武汉南湖沉积物中水生植物残体及其氮磷分布

杨明生[1,2],熊邦喜[1,*],杨学芬[1],张清顺[1]

(1.华中农业大学水产学院,武汉 430070;2.孝感学院,湖北 432100)

摘要:对武汉市南湖5个采样点30 cm沉积物柱样中水生植物残体的含量、植物残体的总氮和总磷量进行了研究。结果表明,在南湖中水生植物残体具有较大的沉积量,是一个重要的N、P库;不同采样点之间,水生植物残体的含量有着较大的差异性。在水生植物残体的TN和TP的垂向分布上,0~5cm段TN为20.230 $mg\cdot g^{-1}$,25~30 cm段TN为20.613 $mg\cdot g^{-1}$,检测TN与沉积深度的相关系数为0.5851,$P > P_{0.05}$,两者相关不显著;0~5cm段的TP为2.546 $mg\cdot g^{-1}$,25~30 cm段的TP为0.634 $mg\cdot g^{-1}$,上下相差4倍,TP与沉积深度的相关系数为-0.9507($P < P_{0.01}$),说明两者呈紧密负相关,即沉积年代越早,TP值越低;沉积年代越晚,TP值越高,这与南湖的富营养化过程是一致的。研究表明,湖泊沉积物中的水生植物残体可作为湖泊富营养化过程的一种新的证据材料,其TP值可以作为一个环境变化的指标,对研究长江中下游浅水湖泊的富营养化过程具有参考意义。

关键词:南湖;沉积物;水生植物残体;总氮;总磷;分布

文章编号:1000-0933(2008)04-1508-06 **中图分类号**:X141 **文献标识码**:A

Distribution character of aquatic plant residues and its nitrogen and phosphorus in the sediments in Nanhu Lake, Wuhan

YANG Ming-Sheng[1,2], XIONG Bang-Xi[1,*], YANG Xue-Fen[1], ZHANG Qing-Shun[1]

1 *Fisheries College, Huazhong Agricultural University, Wuhan* 430070

2 *Xiaogan University, Hubei* 432100, *China*

***Acta Ecologica Sinica*,2008,28(4):1508~1513.**

Abstract: Nanhu Lake (30°29′N,114°21′E) is a shallow lake along the middle reaches of Yangtze River with a main surface area of 400 hm^2, situated in Wuhan City, Hubei Province of China. There were large amounts of hydrophyte including submerged hydrophyte in Nanhu Lake in early 1980s. However, it has been developed into a eutrophic lake because of the inputs of massive nutrients and the water quality has been deteriorated, and no submerging plant could be discovered now. The distributions of the total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) in aquatic plant residues within 30 cm sediment cores of 5 sampling sites were studied during May, 2006. The results show that plant residue is an important N and P pool, substantial differences of aquatic plant residues content could be found among different sampling sites, and the largest amounts of aquatic plant residues in 5 sites are different according to its depth — site Ⅰ is in the depth of 11－15 cm; site Ⅱ is in the depth of 25－30 cm, and site Ⅲ is in the depth of 16－20 cm. However, site Ⅳ and site Ⅴ

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30470342);国家教育部博士学科点专项基金资助项目(20020504001)

收稿日期:2007-01-17; **修订日期**:2007-09-17

作者简介:杨明生(1963~),男,湖北孝感人,博士生,教授,主要从事湖泊生态学研究. E-mail: xgyms@126.com

*通讯作者 Corresponding author. E-mail: bangxix8@mail.hzau.edu.cn

致谢:加拿大Université Laval的赵振山博士对本文写作给予帮助,谨此致谢!

