

文章编号:1000-0615(2007)05-0624-09

驼背鲈的年龄与生长特征

区又君¹, 廖锐^{1,2}, 李加儿¹, 勾效伟¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300;

2. 上海水产大学生命科学与技术学院, 上海 200090)

摘要: 鉴定和描述了驼背鲈鳞片的年龄及其年轮特征, 采用4种生长模型来模拟其体长生长过程, 通过比较分析得出最适的生长方程, 并对其生长拐点以及生长指标等生长特征进行了相应分析。实验结果表明, 驼背鲈鳞片的年轮特征主要表现为疏密型, 偶见副轮和生殖轮。von Bertalanffy 生长方程、Gompertz 生长方程、Logistic 生长方程以及三项式方程均可反映驼背鲈的体长生长过程, 其生长特点属于均匀生长类型, 其中 Gompertz 生长方程能更好地描述10龄以前的体长生长性状。体长体重的 von Bertalanffy 生长方程为: $L_t = 566.0139 [1 - e^{-0.1549(t+1.0988)}]$; $W_t = 4531.0076 [1 - e^{-0.1641(t+0.76635)}]^{3.0245}$ 。体长与体重关系为 $W_t = 2.3 \times 10^{-5} L_t^{3.0245}$ 。渐近体长 $L_\infty = 566.0139$ mm, 渐近体重 $W_\infty = 4531.0076$ g, 体重生长拐点 $t_r = 5.98$ 龄, 此时的体长与体重分别为 376.94 mm 和 1 346.26 g。

关键词: 驼背鲈; 年龄; 生长特征; 生长方程

中图分类号: S 931.1

文献标识码: A

Age and growth characteristics of *Cromileptes altivelis*

OU You-jun¹, LIAO Rui^{1,2}, LI Jia-er¹, GOU Xiao-wei¹

(1. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;

2. College of Aqua-life Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

Abstract: Scales were used for the age determination of high-finned grouper (*Cromileptes altivelis*). The relationships between body length and age were described by four growth models in order to find out the best one. The results showed that the annual-ring feature belongs to the loose-close. The false ring and spawning check can be seen occasionally. According to the scale radius, body length and body weight, the growth condition of *C. altivelis* was analyzed. The radius of scale was linearly and directly correlative to body length. The relationship between body length (L) and body weight (W) was expressed as $W_t = 2.3 \times 10^{-5} L_t^{3.0245}$. Four growth functions provided a high fitness and preferably described the growth of *C. altivelis*. Among them, the Gompertz growth function was especially suited to describe the growth patterns of under 10 years fish. The growth of body length and body weight can be described by the von Bertalanffy growth equation $L_t = 566.0139 [1 - e^{-0.1549(t+1.0988)}]$; $W_t = 4531.0076 [1 - e^{-0.1641(t+0.76635)}]^{3.0245}$. The age of 5.98 years was the turning point of body growth with body weight 1346.26 g. The fish grew faster before the age of 6.

收稿日期: 2006-12-27

资助项目: 广东省科技计划项目(C20817); 广东省重大科技兴海项目; 中国水产科学研究院基金项目(2002-3-1)

作者简介: 区又君(1964-), 女, 广东广州人, 研究员, 从事水产生物繁育、养殖与基础生物学研究。E-mail: ouyoujun@126.com

Key words: *Cromileptes altivelis*; age; growth characteristics; growth function

驼背鲈(*Cromileptes altivelis*),俗名老鼠斑,隶属于鲷科、石斑鱼亚科、驼背鲈属^[1-2],为高级海洋经济鱼类,也是世界上最名贵的海水鱼之一。目前国际上已知的驼背鲈仅 1 种,分布于印度太平洋的热带海区,西至非洲,东至菲律宾,北至日本,南至澳大利亚海域,我国见于南海。由于其资源量极少,一般不易见到,生物学资料更少,王以康^[3]简述了其属的特征,区又君等^[2,4-5]研究了驼背鲈的形态和生物学性状、引种驯养及人工诱导性腺发育和繁殖、胚胎发育,陈福华等^[6]报道了驼背鲈寄生线虫的研究。为探索该鱼增殖途径和保护措施,并探讨养殖的可能性,本文对其年龄和生长特性作了较为系统的研究,以期对驼背鲈的资源保护、可持续开发利用和增殖技术研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

自 1994 年 4 月至 2006 年 10 月,从印度尼西亚分批采集驼背鲈共 139 尾,在鲜活状态下进行

常规生物学测定、解剖。以鳞片为年龄鉴定材料,鳞片取自背鳍基部起点下方,侧线鳞以上 2~3 行形状规则、环片清晰的鳞片,自前而后取 8~10 枚,以鳞片上的年轮作为年龄鉴定的依据。用显微镜观测和测量鳞径和各年轮的轮距,以鳞焦到前区边缘的直线距离为鳞径,鳞焦到各年轮的半径为轮径。

