

黄海中南部小黄鱼当年幼鱼生长特征的研究

张国政^{1,2} 李显森^{2*} 朱建成² 戴芳群² 金显仕²

(¹中国海洋大学水产学院, 青岛 266003)

(²农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室, 山东省渔业资源与生态环境重点实验室,
中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘要 对 2008 年 7~12 月黄海中南部(120°12'~122°E, 32°30'~35°N)小黄鱼当年幼鱼的生长特征进行了研究。结果表明, 7~12 月, 小黄鱼当年幼鱼的体长月均增加 13.22±5.65 mm, 体重月均增加 4.34±0.65g, 体长与体重的关系式为 $W=3.76 \times 10^{-5} L^{2.830^3}$, 幂指数 b 接近于 3, 生长接近匀速。通过研究耳石的长度、重量与体长、体重的关系, 发现耳石的长度和重量与体长、体重关系密切, 在 3 种回归方式(Liner, Power, Quadratic)中, 乘幂函数的相关性最好。采用 7 种生长方程对小黄鱼当年幼鱼的生长进行拟合, 从决定系数 R^2 及残差平方和 RSS 的数值来看, VBGF(von Bertalanffy 生长方程), LGF(Logistic 生长方程), GGF(Gompertz 生长方程)3 种数学模型的拟合度较为接近, 而 Logarithmic, Inverse, Quadratic 以及 Cubic 4 种生长方程的拟合度较为接近且拟合效果明显好于 VBGF, LGF, GGF。7 种拟合模型中, Cubic 生长方程对小黄鱼当年幼鱼生长的拟合度最高。

关键词 小黄鱼 幼鱼 生长特征 黄海中南部

中图分类号 S931 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2010)03-0015-08

The growth characteristics of small yellow croaker *Larimichthys polyactis* (Bleeker, 1987) underyearling in the central and southern Yellow Sea

ZHANG Guo-zheng^{1,2} LI Xian-sen^{2*} ZHU Jian-cheng²

DAI Fang-qun² JIN Xian-shi²

(¹Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003)

(²Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fishery Resources, Ministry of Agriculture, Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Ecological Environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT According to the biological data of small yellow croaker *Larimichthys polyactis* (Bleeker, 1987) collected by the trawls in the central and southern Yellow Sea in the late of 2008, the growth characteristics of this fish were studied. The results showed that the body length and body weight increased 15.22±5.65 mm and 5.46±0.65 g every month from July to December. The relationship between the body length and body weight was $W=3.76 \times 10^{-5} L^{2.830^3}$. The relationship between the otolith and body length and body weight was discussed. The Power function was the fittest one among the three models. Growth models VBGF(von Bertalanffy function), LGF(Logistic function), GGF(Gompertz function), Logarithmic func-

国家重点基础研究规划项目(2006CB400608)、国家自然科学基金项目(30371104, 40906085)和山东省泰山学者专项基金共同资助

* 通讯作者。E-mail: lixs@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2009-09-20; 接受日期: 2009-11-13

作者简介: 张国政(1985-), 男, 硕士研究生, 主要从事渔业资源学研究。E-mail: oceanwind205@163.com, Tel: 13646483150

tion, Inverse function, Quadratic function and Cubic function were chosen as the candidates for fitting the growth model of small yellow croaker underyearling to establish the optimum growth equation of body length. Based on the R^2 and RSS criterion, the VBGF, LGF and GGF had the similar fitness, while the Logarithmic, Inverse, Quadratic and Cubic had the similar fitness, and the effect was better than VBGF, LGF and GGF. The Cubic function was the best one to describe the growth of small yellow croaker underyearling.

KEY WORDS Small yellow croaker Underyearling Growth characteristic
Central and southern Yellow Sea

小黄鱼 *Larimichthys polyactis* (Bleeker, 1987) 属于暖温性底层经济鱼类, 广泛分布于我国的渤海、黄海和东海。根据小黄鱼的洄游分布特征, 可将其划分为黄、渤海种群、黄海南部种群以及东海种群(王贻观等 1965; 林新濯等 1964)。3 个种群的产卵时间自南向北逐渐推迟(金显仕等 2005), 本文所选小黄鱼样品属黄海南部种群。

