

太湖河蚬软体部分 6 种矿物质元素的含量及相关性分析

刘洪波, 杨 健*

(中国水产科学研究院内陆渔业环境与资源重点开放实验室,
中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 江苏 无锡 214081)

摘 要: 以西太湖宜兴市水域产河蚬为材料, 利用电感耦合等离子质谱仪测定其软组织中矿物质元素 Na、K、Mg、Mn、Cu 和 Se 的含量。结果表明: 6 种矿物质元素在河蚬体内的含量由高到低依次为 Na、K、Mg、Mn、Cu、Se, 其平均值分别可达 1215.2、763.4、656.2、115.6、65.8、3.2mg/kg(以干质量计); 太湖产河蚬的 Cu、Mn、Se 元素含量较高, Na-K、Na-Mg、Na-Se、Mg-Se、Mg-K 和 K-Se 等营养元素之间有协同积累的趋势。

关键词: 河蚬; 矿物质元素; 相关性; 太湖

Determination and Correlation Analysis of Six Mineral Element Contents in Soft Parts of *Corbicula fluminea*

LIU Hong-bo, YANG Jian*

(Key Open Laboratory of Ecological Environment and Resources of Inland Fisheries, Freshwater Fisheries Research Center,
Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China)

Abstract: The water area of Yixing city, located in the western shore of the Taihu Lake, is one of the famous traditional production places of *Corbicula fluminea* in China. An ICP-MS was used to study the contents of 6 mineral elements and their correlation in the soft parts of *C. fluminea*, which collected from the aforementioned water area. The results showed that 6 mineral elements could be ranked in decreasing order of their contents as follows: Na > K > Mg > Mn > Cu > Se, revealing an average content of 1215.2, 763.4, 656.2, 115.6, 65.8 mg/kg and 3.2 mg/kg dry weight basis, respectively. The contents of Cu, Mn and Se of *Corbicula fluminea* obtained in this study were higher than previously reported. Moreover, a significant positive correlation was found between elemental concentrations of Na-K, Na-Mg, Na-Se, Mg-Se, Mg-K and K-Se, suggesting that co-accumulation of these elements possibly exists in *C. fluminea*.

Key words: *Corbicula fluminea*; mineral element; correlation; the Taihu Lake

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)14-0142-04

河蚬(*Corbicula fluminea*)属软体动物门、瓣鳃纲、真瓣鳃目、蚬科, 是广布于我国江河、湖泊内的一种小型双壳贝类, 也是淡水生态系统中重要的底栖动物。由于其不仅含有较高的蛋白质、较为全面和丰富的氨基酸等营养物质^[1], 而且对肝病、高血压等均有很好的辅助疗效, 不仅我国消费者喜食用, 每年大量鲜活优质河蚬还远销日、韩及东南亚的一些国家, 是出口创汇的优质水产品之一^[2]。20 世纪末, 太湖河蚬资源蕴藏量

为 4.7 万吨, 可年供逾 5800 吨“太湖活蚬”^[3]。江苏无锡市的宜兴市位于太湖西畔, 历史上其沿岸水域一直为盛产河蚬的高密区^[3], 也是 9 个注册登记出口野生淡水贝类的捕捞场之一^[4]。对贝类来说, 矿物质元素的含量不仅对其繁殖和生长具有重要作用^[5], 而且对其营养价值的高低有直接影响。此外, 贝类元素含量间的相关性很可能反映它们在贝类生命活动中的协同作用^[6-7]。迄今, 有关太湖宜兴沿岸河蚬中矿物质元素的调查和评

收稿日期: 2011-06-04

基金项目: 人力资源与社会保障部高层次留学人才回国工作资助项目(2-115084)

作者简介: 刘洪波(1968—), 女, 助理研究员, 研究方向为渔业环境与环境资源保护。E-mail: liuhb@ffrc.com

* 通信作者: 杨建(1964—), 男, 研究员, 博士, 研究方向为渔业环境与环境资源保护。E-mail: jiany@ffrc.com

价尚未见报道。本实验拟对采自该水域河蚬软组织中的Na、Mg、K、Mn、Cu、Se矿物质元素含量进行测试,并对其相互之间的相关性进行调查,以期掌握河蚬中这些元素的生物积累状况和相互间可能的协同作用,从矿物质元素的角度为评价太湖宜兴沿岸河蚬的营养价值提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 材料、试剂与仪器

