

三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)珍珠钙 代谢的周年性变化研究*

曾文涛 罗文 郑大恒

(绍兴文理学院生命科学学院 绍兴 312000)

提要 采用生态调查和生理生化方法,对植片后的 1 龄三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)进行了为期一年的调查研究,拟探讨珍珠形成和钙代谢的相关性。定期测定珍珠囊和珍珠的重量、直径及水温,同时取其鳃、围心腔和外套膜组织进行酸、碱性磷酸酶活性检测及钙含量等测定。结果表明,1 龄植片后的三角帆蚌珍珠囊和珍珠在一周年之中出现三次快速生长期。外套膜中的酸、碱性磷酸酶均在 165d 时升至最高。鳃组织中钙含量显著高于围心腔和外套膜。经 Pearson 相关分析显示,珍珠囊和珍珠的重量、直径分别与三种组织中的碱性磷酸酶活性及外套膜中的钙含量呈显著性正相关($P < 0.05$);同时,外套膜中的钙含量与三种组织中的碱性磷酸酶呈显著性正相关($P < 0.05$);水温与外套膜、围心腔中的钙含量呈显著性负相关($P < 0.05$),与三种组织中的酸性磷酸酶呈显著性正相关($P < 0.05$)。提示:鳃是三角帆蚌钙吸收、贮存和钙调节的重要器官,形成珍珠的钙一部分来源于循环系统,另一部分可由外套膜直接从环境中吸收,碱性磷酸酶对珍珠生长起着重要的调节作用。

关键词 三角帆蚌;珍珠;酸性磷酸酶;碱性磷酸酶;钙代谢

中图分类号 S966.22

我国是淡水珍珠养殖大国,2011 年淡水珍珠产量达 2305t (农业部渔业局,2012),占世界淡水珍珠产量 95% 以上。三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)隶属于瓣鳃纲、珠蚌科、帆蚌属,为我国淡水珍珠培育的主要品种(潘炳炎等,1994)。然而,在其所产珍珠中,劣质珠所占比例过高(张根芳等,2003),因此,如何全面提升珍珠品质,增加其附加值,成为当前珍珠养殖业中亟待解决的问题。珍珠是由 90%—95% 的 CaCO_3 结晶而成(小林新二郎等,1965),因此 Ca^{2+} 吸收成为影响珍珠品质的关键因素之一。

国内外目前对三角帆蚌钙代谢方面的研究主要集中在外套膜钙的组织化学定位及运输途径、重要离子钙代谢机制(Peti, 1980; 陈蜀娜等,1994; 邱安东等,1999a),三角帆蚌酶活性及环境因子对离子代谢的影响(Malley *et al*, 1985; 邱安东等,1999b)。这些研究的

开展是解决贝类钙代谢和沉积中各种问题的主要方向。外套膜细胞分泌的钙质进入外套膜外腔溶液,最终形成碳酸钙结晶,有秩序地沉积在壳内表面,完成贝壳的增长和加厚,所形成的贝壳是碳酸钙结晶与壳基质层相互交替排列的结构,从珍珠的剖面上也可看到类似的结构(邵晓阳等,1999)。珍珠形成是一个复杂的生物矿化过程,受基因和酶等因子的调控。近年来,依托与生物技术的发展,有关离子浓度、pH 等水质调控因素对贝类代谢和生长的影响的报道和研究逐渐增多,研究从显微水平已深入到亚显微水平(Petit, 1980; 戴永定等,1995; 施志仪等,2010; 李文娟等,2011; 李琰等,2012)。此外以外套膜、珍珠囊为中心的贝类组织学、组织化学以及生物矿化(Peti, 1980; Falini *et al*, 1996)等方面的研究也取得的很大的成效,为育种和育珠以及贝类的养殖提供了科学

* 国家科技支撑计划子项目,2012BAD26B04-2 号;绍兴市科技局科研项目,2011B6009 号,2012B70030 号;浙江省科技厅公益性农业项目,2012C32014 号。曾文涛,博士,讲师,E-mail: zengwt2010@gmail.com

