,钱塘江的细鳞斜颌鲴的体长和鳞径关系可用四种关系式拟合,但以幂函数式最佳^[4,5]。

不同鱼类生长特性不同,同一种鱼的不同种群,也会因环境条件的差异,表现出不同的生长特性。如武昌南湖中的花鲢 1 龄鱼平均体长为 17.1cm、体重为 84.3g。太湖花鲢 1 龄雄鱼体长为 11.5cm、体重为 20.1g; 雌鱼体长为 10.73cm、体重为 19.04g, 由此看来,南湖花鲢丰满度远高于太湖花鲢。又如春季丰满度,南湖花鲢 4 龄时达 2.11,太湖花鲢仅 1.439 (雌)和 1.483 (雄)。且两地花鲢的季节变化不同,太湖花鲢丰满度由低到高的次序为: 夏、秋、冬、春,南湖花鲢为春、秋、冬、夏。第一阶段生长指标,因受外界影响大,常用于比较不同水体中生活的同一种鱼的不同种群。南湖花鲢第一阶段生长指标 (4.919) 高于太湖花鲢 (4.47)。考虑这两个湖泊所处地理位置和气候较为近似,武昌南湖为封闭式富营养湖,太湖为开放式大型湖泊,营养状况远不及南湖,故两湖中花鲢的上述种种差异,似主要系由饵料生物的多寡造成的。

此外,由本文对南湖花鲢渔获群体分析及生长特性的研究结果,我们认为对武昌南湖现有花鲢资源的利用是不合理的。

从生物学角度考虑,确定捕捞规格应考虑两个因素: 一是要保证有足够数量的产卵

群体,以保证资源的补充和增殖,永续利用;二是要充分发挥鱼类体重增长的潜力,即要在体重增长最旺期过后捕捞。据此,对南湖花鲮而言,显然要保护拐点年龄(2.20年)以下的体重不足237g、相应体长不到23.5cm的个体。但南湖主要渔具地曳网渔获花鲮的年龄偏低,1龄和2龄个体占93.1%,体重230g以下的个体占渔获总尾数的83.1%,体长不到23.0cm者占78.5%(表3),显然捕捞不合理。生长拐点是鱼类生命过程的一个转折点,具有重要的生物学意义,应予以重视,可把生长拐点时的鱼体大小当作捕捞规格。对南湖花鲮而言,应限捕未达2龄,体长不到23.5cm、体重小于240g的个体,从而做到既保证资源的永续利用,又提高产品质量、增加经济效益的效果。

参 考 文 献

- [1] 伍献文等,1977。中国鲤科鱼类志(下卷)。上海科学技术出版社,446—448页。
- [2] 伍献文等,1979。中国经济动物志·淡水鱼类(第二版)。科学出版社,86—87页。
- [3] 张春霖,1959。中国系统鲤类志。高等教育出版社,50页。
- [4] 陈马康等,1984。钱塘江几种经济鱼类的生长研究。生态学报 4(2): 181—187。
- [5] 陈佩薰等,1965。长江青鱼的生长速度。水生生物学集刊 5(2): 272—281。
- [6] 缪学祖等,1983。太湖花鲮的生物学。水产学报 7(1): 31—43。
- [7] Lagler, K. F., 1959, *Freshwater Fishery Biology*, 2nd Edition. W. M. C. Brown Company, pp. 131—158.
- [8] Ricker, W. E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board. Can.* 191: 382.

THE GROWTH OF *HEMIBARBUS MACULATUS* BLEEKER IN NANHU LAKE, WUCHANG

Xie Congxin, Gong Shiyuan, Yang Zhiguo and Zhang Qilin
(Huazhong Agricultural University, Wuhan)

ABSTRACT

738 specimens of spotted-carp (*Hemibarbus maculatus* Bleeker) collected from Nanhu Lake, Wuchang during November 1984 to September 1985, are used for investigating the age and growth.

The relationship between body length and scale radius is shown by the equation: $L = aS^b$ which is found to be the best suitable for the purpose.

The weight-length relationship can be expressed by the power function equation $W = 0.004947 L^{3.5418}$.

The relationship between the body weight, body length and age can be predicated by following equations separately:

$$L_t = 33.14[1 - e^{-0.4173(t+0.7369)}]$$

$$W_t = 776.1[1 - e^{-0.4173(t+0.7369)}]^{3.4158}$$

the coordination of the inflexion point is at $t_i = 2.20$, $W_i = 236.8$ corresponding to $0.302 W_\infty$.

A discussion on the rational exploitation of the stock in order to maintain a sustaining fisheries in the lake is made.