小黄鱼是我国传统的海洋经济鱼类之一, 但在 20 世纪 60 年代以后, 由于捕捞强度逐渐增大, 小黄鱼资源开始衰退。40 多年来, 小黄鱼先后经历了生长型、补充型捕捞过度阶段, 群体低龄化、小型化不断加剧, 渔获物中多为 1 龄鱼, 虽然在小黄鱼的种群生态方面已有较多报道(严利平等 2006; 水柏年 2003; 郭旭鹏等 2006; 任一平等 2001; 薛莹等 2004; 林龙山 2004; 柳卫海 1999), 但针对小黄鱼幼鱼的研究还相对较少。

本文以 2008 年 7~12 月采集的黄海中南部小黄鱼当年幼鱼为研究对象, 对其体长、体重组成、生长特征及其模型的拟合情况进行研究, 并通过耳石客观地反映小黄鱼当年幼鱼的生长情况, 以期寻找最为理想的拟合模型, 掌握小黄鱼当年幼鱼的生长特征, 旨在揭示小黄鱼幼鱼的生长规律。

1 材料与方 法

1.1 材 料

实验样品于 2008 年 7~12 月各月中旬在黄海中南部海域取得, 其中, 7、8、10 月份样品通过“北斗”号科研调查船取得(121°30'~122°E, 32°30'~34°30'N); 9、11、12 月份样品通过生产渔船渔获随机取样获得(120°12'E, 35°N), 每月选取不少于 50 尾进行生物学测定(全长、体长、体重、纯重、摄食等级等)。在生物学测定过程中, 摘取耳石, 用清水洗净, 装入耳石袋中干燥保存, 将洗净的耳石放在 60℃ 的烘箱中烘烤 24h, 在干燥器中冷却后, 称取重量, 精确到 0.01 mg, 在配有目微尺的双筒解剖镜(Olympus SZ61)下测量耳石的长、短轴作为其长短径, 每一样品在不同的时间重复测量 3 次, 当 3 次测量结果之间的差异小于 10% 时, 将其平均数作为最终的读数。

1.2 耳石的观察

年龄确定采用丘盛尧等(1993)的假设方法, 即假设 5 月中旬为孵化日期。对耳石进行打磨, 7 月 15 号采集的样品在显微镜(Leica DME)20~400 倍暗视野下观察日轮, 其日轮数为 52~68, 平均为 61.3 ± 4.72 。许多学者(王宝璋 1995; Powles *et al.* 1988)认为鱼类的耳石日轮每天形成 1 条, 据此推算该批样品为 5 月 8~23 日之间孵化, 这与黄海中南部小黄鱼的产卵盛期在 5 月中旬是相吻合的。所有样品则通过显微镜的日轮观察验证是否为当龄鱼, 其中共获得当龄鱼 1 347 尾。

1.3 生长指数的计算公式

各生长指数计算公式: 月增长 $g = (L_2 - L_1) / (t_2 - t_1)$, 瞬时增长率 $w = (LnL_2 - LnL_1) / (t_2 - t_1)$, 相对增长率 $\eta = (L_2 - L_1) / [L_1 \times (t_2 - t_1)] \times 100\%$, 生长常数 $K = (LnL_2 - LnL_1) \times (t_2 + t_1) / 2$, 生长指标 $r = (LnL_2 -$

$L_n L_1) \times L_1 / (t_2 - t_1)$, 其中 L_1 、 L_2 分别为月龄 t_1 、 t_2 时的体长, 体重、耳石长度和重量均采用相同的计算公式。数据处理采用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件。

1.4 生长模型

小黄鱼当年幼鱼的体长生长采用 von Bertalanffy 生长方程(VBGF) $L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$, Gompertz 体长生长方程(GGF) $L_t = l_\infty e^{-e^{-at}}$, Logistic 体长生长方程(LGF) $L_t = \frac{L_\infty}{1 + e^{-(a-rt)}}$, Logarithmic 生长方程 $L_t = b_0 + b_1 \ln t$, Inverse 生长方程 $L_t = b_0 - \frac{b_1}{t}$, Quadratic 生长方程 $L_t = b_0 + b_1 t + b_2 t^2$, Cubic 生长方程 $L_t = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3$ 进行拟合, 其中 VBGF, GGF 和 LGF 的生长参数采用试值法估算确定(费鸿年等 1990), Logarithmic, Inverse, Quadratic 以及 Cubic 数学方程中的参数则采用 SPSS 13.0 回归分析得到。回归方程的拟合度以残差平方和(Residual sum of squares, RSS)及相关指数(决定系数) R^2 为标准(陈毅峰等 2002)。