通讯作者:罗文,博士,教授,E-mail: luowen@usx.edu.cn

收稿日期:2012-06-06,收修改稿日期:2012-08-28

的依据。

三角帆蚌的钙代谢是形成优质珍珠的重要因素,其代谢过程受诸多因素的影响,目前,珍珠形成及钙代谢的周年变化规律鲜有报道。本研究从酶活性、组织中 Ca^{2+} 浓度和水温三方面入手,探索研究一年中不同时期酶活性的变化对钙代谢的影响,进一步了酶活性的变化和钙的代谢的机理和相关性。为使三角帆蚌更好地育珠、良种选育、养殖生产管理和水质的控制等提供科学依据,从而提高珍珠的品质,促进整个珍珠养殖业的发展。

1 材料与方法

1.1 材料

刚植片的 500 只 1 龄三角帆蚌于 2010 年 3 月取自绍兴市诸暨山下湖养殖基地,经 7d 饲养后吊养在绍兴市福全镇珍珠养殖场。从 2010 年 3 月 28 日—2011 年 3 月 26 日,每隔 15d 取样 1 次。每次随机取 5 只蚌,每只蚌取 10 个珍珠囊和珍珠,分别测量珍珠囊和珍珠的重量及直径,同时监测水温变化,其间在冰上取鳃、外套膜、围心腔组织装入预冷的冷冻管,然后迅速放入液氮中,带回实验室后放入 -30°C 低温冰箱冷冻保存以备酶活性及钙含量等测定。

1.2 方法

1.2.1 组织匀浆制备 把各种组织表面的水用滤纸吸干,用电子天平各取组织 0.1g 左右,加 1ml 预冷的生理盐水(0°C),放入冰浴匀浆器里进行组织匀浆,然后 2000r/min,冷冻离心 10min,取上清液分别进行考马斯亮兰蛋白测定,酸性磷酸酶(ACP)、碱性磷酸酶(AKP)的测定,另取相应编号的组织运用原子吸收法测定其钙含量。

1.2.2 酶活力测定和计算 酸性磷酸酶、碱性磷酸酶和考马斯亮兰蛋白测定试剂盒均购置南京建成生物工程研究所,按其说明书进行操作。

蛋白质含量采用标准牛血清蛋白与考马斯亮兰反应,分光光度计在 595nm 处的吸光值与对应标准蛋白质浓度做标准曲线,检测样品蛋白质含量。

酸性磷酸酶单位定义(U/g protein): 每克组织蛋白在 37°C 时与基质作用 30min 产生 1mg 酚为 1 个酶活力单位。

碱性磷酸酶单位定义(U/g protein): 每克组织蛋白在 37°C 时与基质作用 15min 产生 1mg 酚为 1 个酶活力单位。

1.2.3 原子吸收法测定 Ca^{2+} 含量 Ca^{2+} 含量测定

根据罗文等(2010)的方法,用电子天平精确称量样品重量(约 0.2g 左右),将样品放入锥形瓶中,分别滴加消化液(浓硝酸 高氯酸 = 4 : 1) 5ml,在万用加热器上高温消化 1—2h 至样品溶液清澈透明,然后转移至 10ml 比色管中,用 20g/L 的氧化镧溶液(11.725g 氧化镧溶解与 37.5ml 浓盐酸中,再用去离子水定容至 500ml)定容至 10ml,反复润洗 2—3 次,用原子吸收分光光度计测其吸光度 A 。另取 5 个不同标准 Ca^{2+} 浓度,做一条关于吸光度和钙浓度的标准曲线,此 5 个浓度分别为 0.5、1.0、2.0、4.0、8.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$,同时设空白对照,其吸光度值分别为 0.015、0.023、0.038、0.068、0.125,根据标准 Ca^{2+} 浓度和吸光度值得出的标准曲线,通过样品的吸光度值即可在曲线上求出浓度值,再将浓度值转化成钙的含量就可得到样品中 Ca^{2+} 含量。

标准曲线公式: 浓度(C) = $0.0146 \times \text{吸光度}(A) + 0.0084$ ($R^2 = 0.9998$)

钙含量(g/kg) = C ($\mu\text{g}/\text{ml}$) $\times 10$ (ml) \times 稀释倍数/样品质量(g)。

1.3 数据统计分析

数据以平均值 \pm 标准差(Means \pm SD)的形式表示;应用 SPSS 17.0 软件对数据进行统计分析;采用 Pearson 相关分析来检验各调查指标之间的相关关系, $P < 0.05$ 表示相关系数具有统计学意义。

