

# 企鹅珍珠贝(*Pteria penguin*)在海南黎安港的生长特征\*

顾志峰<sup>1,2</sup> 王清印<sup>2</sup> 方建光<sup>2</sup> 石耀华<sup>1</sup> 王 嫣<sup>1</sup> 王爱民<sup>1</sup>

(1. 海南大学海洋学院 热带生物资源教育部重点实验室 海南省热带水生生物技术重点实验室 海口 570228;

2. 农业部海洋渔业资源可持续利用重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071)

**提要** 对海南黎安港的企鹅珍珠贝养殖群体的生长进行了 20 个月的观察, 每月测量其壳高(*SH*)、最大对角线长(*MDL*)、绞合线长(*HL*)和总重(*TW*)四个生长指标, 并用模型  $y = y_{\infty} / (1 + e^{-k(t-a)+d \sin_{\frac{2\pi}{365.25}(t-b)})$  分别拟合这四个指标的生长曲线。结果表明, 三个长度指标中 *MDL* 生长速度最快, 其理论最大值约为 112mm; *HL* 的生长在初期快于 *SH*, 但到养殖实验结束时两者接近, 理论最大值都在 85mm 左右; 总重的增长在实验的前半段非常缓慢, 但到后半段呈加速增长趋势, 其理论最大值约为 115g。企鹅珍珠贝的生长特征表现为初期长度增长迅速, 经过大约一年左右, 长度的增长减缓, 而重量的增长开始加快, 符合双壳贝一般的生长模式。研究也表明, 在海南黎安港, 降雨季节与快速生长季节存在明显的对应关系, 暗示了降雨可能是导致生长出现季节性特征的诱因。

**关键词** 企鹅珍珠贝, 养殖, 海南, 生长

**中图分类号** S968.35

企鹅珍珠贝(*Pteria penguin*)生长于热带、亚热带海区, 养殖于东南亚、澳大利亚和一些太平洋岛国。在我国广西、广东、台湾和海南都有分布, 主产地为海南。企鹅珍珠贝是培育大型优质海水附壳珍珠、像形珍珠的优良贝类(谢玉坎, 1995; 梁飞龙等, 1999; 余祥勇等, 2000)。从 20 世纪 90 年代初开始, 国内相继进行了企鹅珍珠贝人工育苗(梁飞龙等, 1999; 余祥勇等, 2000; 梁飞龙等, 2001a)、母贝养成(符韶等, 2001, 2007; 梁飞龙等, 2001b)和人工培育附壳珍珠(符韶等, 2000; 黄艺兰等, 2005; 2006a, b; 梁飞龙等, 2007)的研究开发, 目前人工培育附壳珍珠的技术日趋成熟, 生产已初具规模。近年来又开始利用企鹅珍珠贝进行人工培育游离珠的研究, 但还处于试验阶段(符韶等, 2007; 毛勇等, 2003a, b, 2004a, b)。企鹅珍

珠贝的养殖已在广东、广西和海南等地展开。

关于企鹅珍珠贝的生长, 国内外报道较少, 仅见于梁飞龙等(2001a)在广东湛江市流沙港对人工育苗的生长观察, 但该研究为为期仅 11 个月, 没能给出企鹅珍珠贝详细的生长模型, 且只记录了高度的生长, 缺乏总重的相关数据。

对于影响双壳贝生长速度的季节性因素, 目前研究主要集中水温(Richardson *et al*, 1982; Bayne *et al*, 1980; Mann, 1979; Sebens, 1982; Gokhale *et al*, 1954; Pandya, 1976; Tomaru *et al*, 2002; Numaguchi, 1994; Kobayashi *et al*, 1949; Miyachi, 1962)、盐度(Pouvreau *et al*, 2000)、食物充沛度(Tomaru *et al*, 2002; Pouvreau *et al*, 2000; Yukihira *et al*, 2006)等水文条件的影响, 但尚未见到降雨、刮风等气候因素对双壳贝生长的影响。气候变化是否有可能导致食物丰度的变化或对贝

\* 科技部国际合作项目, 2009DFA32790 号; 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室开放课题, Shikai 2005-12 号; 海南省热带水生生物技术重点实验室开放基金, SHKYJJ0805 号; 海南省自然科学基金资助, 0108 号。顾志峰, 博士, 副教授, E-mail: zfgu@263.net

通讯作者: 王爱民, 教授, E-mail: aimwang@163.com

收稿日期: 2008-06-11, 收修改稿日期: 2008-08-19

类产生一定的压力从而影响其生长,这一假设尚待证实。就海南岛而言,一般认为其珍珠养殖海域环境优越,水质清澈无污染,浮游生物丰富,盐度稳定,海水温度一般在 20—30 ,为企鹅贝的生长提供了良好的水文条件。但是海南岛特殊的气候条件,尤其是季节性的降雨、刮风以及气温变化是否对企鹅珍珠贝的生长产生影响?这种影响是否有利于企鹅贝的生长?这些尚不得而知。

