

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2012.00364

实验条件下 1 龄锦绣龙虾的生长特性

梁华芳^{1,2}, 何建国¹

1. 中山大学 生命科学学院, 广东 广州 510275

2. 广东海洋大学 水产学院, 广东 湛江 524088

摘要: 通过对不同生长时期锦绣龙虾(*Panulirus ornatus*)月生长指标的测定, 建立了 1 龄锦绣龙虾的生长模型。锦绣龙虾的体长(L)—体质量(W)的相关式为: $W=0.034\ 8L^{3.066\ 3}$; 体长(L)和头胸甲长(CL)的相关式: $L=2.772\ 2CL+0.337\ 9$, 得出锦绣龙虾的体长生长方程: $L_t=37.498\times(1-e^{-0.076\ 77(t-0.055\ 84)})$, 体质量生长方程: $W_t=2\ 333.24\times(1-e^{-0.076\ 77(t-0.055\ 84)})^{3.066\ 3}$, 体长生长速度方程为: $dL/dt=2.879\ 8\times e^{-0.076\ 77(t-0.055\ 84)}$, 体质量生长速度方程为: $dW/dt=549.244\ 3\times e^{-0.076\ 77(t-0.055\ 84)}(1-e^{-0.076\ 77(t-0.055\ 84)})^{2.066\ 3}$ 。计算出其拐点年龄($T_i=\ln 3/k+t_0$)为 14.65 个月。说明锦绣龙虾体长在前期生长较快, 而后期生长缓慢; 体质量前期生长较慢, 后期较快; 体质量增长速度曲线呈不对称的 S 曲线, 并具拐点, 在拐点处其体质量增长速度能达到最大值 79.24 g/月。本研究旨在为锦绣龙虾的合理开发利用提供科学参考。

关键词: 锦绣龙虾; 拐点年龄; 体长; 体质量; 生长模型

中图分类号: S968.22

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2012)02-0364-07

锦绣龙虾(*Panulirus ornatus*)俗称花龙, 是十足目(Decapoda)、龙虾科(Palinvroidae)、龙虾属中最大型的经济虾类, 最大个体质量达 6 kg, 有“虾中之王”的美称, 经济价值高, 价格居高不下, 供不应求^[1]。近年来, 由于过度捕捞使得包括中国在内的世界龙虾资源急剧下降, 资源枯竭。为了更好地保护和开发这一大型虾类, 需要开展多方面的生物学研究。国外对龙虾的研究主要集中在自然海区中的繁殖和人工育苗^[2-6], 而在中国仅限于分布和形态学方面研究^[7-8]。由于对锦绣龙虾生长规律掌握不够, 许多养殖户在养殖时间上存在盲目性, 有些养殖 10 个月、12 个月收获, 还没有到最快生长期, 有些养殖户养殖超过 28 个月才收获, 由于后期生长慢, 成本过高, 养殖效益低。因此, 有必要从理论上对养殖最佳收获时间进行研究确定并指导生产者制定合理的养殖与收获对策。

对龙虾类生长的研究, Ashley 和 Frisch^[9]用捕获的杂色龙虾(*Panulirus versicolor*)成虾(CL=9.0 cm)标记后回捕的方法研究澳大利亚大堡礁海的生长特性; Timothy 等^[10]研究了澳大利亚托雷斯海峡锦绣龙虾的生长状况。上述所研究的对象是成体龙虾, 栖息地较为固定, 易于回捕。但低龄龙虾栖息地点是变化的, 刚从游龙幼体变态成小龙虾, 主要栖息在饵料丰富、水深 2~5 m 的浅水滩中。随着个体长大, 龙虾逐渐向深水区转移, 最后到 10~50 m 的海区栖息, 因此, 用人工标记后回捕的方法, 很难研究其生长规律。本研究在实验条件下, 模拟海区中的生态环境, 研究锦绣龙虾 1 龄生长规律, 旨在探求以数学上的量变形式, 反映锦绣龙虾在生长过程中体长和体质量随时间的变化规律, 推算生态参数, 并给予生物学意义的解释, 希望能为开发和利用这一珍贵的海洋资

收稿日期: 2011-08-11; 修订日期: 2011-09-27.

