

文章编号:1000-0615(2007)05-0675-07

湛江北部湾养殖墨西哥湾扇贝的形态增长规律

刘志刚, 王辉, 符世伟

(广东海洋大学水产学院, 广东 湛江 524025)

摘要:采用模型拟合方法研究了墨西哥湾扇贝(*Argopecten irradians concentricus* Say)在湛江北部湾水温18.2~30.8℃、盐度27.8~30.4、透明度1.5~5.7 m、水深9.7 m、浮游植物细胞丰度平均 $4.3 \times 10^4 L^{-1}$ 、采用“秋冬春”养殖等条件下,一个养殖周期的形态增长规律。结果表明:墨西哥湾扇贝各形态性状生长过程遵循Logistic生长模型,平方复相关系数 R^2 均大于0.98($P < 0.001$),根均方误差RMSE平均0.897,各形态性状模型都具有统计学意义(ANOVA, $P < 0.001$)。通过Levenberg-Marquardt迭代法求出模型中3个生长参数,并得出各形态性状的生长极限值为壳长53.8 mm、壳高54.6 mm、壳宽27.1 mm、铰合线长28.4 mm、闭壳肌长26.1 mm、闭壳肌直径16.2 mm;快速生长区间及生长拐点则分别是壳长1.5~5.7个月及3.6个月、壳高1.4~5.9个月及3.6个月、壳宽2.0~6.4个月及4.2个月、铰合线长0.7~4.8个月及2.8个月、闭壳肌长1.9~6.5个月及4.2个月、闭壳肌直径1.6~5.5个月及3.5个月;绝对增长速度为壳长>壳高>壳宽>闭壳肌长>闭壳肌直径;相对增长速度性状间存在差异并随生长逐渐趋于0。研究发现主要经济性状壳宽及闭壳肌长出现生长延缓、不同地理种群形态增长存在显著差异、形态性状生长速度受温度及生长阶段共同调控等现象。提出了根据壳宽及闭壳肌生长适时收获,及把快速生长期安排在水温最适合生长的季节以最大程度挖掘生长潜能的新观点。研究结果可为墨西哥湾扇贝养殖生态研究、选择育种及养殖生产提供理论指导。

关键词:墨西哥湾扇贝;形态;Logistic生长模型;生长参数

中图分类号:S 968.3

文献标识码:A

Morphological growth of cultured *Argopecten irradians concentricus* Say in Beibu bay in Zhanjiang

LIU Zhi-gang, WANG Hui, FU Shi-wei

(Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China)

Abstract: *Argopecten irradians concentricus* Say, introduced from America, has been extensively cultured in recent years in Beibu bay in Zhanjiang, but the research about its morphological growth is not found to have been reported, this makes the culture of *Argopecten irradians concentricus* Say lack of the guiding of relevant theory. The morphological growth of Mexican bay scallop (*Argopecten irradians concentricus* Say) in Zhanjiang Beibu bay sea area was investigated in this paper by using model fitting procedure under such

收稿日期:2006-12-15

资助项目:广东省科技厅(2005B26001079,2006B20201055);黑龙江省博士后基金资助项目(LRB04-128)

作者简介:刘志刚(1963-),男,广东潮州人,副教授,从事贝类生态、育种、养殖研究。Tel:0759-2230818,13802828213, E-mail:liuzg@gdou.edu.cn