2 结果

2.1 体长和体重组

表 1 列出了各个月龄小黄鱼当年幼鱼的基本生长情况, 单因素方差分析显示, 各月龄之间体长、体重差异显著($P=0.01$)。

2 月龄的小黄鱼平均体长为 46.63 ± 0.55 mm, 平均体重为 2.45 ± 0.08 g, 7 月龄平均体长达到 112.73 ± 1.15 mm, 平均体重达到 24.16 ± 0.99 g, 分别增长了 2.42、9.86 倍, 体长月均增加 13.22 mm, 体重月均增加 4.34 g。

表 1 黄海中南部小黄鱼当年幼鱼的体长、体重组

Table 1 Body length and body weight structure of small yellow croaker underyearling in the central and southern Yellow Sea

月龄 Age	2	3	4	5	6	7
样本数 Sample size	631	295	50	121	150	100
平均体长 Mean length(mm)	46.63 ± 0.55	80.11 ± 0.52	93.3 ± 2.25	101.58 ± 0.91	109.21 ± 1.02	112.73 ± 1.15
体长范围 Range of length(mm)	20~79	60~99	80~116	87~122	82~123	88~124
优势组 Dominant group(mm)	40~60	75~85	90~105	95~110	105~115	105~115
优势组比例 Percentage of dominant group(%)	50.32	43.39	37.82	39.50	47.24	52.34
平均体重 Mean weight(g)	2.45 ± 0.08	9.54 ± 0.16	14.44 ± 0.42	18.23 ± 0.57	21.98 ± 0.84	24.16 ± 0.99
体重范围 Range of weight(g)	0.15~9.36	3.80~17.80	9~29	14.70~30	14.20~33	15~31
优势组 Dominant group(g)	0.15~3	8~11	10~15	15~20	20~25	20~25
优势组比例 Percentage of dominant group(%)	65.82	41.02	40.42	30.83	35.23	42.25

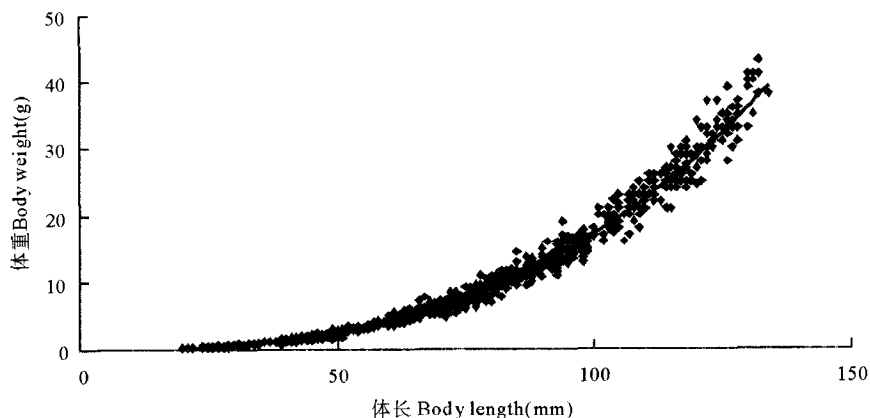


图 1 黄海中南部小黄鱼当年幼鱼的体长-体重关系

Fig. 1 Relationship between body length and body weight of the small yellow croaker underyearling in the central and southern Yellow Sea

2.2 体长-体重关系

小黄鱼当年幼鱼的体长与体重关系式为 $W=3.76 \times 10^{-5} L^{2.8303}$ ($n=1347, r=0.995$), 呈幂指数关系 (图 1)。表 2 列出了小黄鱼当年幼鱼单月的体长-体重关系式系数。可以看出, 2~6 月龄, 幂指数 b 小于 3, 即体长的生长速度大于体重生长速度; 而 7 月龄的 b 值大于 3, 此时体长生长速度要小于体重生长速度。

表 2 小黄鱼当年幼鱼体长-体重关系式系数的月间变化

Table 2 Changes in the parameters of body length-weight function for the small yellow croaker underyearling in 6 months

