

珠江广东鲂的年龄、生长及其 最大持续渔获量*

王金潮 黄毅文

(珠江水产研究所, 广州)

提 要 本文对珠江广东鲂的年龄、生长及其种群最大持续渔获量进行了渔业生物学分析。用鳞片鉴定年龄, 年轮形成时间为3~6月, 随着年龄增加而略有推迟。von Bertalanffy 生长方程适用于广东鲂的体长、体重与年龄的关系。通过渔获物样本统计资料, 在目前捕捞作业情况下, 3龄完全进入渔具选择, 年总死亡率 $\phi = 0.58$, 捕捞死亡率 $E = 0.27$, 自然死亡率 $D = 0.31$ 。若能把首次捕捞年龄从3龄提高到4龄, 捕捞强度控制在 $F = 0.35$, 渔获量可以比原来提高16%左右, 且产量也能持续下去。

关键词 广东鲂, 年龄, 生长, 最大持续渔获量

广东鲂 *Megalobrama hoffmanni* 为珠江水系和海南岛所特有的名贵经济鱼类, 且为其主要捕捞对象之一, 尤以珠江盛产此鱼著称。60年代初期, 仅广东封开县境内广东鲂产卵场, 每年捕捞近2万公斤, 1980~1983年各年捕捞产卵群体仅在5千公斤左右, 资源量已有明显衰减之趋势。作者根据广东鲂生物学研究的统计资料, 计算出目前可予达到的最大持续产量, 为其自然增殖及其合理捕捞提供科学依据。

材 料 与 方 法

自1981年3月至1982年4月在西江沿岸各县及珠江口的渔船逐月随机采集鲜活标本650尾(小部分取自农贸市场); 在产卵场捕获177尾亲鱼, 共计827尾, 全部材料均作了生物学常规测定。样本中属刺网渔获物的440尾, 用于最大持续渔获量的研究。

以背鳍起点下方、侧线以上1~3行的鳞片作为鉴别年龄的材料, 用投影仪鉴定年龄并测量鳞径。从鳞片中心至鳞片侧区边缘和各年轮处, 因侧区的鳞径较大, 年轮特征较为清晰, 可减少测量时的人为误差。有时也采集背鳍第3硬棘作为鉴定年龄的佐证。

以梅嫩氏^[6]的分期标准观察记录性腺发育的成熟度, 从IV期卵巢的前、中、后段随机取下1克卵子, 用以计算怀卵量。

* 本文承陆桂教授审阅, 并提出宝贵修改意见, 特致谢忱。

收稿年月: 1990年2月; 同年6月修改。

结 果

一、年龄与生长特征

1. 年轮特征及形成时期

广东鲂的鳞片属圆鳞。鳞片上环片群的年轮特征,主要表现为环片的疏密相间,亦有显现切割状者,这在高龄阶段尤为明显,即新的生长年带与其前一年的旧生长年带之间,疏密和切割结构显现于同一鳞片之中。

背鳍第3硬棘的年轮特征,与其鳞片上所显示的年轮完全相吻合,所以,鳞片环片群的年轮可用于鉴定年龄。广东鲂的年轮特征,应归列于疏密切割型^[1]。

根据按月检查年轮的出现率,广东鲂年轮形成时期为3~6月,低龄鱼较早,高龄鱼较迟,性成熟的鱼又略迟于性未成熟者。

2. 各龄退算体长

广东鲂的体长(L)与鳞长(R)呈线性相关,两者为直线回归方程,其关系式为: $L=37.73R+50.52$,相关系数 $r=0.8414$ 。体长与体重(W)存在着幂函数关系,其关系式为: $W=3.4269 \times 10^{-6} L^{2.3335}$ 。由各龄组的平均轮径,求得各龄的逆算体长(表1)。

表1 各龄退算体长

Tab. 1 Body length of back calculation at various ages

年 龄	各 龄 鱼 退 算 体 长 (mm)							标本数
	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	
1	90.4							254
2	81.7	163.7						163
3	78.7	154.0	219.3					154
4	78.6	143.5	211.1	268.7				148
5	75.4	136.5	194.3	255.5	299.6			75
6	69.8	126.2	180.0	231.0	284.4	333.7		26
7	58.7	118.9	186.2	237.0	282.2	324.8	361.2	6
8	49.5	147.8	208.4	222.4	474.2	311.3	342.3	1
平均	82.1	150.1	208.8	260.1	296.6	331.4	358.5	