基金项目: 广东省海洋与渔业推广专项(A2010-08D04)

作者简介: 梁华芳(1965-), 男, 博士, 研究方向: 甲壳动物生物学及养殖技术.E-mail: hfliang@126.com

通信作者: 何建国, 教授, 博士生导师.E-mail: lsshjg@mail.sysu.edu.cn

源提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用1月龄锦绣龙虾幼虾来自海南省文昌市冯家湾港, 2009年3月10日从海区水深4~5 m的礁石和珊瑚石缝中捕获, 用充氧运输方式运回到广东海洋大学东海岛海洋生物基地, 暂养5 d, 测量体长、体质量、头胸甲长和宽等生物学指标, 选取处于95.0%置信区间, 体长(BL)2.9~3.2 cm, 头胸甲长(CL)0.9~1.1 cm, 体质量0.9~1.1 g的幼年龙虾共120尾, 3月15日正式开始实验。

1.2 实验方法

1.2.1 实验龙虾的饲养 锦绣龙虾放在4 m×4.5 m×1.5 m的水泥池中, 池中放有供龙虾栖息的管件, 池面遮盖黑布, 控光照强度200 lx以内。养殖水环境: pH 7.9~8.2, 水温随海区水温而变化, 18~30.5℃, 盐度28~35。养殖密度为3尾/m², 饵料以贝类为主, 兼投鱼、虾和蟹, 投喂量以饱食为宜。

1.2.2 生长的描述与测定 龙虾体长(BL)是从眼柄基部到尾扇末端的直线距离; 体质量(*W*)是鲜重; 头胸甲长(CL)是眼柄基部到头胸甲末端的直线距离。所用的测量工具是, 用游标卡尺测量长度, 用电子天平(型号G&G, T1000, *d*=0.1 g)称重(湿重)。每月的15日取样测量1次, 每次随机抽样30尾, 以月为单位计算生长速度的时间段。本研究以11个月的生长数据为指标, 研究锦绣龙虾平均体长随时间变化的规律, 使用Von Bertalanffy方程推导锦绣龙虾的生长模型。

1.2.3 生长方程 根据唐建清等^[11]和殷名称^[12]的方法, 计算锦绣龙虾的渐近体长 L_{∞} 、渐进体质量 W_{∞} 和Ford生长系数 K , 得出了不同环境下的 K 值和 L_{∞} 、 W_{∞} 。锦绣龙虾的生长可以用Von Bertalanffy生长方程描述, 且能得出锦绣龙虾的生长模型, 体长和体质量的生长曲线。

Von Bertalanffy 生长方程:

$$\begin{aligned} L_t &= L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}] \\ W_t &= W_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b \end{aligned}$$

式中 L_t 为年龄体长, 单位cm; W_t 为年龄体质量, 单位g; L_{∞} 为渐近体长, 单位cm; W_{∞} 为渐进体质量, 单位g; t 为年龄, 单位m; t_0 为体长和体质量为零时的理论年龄, 单位m; k 为Ford生长系数, 也即生长曲线的平均曲率, b 为生长指数。Von Bertalanffy生长方程的最终形式虽然和食物消耗率毫无关联, 它也不能作为一个预测方程, 而仅仅是对一系列已经取得的生长资料的描述方程。关于Von Bertalanffy生长方程参数的推导, 可以用Ford方程线, 再利用最小二乘法拟合计算, 就可得出锦绣龙虾的各项生长参数值, 从而得出锦绣龙虾的生长方程。

1.3 统计方法

所得的数据用Excel进行数据处理和公式推导, 求得体质量、体长、头胸甲长三者之间的关系; 用Walford直线方程求Von Bertalanffy方程参数, 进而建立锦绣龙虾的生长方程, 并用SPSS17.0进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 锦绣龙虾体长、头胸甲长与体质量之间的关系

根据实测资料, 分别计算了锦绣龙虾的体长与体质量的关系, 其体长与体质量呈幂函数 $W=aL^b$ 或 $\lg W = \lg a + b \lg L$ 的关系, 式中 a 、 b 为常数, 同样可以根据龙虾各体长组(组距一般为1 cm)的平均体长和相应的平均体质量, 采用函数回归获得^[11, 13]。根据实测的数据, 平均体长(L)、头胸甲长(CL)和平均体质量(W)的相关数据整理见表1。

