

潮水变化对北固山湿地水质影响研究

吴春笃, 张 耘, 储金宇

(江苏大学环境学院, 江苏 镇江 212013)

摘要 对镇江市北固山湿地潮水变化规律进行了研究, 分析了湿地水质与潮水水深的相关关系。研究表明: 湿地潮水在丰水期的日周期为 1 日 2 次涨落, 其水位最大落差为 1.59 m。随着潮水水位由高到低各采样点总氮、总磷和氨氮的浓度值由小变大。靠近排污口的 1[#] 采样点总氮、总磷和氨氮在低潮时的值分别是高潮时的 2 倍、3 倍和 2 倍。2[#] 采样点总氮、总磷和氨氮浓度值分别是高潮时的 1.5 倍、2 倍和 1 倍。1[#]、2[#] 点各指标值与潮水水深具有极显著的负相关关系。潮水水位的变化对其水质有显著影响, 潮水水深与对照点的各项指标有负相关关系, 但相关性并不显著。潮水的涨落对其水质没有显著影响。根据方差分析, 随着采样点与排污口距离的增加, 其水质各指标值显著下降, 水质明显变好。这是潮水物理化学以及土壤、植物和生物综合作用的结果。

关键词 湿地; 潮水水位; 总氮; 总磷; 氨氮

中图分类号: 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2007)05-0006-05

Impacts of tidal variation on water quality in Mount Beigu Wetland

WU Chun-Du, ZHANG Yun, CHU Jin-yu

(School of Environment, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract The variation of tidewater in Mount Beigu Wetland in Zhenjiang City was studied. The relation between water quality in the wetland and tidewater depth was discussed. Results show that the wetland tide fluctuates twice a day in flood period, and the biggest fall of water level is 1.59m. The lower the tidewater level is, the higher the concentration of TN, TP, and NH₃-N is. The concentration of TN, TP, and NH₃-N is much higher in low tide than that in high tide, that is 2, 3, and 2 times at sampling point 1[#] which is next to the outfall and 1.5, 2, and 1 times at sampling point 2[#]. The concentration of the indices is negatively related to tidewater depth, and the influence of tidewater level on water quality is remarkable. The negative relevancy in contrast areas is less remarkable, and the rise and fall of tidewater does not influence the parameters obviously. With the increasing of distance from sampling point to outfall, the concentration of water quality parameters decreases obviously, and the water quality becomes better, which is the result of physical, chemical characteristics of tidewater and the contribution of soil, plants and biology.

Key words wetland; tidewater level; TN; TP; NH₃-N

湿地是地球上重要的生存环境和生态系统。它具有稳定环境、保护物种基因及资源利用等功能, 被誉为自然之肾、生物基因库和人类摇篮。湿地在地球上广布于各气候带——从赤道到极地均有分布^[1]。而湿地水文情势又直接制约着湿地地下水补给、径流调蓄和气候调节等水文功能。水是湿地生态系统中最重要物质迁移媒介, 与其他环境因子、生物因子耦合作用于湿地的生物地球化学循环过程, 影响湿地中元素的循环与转化、物质的滞留和去除、污染物净化、

沉积物拦截等功能^[2-3]。因此, 湿地水质状况的调查与研究对湿地的保护与利用具有重要意义。

1 实验方法

1.1 实验区概况

a. 湿地概况。镇江北固山湿地是一滨江湿地, 位于长江中下游平原的镇江市北固山下, 东经 119°28', 北纬 32°15', 属于东部季风湿润区, 为北亚热带, 年降水量达 800 ~ 1 600 mm, 年平均气温 15.4℃, 全

年无霜期 240~260 d,年积温 5 000~6 500℃,且四季分明。该湿地受长江水位的影响,最大水位出现在每年的 5~9 月,是 1 年中的水位最高季节。1~4 月处于枯水期,湿地露出水面,10~12 月为平水期^[4]。内江湿地的年周期特性为夏季丰水期,冬季枯水期;月周期特性为每月有 2 次朔望大潮;日周期特性为不规则的半日潮,即每天有 2 次涨落潮。

b. 湿地周边雨污排放概况。根据对湿地现场调查,北固山湿地周围的污染源主要有 3 个,即大东沟排污口、雨水溢流口和交通公司雨水排放口,如图 1 所示。大东沟排污口、雨水溢流口排放的雨水和废水经过湿地流入内江,而交通公司雨水排放口排放的雨水直接进入内江,对湿地影响较小。根据镇江市环境监测站的调查资料,各排放口平均每年向湿地和内江排放的污染物量为:大东沟排放口:总氮 42.25 t/a,总磷 2.138 t/a;雨水溢流口:总氮 16.08 t/a,总磷 1.012 t/a;交通公司雨水排放口:总氮 25.41 t/a,总磷 0.995 t/a。

