

湛江北部湾海域养殖墨西哥湾扇贝 重量性状增长规律的研究

王 辉, 刘志刚, 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湛江北部湾海域养殖墨西哥湾扇贝 *Argopecten irradians concentricus* 一个养殖周期的重量增长规律。结果表明, 墨西哥湾扇贝各重量性状增长过程遵循 Logistic 生长模型。通过 Levenberg-Marquardt 迭代法求出模型中 3 个生长参数, 建立了各性状生长方程, 并得出各重量性状的生长极限值为体重 28.29g、壳重 17.27g、生殖腺重 0.44g、软体部重 11.21g、闭壳肌重 5.35g; 各重量性状的生长拐点分别为体重 5.86 个月、壳重 6.11 个月、生殖腺重 5.01 个月、软体部重 5.55 个月、闭壳肌重 5.86 个月, 其中生殖腺重出现增长提前、壳重出现增长延缓现象; 各重量性状的绝对增长速度为体重 > 壳重 > 软体部重 > 闭壳肌重 > 生殖腺重; 重量性状相对于形态性状出现生长延缓现象。

关键词: 墨西哥湾扇贝 *Argopecten irradians concentricus*; 重量; Logistic 生长模型; 生长参数

中图分类号: S917 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-5470(2007)05-0053-07

Studies on growth of weight traits of cultured *Argopecten irradians concentricus* in Zhanjiang sea area

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

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

Abstract: The growth of weight traits within one culture cycle of cultured *Argopecten irradians concentricus* in the Zhanjiang sea area was investigated using model fitting procedure. The results showed that the growth of weight traits of the scallop conformed to the Logistic model. Three growth parameters of the Logistic model were estimated by Levenberg-Marquardt iteration method, and were employed to establish the growth equation of each weight trait. The growth limits of the weight traits of the scallop were 28.29g for wet weight, 17.27g for shell weight, 0.44g for gonadal weight, 11.21g for tissue weight, and 5.35g for adductor weight, respectively. The growth inflection points of the weight traits were 5.86 months for wet weight, 6.11 months for shell weight, 5.01 months for gonadal weight, 5.55 months for tissue weight, and 5.86 months for adductor weight, respectively. The growth of gonad weight appeared ahead of time, while the growth of shell weight was delayed. The absolute growth rates of the weight traits were in the order of wet weight, shell weight, tissue weight, adductor weight, and gonadal weight from high to low, showing a delay compared with the morphological traits.

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

墨西哥湾扇贝 *Argopecten irradians concentricus* 以其生长快、鲜肉柱率高、经济价值大而在北部湾得到迅速推广, 并取得大面积养殖的成功^[1], 截至 2006 年 8 月, 累计推广面积达 7 380hm², 目

前发展势头迅猛。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^[2-6]。在生长方面, 陆彤霞等^[7]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

收稿日期: 2007-02-14; 修订日期: 2007-04-16。刘学东编辑

基金项目: 广东省科技厅资助项目(2005B26001079, 2006B20201055)

作者简介: 王 辉(1966—), 男, 内蒙古通辽市人, 副教授, 从事水产经济动物遗传育种科研与教学。

通讯作者: 刘志刚。E-mail: liuzg@gdou.edu.cn

间暂养期和养成期形态性状间的回归关系。从其它贝类生长的研究看,石琼等^[8]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^[9]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^[10]研究了海湾扇贝 *Argopecten irradians* 数量性状间的关系,并建立了形态性状与体重间的多元线性回归方程;Peharda 等^[11]研究了亚得里亚海双壳贝方形蚶 *Arca noae* 生长与年龄的关系;Lee 等^[12]研究了淡水珍珠蚌 *Margaritifera margaritifera* 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^[13]研究了华贵栉孔扇贝综合生长模型。

关于墨西哥湾扇贝重量性状增长规律的研究,目前国内外研究报道尚少,本文拟对此进行深入研究,旨在揭示该贝各重量性状的生长规律,为该品种的选择育种、生态研究提供参考,为养殖生产预测各经济性性状未来的变化提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 墨西哥湾扇贝生长试验海区