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No.30470342); Doctoral Fund of Ministry of Education of China (No.20020504001)

Received date:2007-01-17; **Accepted date**:2007-09-17

Biography: YANG Ming-Sheng, Ph.D. candidate, Professor, mainly engaged in lake ecology. E-mail: xgyms@126.com

gradually increase from surface to bottom within 30cm sediments column in Nanhu Lake. The research on the aquatic plant residues shows that spatial distribution of aquatic plant in Nanhu Lake was uneven during the past decades . TN in the section of 0 cm to 5 cm is 20.230 $mg \cdot g^{-1}$, and 20.613 $mg \cdot g^{-1}$ in the section of 25 cm to 30 cm, respectively. The correlation coefficient between TN content and depth is 0.5851 ($P > P_{0.05}$), indicating no significant correlation between them. While TP in the two sections above are 2.546 $mg \cdot g^{-1}$ and 0.634 $mg \cdot g^{-1}$, respectively, four times discrepancy, and the correlation coefficient is −0.9507($P < P_{0.01}$), with a close negative correlation between TP content and the depth. Which means that the earlier the sediments were, the lower the TP content was,with vice versa. This is consistent with the eutrophication process of the Nanhu Lake. The study shows that aquatic plant residues in the sediments could be used as a new evidence during the eutrophic process, and the TP value could regarding as index of environment change, which provides a significant reference to the investigation of the eutrophic process in shallow lakes from the middle and lower reaches of Yangtze River region in China.

Key Words: Nanhu Lake; sediments; aquatic plant residues; total nitrogen; total phosphorus; distribution

各种水生动物尸体和水生植物残体的生物沉积是湖泊沉积物的重要组成部分,在适当的条件下,矿化后可以向水体释放营养盐,成为湖泊 N、P 的内源[1~3]。环境中的各种营养元素、重金属、毒物等通过植物的同化作用,被植物所富集[4,5]。对于湖泊沉积物的研究,目前已开展分析的环境指标有孢粉[6]、有机物[7]、硅藻、介形类[8]、N、P 元素含量[9]、同位素[10,11]等。

在长江中下游的许多浅水湖泊,沉积物中水生植物未分解矿化的残体量比较大[12]。目前对植物残体的研究,主要集中在陆地方面[13~15],而对湖泊沉积物中植物残体研究的报道资料很少[16~18]。2005 ~2006 年对南湖沉积物中植物残体进行了研究。取 30cm 沉积物柱样,对不同段的植物残体的量进行了调查,并测定了植物残体 TN、TP 的含量;探讨了将植物残体中的 P 作为一种新的环境指标,来揭示其在湖泊富营养化过程中的指示意义。

1　材料和方法

1.1　样品采集

南湖(30°29′N,114°21′E)为武汉市城中第二大湖,原有湖泊面积 800 hm^2,现存面积 400 hm^2。2005 ~2006 年在湖心区设置 5 个采样点,分 4 次用无扰动采样器进行垂向采样,每个点采 4 次样,取样时深度超过 50 cm,然后取上层的 30 cm 沉积物柱作为研究对象,见图 1。在野外将柱样按 5cm 一段截取 6 段,每段的 4 次样品混合后装入相应的封口塑料袋中。为便于分离出植物残体,泥样带回实验室用孔径为 0.5 mm 筛网进行洗涤。在清洗过程中,分离出大型底栖动物、沙石、贝壳等杂物,然后收集全部植物残体,用 100 目的尼龙筛绢包裹,用力挤干水分,用离心机离心 10 min,除去水分后用 10^{-2} 电子天平称湿重,用真空冷冻干燥(−70℃)至恒重后称量备测。

1.2　样品分析

本文以 2006 年 5 月所采样品为研究对象,干燥后的水生植物残体样品研磨后过 100 目筛;TN 消化后用瑞典产 Kjeltec™2300 全自动凯氏定氮仪测定;TP 用硫酸-高氯酸消化钼锑抗比色法分析[19],测定数据用 Excel 软件处理。

2　结果

2.1　植物残体的垂向分布

在湖泊沉积过程中,表层的(0 ~5cm 段)沉积年代较晚,深层的(25 ~30 cm 段)沉积年代较早。植物残体的含量在垂向分布上,Ⅰ号点以 11 ~15 cm 段的量最大;Ⅱ 号点在 25 ~30 cm 段的量最大;Ⅲ 号点最大量出现在 16 ~20 cm 段;Ⅳ、Ⅴ 号点由表层向深层逐渐增加,结果见表 1。在 0 ~15 cm 段,植物残体在相同沉积段中的含量从 Ⅰ 至 Ⅴ 均依次降低,且相差数倍,说明在不同的时期,南湖中水生植物的分布是不均匀的。