污口的湿地也由岸边到内江依次取 4#、5#、6# 点为监测对照点,具体取样位置见图 1。取样为定点取样,在水下 50 cm 处。每个点取 3 个平行样进行平行测试,取其平均值。

b. 采样频次。取样分为 3 个潮水涨落周期:时间分别为 2005 年 7 月 5 日、8 月 4 日和 9 月 6 日,每一个潮水涨落周期,即每一天均定为从早上 8 点到晚上 8 点,每隔 2 h 取 1 次,共 7 次。

c. 样品分析。样品用冷藏方法送回实验室及时分析,分析方法采用文献 5 中的标准方法。总氮用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法,氨氮用纳氏试剂分光光度法,总磷用钼锑抗分光光度法^[5]。数据分析采用 SPSS10.5 统计软件进行分析^[6-7]。

2 结果与分析

2.1 湿地潮水相对水位变化情况

根据对湿地潮水变化 3 个周期的测量,湿地丰水期潮水水位的变化规律如图 2 所示(湿地水位的相对高度,即以其水位的最低值为零,其他水位测量值与其相减得出水位相对高度)。由图 2 可以看出 3 次潮水涨落变化基本一致,涨落最大水位差为 1.59 m。落潮时间较长,涨潮时间短,第 2 次满潮水位低于第 1 次。这与长江夏季半日潮规律基本一致。

