

文章编号:1000-0615(2008)06-0922-07

育珠期三角帆蚌的生长及其与珍珠增长的关系

张根芳¹, 刘其根², 方爱萍³, 叶秋红⁴, 李家乐²

(1. 金华职业技术学院, 浙江 金华 321007;

2. 上海水产大学农业部水产种质资源与养殖生态重点开放实验室, 上海 201306;

3. 金华市九色珍珠研究所, 浙江 金华 321007;

4 金华市威旺养殖新技术公司, 浙江 金华 321017)

摘要:通过对三角帆蚌壳长、壳宽、蚌总重(整体湿重)、内脏团湿重、壳重和珍珠重等指标在5-11月间的逐月连续测定,研究了常规养殖模式下育珠期2龄三角帆蚌在主要生长季节的生长规律及其与珍珠生长的相关性。结果表明:珍珠重(PW)与壳长(SL)、壳宽(SW)的关系分别为 $PW = 0.0008SL^{3.3946}$ ($R^2 = 0.6948$) 和 $PW = 0.7809SW^{1.0227}$ ($R^2 = 0.6888$);而珍珠重(PW)与蚌重(TW)、内脏团重(BW)和壳重(W)的关系分别为 $PW = 0.0021TW^{1.5434}$ ($R^2 = 0.7337$), $PW = 0.107BW^{0.9125}$ ($R^2 = 0.7158$) 和 $PW = 0.0324W^{1.1259}$ ($R^2 = 0.7101$);三角帆蚌总重(TW)与壳长(SL)、壳宽(SW)的关系最适合用指数函数进行拟合,其关系式分别为 $TW = 16.003e^{0.1681SL}$ ($R^2 = 0.7961$), 和 $TW = 64.311e^{0.1372SW}$ ($R^2 = 0.6822$);而内脏团重(BW)和壳重(W)与壳长(SL)、壳宽(SW)的关系则适合为幂函数曲线拟合,关系式分别为 $BW = 0.0188SL^{3.1427}$ ($R^2 = 0.6927$); $W = 0.0656SL^{2.7721}$ ($R^2 = 0.8271$) 和 $BW = 12.446SW^{0.8974}$ ($R^2 = 0.617$); $W = 19.876SW^{0.802}$ ($R^2 = 0.7563$)。本研究结果发现,珍珠生长与蚌总重、壳长和壳宽等外部测量指标之间的相关性显著,从而无须通过杀蚌取珠而直接通过这些外部生长指标的测定就能较好地了解珍珠的生长,更好地为珍珠养殖生产和管理提供指导。

关键词:三角帆蚌;生长;珍珠增长;壳长;壳宽;蚌总重;内脏团重;壳重

中图分类号:S 966.22⁺¹

文献标识码:A

中国珍珠的年产量已超过1800吨,占世界珍珠产量的96%以上。珍珠是我国少数几种能在国际市场起主导作用的出口产品。淡水珍珠养殖在我国已有悠久的历史,长期的养殖实践也培育了国内较为成熟的育珠技术。三角帆蚌是我国最主要的淡水育珠蚌,与我国悠久的养殖历史和较为成熟的育珠技术相比,国内对三角帆蚌养殖的基础生态学研究却十分有限。目前,对三角帆蚌的研究主要集中在三角帆蚌的种质^[1-4]、食性^[5-7]以及近年来将三角帆蚌用于改善水环境方面的一些尝试^[8-11]。有关三角帆蚌生长的研究

方面,王晓冬等^[12]就不同放养和管理模式对三角帆蚌的生长和养殖产量的影响开展了研究,高吉华等^[13]对吊养在池塘不同水深三角帆蚌的存活与生长进行了研究,李家乐等^[14]对五大湖三角帆蚌群体与诸暨养殖群体间的生长性能开展了比较研究等,但有关常规养殖模式下育珠期三角帆蚌的生长规律及其与珍珠增长之间的相互关系则未见报道。

由于缺乏对三角帆蚌生长与珍珠增长之间的相互关系的研究,目前国内要了解珍珠生长的情况,通常都是采取直接杀蚌取珠的方法,不但方

收稿日期:2008-09-27

资助项目:农业部农业结构调整重大技术研究专项项目(06-05-05B);国家科技支撑计划课题(2006BAD01A13);浙江省重大农业科技专项(2006C12113);上海市重点学科建设项目(Y1101)

作者简介:张根芳(1962-),男,浙江金华人,教授,主要从事淡水珍珠技术的研究. E-mail: fishman666@163.com.