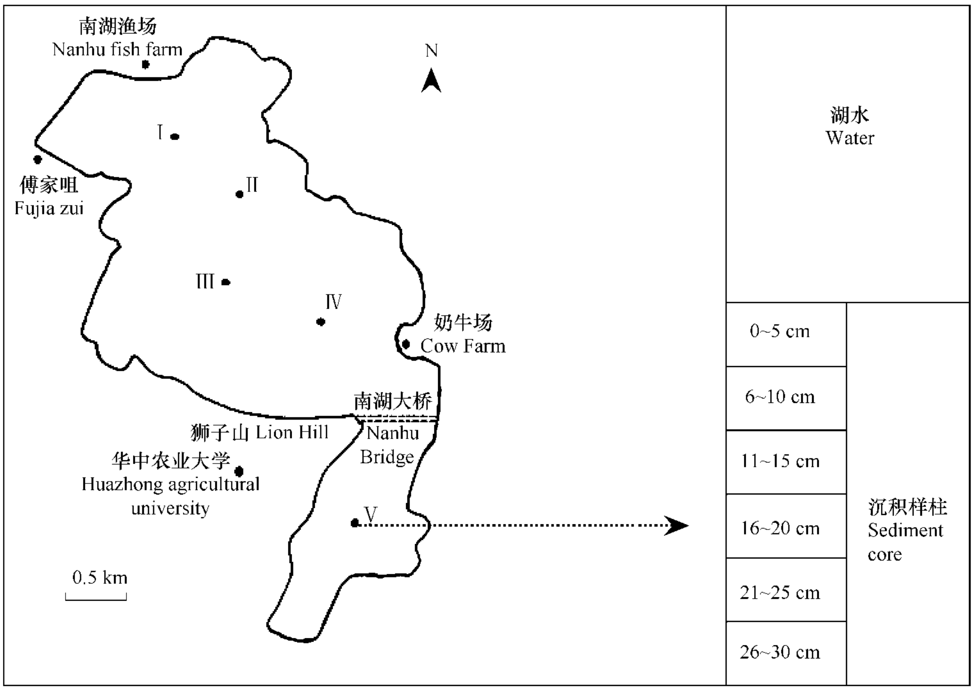

图 1 南湖采样示意图

Fig. 1 Sampling sites in Nanhu Lake

表 1 南湖沉积物中水生植物残体垂向分布(干重, $g \cdot m^{-3}$)

Table 1 Vertical distribution of aquatic plant residues within 30cm sediment core in Nanhu Lake (dry weight, $g \cdot m^{-3}$)

深度 depth (cm)	样点 Sampling sites				
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
0 ~ 5	7936.70	5729.27	3220.83	1234.15	1013.41
6 ~ 10	8097.24	6471.77	3531.88	1495.03	1023.44
11 ~ 15	8247.75	7635.69	4354.65	2097.05	1394.69
16 ~ 20	6070.42	7986.87	6913.26	2518.47	2347.90
21 ~ 25	3622.19	6762.75	5167.38	5177.42	4465.02
25 ~ 30	3837.91	12973.64	3205.78	7344.71	10941.81