月龄	Month age	2	3	4	5	6	7
参数 a	Parameter (10^{-5})	4.980	8.820	7.360	8.200	7.400	5.900
幂指数 b	Power	2.754	2.636	2.691	2.669	2.824	3.219
相关系数 r	Relative coefficient	0.984	0.955	0.980	0.951	0.960	0.955

2.3 耳石长度、重量与体长、体重的关系

通过 SPSS 中 Nonparametric Tests 检验耳石长度、重量均为正态分布, 故采用成对 T 检验。结果显示, 小黄鱼当年幼鱼左右耳石的长度、重量均无显著性差异 ($P>0.05$)。在计算时统一选用左耳石, 2~7 月龄, 耳石月均长度增长量为 0.822 ± 0.339 mm, 重量月均增长量为 13.94 ± 4.22 mg (表 3)。通过计算生长指标, 结果显示, 4 月龄时耳石长度、重量增长最快。

表 3 小黄鱼当年幼鱼耳石生长的月变化

Table 3 Monthly change of otolith growth of the small yellow croaker underyearling

月龄	Month age	2	3	4	5	6	7
样本数量	Sample size	50	50	50	100	50	50
左耳石重量	Weight of left otolith(mg)	4.63 ± 0.11	20.85 ± 0.60	49.94 ± 0.27	60.98 ± 2.55	65.65 ± 2.74	74.33 ± 3.90
右耳石重量	Weight of right otolith(mg)	4.63 ± 0.12	21.07 ± 0.99	49.67 ± 1.96	61.15 ± 2.56	65.32 ± 2.81	74.25 ± 3.89
左耳石长度	Length of left otolith(mm)	2.90 ± 0.02	4.62 ± 0.04	6.19 ± 1.67	6.59 ± 0.05	6.77 ± 0.04	7.01 ± 0.05
右耳石长度	Length of right otolith(mm)	2.87 ± 0.02	4.58 ± 0.03	6.15 ± 0.07	6.61 ± 0.03	6.85 ± 0.05	6.91 ± 0.03

通过线性 (Liner: $Y=a+bX$)、乘幂 (Power: $Y=b_0 X^{b_1}$)、二项式 (Quadratic: $Y=b_0 + b_1 X + b_2 X^2$) 3 种回归方式对耳石的长度、重量与体长、体重的关系分别进行拟合, 发现耳石长度和重量随着体长、体重的增加逐渐增大, 并显示出显著的相关性 ($P<0.05$), 且在 3 种拟合方式中, 均以乘幂的拟合度最高。

耳石长度与体长的关系式:

$$L_{\text{耳}} = 0.857 L_{\text{体}}^{0.820} (r=0.9874, n=350)$$

$$L_{\text{耳}} = 3.128 L_{\text{体}} - 15.883 (r=0.9552, n=350)$$

$$L_{\text{耳}} = 2.604 L_{\text{体}} + 0.008 L_{\text{体}}^2 - 7.762 (r=0.9564, n=350)$$

耳石重量与体重的关系式:

$$W_{\text{耳}} = 3.585 W_{\text{体}}^{0.842} (r=0.9934, n=350)$$

$$W_{\text{耳}} = 0.439 W_{\text{体}} + 0.376 (r=0.8997, n=350)$$

$$W_{\text{耳}} = 0.859 W_{\text{体}} - 0.005 W_{\text{体}}^2 - 4.482 (r=0.6927, n=350)$$

2.4 生长方程拟合效果的比较

表 4 列出了各生长方程参数、决定系数 R^2 以及 RSS 统计量的值。从 R^2 跟 RSS 的数值上来看, VBGF,

GGF, LGF 这 3 种数学模型的拟合度较为接近, 而 Logarithmic, Inverse, Quadratic 以及 Cubic 4 种生长方程的拟合效果较为接近, 且明显好于前 3 种数学模型 ($P_R^2 < 0.01$; $P_{RSS} < 0.01$)。在 7 种生长模型中, Cubic 生长方程拟合的 R^2 最大, RSS 值最小, 说明对于小黄鱼当年幼鱼的生长, Cubic 生长方程具有最好的拟合效果。采用 Cubic 生长方程描述其生长规律, 根据生长方程作出各月龄的理论体长跟体重, 并由此绘出体长、体重生长曲线(图 2)。

表 4 不同数学方程拟合小黄鱼当年幼鱼生长的拟合度和参数值
Table 4 Values for the parameters and fitness of functions describing the growth