1.2 生长数学模型

所采用的数学模型见表 1。其中,体长和体重关系的拟合采用幂函数,体长生长的拟合采用特殊 von Bertalanffy 生长方程(VBGF)、Gompertz 生长方程(GGF)、Logistic 体长生长方程(LGF)和三项式(decimal cubic function, DCF),体重生长的拟合采用特殊 von Bertalanffy 体重生长方程。其中 VBGF、GGF 和 LGF 的生长参数估算采用试值法^[7];DCF 的系数则通过非线性回归的方法确定。回归方程的选择以最小剩余平方和(residual sum of squares, RSS)为标准,拟合度采用相关指数(决定系数) $R^{2[8]}$ 。

表 1 拟合驼背鲈生长方程的数学模型

Tab.1 Mathematical models describing the growth of *Cromileptes altivelis*

名称 name	数学公式 mathematical expression
体长-体重关系 length-weight relationship	$W = aL^b$
特殊 von Bertalanffy 体长生长方程($L; \text{mm}$) special von Bertalanffy length growth function	$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$
特殊 von Bertalanffy 体重生长方程($W; \text{g}$) special von Bertalanffy weight growth function	$W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$
Gompertz 生长方程 Gompertz growth function ($L; \text{mm}$)	$L_t = L_\infty e^{-ke^{-at}}$
Logistic 体长生长方程 $L; \text{mm}$ Logistic growth function	$L_t = \frac{L_\infty}{1 + e^{(a-Lt)}}$
三项式 decimal cubic function($L; \text{mm}$)	$L_t = a + b_1t + b_2t^2 + b_3t^3$

其它计算公式如下:年增长 $g = (V_2 - V_1)/(t_2 - t_1)$, 瞬时增长率 $\omega = (\ln V_2 - \ln V_1)/(t_2 - t_1)$, 相对增长率 $\eta = (V_2 - V_1)/[V_1 \times (t_2 - t_1)] \times 100\%$, 生长常数 $P = (\ln V_2 - \ln V_1) \times t_2 + t_1/2$, 生长指标 $r = (\ln V_2 - \ln V_1) \times V_1/(t_2 - t_1)$, 体重拐点年龄 $tr = \ln b/k + t_0$; GGF 拐点 $t_c = \ln k/a$; LGF 拐点 $t_l = a/k$ 。

其中: V_1 、 V_2 分别表示相邻两龄 t_1 、 t_2 的体长 L_1 、 L_2 或体重 W_1 、 W_2 。数据的分析和处理采用 Excel 2003 和 SPSS12.0 软件。

2 结果

2.1 驼背鲈的年龄鉴定

年轮特征 驼背鲈鳞片属于圆鳞,可分为前区、后区和侧区。环片除鳞焦周围少数闭合外,其它均不闭合而呈“U”形(图版-1);后区边缘光滑无栉齿,鳞脊明显且呈辐射状,数目随着年龄的增长而逐渐增多。在两个生长年带之间的环片呈疏密、切割、断裂凌乱以及明亮排列状,此即为鳞片上年轮的特征。正常鳞片鳞焦位于后区基线

上,可作为鳞径和轮径测量的基点。依环片排列的不同,年轮特征可分为3种类型。

1. 疏密明亮型 在鳞片前区,在疏带的内侧缘和密带的外侧缘交界处常出现空白带状、断线带状或两者兼有的现象(图版-2),此处即为年轮。

2. 疏密切割型 在鳞片的侧区、前区与前侧区的交角处,两个生长年带之间同时存在疏密和切割现象,间或也有断裂情形(图版-3)。

3. 碎裂切割凌乱型 在鳞片的前区与前侧区的交角处,年轮表现为环片的碎裂、切割和凌乱结构,间或也有疏密的现象。当一个生长年带临近结束时,常有2~4个环片彼此靠拢,变粗、碎裂或者走向凌乱(图版-4)。

侧区环片轮纹的间距较宽,常出现轮纹增粗、碎裂、断裂、融合或两环片甚至多环片合一现象(图版-5);边缘环片轮纹走向趋于凌乱,排列不规则;能看到的环片轮纹明显减少,疏密带型极不明显,在后侧区看到较明显的切割型或几轮合一,故在侧区观察到的年轮明显少于实际年龄。后区一般无法观察到年轮特征。

总的来说,鳞片前区的年轮标志较其它部位的明显,虽然个别鱼或某些高龄鱼年轮间距很小,且常存在副轮,但可以观测前区与侧区交角处,此处轮距较宽,年轮标志为近似疏密切割型,此处可作为鉴定高龄鱼年龄的主要依据。因此,作者以前区的空白带状、断线带状和前区与侧区交角处