本研究对海南黎安港的企鹅珍珠贝养殖群体的生长进行了 20 个月的测定,拟合了其生长模型,并记录了期间每天的水温、降雨及风力,探讨气候条件对企鹅贝的生长影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验地点及企鹅珍珠贝来源

实验在海南省陵水县的黎安港进行。黎安港位于北纬 18°22′—18°26′,东经 110°02′—110°04′,是一个不规则的狭长泻湖,东西最长约 4km,南北最宽约 2.8km,仅由一个约 60m 宽的潮汐汊道与外海相通,全年平均风速为(3.9±0.7)m/s,盐度为 31—34。养贝处水深 8.5m 左右,养贝区沉积物主要为泥质,水流流速约 3cm/s。

于 2006 年 4 月 20 日挑选性腺成熟度较好、个体大的雌、雄贝各 20 个进行人工催产。采用常规方法进行苗种培育。2006 年 6 月 17 日清晨,将 53 日龄幼苗连同附苗器从室内池转入海上排架养殖,吊养水深为 3m 左右,每隔 30cm 吊一条附苗器,每条附苗器附苗约 800—1000 个,排架四周及下面用网径 1cm 的网箱围起。当幼贝壳在网箱中生长达 2 个月后,将附苗器转入方笼,每个方笼放置 12 条附苗器,方笼调养在浮绳上,养殖 2 个月后再转入圆笼养殖。以后按常规方法,根据贝苗生长的情况,定期更换网笼和调整养殖密度,检查和清理附着物。

### 1.2 测量

2006 年 9 月—2008 年 4 月,每月随机取 100 个左右贝,清理表面附着物,然后用游标卡尺测定壳高(shell height, *SH*)、最大对角线长(maximum diagonal length, *MDL*)与绞合线长(hinge length, *HL*)(图 1),精确到 1mm,用电子天平称量总重(*TW*),精确到 0.01g。

每天下午三点测量养贝地区的海水温度(精确到 0.1 )。气象资料(包括每天的平均风力和降雨量)由黎安附近的陵水县气象局提供。

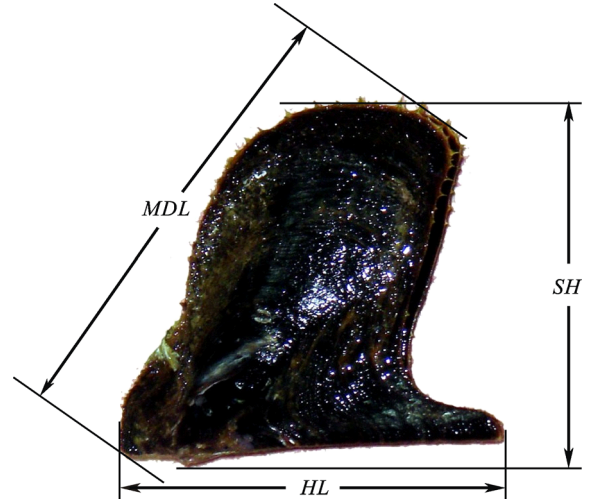


图 1 实验中测量的企鹅贝长度指标  
Fig.1 The shell morphological measurements of *P. penguin*

### 1.3 数据分析

1.3.1 生长模型拟合及生长指标、生长速度计算 *SH*、*MDL*、*HL* 或 *TW*(*y*)与生长时间(*t*)之间的关系参考文献(Pouvreau *et al*, 2000),引入季节性因素,用如下模型拟合:

$$y = y_{\infty} / (1 + e^{-k(t-a)+d \sin \frac{2\pi}{365.25}(t-b)}) \quad (1)$$

式中,*y* 为 *SH*、*MDL*、*HL* 或 *TW* 在 *t* 时间的测量值,*y*<sub>∞</sub> 为拟合值(理论最大值),*t* 为天数,以受精卵孵化的时间为第 1 天。*k* 为生长系数,*d* 为生长波动,*a*、*b* 为调节参数。

根据文献(Munro *et al*, 1983),生长指标 用如下公式计算:

$$= \lg(k) + 2\lg(y_{\infty}) \quad (2)$$

绝对生长速度(Absolute growth rate, *AGR*)用如下公式计算

$$AGR = (y_{t_{n+1}} - y_{t_n}) / (t_{n+1} - t_n) \quad (3)$$

其中,*y* 为 *SH*、*MDL*、*HL* 或 *TW*,*t*<sub>*n*</sub> 为第 *n* 次测量,单位为 d。

1.3.2 测量指标之间的关系 2006 年 9 月—2008 年 4 月期间,共测量 1994 个贝。以 *SH* 为 *x*,*MDL*、*HL*、*TW* 为 *y*,用 Excel 2003 作散点图,用异速生长模型  $y = ax^b$  拟合数据。