通讯作者:王辉, Tel:0759-2362572, E-mail:whh524@sina.com

conditions as seawater temperature ranging from 18.2 °C to 30.8 °C, salinity ranging from 27.8 to 30.4, limpidity ranging from 1.5 m to 5.7 m, water depth at 9.7 m, average planktonic plant cell abundance at $4.3 \times 10^4 \text{ cell} \cdot \text{L}^{-1}$ and the autumn-winter-spring culture mode in which the time span of the investigation was exactly equivalent to one culture cycle of Mexican bay scallop. Results showed that the growth of morphological traits of Mexican bay scallop conformed to Logistic model, with squared multiple correlation coefficient R^2 all exceeding 0.98 ($P < 0.001$) and root mean square error (RMSE) averaging out at 0.897. All Logistic models of varying morphological traits were statistically significant (ANOVA, $P < 0.001$). Growth parameters contained in Logistic model, estimated by Levenberg-Marquardt iteration method, could be employed in establishing the growth equations of varying traits of interest. Growth limits and confidence intervals of varying morphological traits of Mexican bay scallop in Zhanjiang sea area were, shell length 53.8 mm, shell height 54.6 mm, shell breadth 27.1 mm, hinge length 28.4 mm, adductor length 26.1 mm, adductor diameter 16.2 mm, respectively; the fastest growth intervals and growth inflection points of varying morphological traits were, shell length 1.5–5.7 months and 3.6 months, shell height 1.4–5.9 months and 3.6 months, shell breadth 2–6.4 months and 4.2 months, hinge length 0.7–4.8 months and 2.8 months, adductor length 1.9–6.5 months and 4.2 months, adductor diameter 1.6–5.5 months and 3.5 months, respectively. Growth delay with shell width and adductor length took place. In terms of the absolute growth rate, there was this sequence, viz., shell length > shell height > shell breadth > adductor length > adductor diameter, the relative growth rate were different among traits of interest and gradually tended to 0. It was found in the study that delay of the growth of shell width and adductor length traits occurred, there existed significant difference in terms of morphological growth between varying geographic populations, the growth of morphological traits were controlled by both temperature and growth phase. New viewpoints of opportune harvesting according to the growth of shell width and adductor length traits and of arranging the fast growth period into most favorable season so as to maxically harness growth potential were proposed. Results obtained can serve as theoretical guidelines for predictions of future changes in culture ecology, selection breeding and production of Mexican bay scallop.

Key words: *Argopecten irradians concentricus* Say; morphology; Logistic growth model; growth parameter

墨西哥湾扇贝 (*Argopecten irradians concentricus* Say) 以其生长快、鲜肉柱率高、经济价值大而在湛江北部湾海域得到迅速推广养殖。该贝自上个世纪 90 年代初引入我国以来,其研究主要集中在生态、育苗和养殖技术方面^[1-5]。在生长方面,陆彤霞等^[6]研究了浙江海域墨西哥湾扇贝的生长规律,给出了浮游期、中间暂养期和养成期间形态性状间的回归关系;从其它贝类生长的研究看,石琼和陈舜华^[7]探讨了翡翠贻贝 (*Perna viridis*) 体长与体重间指数型回归关系;凌高等^[8]研究了背瘤丽蚌 (*Lamprotula leai*) 各壳长、壳高和壳宽与体重间的关系,拟合了各性状随年龄的变化关系;Liu 等^[9]研究了海湾扇贝 (*Argopecten irradians*) 数量性状间的相关,并建立了形态性状与体重间的多元线性回归方程;Peharda 等^[10]研究了亚得里亚海方形蚌 (*Arca noae* L.) 的生长与

年龄的关系;Lee 等^[11]研究了淡水珍珠蚌 (*Margaritifera margaritifera* L.) 的生长规律,建立了生长模型并详细描述了生长特征;金启增等^[12]研究了华贵栉孔扇贝综合生长模型。但关于墨西哥湾扇贝形态增长规律的研究,目前国内外尚未见报道。本文拟对此进行深入研究,旨在揭示该贝各形态性状增长规律,为该贝养殖生态研究、选择育种及养殖生产提供理论指导。

1 材料和方法

1.1 墨西哥湾扇贝生长试验海区

用于进行形态参数测量的墨西哥湾扇贝来源于 1991 年从美国佛罗里达州引进的墨西哥湾扇贝的后代。2005 年 10 月 20 日把同一批次培育的出池稚贝 (壳长 0.98 mm, 壳高 1.03 mm, 体重 0.86 mg) 从广东省遂溪县草潭镇银浪公司水产