疏密切割的年轮标志为主来鉴定驼背鲈的年龄。

副轮 副轮是鱼类生活中遇到非周期的、偶然的变化而造成生长停滞时形成的,在驼背鲈的鳞片上偶尔也发现副轮(图版-1);但不是在每个所观测的鳞片上都能看到,也有在同一个鳞片上出现两个以上的副轮;表现副轮的环带虽可出现疏密排列,但它不出现在密带的外缘、疏带的内缘,而是有时出现在疏带之中,稀疏的环片群中出现2~3个窄环片,如果将此看作年轮,则年带的宽度明显地比正常的年带狭窄;有时出现在接近密带之处,呈不规则状态,走向零乱,整体上不完整;副轮还可从年轮之间的距离加以区分。在年龄鉴定过程中,没有发现幼轮。

2.2 驼背鲈的生长特征

体长-鳞径、全长关系及体长推算 由散点图分析可知,驼背鲈体长 L_t (mm)与鳞径 R (mm)以及体长 L_t (mm)与全长 L_T (mm)均呈直线相关,经计算求得直线回归方程分别为:

$L_t = 43.889R + 113.57$ ($n = 139, r = 0.85$) (图1-A); $L_T = 0.8935L_B - 28.089$ ($r = 0.98$) (图1-B)

从鳞片测得10个年轮的平均轮径分别为:1.11, 2.21, 3.22, 4.69, 5.33, 6.02, 6.61, 7.18, 7.60, 7.96 mm。代入回归方程可求得1~10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。

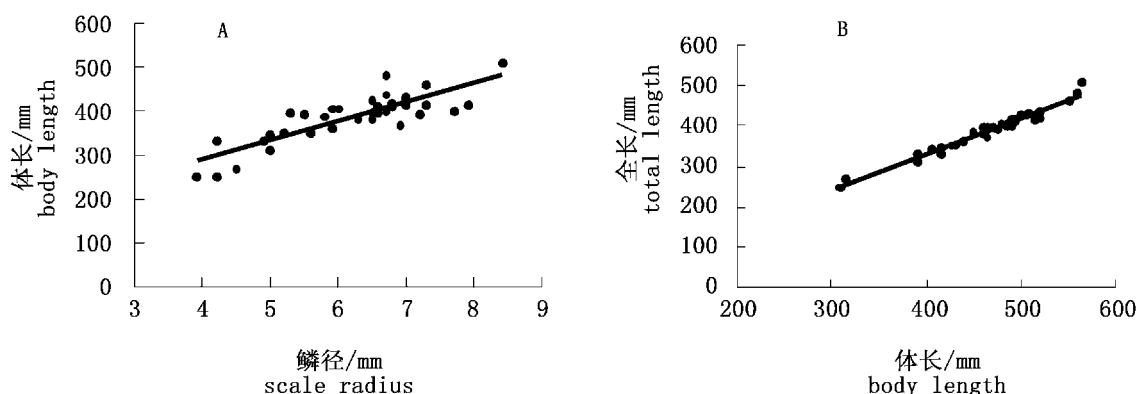


图1 驼背鲈体长与鳞径、全长的关系

Fig. 1 Relationship between body length and scale radius, total length

A. 驼背鲈体长与鳞径的关系; B. 驼背鲈体长与全长的关系

A. relationship between body length and scale radius;

B. relationship between body length and total length

表 2 驼背鲈退算体长、实测体长以及理论体长值的比较

Tab.2 Comparison of back-calculated, observed and theoretical body length of *C. altivelis* mm

	年龄(a) age									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
实测体长 observed length			244.0	292.5	331.5	366.4	394.7	413.2	439.8	477.0
退算体长 back-calculated length	162.4	210.8	254.9	319.6	347.6	377.9	403.9	428.8	447.1	463.1
L-VBGF	157.2	215.8	266.1	309.1	345.9	377.6	404.6	427.8	447.6	464.6
L-GGF	160.9	212.5	262.4	307.7	347.2	380.5	407.7	429.7	447.1	460.7
L-LGF	165.3	211.1	259.1	305.7	347.6	382.6	410.4	431.3	446.6	457.4
DCF	158.8	214.7	264.4	308.1	346.1	378.8	406.5	429.3	447.7	461.9

体长-体重关系及体重退算 经散点图分析和拟合,驼背鲈的体重 W_t (g) 与体长 L_t (mm)、全长 L_T (mm) 的关系式为:

$$W_t = 2.3 \times 10^{-5} L_t^{3.0245} (r = 0.9172);$$

$$W_t = 2.4 \times 10^{-6} L_T^{3.2996} (r = 0.9283)$$

式中的 b 值接近于 3,驼背鲈基本上属于等速生长的鱼类。图 2 为相关方程所确定的关系曲线。将各龄鱼退算体长代入体长与体重关系式中求得 1~10 龄鱼的退算体重(表 3)。退算体重可看成实足年龄的平均体重。