## 2 结果

### 2.1 实验期间的水温、风力及降雨量

在测量期间,企鹅贝养殖区的每天最高水温变化范围为 17.5—31 。每年 2 月水温开始持续上升,至 6、7、8 月达到最高值(表 1),接近 30.9 ,平均约

为 29℃, 10 月水温开始下降, 至 1、2 月份降至最低(表 1), 在 18℃ 左右。海水温度变化为渐进的, 很少出现突变, 结果显示前后两天同一时刻的温差较小, 平均在 0.4℃ 左右, 只有在冬天寒潮到来才会偶尔有水温突降, 但日降幅不超过 2.5℃。

养殖地区降雨也是季节分明, 冬春干旱, 夏秋潮湿。在 2007 年 5—10 月期间雨量充沛, 占全年总降雨量的 90%, 尤其是 9、10 月间因为台风影响为降雨最多的月份(表 1), 2006 年 9—10 月间每天平均降雨量达 18.12mm, 而 2007 年平均日降雨量达 26.92mm, 远远超过其它月份。而每年 11 月至来年 4 月则降雨稀少, 有时甚至连续 40—60 天没有任何降雨(表 1)。

该地区全年风力较为平稳(表 1), 只在极端的台风天气有较大的变化, 在实验期间 2006 年、2007 年各有一次台风出现, 都在 10 月份, 最高风力达 7.4 级。其它时间每天平均风力在 1.68—2.91 级之间。

表 1 实验期间的平均水温、风力及降雨量

Tab.1 The average water temperature, wind power (force) and rainfall (mm) over the study period

时间(年.月)	平均水温(℃)	平均风力 (Beaufort Scale)	平均降雨量 (mm)
2006.09	28.14	1.65	10.26
2006.10	27.56	2.47	18.12
2006.12	26.28	2.23	3.49
2007.01	23.98	2.50	2.54
2007.02	20.03	2.26	2.92
2007.03	23.70	1.97	0.82
2007.04	25.99	2.25	0.46
2007.05	26.99	2.01	10.90
2007.06	28.76	1.87	10.97
2007.07	28.45	1.80	14.21
2007.08	28.54	2.19	11.35
2007.09	28.31	1.68	3.38
2007.10	27.36	2.59	26.92
2007.11	25.49	2.91	1.08
2007.12	22.95	2.97	0.53
2008.01	22.46	2.49	1.46
2008.03	19.04	2.60	2.53
2008.04	24.08	2.67	4.46

## 2.2 生长曲线

从生长数据(表 2)看, 整个实验期间(716 天龄), 企鹅珍珠贝的长度、重量指标一直趋于较快的生长状态。其中 MDL 生长最快, 一直领先于 SH 和 HL 长度。SH 的生长最慢。HL 生长处于两者之间, 从 2006 年 9

月至 2007 年 3 月, 其生长与 MDL 平行, 但此后慢于 MDL 的增长, 至 2008 年 3—4 月, HL 的生长被 SH 追赶上, 两者长度都在 84mm 左右。与长度的生长不同的是, 重量在整个实验过程中一直处于加速生长状态。

表 2 企鹅珍珠贝壳高(SH)、最大对角线长(MDL)、绞合线长(HL)及总重(TW)的生长数据

Tab.2 The growth data of shell height (SH), maximum diagonal length (MDL), hinge length (HL) and total weight (TW) of *P. penguin*

时间(年.月)	天数(d)	SH	MDL	HL	TW
2006.09	144	2.80	4.88	4.15	0.01
2006.10	177	6.47	12.69	10.15	0.05
2006.12	233	11.60	21.27	18.58	0.45
2007.01	271	17.39	30.07	28.00	1.02
2007.02	297	22.88	38.27	35.33	2.15
2007.03	328	27.17	43.96	42.03	3.04
2007.04	355	31.29	49.35	46.10	4.51
2007.05	386	34.31	52.36	49.20	6.42
2007.06	418	37.96	58.28	52.42	8.44
2007.07	448	44.37	66.27	57.09	12.34
2007.08	484	52.37	75.59	63.70	21.79
2007.09	515	61.19	85.75	73.64	34.92
2007.10	545	63.90	89.49	74.58	38.54
2007.11	576	68.90	94.62	77.94	50.86
2007.12	606	73.95	102.28	81.23	59.86
2008.01	637	75.86	103.74	81.63	67.33
2008.03	683	83.54	108.87	84.42	85.32
2008.04	716	83.29	110.84	83.61	90.70