3. 生长参数与生长曲线

用 von Bertalanffy 生长方程计算广东鲂的体长和体重,其长度生长方程和体重生长方程分别为: $L_t = L_{\infty}[1 - e^{-K(t-t_0)}]$; $W_t = W_{\infty}[1 - e^{-K(t-t_0)}]^3$ 。式中 L_t 和 W_t 分别表示年龄 t 时的平均体长和平均体重, L_{∞} 和 W_{∞} 为鱼体的渐近体长和渐近体重, K 为生长速率, t_0 为理论上体长和体重等于零时的年龄。

用 Walford 定差图可求得 $L_{\infty}=472$ 毫米, $K=0.1989$, $t_0=-0.1413$ (图1)。

根据体长和体重的相关公式,可求出渐近体重 $W_{\infty}=2808.6$ 克,按重量生长公式求得拐点 $t_i=5.38$, $W_i=1770.8$ 克,再根据各龄的理论体重,即可画出一条不对称的 S 形体重生长曲线(图2)。

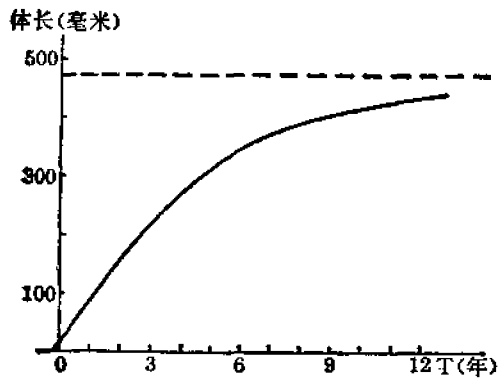


图1 体长生长曲线

Fig. 1 Growth curve of body length

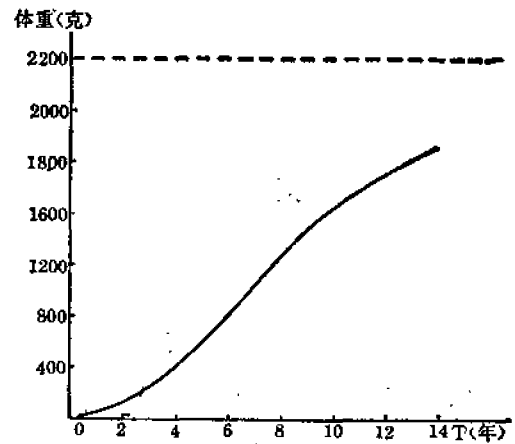


图2 体重生长曲线

Fig. 2 Growth curve of the body weight

比较了广东鲂体长和体重的 von Bertalanffy 生长方程理论计算值与逆算值 (表 2) 后可以看出,两者十分接近。因此,上述生长方程适用于广东鲂的一般生长型。

表 2 各龄体长体重的理论值

Tab. 2 the theoretical value of body length and body weight at various ages

体长或体重 \ 年 龄	I	II	III	IV	V	VI	VII
理论体长(mm)	92.74	163.69	219.20	264.88	302.22	332.85	337.96
逆算体长(mm)	90.40	163.70	219.30	268.70	299.60	335.70	361.20
理论体重(g)	11.83	79.36	212.39	394.60	616.65	848.46	1079.04
逆算体重(g)	11.33	82.31	218.15	429.40	619.24	884.12	1115.20

4. 阶段生长

经计算结果,广东鲂的体长、体重相对增长率和生长指标如表 3 所示。

表 3 珠江广东鲂的阶段生长

Tab. 3 The growth of Guangdong bream at various ages in Pearl River

年龄	体长(毫米)	体长相对增长率(%)	生长指标	生长常数	平均生长常数	体重(克)	体重相对增长率(%)
I	90.4	81.1	53.66	0.888		11.3	628.3
II	163.4	34.0	47.87	0.735	0.778	82.3	165.1
III	219.3	22.5	44.59	0.711		218.2	16.8
IV	268.7	11.5	29.23	0.491		429.4	43.7
V	299.6	11.4	32.33	0.594	0.533	617.2	43.2
VI	333.7	8.2	26.43	0.514		884.1	80.2
VII	361.2					1151.2	