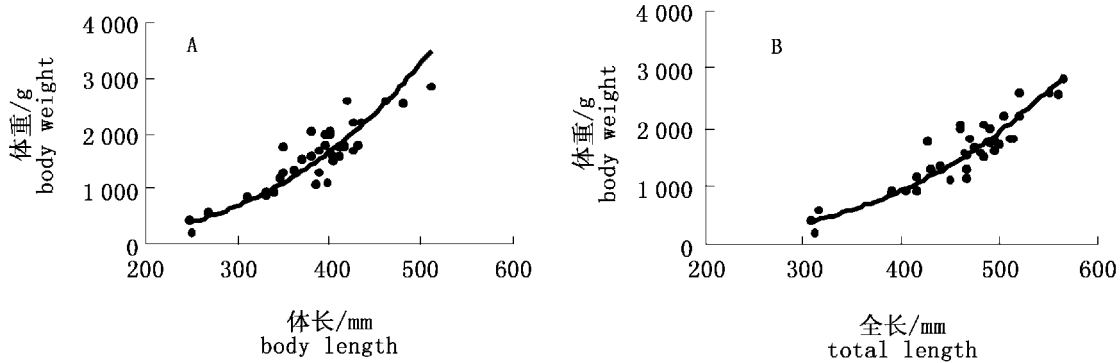


图 2 驼背鲈体重与体长、全长的关系

Fig. 2 Relationship between body weight and body length, total length

A. 驼背鲈体重与体长的关系; B. 驼背鲈体重与全长的关系

A. relationship between body weight and body length; B. relationship between body weight and total length

表 3 驼背鲈体重实测值、退算值与理论值的比较

Tab.3 Comparison of back-calculated, observed and theoretical body weight of *C. altivelis* g

	年龄(a) age									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
实测体重 observed weight		212.0	469.8	896.7	1175.2	1454.6	1806.7	2166.5	2400.5	2650.3
退算体重 back-calculated weight	111.9	245.7	436.7	864.7	1115.3	1436.2	1755.9	2104.3	2387.7	2654.9
理论体重 theoretical weight	68.2	211.2	430.1	705.8	1016.9	1343.9	1671.5	1988.3	2286.9	2562.7

生长模型及其拟合结果 表 4 列出体长、体重生长方程各参数值的拟合结果以及表 2 列出 4 种生长方程的理论体长值。由表可知,4 种体长生长方程的适合度高,显示出较好的拟合性,因而

它们都可以较好地描述驼背鲈的体长生长特征。其中 LGF 的 R^2 值最低,为 0.9967;GGF 的 R^2 值最高,为 0.9976;GGF 的 RSS 最低,为 227.7552;LGF 的 RSS 最高,为 320.6410。依据陈毅峰

等^[8]提出的最小剩余平方和来选择回归方程,拟合度采用相关指数(决定系数) R^2 来衡量,在4种体长生长方程中,GGF对10龄以内的驼背鲈体长生长的描述最好,其拐点年龄为1.5龄,而LGF的拟合效果最差,其拐点年龄为2.6龄。

驼背鲈体长和体重生长的VBGF分别为:

$$L_t = 566.0139 [1 - e^{-0.1549(t+1.0988)}];$$

$$W_t = 4531.0076 [1 - e^{-0.1641(t+0.7664)}]^{3.0245}$$

本文采用VBGF来描述其生长规律,根据生长方程求得各龄鱼的理论体长和体重,并由此绘制出体长和体重的生长曲线如图3,从图中可以看出,驼背鲈的体长生长与年龄呈非线性关系,其曲线为1条不具拐点的渐近线,该曲线开始上升快而后变为缓慢,趋向一个极限;体重生长曲线是