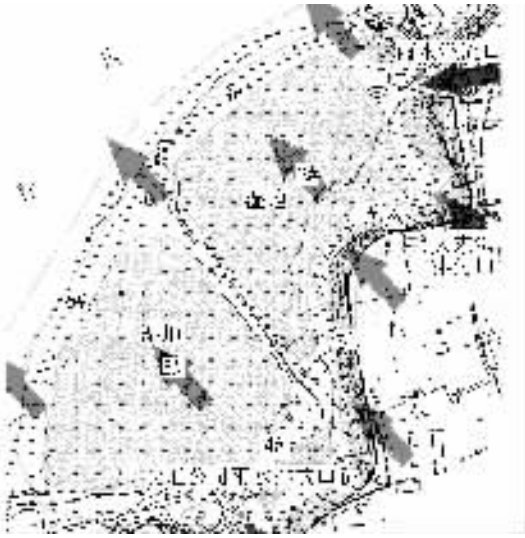


图 1 采样点布置

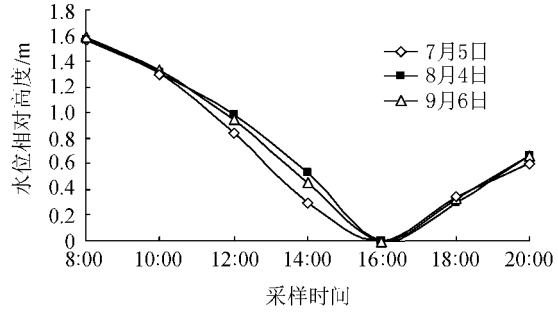


图 2 湿地潮水水位变化

1.2 样品的采集与分析

a. 采样布点。在靠近排污口的湿地由岸边到内江依次取 1#、2#、3# 点为监测控制点,在远离排

2.2 各采样点水质监测结果与分析

2.2.1 总氮变化趋势及分析

图 3 为 2005 年 7 月 5 日、8 月 4 日和 9 月 6 日各

→ 1号点 → 2号点 → 3号点 → 4号点 → 5号点 → 6号点

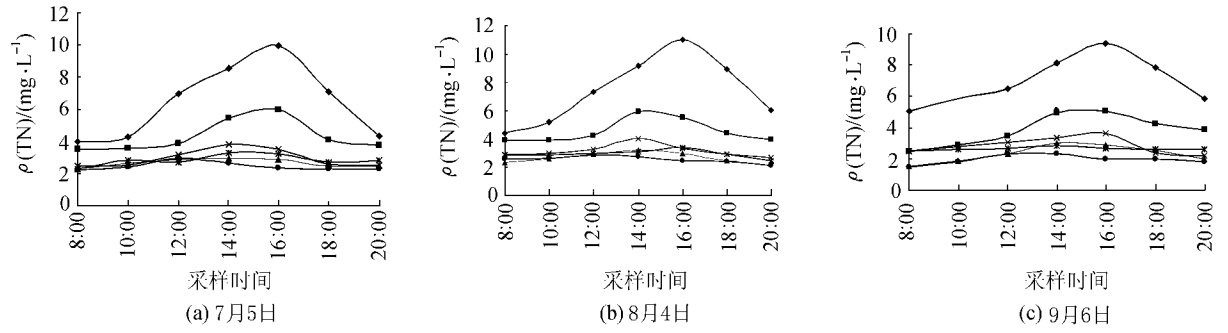


图 3 2005 年 7 月 5 日、8 月 4 日、9 月 6 日总氮变化趋势

→ 1号点 → 2号点 → 3号点 → 4号点 → 5号点 → 6号点

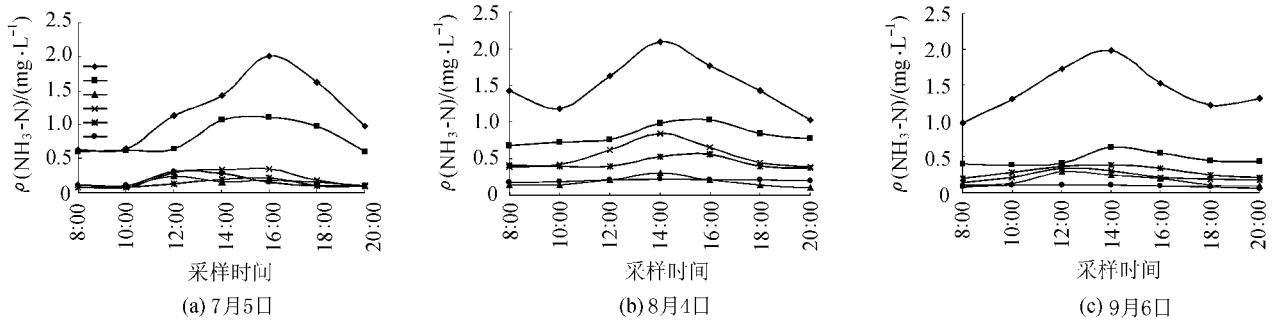


图4 2005年7月5日、8月4日、9月6日氨氮变化趋势

→ 1号点 → 2号点 → 3号点 → 4号点 → 5号点 → 6号点

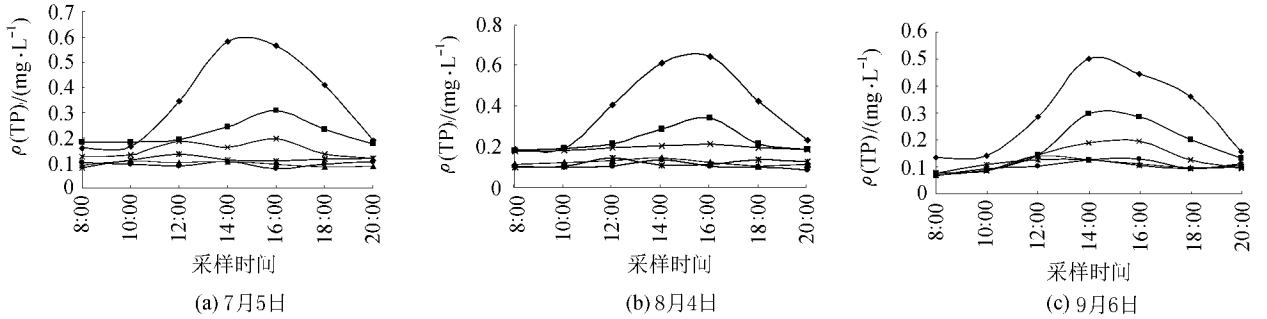


图5 2005年7月5日、8月4日、9月6日总磷变化趋势

采样点在1个潮水周期内的总氮变化趋势图。图中各点总氮值在3个潮水周期内的变化趋势基本一致,各点峰值出现在下午2到4点。在3次潮水水位最低时,1#、2#点总氮值在9月6日最低,8月4日最高。3个潮水周期检测中,1#、2#点的总氮值远大于其他各点,1#、2#点在低潮时的均值分别为高潮时的2倍和1.5倍。其他各点在低潮时的均值略高于高潮。