## 2.3 生长速度

根据公式(3)计算各测量指标在不同月份的日平均生长速度, 结果见表 3。从长度的生长速度看, 以 2007 年 2 月、2007 年 6 月、2007 年 9 月为界, 总体分为四个阶段, 即加速期(2006 年 9 月—2007 年 2 月), 减速期(2007 年 2—6 月), 加速期(2007 年 6—9 月)和减速期(2007 年 9 月—2008 年 4 月)。从各项测量指标之间来看, MDL 生长速度最快, 在 2007 年 6 月前, HL 居中, 而 SH 生长速度最慢; 但此后 HL 生长速度下降, SH 居中。

TW 生长速度除个别月份外整体都在不断上升, 以 2007 年 6 月为界, 可以分为两个阶段:(1) 缓慢增长期 2006 年 9 月—2007 年 6 月, TW 从 0 增加到 8.44g, 平均日增长率为 0.02g。(2) 快速增长期: 2007 年 6 月—2008 年 4 月, TW 从 8.44g 增加到 90.70g, 平均日增长率为 0.28g。

表3 企鹅珍珠贝壳高(*SH*)、最大对角线长(*MDL*)、绞合线长(*HL*)及总重(*TW*)的绝对生长速度(*AGR*)

Tab.3 Absolute growth rate (*AGR*) of shell height (*SH*), maximum diagonal length (*MDL*), hinge length (*HL*) and total weight (*TW*) of *P. penguin*

时间(年.月)	<i>AGR_SH</i>	<i>AGR_MDL</i>	<i>AGR_HL</i>	<i>AGR_TW</i>
2006.09	0.11	0.24	0.18	0.00
2006.10	0.09	0.15	0.15	0.01
2006.12	0.15	0.23	0.25	0.02
2007.01	0.21	0.32	0.28	0.04
2007.02	0.14	0.18	0.22	0.03
2007.03	0.15	0.20	0.15	0.05
2007.04	0.10	0.10	0.10	0.06
2007.05	0.11	0.19	0.10	0.06
2007.06	0.21	0.27	0.16	0.13
2007.07	0.22	0.26	0.18	0.26
2007.08	0.28	0.33	0.32	0.42
2007.09	0.09	0.12	0.03	0.12
2007.10	0.16	0.17	0.11	0.40
2007.11	0.17	0.26	0.11	0.30
2007.12	0.06	0.05	0.01	0.24
2008.01	0.17	0.11	0.06	0.39
2008.03	-0.01	0.06	-0.02	0.16

#### 2.4 生长模型的拟合

以每月测量的壳高(*SH*)、壳长(*MDL*)、绞合线长(*HL*)、总重(*TW*)的全部数据为变量 *y*, 以生长时间为变量 *x*(以受精时间为第 1 天), 用模型  $y = y_{\infty} / (1 + e^{-k(t-a)+d \sin \frac{2\pi}{365.25}(t-b)})$  拟合生长, 结果如下:

$$SH : y = 85.5 / (1 + e^{-0.01007(t-423)-0.1691 \sin \frac{2\pi}{365.25}(t-199)}), R^2 = 0.9150$$

$$MDL : y = 111.9 / (1 + e^{-0.01018(t-391)-0.2526 \sin \frac{2\pi}{365.25}(t-197)}), R^2 = 0.9162$$

$$HL : y = 84.1 / (1 + e^{-0.01198(t-355)-0.3766 \sin \frac{2\pi}{365.25}(t-190)}), R^2 = 0.8343$$

$$TW : 115.6 / (1 + e^{-0.01325(t-603)-0.1751 \sin \frac{2\pi}{365.25}(t-63)}), R^2 = 0.8049$$

*MDL* 最大估计值为 111.9mm, 其次为 *SH*, 为 85.5mm, *HL* 与 *SH* 估计值接近, 为 84.1mm。 *TW* 估计值为 115.6g。

从 *a* 值看, *SH*、*MDL*、*HL* 三个长度生长拐点分别为 423、391、355 天, 早于 *TW* 的 603 天。

从 *m* 值看, *HL* 最大, 为 0.3766, 而 *SH* 为 0.1691, *MDL* 为 0.2526, 说明三个长度指标中 *HL* 生长的季节性波动最大。

