

巢湖周边表土中有机质、全氮和全磷空间分布及其相关性

陈书琴^{1,2,3}, 储昭升², 胡社荣^{1*}, 刘俊³, 王长春², 王曼³

(1. 中国矿业大学地球与测绘学院, 北京 100083; 2. 中国环境科学研究院湖泊研究中心, 北京 100012; 3. 安徽省安庆师范学院资源环境学院, 安庆 246011)

摘要: 测定了巢湖周边3 528 km² 范围内 60 个混合土样中的有机质 (organic matter, OM)、全氮 (total nitrogen, TN) 和全磷 (total phosphorus, TP) 含量, 通过 GS 7.0 + 地统计学分析软件、Surfer 8.0 及 Mapinfo 8.5 软件研究了这 3 种营养盐的空间分布, 并使用 SPSS 17.0 软件对各指标间的相关性进行了分析。结果表明: ①巢湖周边表土中 ω (OM)、 ω (TN) 和 ω (TP) 平均值依次为 19 500、1 027 和 483 mg·kg⁻¹, 东巢湖表土中 ω (OM) 和 ω (TN) 均值高于西巢湖, 而磷矿的存在导致了 ω (TP) 均值西高东低; ②位于巢湖西南的杭埠-丰乐河和白石天河周边表土中 ω (TP) 本底值较高, 且水土流失十分严重, 巢湖面源污染管理必须高度重视该两河的 TP 控制; ③在线性模型下, 巢湖周边表土中 ω (OM)、 ω (TN) 和 ω (TP) 的块金值/基台值依次为 0.015、0.202 和 0.128。巢湖周边表土中 ω (OM)、 ω (TN) 和 ω (TP) 具有极强的空间自相关性, 三者 Pearson 检验为两两显著相关, 巢湖周边表土中 ω (TN) 和 ω (TP) 可由 ω (OM) 通过文中所得的公式估算, 精度能满足日常管理需要。

关键词: 巢湖周边; 表土; 营养盐; 空间分布; 相关性

中图分类号: X131.2 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)09-3031-07

Spatial Distribution Characteristics and Correlation Analysis of Organic Matter, Total Nitrogen and Total Phosphorus in Topsoil Around Chaohu Lake

CHEN Shu-qin^{1,2,3}, CHU Zhao-sheng², HU She-rong¹, LIU Jun³, WANG Chang-chun², WANG Man³

(1. College of Geoscience and Surveying Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China; 2. Research Center of Lake Environment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 3. School of Resource and Environment, Anqing Normal College, Anqing 246011, China)

Abstract: Sixty topsoil composite samples (0–20 cm) have been collected in 3 258 km² surrounding area of Chaohu Lake. The concentrations of organic material (OM), total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) were determined, and their spatial distribution characteristics were studied by geo-statistics software named GS 7.0 +, Surfer 8.0 and Mapinfo 8.5. The correlations of these 3 kinds of nutrient were analyzed by SPSS 17.0 at the same time. Results showed that the average ω (OM), ω (TN) and ω (TP) in topsoil around Chaohu Lake were 19 500 mg·kg⁻¹, 1 027 mg·kg⁻¹ and 483 mg·kg⁻¹. The ω (OM) and ω (TN) in topsoil in the east of Chaohu Lake were both higher than those in the west of the lake, while ω (TP) was reverse. The ω (TP) in topsoil around Hangbu-Fengle River and Baishitianhe River which located in the southwest of Chaohu Lake was higher than that in any other rivers and with the serious soil erosion. Hence, to control the TP released by nonpoint pollution, attention should be paid on these two rivers. Furthermore, the semivariogram models of ω (OM), ω (TN) and ω (TP) followed linear model and they all had a strong spatial autocorrelation, the ratios of nugget to sill were 0.015, 0.202 and 0.128, respectively. The characteristics of spatial distribution of ω (OM), ω (TN) and ω (TP) were similar. Moreover, the Pearson correlation analysis showed that ω (OM), ω (TN) and ω (TP) were significantly correlated. The ω (TN) and ω (TP) can be calculated by two recommended formulas, and the results were acceptable in daily non-point pollution management.

