

# 中华乌塘鳢的生长、生长模型和生活史类型

张健东

(湛江海洋大学水产学院, 湛江 524025)

**摘要:** 采用胸鳍第三支鳍骨作为研究湛江沿海中华乌塘鳢的年龄鉴定材料。胸鳍第三支鳍骨(远侧部)的半径( $R$ )与体长( $L$ )的关系为  $L = 6.1145 + 51.1288R$ 。用特殊 von Bertalanffy 生长方程、一般 von Bertalanffy 生长方程、逻辑斯谛生长方程、Gompertz 生长方程和灰色动态生长模型等 5 种生长模型拟合了中华乌塘鳢的生长, 根据各模型拟合残差平方和的大小判断, 灰色动态生长模型对中华乌塘鳢生长的拟合效果最好, 其次是一般 von Bertalanffy 生长方程。根据  $r$ -选择和  $k$ -选择的典型特征以及渐近体长( $L_{\infty}$ )、渐近体重( $W_{\infty}$ )、生长系数( $k$ )、初次生殖年龄( $T_m$ )、最大年龄( $T_{\max}$ )、瞬时自然死亡率( $M$ )和性腺指数( $GI$ )等 7 个生态学参数值, 可以判断中华乌塘鳢偏向  $r$ -选择。应用单位补充量产量模型计算改变起捕年龄( $T_c$ )和瞬时捕捞死亡率( $F$ )的产量, 分析产量变化曲线同样证实中华乌塘鳢生活史偏向  $r$ -选择。作为渔业管理对策, 中华乌塘鳢的起捕年龄应定为 2 龄。

**关键词:** 中华乌塘鳢; 生长; 生长模型; 生活史类型

## The Growth, Growth Models and Life-history Pattern of Black Chinese Sleeper, *Bostrichthys sinensis*

ZHANG Jian-Dong (Fisheries College, Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang 524025, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(6): 841~846.

**Abstract:** The present paper deals with the growth and life-history pattern of black Chinese sleeper, *Bostrichthys sinensis*. A total of 356 specimens were collected from the littoral waters of Zhanjiang during the period from December 1997 to May 1999, Which consists of 4 year groups, from age group I to age group IV. The third actinost of pectoral fin was selected for age determination. The relationship between body length ( $L$ , mm) and radius of distal portion of the third actinost ( $R$ , mm) was expressed as  $L = 6.1145 + 51.1288R$ . The length-weight relationship formula was calculated to be  $W = 1.0169 \times 10^{-5} L^{3.1316}$ . Specialized von Bertalanffy growth formula, generalized von Bertalanffy growth formula, Logistic growth formula, Gompertz growth formula and grey dynamic growth model were used for fitting the length and weight growth of *B. sinensis*. The sum of residual squares were compared with one another and the results show that the grey dynamic growth model is the best precise model to fit the growth and the generalized von Bertalanffy growth formula is the second.

According to the typical characteristic of  $r$  and  $k$  selection and the given values of seven ecological parameters, namely, asymptotic body-length ( $L$ ), asymptotic body-weight ( $W$ ), growth coefficient ( $K$ ), instantaneous natural mortality ( $M$ ), primary reproductive age ( $T_m$ ), maximum age ( $T_{\max}$ ) and genital gland indices ( $GI$ ), it is concluded that the life-history pattern of *B. sinensis* tends to be  $r$ -selected. Meanwhile, yield per recruit model is applied to calculate the fish yield. And analysis of yield curves also demonstrates that the life-history pattern has a tendency towards  $r$ -selection. As a strategy of fishery management, the minimum harvesting age should be two years old, which is advantageous to the conservation of resources.