由表 3 可以看出,珠江广东鲂在 3 龄以前,处于快速生长阶段,体长和体重的相对增长率都大,生长指标也高;3~4 龄为成鱼阶段,生长较为稳定;自 5 龄开始生长明显趋

缓。

5. 性成熟年龄和繁殖力

对渔获物的分析结果表明,广东鲂雌鱼3龄可达性成熟,雄鱼为2龄。雌鱼最小成熟个体体长为254毫米,体重320克;雄鱼最小成熟个体体长215毫米,体重180克。

统计了39尾体长为254~361毫米(平均 317.6 ± 4.61 毫米),体重320~1,035克(平均 680 ± 30.01)的IV期以上广东鲂的怀卵量,其个体绝对繁殖力为54,074~375,300粒,平均131,024粒。

二、最大持续产量的研究

1. 首次捕捞年龄值

从广东鲂渔获物样品中年龄组成来看,自3龄开始完全进入渔具选择,因此,以3龄为广东鲂的首次捕捞年龄值,以 t_0 表示首次捕捞年龄,则 $t_0=3$,计算存活率应从3龄开始。

2. 年总死亡率(ϕ)

根据已有的参数值,依据Chapman-Robson^[2]利用渔获量来估算年总死亡系数(z)的方法。

$$z = \frac{\sum_{j=0}^n \left(j - \frac{n}{2} \right) (y_j - \bar{y})}{\sum_{j=0}^n \left(j - \frac{n}{2} \right)^2}$$

其中:

$$\bar{y} = \frac{1}{n+1} \sum_{j=0}^n \ln C_{i+j}$$

$$y_j = \ln C_{i+j}$$

C_i ——首次捕捞年龄渔获尾数

C_{i+j} ——首次捕捞年龄以上的渔获尾数

把已知数代入,求得 $z=0.87$ 。

$$S = e^{-z} = 0.42$$

$$\phi = 1 - s = 0.58。$$

3. 自然死亡率(D)

根据已计算出的数值,依照鱼类极限年龄 T_{max} 确定自然死亡率,其公式^[3]为:

$$T_{max} = 3/K + t_0$$

式中: $K=0.1989$, $t_0=0.1413$

代入上式求得广东鲂的极限年龄 $T_{max}=15$ 年。

以15年为1,000个个体中的最大年龄,按种群数量与年龄的关系式 $N_t = N_0 e^{-Mt}$,求得自然死亡系数 $M=0.46$,因此,自然死亡率 D 为:

$$D = M/Z \cdot \phi$$

将 $z=0.87$, $M=0.46$, $\phi=0.58$ 代入上式,求得 $D=0.31$ 。

4. 年捕捞死亡率(E)

我们知道,在已开发的群体中,年总死亡系数(z)为自然死亡系数(M)与捕捞死亡系

数(F)之和,所以, $F = z - M$,年捕捞死亡率(E)为:

$$E = F / (M + F) \cdot (1 - S)$$

求得 $F = 0.41$, $E = 0.27$ 。

5. 捕捞对种群数量的影响

我们假定每一世代的原始数量恒定,以 1,000 个个体作为世代开始的数量,以 R_1 表示 1 龄补充群体数量(尾),已知广东鲂性成熟年龄 $t_0 = 3$,存活率 $S = 0.42$,那么,3 龄以上的生殖种群相对数量将以存活率 S 减少,且因不同的捕捞强度,其递减的幅度也有所不同,3 龄以上的成熟亲鱼数为:

$$A = R_1 S^3 + R_1 S^4 + R_1 S^5 + R_1 S^6 + R_1 S^7$$

依照上式,分别计得各种捕捞强度及捕捞年龄下的群体数量(表 4)。

表 4 捕捞对种群数量的影响
Tab. 4 The fishing effect on population quantity.

t_0 值(year)	1	2	3	4	5	6	7
A 值							
F 值							
0.10	730	806	891	943	975	981	1002
0.22	521	644	796	890	947	971	998
0.27	438	574	754	866	934	960	996
0.35	343	491	704	836	918	959	994
0.50	232	385	638	797	896	950	990

从表 4 可以看出,在一定的捕捞强度下,生殖群体的相对数量,随着最小捕捞年龄的增大而增高;在一定的最小捕捞年龄下,生殖群体的相对数量,随着捕捞强度的增大而减少。按照“维持最大持续产量的资源水准约等于原始水准二分之一左右”的理论^[4],显然捕捞 1 龄鱼是不合适的。