通讯作者:刘其根, E-mail: qgliu@shfu.edu.cn

便,而且也对育珠生产有一定的影响。有关珍珠生长与贝类壳长生长的关系,仅见于国外对海水珠母贝的研究^[15],而有关淡水珍珠的研究未见报道。本研究通过对插珠后第二年的三角帆蚌的壳长、壳宽、蚌体重,以及内脏团重和珍珠重等指标进行逐月的连续测定,研究常规养殖模式下育珠期三角帆蚌的生长规律及其与珍珠增长之间的相互关系,旨在为通过三角帆蚌外部生长指标的测定来衡量珍珠生长提供可能的参数或方法,从而为河蚌育珠生产与管理提供指导。

1 材料与方法

试验在浙江省金华市威旺养殖新技术公司的珍珠养殖场内进行。试验所用育珠池面积 1.8 hm²,水深 1.9~2.2 m,试验池放养鱼类、施肥投饵等均按常规的育珠生产模式进行,其中的三角帆蚌吊养密度、放养的鱼类种类及其数量参见表 1。

育珠蚌养殖池的主要理化水质情况如表 2 所示。

表 1 三角帆蚌吊养密度及混养的鱼类种类和数量

Tab. 1 Density of *Hyriopsis cumingii* and the species and numbers of fish co-cultured ind · hm⁻²

蚌	鲢	鳙	鲫	草鱼	黄颡鱼
15 000	2 250	900	2 250	750	300

表 2 育珠蚌养殖池的主要理化水质情况

Tab. 2. The basic parameters of water quality in the pearl mussel pond

NH ₃ -N (mg · L ⁻¹)	NO ₂ -N (mg · L ⁻¹)	DO (mg · L ⁻¹)	pH	透明度 (cm)	水温 (℃)
0.4~1.0	≤0.15	4.0~8.2	7.5~8.5	25~35	10~35

实验蚌于 2004 年 8 月 22 日—9 月 9 日接种,各项生长指标的测定于 2005 年 5—11 月进行。每次测定的时间在每个月的 16 日左右。具体测定的方法是,先从养殖池中进行随机抽样,每次随机抽取试验池中的珠蚌 30 个,然后分别测量其壳长、壳宽、总重,并剖开珠蚌分离内脏团、壳和珍珠后分别称重,最后进行统计分析。其中,本研究的壳长是指蚌壳前、后端点间的最大距离,壳宽是指蚌壳铰合部两端之间的最大距离;长度单位的测定精确到 0.1 mm,重量测定精确到 0.1 g。

2 结果

2.1 育珠蚌的生长

育珠蚌壳长和壳宽的生长 5—11 月 2 龄育珠三角帆蚌的壳长和壳宽的生长情况如图 1 所示。从图中可见,育珠蚌的壳长和壳宽的生长格局不同,其中,壳长总体上从 5 月至 11 月都能增长,且生长速度除了在 6—7 月间略有减缓外,其余月份生长速度相差不大(图 1-a);而壳宽指标则在 6—7 月间增长最快,随后趋于稳定(图 1-b)。

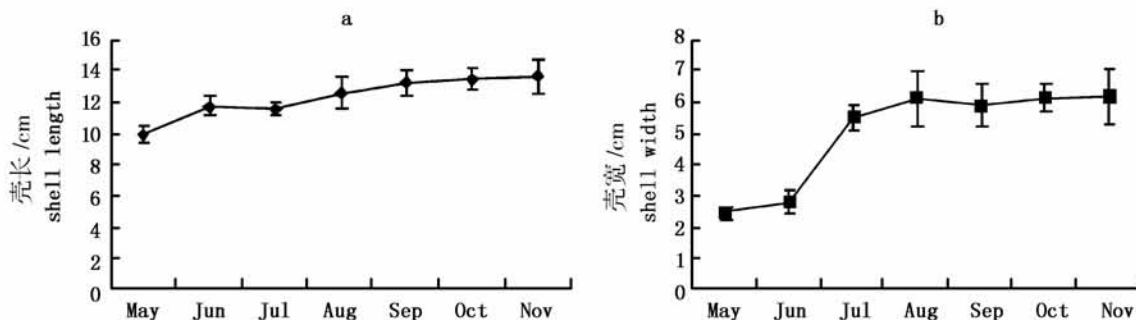


图 1 2 龄三角帆蚌壳长和壳宽随时间的变化

a. 壳长, b. 壳宽

Fig. 1 Temporal variation of shell length and shell width of the 2-year-old triangle sail mussel