Key words: Chaohu Lake surrounding area; topsoil; nutrient; spatial distribution; correlation

土壤中的全氮 (TN)、全磷 (TP) 和有机质 (OM) 是湖泊生态系统物质循环的重要组成部分^[1], TN、TP 由地表径流携带进入湖体, 能诱发湖泊富营养化^[2], OM 能显著影响湖泊生态系统的生产力^[3,4]。而由于复杂的成土过程和人类活动, 湖泊周边表土中的营养盐通常具有高度的空间异质性^[5]。准确掌握 TN、TP 和 OM 的空间分布特征并对其相互关系进行研究, 不仅有利于深

入剖析土壤耕作属性^[6], 而且能为湖泊面源污染控制提供基础数据。巢湖是我国五大淡水湖之一, 近年来, 随着该湖流域点源污染控制成效凸显, 面源污染问题开始暴露, 并日益突出^[7], 引起

收稿日期: 2011-11-02; 修订日期: 2012-01-11

基金项目: 国家自然科学基金项目 (51078341)

作者简介: 陈书琴 (1977 ~), 男, 博士研究生, 副教授, 主要研究方向为湖泊环境和湖泊生态, E-mail: chenshq@aqtc.edu.cn

* 通讯联系人, E-mail: hsr8516@163.com

了国内外研究者的广泛关注^[8],但大多数研究主要集中在面源污染与土地利用的关系^[9,10]、面源污染物迁移转化机理^[11]、面源负荷估算^[12]、面源风险评价^[13-15]以及面源管理控制^[16]等方面,对巢湖流域及周边土壤中营养盐的研究也仅限于 TP^[17]等单个指标,多指标的研究与相关性分析则鲜见报道.本研究通过对巢湖周边表土的实地采样调查及多指标的实验室测定,分析了该区 $\omega(\text{OM})$ 、 $\omega(\text{TN})$ 和 $\omega(\text{TP})$ 空间分布特征并探索了三者之间的相关性,以期对巢湖面源污染控制提供理论依据.

1 研究区域概况

巢湖(东经 $116^{\circ}24'30'' \sim 118^{\circ}00'00''$,北纬 $30^{\circ}58'00'' \sim 32^{\circ}06'00''$)位于安徽省中部,介于长江、淮河之间,流域面积 $13\,350\text{ km}^2$,水域面积约 770 km^2 ,多年平均水位 8.4 m ,平均深度 2.5 m ,多年平

均入湖水量 48 亿 m^3 ,出湖水量 34 亿 m^3 .流域地势西高东低中间低洼平坦,属亚热带和暖温带过渡性的副热带季风气候区,温和湿润,年平均气温 16.0°C ,雨量适中,降雨多集中在每年 $5 \sim 8$ 月.流域共有各类河流 33 条,可以按照入湖通道划分为杭埠-丰乐河、派河、南淝河-店埠河、柘皋河、白石山河、裕溪河等 7 条水系.

2 研究方法

2.1 样点布置及采样方法

将巢湖闸以下巢湖周边 $3\,528\text{ km}^2$ 区域划分为 $6\text{ km} \times 6\text{ km}$ 的网格,在采样单元靠近中心位置及外围 $1 \sim 2\text{ km}$ 处采集 $2 \sim 5$ 个表土($0 \sim 20\text{ cm}$)样,共计采集 233 个土样,将处于同一采样网格中的土样混匀,研磨后过 100 目筛,四分法取 60 个混合样待测.土壤样品采集执行《土壤环境监测技术规范》(HJ/T 166-2004).实际工作样点布置见图 1.