种苗场转移至湛江市遂溪县江洪镇扇贝养殖区银浪扇贝养殖基地进行海上过渡。该区养殖面积达 $1\ 700\ \text{hm}^2$, 养殖密度为 $24 \times 10^4\ \text{ind} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。本批稚贝养殖于该区的中心区域(坐标 $21^\circ 03' 22''\text{N}$, $109^\circ 40' 00''\text{E}$), 离岸 5 km。该区域水深平均 9.7 m, 养殖期间(2005 年 10 月 20 日至 2006 年 7 月 25 日)透明度 1.5 ~ 5.7 m, 盐度 27.8 ~ 30.4, 水温 $18.2 \sim 30.8^\circ\text{C}$, pH 值 8.0 ~ 8.3。浮游植物细胞丰度在养殖期间根据本研究调查平均为 $4.3 \times 10^4\ \text{L}^{-1}$ ($1.3 \times 10^4 \sim 7.8 \times 10^4\ \text{L}^{-1}$)。

1.2 墨西哥湾扇贝养殖试验季节与密度

本海域墨西哥湾扇贝养殖季节为“秋冬春”三季, 养殖流程为秋季投苗(投苗期为 10 月中旬至 11 月中旬)标粗, 冬季中培, 春季养成, 7 月份收获。具体操作是, 出池墨西哥湾扇贝稚贝初期采用规格 $30\ \text{cm} \times 50\ \text{cm}$ 的 60 目网袋, 密度为每袋 5 000 粒, 长至 3 mm 时改换同规格 40 目网袋, 密度为每袋 2 000 粒, 长至 5 mm 时进入同规格 20 目网袋, 密度为每袋 600 粒, 长至 10 mm 左右时转入 10 层小板(直径 28 cm 塑料盘)小孔(盘孔径 0.5 cm)笼套网(网孔 0.8 cm)进行中培, 密度按每层 120 粒, 长至 30 mm 左右时进入 10 层小板大孔(盘孔径 1.0 cm)养成笼(网孔 2.5 cm)进行养成, 密度按每层 40 粒, 直至收获。全程采用扇贝养殖专用浮子延绳筏, 并按该海区平均养殖密度及吊养深度(第 1 层离水面 1.5 m, 第 10 层离水面 3.0 m)进行养殖, 养殖方法同扇贝常规养殖方法。

1.3 数据测量方法

对墨西哥湾扇贝 6 个形态性状进行逐月测量, 6 个性状分别为壳长(*SL*)、壳高(*SH*)、壳宽(*SB*)、铰合线长(*HL*)、闭壳肌长(*AL*)、闭壳肌直径(*AD*)。测量工具为游标卡尺(精度 $\pm 0.02\ \text{mm}$)。测量 *AL* 时把闭壳肌平放, 测量其轴心距离即为 *AL*; 测量 *AD* 时把闭壳肌自然竖放, 测量其长短径求平均值即为 *AD*。形态测量时期自 2005 年 10 月 28 日起(壳长 3.32 mm, 壳高 3.99 mm, 体重 64.2 mg)至 2006 年 7 月 25 日止, 为期 270 d(9 个月), 为墨西哥湾扇贝的一个养殖周期。测量数据以平均数 \pm 标准差($\text{mean} \pm \text{S. D.}$)表示。

每次测量时, 从上述同一批种苗来源的养殖群体中随机抽取 30 个网袋、中培笼或养成笼, 把扇贝倒出进行混合, 再从中随机抽取 50 只扇贝,

清除壳表附着物及淤泥, 再进行各形态性状测量。对抽样群体每月调整 1 次养殖密度, 避免因死亡而导致生长不均衡。前后两次测量时间间隔为 30 d, 个别点稍偏 30 d 时以内插法矫正。

1.4 形态生长规律

采用 Logistic 生长模型拟合墨西哥湾扇贝以上各形态性状的生长规律^[13-14]。其形式为:

$$y = \frac{B}{1 + ae^{-kt}}$$

式中, y (mm) 为拟合的形态性状在时间 t (月) 的值, 参数 B (mm) 为该形态性状的生长极限, 参数 a 经变换 ($\ln a/k$) 后可转化为该形态性状达到最速生长状态时所需的时间, 参数 k 为该形态性状的最大可能生长速率, e 为欧拉常数。