计算生长指标  $\phi$ , *SH* 为 1.87, *MDL* 为 2.11, *HL* 为

1.93, 三个长度指标的生长速度是  $MDL > HL > SH$ 。

#### 2.5 测量指标之间的相互关系

以 *SH* 为 *x*, 其它测量指标为 *y*, 实验期间 1994 个贝的 *SH*、*MDL*、*HL* 和 *TW* 测量值都用简单的异速生长模型  $y = ax^b$  来拟合(图 2)。 *MDL*、*HL*、*TW* 与 *SH* 的关系为:

$$SH \text{ 与 } MDL : y = 2.0586x^{0.9130}, R^2 = 0.9928$$

$$SH \text{ 与 } HL : y = 1.7924x^{0.9034}, R^2 = 0.9739$$

$$SH \text{ 与 } TW : y = 0.0002x^{2.8652}, R^2 = 0.9882$$

整体来看, 决定系数  $R^2$  值都非常大(分别为 0.9928、0.9739、0.9882), 拟合结果非常好。由于 *SH* 与其它性状之间存在非常好的异速生长关系, 因此在企鹅珍珠贝生产中, 可以通过测量 *SH*、*MDL*、*HL* 或 *TW* 任何一个指标的生长情况, 确定其它指标的生长情况。

从图 2 可以看出, 当相同 *SH* 时, *MDL* 大于 *HL*, 这种差距在个体 *SH* 小于 30mm 时较小, 当个体 *SH* 大于 30mm, *MDL* 明显大于 *HL*, 个体越大, 差异越大。

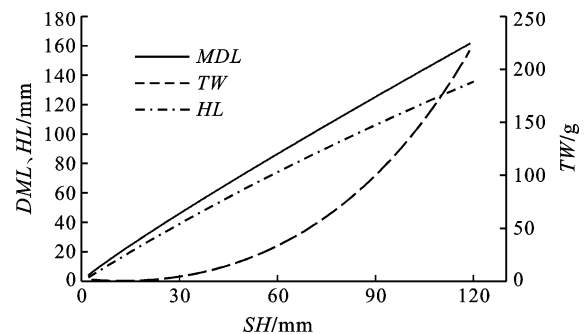


图2 最大对角线长(*MDL*)、绞合线长(*HL*)及总重(*TW*)分别与壳高(*SH*)的关系

Fig.2 The relationships of *MDL* (maximum diagonal length), *HL* (hinge length) and *TW* (total weight) to *SH*

### 3 讨论

贝的生长随着年龄增长而变化, 同时受到水温、饵料等环境条件的影响, 在养殖条件下, 养殖方式、养殖密度也会影响贝的生长。在特定地区, 生产者往往有固定的养殖方式, 同时来自遗传和环境的影响是相对稳定的, 生长规律也会相对稳定, 研究其生长特征, 对当地生产具有指导意义。研究企鹅珍珠贝的生长模式可以预测不同时期贝的大小、重量, 了解不同季节的生长速度, 生产者可以此为依据, 调整育苗时间、插核大小和养殖规模。本研究首次给出了海南黎安养殖条件下企鹅珍珠贝的生长模型, 并分析了气象因素对企鹅贝生长的影响。

### 3.1 影响黎安港企鹅珍珠贝生长的因素

年龄是影响双壳贝生长的最主要因素。对马氏珠母贝(谢玉坎等, 1984; Wada *et al.*, 1994; Komaru *et al.*, 1994; Hwang *et al.*, 2007)、珠母贝(Pouvreau *et al.*, 2000; Sims, 1994)的生长研究都发现, 贝壳长度的生长速度随着年龄的增加而下降, 第一年生长最快, 以后逐年下降, 本研究也体现了这一特征。虽然本次实验只持续 20 个月, 未滿两年, 但从生长速度(表 3)都可以看出, 从 2006 年 9 到 2007 年 9 月第一年测量结束时 *SH*、*MDL* 和 *HL* 的生长速度整体呈现不断上升趋势, 但随后的半年多生长速度主要表现为下降趋势。两个阶段的平均生长速度也存在较大差距, 以壳高为例, 在第一年的日平均生长速度约为 0.16mm/d, 而在后来的半年仅为 0.11mm/d。

然而总重的增长完全不同于长度的增长模式。表 2、表 3 显示, 在实验进行的前 9 个月(2006 年 9 月—2007 年 6 月)总重的增长都不到 10g, 速度仅为 0.02g/d, 而同一时期长度正经历第一个快速增长期。实验进行一年以后, 长度的生长速度减缓, 而总重的生长速度不但没有显示丝毫的递减趋势, 反而加快了(表 3)。2006 年 9 月—2007 年 9 月一年间总重平均增长约 35g, 但到实验结束时平均总重达 90g, 即在半年多增长了 55g, 远远超过其第一年整年的增长。可见企鹅珍珠贝的生长在早期表现为长度的快速增长, 经过一年左右, 长度的增长减缓, 而重量的增长开始加快。双壳贝基本都表现出这一特征, 对马氏珠母贝的研究(Wada *et al.*, 1994)以及珠母贝(Pouvreau *et al.*, 2000)的研究都得出了相同的结论。