a. shell length, b. shell width

育珠蚌总重、内脏团重和珍珠重的增长规律 育珠期 2 龄三角帆蚌的总重、内脏团重、壳重及珍珠重随时间增长的格局如图 2 所示。从图中可见,与长度指标不同,在浙江金华衢州地区,5-11 月期间珠蚌的几个重量指标如总重、内脏团重和壳重等均表现出一定程度的增长。珍珠重在 5-10 月间也在连续增加,但到了 11 月,珍珠的增长并没有和蚌的重量同步增长,说明这个时期的育珠蚌珍珠质分泌能力已经开始下降。生产中也能发现,10-11 月接种的蚌珍珠产量和质量都要差一些。

2.2 三角帆蚌壳长、壳宽和壳高等长度指标的增长与育珠蚌总重、内脏团重和壳重等重量指标增长的关系

三角帆蚌壳长与总重、内脏团重和壳重的关系 育珠期 2 龄三角帆蚌总重(TW)、内脏团重(BW)和壳重(W)与壳长(SL)的关系如图 3 所示。从图 3 可见,三角帆蚌总重(TW)、内脏团重(BW)和壳重(W)等重量指标与壳长(SL)生长的关系经拟合,分别呈指数函数和幂函数关系, $TW = 16.003e^{0.1681SL}$, ($R^2 = 0.7961$); $BW =$

$0.0188SL^{3.1427}$, ($R^2 = 0.6927$); $W = 0.0656SL^{2.7721}$, ($R^2 = 0.8271$)。

三角帆蚌壳宽与总重、内脏团重和壳重的关系 三角帆蚌总重、内脏团重和壳重与壳宽之间的关系如图 4 所示。从图中可见,三角帆蚌总重(TW)、内脏团重(BW)和壳重(W)与壳宽(SW)之间的关系和与壳长的关系相似,三角帆蚌总重(TW)与壳宽(SW)呈指数函数关系,其关系式为 $TW = 64.311e^{0.1372SW}$ ($R^2 = 0.6822$); 而内脏团重(BW , 湿重)、壳重(W)与壳宽(SW)之间均为幂函数关系,其关系式分别为: $BW = 12.446SW^{0.8974}$ ($R^2 = 0.617$); $W = 19.876SW^{0.802}$ ($R^2 = 0.7563$)。

2.3 珍珠增长与育珠蚌生长的关系

珍珠增长与育珠蚌壳长和壳宽的关系 珍珠重(PW)与育珠蚌壳长(SL)、壳宽(SW)的关系如图 5 所示。经拟合,珍珠重(PW)与育珠蚌壳长(SL)、壳宽(SW)的关系最适合用幂函数表示,分别为: $PW = 0.0008SL^{3.3946}$ ($R^2 = 0.6948$); $PW = 0.7809SW^{1.0227}$ ($R^2 = 0.6888$)。