2 实验结果

2.1 三角帆蚌珍珠囊、珍珠周年生长变化

从表 1 中可以看出,珍珠囊直径与珍珠直径基本一致,珍珠囊和珍珠的重量、直径之间经 Pearson 相关性检验显示,各生长参数之间均呈显著性正相关($P < 0.05$),说明珍珠囊和珍珠在生长中是同步的。在 165d(8 月 27 日)时珍珠沉积最快。进入 2 龄(1 月份和 3 月份)后再次出现生长快速期。

2.2 围心腔、外套膜、鳃酸性酶、碱性磷酸酶的活力的周年变化

图 1 显示,外套膜和围心腔组织中的酸性磷酸酶在 165d(8 月 27 日)左右时到达最高峰,鳃的酸性磷酸酶的活力在 135d 左右到达高峰,比围心腔、外套膜中的酸性磷酸酶活力提早到达高峰,但相对活力低于围心腔、外套膜。三种组织中酸性磷酸酶的活性与水温之间呈显著性正相关($P < 0.05$),其中外套膜中酸性磷酸酶的活性与水温之间呈极显著性正相关($P < 0.01$)。

表 1 三角帆蚌珍珠周年生长情况
Tab.1 The growth parameters of pearl in *H. cumingii*

时间(d)	珍珠囊直径(mm)	珍珠囊重量(g)	珍珠直径(mm)	珍珠重量(g)	水温(°C)
1	2.47±0.4204	0.01±0.0009	2.35±0.2367	0.00±0.0007	16.00
15	2.52±0.1528	0.02±0.0286	1.94±0.2742	0.01±0.0092	18.00
30	2.42±0.1155	0.01±0.0013	2.17±0.1607	0.00±0.0014	20.00
45	2.67±0.0764	0.01±0.0030	2.28±0.2466	0.01±0.0023	21.50
60	3.07±0.3403	0.02±0.0091	2.53±0.3819	0.01±0.0046	24.00
75	3.23±0.4646	0.02±0.0045	2.53±0.5107	0.01±0.0031	23.00
90	3.27±0.0764	0.02±0.0029	2.85±0.1000	0.02±0.0031	26.00
105	3.13±0.0577	0.02±0.0041	2.37±0.2843	0.01±0.0045	31.00
120	4.08±0.1041	0.05±0.0046	3.37±0.0764	0.04±0.0045	31.00
135	3.55±0.6538	0.03±0.0134	2.72±0.3014	0.02±0.0108	36.00
150	4.00±0.2179	0.05±0.0042	3.35±0.2000	0.04±0.0072	32.00
165	4.83±0.2466	0.11±0.0436	4.22±0.4010	0.09±0.0374	34.00
180	3.80±0.4500	0.04±0.0188	3.22±0.5346	0.03±0.0169	25.00
195	3.98±0.4368	0.04±0.0189	2.98±0.4805	0.03±0.0160	26.00
210	4.40±0.5408	0.07±0.0213	3.77±0.4368	0.06±0.0187	23.00
225	4.17±0.3547	0.07±0.0236	3.68±0.4252	0.06±0.0224	21.00
240	4.50±0.2784	0.06±0.0140	3.52±0.4072	0.05±0.0123	19.00
255	4.77±0.2754	0.07±0.0083	3.55±0.1000	0.05±0.0070	17.00
270	4.68±0.2021	0.07±0.0131	3.77±0.2309	0.06±0.0121	13.00
285	5.10±0.2784	0.10±0.0138	3.92±0.1607	0.08±0.0110	10.00
300	5.78±0.6371	0.15±0.0238	4.63±0.4252	0.12±0.0276	9.00
315	5.10±0.6000	0.11±0.0346	4.32±0.4010	0.09±0.0325	7.80
330	4.65±0.1803	0.07±0.0050	3.93±0.1893	0.06±0.0047	10.20
345	6.23±0.3547	0.21±0.0591	5.08±0.4509	0.19±0.0652	16.00
360	5.97±0.4252	0.20±0.0550	5.15±0.5292	0.18±0.0621	24.00