方程 Function	b_0	b_1	b_2	b_3	R^2	RSS
Logarithmic	10.209	61.266			0.961	162.94
Inverse	155.055	-217.704			0.997	14.66
Quadratic	-33.439	48.537	-3.786		0.992	35.52
Cubic	-80.103	86.537	-12.996	0.682	0.999	5.37
VBGF	5.075	0.714			0.913	1 675
LGF	1.349	0.595			0.914	1 786
GGF	0.741	0.502			0.914	1 604

注: VBGF: $b_0 = \text{Ln}L_\infty + kt_0$, $b_1 = k$; LGF: $b_0 = a$, $b_1 = r$; GGF: $b_0 = \text{Ln}g$, $b_1 = r$

2.5 生长特征

表 5、表 6 给出了小黄鱼当年幼鱼各个月龄的体长、体重生长指数, 可以看出, 小黄鱼当年幼鱼体长生长的相对增长率及生长指标都具有逐渐减小的趋势, 且前 4 个月明显大于以后月龄, 说明前 4 个月体长生长要显著大于后 3 个月 ($P < 0.05$); 体重生长的相对增长率及生长指标也具有相同的趋势。

为探讨各月龄小黄鱼生长过程的变化特征, 还可采用生长速度进行描述。将 Cubic 生长方程对 t 求一阶导数, 得出其体长生长速度公式: $v_l = 86.537 - 25.992t + 2.046t^2$, 体重生长速度公式: $v_w = 13.366 - 1.726t + 0.018t^2$, 并由此作图(图 3)。由图 3 可以看出, 在 2~7 月龄内, 小黄鱼的体长、体重生长速度均随着月龄的增加而不断减小, 体长生长速度在 1~4 月龄时减小迅速, 4 月龄以后减小幅度变小, 体重生长速度曲线则近乎为一条直线, 说明其体重生长速度的变化趋势一致, 2~7 月龄内体重生长速度匀速减小。

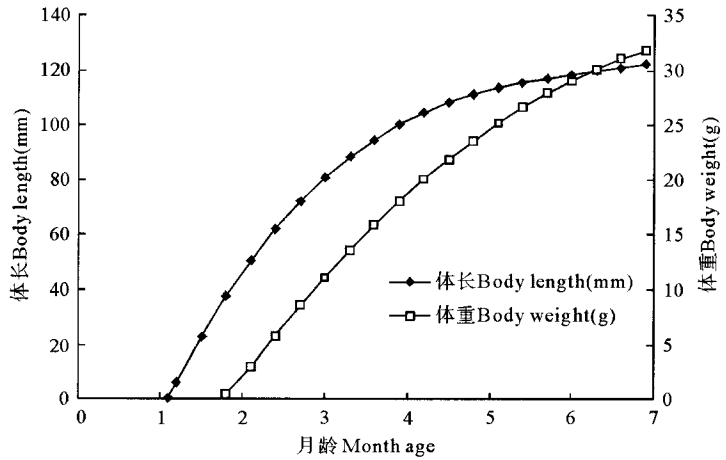


图 2 Cubic 生长方程的体长、体重生长曲线
Fig. 2 Curves of body length and body weight growth rate in Cubic growth function

表 5 小黄鱼当年幼鱼不同月龄体长生长指数

Table 5 The growth index of body length in different month

月龄 Age	体长 (mm) Length	月增长 (mm) Mensal increase	相对增长率 (%) Relative growth rate	生长指标 Growth index	瞬时增长率 (%) Instantaneous growth rate	生长常数 Growth constant
2	46.63					
3	80.11	33.48	71.80	25.23	0.54	1.35
4	93.30	13.19	16.46	12.21	0.15	0.53
5	101.58	8.28	8.87	7.93	0.09	0.38
6	109.21	7.63	7.51	7.36	0.07	0.40
7	112.73	3.52	3.22	3.46	0.03	0.21

表 6 小黄鱼当年幼鱼不同月龄体重生长指数

Table 6 The growth index of body weight in different month

月龄 Age	体重(g) Weight	月增长(g) Mensual increase	相对增长率(%) Relative growth rate	生长指标 Growth index	瞬时增长率(%) Instantaneous growth rate	生长常数 Growth constant
2	2.45					
3	9.54	7.09	289.39	3.33	1.36	3.40
4	14.44	4.9	51.36	3.95	0.41	1.45
5	18.23	3.79	26.25	3.37	0.23	1.05
6	21.18	2.95	16.18	2.73	0.15	0.82
7	24.16	2.98	14.07	2.79	0.13	0.86