2007年5月在宜兴市大浦附近水域的滩地(简称“宜兴滩”,下同)采集到河蚬标本,装入干净的双层聚乙烯袋中,迅速带回实验室,放于 -20°C 低温冰箱保存待测。由于河蚬本身属于小型双壳贝类,单个个体的软体部分的量较少,不够单独成样,故本研究选择个体较完整的149个河蚬个体,先测量每个河蚬的壳长、壳宽、壳高和带壳质量等生物学性状,用超纯水冲洗6遍后随机将其分为7个分析样本组(第1~6组含20个河蚬,第7组含29个河蚬)(各组河蚬样本平均的生物学测量数据见表1),再解剖将一组分析样本组所有河蚬的软体部分沿内壁取下,混于一起作为一个待测样本。用这种方法分别处理另外6个分析样本组,共得到7个待测样本。称湿质量后于 80°C 的干燥箱中烘24h至质量恒定。计算出各待测样本中的含水量(表2),发现软体部分干质量与湿质量的比率约为8,可用于对本研究结果的干湿质量浓度换算。将河蚬干样用玛瑙研钵研磨成粉末均一化,置于干燥器中待用。

高纯 HNO_3 (MOS级) 国药集团化学试剂有限公司;
国家一级贻贝样品(GBW08571) 国家标准物质中心。

表2 河蚬软体部分的含水情况

Table 2 Moisture contents in soft parts of *Corbicula fluminea* %

样本组名	2007cf-1	2007cf-2	2007cf-3	2007cf-4	2007cf-5	2007cf-6	2007cf-7
含水率	85.7	85.9	86.7	87.3	87.9	89.5	89.3
干湿质量比率	14.3	14.1	13.3	12.7	12.1	10.5	10.7

Teflon 分解器 日本 Sanai 公司; ICP-MS 7500ce 型
电感耦合等离子体质谱仪 美国 Agilent 公司; 纯水机
美国 Milli-Q 公司。

1.2 方法

取0.1g干样置于Teflon分解器中,加入1.5mL高纯 HNO_3 ,并在室温条件下预酸解至少6h,然后进行微波(230W)消解3次,每次7min。再用超纯水定容。Na、Mg、K、Mn、Cu、Se用电感耦合等离子体质谱仪测定,并以Ge、Y、In元素作为内标准。取与样品相同量的国家一级贻贝样品检测到各元素的回收率范围为77%~110%。用STATVIEW5.0软件(美国SAS软件研究所)进行统计分析,数据除特别说明之外均用“平均值 $\pm$ 标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 矿物质元素的质量分数

从表3可知,6种矿物质元素在河蚬体内的生物积累程度从大到小的次序为Na、K、Mg、Mn、Cu、Se。这些元素质量的平均值分别可达1215.2、763.4、656.2、115.6、65.8、3.2mg/kg(以干质量计,下同)。

Na、K、Mg、Mn、Cu和Se均是包括贝类在内的生命体必需的营养物质。Na是细胞外液最重要的阳

表1 河蚬样本的生物学性状

Table 1 Biological characteristics of *Corbicula fluminea* samples used in the present study

分析样本组名	标本数	壳长/mm	壳宽/mm	壳高/mm	带壳质量/g	软组织质量/g
2007cf-1	20	16.91 $\pm$ 0.71	14.83 $\pm$ 0.96	10.01 $\pm$ 0.68	2.23 $\pm$ 0.24	0.42 $\pm$ 0.07
2007cf-2	20	16.33 $\pm$ 0.84	14.36 $\pm$ 0.50	9.76 $\pm$ 0.65	1.69 $\pm$ 0.22	0.34 $\pm$ 0.06
2007cf-3	20	17.03 $\pm$ 1.10	14.90 $\pm$ 0.83	10.42 $\pm$ 0.71	1.83 $\pm$ 0.25	0.34 $\pm$ 0.05
2007cf-4	20	15.81 $\pm$ 0.84	14.00 $\pm$ 0.63	9.47 $\pm$ 0.57	1.46 $\pm$ 0.17	0.27 $\pm$ 0.03
2007cf-5	20	17.81 $\pm$ 1.1	15.75 $\pm$ 0.67	11.37 $\pm$ 0.62	1.42 $\pm$ 0.2	0.27 $\pm$ 0.05
2007cf-6	20	16.16 $\pm$ 0.67	14.48 $\pm$ 0.62	10.71 $\pm$ 0.50	1.16 $\pm$ 0.10	0.19 $\pm$ 0.03
2007cf-7	29	16.16 $\pm$ 1.04	14.41 $\pm$ 0.78	10.58 $\pm$ 0.49	1.13 $\pm$ 0.16	0.19 $\pm$ 0.03