通过直线转换法计算, 得到锦绣龙虾体长与体质量的关系式和曲线图(图1):

$$W=0.0348L^{3.0663} \quad (R^2=0.9997)$$

式中 W 为体质量(g), L 为体长(cm), 指数 b 接近3, 说明锦绣龙虾生长均匀, 用上式反映体长和体质量关系是恰当的。

用同样的方法, 得到锦绣龙虾体质量(W)与头胸甲长(CL)的关系式(图2):

$$W=1.096CL^{2.9375} \quad (R^2=0.9998)$$

生长指数 b 接近3, 此式也能恰当反映头胸甲长与体质量的关系。

表 1 锦绣龙虾体长、头胸甲长与体质量实测值
Tab.1 Values of BL and CL and body weight of *P.ornatus*

$n=30; \bar{x} \pm SD$

月龄 month of age	体长/cm L	头胸甲长/cm CL	体质量/g W
1	2.94±0.1866	0.96±0.0701	0.98±0.1239
2	4.91±0.51778	1.63±0.1611	4.22±0.4741
3	7.07±0.6600	2.42±0.2760	14.33±1.2767
4	9.90±0.6694	3.45±0.2667	40.45±2.6629
5	12.43±0.6855	4.37±0.2739	80.76±4.216
6	14.53±0.7792	5.12±0.3404	129.50±6.0794
7	16.21±0.9653	5.72±0.4880	178.89±10.2019
8	17.67±0.6860	6.24±0.3361	225.55±12.5393
9	19.23±0.9111	6.81±0.4483	292.44±15.2876
10	20.13±1.001	7.18±0.3986	352.65±16.4330
11	21.41±1.1180	7.58±0.5519	418.47±19.1559

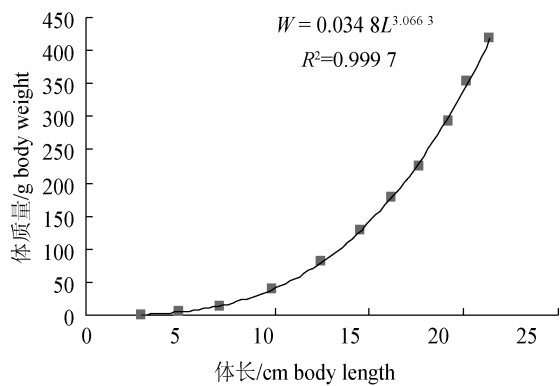


图 1 锦绣龙虾体质量与体长关系曲线

Fig.1 Relation curve between body length and body weight of *P.ornatus*

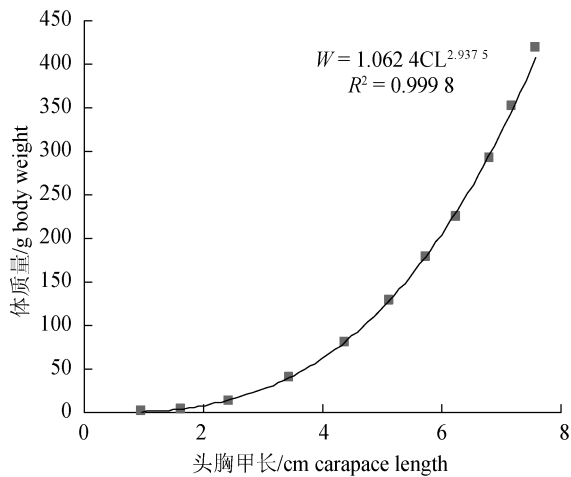


图 2 锦绣龙虾头胸甲长与体质量关系曲线

Fig.2 Relation curve between carapace length and weight of *P. ornatus*

用直线回归方法, 得到体长(L)和头胸甲长(CL)的关系式(图 3):

$L = 2.772 \ 2CL + 0.337 \ 9$, ($R^2 = 0.999 \ 9$)
相关性接近 1.0, 说明锦绣龙虾体长和头胸甲长呈线性关系。