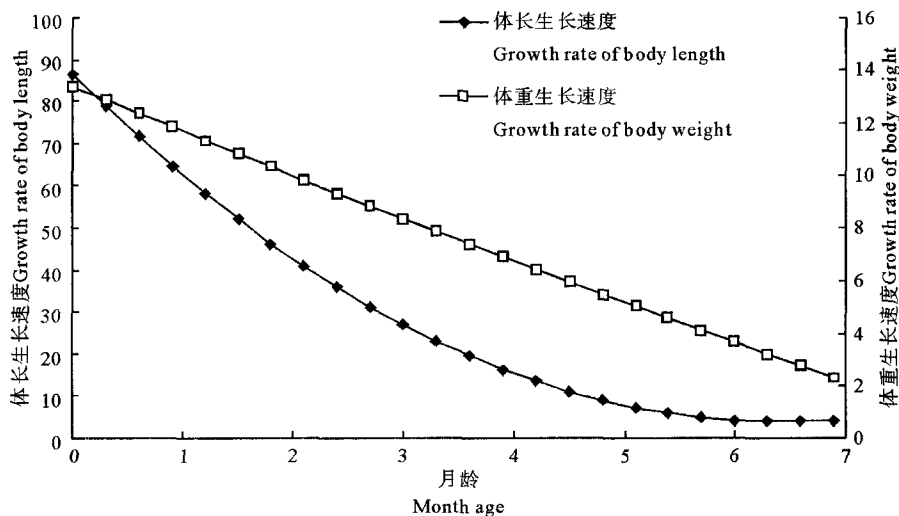


图 3 Cubic 生长方程的体长、体重生长速度曲线

Fig. 3 Curves of body length and body weight growth rate in Cubic growth function

3 讨论

3.1 幂指数 b 的差异性

采用关系式 $W = aL^b$ 对鱼类的体长、体重关系进行回归分析,求得生长幂指数 b 值,可以用来判断该种鱼是否为匀速生长(詹秉义 2000; 华元湍等 1981)。

导致幂指数 b 发生变化的原因有很多,如发育阶段、性别、种群等的不同均能引起 b 值的变化,而其他一些相关因素,例如胃饱满度、疾病及寄生虫量等,也均能够引起 b 值的变化(常剑波 1994; Le *et al.* 1951; Bagenal *et al.* 1978)。本研究中 b 值为 2.830 3,与东海北部和黄海南部的小黄鱼 b 值 3.293 8(水柏年 2003)之间进行 t 检验,差异显著($P < 0.05$)。根据本文的研究对象,作者认为生长阶段的不同,即幼鱼跟成鱼之间的生长差异是造成二者之间产生差异的主要原因。

本研究还发现,幂指数 b 在各个月龄之间也不尽相同。2~6 月龄, b 值在 2.636~2.824 之间波动,均小于 3,但到 7 月龄时 b 值大于 3(表 2),出现这种变化的原因除与月龄估算有偏差以外,可能主要与小黄鱼当年幼鱼的生长特征有关,2~5 月龄时,体长生长速度大于体重生长速度, b 值小于 3; 6、7 月龄时, b 值逐渐增大,在 7 月龄时甚至大于 3,这主要是因为黄海南部种群于 10 月底开始越冬洄游,此时摄食能主要用于体内能量的储存,体重生长速度大于体长的生长速度。

3.2 几种生长方程拟合效果的比较

鱼类的生长常常通过选择适当的数学模型来描述,以预测其生长趋势,比较种间和种群间的生长差异等。

描述生长的模型有很多,主要有 von Bertalanffy 生长方程、指数生长方程、Logistics 生长方程、Gompertz 生长方程、对数生长方程、三项式生长方程等。