2.2 植物残体的氮磷分析

所采样品的氮 (N) 和磷 (P) 研究,主要为以生物体形式固定的 N 和 P,为了便于分析,只测定其总氮 (TN) 和总磷 (TP)。结果表明,表层各点的 TN 和 TP 的含量均为Ⅳ号点最高,Ⅴ号点最低,且 TN 和 TP 的变化趋势比较一致,结果见图 2。Ⅳ号点附近有一个建场几十年的奶牛场,大量的奶牛排泄物一直就近排入湖中,导致相应水体中的 N 、P 含量高,从而导致水生植物体内的 N 和 P 量也比较高。Ⅴ号点水域周边全为黄土质的低矮丘陵,外源性营养盐的输入量很少。但在垂向分布上, 5 个点在各段测定的 TN 的平均含量,0 ~ 5cm 段 TN 为 20.230 $mg \cdot g^{-1}$, 25 ~ 30 cm 段 TN 为 20.613 $mg \cdot g^{-1}$,检测 TN 与沉积深度的相关系数 $r = 0.5851$, $P > P_{0.05}$,说明两者相关不显著,见图 3。各段 TP 的含量,0 ~ 5cm 段的 TP 为 2.546 $mg \cdot g^{-1}$,25 ~ 30 cm 段的 TP 为 0.634 $mg \cdot g^{-1}$,上下相差 4 倍,TP 与沉积深度的相关系数 $r = -0.9507$, $P < P_{0.01}$,说明两者呈紧密负相关,即沉积年代越早,TP 含量越低,沉积年代越晚,TP 含量越高,见图 4。此结果反映了南湖中随着营养元素 P 的逐年增加,导致水生植物体内 TP 的富集量也在不断升高,TP 可以作为一个环境变化的指标。

3 讨论

3.1 研究中采集的水生植物残体主要是未完全腐烂的水生植物茎、叶的纤维质碎片,包括菱(*Trapa natans* var. *bispinosa*)、茨藻(*Najas major* All.)等的种子,不能通过孔径为 0.5 mm 的筛网。在湖底缺氧和酸性(测定的 pH 为 5.0 ±0.5)环境条件下,植物茎、叶的纤维组织和菱、茨藻等具有坚硬外壳的种子,不易腐烂,难以完全降解,于是以残体的形式年复一年地沉积下来,从而成为湖底生物沉积的重要组成部分。对 5 个点水生植物残体垂直分布的研究结果,在同一沉积层不同点的水生植物残体量有着较大差异,说明在过去的不同时期,南湖中水生植物的水平分布是不均匀的。

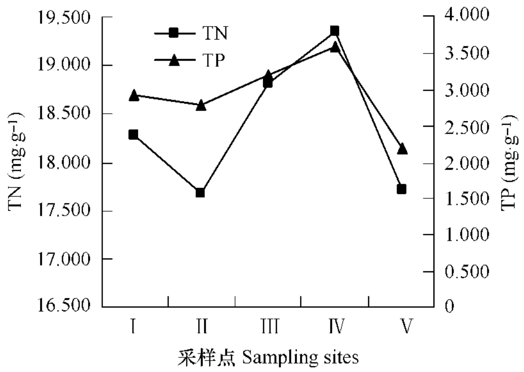

图 2　表层(0 ~5cm 段)植物残体的 TN 和 TP 分布

Fig. 2　TN and TP of aquatic plant residues on surface layer(0 ~5cm)