基金项目: 湛江海洋大学校级自选科研资助项目(97012)

收稿日期: 2002-02-08

作者简介: 张健东(1965~), 男, 广西人, 讲师。主要从事鱼类学与鱼类养殖学研究。E-mail: YXZJD@21cn.com

**Key words:** *Bostrichthys sinensis*; growth; growth model; life-history pattern

文章编号:1000-0933(2002)06-0841-06 中图分类号:Q959.483 文献标识码:A

中华乌塘鳢(*Bostrichthys sinensis* Lacépède)是名贵食用鱼之一,近年来已成为重要的人工养殖对象。有关中华乌塘鳢的生物学研究及人工繁殖研究已有一些报道,叶富良等对中华乌塘鳢亲鱼做了年龄研究<sup>[1]</sup>,但关于中华乌塘鳢的生长和生活史类型,未见专门报道。

关于定量描述鱼类生长的生长模型,许多学者从生理学和数学角度提出了多种不同的形式,费鸿年、张诗全对此作了较详尽的归纳<sup>[2]</sup>。严朝晖、史为良根据鱼类生长的“灰色性”,建立了拟合鱼类生长的灰色动态模型,并用于拟合大伙房水库鲢、鳙的生长<sup>[3]</sup>。本文选用特殊的 von Bertalanffy 生长方程(特殊 VBGF)、一般的 von Bertalanffy 生长方程(一般 VBGF)、逻辑斯谛生长方程(Logistic GF)、Gompertz 生长方程(Gompertz GF)和灰色动态生长模型(GDGM)拟合中华乌塘鳢的生长,并比较这些生长模型的拟合结果以及论述了湛江沿海中华乌塘鳢的生活史类型,以期为其资源合理利用和渔业管理提供科学依据。

1 材料和方法

1997 年 12 月至 1999 年 5 月,在广东省湛江市沿海逐月收购鲜活的中华乌塘鳢共 356 尾,标本在鲜活状态下经生物学测定后,解剖确定性腺发育期,测定性腺重和纯体重,取胸鳍支鳍骨用于鉴定年轮<sup>[1]</sup>。用 JTT 型台式投影仪鉴别年轮并测量胸鳍支鳍骨半径和轮径。为了减少各尾鱼推算体长的误差,统一测定左侧胸鳍从上而下算起的第三支鳍骨。支鳍骨半径测自第三支鳍骨的中心至支鳍骨联接鳍条一侧(远侧部)的边缘中央的距离,不包括外缘软骨;年轮轮径测自第三支鳍骨的中心至支鳍骨远侧部上该年轮外缘中央的距离。

特殊 VBGF、一般 VBGF、Logistic GF 和 Gompertz GF 的生长参数估算采用试值法<sup>[2]</sup>。一般 VBGF 中的表面因子  $D$ ,按 Pauly<sup>[4]</sup>给出的公式  $D = b[1 - (0.674 + 0.0357 \lg W_{\max})]$  计算,  $W_{\max}$  为观测到的最大个体体重。灰色动态生长模型的参数估算采用最小二乘法,邓聚龙<sup>[5]</sup>已详细给出。根据以上生长模型参数估算的方法,编制计算机程序,输入中华乌塘鳢的推算体长、推算体重值和体长体重关系参数,求得各生长模型的参数估计值、可导出的生长拐点年龄以及拟合残差平方和。拟合残差平方和由生长模型计算的理论与推算值之差的平方和求得,作为判断生长模型拟合生长好坏的标准。

2 结果

2.1 生长特性

2.1.1 年龄组成 中华乌塘鳢胸鳍支鳍骨上的年轮每年形成 1 次。年轮形成时期主要在 12 月份至翌年 4 月份。根据年龄资料分析,渔获物由 4 个年龄组组成,Ⅰ龄组鱼占 34.3%,Ⅱ龄组鱼占 53.6%,Ⅲ龄组鱼占 9.3%,Ⅳ龄组鱼占 2.8%。可见种群以Ⅰ龄组和Ⅱ龄组为主,表明中华乌塘鳢种群年龄结构简单。各年龄组鱼实测的平均体长和平均体重见表 1。