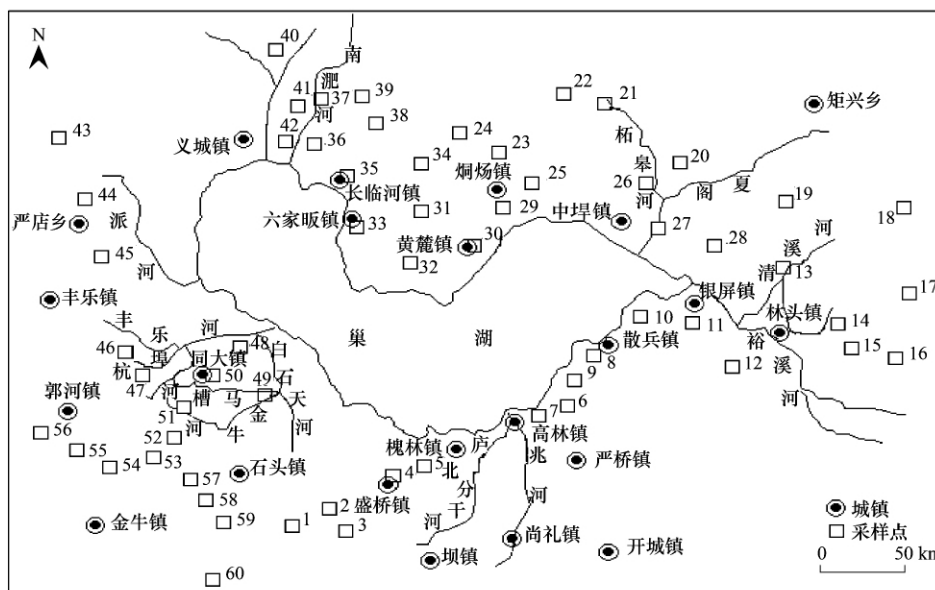


图 1 采样网格中心点布置示意

Fig. 1 Central of sampling grids around Chaohu Lake

2.2 测定方法

测定指标: TN、TP、OM.

测定方法: TN 测定采用 $\text{K}_2\text{SO}_4\text{-CuSO}_4\text{-Se}$ 混合催化法(即开氏法)^[18],TP 测定采用 SMT 规定的酸溶-钼锑抗比色法^[19],OM 测定采用重铬酸钾容量-外加加热法^[20].

2.3 数据分析方法

使用 GS 7.0 + 地统计学软件求得了营养盐各指标块金值与基台值之比,对其空间自相关性进行了分析,具体方法见文献[2],并通过反距离加

权插值法,利用 Surfer 8.0 及 Mapinfo 8.5 软件直观显示了营养盐的空间分布特征,运用 SPSS 17.0 统计分析软件进行了 Pearson 相关性检验及逐步回归分析.

3 结果与分析

面源通常是通过地表径流汇入入湖水系或直接进入湖体的,因此将 7 条水系周边表土中的各样点营养盐取平均值后进行比较,就能够确定面源污染小流域防治的重点.在全部调查范围内使

用反距离空间插值法展示营养盐空间分布特征, 能确定面源污染防治的区域重点。

3.1 巢湖周边表土 $\omega(\text{OM})$ 空间分布特征

巢湖周边表土中 $\omega(\text{OM})$ 平均值为 $19\,500\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。在线性模型下 $\omega(\text{OM})$ 块金值与基台值

之比为 0.015 , $\omega(\text{OM})$ 具有极强的空间自相关性。从行政区划上看, 巢湖以北的中埠镇、烔炀镇及以东的东关镇、以西的同大镇 $\omega(\text{OM})$ 较高, 巢湖以西及以南的银屏镇、骆岗镇、野山镇等地 $\omega(\text{OM})$ 较低, 如图 2。

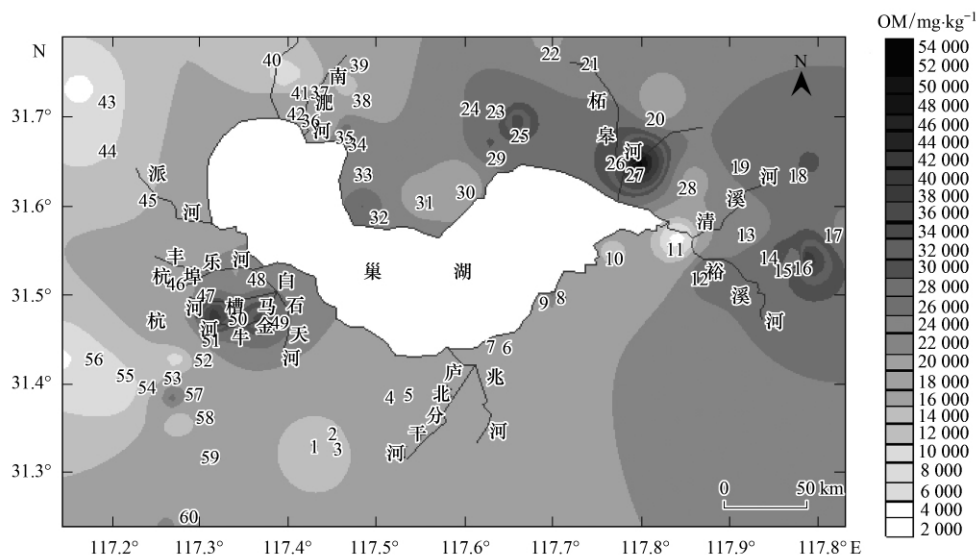


图2 巢湖周边表土 $\omega(\text{OM})$ 空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of $\omega(\text{OM})$ in topsoil around Chaohu Lake