表3 河蚬中Na、Mg、K、Mn、Cu和Se的质量分数

Table 3 Na, Mg, K, Mn, Cu and Se contents in soft parts of *Corbicula fluminea*

矿物质元素	测定值							测定平均值	标准差
	2007cf-1	2007cf-2	2007cf-3	2007cf-4	2007cf-5	2007cf-6	2007cf-7		
Na	1672	1431	1342	1149	1412	691.1	809.6	1215.2	284.6
Mg	643.4	693.8	673	634.1	665.8	649.2	700	656.2	26.0
K	916.4	921.5	742.6	718.1	687	658.2	700.1	763.4	88.9
Mn	91.1	94.9	76.2	111.7	109	163.8	162.9	115.6	27.3
Cu	23.8	78.5	81.1	70.2	70.7	68.6	67.9	65.8	12.0
Se	3.1	3.3	3.3	3.3	3.5	2.7	3.3	3.2	0.2

离子,是维持恒定的体液渗透压和细胞外容量的重要元素;K是细胞内主要的阳离子,参与水分的代谢、维持机体的酸碱平衡;Mg是磷酸化酶、磷酸转移酶、脱羧酶和酰基转移酶等的辅基和激活剂^[8],也是碱性磷酸酶(ALP)的组成金属。三角帆蚌外套膜的Mg能够增强ALP的活力,从而促进珠蚌体内Ca的代谢和积累^[9]。Mn参与许多酶的合成^[10],Cu通常在双壳贝类里是合成血蓝蛋白^[11-12]的必需元素,而Se在贝类体内起重要的抗氧化作用^[13]。

2.2 矿物质元素间的相关性

采用Spearman等级相关分析元素质量分数间相关性,结果表明,Na-K、Na-Mg、Na-Se、Mg-Se、Mg-K和K-Se之间的正相关达到了统计学上的显著性水平(图1)($P < 0.05$)。这种现象显示出相关矿物质元素间在河蚌体内的生命活动中有协同吸收的趋势,而元素的协同吸收又有可能与其在一些特定的生理机能起相辅相成的作用有关。K、Na分别是细胞内外主要的阳离子,二者的协同吸收对维持机体渗透压、酸碱平衡等正常代谢不可或缺。Mg²⁺是细胞膜Na⁺、K⁺-ATP酶和Ca²⁺-ATP酶的激活剂,Mg²⁺缺乏时,Na⁺、K⁺-ATP酶和Ca²⁺-ATP酶的活性降低,使得细胞内外阳离子代谢失常,导致细胞内环境的改变、细胞的生理功能受损,从而出现一系列的病理变化^[14]。本研究的结果显示,河蚌中Mg与Na和K质量分数之间具有正相关性,尚未出现拮抗作用等病理反应。Se因是谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的重要组成部分,特别具有防癌和抗衰老等生物活性^[15]而备受关注,Se与有关元素的协同与拮抗作用表明,与蛋白质相联系的Cd-Se复合物可有效拮抗Cd的毒性;缺Mn可能降低Se的吸收等^[16],尚未有Se与K、Na、Mg协同吸收对动物的生命活动有不良影响的报道。