表 1 各龄组体长和体重实测值

Table 1 Measured value of the body length and body weight for different age groups					
年龄组 Age groups	体长 Body length (mm)		体重 Body weight (g)		样本数 Number
	均值±标准误 Mean±SE	变幅 Range	均值±标准误 Mean±SE	变幅 Range	
I	102.3±19.4	56~137	22.4±12.1	3.0~52.2	122
II	150.9±13.1	125~178	70.9±23.2	33.3~148.1	191
III	183.1±7.4	174~205	126.1±21.1	87.9~180.0	33
IV	208.9±15.0	191~228	167.8±34.0	125.4~214.2	10

2.1.2 体长与支鳍骨半径的关系 由散点图分析,中华乌塘鳢体长  $L$ (mm)与其胸鳍第三支鳍骨(远侧部)半径  $R$ (mm)呈直线相关,经计算求得直线回归方程为:

万方数据  $L = 6.1145 + 51.1288R$  (相关系数  $r = 0.9660$ )

从胸鳍第三支鳍骨(远侧部)测得 4 个年轮的平均轮径分别为 1.55mm、2.56mm、3.24mm 和 3.81mm,

代入回归方程可求得 1~4 龄鱼的推算体长(表 2)。推算体长可看成实足年龄的平均体长。

表 2 各龄鱼体长、体重计算值和阶段生长

Table 2 The calculated value of body length and body weight at various ages and the growth in stages				
年龄 Age (a)	1	2	3	4
推算体长 Body length of back calculation (mm)	85.4	137.0	171.8	200.9
体长相对增长率 Relative increase rate of B. L (%)	60.4	25.4	16.9	
生长指标 Growth index	40.4	31.0	26.9	
推算体重 Body weight of back calculation (g)	11.4	50.0	101.5	165.7
体重相对增长率 Relative increase rate of B. W (%)	338.6	103.0	63.3	

2.1.3 体长和体重的关系 经点图分析和拟合,中华乌塘鳢的体长  $L(\text{mm})$ 与体重  $W(\text{g})$ 的关系式为:

$$W = 1.0169 \times 10^{-5} L^{3.1316} \quad (\text{相关系数 } r = 0.9863)$$

将各龄鱼推算体长代入关系式中求得 1~4 龄鱼的推算体重(表 2)。推算体重可看成实足年龄的平均体重。

2.1.4 生长阶段 根据所采集的标本观测,湛江沿海中华乌塘鳢的初次性成熟年龄为 2 龄,在 2 龄前为幼鱼生长阶段,2 龄后进入成鱼生长阶段。以相对增长率和生长指标划分生长阶段,更能客观地反映鱼类生长的特点。表 2 所示,1~2 龄鱼的体长和体重相对增长率及生长指标均大于性成熟后的各龄鱼,说明摄取的能量主要用于个体的生长,生长较快;进入成鱼生长阶段后,由于摄取的能量部分用于性腺的发育和成熟,生长速度相对减慢。3~4 龄鱼的体长和体重相对增长率已显著降低,中华乌塘鳢逐步进入衰老期。

2.2 生长模型及其拟合结果

通过上机运算,5 个拟合中华乌塘鳢生长的模型及可导出的拐点如下:

特殊 VBGF  $L_t = 284.7(1 - e^{-0.2868(t+0.2555)})$   
 $W_t = 493.7(1 - e^{-0.2868(t+0.2555)})^3$ , 拐点 3.6 龄, 147.9g;

一般 VBGF  $L_t = 270.6(1 - e^{-0.3500(t+0.5512)})^{\frac{1}{0.7603}}$ , 拐点 0.2 龄, 39.4mm,  
 $W_t = 421.1(1 - e^{-0.3500(t+0.5512)})^{\frac{3.1316}{0.7603}}$ , 拐点 3.7 龄 146.7g;

Logistic GF  $L_t = \frac{227.3}{1 + e^{(1.3138-0.8320t)}}$ , 拐点 1.6 龄, 114.6mm,  
 $W_t = \frac{243.9}{(1 + e^{(1.3138-0.8320t)})^{3.1316}}$ , 拐点 3.0 龄, 105.6g;