2.2.2 氨氮变化趋势及分析

由图4可看出,各点氨氮的变化趋势和特征与总氮相似。所不同的是4#点在7月5日和8月4日周期中其氨氮值高于3#、5#和6#点,而在9月6日的周期中其值高于3#、6#点,低于5#点。4#点有这样的变化可能是因为该点靠近岸边,受人为因素的扰动和水力交换条件差共同作用的结果。1#、2#点在低潮时的均值分别为高潮时的2倍和1.5倍;其余各点在整个潮水周期内变化不甚明显。

2.2.3 总磷变化趋势及分析

由图5可以看出,1#、2#点的总磷值在每个潮水周期内变化特征显著,它们在低潮时的均值约为高潮时的3倍和2倍。4#点在不同周期内总磷值波动比较大。3#、5#和6#点在3个周期内其值不随潮水涨落而增减,各点值相近。

由上面的分析结果可以看出,随着湿地水位的由高到低也就是潮水由落到涨,各点的3项指标的

变化趋势表现为由小变大再由大变小的规律。各点各指标的峰值出现在下午2点到4点,也就是出现在湿地水位最低时。尤其以1#点和2#点的各项指标变化最为明显,并且1#、2#点各指标值远高于其他各点。1#点总氮、总磷和氨氮在低潮时的均值分别为高潮时的2倍、3倍和2倍;2#采样点总氮、总磷和氨氮值分别是高潮时的1.5倍、2倍和1.5倍;其他各点指标值在低潮时略高于高潮时。

根据对北固山湿地、内江主航道以及长江水质的丰、平、枯水期的同步监测,得出其相应指标平均值,结果见表1。由表1可知在丰水期长江水质略好于内江和湿地,湿地和内江水质基本一致;平、枯水期长江水质明显好于内江和湿地。内江、湿地水质丰水期远好于平、枯水期,这是由于受长江上游来水增加和潮水合力作用的结果。

表1 不同水期湿地、内江和长江水质对比 mg/L

水期	区域	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TN})$	$\rho(\text{TP})$
丰水期	湿地	0.380	2.502	0.085
	内江	0.275	2.260	0.085
	长江	0.304	1.225	0.083
平水期	湿地	0.427	4.372	0.131
	内江	0.402	3.688	0.104
	长江	0.315	1.852	0.098
枯水期	内江	0.418	3.970	0.156
	长江	0.309	1.858	0.098

注 枯水期湿地露出水面。

表 2 湿地 1#、2#、3# 点各指标值与潮水水位关系

项目	1# 点			2# 点			3# 点		
	TN	NH ₃ -N	TP	TN	NH ₃ -N	TP	TN	NH ₃ -N	TP
潮水高度	-0.898**	-0.738*	-0.825*	-0.852*	-0.806*	-0.850*	-0.718*	-0.550	-0.285
TN	1	0.939**	0.966**	1	0.975**	0.985**	1	0.935*	0.812*
NH ₃ -N	0.939*	1	0.985**	0.975*	1	0.965**	0.935*	1	0.817*
TP	0.966*	0.985**	1	0.985**	0.965**	1	0.812*	0.817*	1

注：*、** 分别表示在 5% 和 1% 水平上差异显著，下同。

表 3 4#、5#、6# 点指标值与潮水水位关系

项目	4# 点			5# 点			6# 点		
	TN	NH ₃ -N	TP	TN	NH ₃ -N	TP	TN	NH ₃ -N	TP
潮水高度	-0.413	-0.565	-0.662	-0.493	-0.596	-0.297	-0.196	-0.404	-0.442
TN	1	0.977**	0.901**	1	0.951**	0.213	1	0.964**	0.565
NH ₃ -N	0.977**	1	0.953**	0.951**	1	0.166	0.964**	1	0.705
TP	0.901**	0.953**	1	0.213	0.166	1	0.565	0.705	1