图 2 中, 外套膜中碱性磷酸酶在 165d(8月 27 日)左右到达最高峰, 其活性高峰的出现晚于鳃和围心腔。三种组织中碱性磷酸酶活性第一个高峰出现在 7—8 月份, 第二个高峰出现在次年 1 月份及 2 月份, 活性高峰与珍珠生长高峰出现时间相似, 相关性检验显示, 三种组织中的碱性磷酸酶与珍珠囊和珍珠的重量、直径之间均呈显著性正相关 ($P<0.05$), 并且鳃中碱性磷酸酶与珍珠囊、珍珠的重量和直径之间呈极显著性正相关 ($P<0.01$)。三种组织的酸、碱性磷酸酶之间也呈显著性正相关。

2.3 同时期鳃、外套膜和围心腔个部分组织的 Ca^{2+} 含量测定结果

从图 3 中可以看出, 鳃中钙含量明显高于围心腔

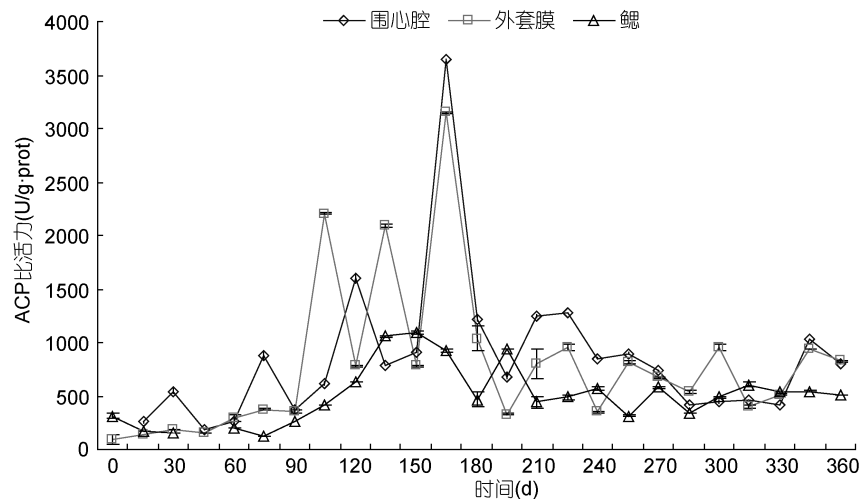


图 1 鳃、外套膜、围心腔酸性磷酸酶活性的周年变化(U/g protein)

Fig.1 Specific activities of ACP in gills, mantles and pericardial cavity (U/g protein)

和外套膜中, 并且有两个明显的高峰期, 出现在 5 月份和 1 月份。围心腔和外套膜钙含量高峰期分别出现在次年 1 月的上旬和下旬。Pearson 相关性检验显示, 外套膜中的钙含量与珍珠囊、珍珠的重量和直径呈显

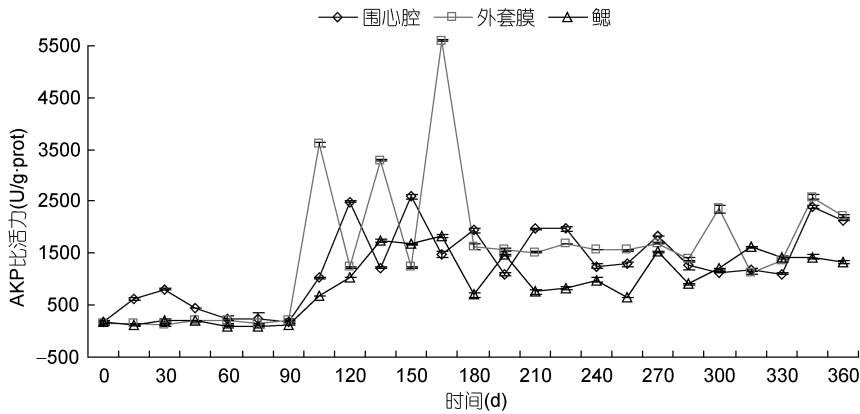


图2 鳃、外套膜、围心腔的碱性磷酸酶活性的周年变化(U/g protein)

Fig.2 Specific activities of AKP in gills, mantles and pericardial cavity (U/g protein)