用于试验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 0.98mm,壳高 1.03mm,体重 0.86mg)转移至广东省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 700hm²,养殖密度为 24 × 10⁴ ind · hm⁻²。本批稚贝养殖于该区的中心区域,离岸 5km。该区域水深平均 9.7m,养殖期间(2005 年 10 月 20 日至 2006 年 7 月 25 日)海水透明度为 3.5—5.7m,盐度为 27.8—32.4,水温为 18.2—30.8℃,pH 为 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 × 10⁴ cells · L⁻¹ (1.3 × 10⁴—7.8 × 10⁴ cells · L⁻¹)。

1.2 墨西哥湾扇贝养殖试验季节及密度

实验海域墨西哥湾扇贝养殖季节为“秋冬春”三季,养殖流程为秋季海上过渡(投苗期为 10 月中旬至 11 月中旬),冬季中培,春季养成,7 月份收获。具体操作是:出池稚贝(0.8—1.0mm)先行海上过渡,初期采用规格 30cm × 50cm 的 60 目网袋,密度为每袋 5 000 粒;长至 3mm 时改换同规格 40 目网袋,密度为每袋 2 000 粒;长至 5mm 时进入同规格 20 目网袋,密度为每袋 600 粒;长至 10mm 左右时转入中培期,采用 10 层小板(直径 28cm 塑

料盘)小孔(盘孔径 0.5cm)笼进行套网(网孔 0.8cm),密度为每层 120 粒;长至 30mm 左右时进入养成期,采用 10 层小板大孔(盘孔径 1.0cm)养成笼(网孔 2.5cm),密度为每层 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进行养殖,吊养水深为 1.5—3.0m,养殖方法同扇贝常规养殖方法^[14]。

1.3 数据测量

墨西哥湾扇贝 5 个性状测量方法分别为:体重(BW)——腹部朝下至不滴水,用纱布吸去壳缘水分称重;壳重(SW)——去除软体部,贝壳洗净抹干称重;软体部重(IW)——去除贝壳,用纱布吸去软体部表面水分称重;鲜软体部出产率(鲜出肉率,IP) = IW/BW × 100%;生殖腺重(GW)——沿足基部与铰合线平行切下生殖腺,用纱布吸去表面水分称重;闭壳肌重(AW)——从软体部中分离出闭壳肌,用纱布吸去表面水分称重;鲜闭壳肌出产率(鲜出柱率,AP) = AW/BW × 100%。每次测量均随机抽取 30 个贝笼,将其中扇贝混合均匀后随机抽取 50 只,清除附着物及洗净后,用电子天平(±0.000 1g)对各性状进行称重。稚贝于 2005 年 10 月 20 日下海,测量时间自 10 月 28 日(壳长 3.32mm,壳高 3.99mm,体重 64.2mg)开始,每月测量 1 次,2006 年 7 月 29 日结束,历时 270d(9 个月),接近墨西哥湾扇贝的一个生命周期。前后两次测量时间间隔为 30d,个别点稍偏 30d 时以内插法矫正。

1.4 重量增长模型

本文通过分析确定采用 Logistic 生长模型拟合墨西哥湾扇贝以上各重量性状的生长过程。Logistic 为 3 个生长参数的模型,其公式为: $y = \frac{B}{1 + ae^{-kt}}$, 其中, $y(g)$ 为拟合的重量性状在 t (月)时间的值,参数 $B(g)$ 为该重量性状的生长极限,参数 a 经变换($\ln a/k$)后可转化为该重量性状达到最快生长状态($B/2$)时所需的时间,参数 k 为该重量性状的最大可能生长速率, e 为自然对数的底, t 为时间月。

1.5 生长参数估计

使用 Statistica 6.0 统计软件处理各性状的数据。使用 Levenberg-Marquardt 迭代法估计以上 Logistic 生长模型中的 3 个生长参数,迭代精度设为 10⁻⁵,即当各待估生长参数前后 2 次迭代结果的相对误差与误差平方和的相对误差都小于 10⁻⁵ 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增长

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 墨西哥湾扇贝重量性状增长规律

从表 1 及图 1—3 看，Logistic 生长模型各重量性状预测值与实测值拟合度很高，模型的 RMSE 均非常小，复相关系数 R^2 均大于 0.99， F 值均具有统计学意义 ($p < 0.001$)，说明墨西哥湾扇贝重量性状增长可用 Logistic 生长模型来表达。