对于不同的种类,或者是同一种类的不同生长阶段,不同的生长方程会有不同的拟合效果(Barnabe¹ 1994; Krebs 1994; Gamito 1998; Weatherley *et al.* 1987)。从本文来看,VBGF, LGF, GGF 对于小黄鱼当年幼鱼的拟合效果要显著低于 Logarithmic, Inverse, Quadratic, Cubic 生长方程等拟合方式,这主要是因为各个方程对研究对象的要求不同,VBGF, LGF, GGF 要以整个生命周期的鱼类为拟合对象,拟合时应包含各个世代的个体,而 Logarithmic, Inverse, Quadratic 以及 Cubic 生长方程则可以将鱼类生命周期中的某一阶段作为拟合对象。对于小黄鱼当年幼鱼,由于只是生命周期的早期阶段,因此,Logarithmic, Inverse, Quadratic, Cubic 生长方程的拟合效果要好于 VBGF, LGF, GGF。符世伟等(2008)也认为,VBGF, LGF, GGF 对马氏珠母贝壳在第一年生长速度的描述并不符合幼体的实际生长情况,因而用于描述第1年的壳长生长并不恰当。

Gamito(1998)指出,目前普遍使用的任何一种模型均不能准确的描述生物终生的生长过程,一个较好的选择是在不同的发育阶段采取不同的生长模型来拟合。在小黄鱼成鱼阶段采用 VBGF 取得了较好的拟合效果(郭旭鹏等 2006; 林龙山等 2004);而在当年幼鱼阶段,可以采用 Cubic 方程进行拟合。Cubic 方程对鱻仔幼鱼、香鱼幼鱼以及大银鱼幼鱼均具有较高的拟合效果(解玉浩等 1995; 富丽静等 1997),从本文来看,Cubic 生长方程也是一个较好的拟合方程。

3.3 小黄鱼当年幼鱼的生长特征

以相对增长率和生长指标来划分鱼体的生长阶段,更能真实的反应鱼体的生长情况(区又君等 2007)。从表5可以看出,小黄鱼当年幼鱼的体长生长可以分为两个阶段,4月龄以前体长的相对增长率及生长指标都明显大于以后各个月份,说明当年幼鱼前期的体长生长更为迅速。小黄鱼当年幼鱼各月龄的体重生长指标虽然也有变小的趋势,但变化趋势并不明显,说明各个月份的体重生长变化趋势并不明显(表6)。

体长、体重生长曲线反映了鱼体生长与环境条件的变化关系及其种群固有的生长特性。从利用 Cubic 生长方程拟合出的体长、体重生长曲线图可以看出(图3),4月龄以前体长生长迅速,而体重生长在7月龄以前则变化不大,这与根据生长指标得出的结论是一致的。

小黄鱼月间生长出现差异的原因除与小黄鱼本身的生长特征有关以外,可能还与一些环境因素有关。7~12月份,黄海中南部底层的平均水温逐渐降低,水温的降低能够引起新陈代谢速率的降低,从而影响鱼体的生长(殷名称 1995);此外,小黄鱼胃含物的平均饱满指数也存在着明显的变化,秋季最高,夏季次之(薛莹等 2004),秋季小黄鱼的摄食较高可能与能量储备有关,秋季增加的摄食有一部分转化为脂肪,从而为越冬以及翌年的产卵储备能量,所以其体重生长在4、5月龄时较大。

由于小黄鱼在孵出60d后耳石日轮逐渐重叠,这给年龄鉴定带来了很大的困难。本文在取样地点及小黄鱼黄海南部种群产卵盛期为5月中旬的基础上,假设当龄鱼均为5月中旬孵化,将其视为同一世代的个体,对其生长特征进行了描述,但这只能粗略地反应小黄鱼当年幼鱼的生长特征,在今后的研究中,应当加入养殖试验,以更好的确定小黄鱼的月龄,准确描述其生长。由于小黄鱼在12月份以后洄游至越冬场,各海区的个体聚集到一块,样品的种群划分难度较大,因此,本文只对12月份以前的个体进行了研究。

参 考 文 献

- 区又君,廖锐,李加儿,勾效伟. 2007. 驼背鲈的年龄与生长特征. 水产学报, 31(5): 624~632
- 水柏年. 2003. 黄海南部、东北北部小黄鱼的年龄与生长研究. 浙江海洋学院学报, 22(1): 16~20
- 王贻观,马珍影,尤红宝. 1965. 小黄鱼分布洄游的初步研究(摘要). 见:海洋渔业资源论文选集. 北京:农业出版社, 9~11
- 王宝璋. 1995. 国内外对鱼类耳石日轮的研究和应用. 水产科技情报, 22(3): 132~135
- 华元渝,胡传林. 1981. 鱼种重量与长度相关公式的生物学意义及其应用. 见:中国鱼类学会鱼类学论文集. 北京:科学出版社, 125~132
- 任一平,高天翔,刘群,薛莹. 2001. 黄海南部小黄鱼 *Pseudosciaena plyactis* Bleeker 渔获群体结构与繁殖特性的初步研究. 海洋湖沼通报, 1(1): 41~46