巢湖 7 条水系周边, $\omega(\text{OM})$ 平均为柘皋河 ($29\,413\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 裕溪河 ($24\,266\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 杭埠-丰乐河 ($19\,891\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 兆河 ($19\,200\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 白石天河 ($17\,829\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 南淝河-店埠河 ($17\,594\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 派河 ($10\,796\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。高 $\omega(\text{OM})$ 地区集中在柘皋河、裕溪河、杭埠-丰乐河、兆河区域, 低浓度地区集中在派河、南淝河-店埠河、白石天河区域, 其中柘皋河流域浓度最高, 派河流域浓度最低。若将巢湖沿南北中轴线划分为东西两个部分, 可知东巢湖地区表土中 $\omega(\text{OM})$ 平均为 $24\,293\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 远大于西巢湖地区的 $15\,898\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

3.2 巢湖周边表土 $\omega(\text{TN})$ 空间分布特征

巢湖周边表土中 $\omega(\text{TN})$ 在 $253 \sim 2\,273\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 内变化, 平均含量 $1\,027\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。与 $\omega(\text{OM})$ 一样, 在线性模型下, 块金值与基台值之比为 0.202 , $\omega(\text{TN})$ 具有极强的空间自相关性。 $\omega(\text{TN})$ 在巢湖北岸的烔炀镇、中埠镇及东岸的高林镇、周家店及庐城浓度比较高, 而在巢湖南岸及西岸的野山镇、骆岗镇、银屏镇浓度则比较低, 其空间分布特征与 $\omega(\text{OM})$ 极为相似(如图 3)。

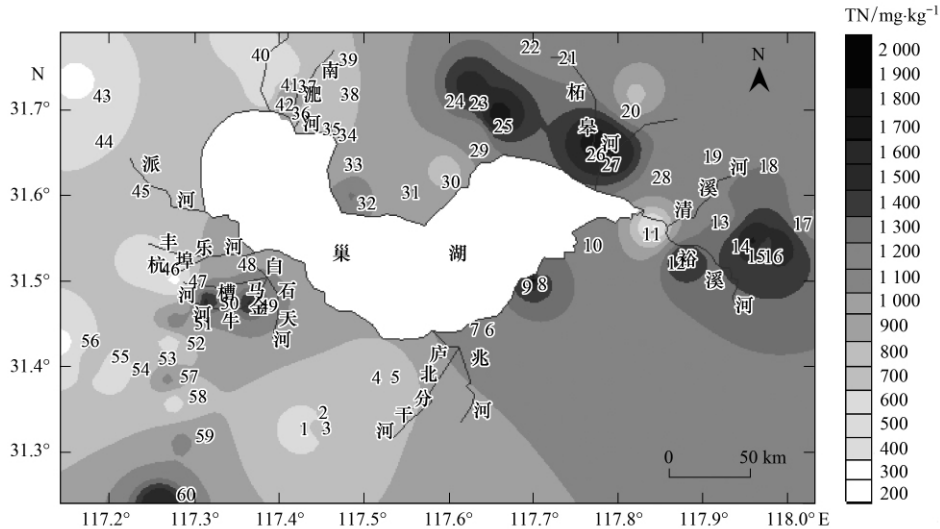
从巢湖 7 条水系来看, $\omega(\text{TN})$ 平均为柘皋河

($14\,560\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 裕溪河 ($12\,880\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 兆河 ($10\,550\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 白石天河 ($9\,440\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 南淝河-店埠河 ($789\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 杭埠-丰乐河 ($619\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 派河 ($522\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)。高 $\omega(\text{TN})$ 地区主要集中在柘皋河、兆河以及东区的裕溪河区域, 低浓度地区主要集中在杭埠-丰乐河、派河、南淝河-店埠河等区域, 其中柘皋河流域最高, 派河流域最低。与 $\omega(\text{OM})$ 相似, 东巢湖地区 $\omega(\text{TN})$ 平均高达 $14\,020\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 远高于西巢湖地区的 $790\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