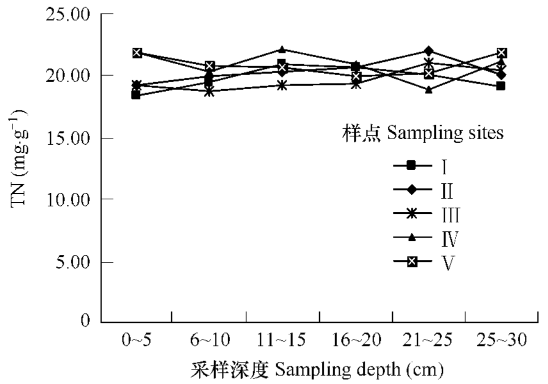

图 3　植物残体 TN 的垂向分布

Fig. 3　Vertical distribution of TN of aquatic plant residues

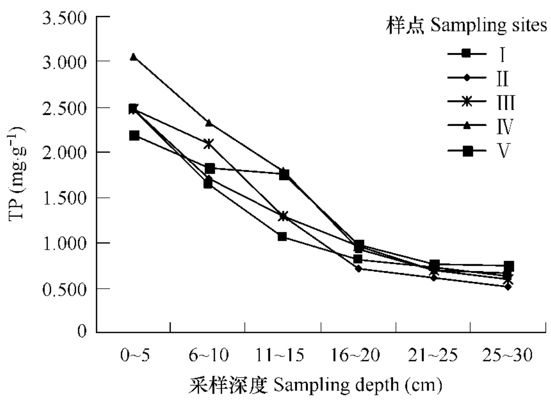

图 4　植物残体 TP 的垂向分布

Fig. 4　Vertical distribution of TP of aquatic plant residues

3.2　水生植物在生长过程中,对 N 和 P 的吸收和富集量,在一定范围内与环境中相应的 N、P 浓度呈正相关的关系[20~22]。南湖中植物残体的 TN 和 TP 测定的结果,TN 与沉积深度的相关系数 $r=0.5851$,$P>P_{0.05}$,两者相关不显著。在垂直分布上,TP 与沉积深度的相关系数 $r=-0.9507$,$P<P_{0.01}$,说明两者呈紧密负相关,即沉积年代越早,TP 含量越低,沉积年代越晚,TP 含量越高,较好地反映了南湖中营养盐类的变化情况,这与该湖的富营养化演变过程是一致的,对东湖沉积物地球化学和碳、氮、磷垂向分布的研究也得到了类似的结果[23,24]。湖泊富营养化是湖泊生态系统的一个缓慢而自然的过程,但是,人类的行为可以加速这一过程。南湖原来是一个城郊湖泊,20 多年以前,水质良好,沉水植物分布广泛,南湖水体中的 TN 和 TP 量都比较低。1990 ~1998 年,为了提高鱼产量,还需要投入大量的无机肥和有机肥[25]。随着南湖周边人口的不断增加,通过生活污水和农业径流等方式将营养盐类源源不断地输入湖中,使其富营养化程度越来越高[26],透明度越来越低。沉水植物耐以生存的环境条件由于不断恶化,现在已从湖中完全消失。

3.3　N 和 P 在水-水生植物-沉积物之间,不断地进行着循环与转化。对太湖水生植物的研究表明,水生植物从湖水和沉积物中吸收和富集 N 和 P [1,16,21,27],最后又以生物体的方式沉积在湖泊底泥中,成为湖泊 N、P 的内源。由于受多种因子的影响,水生植物完全分解矿化,向水体中释放出全部的 N、P,将是一个长期而缓慢的过程,因而水生植物的生物沉积,以残体的形式出现在湖泊不同的沉积层中,它们对抑制沉积物中营养盐的再悬浮,推迟湖泊的富营养化进程具有积极意义。

3.4　在长江中下游的许多浅水湖泊中,由于水生植物的覆盖率比较大,植物残体的蕴藏量也是比较大的[28]。

通过本研究,认为除了湖泊沉积物中的孢粉、硅藻、介形类、稳定性同位素等物质之外,水生植物残体也可作为一种研究湖泊沉积学的证据材料,分析其 TN 和 TP 含量及其垂直分布,特别是 TP 的变化,可以追溯湖泊及其环境的变化过程,因为 P 是导致湖泊富营养的一个重要因子。如果进一步结合同位素技术对沉积年代和用分子技术对植物残体进行定性分析,将更加丰富湖沼学研究的内容。

References:

[1] Li W C. Nitrogen accumulation in the sediment of East Taihu Lake and biological sedimentation of aquatic plants . China Environmental Science, 1997, 17(5):418 -421.

[2] Kim L H, Choi E, Stenstrom M K. Sediment characteristics, phosphorus types and phosphorus release rates between river and lake sediments. Chemosphere, 2003, 50: 53 -61.

[3] Jin X C, Wang S R, Pang Y, *et al.* Phosphorus fractions and the effect of pH on the phosphorus release of the sediments from different trophic areas in Taihu Lake. China. Environmental Pollution, 2006, 139: 288 -295.

[4] Greg Cronin, William M Lewis Jr, Michael A Schiehser. Influence of freshwater macrophytes on the littoral ecosystem structure and function of a young Colorado reservoir. Aquatic Botany, 2006, 85:37 -43.

[5] Gabriel M Filippelli, Catherine Souch, Brian Menounos, *et al.* Alpine lake sediment records of the impact of glaciation and climate change on the biogeochemical cycling of soil nutrients. Quaternary Research, 2006, 66: 158 -166.