著性正相关,与三种组织中的碱性磷酸酶呈显著性正相关($P < 0.05$),同时,外套膜中的钙含量与围心腔中的钙含量呈极显著性正相关($P < 0.01$)。另外,鳃和围心腔中的钙含量与珍珠囊和珍珠的重量、直径之间相关性不显著($P > 0.05$),说明外套膜中的钙含量可能受碱性磷酸酶的影响并且直接影响甚至决定珍珠的生长,亦可推断外套膜中的钙可能来源于两部分,一部分源于自身循环系统,即机体本身的钙运输到外套膜;另一部分直接从环境中吸取。水温与外套膜和围心腔中的钙含量之间呈显著性负相关($P < 0.05$)而与鳃中钙含量相关性不显著($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 Ca^{2+} 吸收的方式

三角帆蚌贝壳珍珠层和珍珠的晶体结构相同,均为 $CaCO_3$ 霏石结晶,化学组成也极为相似,由90%—95%的 $CaCO_3$ 和5%—10%的有机质组成(张玺,1962)。有关形成贝壳珍珠层及珍珠的钙的来源,小林新二郎等(1965)采用放射性核素钙研究发现,贝类从周围水环境和饵料中吸收钙,用以形成贝壳和珍珠,而作为饵料的浮游生物所含的钙量与贝体从周围水环境所吸收的钙量相比是微乎其微的,所以,钙主要是由与周围水环境相接触的贝体各部位吸收的,鳃的吸收量最多,其次是外套膜和其它器官。有学者(Petit,1980;陈蜀娜等,1994)认为构成珍珠的钙来源于外套膜以至整个贝体,而Beirao等(1986)和Coimbra等(1988)则认为构成贝类珍珠的钙主要通过鳃、外套膜等直接从水环境中吸收得到。本研究中,鳃中钙含量明显高于外套膜和围心腔也提示鳃对环境中的钙吸收最多。外套膜中的钙含量与围心腔中的钙含量呈极

显著性正相关,而鳃中钙含量与外套膜、围心腔中的钙含量以及珍珠的生长之间相关性不显著,可说明鳃可能作为钙在体内储存的一个库。据邵晓阳等(1999)报道,来源于机体各部位的钙必须在内脏团经过代谢才变成有活性的钙用以形成珍珠,因此可以推测鳃吸收的钙进入蚌体后,经内脏团的代谢,成为形成珍珠的重要钙源;另外研究发现(罗文等,2010),外套膜钙含量普遍偏低,其原因很可能是三角帆蚌正处在生长和珍珠形成的旺盛期,其从内脏团转化而来的活性钙很快转移到珍珠囊中沉积下来形

成珍珠(唐敏等,2000)。町井昭(1989)进一步研究发现育珠贝外套膜外表皮细胞能分泌形成珍珠质,邱安东等(1999a,b)研究发现,外套膜中间的结缔组织和腺细胞会把外套膜中的钙及有机质输送给珍珠囊用来分泌珍珠质,同时外套膜的内侧柱状细胞也会把钙及有机质分泌到蚌壳两侧以适应三角帆蚌的生长,同时还发现珍珠囊表皮细胞能分泌大量的蛋白质和多糖,且细胞之间还有一种来源于外套膜结缔组织的腺细胞,这些腺细胞也含有大量的多糖,它们共同参与珍珠的分泌形成。可见,外套膜作为贝壳的形成器官,同位素示踪及电生理学的研究结果都表明,它对钙具有高度的通透性,吸收的钙量多,利用率高,是形成珍珠和贝壳所需钙的主要来源(Coimbra *et al.*,1988;顾志峰等,2009;罗文等,2010)。本研究中,外套膜中钙含量与珍珠囊和珍珠的生长呈显著性正相关,也佐证了这些结论。

3.2 水温对 Ca^{2+} 吸收的影响

水温是影响水生生物生理活动的重要因素之一,过高或过低都不利于它们的新陈代谢(罗文等,2010)。宋中华等(2001)在对养殖珍珠质量影响因素的分析中指出,温度过高,显著加快珍珠质的分泌,但会影响 $CaCO_3$ 的结晶,使珍珠的光泽度和品质下降。另外,过高的温度也容易引起三角帆蚌的疾病发生,造成其机体抵抗力下降,从而影响珍珠质的分泌;过低的温度则使三角帆蚌代谢下降(罗文等,2010)。而在本文中,水温与外套膜和围心腔中的钙含量呈显著性负相关,说明水温过高不利于钙的吸收,而外套膜的钙含量有直接影响珍珠和珍珠囊的生长,因此,生产实践中要在养殖水体中控制合理的温度以协调珍珠