3.3 巢湖周边表土 $\omega(\text{TP})$ 空间分布特征

与 $\omega(\text{OM})$ 、 $\omega(\text{TN})$ 有所不同, 位于巢湖西南的同大镇、中埠镇为高 $\omega(\text{TP})$ 地区, 但其他区域 $\omega(\text{TP})$ 分布与 $\omega(\text{OM})$ 仍出现了重合。 $\omega(\text{TP})$ 在全尺度空间上分布与 $\omega(\text{OM})$ 有相似的特征。巢湖周边表土 $\omega(\text{TP})$ 为 $483\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 与 2003 年的 $540\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ [17] 相比, $\omega(\text{TP})$ 略有下降。 $\omega(\text{TP})$ 使用线性理论计算, 其块金值与基台值之比为 0.128 , 具有高度的空间相关性。

从巢湖 7 条水系来看, 土壤 $\omega(\text{TP})$ 平均为杭埠-丰乐河 ($572\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 柘皋河 ($565\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 白石天河 ($490\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 裕溪河 ($459\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 兆河 ($456\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 南淝河-店埠河 (441

图3 巢湖周边表土 $\omega(\text{TN})$ 空间分布Fig. 3 Spatial distribution of $\omega(\text{TN})$ in topsoil around Chaohu Lake

$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) > 派河 ($382 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) ,巢湖周边表土 TP 高浓度地区主要集中在柘皋河、兆河、白石天河以及杭埠-丰乐河区域,低浓度地区主要集中在派河、南淝河-店埠河,其中杭埠-丰乐河流域浓度最高,派河流域浓度最低. 与 OM 及 TN 不同,东巢湖地区表土中 TP 为 $473 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,而西巢湖地区为 $536 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,西巢湖地区略高于东巢湖. 值得关注的是,全区 $\omega(\text{TP})$ 最高点出现在白石天河上游的金牛河周边(如图4).

3.4 巢湖周边表土中营养盐相关性

对比巢湖周边表土中 $\omega(\text{OM})$ 、 $\omega(\text{TN})$ 和 $\omega(\text{TP})$ 空间分布图,可知该3个指标在空间上的分布具有一定相似性,由此推断 $\omega(\text{OM})$ 、 $\omega(\text{TN})$ 和 ω

(TP) 之间必存在一定的相关性. 相关性检验结果如表1所示.

可知 $\omega(\text{TN})$ 和 $\omega(\text{OM})$ 之间呈现极显著的相关性,相关系数为 0.799,处于 0.6 ~ 0.8 之间,所以 $\omega(\text{TN})$ 和 $\omega(\text{OM})$ 之间呈现强正相关. $\omega(\text{TP})$ 和 $\omega(\text{OM})$ 之间呈现极显著的相关性. 又相关性系数为 0.456,处于 0.4 ~ 0.6 之间,所以 $\omega(\text{TP})$ 和 $\omega(\text{OM})$ 之间呈现中度的正相关.