- 邱盛尧. 1993. 黄、渤海蓝点马鲛当年幼鱼的生长特征. 水产学报, 17(1): 14~15
- 陈毅峰, 何德奎, 曹文宣, 段中华. 2002. 色林错裸鲤的生长. 动物学报, 48(5): 667~676
- 严利平, 胡 芬, 凌建忠, 李圣法. 2006. 东海北部和黄海南部小黄鱼年龄与生长的研究. 中国海洋大学学报, 36(1): 95~100
- 金显仕, 赵先勇, 孟田湘, 崔 毅. 2005. 黄、渤海生物资源与栖息环境. 北京: 科学出版社, 308~320
- 金显仕. 1996. 黄海小黄鱼 *Pseudosciaena polyactis* 生态和种群动态的研究. 中国水产科学, 3(1): 32~45
- 林新濯, 邓思明, 黄正一, 王奇璋. 1964. 小黄鱼种族生物学测定的研究. 见: 海洋渔业资源论文选集. 北京: 农业出版社, 84~108
- 林龙山. 2004. 东海区小黄鱼现存资源量分析. 海洋渔业, 26(1): 19~23
- 林龙山, 程家骅, 任一平, 凌建忠. 2004. 东海区小黄鱼种群生物学特征的分析. 中国水产科学, 11(4): 334~336
- 费鸿年, 张诗全. 1990. 水产资源学. 北京: 中国科学技术出版社, 246~285
- 郭旭鹏, 金显仕, 戴芳群. 2006. 渤海小黄鱼生长特征的变化. 中国水产科学, 13(2): 243~248
- 柳卫海. 1999. 东海区小黄鱼资源利用现状分析. 上海水产大学学报, 8(2): 105~111
- 殷名称. 1995. 鱼类仔鱼期的摄食和生长. 水产学报, 19(4): 335~340
- 符世伟, 刘志刚, 王 辉, 杜晓东. 2008. 马氏珠母贝壳壳生长模型研究. 广东海洋大学学报, 28(4): 30~35
- 常剑波. 1994. 网湖似刺编鮡的种群生长和死亡的研究. 水生生物学报, 18(3): 230~239
- 富丽静, 解玉浩, 李 勃, 赵怀春. 1997. 大银鱼耳石日轮与生长的研究. 中国水产科学, 4(2): 21~26
- 詹秉义. 2000. 渔业资源评估. 北京: 中国农业出版社, 42~43
- 解玉浩, 李 勃, 富丽静, 解 涵. 1995. 鱠仔、幼鱼耳石日轮与生长的研究. 中国水产科学, 2(2): 34~42
- 薛 莹, 金显仕, 张 波, 梁振林. 2004. 黄海中部小黄鱼食物组成和摄食习性的季节变化. 中国水产科学, 11(3): 238~242
- Bagenal, T. B., and Tesch, F. W. 1978. Methods for assessment of fish production in fresh waters. Blackwell Scientific Publications Ltd, 3: 101~136
- Barnabe, G. 1994. Biological basis of fish culture. In: Barnabe, G. (Ed.), Aquaculture. Biology and Ecology of Cultured Species. Ellis Horwood, New York, 227~372
- Gamito, S. 1998. Growth models and their use in ecological modeling; an application to a fish population. Ecol. Model. 113: 83~94
- Krebs, C. J. 1994. The experimental analysis of distribution and abundance. Harper Collins College Publishers, 4: 801
- Le Cren, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca Fluviatilis*). J. Animal Ecol. 20: 210~219
- Powles, P. M., and Warlen, S. M. 1988. Estimation of hatch periods for yellow perch, based on otolith readings from juvenile (age-0). Am. Fish. Soc. 5: 60~67
- Weatherley, A. H., and Gill, H. S. 1987. The Biology of Fish Growth. Academic Press, 443