[6] Zhang Y L. Application of palynological analysis in environment archaeology. Shanghai Geology, 2005, 1:15 -17.

[7] Qu W C, Morrison R J, West R J, *et al.* Organic matter and benthic metabolism in Lake Illawarra, Australia. Continental Shelf Research, 2006, 26: 1756 -1774.

[8] Wang S M, Zhang Z K. Recent Study Progress of Sediment and Environmental evolvement of Lake in China . Chinese Science Bulletin, 1999, 44 (6):579 -587.

[9] Sun H M, He J, Gao X D, *et al.* Distribution of Total Phosphorus in Sediments of Wuliangsuhai Lake. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24 (4):579 -584.

[10] Wu J L, Wang S M, Shen J. Information of Climate and Environment Deduced Fromthe Organic matter $\delta^{13}C$ of Lacustrine Sediments. Journal of Lake Science, 1996, 8(2): 113 -118.

[11] Wang G A. Application of stable carbon isotope for paleoenvironmental research. Quaternary Sciences, 2003, 23(5):471 -484.

[12] Yi C L, Wu X X, Liu H P. Microfabric Properties of Lacustrine sediments and sedimentary Environments. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20 (2):293 -302.

[13] Russ W Gesch, Don C Reicosky, Robert A Gilbert, *et al.* Influence of tillage and plant residue management on respiration of a Florida Everglades Histosol. Soil & Tillage Research, 2006, 30: 1 -11.

[14] JoséA Amador, Josef H Görres. Role of the anecic earthworm *Lumbricus terrestris* L. in the distribution of plant residue nitrogen in a corn (*Zea mays*) soil system. Applied Soil Ecology, 2005, 30: 203 -214.

[15] Dean A Martens. Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration . Soil Biology & Biochemistry, 2000, 32 : 361 -369.

[16] Li W C. Nitrogen accumulation in the sediment of East Taihu Lake and biological sedimentation of aquatic plant. China Environmental Science, 1997, 17(5):418 -421.

[17] LI S H, Li X M, Mao X Y, *et al.* Biogeochemical study of the sediments and plant remainders of Xihu Lake, Fields Peninsula, Antarctic with INAA. Nuclear Techniques, 2005, 28(4): 263 -268.

[18] Zhao Y, LI J J, Carl D Sayer. Representation of Aquatic Vegetation by Macrofossil Remains in a shallow Lake. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2005, 14(4):456 -459.

[19] State Environment Protection Administration《Monitoring And Analysis Method of water and waste water》editorial board . Monitoring And Analysis Method of water and waste water (the fourth). Beijing: Chinese Environment Scientific Press, 2002. 243 -257.

[20] Wu Aiping, Wu Shikai, Ni Leyi. Study of Macrophytes nitrogen and phosphorus Contents of the Shallow lakes in the middle reaches of Changjiang River. Acta Hydrobiologica Sinica, 2005, 29(4): 406 -412.

[21] Li W C. Silting-up Effect of Aquatic Plants in Lake East Taihu and Accumulation of Phosphorous in The Sludge. Environmental Science, 1997, 18 (3):9 -12.

[22] Ma K, Chi Q H, Xin Z C, *et al.* Influences of Submerged Macrophytes Distribution Pattern on Nitrogen and Phosphorus Factors of Water Environment lakes. Acta Hydrobiologica Sinica, 2003, 27(3):232 -237.

[23] Yang H D, Nong S W, Cai S M, *et al*. Environmental Geochemistry of sediments in lake DongHu, WuHan. Acta Hydrobiologica Sinica, 1994,18(3):208－214.

[24] Yang H, Yi C L, Xie P, *et al*. Vertical distribution of carbon, nitrogen and phosphorus of sediments at Stations Ⅰ and Ⅱ in Lake Donghu, Wuhan. Geochimica, 2004,33(5):507－514.

[25] Cao G Q, Nie X Y, Wang Y D, *et al*. Integrated Fish Farming Techniques with the Application of Ammonium Chloride in Open Water. Reservoir Fisheries,1995, 2: 32－34.