降雨量可能影响企鹅珍珠贝外壳生长速度。表 3 显示, 2007 年 6 月—9 月, 企鹅珍珠贝的 4 项测量指标的生长速度都有明显上升, *SH*、*MDL* 和 *HL* 的增长速度都在 9 月份达到最高, 而总重的增长速度则从 6 月的 0.02g/d 增长至 9 月份的 0.08g/d, 这一结果很可能与降雨有关。表 1 显示, 在海南黎安地区降雨量在 5—10 月最充足, 最大值在 9 月, 11 月至次年 4 月降雨量很少, 在 1 月最少, 而长度的最高增长速度正是出现在 9 月降雨量最大的月份。这主要因为降雨导致周边陆地营养盐大量流入港内, 增加了黎安港内水体营养盐, 引起港内藻类等浮游生物丰度增加, 营养盐和饵料的综合作用使得企鹅珍珠贝外壳能更好地生长。而在其它季节, 降雨减少, 港内营养盐的降低, 引起浮游生物丰度降低, 也导致了外壳生长放缓。

另外, 天气的突变也将对企鹅贝的生长产生不

利影响。表 3 显示在 2007 年 10 月, 贝的长度和重量的各项指标的生长速度都经历了骤降, 这显然与台风的侵袭相关, 根据实验期间气象资料, 当时最大风力达 7 级, 日降雨量在 100mm 以上。台风一方面使挂在长绳上的贝因为剧烈晃动而处于紧张的应激状态, 另一方面搅动海底沉淀泥, 使水体内悬浮颗粒浓度大大增加, 阻塞了贝类的鳃, 导致其大面积死亡(Tang *et al.*, 2002)。Turner 等(1991)通过晃动水体, 模拟风暴对 *Mercenaria mercenaria* 的生长的影响, 发现在风暴条件下壳高生长速度比正常情况下最大下降 38%, 他们认为这主要是因为颗粒浓度大导致滤食率下降, 假粪增多, 能耗加大, 因而生长减缓。

### 3.2 企鹅珍珠贝在海南与广东的生长比较

梁飞龙等(2001a)在广东省雷州市流沙港测定了企鹅珍珠贝海上养殖 11 个月的生长。将本实验结果的 *SH* 和梁飞龙等(2001a)实验结果相对比, 可以反映该贝在不同养殖地区的生长特征, 分析该贝适合的生长条件。但由于贝的生长受个体大小和年龄的限制, 单纯比较生长速度不能客观反映两者的真正差别, 因为两次实验的月份和持续时间不同, 实验贝的大小和年龄也不完全一致。为保证比较的客观性, 遂选取相似 *SH* 值为比较的起点, 分析两者在相同的时间段内生长曲线及生长速度的差异, 具体结果见表 4。梁飞龙等(2001a)的实验首次测量时间为 1999 年 8 月, 此时 *SH* 平均值为 18.8mm, 本次实验中类似的 *SH* 值为 17.4mm, 在 2007 年 1 月测得。实验持续 10 个多月后, 前者于 2000 年 6 月结束, 最后的 *SH* 平均为 69.8mm; 本研究中, 经过相同的生长时间后, 在 2007 年 11 月测得平均值为 68.9mm。相同时间内, 两地企鹅珍珠贝壳高的净增长值几乎都是 51mm, 可见该贝在广东和海南的生长速度基本一致。但是从表 4 也可以看出, 尽管两者在最初和最后两次所得的测量值接近, 两者在中间阶段表现出不同的增长特征。具体来说, 广东流沙的贝表现出了更加明显的季节差异, 有段时间生长几乎停滞, 而海南黎安的贝基本一直保持稳定的增长。表 4 显示, 在 11 月至次年 3 月间, 流沙的企鹅珍珠贝生长明显减缓, 究其原因, 作者认为是这一时期的海水温度相对较低所致。根据作者提供的数据, 该阶段平均温度为 19℃, 最低温度出现在 2 月份, 平均 16.2℃(梁飞龙等, 2001a)。有研究显示, 企鹅珍珠贝适宜的生长温度在 22—30℃(蒙钊美等, 1996), 很有可能是低温限制了贝的生长。本次实验记录的水温结果显示相同时期在海南的平均

水温达 22℃，即使在最低的 2 月份，平均温度也在 19℃，因而在海南的企鹅珍珠贝并没有表现出明显的季节差异，即使在冬季依旧保持一定的生长速度，由此可推断出在海南全年都适合企鹅珍珠贝的生长。最后，尽管广东的温度条件不如海南，但企鹅珍珠贝依然具有和海南同样的增长速度，很有可能是饵料所致，即广东的水体中蕴含的饵料可能比海南的更为丰富，但这一假设尚待进一步研究。