根据表 1 各生长参数可得出各重量性状值 y (g) 随时间 t (月) 的生长方程如下：

$$y_{BW} = \frac{28.288}{1 + 181.978e^{-0.888t}}; y_{SW} = \frac{17.272}{1 + 187.266e^{-0.856t}};$$

$$y_{GW} = \frac{0.443}{1 + 107.008e^{-0.933t}}; y_{IW} = \frac{11.206}{1 + 181.008e^{-0.937t}};$$

$$y_{AW} = \frac{5.354}{1 + 915.339e^{-1.163t}}.$$

鲜出肉率与鲜出柱率随月龄而变化，鲜出肉率在 4 月龄最大，达 52.03%，以后逐渐下降至 9 月龄的 39.86%；鲜出柱率则由 1 月龄的 2.74% 逐渐上升至 9 月龄的 19.72% (图 4)。

表 1 生长参数估计与模型拟合结果

Tab 1 Parameter estimates and fitting results of Logistic model to data

性状	参数	估计	标准误差	95%置信区间		均方根误差	复相关系数 R^2	模型 F 值	p
				下限	上限				
BW	B	28.288	0.876	26.217	30.359	0.597	0.997	1 943.668	< 0.001
	a	181.978	54.386	53.374	310.581				
	k	0.888	0.061	0.743	1.032				
SW	B	17.272	0.448	16.214	18.331	0.259	0.999	3 468.895	< 0.001
	a	187.266	40.596	91.272	283.261				
	k	0.856	0.044	0.752	0.959				
GW	B	0.443	0.015	0.406	0.479	0.015	0.994	947.399	< 0.001
	a	107.008	44.471	1.851	212.164				
	k	0.933	0.094	0.711	1.155				
IW	B	11.206	0.472	10.090	12.321	0.391	0.994	797.078	< 0.001
	a	181.008	88.066	27.236	389.252				
	k	0.937	0.101	0.698	1.176				
AW	B	5.354	0.120	5.070	5.637	0.110	0.998	2 227.500	< 0.001
	a	915.339	374.796	29.087	1801.591				
	k	1.163	0.076	0.982	1.343				