Gompertz GF  $L_t = 244.2e^{-1.8078e^{-0.5545t}}$ , 拐点 1.1 龄, 91.4mm,  
 $W_t = 305.3e^{-5.6613e^{-0.5545t}}$ , 拐点 3.1 龄, 110.7g;

GDGM  $L_{t+1} = 277.1 - 191.7e^{-0.3045t}$   
 $W_{t+1} = 139.3e^{0.2474t} - 127.9$

5 个生长模型对中华乌塘鳢体长、体重生长的拟合结果分别列于表 3 和表 4。

表 3 体长生长的拟合结果

Table 3 Results of fitted back calculated increments by varied body length growth models						
年龄 Age(a)	推算体长 Body length of back calculation (mm)	特殊 VBGF Specialized von bertalanffy growth formula(mm)	一般 VBGF Generalized von bertalanffy growth formula(mm)	Logistic GF Logistic growth formula(mm)	Gompertz GF Gompertz growth formula(mm)	GDGM Grey dynamic growth model (mm)
1	85.4	86.1	86.2	86.8	86.5	85.4
2	137.0	135.6	135.4	133.3	134.5	135.7
3	171.8	172.8	172.9	174.0	173.4	172.8
4	200.9	200.7	200.7	200.5	200.6	200.2
Q <sup>①</sup>	万方数据	3.5	4.5	20.7	10.1	3.2

① The sum of residual square

表 4 体重生长的拟合结果

Table 4 Results of fitted back calculated increments by varied body weight growth models

年龄 Age(a)	退算体重 Body weight of back calculation (g)	特殊 VBGF Specialized von bertalanffy growth formula(g)	一般 VBGF Generalized von bertalanffy growth formula(g)	Logistic GF Logistic growth formula(g)	Gompertz GF Gompertz growth formula(g)	GDGM Grey dynamic growth model (g)
1	11.4	13.6	11.7	12.0	11.8	11.4
2	50.0	53.4	48.1	45.9	47.2	50.5
3	101.5	110.4	103.6	105.6	104.4	100.6
4	165.7	172.9	165.1	164.8	164.9	164.7
$Q^{①}$	—	147.5	8.5	34.8	17.1	2.1

①The sum of residual square

残差平方和越小,拟合效果越好。从表 3 和表 4 的拟合结果总的来看,灰色动态生长模型对中华乌塘鳢生长的拟合效果最好,其次是一般 VBGF。特殊 VBGF 对中华乌塘鳢体重生长的拟合效果最差,但对体长生长的拟合效果仅次于灰色动态生长模型。

由以上生长方程的生长拐点与中华乌塘鳢的生长阶段比较,各生长方程体重生长拐点出现的年龄处于成鱼生长阶段和生长衰老阶段之间,具有衰老拐点的生物学意义,在衰老拐点以后体重生长渐趋缓慢。一般 VBGF 体长生长拐点无生物学意义,逻辑斯谛生长方程和 Gompertz 生长方程的体长生长拐点年龄处于幼鱼生长阶段和成鱼生长阶段之间,具有成鱼生长拐点的生物学意义。

2.3 生活史类型的判别

费鸿年<sup>[6]</sup>、叶富良<sup>[7]</sup>根据  $r$ -选择和  $k$ -选择的理论,采用渐近体长  $L_{\infty}$ 、渐近体重  $W_{\infty}$ 、生长系数  $K$ 、初次生殖年龄  $T_m$ 、最大年龄  $T_{max}$ 、瞬时自然死亡率  $M$ 、性腺指数  $GI$  等 7 个生态学参数,应用统计分析的方法计算出各参数之间的相关性与  $r$ - $k$  选择理论推测的相关性比较,判断广东沿海 11 种鱼类和东江 7 种鱼类的生活史类型均属于偏向  $r$ -选择性。7 个生态学参数的计算方法<sup>[7]</sup>如下: $L_{\infty}$ 、 $W_{\infty}$ 、 $K$  为特殊 VBGF 的参数; $T_m$  为在各龄样品中有 50% 以上的个体有成熟性腺的最低年龄; $T_{max}$  通过公式  $T_{max} = 3/K + t_0$  求得,式中  $K$ 、 $t_0$  为特殊 VBGF 的参数; $M$  由 Pauly 提出的公式  $\log M = -0.0066 - 0.279\log L_{\infty} + 0.6543\log K + 0.4634\log T$  求得,式中  $L_{\infty}$ 、 $K$  为特殊 VBGF 的参数, $T$  为水温,取湛江沿海年平均水温 23.6℃ 计算; $GI$  为卵巢重占纯体重的百分比,根据逐月采集标本的测定结果,选用全年各月平均值中的最高值。经计算,中华乌塘鳢的 7 个生态学参数见表 5。