表 4 广东流沙、海南黎安企鹅珍珠贝的生长数据  
Tab.4 The growth data of *P. penguin* cultured in Liusha, Guangdong Province, and Li'an, Hainan Province

月份	SH(黎安)	SH(流沙)
8月	17.39	18.8
9月	22.88	30
10月	26.17	35.8
11月	31.29	40.5
12月	34.31	41.7
1月	37.96	42.6
2月	44.37	43.3
3月	54.37	44.5
4月	61.19	54
5月	63.90	63.6
6月	68.90	69.8

### 参 考 文 献

- 毛 勇, 梁飞龙, 余祥勇等, 2003a. 企鹅珍珠贝游离珠插核效果的初步观察. 海洋科学, 27(11): 1—4
- 毛 勇, 梁飞龙, 余祥勇等, 2003b. 不同季节的企鹅珍珠贝游离珠植核效果比较. 海洋通报, 22(6): 88—91
- 毛 勇, 梁飞龙, 余祥勇等, 2004a. 企鹅珍珠贝游离珠插核过程中死亡因素初探. 海洋湖沼通报, (01): 74—79
- 毛 勇, 梁飞龙, 符 韶等, 2004b. 企鹅珍珠贝彩虹珠的研究初报. 动物学杂志, 39(1): 100—102
- 余祥勇, 王梅芳, 叶富良, 2000. 企鹅珍珠贝个体发生及人工育苗的研究. 海南大学学报(自然科学版), 18(03): 266—269
- 黄艺兰, 元利剑, 2005. 珍珠层螺旋生长结构及其生长机制——以海南三亚企鹅贝和附壳珍珠为例. 宝石和宝石学杂志, 7(3): 14—19
- 黄艺兰, 元利剑, 2006a. 有机质调控下企鹅贝及其附壳珍珠的珍珠层螺旋生长成核. 宝石和宝石学杂志, 8(2): 20—24
- 黄艺兰, 元利剑, 李朝阳, 2006b. 企鹅贝附壳珍珠表层螺旋生长结构的原子力显微镜研究. 宝石和宝石学杂志, 8(4): 1—5
- 符 韶, 邓陈茂, 梁飞龙等, 2007. 企鹅珍珠贝人工养殖及育珠的研究. 广东海洋大学学报, 27(1): 34—37
- 符 韶, 邓陈茂, 谢仁政, 2001. 企鹅珍珠贝的柱形笼养成试验. 海洋湖沼通报, (04): 20—22
- 符 韶, 梁飞龙, 2000. 企鹅珍珠贝附壳珍珠培育的中间试验. 海洋科学, 24(2): 12—14
- 梁飞龙, 毛 勇, 余祥勇, 2001a. 企鹅珍珠贝人工苗生长的初步观察. 湛江海洋大学学报, 21(1): 6—9
- 梁飞龙, 符 韶, 余祥勇, 2001b. 企鹅珍珠贝亲贝培育与诱导催产的研究. 海洋湖沼通报, (02): 41—45
- 梁飞龙, 邓陈茂, 符 韶, 1999. 企鹅珍珠贝人工育苗试验. 海洋科学, 23(6): 9—11
- 梁飞龙, 刘 永, 何建国等, 2007. 企鹅珍珠贝附壳珍珠的培育. 广东海洋大学学报, 27(1): 38—41
- 谢玉坎, 1995. 珍珠科学. 北京: 海洋出版社, 14—28
- 谢玉坎, 林秋艳, 陈水福等, 1984. 合浦珠母贝在热带海湾的生长. 热带海洋研究, 1: 149—154
- 蒙钊美, 李有宁, 邢孔武, 1996. 珍珠养殖理论与技术. 北京: 科学出版社, 7—48, 206—242
- Bayne B L, Worall C M, 1980. Growth and production of mussels *Mytilus edulis* from two populations. Marine Ecology Progress Series, 3: 317—328
- Gokhale S V, Eswaran C R, Narasimhan R, 1954. Growth rate of the pearl oyster *Pinctada pinctada* in the Gulf of Kutch with a note on the pearl fishery of 1953. Journal of the Bombay Natural History Society, 52(1): 124—136
- Hwang J J, Yamakawa T, Aoki I, 2007. Growth of wild pearl oysters *Pinctada fucata*, *Pinctada margaritifera* and *Pinctada sugillata* (Bivalvia: Pteriidae) in Taiwan. Fisheries Science, 73(1): 132—141
- Kobayashi S, Tobata M, 1949. Studies on culture pearl, II. Activity of pearl oyster in winter. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 14: 196—202
- Komaru A, Wada K T, 1994. Meiotic maturation and progeny of oocytes from triploid Japanese pearl oysters (*Pinctada fucata martensii*) fertilized with spermatozoa from diploids. Aquaculture, 120(1—2): 61—70
- Mann R, 1979. Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 59: 95—110
- Miyauchi T, 1962. Clearance rate of the pearl oyster *Pinctada fucata martensii*. II. Effects of temperature and salinity. Suisan Zoshoku, 10: 73
- Munro J L, Pauly D, 1983. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. ICLARM Fishbyte, 1(6): 5—6
- Numaguchi K, 1994. Effect of water temperature on the filtration rate of Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*. Suisan Zoshoku, 42: 1—6
- Pandya J A, 1976. Influence of temperature on growth ring formation in the pearl oyster, *Pinctada fucata* Gould. of the Gulf of Kutch. Indian Journal of Marine Sciences, 5: 249—251
- Pouvreau S, Tiapari J, Gangnery A *et al*, 2000. Growth of the