4 讨论

4.1 表土营养盐空间分布与巢湖富营养化的关系

关于巢湖表土营养盐浓度与湖泊富营养化的关系问题,众多研究者^[21~23]分别从不同的角度进行了

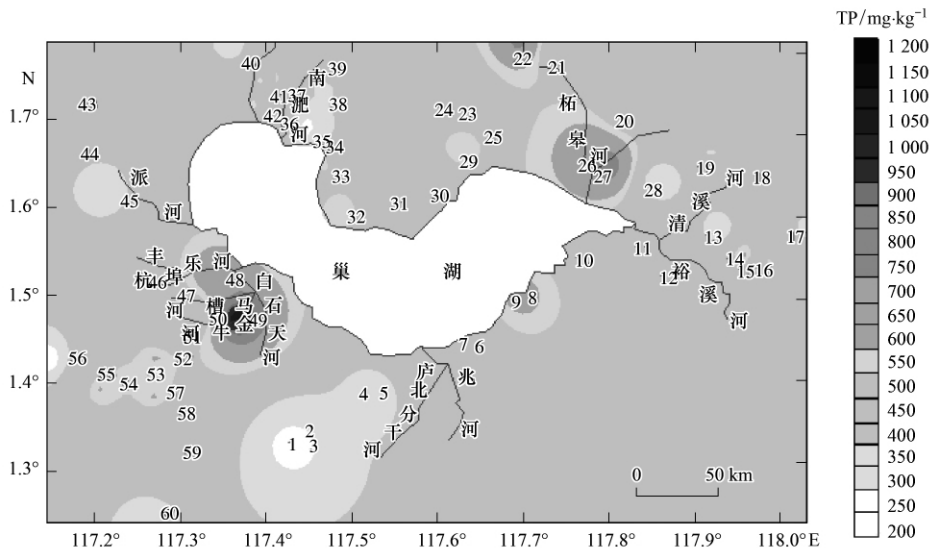


图4 巢湖周边表土 TP 浓度空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of TP concentration in topsoil around Chaohu Lake

表1 $\omega(\text{OM})$ 、 $\omega(\text{TN})$ 和 $\omega(\text{TP})$ 之间的相关性检验结果¹⁾
Table 1 Analysis of correlations between OM and TP, TN

项目		$\omega(\text{TP})$	$\omega(\text{TN})$	$\omega(\text{OM})$
$\omega(\text{TP})$	Pearson 积距相关系数	1	0.410 **	0.456 **
	P 值(双尾检验)		0.001	0.000
	样本数	60	60	60
$\omega(\text{TN})$	Pearson 积距相关系数	0.410 **	1	0.799 **
	P 值(双尾检验)	0.001		0.000
	样本数	60	60	60
$\omega(\text{OM})$	Pearson 积距相关系数	0.456 **	0.799 **	1
	P 值(双尾检验)	0.000	0.000	
	样本数	60	60	60

1) ** $P < 0.01$,表示相比较的两极显著相关

论述,结果虽然互有侧重,但有一点是共同的,那就是面源污染已日益成为巢湖水体 N、P 的主要来源,面源污染强度的增加加剧了巢湖水体富营养化^[24]。

巢湖周边表土中高 $\omega(\text{TN})$ 和 $\omega(\text{OM})$ 地区集中在东巢湖地区的柘皋河、兆河流域,低 $\omega(\text{TN})$ 和 $\omega(\text{OM})$ 地区则主要集中在西巢湖的派河、南淝河-店埠河流域,这与周慧平^[17]、胡宏祥^[25] 等在不同年度的单指标调查结果一致。一般来讲,表土营养盐与水体水质呈极显著的负相关^[26]。但在巢湖周边,营养盐含量较高的东巢湖,河流平均水质却高出西巢湖 1 个等级。而周边表土 $\omega(\text{TN})$ 和 $\omega(\text{OM})$ 较低的南淝河-店埠河、派河、杭埠-丰乐河,水质最差,平均Ⅳ类~Ⅴ类,甚至劣Ⅴ类。根据现场踏勘研究,东巢湖地区植被覆盖率高,水土流失程度较小,西巢湖工农业生产发达,植被覆盖率低,水土流失相对严重。有研究指出以水土流失为主要载体的面源污染已成为巢湖水体富营养化的主要原因^[27-28],氮、磷元素通过面源泥沙携带造成的损失占氮、磷养分迁移总量的 90% 以上^[29-30]。因此,西巢湖地区应成为巢湖面源污染控制的重点区域。

而杭埠-丰乐河及白石天河地处西巢湖,虽然水土流失比较严重,但其表土中 TP 含量仍然较高。王绪伟等^[31] 研究发现,该区有丰富的磷矿资源, $\omega(\text{TP})$ 本底平均值较高,这可能是表土中 TP 含量不随水土流失而减少的重要原因。土壤中养分含量越高,地表径流中养分的浓度就会越大,侵蚀泥沙中颗粒养分的含量也越高^[32]。所以巢湖面源污染控制必须高度重视杭埠-丰乐河和白石天河周边表土中的 TP 控制。