1.5 生长参数估计方法

使用 Statistica 6.0 统计软件处理各性状的数据。使用 Levenberg-Marquardt 迭代法^[15-16]估计以上 Logistic 生长模型中的 3 个参数, 迭代精度设为 10^{-6} , 即当各待估参数前后两次迭代结果的相对误差与误差平方和的相对误差都小于 10^{-6} 时, 迭代运算结束, 以收敛的结果作为参数的最终估计值。根据迭代运算要求按经验及该贝实际生长情况, 各参数的初值均预设设为 $B = 50$, $a = 25$, $k = 0.8$ 。

2 结果与分析

2.1 墨西哥湾扇贝各形态性状的生长规律

使用 Logistic 模型拟合不同形态性状时各参数估计值与模型拟合精度列于表 1 中。模型精度以根均方误差(root mean square error, *RMSE*)和复相关系数 R^2 表示, 拟合模型以 ANOVA 进行统计检验。从 *RMSE* 与 R^2 看, Logistic 模型的拟合精度非常高, R^2 都在 0.98 以上 ($P < 0.001$), *RMSE* 也很小, ANOVA 检验的 F 值都具有统计学意义 ($P < 0.001$), 说明墨西哥湾扇贝各形态性状增长过程遵循 Logistic 生长模型(图 1-图 3), 并可通过表 1 各参数的代入而得到各性状的生长方程。

2.2 各形态性状的快速生长区间与生长拐点

在使用建立的生长模型描述和分析生长特征时, 还需要确定生长拐点及快速生长区间(表 2)。整个生长过程中生长速率最大值点即是生长曲线的拐点, 就 Logistic 模型而言, 其生长拐点的坐标

为 $(\ln a/k, B/2)$ 。在生长拐点上侧有一个生长从快速生长转入缓慢生长的分界点,拐点上侧还有一个从缓慢生长转入快速生长的分界点(图1-图3),这两个分界点就是快速生长区间的起止点,可通过求解生长模型的二阶导数得到^[14-15]。从表2可见,SL、SH、AD等3个性状的始速点在

1.5个月左右即达到,而SB、AL两个性状延缓了0.5个月左右,相应地,后两个性状的生长拐点及终速点也比前3个性状延缓了0.6个月左右,这意味着当SL、SH生长进入停滞期时,壳宽SB及闭壳肌长AL仍能继续生长一段时间,这是一种生长延缓现象。

表1 Logistic模型生长参数估计与拟合
Tab.1 Parameter estimates and fitting of the Logistic model

性状 trait	参数 parameter	估计 estimate	标准误 standard error	95% 置信区间		根均方误差 RMSE	复相关系数 R^2 multiple correlation coefficient	模型 F 值 model F value	Sig.
				95% confidence interval					
				下限 lower bound	上限 upper bound				
SL	B	53.801	1.301	50.725	56.877	1.264	0.996	2635.855	$P < 0.001$
	a	9.376	1.085	6.811	11.942				
	k	0.621	0.040	0.526	0.717				
SH	B	54.570	1.388	51.288	57.853	1.225	0.996	2809.276	$P < 0.001$
	a	8.246	0.851	6.234	10.257				
	k	0.581	0.037	0.492	0.669				
SB	B	27.709	0.824	25.761	29.657	0.657	0.996	2236.780	$P < 0.001$
	a	12.696	1.641	8.815	16.576				
	k	0.605	0.041	0.508	0.703				
HL	B	28.366	0.616	26.909	29.822	0.751	0.995	2474.617	$P < 0.001$
	a	5.973	0.679	4.366	7.579				
	k	0.644	0.047	0.534	0.754				
AL	B	26.089	1.435	22.697	29.482	1.078	0.988	729.958	$P < 0.001$
	a	11.551	2.477	5.693	17.408				
	k	0.581	0.071	0.414	0.748				
AD	B	16.235	0.370	15.359	17.110	0.405	0.996	2429.628	$P < 0.001$
	a	10.878	1.449	7.453	14.304				
	k	0.676	0.045	0.569	0.783				