生长和品质的关系。本研究中水温与鳃中钙含量相关性不显著, 而鳃中的钙含量最高, 说明三角帆蚌的鳃除了作为重要的钙吸收器官还有可能作为重要的钙储存并调节机体钙储备的重要器官。

3.3 水温、酶、三角帆蚌生长和珍珠形成之间的关系

水温不仅影响三角帆蚌对环境中钙的吸收, 而且影响三角帆蚌体内酶的活性。很多学者证明磷酸酶在动物机体的骨化及一些营养物质的消化、吸收和转运中发挥着重要的作用(孙虎山等, 2008; 于彬彬等, 2012)。酸性磷酸酶主要分布在溶酶体中, 具有代谢调节、能量转化及信号转导等重要的生物学功能(罗文等, 2010)。本文中水温与酸性磷酸酶之间呈显著性正相关, 说明水温越高酸性磷酸酶的活性越高, 这一结果与一般生物酶的特性是一致的。本研究中整个养殖期间水温较高(表 1), 整个调查期间最低水温为 7℃, 可见水温继续升高可能会对三角帆蚌形成胁迫, 这样可能会引发三角帆蚌的防御应急反应, 溶酶体中释放出酸性磷酸酶, 并且其比活力与水温之间呈显著性正相关关系。外套膜中酸性磷酸酶的比活力与水温呈极显著性正相关, 并且保持比较高的比活力, 可能与外套膜内外表皮的分泌活动(受水温影响)有关(孙虎山等, 2008; 罗文等, 2010)。

一般认为碱性磷酸酶在动物骨钙化和骨质疏松等生物矿化过程中发挥着重要作用, 碱性磷酸酶通过水解有机磷酸酯使局部无机磷浓度升高, 促进磷酸钙沉淀, 从而促进钙的吸收并维持体内适宜的钙、磷比例(Kanspar *et al.*, 2000), 通过破坏矿化抑制物及作为钙结合蛋白的磷酸基转运因子而调控生物的矿化作用(刘东宁等, 2012)。本研究中三种组织中碱性磷酸酶的活性与珍珠囊和珍珠的重量及直径之间呈显著性正相关, 并且与外套膜中的钙含量亦呈显著性正相关, 说明三角帆蚌体外套膜中的钙含量可能受机体组织中碱性磷酸酶的影响, 从而影响甚至可能决定珍珠的生长。这一结果与施志仪等(2010)的结论一致, 即碱性磷酸酶活性与外套膜钙代谢呈正比例关系, 它的活性增