[26] Qiu B W, Zhou Y, Zhou M, *et al*. The Current Status and Future Trend of Eutrophication of the South Lake and its Comprehensive Control Countermeasures. Journal of Hua Zhong Agricultural, 2000, 19(4):350－352.

[27] Jin S D, Li Y H, Ni C H, *et al*. Uptake By *Potamogeton Crispus* of Nitrogen and Phosphorus From Water and Some Affecting Factors. Acta Ecologica Sinica,1994,14(2):168－173.

[28] Gu X H, Zhang S Z, Bai X L, *et al*. Evolution of community structure of aquatic macrophytes in East Taihu Lake and its wetlands. Acta Ecologica Sinica, 2005,25(7): 1541－1548.

参考文献:

[1] 李文朝:东太湖沉积物中氮的积累与水生植物沉积. 中国环境科学,1997,17(5):418～421.

[5] 吴爱平,吴世凯,倪乐意. 长江中游浅水湖泊水生植物氮磷含量与水柱营养的关系. 水生生物学报,2005,29(4): 406～412.

[6] 张玉兰. 孢粉分析在环境考古中的应用. 上海地质,2005,1:15～17.

[8] 王苏民,张振克. 中国湖泊沉积与环境演变研究的新进展. 科学通报,1999,44(6): 579～587.

[9] 孙惠民,何江,高兴东,等. 乌梁素海沉积物中全磷的分布特征. 沉积学报,2006,24(4):579～584.

[10] 吴敬禄,王苏民,沈吉. 湖泊沉积物有机质 $\delta^{13}C$ 所揭示的环境气候信息. 湖泊科学,1996,8(2):113～118.

[11] 王国安. 稳定碳同位素在第四纪古环境研究中的应用. 第四纪研究,2003,23(5):471～484.

[12] 易朝路,吴显新,刘会平,等. 长江中游湖泊沉积微结构特征与沉积环境. 沉积学报,2002,20(2):293～302.

[16] 李文朝. 东太湖沉积物中氮的积累与水生植物沉积. 中国环境科学,1997,17(5):418～421.

[17] 李世红,李小梅,毛雪瑛,等. INAA 研究南极菲尔德斯半岛西湖沉积物和植物残体的生物地球化学特征. 核技术,2005,28(4): 263～268.

[18] 赵艳,李佳佳,Carl Sayer. 浅水湖泊孢粉和植物残体对水生植被的表现率. 长江流域资源与环境, 2005,14(4):456～459.

[19] 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(第四版). 北京:中国环境科学出版社,2002. 243～257.

[20] 吴爱平,吴世凯,倪乐意. 长江中游浅水湖泊水生植物氮磷含量与水柱营养的关系. 水生生物学报,2005,29(4): 406～412.

[21] 李文朝. 东太湖水生植物的促淤效应与磷的沉积. 环境科学,1997,18(3):9～12.

[22] 马凯,蔡庆华,谢志才,等. 沉水植物分布格局对湖泊水环境 N、P 因子影响. 水生生物学报,2003,27(3):232～237.

[23] 杨汉东,农生文,蔡述明,等. 武汉东湖沉积物的环境地球化学. 水生生物学报,1994,18(3):208～214.

[24] 杨洪,易朝路,谢平,等. 武汉东湖沉积物碳氮磷垂向分布研究. 地球化学,2004,33(5):507～514.

[25] 高贵琴,聂秀云,王运斗,等. 武昌南湖主施氯化铵养鱼综合技术的研究. 水利渔业,1995,2:32～34.

[26] 邱炳文,周勇,周敏,等. 武汉市南湖富营养化现状、趋势及其综合整治对策. 华中农业大学学报,2000,19(4): 350～352.

[27] 金送笛,李永函,倪彩虹,等. 菹草(*Potamogeton crispus*)对水中氮、磷的吸收及若干影响因素. 生态学报, 1994,14(2):168～173.

[28] 谷孝鸿,张圣照,白秀玲,等. 东太湖水生植物群落结构的演变及其沼泽化. 生态学报, 2005,25(7):1541～1548.