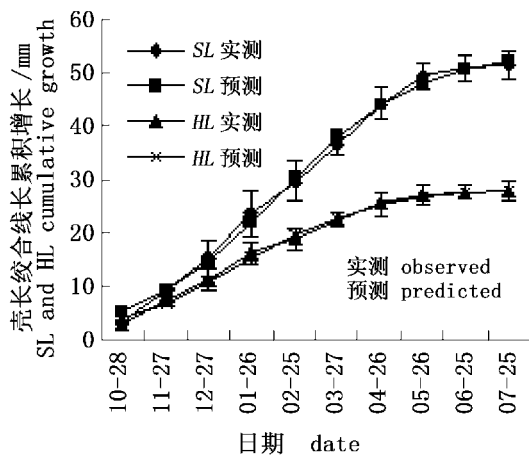


图1 壳长铰合线长累积增长与贝龄关系
Fig.1 Relationship between cumulative growth of SL/HL and age

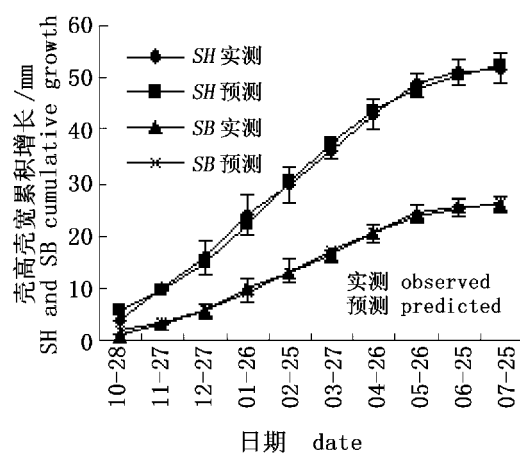


图2 壳高壳宽累积增长与贝龄关系
Fig.2 Relationship between cumulative growth of SH/SB and age

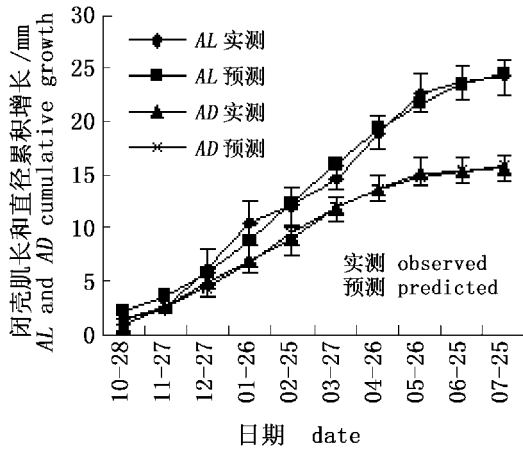


图3 闭壳肌长和直径累积增长与贝龄关系
Fig. 3 Relationship between cumulative growth of AL/AD and age

表2 形态性状快速生长区间和生长拐点

Tab.2 Fastest growth interval and growth inflection point of morphological traits of interest

性状 trait	快速生长区间(时间, month/相应性状值, mm) fastest growth interval (time, month/corresponding trait value, mm)		
	始速点 starting point	生长拐点 inflection point	终速点 ending point
SL	1.483/11.367	3.604/26.900	5.725/42.432
SH	1.364/11.529	3.631/27.283	5.898/43.038
SB	2.024/5.856	4.200/13.853	6.377/21.853
HL	0.730/5.994	2.775/14.182	4.820/22.371
AL	1.945/5.514	4.211/13.043	6.478/20.576
AD	1.583/3.432	3.531/8.118	5.479/12.804

2.3 各形态性状的绝对和相对增长速度

图4和图5分别给出了各形态性状的绝对和相对增长速度。通过求解生长模型的一阶导数得到各性状关于时间的绝对增长速度 ($\text{mm} \cdot \text{month}^{-1}$), 将绝对增长速度除以相应时间点的性状值得到相对增长速度^[14] ($\text{mm} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{month}^{-1}$)。从图4可见, 各性状的绝对增长速度在初期较低, 中期达到峰值, 此后不同程度地下降, 9个月后仍有小幅增长。达到峰值的时间互有差异, 如: HL接近3个月, SL、SH、AD为3.5个月左右, SB及AL为4个月, 这与表2中给出的生长拐点时间基本一致。由于生长极限B值相差较大(表1), 各性状的绝对增长速度也不同, 按大小顺次为: $SL > SH > SB > AL > AD$, HL在前期快于SB和AL, 后期则相反。从图5可见, 各性状的相对增长速度在养殖初期最大, 然后以曲线方式