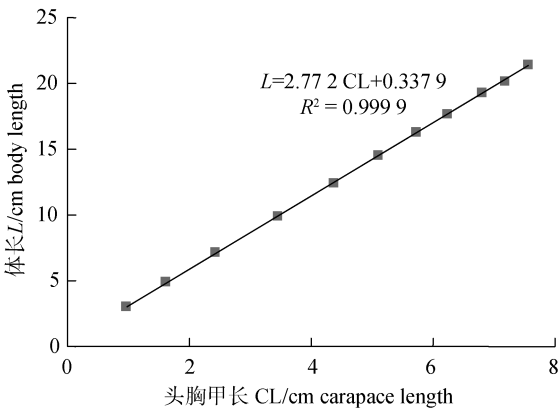


图 3 锦绣龙虾体长和头胸甲长的关系

Fig.3 Relation curve between body length and carapace length of *P.ornatus*

2.2 锦绣龙虾生长模型

根据实测的数据, L_t 和 L_{t+1} 的相关数据整理如表 2 所示。

据此, 可以用函数回归方程得出锦绣龙虾的 Walford 线, 从而求解 a (截距)和 b (斜率)的值, 见图 4。

由 Walford 直线图可知: $a = 2.771 \ 1$, $b = 0.926 \ 1$, ($r = 0.999 \ 56$)。

由于 $a = L_{\infty}(1 - e^{-k})$, $b = e^{-k}$, 所以 $L_{\infty} = 37.498 \ 0$; $k = -\ln b = 0.076 \ 77$ 。

应用 Von Bertalanffy 方程导出自然对数形式:

$$\ln(L_{\infty} - L_t) = \ln L_{\infty} + kt_0 - kt$$

表 2 L_t 和 L_{t+1} 的相关数据
Tab.2 Data of L_t and L_{t+1}

L_t	2.94	4.91	7.07	9.90	12.43	14.53	16.21	17.67	19.23	20.13
L_{t+1}	4.91	7.07	9.90	12.43	14.53	16.21	17.67	19.23	20.13	21.41

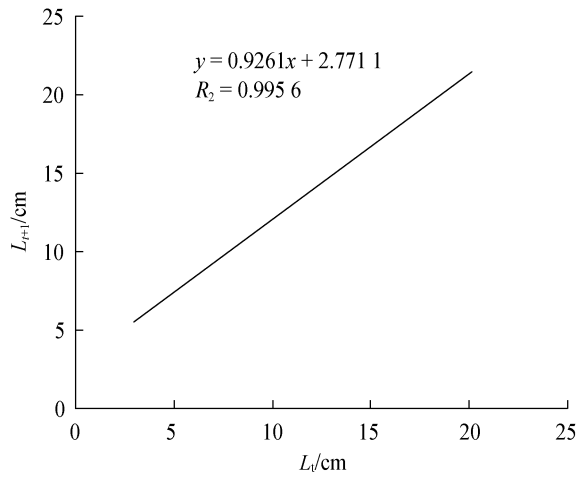


图 4 Walford 直线图
Fig. 4 Walford rectilinear figure

$\ln(L_{\infty}-L_t)$ 和 t 呈线性相关, 截距 $a= \ln L_{\infty}+kt_0$, 斜率 $b=-k$ 。现将相关数据整理如下(表 3)。

求解结果, $a=3.6287$, $b=-0.079(r^2=0.9963)$ 。因此, $t_0=(\ln L_{\infty}-a)/b=(3.6243-3.6287)/(-0.079)=0.05584$

由于体长和体质量关系基本符合 $W= aL^3$, 据此, 可将 t_0 和 k 参数直接用于体质量生长方程, 由此, 根据体长和体质量的相关式 $W=0.0348L^{3.0663}$, 求得 $W_{\infty}=2333.24$ g。并得出锦绣龙虾的 Von

表 3 $\ln(L_{\infty}-L_t)$ 和 t 相关性
Tab.3 Relationship between $\ln(L_{\infty}-L_t)$ and t