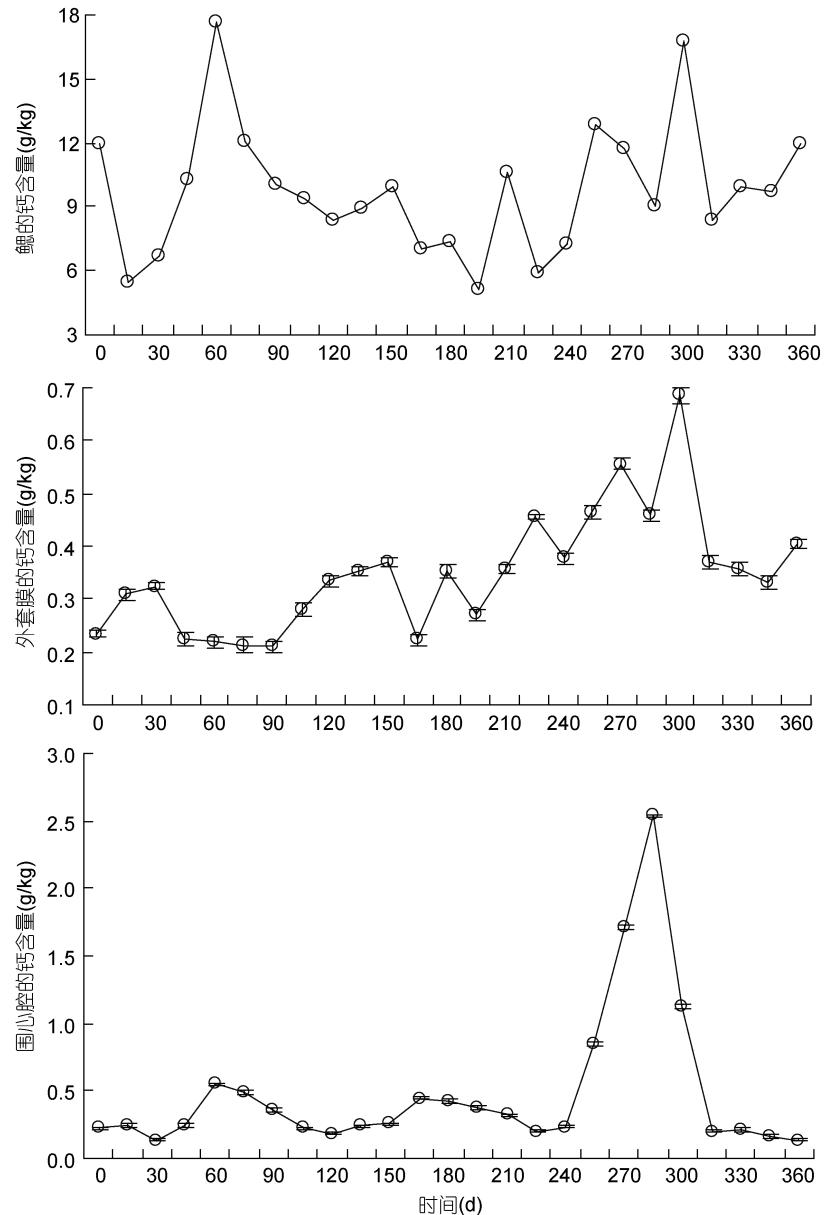


图3 鳃、外套膜和围心腔的 Ca^{2+} 含量变化

Fig.3 Variations of calcium contents in the gills, mantles and pericardial cavity

强时, 钙浓度也随之升高。

综上所述, 鳃是三角帆蚌钙吸收、贮存和钙调节的重要器官, 过高的水温影响组织钙的吸收, 外套膜中的钙一部分来源于自身循环系统, 另一部分直接从环境吸收并且可能受到碱性磷酸酶的影响, 这些因素均可影响珍珠的生长速度和优质珍珠的形成。

参 考 文 献

- 于彬彬, 贾志武, 张晓峰等, 2012. 镜鲤酸性磷酸酶的 QTL 分析. 水产学报, 25(3): 15—19
刘东宁, 王云国, 刘志礼等, 2012. 三七皂苷对大鼠骨髓基质细胞骨形成蛋白表达及碱性磷酸酶活性的影响. 南昌大