下降, 终期接近于0, 表明其增长进入停滞期。AD和AL的相对增长速度在前2个月内降幅最大, 其后与其它性状大致保持同步下降。

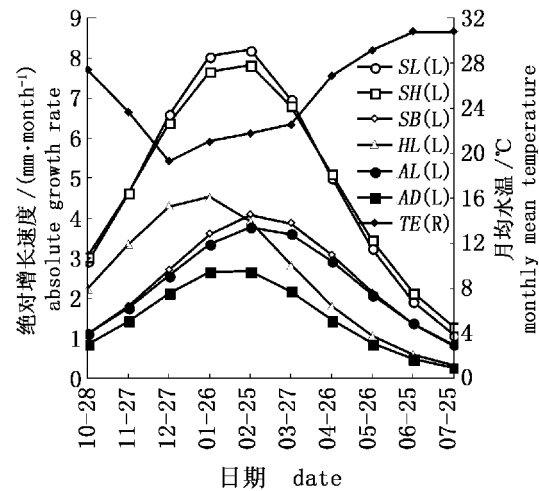


图4 各形态性状的绝对增长速度与贝龄关系
Fig. 4 Relationship between absolute growth rate of morphological traits and age

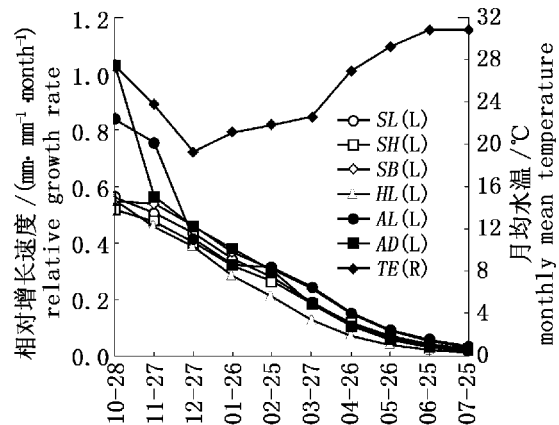


图5 各形态性状的相对增长速度与贝月龄的关系
Fig. 5 Relationship between relative growth rate of morphological traits and age

3 讨论

3.1 不同地理种群墨西哥湾扇贝形态增长差异

陆彤霞等^[6]报道, 浙江海域墨西哥湾扇贝养殖5个月后平均壳高为53.2 mm、壳长为54.8 mm、壳宽为32.6 mm, 而湛江北部湾海域养殖墨西哥湾扇贝各形态性状生长极限分别为壳高54.6 mm、壳长53.8 mm、壳宽27.1 mm。可以看出, 前者壳宽比较大, 壳宽/壳高比(0.613)明显比后者(0.496)高。这可能与两地墨西哥湾扇贝来自不同地理种群有关, 浙江墨西哥湾扇贝于1998年

引自美国北卡罗莱那州,为北方种群;湛江墨西哥湾扇贝于1991年引自美国佛罗里达州,为南方种群。但也不能排除两地因海域、养殖季节、环境条件差异或两种群引进后所产生的退化程度不同而带来的影响。需进一步做两个种群同一养殖海区生长模型比较,以揭示壳宽增长与不同地理种群、养殖季节、环境条件及退化程度之间的关系,从而挖掘壳宽增长潜力,以提高闭壳肌出产率。