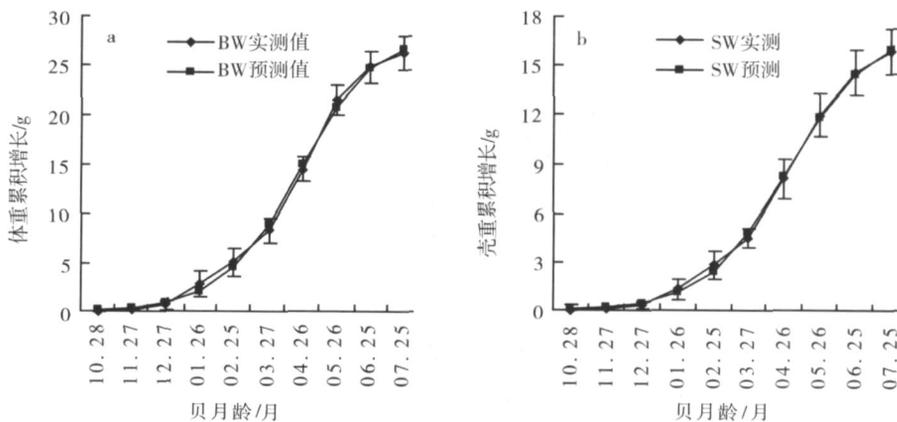


图 1 体重(a)、壳重(b)累积增长与贝月龄关系

Fig. 1 Relation of cumulative growth of BW (a) and SW (b) to age of scallop

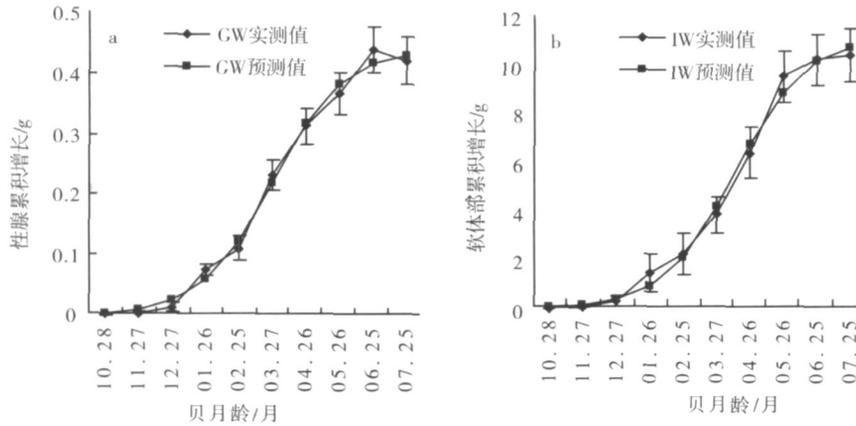


图 2 性腺(a)、软体部(b)累积增长与贝月龄关系

Fig. 2 Relation of cumulative growth of GW (a) and IW (b) to and age of scallop

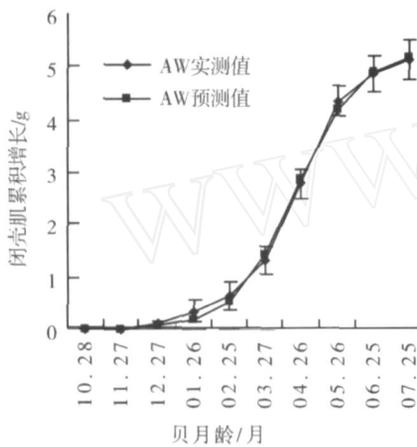


图 3 闭壳肌累积增长与贝月龄关系

Fig. 3 Relationship between cumulative growth of AW and age of scallop

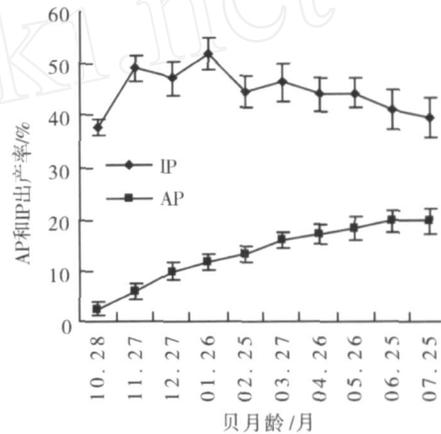


图 4 鲜出肉率和鲜出柱率与贝月龄的关系

Fig. 4 Proportions of fresh tissue and adductor at different monthly ages

2.2 重量性状的快速生长区间及生长拐点

表 2 给出了墨西哥湾扇贝生长过程快速生长区间的起点、止点、生长拐点。从中可见，各性状进入起点时间有明显差异，按快慢排序为 GW > IW > BW > SW > AW，即生殖腺重发育最早，闭壳肌重发育最迟，两者相差近 1 个月；各性状到达生长拐点的时间按快慢排序为 GW > IW > BW > AW > SW，即 GW 最早达到生长峰值，SW 最迟，两者相差 1.1 个月；各性状进入止点时间也有明显差异，按快慢排序为 GW > IW > AW > BW > SW，即 GW 最早结束快速期而进入慢速期，SW 最迟，两者相差 1.3 个月；各性状快速生长区间按长短顺序分别是 SW 为 3.08m、BW 为 2.97m、GW 为 2.82m、IW 为 2.81m、AW 为 2.27m，即 SW 最大，AW 最小，两者相差 0.81 个月。从上述各重量性状进入 3 个时间点的快慢排序看，体重 BW 始终介于 IW 与 SW 之间，这与 BW = IW + SW 有关。

表 2 重量性状快速生长区间及生长拐点

Tab 2 Fast growth intervals and growth inflexion points of weight traits

性状	快速生长区间/ 时间(月) · 相应性状值 g ⁻¹		
	起点/月 · g ⁻¹	生长拐点/月 · g ⁻¹	止点/月 · g ⁻¹
BW	4.377/5.977	5.860/14.144	7.343/22.309
SW	4.574/3.649	6.112/8.636	7.651/13.621
GW	3.597/0.094	5.008/0.222	6.420/0.349
IW	4.142/2.367	5.548/5.603	6.953/8.837
AW	4.731/1.131	5.863/2.677	6.996/4.222