- black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, in suspended culture under hydrobiological conditions of Takapoto lagoon (French Polynesia). *Aquaculture*, 184(1—2): 133—154
- Richardson C A, Taylor A C, Venn T J, 1982. Growth of the queen scallop *Chlamys opercularis* in suspended cages in the firth of Clyde. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 62: 157—169
- Sebens K P, 1982. The limits to indeterminate growth: an optimal size model applied to passive suspension feeders. *Ecology*, 63: 209—222
- Sims N A, 1994. Growth of wild and cultured black-lip pearl oysters, *Pinctada margaritifera* (L.) (Pteriidae; Bivalvia), in the Cook Islands. *Aquaculture*, 122(2—3): 181—191
- Tang Q S, Fang J G, 2002. Impacts of intensive mariculture on coastal ecosystem and environment in China and suggested sustainable management measures. In: Eleftheriou M, Eleftheriou A ed. *ASEM Workshop on Aquaculture Challenges in Asia*. ACP-EU Fish Res Rep, Beijing, 66—68
- Tomaru Y, Kumatabara Y, Kawabata Z *et al*, 2002. Effect of water temperature and chlorophyll abundance on shell growth of the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*, in suspended culture at different depths and sites. *Aquaculture Research*, 33(2): 109—116
- Turner E J, Miller D C, 1991. Behavior and growth of *Mercuraria mercenaria* during simulated storm events. *Marine Biology*, 111(1): 55—64
- Wada K T, Komaru A, 1994. Effect of selection for shell coloration on growth rate and mortality in the Japanese pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*. *Aquaculture*, 125(1—2): 59—65
- Yukihira H, Lucas J S, Klumpp D W, 2006. The pearl oysters, *Pinctada maxima* and *P. margaritifera*, respond in different ways to culture in dissimilar environments. *Aquaculture*, 252(2—4): 208—224

## GROWTH OF CULTURED WINGED PEARL OYSTER (*PTERIA PENGUIN*) IN LI'AN LAGOON, HAINAN

GU Zhi-Feng<sup>1,2</sup>, WANG Qing-Yin<sup>2</sup>, FANG Jian-Guang<sup>2</sup>, SHI Yao-Hua<sup>1</sup>,  
WANG Yan<sup>1</sup>, WANG Ai-Min<sup>1</sup>

(1. Hainan Provincial Key Laboratory for Tropical Hydrobiology & Biotechnology; Key Laboratory for Tropical Biology Resources, Ministry of Education; Ocean College, Hainan University, Haikou, 570228; 2. Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resources, Ministry of Aquaculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Qingdao, 266071)

**Abstract** Growth of cultured winged pearl oyster, *Pteria penguin* was studied in 20 months in Li'an Lagoon, Hainan, south China. The growth parameters of maximum diagonal length (*MDL*), shell length (*MDL*), hinge length (*HL*) and total weight (*TW*) were measured monthly and described using  $y = y_{\infty} / (1 + e^{-k(t-a) + d \sin \frac{2\pi}{365.25}(t-b)})$ . The results reveal that among the three length parameters, *MDL* had the largest growth, with the theoretical maximum ( $y_{\infty}$ ) of 112mm; the increase of *HL* was faster than that of *SH* at the beginning, but the difference disappeared in the end and the two had almost the same  $y_{\infty}$  at approximately 85mm; the growth of *TW* remained almost stagnant in the first half of experiment period, but speed up in the second half, with  $y_{\infty}$  at 115g. The growth of *P. penguin* was characterized by fast initial increment of shell size, subsequent to which the total weight increased. It was revealed that the fast growth season of oysters corresponded with the rain season in the study area, which implies that the rainfall probably led to the seasonal variation in growth.

**Key words** *Pteria penguin*, Cultured, Hainan, Growth