1条具有拐点的不对称近似S形渐近曲线。

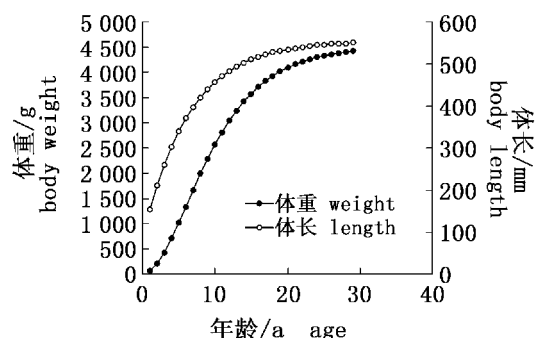


图3 体长生长和体重生长的 von Bertalanffy 生长方程曲线

Fig.3 von Bertalanffy growth curves of body length and body weight

表4 不同数学方程拟合驼背鲈生长的拟合度、参数值和标准误

Tab.4 Values for the parameters and fitness of functions describing the growth

数学方程 function	统计量 statistics	参数值 ± 标准误 values ± SE
特殊 von Bertalanffy 体长生长方程 special von Bertalanffy length growth function	L_{∞} (mm)	566.0139 ± 24.8845
	k	0.1549 ± 0.0175
	t_0	-1.0998 ± 0.2026
	R^2	0.9970
	RSS	292.4568
特殊 von Bertalanffy 体重生长方程 special von Bertalanffy weight growth function	W_{∞} (g)	4531.0075 ± 1068.0780
	k	0.1641 ± 0.0700
	t_0	-0.7664 ± 1.6512
	b	3.0245 ± 2.0012
	R^2	0.9986
	RSS	10422.1825
Gompertz 体长生长方程 Gomperz growth function	L_{∞} (mm)	506.0517 ± 11.1567
	a	0.2780 ± 0.0176
	k	1.5128 ± 0.0424
	R^2	0.9976
Logistic 体长生长方程 Logistic growth function	RSS	227.7552
	L_{∞} (mm)	481.0848 ± 9.0919
	a	1.0485 ± 0.0525
	k	0.4010 ± 0.0240
三项式 decimal cubic function	R^2	0.9967
	RSS	320.6410
	a	96.2497 ± 12.7801
	b_1	65.8813 ± 9.579
	b_2	-3.430 ± 1.9759
	b_3	0.0500 ± 0.1185
	R^2	0.9973
RSS	260.1749	

生长指数 将各龄鱼体长及体重退算值代入各项生长指数的经验公式,求得体长、体重增长的各项生长指数(表5,表6)。以相对增长率和

生长指标来划分生长阶段,更能客观地反映鱼类生长的特点,从表5和表6可以看出驼背鲈生长的3个阶段:1~4龄鱼的体长和体重相对增长率

及生长指标明显大于此后各龄鱼,说明摄取的能量主要用于个体的生长,生长旺盛,属于幼鱼增长阶段;4~8 龄鱼体长和体重增长相对稳定,生长指标变化不大,这个阶段所摄取的能量主要用于

性腺发育,属于成鱼生长稳定阶段;从 8 龄之后逐渐进入生长缓慢阶段,体长和体重增长很少,生长已趋缓慢,属于生长衰老阶段。

表 5 驼背鲈不同时期体长生长指数

Tab.5 The growth indexes of body length in different stages

年龄(a) age	体长(mm) length	年增长(mm) annual increases	相对增长率(%) relative growth rates	瞬时增长率(%) instantaneous growth rates	生长常数 growth constant	生长指标 growth indexes
1	162.00					
2	210.81	48.41	22.96	0.261	0.63	42.37
3	254.98	44.17	17.32	0.190	1.06	40.10
4	319.59	64.61	20.21	0.23	1.56	57.59
5	347.64	28.05	8.07	0.084	2.02	26.88
6	377.96	30.32	8.02	0.083	2.51	29.07
7	403.93	25.97	6.42	0.066	3.01	25.12
8	428.84	24.91	5.81	0.059	3.51	24.17
9	447.13	18.29	4.09	0.042	4.01	17.91
10	463.15	15.97	3.45	0.035	4.50	15.69

表 6 驼背鲈不同时期体重生长指数

Tab.6 The growth indexes of body weight in different stages

年龄(a) age	体重(g) weight	年增长(g) annual increases	相对增长率(%) relative growth rates	瞬时增长率(%) instantaneous growth rates	生长常数 growth constant	生长指标 growth indexes
1	111.60					
2	245.66	134.07	120.14	0.79	2.08	193.85
3	436.72	191.06	77.77	0.58	2.73	251.27
4	864.71	427.99	97.99	0.68	4.23	590.68
5	1115.25	250.55	28.97	0.25	3.27	283.77
6	1436.19	320.94	28.78	0.25	4.02	363.23
7	1755.90	319.71	22.26	0.20	4.41	352.92
8	2104.29	348.38	19.84	0.18	4.95	380.86
9	2387.62	283.33	13.46	0.13	5.14	301.60
10	2654.98	267.36	11.19	0.11	5.56	281.80