2.3 各点的各项指标与湿地潮水水位相关关系分析

为了进一步了解各点各项指标值与潮水水位的相关关系，以及各指标间相互关系，进行各项指标与潮水水位的相关性分析及各指标之间的相关性分析，其相关系数见表 2、表 3。

由表 2 可知，1# 点的 3 个指标与潮水的水位呈显著负相关关系，其中总氮呈极显著负相关关系。2# 点的各指标与潮水水位也呈显著负相关关系，3 指标间呈极显著正相关关系。3# 点的总氮与潮水水位呈显著负相关关系。1#、2# 点的各指标值随潮水水位的上升而下降，随潮水水位的下降而升高的原因是由于 1#、2# 点靠近排污口，潮水对其污染物的稀释所致，并且稀释作用极其明显。而 3# 点远离排污口，又靠近内江，潮水对其稀释作用并不显著。

由表 3 可以看出 4#、5#、6# 点的各指标与潮水水位都不呈显著负相关关系。5#、6# 点总氮与氨氮呈极显著正相关关系。由此可以看出 4#、5#、6# 点水质受排污口污染物的影响较小。

2.4 方差分析

2.4.1 采样点与排污口的距离对水质影响的方差分析

北固山湿地的水生高等植物有 50 余种，其中以芦苇和 草为优势种，湿地中植物生长旺盛，根系发达，与水体接触面积大，形成密集的过滤层。一方面在植物-水体表面发生离子交换、整合、吸附、沉淀等过程，大面积的芦苇、草群落的存在降低了水流速度，为悬浮物的沉淀创造了良好的条件，湿地植被覆盖在土壤表面与水之上，形成一层很厚的生物膜，有利于植物根系直接从污水中吸收营养物质；另外植物对风速的阻挡作用，在近土壤和水表面水流速度减缓，避免了沉淀物质的再次悬浮^[8]，提高了水体

的透明度。另一方面植物可以将光合作用产生的氧气以及大气中的氧气输送到植株各处，并向水体中扩散，提高水体的溶解氧含量，同时还会在根系形成好氧区，为植物根部微生物活动创造条件，增强了微生物的代谢作用，提高污染物的去除效果。

就采样点与排污口距离对水质的影响作方差分析，结果表明：总氮、总磷、氨氮 $F(2,39)$ 分别为 59.16、24.31 和 31.66，大于 $F_{0.99}(2,39) = 5.20$ ，说明采样点与排污口的距离对水质影响高度显著。因此证明了北固山湿地对污染物的截留作用明显。

总之，北固山湿地的净化机制主要包括污水流经湿地时的沉淀作用，湿地中土壤和植物对污染物的吸附作用，微生物分解作用，植物将污染物中营养物质同化为自身物质的作用，海水涨潮时的稀释作用^[9-10]。因此湿地对污染物净化作用是潮水的物理化学以及土壤、植物和生物综合作用的结果。

2.4.2 潮水水位对各点水质影响的方差分析

为了进一步分析潮水涨落对湿地水质的影响，这里就潮水水位对各点水质的影响作方差分析，结果见表 4。

表 4 潮水水位与各点水质指标方差分析

采样点	1# 点			2# 点			3# 点		
	TN	TP	NH ₃ -N	TN	TP	NH ₃ -N	TN	TP	NH ₃ -N
$F(2,18)$	30.75**	32.61**	9.13**	19.14**	14.27**	3.65*	3.56*	4.19*	0.99
采样点	4# 点			5# 点			6# 点		
	TN	TP	NH ₃ -N	TN	TP	NH ₃ -N	TN	TP	NH ₃ -N
$F(2,18)$	3.61*	4.54*	1.46	3.26	1.92	1.08	0.56	1.48	2.05

由表 4 可以看出潮水水位的变化对 1# 点 3 项指标和 2# 点总氮、总磷的影响极其显著，对 2# 点的氨氮 3#、4# 点的总氮、总磷有显著影响。对其余各点指标无显著影响。由此可知，1#、2# 采样点由于