2.3 各重量性状的绝对和相对增长速度

图 5、6 表示了各重量性状的绝对增长速度和相对增长速度，它直接反映了生物体在生长过程中某一时刻的增长值。实验中不同时间点记录的各重量性状值只描述了生物体在该时间点前期内的累积增长，难以比较不同生长阶段及不同性状间生长的差异。各性状绝对增长速度差异明显(图 5)，按大小排序为 BW > SW > IW > AW > GW，这与 BW

的生长极限 B 值最大 (28.288g)，并顺次递减至 GW 的最小 (0.443g) 有关 (表 1)。各性状绝对增长速度峰值出现的时间也有差异，与生长拐点的时间一致，如 GW 为 5 个月，IW 为 5.5 个月，BW、SW、AW 为 6 个月左右，各性状养殖 9 个月时仍有一定程度的增长，但此时相对增长速度已很低 (图 6)。从图 6 可见，各性状相对增长速度的变化趋势较一致，均在开始时最高，并随着时间的推移而逐渐下降，9 个月后趋于 0，生长趋于停止，但各性状的相对增长速度大小有差异，如 AW 的在前 7 个月内保持最大，GW 的在前 5 个月内仅次于 AW，但以后却处于最低，SW 的在前 4 个月内处于最低，7 个月后却处于最高。

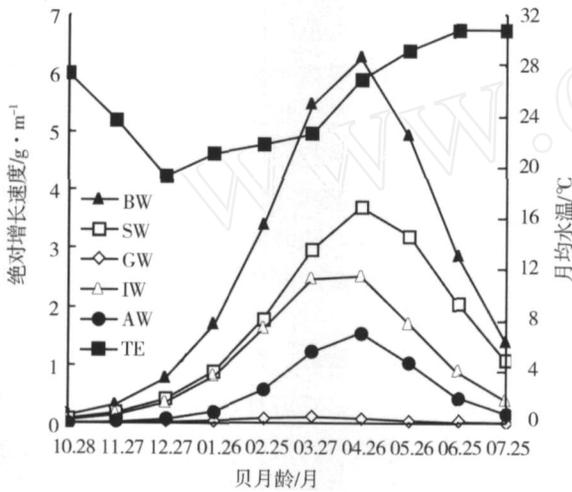


图 5 各重量性状绝对增长速度与贝龄关系

Fig. 5 Relationship between absolute growth rates of weight traits and age of scallop

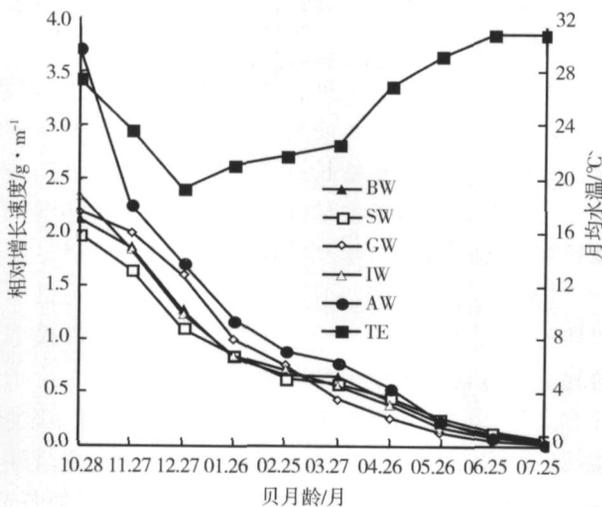


图 6 各重量性状相对增长速度与贝龄关系

Fig. 6 Relationship between relative growth rates of weight traits and age of scallop