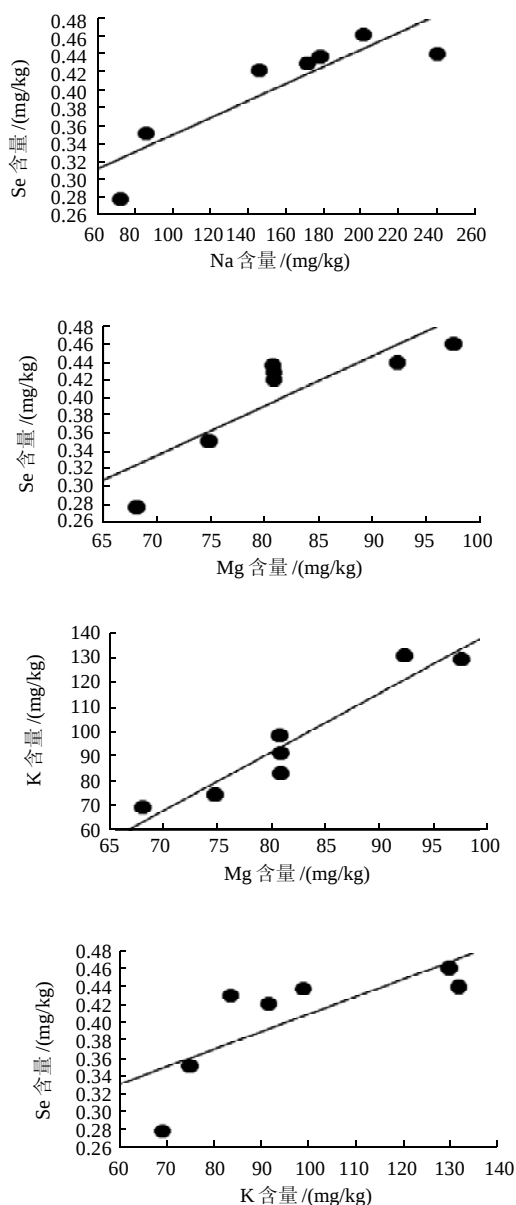
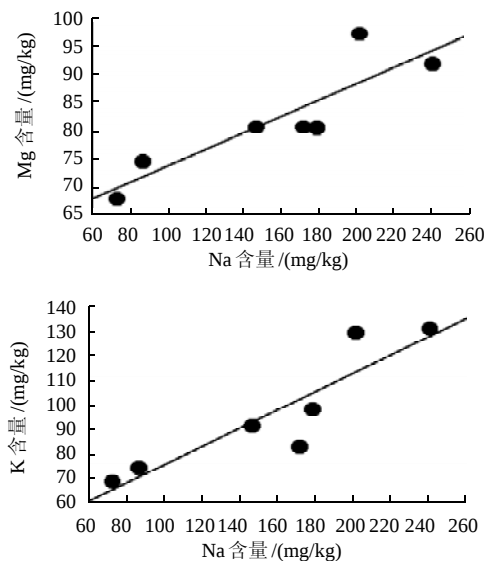


图1 河蚌中矿物质元素间的相关性

Fig.1 Correlation between mineral element contents in soft parts of *Corbicula fluminea*

3 讨论

3.1 河蚌体内矿物质元素的分布特征

河蚌是一种滤食性动物,以水中浮游生物(如硅藻、绿藻、原生动物、轮虫等)为食料^[12],主要通过摄食积累矿物质元素。Na、K、Mg为常量元素,Mn、Cu、Se则为微量元素;因此,前者的质量分数可明显高于后者。本研究淡水太湖的河蚌和前人研究的长江口咸淡水交汇水域的河蚌^[17]都显示出这种趋势。值得注意的是,在这种总体趋势下,不同生境仍有可能导致积累程度不同并细微改变矿物质元素质量分数的排列顺

序,如后者质量分数大小顺序则为K、Na、Mg、Cu、Se,其平均值分别为8225、5378、914、50.1、0.28mg/kg^[17]。不难发现,其Na、K质量分数顺序与本研究相反,且常量元素K、Na、Mg的积累水平高于本研究淡水个体,但微量元素Cu、Se的水平则低于本研究。另外,文献^[18]报道阿根廷拉普拉塔(Río de la Plata)河口水域河蚬体内的Cu、Mn值范围分别为29~64mg/kg和26~81mg/kg。与其相比,这两种微量元素在太湖宜兴滩相似规格的河蚬体内水平均较高。不仅如此,正如前文结果与分析中所显示的那样,太湖宜兴滩河蚬在Se含量上的优势亦十分明显。本研究样本中Se元素的含量不仅远高于长江口河蚬0.28mg/kg的测定值^[17],亦远高于海鱼(平均Se含量为0.4023mg/kg)、淡水鱼(平均硒含量为0.1908mg/kg)^[19]和中国不同地区海虾样品0.85~2.41mg/kg的Se含量范围^[15]。因此,太湖宜兴滩河蚬能够作为独特的动物性硒元素营养来源,在富硒食品或饲料添加剂方面具有良好的开发利用前景。

3.2 矿物质元素间的相关性及可能的生理机制

本研究中太湖宜兴滩河蚬体内矿物质元素Na-K、Na-Mg、Na-Se、Mg-Se、Mg-K和K-Se质量分数间有显著的正相关关系(图1)。这种现象可能与河蚬体内相关矿物质元素间的协同吸收,进而在一些特定的生理机能上起协同作用有关。矿物质元素的相关性在植物中的研究较多,被认为是欧李(*Cerasus humilis*)生殖器官的正常生长发育时既需要充足矿质营养积累,又需要矿质营养元素协同作用动态平衡过程的体现^[20];也被认为与水稻籽粒各矿物质元素离子在吸收及运转过程中同一吸收位点、运转子对不同矿物质元素离子的协同吸收、运输、分配或不同元素对同一吸收位点、运转子的竞争性作用有关^[21]。对动物来说,元素间相互作用的生理机制大体可归为3类:(1)形成生理活性互补的元素化合物;(2)被对特定元素具有强亲和力的生物大分子(如蛋白质)共同结合;(3)作为生物酶活性中心的元素被化学性质类似的元素所替换^[22]。可以想见,元素间的相关性可以对经济生物的元素积累及品质形成^[23]产生重要影响。然而,迄今有关贝类矿物质元素间的相关性及其机制的研究尚很少。推测太湖宜兴滩河蚬矿物质元素之间存在的正相关性同样可能与生命活动中上述的生理机制相关。贝类矿物质元素间的相关性及其机制探索和意义希望能在今后的研究中得到进一步重视。