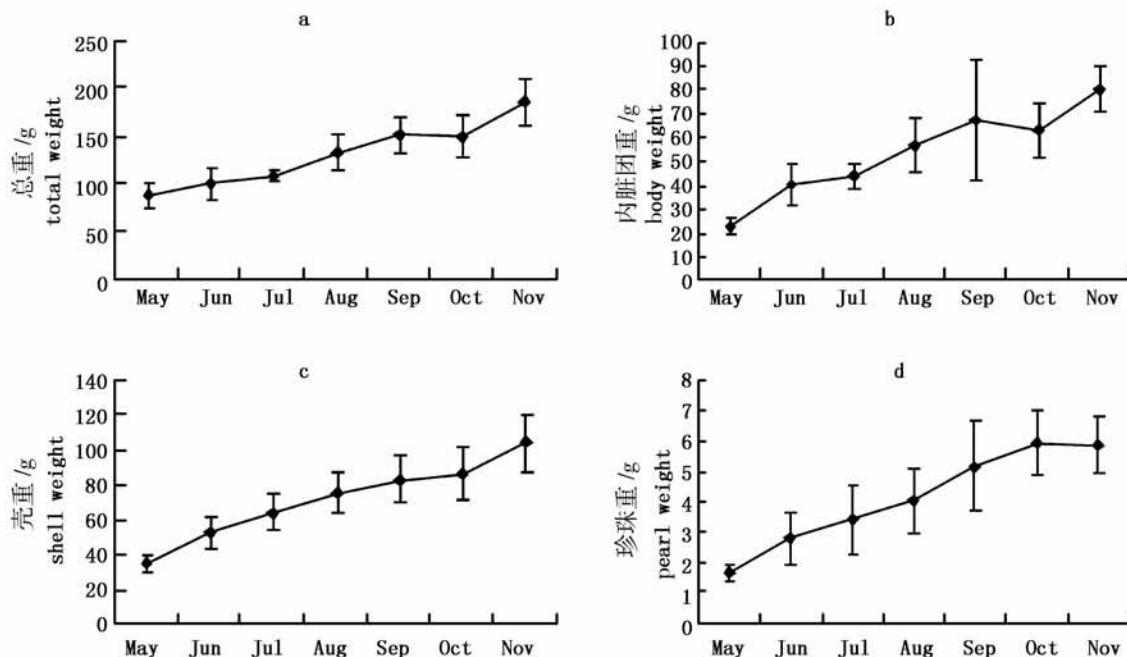


图 2 5-11 月间 2 龄三角帆蚌总重(a)、内脏团重(b)、壳重(c)和珍珠重(d)的变动

Fig. 2 Temporal variation of total weight, body weight, shell weight and pearl weight of

2 year old triangle sail mussel from May to November

a. total weight; b. body weight; c. shell weight; d. pearl weight

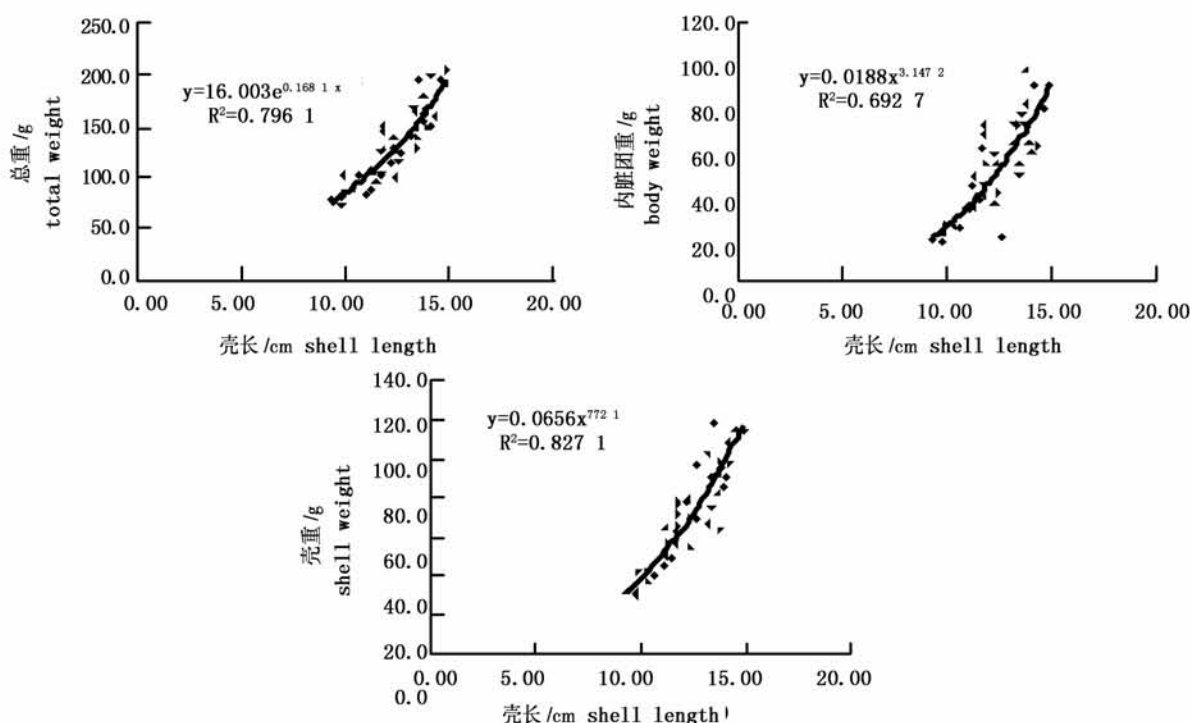


图3 2龄三角帆蚌总重、内脏团重和壳重与壳长的关系

a. 总重(TW)与壳长(SL), b. 内脏团重(BW)与壳长(SL), c. 壳重(W)与壳长(SL)