表 5 中华乌塘鳢和东江 7 种鱼类生态学参数的比较

Table 5 Comparison of ecological parameters between *B. sinensis* and 7 fish species of Dongjiang River

生态学参数 Ecological parameters	中华乌塘鳢 <i>B. sinensis</i>	东江 7 种鱼类 7 fish species of Dongjiang River	
		平均值 Average	变幅 Range
渐近体长 $L_{\infty}$ Asymptotic body length (cm)	28.47	51.4±23.1	25.8~5.1
渐近体重 $W_{\infty}$ Asymptotic body weight (g)	493.7	6122.6±6828.2	387.3~19171.1
生长系数 $K$ Growth coefficient	0.2868	0.1776±0.0571	0.1147~0.2793
初次生殖年龄 $T_m$ Primary reproductive age	2	1.9±0.7	1~3
最大年龄 $T_{max}$ Maximum age	10.2	18.1±5.7	10.7~26.2
瞬时自然死亡率 $M$ Instantaneous natural mortality	0.74	0.45±0.14	0.30~0.71
性腺指数 $GI$ Genital gland indices	17.8	15.2±5.1	8.2~23.1

几个生态学参数配合起来,表达了各有特性的种群,在进化上依靠各自的特点作出取胜的策略。根据  $r$ -选择和  $k$ -选择的典型特征,单从生态学参数考虑  $r$ -选择型和  $K$ -选择型的划分准则,偏向  $r$ -选择的鱼类,  $L_{\infty}$ 、 $W_{\infty}$ 、 $T_m$  较大,  $K$ 、 $M$ 、 $GI$  较小;偏向  $K$ -选择的鱼类,  $L_{\infty}$ 、 $W_{\infty}$ 、 $T_m$ 、 $T_{max}$  较大,  $K$ 、 $M$ 、 $GI$  较小。比较中华乌塘鳢和偏向  $r$ -选择型的东江 7 种鱼类的生态学参数(表 5),中华乌塘鳢的  $L_{\infty}$ 、 $W_{\infty}$ 、 $T_m$  均小于东江 7

种鱼类的平均值,  $K$ 、 $M$ 、 $GI$  均大于东江 7 种鱼类的平均值,  $T_m$  也在东江 7 种鱼类的范围内, 因此, 中华乌塘鳢的生活史类型是明显偏向  $r$ -选择型。

不同生活史类型的鱼类, 对捕捞强度有不同的反应。对于  $r$ -选择种群, 捕捞对种群变动的的影响往往在自然变动的掩盖下不很明显; 对于  $k$ -选择种群, 捕捞对种群的数量变动有明显的的影响。采用单位补充量产量模型, 可以探讨种群在不同捕捞强度和不同起捕年龄的产量变化情况, 判断鱼类的生活史类型。

根据 Beverton-Holt 模型的推导, 在一定假设条件下, 以重量表示的单位补充量产量

$$Y/R = \int_{t_c}^{t_\lambda} F \cdot e^{-M(t_c - t_r)} \cdot e^{-(F+M)(t - t_c)} \cdot W_t \cdot dt$$

式中,  $Y$  以重量表示的产量;  $F$  瞬时捕捞死亡率;  $R$   $t_r$  时的补充量;  $M$  瞬时自然死亡率;  $t_r$  补充年龄;  $t_c$  起捕年龄;  $t_\lambda$  最大年龄;  $W_t$   $t$  龄时体重。