6. 捕捞对渔获量的影响

设每个世代开始的数量恒定,种群中因自然死亡和捕捞死亡而损失的总数量 R 就等于每年到达最小捕捞年龄的鱼群量,即:

$$R = N_0 e^{-Mt_0}$$

式中 t_0 为最小捕捞年龄, M 为自然死亡系数,渔获量(尾数)则为:

$$C = RF / (M + F) \cdot [1 - e^{-(M+F)}]$$

渔获总重量 Y 则为渔获量(C)与个体平均重量(\bar{W})的乘积,即:

$$Y = RF / (M + F) \cdot [1 - e^{-(M+F)}] \cdot \bar{W}$$

个体平均重量 \bar{W} 为总损耗的个体重量(包括捕捞死亡和自然死亡)除以总损耗的个体数,即:

$$\bar{W} = \frac{\sum_{t=t_0}^{T_{\max}} N_0 e^{-st_0} \cdot W_t}{\sum_{t=t_0}^{T_{\max}} N_0 e^{-st_0}}$$

将世代开始的相对数量 $N_0 = 1,000$ (尾),分别以 $F = 0.10, 0.22, 0.27, 0.35, 0.50$,

1.00; $t_0 = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ 代入上式, 求得不同捕捞强度及各种首次捕捞年龄下的渔获总重量(公斤), 如表 5 所列。

表 5 捕捞对渔获量的影响
Tab. 5 The fishing effect on catch

t_0 值(year) Y 值(kg) F 值	1	2	3	4	5	6	7	8
0.10	5.81	7.76	8.55	8.14	6.98	5.55	4.19	3.03
0.22	12.11	16.17	17.83	16.96	14.54	11.58	8.73	6.31
0.27	14.53	19.41	21.41	20.29	17.46	13.90	10.48	7.57
0.35	18.19	24.30	26.80	25.49	21.83	17.40	13.14	9.48
0.50	24.38	32.55	35.91	34.16	29.28	23.31	17.57	12.70
1.00	39.89	53.26	58.75	55.88	47.91	38.14	28.75	20.78

由表 5 可见, 在恒定的首次捕捞年龄下, 渔获量随着捕捞强度的增大而增大; 在恒定的捕捞强度下, 3 龄以前的渔获量, 随着首次捕捞年龄的增大而提高, 而在 3 龄以后, 渔获量则下降; 在不同捕捞强度下, 渔获量的最高点, 均在 $t_0 = 3$ 附近, 这能否由此断定广东鲂最小捕捞规格为 3 龄呢? 结论是否定的! 这是因为, 规定最小捕捞规格, 必须同时考虑到种群的自然死亡率(D)、捕捞强度(F)、个体生长、成熟速度、生殖群体和补充群体的数量变动等因素。

从渔获量和生殖群体的结构(数量)可以看出, 我们可通过变更捕捞强度及最小捕捞年龄来获得特定的渔获数量和生殖群体的总重量。例如, 以捕捞强度为 0.10、3 龄为最小捕捞年龄, 与以捕捞强度为 0.22、4 龄为最小捕捞年龄的生殖群体相对数量相近, 但后一种组合的总渔获量, 却比前一种增多 1 倍左右; 以捕捞强度为 0.22、3 龄为最小捕捞年龄, 与以捕捞强度为 0.27、5 龄为最小捕捞年龄的总渔获量稍高, 而后一种组合的生殖群体相对数量, 却比前一种增多 14.8%。因此, 我们可以通过变更捕捞强度和最小捕捞年龄来增加生殖群体的总数量和提高渔获总量。

从生物学的观点看, 我们是否可以在不变更目前的最小捕捞年龄下, 用增大捕捞强度来提高其渔获量呢? 让我们来观察一下表 4 和表 5, 很明显, 虽然渔获量提高了, 但生殖群体的总数量反而减少了, 这样就难以保持产量的持续性和稳定性。因此, 生殖群体的相对数量, 必须保持在原来水平或者是有所提高的前提下, 再予变更捕捞强度和最小捕捞年龄, 由此而得到的最大的总渔获量, 才能保持产量的持续性。根据 1981 年 3 月至 1982 年 4 月的捕捞作业情况来看, 其捕捞强度在 0.27 左右, 以捕捞 3 龄鱼为主, 通过比较可以看出, 若把最小捕捞年龄改为 4 龄, 捕捞强度提高为 0.35, 那末, 总渔获量可望提高 16% 左右, 并能保持产量的持续性。