生长速度、加速度和生长拐点 体长和体重生长方程反映了驼背鲈生长过程中的总和,为了探讨各龄鱼生长过程的变化特征,可进一步采用生长速度和加速度方程进行分析。

将驼背鲈体长和体重生长的 VBGF 分别对年龄 t 求一阶和二阶导数,得出体长和体重生长的速度 ($dL/dt, dW/dt$) 和加速度 ($d^2L/dt^2, d^2W/dt^2$) 的方程为:

$$dL/dt = L_{\infty} k e^{-k(t-t_0)} = 87.6783 e^{-0.1549(t+1.0998)}$$

$$d^2L/dt^2 = -L_{\infty} k^2 e^{-k(t-t_0)} = -13.3414 e^{-0.1549(t+1.0998)}$$

$$dW/dt = W_{\infty} b k e^{-k(t-t_0)} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^{b-1} =$$

$$2202.95 e^{-0.1677(t+0.9245)} [1 - e^{-0.1677(t+0.9245)}]^{2.0970}$$

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

$$- e^{-k(t-t_0)} (1 - e^{-k(t-t_0)})^{b-1}] = 369.4346$$

$$[2.0970 e^{-0.3354(t+0.9245)} (1 - e^{-0.1667(t+0.9245)})^{1.0970} -$$

$$e^{-0.1667(t+0.9245)} (1 - e^{-0.1667(t+0.9245)})^{2.0970}]$$

根据方程绘出图 4 和图 5。如图所示,随着年龄的增长,体长生长速度曲线逐渐下降,而体长生长加速度曲线却逐渐上升,表明体长生长速度随着年龄的增加而下降,其递增速度渐趋缓慢。体重生长速度和加速度曲线均为具有 1 个拐点的曲线,根据拐点年龄计算公式求得拐点年龄 $t_r = 5.98$ 龄,此时体重生长速度达到最大,体长和体重分别为 376.94 mm 和 1 346.26 g。在体重生长速度拐点前,生长速度逐渐上升,生长加速度逐渐下降,两者皆为正值;而拐点年龄后,生长速度逐

渐下降,为正值,说明其体重的增长减缓,体重生长进入缓慢期;约10龄时体重加速度降至最低点,而后又逐渐上升,均为负值,表明随着体重增长速度进一步下降,其递减速度亦渐趋缓慢,个体进入衰老期。此后,体长和体重逐渐趋向渐近值,而生长速度和加速度逐渐趋于0。

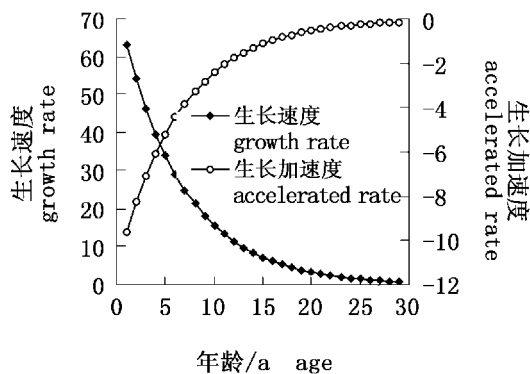


图4 驼背鲈 von Bertalanffy 体长生长方程的生长率曲线

Fig. 4 Curves of growth rate and acceleration with respect to body length

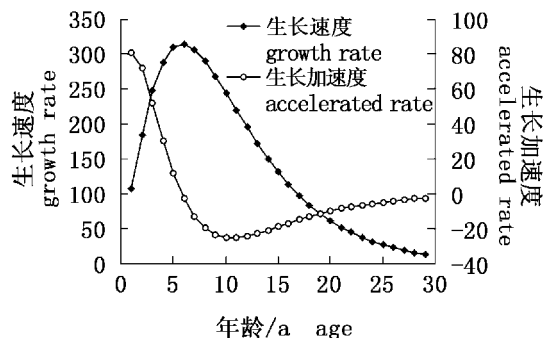


图5 驼背鲈 von Bertalanffy 体重生长方程的生长率曲线

Fig. 5 Curves of growth rate and acceleration with respect to body weight

3 讨论

3.1 驼背鲈年轮特征

本实验采用鳞片作为驼背鲈年龄鉴定的材料,通过对鱼体各部位鳞片的综合分析得出:侧线鳞上方与背鳍起点下方的鳞片薄而且轮纹清晰、规律性强、鳞焦规则、轮径测量方便,是驼背鲈理想的年龄鉴定材料。驼背鲈鳞片年轮大致可分3种类型:疏密明亮型、疏密切割型以及碎裂切割凌

乱型。驼背鲈年轮特征与赤点石斑鱼^[9]以及花鲈^[10]的年轮特征基本类似,疏密空白带状型主要是前区的年轮特征,而疏密切割型和碎裂切割凌乱型主要是前区与侧区交角处的年龄特征;每个年轮中一般都是以某种类型为主,伴随着其他类型。在年龄鉴定时,多以前区与侧区交角处的疏密切割和前区疏密明亮带相结合而确定年轮。

年龄鉴定材料中幼轮的形成往往与仔幼鱼生长过程中食性的转换或者生活环境的变化相关。很多鱼类的鳞片上出现幼轮,如赤点石斑鱼和花鲈的部分个体中,在第一生长年带内,接近鳞片中心出现幼轮,幼轮轮径比第一年轮轮径小,两者易于鉴别;而驼背鲈和珠江口崖门鲈^[11]一样,鳞片上未发现幼轮,这可能是赤点石斑鱼和花鲈在仔鱼生长过程中存在明显的饵料丰度变化或者经历生活环境突变,而驼背鲈在仔幼鱼生长过程中饵料丰度的变化可能不明显。