Fig. 3 Relationship between growth of total weight, body weight, shell weight and the growth of shell length of 2 year old mussels

a. TW-SL, b. BW-SL, c. W-SL

珍珠增长与总重、内脏团重和壳重的关系

图6显示了珍珠重(PW)与育珠蚌总重(TW)、内脏团重(BW)和壳重(W)的关系。其关系分别为: $PW = 0.0021TW^{1.5434}$ ($R^2 = 0.7337$), $PW = 0.107BW^{0.9125}$ ($R^2 = 0.7158$), $PW = 0.0324W^{1.1259}$ ($R^2 = 0.7101$), 均呈现出幂函数关系, 而且珍珠重与育珠蚌总重、内脏团重和壳重三个指标的相关性均显著。

3 讨论

贝类的生长历来受国内外贝类生态学研究的重视。国外的研究主要集中在对潮间带或近海自然种群贝类的壳长生长及其与年龄的关系等方面, 大多用 von Bertalanffy 生长方程进行拟合^[16-18], 国内对海水贝类体重等重量生长指标与壳长等长度生长指标的关系方面也进行了一些研究。Liu 等^[19]对海湾扇贝的研究发现体重与壳长的相关性极显著($P < 0.01$), 但他们没有给出具体的回归关系式。石琼和陈舜华^[20]对翡翠贻贝壳长与体重关系的研究发现, 翡翠贻贝的总重

(整体湿重 W) 与壳长 L 之间呈幂函数关系 ($W = 0.112488 \times L^{2.70038}$)。与以往研究不同的是, 本研究的对象不是单纯食用贝类, 珍珠是生产对象的主要关注点, 因此, 本研究更关注贝类生长与珍珠增长之间的关系, 而并非局限在贝类自身的生长。

本研究发现, 珍珠的增长与壳长、壳宽等长度指标及与总重、内脏团重和壳重等重量指标均呈幂函数关系, 且相关显著(图5和6)。珍珠重(PW)与壳宽(SW)、壳长(SL)的关系分别为: $PW = 0.7809SW^{1.0227}$ ($R^2 = 0.6888$) 和 $PW = 0.0008SL^{3.3946}$ ($R^2 = 0.6948$); 珍珠重(PW)与蚌重(TW)的关系为: $PW = 0.0021TW^{1.5434}$ ($R^2 = 0.7337$), 而珍珠重(PW)与内脏团重(BW)和壳重(W)的关系分别为 $PW = 0.107BW^{0.9125}$ ($R^2 = 0.7158$) 和 $PW = 0.0324W^{1.1259}$ ($R^2 = 0.7101$); 由决定系数(R^2)的大小可见, 珍珠增长与几个重量指标(如总重、内脏团重和壳重)的相关性高于与长度指标(壳长、壳宽)的相关性, 而且与蚌总重的相关性最高。

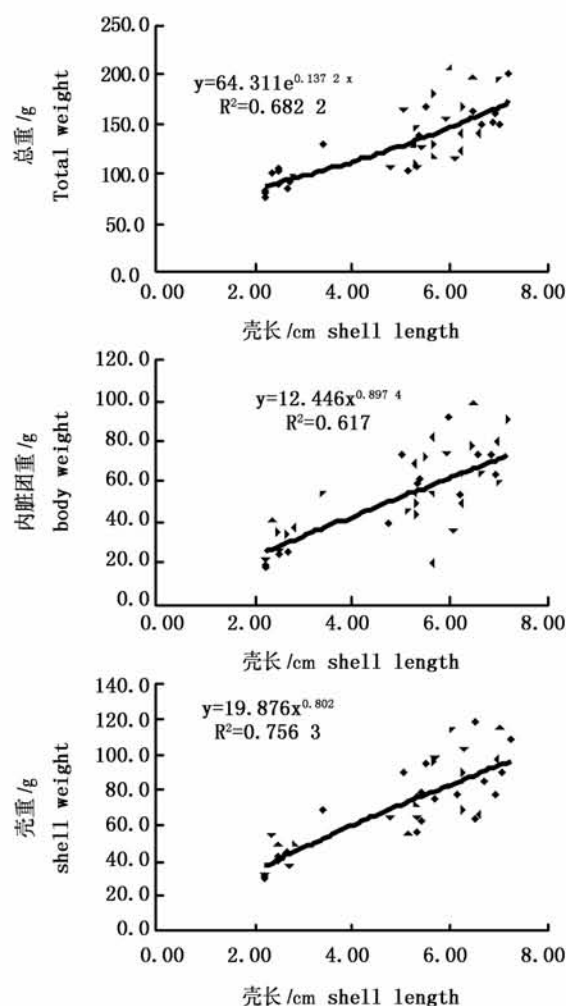


图4 2龄三角帆蚌总重、内脏团重和壳重与壳宽的关系

a. 总重(TW)与壳宽(SW); b. 内脏团重(BW)与壳宽(SW); c. 壳重(W)与壳宽(SW)