参考文献:

- [1] 韩鹏,王勤,陈清西.河蚬软体部分营养成分分析及评价[J].厦门大学学报:自然科学版,2007,46(1):115-117.
- [2] 凌去非,宋学宏,康华东,等.昆承湖河蚬资源及水体理化因子的初步探讨[J].水利渔业,2001,21(1):44-46.
- [3] 曹文明,周刚,盛建明,等.太湖河蚬资源现状及演变[J].南京林业大学学报,2000,24(增刊1):125-128.
- [4] 童明龙,程琳,王雷,等.野生捕捞淡水贝类出口风险分析及应对[J].检验检疫学刊,2010,20(5):56-59;74.
- [5] 谭北平,麦康森,周岐存.贝类营养研究进展[J].水产学报,1999,23(2):193-198.
- [6] 刘洪波,尤洋,戈贤平,等.池塘养殖及野外移殖三角帆蚌元素积累的差异[J].生态与农村环境学报,2009,25(2):107-112.
- [7] 杨健,曲疆奇,刘洪波.野生及养殖背角无齿蚌中元素的生物积累特征[J].生态环境学报,2010,19(3):570-575.
- [8] 李爱杰.水产动物营养与饲料学[M].北京:中国农业出版社,1996:58-60.
- [9] 施志仪,李勇,谢先中.三角帆蚌外套膜碱性磷酸酶与钙代谢的关系[J].上海水产大学学报,2008,17(3):291-297.
- [10] GOYER R A, CLARKSON T W. Toxic effects of metals[M]/KLASSEN C D. Casarett and doull's toxicology: The basic science of poisons. 6th ed. New York: McGraw Hill, 2001: 811-868.
- [11] SCOTT D M, MAJOR C W. The effect of copper (II) on survival, respiration, and heart rate in the common blue mussel, *Mytilus edulis*[J]. Biology Bulletin, 1972, 143(3): 679-688.
- [12] Van HOLDE K E, MILLER K I, DECKER H. Haemocyanins and invertebrate evolution[J]. Journal of Biological Chemistry, 2001, 276(19): 15563-15566.
- [13] TRAN D, MOODY A J, FISHER A S, et al. Protective effects of selenium on mercury-induced DNA damage in mussel haemocytes[J]. Aquatic Toxicology, 2007, 84(1): 11-18.
- [14] 王志禄.内地高辛、钠、钾、镁与高血压病胰岛素抵抗的相关性[J].心血管康复医学杂志,2002,11(2):127-129.
- [15] 朱元元,尹雪斌,周守标.南极磷虾硒及矿质营养的初步研究[J].极地研究,2010,22(2):135-140.
- [16] 王夔.生命科学中的微量元素[M].北京:中国计量出版社,1991:214-218.
- [17] 庄平,宋超,章龙珍.长江口河蚬营养成分的分析与评价[J].营养学报,2009,31(3):304-306.
- [18] BILOS C, COLOMBO J C, PRESA M J. Trace metals in suspended particles, sediments and Asiatic clams (*Corbicula fluminea*) of the Río de la Plata Estuary, Argentina[J]. Environmental Pollution, 1998, 99(1): 1-11.
- [19] 陈历程,杨方美,胡秋辉,等.南京市主要食物含硒量分析及居民硒营养水平评价[J].食品科学,2000,21(10):57-58.
- [20] 马建军,张立彬.野生欧李生长期矿质营养元素含量的变化[J].园艺学报,2004,31(2):165-168.
- [21] 孙明茂,杨昌仁,李点浩,等.粳稻“龙锦1号/香软米1578”F3家系群糙米矿质元素含量变异及相关性分析[J].中国水稻科学,2008,22(3):290-296.
- [22] 木村修一,左右田健次.微量元素と生体[M].东京:秀润社,1987:57-73.
- [23] JIANG S L, WU J G, FENG Y, et al. Correlation analysis of mineral element contents and quality traits in milled rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(23): 9608-9613.