采用中华乌塘鳢的特殊 VBGF、一般 VBGF、Logistic 生长方程、Gompertz 生长方程和灰色动态生长模型表达单位补充量产量方程的  $W_t$ , 得到由这 5 个生长方程导出的单位补充量产量模型的 5 种形式。应用 Simpson 变步长数值积分法, 编制计算机程序, 根据不同要求取积分收敛精度, 代入有关参数, 可计算出不同瞬时捕捞死亡率( $F$ )和起捕年龄( $t_c$ )的单位补充量产量。

设补充年龄  $t_r$  为零, 积分精度取 0.001, 当  $t_c = 1.5$ , 改变瞬时捕捞死亡率时, 由 5 种形式的单位补充量产量模型计算出对应的  $Y/R$  系列值绘成产量曲线见图 1A; 当  $F = 0.5$ , 改变起捕年龄时, 产量曲线见图 1B。

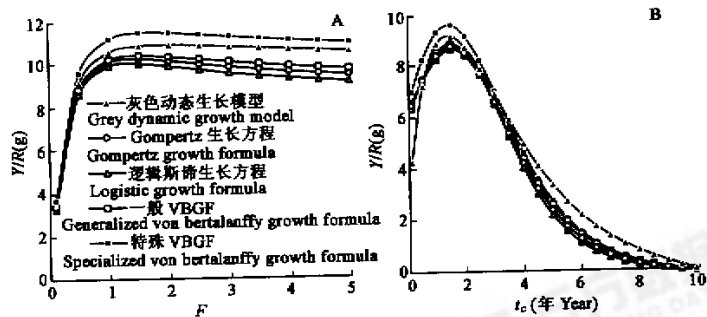


图 1 以不同生长方程计算的单位补充量产量曲线

Fig. 1 Yield curves for yield-per-recruit model from different growth formulas

A.  $t_c = 1.5$  时, 改变瞬时捕捞死亡率( $F$ ) The instantaneous fishing mortality ( $F$ ) was changed at  $t_c = 1.5$ ,

B.  $F = 0.5$  时, 改变起捕年龄( $t_c$ ) Age of entry to the fishery ( $t_c$ ) was changed at  $F = 0.5$

从图 1A 可知,  $F$  从 0.1 至 1.5, 中华乌塘鳢的产量处于上升位置, 过了这一捕捞水平, 产量曲线不再上升, 而是极缓慢的下降, 表现出捕捞对种群数量变动的的影响在自然变动的掩盖下不明显, 这种产量曲线呈现了典型的  $r$  型。图 1B 表示在一定捕捞强度下提高起捕年龄, 在 1.5 龄以上, 产量曲线就不再上升, 反而显著下降, 这与中华乌塘鳢具有较高的自然死亡率有关。在同一世代的群体里, 随着年龄的增加, 由于自然死亡因素, 种群密度大幅度减少, 因而导致产量明显下降, 这也是典型的  $r$ -型产量曲线。

3 讨论

3.1 鉴定鱼类年龄的材料有多种, 作者比较观察了湛江沿海中华乌塘鳢的鳞片、耳石、脊椎骨、鳃盖骨、支鳍骨等年龄鉴定材料, 只有胸鳍支鳍骨适用于年龄鉴定。在 4 枚平行排列、扁平而薄的胸鳍支鳍骨中, 以中间 2 枚的年轮特征最为清晰, 生长中心明确, 用透射光观察可看到明亮的宽带和暗黑色的窄带, 窄带外缘即是年轮。为年龄的鳞片, 表面无年轮特征。湛江沿海中华乌塘鳢理想的年龄鉴定材料及其年轮特征与叶富良等研究中华乌塘鳢亲鱼(原产地越南)<sup>[1]</sup>和尖头塘鳢<sup>[8]</sup>的结果相同。