3.2 四种体长生长方程拟合效果的比较

研究鱼类生长往往需要选择适当的数学模型来处理实际数据以表达生长的某些特征,预测生长趋势,比较种间和种群间的生长差异以及进行渔业资源管理等。研究表明,相同的数据使用不同数学模型对生长过程的描述和解释存在差异,这就意味着不同鱼类,最适描述其生长的生长模型不同^[8,12]。特殊 VBGF、一般 VBGF、GGF、LGF、灰色动态生长模型以及 DCF 6 种体长生长模型对体长生长的描述含义不同,其中前 5 种生长模型均具有渐近体长值,而 DCF 理论上没有渐近体长值,只是描述体长生长的一个持续增加过程,拐点不具有生理学 and 生物学意义;另外,特殊 VBGF 与一般 VBGF 的主要区别在于前者假设鱼类为等速生长^[7]。特殊 VBGF、GGF 以及 DCF3 种体长生长模型均能很好地描述色林错裸鲤的体长生长特征,但其拟合效果存在差异^[8]。张健东^[12]研究表明,灰色动态生长模型对湛江沿海中华乌塘鳢体长生长的拟合效果最好,其次是一般 VBGF;其中 LGF 和 GGF 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,具有成鱼体长生长拐点的生物学意义。就驼背鲈而言,特殊 VBGF、GGF、LGF 以及 DCF 均显示了较高的拟合度,然而,特殊 VBGF 比 GGF 和 LGF 具有更大的渐近体长值,GGF 和 LGF 的生长拐点小于 3 龄,与生长阶段比较,两者的拐点均处于幼鱼生长

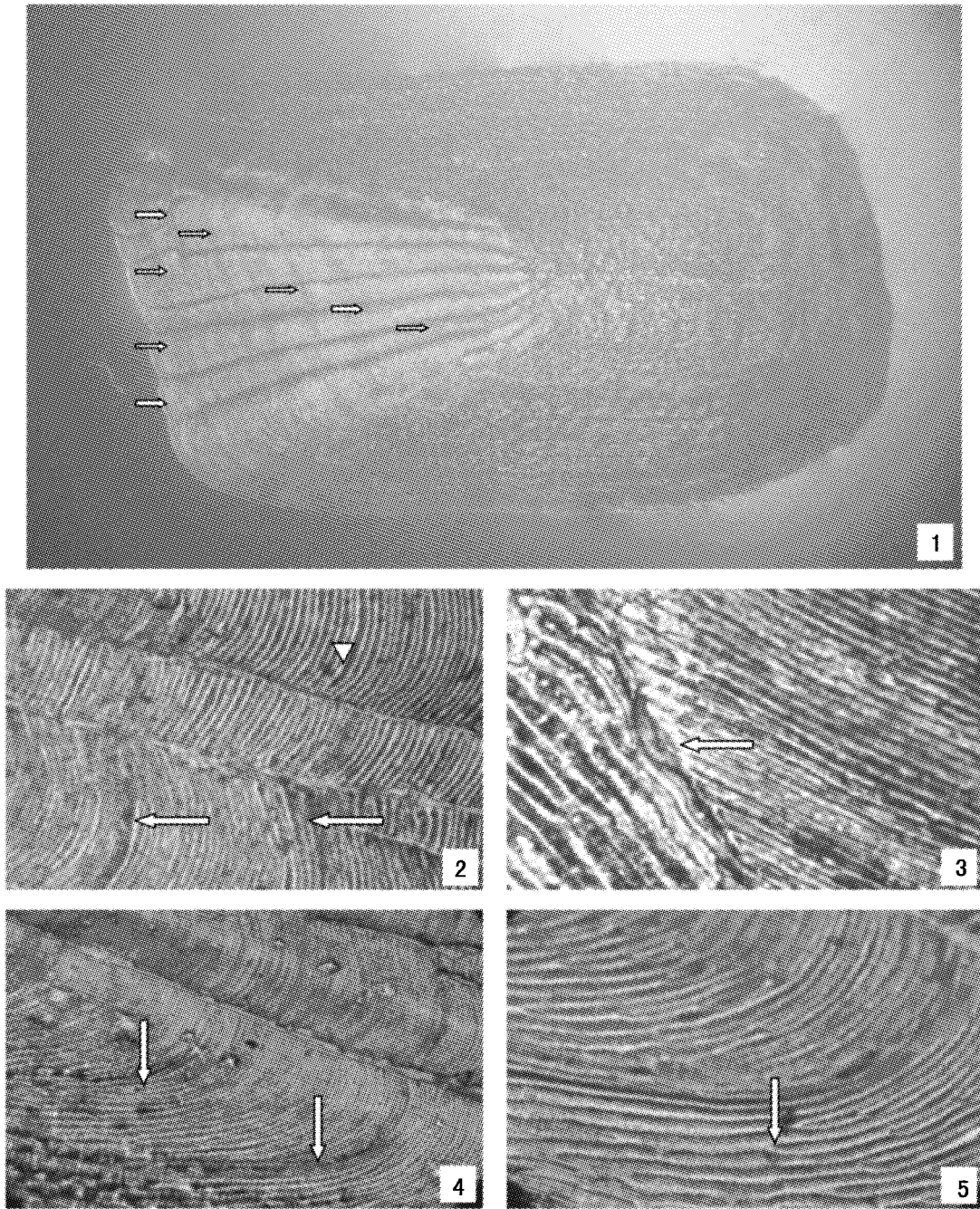
阶段,无生物学意义;而 DCF 理论上没有渐近体长,只是描述体长生长的一个持续增加过程;根据各生长方程 RSS 和 R^2 的估算值可知,GGF 对驼背鲈的体长生长过程的模拟效果最好,而 LGF 的模拟效果最差。