在降水集中的 5~8 月,刚经历夏收的巢湖周边农田多为裸地,而裸地径流携沙量是草被覆盖区的 10 倍^[33],占巢湖流域每年总入湖量 90% 以上的泥

沙在此期间集中涌入湖体^[34],这可能是巢湖蓝藻每年 5~10 月大面积暴发的重要原因。

4.2 土壤中营养盐相关性因地域不同而有所差异

张如龙等^[1]对张掖北郊湿地的研究发现,土壤中 $\omega(\text{OM})$ 和 $\omega(\text{TN})$ 具有较强的相关性,可以通过任意一个指标推算出另外一个,这与本研究得出的结果相同。但该研究同时发现,TP 与 OM 相关性不显著。高义民等^[35]对陕西省新集村土壤 pH、 $\omega(\text{OM})$ 、速效养分的空间变异性研究证明了土壤 $\omega(\text{OM})$ 与有效 $\omega(\text{N})$ 和 $\omega(\text{P})$ 等之间具有中等的空间相关性,而安徽省土壤普查则发现,土壤中 $\omega(\text{OM})$ 和 $\omega(\text{TP})$ 含量存在着显著的相关性^[36]。这就从另一个角度表明,土壤中营养盐各指标之间相关性因地域不同而有所不同,巢湖周边表土中 $\omega(\text{OM})$ 与 $\omega(\text{TN})$ 、 $\omega(\text{TP})$ 间存在较强的相关性具有一定的地域独特性。使用逐步回归分析,可得在巢湖周边表土中 $\omega(\text{OM})$ 与 $\omega(\text{TN})$ 、 $\omega(\text{TP})$ 之间的相关性方程,分别为式(1)和式(2):

$$\omega(\text{TN}) = 0.0369 \cdot \omega(\text{OM}) + 255.8$$

($R^2 = 0.6379$)

(1)

$$\omega(\text{TP}) = 0.0073 \cdot \omega(\text{OM}) + 330.14$$

($R^2 = 0.2082$)

(2)

式中 $\omega(\text{OM})$ 为土壤有机质含量($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$); $\omega(\text{TN})$ 为土壤中全氮含量($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$); $\omega(\text{TP})$ 为土壤中全磷含量($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$); R^2 为方程的决定系数。

方程(2)的决定系数偏小,这可能是由于巢湖周边表土中营养盐浓度之间的内在关系并不一定符合线性模型。刘杏梅等^[37]在全面分析了太湖流域浙江省平湖市耕层土壤的 $\omega(\text{OM})$ 、 $\omega(\text{TN})$ 和有效磷等要素的空间变异特征后指出,该地 $\omega(\text{OM})$ 与 $\omega(\text{TN})$ 函数关系曲线符合球状模型。但本研究发现,巢湖周边表土中 $\omega(\text{OM})$ 与 $\omega(\text{TN})$ 、 $\omega(\text{TP})$ 只在线性模型下具有强空间自相关性,在球状模型下空

间自相关性并不显著,要找到决定系数及精度都较高的相关性方程尚待进一步研究.将 $\omega(\text{OM})$ 实测值代入本文所得方程可知,各样点 $\omega(\text{TN})$ 、 $\omega(\text{TP})$ 理论值与实测值的平均相对误差分别为24.63%和24.87%,精度可以满足日常面源管理需要.

5 结论

(1) 巢湖周边表土中 $\omega(\text{OM})$ 平均值为 $19\,500\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\omega(\text{TN})$ 平均值为 $1\,027\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\omega(\text{TP})$ 平均值为 $483\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,其中东巢湖表土中 $\omega(\text{OM})$ 与 $\omega(\text{TN})$ 高于西巢湖,而 $\omega(\text{TP})$ 则表现出相反的分布规律,这是因为西巢湖某些地区存在磷矿所致,整体上来看, $\omega(\text{OM})$ 与 $\omega(\text{TN})$ 、 $\omega(\text{TP})$ 空间分布仍具有一定的相似性.

(2) 杭埠-丰乐河和白石天河周边表土中 $\omega(\text{TP})$ 本底值较高,且水土流失十分严重,巢湖面源污染管理必须高度重视该两河的TP控制.

(3) 在线性模型下, $\omega(\text{OM})$ 与 $\omega(\text{TN})$ 、 $\omega(\text{TP})$ 的块金值/基台值分别为0.015、0.202和0.128,三者表现为极强的空间自相关性, $\omega(\text{OM})$ 与 $\omega(\text{TN})$ 、 $\omega(\text{TP})$ 的Pearson检验为显著相关,通过逐步回归所得的线性方程,可由 $\omega(\text{OM})$ 直接估算 $\omega(\text{TN})$ 和 $\omega(\text{TP})$ 值,精度皆在75%以上.