Fig. 4 Relationship between growth of total weight, body weight, shell weight and the growth of shell width of 2 year old mussels

a. TW-SW, b. BW-SW, c. W-SW

衡量育珠生产效果的量化指标除了蚌体的测量指标外,更重要的是珍珠生长指标,但是珍珠生长的产量指标不通过直接杀蚌取珠,目前还没有一个比较有效的方法,本试验通过野外生产水体,对处于生长阶段的育珠蚌进行长期跟踪测定,给出较准确的回归关系,从而据此即可用蚌体外观指标的测定来有效地衡量珍珠生长情况,简便易行。蚌总重的称量非常简便,因此生产中就可以无需解剖蚌仅通过称量蚌重即能间接了解珍珠生长的情况,这在生产上具有很大的便利性。研

究显示,不仅是蚌重,壳长和壳宽等外部测量指标也能较好地反映珍珠的生长,因此在生产中均可作为推断珍珠生长情况的间接指标。

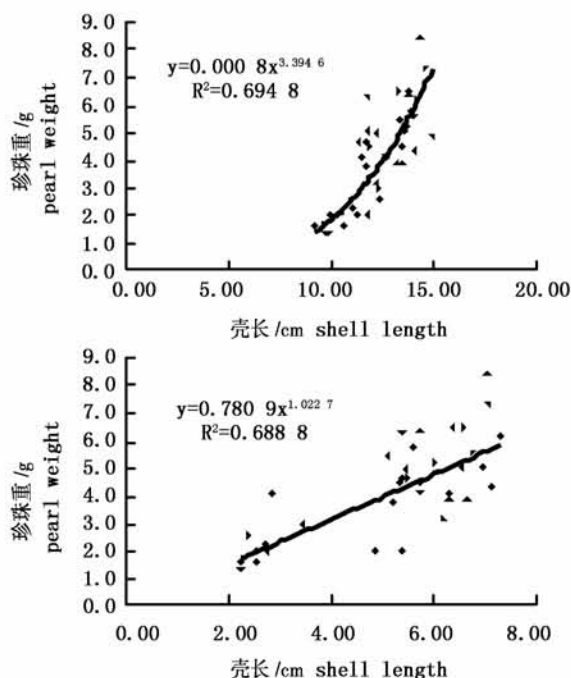


图5 2龄育珠蚌平均珍珠重与平均壳长、平均壳宽的关系

Fig. 5 Relationship between the pearl weight gained and mean shell length and mean shell width of 2 year old pearl mussel

5-11月间2龄育珠三角帆蚌的总重、内脏团重和壳重等重量指标随时间的变化格局基本类似,均随时间而呈现持续的增长,这一研究结果与国外多种贝类的自然种群的增长格局相似^[15-17]。但三角帆蚌壳长和壳宽等长度指标随时间的变化格局则有一定的特殊性,其中壳长随时间的变化格局与各重量指标相似,即随时间呈现持续的增长;而壳宽则在6-7月间有一快速的增长期,随后生长趋缓(图1)。

研究还发现,三角帆蚌总重(湿重, TW)与壳长(SL)、壳宽(SW)之间呈指数函数关系,即 $TW = 16.003e^{0.1681SL}$, ($R^2 = 0.7961$), $TW = 64.311e^{0.1372SW}$ ($R^2 = 0.6822$); 而其内脏团重(湿重, BW)和壳重(W)与壳长(SL)、壳宽(SW)之间则呈幂函数关系: $BW = 0.0188SL^{3.1427}$, ($R^2 = 0.6927$); $W = 0.0656SL^{2.7721}$, ($R^2 = 0.8271$);