月龄 age of month	$L_{\infty}-L_t$	$\ln (L_{\infty}-L_t)$
1	34.558	3.5426
2	32.588	3.4839
3	30.428	3.4154
4	27.598	3.3177
5	25.068	3.2216
6	22.968	3.1341
7	21.288	3.0581
8	19.828	2.9871
9	18.268	2.9052
10	17.368	2.8546
11	16.088	2.7781

Bertalanffy 生长方程为:
 $L_t=37.498\times(1-e^{-0.07677(t-0.05584)})$ ($r=0.9981$)
 $W_t=2333.24\times(1-e^{-0.07677(t-0.05584)})^{3.0663}$ ($r=0.9998$)
根据体质量生长方程可以推算, 锦绣龙虾长到 1 032.16 g 只需要 19 个月。
根据方程, 求得各月龄的理论体长和体质量, 并由此绘得 体长和体质量的生长曲线(图 5, 图 6)。

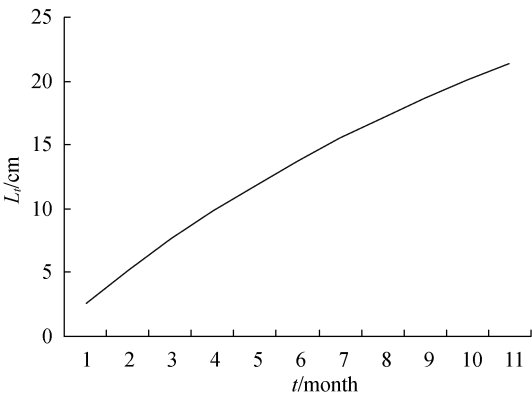


图 5 锦绣龙虾体长生长曲线图
Fig.5 Body length growth curves of *P. ornatus*

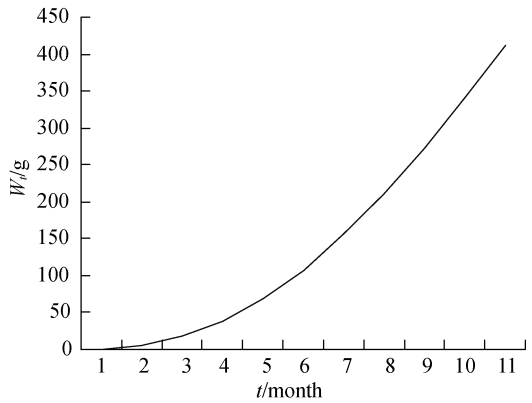


图 6 锦绣龙虾体质量生长曲线图
Fig.6 Body weight growth curves of *P. ornatus*

表 4 是实测值与 Von Bertalanffy 生长方程计算值的比较。通过对体长和体质量的数据进行 χ^2 检验: 体长 $\chi^2=0.2383$; 体质量 $\chi^2=14.53$ 自由度为 10, $\chi^2<18.31$, $P>0.05$, 表明实测值与 Von

表 4 锦绣龙虾生长方程计算值和实际测量值比较
Tab.4 Comparison of observed values with calculated values from growth equations

月龄 age in month	体长/cm body length			体质量/g body weight		
	测值 observed	计算值 calculated	差值 difference	测值 observed	计算值 calculated	差值 difference
1	2.94	2.62	0.32	0.98	0.67	0.31
2	4.91	5.20	-0.29	4.22	5.46	-1.24
3	7.07	7.59	-0.52	14.33	17.38	-3.05
4	9.90	9.80	0.10	40.45	38.06	2.39
5	12.43	11.84	0.59	80.76	68.10	12.66
6	14.53	13.74	0.79	129.50	107.38	22.12
7	16.21	15.49	0.72	178.89	155.26	23.63
8	17.67	17.12	0.55	225.55	210.83	14.72
9	19.23	18.63	0.60	292.44	273.02	19.42
10	20.13	20.02	0.11	352.65	340.67	11.98
11	21.41	21.31	0.10	418.47	412.65	5.82