另外,鱼类生长和性成熟年龄同体重的生长拐点有关,金色小沙丁鱼^[13]和鲮鱼^[14]性成熟年龄与体重生长拐点相一致,具有性成熟拐点的生物学意义,而赤点石斑鱼^[9]和湛江沿海中华乌塘鳢^[12]体重生长拐点落后于性成熟年龄,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。对驼背鲈而言,体重生长拐点处于幼鱼生长阶段和成鱼生长阶段,具有成鱼生长拐点的生物学意义。

鉴于 VBGF 在鱼类生长研究中有广泛的运用,而且对鱼类生活史从早期到老龄阶段的变化有一个比较可信的理论解释,所以在众多描述鱼类生长的方程中以它为最普遍。因此,本文主要采用 VBGF 生长方程来描述驼背鲈的生长。

参考文献:

- [1] 成庆泰,杨文华. 中国鲷科鱼类地理分布的初步研究[C]//鱼类学论文集(第一辑). 北京:科学出版社,1981:1-9.
- [2] 区又君,李加儿,陈福华. 驼背鲈的形态和生物学性状[J]. 中国水产科学,1999,6(1):24-26.
- [3] 王以康. 鱼类分类学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1958:273-277.
- [4] 区又君,李加儿,陈福华. 驼背鲈引种驯养及人工诱导性腺发育和繁殖[J]. 湛江海洋大学学报,1999,19(3):20-23.
- [5] 区又君. 驼背鲈的胚胎发育[J]. 海洋科学,2006,30(8):17-19.
- [6] 陈福华,区又君,李加儿. 驼背鲈寄生线虫的研究[J]. 鱼类病害研究,1995,17(3-4):63.
- [7] 费鸿年,张诗全. 水产资源学[M]. 北京:中国科学技术出版社,1990:246-285.
- [8] 陈毅峰,何德奎,曹文宣,等. 色林错裸鲤的生长[J]. 动物学报,2002,48(5):667-676.
- [9] 戴庆年,张其永,蔡友义,等. 福建沿岸海域赤点石斑鱼年龄和生长的研究[J]. 海洋与湖沼,1988,19(3):215-224.
- [10] 孙帼英,朱云云,陈建国,等. 长江口花鲈的生长和食性[J]. 水产学报,1994,18(3):183-189.
- [11] 肖学铮,刘少明. 珠江口崖门鲈鱼年龄和生长的研究[J]. 生态学报,1989,9(3):230-234.
- [12] 张健东. 中华乌塘鳢的生长、生长模型和生活史类型[J]. 生态学报,2002,22(6):841-846.
- [13] 杨圣云,丘书院. 台湾海峡南部金色小沙丁鱼的年龄和生长[J]. 台湾海峡,1984,3(1):100-111.
- [14] 张其永,李福振,杜金瑞. 厦门杏林湾鲮鱼年龄与生长的研究[J]. 水产学报,1981,5(2):121-131.



图版 Plate

1. 鳞片轮廓及年轮(1~9表示年轮数,10龄); 2. 前区疏密空白带状型年轮(长箭头所示)及副轮(短箭头所示); 3. 侧区、侧区与前区交角处的疏密切割型年轮; 4. 侧区与前区交角处的碎裂切割凌乱型年轮; 5. 侧区环片多合一或融合现象

1. figure of scale and the number of annuli; 2. the loose-close pattern annulus and pseudo annuli on basal area of scale; 3. the loose-close and cut pattern on the side region or the corner of side region and basal area; 4. the fragile and cut pattern annulus on the corner of side region and basal area; 5. many circuli synthesizing one