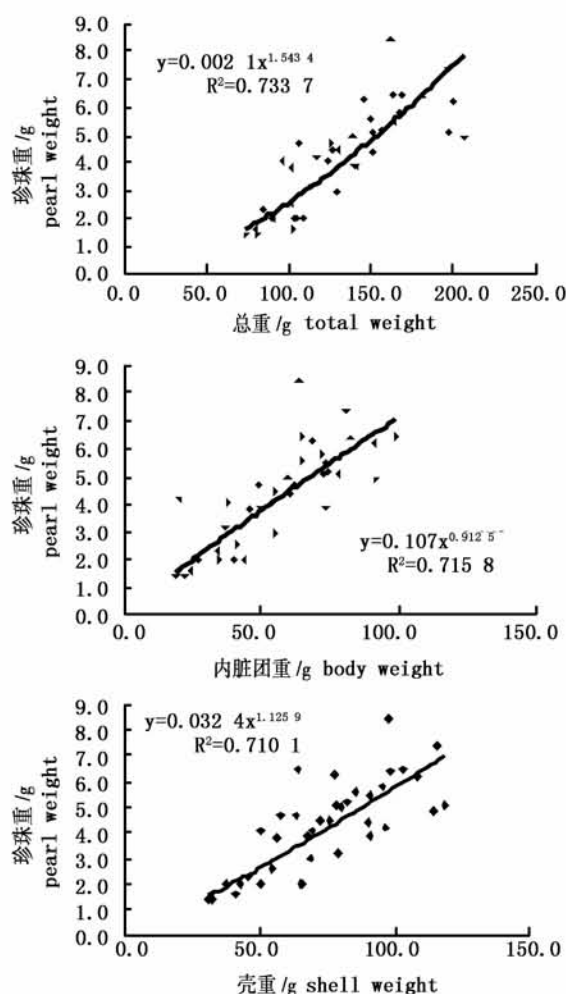


图6 2龄三角帆蚌珍珠增长(PW)与育珠蚌总重(TW)、内脏团重(BW)和壳重(W)增长的关系

a. 珍珠增重与总重; b. 与内脏团重; c. 与壳重

Fig. 6 Relationship between the growth of pearl weight (PW) and the growth of total weight (TW), body weight (BW) and shell weight (W) of the 2 year old triangle sail mussel

a. PW-TW, b. PW-BW, c. PW-W

$BW = 12.446SW$ ($R^2 = 0.617$); $W = 19.876SW^{0.802}$ ($R^2 = 0.7563$)。这与石琼和陈舜华^[20]对翡翠贻贝的研究结果有所不同,后者发现,翡翠贻贝的总体湿重与壳长也是幂函数关系,而非指数函数关系。

值得指出的是,在以往文献中,贝类的体重通常都用软体部干重表示,但本研究考虑到用软体部干重于野外研究有诸多不便,相反,贝类湿重在野外可以直接测定,非常简便,且研究表明,湿重与蚌的各项生长指标以及与珍珠生长的回归性良好,因此完全可以利用湿重来反映河蚌和珍珠

的总体生长情况,因而更具实用价值。

参考文献:

- [1] 李家乐,钱荣华,鲍宝龙,等. 中国五大湖三角帆蚌遗传多样性的 RAPD 分析[J]. 上海水产大学学报, 2005,14(1):1-5.
- [2] Wang G L, Wang J J, Li J L. Preliminary study on applicability of microsatellite primers developed from the *Crassostrea gigas* for genomic analysis of *Hyriopsis cumingii* [J]. 水产学报, 2006, 30(1):15-20.
- [3] 汪桂玲,袁一鸣,李家乐. 中国五大湖三角帆蚌群体遗传多样性及亲缘关系的 SSR 分析[J]. 水产学报, 2007,31(2):152-158.
- [4] Li J L, Wang G L, Bai Z Y, et al. Ten polymorphic microsatellites from freshwater pearl mussel, *Hyriopsis cumingii* [J]. Molecular Ecology Notes, 2007,7(6):1114-1116.
- [5] 杨品红,张胜强,谢春华,等. 春夏季三角帆蚌小蚌主要食物组成研究[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版)2005,17(4):29-30,38.
- [6] 朱爱民,陈文祥,栾建国,等. 三角帆蚌食性及摄食率的初步研究[J]. 水生生物学报, 2006,30(2):244-246.
- [7] 费志良,吴军,赵钦,等. 三角帆蚌对藻类滤食及消化的研究[J]. 淡水渔业 2006,36(5):24-27.
- [8] Zhang G F, Deng M Z, Fang A P. The effects of co-cultivation of pearl mussels and fishes on water pollution control in middle or small sized water [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2004, 22(4): 425-430.
- [9] 费志良,潘建林,徐在宽,等. 三角帆蚌对水体悬浮物和叶绿素 a 消除量的研究[J]. 海洋湖沼通报, 2005,2:40-45.
- [10] 吴军,马楠,施丽丽,等. 三角帆蚌对精养鱼塘水体主要水质因子的调控[J]. 南京师大学报(自然科学版),2005,28(3):92-96.
- [11] 费志良,廖馨,赵沐子,等. 三角帆蚌对富营养化水体悬浮物消除的时效模型[J]. 南京大学学报(自然科学版),2005,41(6):634-638.
- [12] 王小冬,王伟良,董向全,等. 不同放养和管理模式对三角帆蚌生长与养殖产量的影响[J]. 上海水产大学学报, 2006,15(3):315-320.
- [13] 高吉华,王伟良,王岩,等. 吊养在池塘不同水层中的三角帆蚌的存活和生长[J]. 淡水渔业, 2007, 37(4):61-64.
- [14] 李家乐,白志毅,钱荣华. 中国五大湖三角帆蚌群体与诸暨养殖群体生长性能的比较研究[J]. 水产科技情报,2006,33(6):243-246