- 学学报(医学版), 52(9): 9—13
- 农业部渔业局, 2012. 中国渔业年鉴. 北京: 中国农业出版社, 30
- 孙虎山, 王宜艳, 梁建光等, 2008. 贻贝(*Mytilus edulis*)发育早期酸性和碱性磷酸酶活性. 海洋与湖沼, 39(1): 42—48
- 李 琰, 吴 丹, 文春根等, 2012. 镉对褶纹冠蚌抗氧化因子的影响. 农业环境科学学报, 31(11): 2108—2113
- 李文娟, 施志仪, 郝莹莹等, 2011. 应用激光共聚焦显微技术研究 Ca^{2+} 在三角帆蚌组织内的积累与分布. 水产学报, 35(2): 214—218
- 邱安东, 石安静, 1999a. 三角帆蚌珍珠囊细胞的分泌活动. 水产学报, 23(2): 115—121
- 邱安东, 石安静, 1999b. 不同 pH 值对三角帆蚌珍珠质分泌的影响. 动物学报, 45(4): 361—370
- 宋中华, 喻学慧, 张西焕, 2001. 养殖珍珠质量影响因素的分析. 宝石与宝石学杂志, 3(1): 18—21
- 张 玺, 1962. 珍珠贝和珍珠形成. 生物学通报, 1: 1—4
- 张根芳, 方爱萍, 2003. 浙江省淡水珍珠产业化发展思考. 中国渔业经济研究, 106(3): 7—9
- 陈蜀娜, 石安静, 1994. 河蚌外套膜钙的组织化学定位及运输途径的研究. 四川大学学报(自然科学版), 1: 175—178
- 邵晓阳, 黄惟灏, 林景雄等, 1999. 三角帆蚌内脏团与外套膜钙盐分布的组织化学研究. 青岛海洋大学学报, 29: 483—488
- 罗 文, 杨受保, 丁 盈等, 2010. 三角帆蚌(*Hyriopsis cumingii*)珍珠形成初期钙代谢的特征分析. 海洋与湖沼, 41(6): 895—900
- 施志仪, 郝莹莹, 李文娟等, 2010. 三种不同因子对三角帆蚌外套膜细胞 Ca^{2+} 流动性的影响. 中国细胞生物学学报, 32(5): 749—753
- 顾志峰, 王清印, 方建光等, 2009. 企鹅珍珠贝(*Pteria penguin*)在海南黎安港的生长特征. 海洋与湖沼, 40(4): 423—429
- 唐 敏, 石安静, 2000. 环境钙浓度对淡水育珠蚌外套膜及珍珠囊钙代谢的影响. 四川大学学报(自然科学版), 37: 741—746
- 潘炳炎, 黄文贵, 文仲芬, 1994. 珍珠实用新技术. 北京: 中国农业科技出版社, 101—103, 135—142
- 戴永定, 沈继英, 1995. 生物矿化作用机理. 动物学杂志, 30(5): 55—58
- 小林新二郎, 渡部哲光著, 熊大仁译, 1965. 珍珠的研究. 北京: 农业出版社, 1—40
- 町井 昭, 1989. 贝的组织培养. 蛋白质核酸酵素, 34(3): 193—196
- Beirao P S, Eorenson A L, 1986. Two types of action potentials in a secretory epithelium of a calm mantle. Exp Biol, 121: 179—195
- Coimbra J, Machado J, Fernandes P L *et al*, 1988. Electrophysiology of the mantle of *Anodonta cygnea*. Gen Physiol, 140: 65—88
- Falini G, Albeck S, Weiner S *et al*, 1996. Control of aragonite and calcite polymorphism by mollusk shell macromolecules. Science, 271: 67—69
- Malley D F, Chang P S, 1985. Effects of aluminum and acid on calcium uptake by the crayfish, *Orconectes virilis*. Archs Environ Contam Toxicol, 14: 739—747
- Petit H, 1980. Morphological studies on the calcification process in the fresh water mussel *Amblema*. Tissue & Cell, 12(1): 13—28

ANNUAL FLUCTUATION OF CALCIUM METABOLISM IN *HYRIOPSIS CUMINGII*

ZENG Wen-Tao, LUO Wen, ZHENG Da-Heng

(School of Life Sciences, Shaoxing University, Shaoxing, 312000)

Abstract Post-implantation *Hyriopsis cumingii* were investigated for one year to study on the relationship between calcium metabolism and pearl centered using the methods of ecological investigation and Physiology and Biochemistry. The values of the weights and diameters for pearls capsule and pearls, while, water temperature, calcium contents and specific activities of ACP and AKP in gills, mantles and pericardial were measured every 15 days. The results showed that the growth of weight and diameter has three fast growing stages. The specific activity of ACP and AKP in mantles and reached the peak at the day 165. The contents of calcium in gills were much higher than in mantles and pericardial cavity. After Pearson correlative analysis, the results showed that the weight and diameter of pearls capsule and pearls significantly correlated positively with the specific activity of AKP in gills, mantles and pericardial cavity and the calcium contents in pericardial cavity respectively ($P < 0.05$, respectively), while the calcium contents in pericardial cavity significantly correlated positively with the specific activity of AKP in gills, mantles and pericardial cavity ($P < 0.05$, respectively). Water temperature significantly correlated negatively with the calcium contents of mantles and pericardial cavity, and significantly correlated positively with the specific activity of ACP in the three tissues. In conclusion, gill of in *H. cumingii* may be as a important organ for calcium absorption, store and regulation, calcium in mantles for pearl centered are from its organisms via its circulating system and absorption by mantles directly from its living environment, moreover, the AKP activity affect the calcium content in mantle, these may affect the growth of pearls.

Key words *Hyriopsis cumingii*; acid phosphates; alkaline phosphates; activity; calcium metabolism