3.2 墨西哥湾扇贝壳宽及闭壳肌长的生长延缓现象

从墨西哥湾扇贝各形态性状的快速生长区间与生长拐点看,各性状存在一定差异,就快速生长区间而言, HL 为0.73~4.82个月; SL 、 SH 、 AD 分别为1.48~5.73个月、1.36~5.90个月、1.58~5.48个月;而 SB 、 AL 则为2.02~6.38个月、1.95~6.48个月。相比之下, HL 快速生长区间提前, SB 、 AL 则延缓。就生长拐点而言, HL 最早达到,为2.78个月,其次是 SL 、 SH 、 AD ,分别为3.60个月、3.63个月和3.53个月,最后是 SB 及 AL ,分别为4.20个月和4.21个月,这一结果同样体现了 HL 的生长提前和 SB 、 AL 的生长延缓。 SB 和 AL 的生长延缓具有重要的生物学意义和生产意义。大部分贝类在环境条件恶劣或衰退期时,壳长及壳高均出现生长下降或停滞,贝壳在壳缘增厚而形成生长轮纹,壳缘增厚导致壳宽加大、闭壳肌相应延长,壳内容积相应拓宽,软体部得以快速增长。这与蔡英亚等^[17]提出的“贝壳与软体部的生长时间和速度并不一致”及“栉孔扇贝在一年半以后贝壳的生长速度变慢,但是作为干贝原料的闭壳肌重量的增加仍相当快。”的结论一致,也与实际生产中在临近收获期时贝壳只长宽而基本不长高的现象相一致,它有助于提高闭壳肌的出产率,有利于养殖生产。因此,对贝类的生长规律的研究,必须考虑贝壳性状和软体性状间的相互关系,这对指导经济贝类适时收获具有重要意义。如本研究在养殖生产中提出了适时收获以壳宽及闭壳肌生长为主要依据的新观点,纠正了以壳高为主的传统做法,提高了养殖经济效益。

3.3 水温对 Logistic 生长模型的影响

本课题的另一项研究(待发表)表明,墨西哥湾扇贝最适生长水温为24.0~28.0℃,适宜生长水温为11.2~31.1℃。尤仲杰等^[18]的研究认为墨西哥湾扇贝稚贝的适宜生长温度为15~33℃,

最适生长温度为25~30℃。而从图4看,环境水温对绝对增长速度的影响与上述水温对生长的影响并不吻合,如壳长、壳高、闭壳肌直径瞬时增长速度在2月份达到最大,所对应的水温为21.1~21.8℃,壳宽、闭壳肌长在3月份也达到最大,所对应的水温为21.8~22.6℃,铰合线长在1月份达到最大,所对应的水温为19.3~21.1℃,这些温度都落在适宜生长温度范围内,但不在最适生长范围内。这就说明,墨西哥湾扇贝的生长速度不仅与温度有关,而且受其所处生长阶段的影响,图4很好说明了这一点,这与贝类自身生长规律“缓慢-快速-缓慢”有关^[17]。仅当生长阶段相同时,才能考察不同温度与长速之间的关系。水温可以改变该模型的生长参数,如当给墨西哥湾扇贝各生长阶段提供最适生长温度时,绝对增长速度将全面提高并导致生长拐点提前,快速生长区间起止点提早,其生长接近极限所需的时间将缩短,“S”型生长曲线将变陡。从此也可推断,随着不同养殖季节或不同养殖海区温度间的差异,模型生长参数也将发生改变。生产上,应把快速生长期安排在水温最适合生长的季节并提供最优的养殖环境以最大程度挖掘养殖对象的生长潜能,最大程度提高养殖效益,这一观点与金启增等^[12]在华贵栉孔扇贝综合生长模型研究中所提出的观点一致。

3.4 Logistic 模型的合理性及其生长参数在养殖生产中的指导意义

本文对墨西哥湾扇贝一个养殖周期(壳长3.2 mm~54 mm)的形态增长规律作了研究。结果表明,使用 Logistic 生长模型描述该周期的形态增长具有极高的拟合精度,根据该模型估计各形态性状的快速生长期及其它各参数都与实测数据相符。这一结果不但与该贝的生长特性有关,而且与本研究养殖周期基本代表了该贝附着以后主要的生命阶段有关。因为该贝附着时的壳长约0.23 mm,长至本研究开始测量的3.22 mm时只需要30 d左右,而本研究养殖周期结束时该贝壳长约54 mm,生产中此期若不收获,将出现大量死亡,说明此期已临近该贝的生命终点。所以,用 Logistic 模型描述该贝一个养殖周期的形态增长规律是恰当的。该生长模型的建立为墨西哥湾扇贝的养殖提供了一些具有理论指导意义的参数,如平均生长极限(B)、生长拐点($\ln a/k, B/2$)、快