Bertalanffy 生长方程计算值无明显差异, 该生长方程可以用来描述锦绣龙虾的生长。

中虽还不能看出锦绣龙虾体质量生长呈不对称的 S 型, 但前期体质量速度增长很快, 随着天数增

2.3 生长速度和加速度

体长和体质量生长曲线都是积分曲线, 它们只能反映生长过程的总和。为了表达龙虾生长过程的变化特征, 可用生长速度(一次微分)和加速度(二次微分)方程来表达。其体长生长速度方程为:

$$dL/dt=L_{\infty}ke^{-k(t-t_0)}=37.498\times0.0768\times e^{-0.07677(t-0.05584)}$$

即: $dL/dt=2.8798\times e^{-0.07677(t-0.05584)}$

可得到体长生长曲线图 7。

体质量生长速度方程为:

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

即: $dW/dt=3.0663\times2333.24\times0.07677\times e^{-0.07677(t-0.05584)}[1-e^{-0.07677(t-0.05584)}]^{2.0663}$

$$dW/dt=549.2443\times e^{-0.07677(t-0.05584)}\times [1-e^{-0.07677(t-0.05584)}]^{2.0663}$$

可得到体质量生长曲线图 8。

同时, 令 $d^2W/dt^2=0$ 得拐点年龄(T_r , 月)为:

$$T_r=\ln3.0663/k+t_0=14.65$$

上式中的拐点年龄在这里实际上为月数, 即锦绣龙虾的拐点年龄为 14.65 个月。

从图 7 中可以看出, 体长生长曲线不具拐点, 5 个月以前生长比较快, 能达到 2.0 cm/月左右; 之后生长减缓, 减缓的趋势越来越明显。从图 8

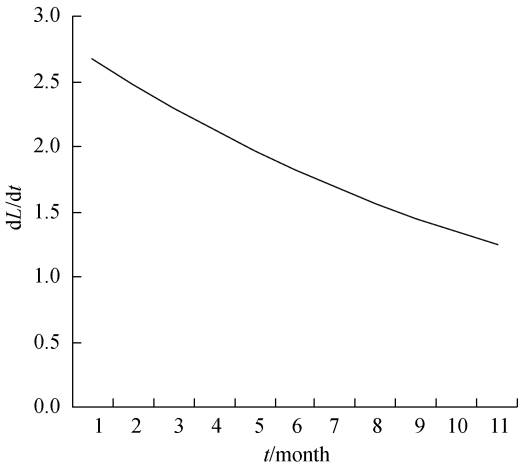


图 7 锦绣龙虾体长(cm)生长速度曲线
Fig.7 Body length growth rate curves of *P. ornatus*

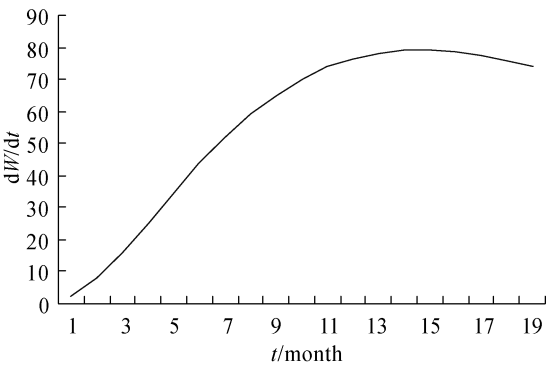


图 8 锦绣龙虾体质量(g)生长速度曲线
Fig.8 Body weight growth rate curves of *P. ornatus*

加, 逐渐趋向一个最大值 79.24 g /月, 经过生长拐点后, 体质量增长速度逐渐减小。

3 讨论

锦绣龙虾在不同的生长阶段不同, 其栖息的环境不同, 栖息的深度和地点也随之变化, 在叶状幼体阶段, 在饵料丰富的海区, 当变成游龙幼体或幼龙虾时, 栖息在水深 2~5 m 浅海区的石缝中, 当长到 100 g 后, 逐渐迁移到 10~50 m 深海中生活, 直到 3 月龄后才能辨别出雌、雄。因此, 要完整地研究锦绣龙虾在自然海区中的生长规律困难较大。Timothy 等^[10]研究了澳大利亚托雷斯海峡锦绣龙虾的生长状况, 收集渔民在水深 8.5~20 m 捕获的龙虾, 头胸甲长(CL)50~150 mm。用其 CL 与出现频率(size-frequency data)的关系进行统计分析, 推导 1~3 龄锦绣龙虾的生长方程, 但对于 1 龄的锦绣龙虾生长特性没有进行描述。本研究收集在自然海区中捕获的 1 月龄锦绣龙虾, 模拟龙虾在海区中生活的水温和盐度条件, 进行 1 年生长特性研究, 使研究结果比较接近自然海区的实际生长规律。结果表明, 锦绣龙虾生长速度快, 从 1 月龄的平均体质量 0.98 g, 长到 11 月龄 418.47 g, 平均每个月增重 41.87 g, 显示了具巨大的养殖潜力。