3.2 在国内有关鱼类生长的研究中,用于拟合鱼类生长过程的生长方程基本上采用特殊 VBGF,但根据张诗全和李辉权<sup>[2]</sup>对南海北部 10 种主要底层经济鱼类、严朝晖和史为良<sup>[3]</sup>对大伙房水库鲢鳙和陈刚<sup>[9]</sup>对勒氏笛鲷的几类生长模型比较研究以及中华乌塘鳢几类生长模型比较的结果表明,不同鱼类,最适合于描述其生长的生长方程不同,其中特殊 VBGF 拟合鱼类体重生长的结果是最差的。虽然由特殊 VBGF 求出的生长参数可直接应用于 Beverton-Holt 模型计算产量,但应用数学中的变步长数值积分法,借助电子计算机,其它生长方程也可用于单位补充量产量模型计算产量。从图 1 看出,由不同生长方程导出的单位补充量产量模型的不同形式,计算出的产量曲线变化趋势基本一致,但还是存在着或多或少的差异。因此,在定量描述鱼类的生长和使用 Beverton-Holt 模型时,应通过不同生长方程的比较,选择出一种拟合最好的生长方程,采用最佳单位补充量产量模型的形式,以便提高模型准确性,为渔业管理提供更为可靠的依据。

3.3 依据中华乌塘鳢的生态学参数值和改变瞬时捕捞死亡率、起捕年龄时的产量变化曲线判断,中华乌塘鳢是明显偏向  $r$ -选择的鱼类。作为偏向  $r$ -选择的鱼类,达到一定起捕年龄后,继续提高起捕年龄不能增加产量,达不到合理利用资源的目的。盲目增加捕捞强度也不能提高产量,反而引起产量下降。从单位补充量产量的计算结果分析,中华乌塘鳢达到最高产量时的起捕年龄为 2 龄左右。目前中华乌塘鳢的渔获物以 1 龄、2 龄为主,中华乌塘鳢的初次性成熟年龄为 2 龄,从资源保护和经济价值来看,作为渔业管理对策,中华乌塘鳢的起捕年龄应定为 2 龄。

#### 参考文献

- [1] Ye F L (叶富良), Zhang J D (张健东), Zhu L (朱龙), et al. Study on Age of *Bostrichthys sinensis* (Lacépède), *Journal of Zhanjiang Fisheries College* (in Chinese) (湛江水产学院学报), 1994, **14**(2): 14~16.
- [2] Fei H N (费鸿年), Zhang S Q (张诗全). *Fisheries Resources* (in Chinese). Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1990. 244~429.
- [3] Yan Z H (严朝晖), Shi W L (史为良). Growth and Growth Models of Silver Carp and Bighead Carp in Dahuofang Reservoir. *Journal of Fisheries of China* (in Chinese) (水产学报), 1995, **19**(1): 28~34.
- [4] Pauly D. The relationships between gill surface area and growth performance in fish: A generalization of von Bertalanffy's theory of growth. *Meeresforsch*, 1981, **28**(4): 251~282.
- [5] Deng J L (邓聚龙). *The Basic Methods of Grey System* (in Chinese). Wuhan: Huazhong University of Technology Press, 1987. 96~129.
- [6] Fei H N (费鸿年), He B Q (何宝全). The Ecological Parameters and Life History Pattern of Fishes in the Waters of Guangdong Continental Shelf. *Transactions of the Chinese Fisheries Society*, No. 2 (in Chinese), Beijing: Agricultural Press, 1983. 6~16.
- [7] Ye F L (叶富良). Study on Life-history Pattern of Seven Freshwater Fishes in The Dongjiang River, Guangdong. *Acta Hydrobiologica Sinica* (水生生物学报), 1988, **12**(2): 107~115.
- [8] Ye F L (叶富良), Zhang J D (张健东). Study on Age, Growth and Life-history Pattern of *Eleotris oxycephala* Temmick et Schlegel. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese) (生态学报), 1993, **13**(1): 51~57.
- [9] Chen G (陈刚). Studies on Age, Growth and Life-history Pattern of *Lutlanus russelli* Bleeker. *Journal of Fisheries of China* (in Chinese) (水产学报), 1997, **21**(1): 6~12.