小 结

1. 广东鲂的鳞片、背鳍棘可用作年龄鉴定材料。年龄特征归列为疏密切割型。年轮形成时期为 3~6 月。

2. 广东鲂体长与鳞长的关系为： $L = 37.73R + 50.52$ ；体长与体重的关系为： $W = 3.4269 \times 10^{-6} L^{3.9835}$ 。用 von Bertalanffy 生长方程能表达广东鲂的生长规律。体长与年龄的关系为： $L_t = 472[1 - e^{-0.1989(1+0.1418)t}]$ ；体重与年龄的关系为： $W_t = 2808.6[1 - e^{-0.1989(1+0.1418)t}]^3$ 。用鳞片上的年轮来估算各龄鱼的体长和体重，与实测值基本相符。

3. 广东鲂第一次性成熟：雄鱼为 2 龄，雌鱼为 3 龄；成熟最小型：雄鱼体长 215 毫米，体重 180 克，雌鱼体长 254 毫米，体重 320 克。

4. 广东鲂绝对繁殖力为 54,074~375,300 粒，平均 131,024 粒。

5. 广东鲂的总死亡率为 0.87，自然死亡率为 0.32，捕捞死亡率为 0.27。

比较不同捕捞强度和不同最小捕捞年龄对总渔获量和生殖群体相对数量的影响，说明不考虑捕捞强度和最小捕捞规格是不合理的。对最大持续渔获量的讨论结果表明，如果把最小捕捞年龄增大至 4 龄，捕捞强度提高到 0.35，总渔获量可望提高 16% 左右，且能保持产量的持续性。

参 考 文 献

- [1] 邓中舜等, 1980. 汉江主要经济鱼类的年龄和生长. 鱼类学论文集(第一辑), 98~100.
 [2] 张尧庭等, 1981. 捕捞对世代的影响. 国外水产, (2): 29~36.
 [3] 费鸿年, 1983. 广东大陆架鱼类生态学参数和生活史类型. 水产科技文集第二集, 6~16. 农业出版社(京).
 [4] 土井长之(许学龙译), 1978. 水产资源数理统计学基础讲座(七). 水产科技情报, (7): 25~28.
 [5] Мейен, В. А., 1939. К вопросу о годовом цикле изменений янцциных костяных рыб. Известия, АН СССР, (3): 389~420.

THE AGE AND GROWTH OF GUANGDONG BREEM (MEGALOBrama Hoffmanni) IN THE PEARL RIVER WITH REFERENCE TO ITS MAXIMUM SUSTAINING YIELD

Wang Jingchao and Huang Yiwen

(Pearl River Fisheries Research Institute, Guangzhou)

ABSTRACT Guangdong bream has been a chief commercial fish in the Pearl River. A study on the age and growth with reference to its maximum sustaining yield has been conducted. The scale is as good as the operculum for age determination. The formation of annulus in the scale occurs from March to June every year. The relationship between the radius (R) of the scale and the length of the body is in linear regression. This relationship can be expressed as the formula, $L = 37.73R + 50.52$. The relationship between the age (t) and the body length (L) can be expressed by the equation, $L = 472[1 - e^{-0.1989(t+0.1418)}]$. The weight (w)—age (t) relationship can be described as $W = 2808.6[1 - e^{-0.1989(t+0.1418)}]^3$.

The first maturity of the smallest female occurs at 254mm in length, 320 grams

in weight and three years of age, while the male occurs at 215mm in length, 180 grams in weight and two years old. The absolute fecundity ranges from 54,074--375,300 eggs (131,024 eggs on the average).

The total mortality of Guangdong bream in the Pearl River was calculated to be 0.58, include natural mortality of 0.31 and a catching mortality of 0.27. At present the age class in the harvest is mainly three years old. In such a case it would be difficult to maintain the maximum sustaining yield. If the catchable age class can be shift to four years of age and the fishing effort is controlled to 0.35, a 16% increment in total yield might be expected and the primary relative abundance of the reproductive population can be maintained in a stable state.

KEYWORDS *Megalobrama hoffmanni*, age, growth, maximum sustaining yield