锦绣龙虾和对虾类的生长不同于鱼类, 是在断续的蜕皮中生长, 龙虾的单个体生长不适合 Von bertalanffy 方程。但是, 由于繁殖群体内的成员是在不同时间蜕皮的, 所以同一种虾的繁殖群体的平均生长曲线是连续的, 可用 Von bertalanffy 方程描述。如克氏原螯虾(*Procambarus clarleii*)的生长特性^[11]、黄海增殖日本囊对虾(*Marsupenaeus japonicus*)的生长特征^[14]、闽东海区中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)放流虾的生长方程^[15]、台湾养殖斑节对虾(*Penaeus monodon*)的生长特性^[16]、池塘养殖斑节对虾的生长特性^[17], 以及本研究对锦绣龙虾的生长进行拟合, 得出了令人满意的结果。说明了生长方程很好地反映了锦绣龙虾在 1 龄的生长特性, 可为保护和开发龙虾资源提供参考。

本实验在求生长方程时采用拉格朗日^[18] (Lagrange)抛物线差值内插法对数据进行处理。所得等间隔的体长插值 L_{t+1} 与 L_t 呈线性相关, 用 Walford 作图法求得锦绣龙虾的渐近体长 L_{∞} =37.498 cm, 渐近体质量 W_{∞} =2 333.24 g。这与中国南海区捕捞上市的锦绣龙虾情况差不多, 体质量一般都是 0.8~1.5 kg 范围, 超过 2.25 kg 的较少见。

由于实验因素的影响, 本实验只进行了 11 个月, 11 月龄后, 进入低温期。冬春季水温较低, 由于没有配套加温设施, 水温在 13℃ 及以下维持将近 12 d, 致使实验锦绣龙虾体弱发病(烂尾和水霉病)。实验进行到 19 月龄(生长指标见表 5), 所剩下的龙虾达不到统计学上大样品数量($n=25$), 无法进行生长方程推导。但从表中可以看出, 19 月龄龙虾平均体质量 657.38 g, 最大体质量达 729.8 g, 由此推断, 锦绣龙虾 2 年长到 1 kg 是有可能的。从养殖效益考虑, 养殖 15~17 月龄的锦绣龙虾增重较快, 以后增重趋缓, 因此, 不考虑大小与价格相关因素, 养殖 15~17 月龄收获效益最高。

表 5 12~19 月龄锦绣龙虾生长指标实测值
Tab.5 Body length, carapace length and body weight of *P.ornatus* from twelfth month to nineteenth month
 $n=25$

月龄 months of age	体长/cm body length	头胸甲长/cm carapace length	体质量/g body weight
12	21.64	7.75	422.94
13	21.64	7.78	433.65
14	22.35	8.01	476.27
15	23.12	8.3	533.35
16	23.19	8.49	569.13
17	24	8.74	610.62
18	24.66	8.86	648.69
19	25.03	8.98	657.38

参考文献:

[1] 陈天任, 游祥平. 原色台湾龙虾图鉴[M]. 台湾: 台北南天书局, 1993: 148~150.
[2] Zakaria M Z, Kassim A. Size-at-maturity stages of lobster, *Panulirus ornatus* Fabricus[J]. Marine Biological Associa-