速生长区间起止点(t_s, y_s)和(t_f, y_f)等。

Logistic 生长模型的 3 个生长参数在选择育种方面也具有指导意义。这些参数是在特定条件下通过 Levenberg-Marquard 迭代法^[15-16]求出的,这里所指的特定条件包括遗传背景及其与环境的互动。在基因效应相同情况下,生物将随环境而调节其生长,这些环境条件包括水温、饵料、盐度、混浊度、潮流及养殖方法等。当环境条件及养殖方法相同时,生物的生长由其基因所控制,此时可对表现出多态性的群体进行个体选育,对其子一代 3 个生长参数进行分析比较,从中选取具有最大生长极限的个体进行家系纯化培育,最终获得大个体品系用于生产。此外,3 个生长参数还可作为新品系种质鉴定的标准之一。

参考文献:

- [1] 尤仲杰,陆彤霞,马 斌,等.几种环境因子对墨西哥湾扇贝幼虫和稚贝生长与存活的影响[J].热带海洋学报,2003,22(3):22-29.
- [2] 杨红生,张 涛,王 萍,等.温度对墨西哥湾扇贝耗氧率及排泄率的影响[J].海洋学报,1998,20(4):91-95.
- [3] 尤仲杰,陈清建,马 斌.墨西哥湾扇贝东海海域人工育苗规模化试验[J].海洋科学,2001,25(2):18-19.
- [4] 何义朝,张福绥.墨西哥湾扇贝稚贝对盐度的耐受力[J].海洋学报,1999,21(4):87-91.
- [5] 尤仲杰.墨西哥湾扇贝室内人工育苗及中间培育技术[J].齐鲁渔业,2004,21(2):7-8.
- [6] 陆彤霞,尤仲杰,陈清建.浙江海域墨西哥湾扇贝生长的研究[J].宁波大学学报(理工版),2003,16(2):131-135.
- [7] 石 琼,陈舜华.翡翠贻贝壳长与体重关系的研究[J].生态科学,1996(1):48-51.
- [8] 凌 高,吴小平,欧阳珊,等.背瘤丽蛙(*Lamprotula leai* Gray)的年龄与生长[J].南昌大学学报(理科版),2005,25(5):497-499.
- [9] Liu B Z, Liang Y B, Liu X L, et al. Quantitative traits correlative analysis and growth comparison among different populations of bay scallop, *Argopecten irradians* [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2004, 23 (3) :533-540.
- [10] Peharda M, Christopher A R, Vladimir O, et al. Age and growth of the bivalve *Arca noae* L. in the Croatian Adriatic Sea [J]. Journal of Molluscan Studies, 2002(68) :307-310.
- [11] Lee C H, Mark R Y, Philip J B. Growth characteristics of freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* (L.) [J]. Freshwater Biology, 2000(43) :243-256.
- [12] 金启增,练健生,郭澄联,等.华贵栉孔扇贝综合生长模型[M]//华贵栉孔扇贝育苗与养殖生物学.北京:科学出版社,1996:99-105.
- [13] Wu R L, Ma C X, Littel R C, et al. A logistic mixture model for characterizing genetic determinants causing differentiation in growth trajectories [J]. Genet Res, 2002, 79(3) :235-245.
- [14] Darmani K H, Kebreab E, Lopez S, et al. An evaluation of different growth functions for describing the profile of live weight with time (age) in meat and egg strains of chicken [J]. Poult Sci, 2003(82) :1536-1543.
- [15] Hair J F, Anderson R E, Tatham R L, et al. Multivariate data analysis [M]. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1998:232-238.
- [16] 王莽莽,李典谟.用麦夸方法最优拟合 Logistic 曲线[J].生态学报,1986,6(2):142-147.
- [17] 蔡英亚,张 英,魏若飞.贝类学概论(修订版)[M].上海:上海科学技术出版社,1995:189-191.
- [18] 尤仲杰,陆彤霞,马 斌,等.温度对墨西哥湾扇贝幼虫和稚贝生长与存活的影响[J].水产科学,2003,22(1):8-10.