3 讨论

3.1 不同种群墨西哥湾扇贝重量增长的差异

湛江北部湾海域墨西哥湾扇贝在水温 18.2—30.8 养殖 9 个月后，各性状平均为壳高 51.76mm、壳长 51.28mm、壳宽 25.93mm、体重 26.22g、软体部重 10.45g、闭壳肌重 (AW) 5.17g，鲜出肉率 (IP) 39.86%，鲜出柱率 (AP) 19.72%。陆彤霞等^[7]报道浙江海域墨西哥湾扇贝在水温 16.2—28.5 养殖 7 个月 (从壳高 0.672mm 出池稚贝计起) 后，各性状平均达到壳高 53.2mm、壳长 54.8mm、壳宽 32.6mm、体重 45.5g，鲜出肉率 32.6%，鲜出柱率 11.35%。可以看出前者无论在形态上或体重上均小于后者，且体重/壳高比 (0.51) 明显比后者的 (0.86) 小，但是，前者的 IP 和 AP 却分别比后者高出 22.3% 和 73.7%，这在生产上至关重要，如前者 AW 为 5.17g，余重 (BW - AW) 为 21.05g，后者为 5.16g，余重为 40.34g，在两者 AW 基本相同情况下，后者余重 (低值副产品) 比前者增加了近 1 倍 (91.6%)，这导致了在养殖密度相同情况下养殖设施及生产成本大大增加。造成上述差异的原因可能与两地墨西哥湾扇贝来自不同地理种群，即浙江墨西哥湾扇贝于 1998 年引自美国北卡罗莱纳州，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，为南方种群有关；也可能与两地海域养殖季节及环境条件差异，或两个种群引进后所产生的退化程度不同或研究方法差异而带来的影响有关。需进一步做两个种群同一养殖海区生长模型比较，以揭示重量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，从而挖掘闭壳肌重量增长潜力，以提高闭壳肌出产率，并为选择育种提供理论依据。

3.2 墨西哥湾扇贝重量性状生长提早或延缓现象的生物学和生产意义

从墨西哥湾扇贝各重量性状的生长参数及相对增长速度看，各性状的增长存在一定差异。首先生殖腺重的快速增长区间起点、生长拐点、止点均比其它性状早。图 6 也说明了生殖腺重性状出现增长提早现象，它反映了墨西哥湾扇贝的性早熟，如实际中出池稚贝下海养殖 5 个月、壳高达 3.0cm 时其性腺已达成熟，而 5 个月正好是生殖腺重的生长拐点。生殖腺早熟对加快后代繁育、缩短世代间隔有利，但繁殖过程消耗大量营养物质对贝体的生长却非常不利，导致养殖对象小型化，生命周期缩短。如何选育生殖腺晚熟品系是贝类育种中值得攻

关的课题。壳重的快速生长区间起点、生长拐点、止点均比其它性状晚(除了 AW 在起点上比其稍晚外),说明壳重的生长比其它性状推迟,该性状出现生长延缓现象。壳重的生长延缓具有重要的生物学意义和生产意义。墨西哥湾扇贝在处于生命周期的快速生长期时,壳高、壳长生长迅速,使其体积得到迅速的膨胀,为软体部的快速增长提供了空间,但 CaCO_3 沉积的滞后使其壳偏薄,壳重的快速增长期相应延缓,到了衰退期时,壳长及壳高生长均出现下降或停滞,此时 CaCO_3 的沉积主要用于增加贝壳的厚度,壳重得到快速的增长,贝壳的机械强度得到加强,软体部得到更好的保护,因此壳重的增长延缓具有重要的生物学意义。这与蔡英亚等^[19]提出的“欧洲猎女神螺(*Trivia europaea*),当体积停止生长之后,贝壳可以继续增加厚度,达到原先 5 倍的重量”及“大珠母贝 3 年可达 16—20cm,以后的生长比较缓慢,几乎只是大量分泌珍珠质,增加其贝壳的厚度”的现象是一致的。壳重的增长延缓导致临近收获的扇贝壳缘增厚,使壳宽加大,闭壳肌相应延长,壳内容积相应拓宽,软体部得以快速增长。这就告诉我们,扇贝的收获日期不能只看壳长、壳高有没有长够,更重要的是看壳宽有没有长够。因此,对贝类生长规律的研究,不但要考虑贝壳的形态性状(本课题待发表文章),而且要考虑贝壳和软体的重量性状,这对指导经济贝类适时收获具有重要意义。

此外,闭壳肌重量的相对增长速度在前 7 个月内是所有性状中最大的,这对闭壳肌重量的快速累积十分有用,这也许就是南方种群墨西哥湾扇贝出柱率(19.72%)明显高于北方种群^[7](11.35%)的缘故,它可以作为两个种群的区别点(图 6)。闭壳肌重量的快速累积具有重要的生物学意义和生产意义,它使扇贝具有更强的开闭壳能力,从而加强对恶劣环境及敌害的抵抗能力,在养殖生产上也大大提高了经济效益。