- tion of India, 1999, 41(1-2): 125-129.
- [3] MacFarlane J W, Moore R. Reproduction of the ornate rock lobster, *Panulirus ornatus* (Fabricius), in Papua New Guinea [J]. Austr J Mar Freshw Res, 1986, 37: 55-65.
- [4] Senthil Murugan T. Growth, repetitive breeding, and aquaculture potential of the spiny lobster, *Panulirus ornatus*[J]. Zealand J Mar Freshw Res, 2005, 39: 311-316.
- [5] Payne S, Mike R. Microbial Diversity within Early-Stage Cultured *Panulirus ornatus* Phyllosomas[J]. Appl Envir Microbi, 2007, 73(6): 1940-1951.
- [6] David G. Bourne, Lone Høj, Nicole S. Webster et al. Biofilm development within a larval rearing tank of the tropical rock lobster, *Panulirus ornatus*[J]. Aquaculture, 2006, 260: 27-38.
- [7] 黄宗国. 中国海洋生物种类与分布[M]. 海洋出版社, 2008: 632-633.
- [8] 董聿茂, 汪宝永. 中国龙虾类的初步调查[J]. 东海海洋, 1984, 2(3): 57-63.
- [9] Ashley J, Frisch. Growth and reproduction of the painted spiny lobster (*Panulirus versicolor*) on the Great Barrier Reef (Australia) [J]. Fish Res, 2007, 85: 61-67.
- [10] Timothy D, S Roland Pitcher C Skewes, Darren M. Growth of ornate rock lobsters, *Panulirus ornatus*, in Torres Strait [J]. Mar Freshw Res, 1997, 48: 497-501.
- [11] 唐建清, 宋胜磊, 吕佳等. 克氏螯虾种群生长模型及生态参数的研究[J]. 南京师大学报: 自然科学版, 2003, 26 (1): 96-100.
- [12] 殷名称主编. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 51-63.
- [13] 叶富良, 张健东编著. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 46-53.
- [14] 苏振明, 王克行, 张存义, 等. 黄海增殖日本对虾的生长特性[J]. 水产学报, 1996, 20(1): 25-28.
- [15] 张澄茂. 闽东海区中国对虾放流虾的生长特性[J]. 水产学报, 2001(2): 116-117.
- [16] Cheng C S, Chen L C. Growth characteristics and relationships among body length, body weight and tail length of *Penaeus monodon*[J]. Taiwan Aqu, 1990 (91): 253-263.
- [17] 黄建华, 马之明, 李色东, 等. 池塘养殖斑节对虾的生长特性[J]. 海洋水产研究, 2006, 27 (1): 14-20.
- [18] 陈上及, 马继瑞. 海洋数据处理分析方法及其应用[M]. 北京: 海洋出版社, 1991: 63-66.

Growth model for one-year old *Panulirus ornatus*

LIANG Huafang^{1,2}, HE Jianguo¹

1. School of Life Sciences, Sun Yat-sen (Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China

2. Fisheries College, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China

Abstract: We developed a growth model for *Panulirus ornatus* by measuring the length of individuals during different growth periods during rearing in the laboratory. Growth was explained by the following equation: $W = 0.0358 \times L^{3.0432}$. The body immortal length was explained by the equation $L_t = 56.0 \times [1 - e^{-0.0531(t-1.1944)}]$. The relationship between body length and carapace length was $L = 2.7722CL + 0.3379$. The body weight growth equation was $W_t = 7481.2 \times [1 - e^{-0.0531(t-1.1944)}]^3$. The rate of change in body immortal length was explained by $D_t/D_t = 56.0 \times 0.0531 \times e^{-0.0531(t-1.1944)}$. The rate of change in body weight was explained by $dW/dt = 3 \times 7481.2 \times 0.0531 \times e^{-0.0531(t-1.1944)} \times [1 - e^{-0.0531(t-1.1944)}]^2$. The inflection point age of *P. ornatus* was 14.56 months, calculated using the formula $T_r = \ln 3/K + t_0$. Body length increased more rapidly during the early period. Conversely, body weight increased more rapidly in the later period. The body weight growth curve was represented by an asymmetrical S curve, but had an inflection point. The body weight increased up to a maximum of $79.24 \text{ g} \cdot \text{month}^{-1}$ at the inflection point.

Key words: *Panulirus ornatus*; growth inflection point; body weight; body length; growth model

Corresponding author: HE Jianguo. E-mail: lsshjg@mail.sysu.edu.cn