靠近排污口受污染物排放影响,潮水对其稀释作用明显,而对照点的水质受污染物影响较小,潮水对其稀释作用不明显。

3 结论与建议

通过分析,得出以下结论:

a. 湿地在丰水期,其日周期为每天2次涨落。最大落差为1.59 m。

b. 北固山湿地在丰水期,其潮水水位的变化对其水质影响明显,靠近排污口的1#点在低潮时的各项指标总氮、总磷和氨氮分别是高潮时的2倍、3倍和2倍,2#点的总氮、总磷和氨氮在低潮时的值分别是高潮时的1.5倍、2倍和1.5倍;其余各点各指标在低潮时的均值高于高潮时的值。

c. 由相关性分析和方差分析得出,湿地潮水水位的变化对靠近排污口的1#、2#点污染物稀释效果极其显著,对远离排污口的各对照点水质影响不明显。

d. 随着采样点离排污口距离的增加,其水质各项指标值显著下降,水质明显变好,说明北固山湿地对污染物去除效果显著。这是潮水物理化学及湿地土壤、植物和生物综合作用的结果。

由上述分析可知,随着潮水水位的上升,尽管湿地水质的各项指标值显著降低,但排污口向湿地和长江排出的污染物总量并未减少,主要表现为污染物的浓度被稀释,因此,必须采取一定的措施,对排污口的污水进行预处理,减少污染物的排放总量,以便对后期的湿地修复提供较好的外部环境,使之有

利于湿地优势植物的生长,从而在水质改善的基础上,对湿地进行生态修复。

参考文献:

- [1] JURMU M C. A morphological comparison of narrow, lowgradient streams traversing wetland environments to alluvial stream[J]. Environment Management, 2002, 30(6):831-856.
 - [2] KENT D M. Evaluating wetland functions and values[C]// KENT D M. Applied Wetland Science and Technology. 2nd ed. New York: Lewis Publishers, 2000: 55-80.
 - [3] 邓伟,胡金明.湿地水文学研究进展及科学前沿问题[J].湿地科学, 2003, 1(1):12-20.
 - [4] 吴沿友,郝建朝,李萍萍,等.北固山湿地土壤金属元素空间分布与变化[J].江苏大学学报, 2005, 26(4):340-344.
 - [5] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会.水和废水监测分析方法[M].北京:中国环境科学出版社, 2002: 243-281.
 - [6] 庄楚强,吴亚森.应用数理统计基础[M].广州:华南理工大学出版社, 2000: 301-324, 383-406.
 - [7] 苏金明.统计软件 SPSS 系列应用实战篇[M].北京:电子工业出版社, 2003: 236-278.
 - [8] 何池全,赵魁义.毛果苔湿地营养元素的积累、分配及生物循环特征[J].生态学报, 2001, 21(12):2074-2080.
 - [9] 丁峰元.长江口滨海湿地氮、磷循环及污染净化初步研究[D].上海:上海师范大学, 2005: 73-75.
 - [10] JRGENSEN L A. The cycling of nitrogen in the Danish agricultural sector and the loss to the environment[J]. Water Science Technology, 1999, 39(3):15-23.
- (收稿日期:2006-02-28 编辑:徐娟)

(上接第5页)

冒水洞(下游)三个代表区的变化趋势与土地利用,植被覆盖和人类活动有密切关系,反映了以上离子的空间分布特征。

d. 由于钙镁离子含量不同, Ca^{2+}/Mg^{2+} 摩尔比值也有较大的变化,灰岩中地下水的 Ca^{2+}/Mg^{2+} 摩尔比值大于3,白云岩小于3, Ca^{2+}/Mg^{2+} 摩尔比值的大小取决于岩石化学成分,随着灰岩纯度增高而增大。

参考文献:

- [1] 韩贵琳,刘丛强.贵州乌江水系的水文地球化学研究

[J].中国岩溶, 2000, 19(1):35-36.

- [2] 袁道先.中国岩溶动力系统[M].北京:地质出版社, 2002: 39-162.
- [3] 杨德明.喀斯特流域水文地貌系统[M].北京:地质出版社, 1998: 50-74.
- [4] 俞锦标,杨立铮,章海生,等.中国喀斯特发育规律典型研究——贵州普定南部地区喀斯特水资源评价及其开发利用[M].北京:科学出版社, 1990: 152-165.
- [5] Nives stambuk-giljanovi, Drago stambuk. Information subsystem of the Ca/Mg ratio as a database for studying its influence on human health[J]. Journal of Medical Systems, 2005, 29(6): 581-588.

(收稿日期:2006-06-23 编辑:高渭文)