- [15] Wada KT, Komaru A. Color and weight of pearls produced by grafting the mantle tissue from a selected population for white shell color of the Japanese pearl oyster *Pinctada jixata martensii* (Dunker) [J]. *Aquaculture*, 1996, 142: 25–32.
- [16] Cardoso D, Witte J, Van Der Veer H. Growth and reproduction of the bivalve *Spisula subtruncata* (da Costa) in Dutch coastal waters [J]. *Journal of Sea Research*, 2007, 57: 316–324.
- [17] Richardson C A, Pehard M, Kennedy H, et al. Age, growth rate and season of recruitment of *Pinna nobilis* (L) in the Croatian Adriatic determined from Mg:Ca and Sr:Ca shell profiles [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2009, 369: 1–16.
- [18] Pouvreau S, Tiapari J, Gangnery A, et al. Growth of the black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*, in suspended culture under hydrobiological conditions of Takapoto lagoon French Polynesia [J]. *Aquaculture*, 2000, 184: 133–154.
- [19] 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.
- [20] 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, 15(1): 48–51.

Growth of the freshwater pearl mussel *Hyriopsis cumingii* and its correlation with the growth of pearls

ZHANG Gen-fang¹, LIU Qi-gen², FANG Ai-ping³, YE Qiu-hong⁴, LI Jia-le²

(1. Jinhua Professional Technological College, Jinhua 321007, China;

2. The Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquacultural Ecology (AGRA), The Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

3. Institute of nine color pearls of Jinhua, Jinhua 321017, China;

4. Company of New Technology of Weiwang Aquaculture, Jinhua 321007, China)

Abstract: Through the monthly measurement on the shell length, shell width, total weight, weight of body mass, shell weight and weight of pearls of the freshwater pearl mussel *Hyriopsis cumingii* from May to November, the growth pattern of the 2 year old pearl mussel in its main growing season and its correlation with the growth of the pearls were studied. Results showed: the relation between the pearl weight (PW) and the shell length (SL) and shell weight (SW) were $PW = 0.0008SL^{3.3946}$ ($R^2 = 0.6948$) and $PW = 0.7809SW^{1.0227}$ ($R^2 = 0.6888$), respectively, while the relation between PW and total weight (TW) of the mussel, weight of body mass (BW) and weight of the shell (W) were $PW = 0.0021TW^{1.5434}$ ($R^2 = 0.7337$), $PW = 0.107BW^{0.9125}$ ($R^2 = 0.7158$) and $PW = 0.0324W^{1.1259}$ ($R^2 = 0.7101$), respectively. The relationship between TW and SL, SW were exponential curve fitting and could be expressed as $TW = 16.003e^{0.1681SL}$, ($R^2 = 0.7961$) and $TW = 64.311e^{0.1372SW}$ ($R^2 = 0.6822$), respectively, while the relation between BW and SL, SW, and the relation between W and SL, SW were all power function fitting, and could be described as $BW = 0.0188SL^{3.1427}$, ($R^2 = 0.6927$), $BW = 12.446SW^{0.8974}$ ($R^2 = 0.617$), $W = 0.0656SL^{2.7721}$, ($R^2 = 0.8271$) and $W = 19.876SW^{0.802}$ ($R^2 = 0.7563$), respectively. Results of this study indicated that there exist a significant correlation between the pearl growth and the growth of the mussel, which suggested that to learn the growth of pearls, it is no more necessary to direct measure the pearls by dissecting sample mussels, instead, it is now possible to measure the weight and shell length etc. of the mussels and the growth of the pearls could be also well learnt through the correlation obtained.

Key words: *Hyriopsis cumingii*; growth; growth of pearls; shell length; shell width; the total weight of the mussel; weight of the mussel body mass; shell weight