3.3 水温对 Logistic 生长模型的影响及重量性状相对于形态性状的生长延缓

绝对增长速度在 3 月 27 日至 5 月 26 日两个月内最大(图 5),所对应的环境水温为 23—29。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^[19]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。由此看来,各重量性状的绝对增长速度与环境水温有一定的对应关系,与上述水温对生长的影响基本吻合。但也可能与该贝正处于

生理快速生长阶段的固有生长特性有关。如本课题对该贝形态性状生长规律的研究(待发表)表明,壳长、壳高、闭壳肌直径绝对增长速度在 2 月达到最大,所对应的水温为 21.1—21.8,壳宽、闭壳肌长的在 3 月也达到最大,所对应的水温为 21.8—22.6,铰合线长的在 1 月达到最大,所对应的水温为 19.3—21.1。这些温度区间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受温度的影响,而且受其所处生活阶段的影响,这与贝类自身生长规律“缓慢—快速—缓慢”有关^[19]。仅当生活阶段相同时才能考察不同温度与长速之间的关系。水温不可能改变墨西哥湾扇贝的 Logistic 生长模型,仅当水温落在适宜生长范围之外时才有可能。在适宜生长的水温范围内,水温可以改变该模型的生长参数。如给墨西哥湾扇贝各生活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前移,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。由此也可推断,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。

墨西哥湾扇贝重量性状的绝对增长速度峰期滞后于形态性状,这就是重量性状相对于形态性状的生长延缓。这一现象可用贝类首先通过形态增长拓展其容积,然后再进行重量增长来拓展软体体积及加强贝壳坚固度来解释。这与蔡英亚等^[19]提出的“贝壳与软体部的生长时间和速度并不是一致的”的观点吻合。

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的重量增长作了研究。结果表明,使用 Logistic 生长模型描述墨西哥湾扇贝的重量增长过程不但具有极高的拟合精度,而且根据该模型估计各重量性状的快速增长期及其它各参数都与生产实际基本一致。所以,虽然重量性状各不相同,但将 Logistic 模型作为描述墨西哥湾扇贝重量增长规律是恰当的。该生长模型的建立为墨西哥湾扇贝的养殖提供一些具有理论指导意义的参数,如平均生长极限、生长拐点、快速生长区间起点和止点。在生产上,应在快速生长期内提供最优的养殖环境以最大程度促进养殖对象的生长,这一观点与金启增等^[13]在华贵栉孔扇贝综合生长模型研究中所提出的观点相同。

3.5 Logistic 模型生长参数在选择育种中的指导意义

本研究表明墨西哥湾扇贝各重量性状生长过程

遵循 Logistic 生长模型, 该模型的 3 个生长参数是在特定条件下通过 Levenberg-Marquard 迭代法^[16,17]求出的, 这里所指的特定条件包括本研究墨西哥湾扇贝的遗传背景及其与环境的相互作用。在基因效应相同情况下, 生物将随环境条件的改变而改变其生长参数, 而在环境条件及养殖方法相同情况下, 生物的生长特性由其基因所控制。因此可通过对生长于相同环境及养殖方法中表现出多态性的群体进行个体选择并开展家系育种。对其子一代 3 个生长参数进行分析比较, 从中选取单个或多个性状具有最大生长极限的家系进行固定纯化, 同时选取其它性状具有最大生长极限的家系作为配套进行家系建设, 使家系间杂交具有遗传互补性, 通过家系间杂交产生具有生产意义的杂种优势。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] 孙小真. “墨西哥湾扇贝养殖技术研究及推广”通过省级鉴定[J]. 海洋与渔业, 2006, (3): 4.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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: 48—51.
- [9] 凌 高, 吴小平, 欧阳珊, 等. 背瘤丽蚌(*Lamprotula leai* Gray) 的年龄与生长[J]. 南昌大学学报(理科版), 2005, 25(5): 497—499.
- [10] 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.
- [11] 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 Molluscan Studies, 2002 (68): 307—310.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 王如才, 王昭萍, 张建中. 海水贝类养殖学[M]. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1993: 193—202.
- [15] WU R L, MA G X, MYRONCHANG, et al. A logistic mixture model for characterizing genetic determinants causing differentiation in growth trajectories [J]. Genet Res, 2002, (79): 235—245.
- [16] 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): 1 536—1 543.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.