参考文献:

- [1] 张如龙,秦晓燕,巴建文.张掖市北郊湿地土壤有机质与全氮、全磷的相关性分析[J].地下水,2010,32(4):28-31.
- [2] 雷能忠,蒋锦刚,黄大鹏.杭埠河流域土壤全氮和有机质的空间变异特征[J].厦门大学学报(自然科学版),2008,47(2):300-304.
- [3] 白军红,王庆改,黄来斌,等.内陆碱化湿地土壤有机质和全磷的时空分布特征[J].海洋湖沼通报,2010,(4):34-40.
- [4] Maquere V, Laclau J P, Bernoux M, et al. Influence of land use (savanna, pasture, *Eucalyptus* plantations) on soil carbon and nitrogen stocks in Brazil[J]. European Journal of Soil Science, 2008, 59(5): 863-877.
- [5] Mzuku M, Khosla R, Reich R. Spatial variability of measured soil properties across site-specific management zones[J]. Soil Science Society of America Journal, 2005, 69(5): 1572-1579.
- [6] 张国耀,程先富,鲍伟佳,等.小流域土壤有机质和全磷空间变异分析——以安徽省舒城县龙潭小流域为例[J].应用与环境生态学报,2011,17(2):169-173.
- [7] 范桂荣,王长春,陈书琴,等.巢湖周边地区表层土壤总氮有机质空间分布特征[J].环境科学与技术,2011,34(5):117-120.
- [8] 董文涛,程先富.巢湖流域非点源污染研究综述[J].环境科学与管理,2011,36(8):46-49.
- [9] 李俊然,陈利顶,郭旭东,等.土地利用结构对非点源污染的影响[J].中国环境科学,2000,20(6):210-206.
- [10] 阎伍坎,鲍祥.巢湖流域农业活动与非点源污染的初步研究[J].水土保持学报,2001,15(4):129-132.
- [11] 晏维金,尹澄清,孙璞,等.磷氮在水田湿地中的迁移转化及径流流失过程[J].应用生态学报,1999,10(3):312-316.
- [12] 金庆海,朱素菊,黄文钰,等.巢湖合肥地区洗衣粉排磷占入湖磷贡献率的研究[J].环境污染与防治,2001,23(6):320-322.
- [13] 程杰,李学德,花日茂,等.巢湖水体沉积物重金属的分布及生态风险评价[J].农业环境科学学报,2008,27(4):1403-1408.
- [14] 张明,花日茂,李学德,等.巢湖表层水体中有机氯农药的分布及其组成[J].应用生态学报,2010,21(1):209-214.
- [15] 周婷婷,李学德,张明,等.巢湖东半湖沉积物中有机氯农药的残留特征及风险评价[J].农业环境科学学报,2009,28(11):2374-2378.
- [16] 李如忠,洪天求.巢湖流域农业非点源污染控制对策研究[J].合肥工业大学学报(社会科学版),2006,20(1):105-110.
- [17] 周慧平,高超,孙波,等.巢湖流域土壤全磷含量的空间变异特征和影响因素[J].农业环境科学学报,2007,26(6):2112-2117.
- [18] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,1999.166-179.
- [19] Ruban V, Brigault S, Demare D, et al. An investigation of the origin and mobility of phosphorus in freshwater sediments from Bort-Les-Orgues Reservoir, France[J]. Journal of Environmental Monitoring, 1999, 1(4): 403-407.
- [20] 鲍士旦.土壤农化分析(Ⅲ)[M].北京:中国农业出版社,2000.30-34.
- [21] 王晓辉,张之源,贾良清,等.巢湖流域非点源N、P污染控制措施研究[J].安徽农业科学,2007,35(32):10452-10453,10456.
- [22] 周慧平,高超.巢湖流域非点源磷流失关键源区识别[J].环境科学,2008,29(10):2696-2702.
- [23] 程红,汪家权,肖蓓,等.巢湖流域农业非点源污染现状及控制策略[J].安徽农业科学,2009,37(29):14341-14342,14345.
- [24] 李雷,戴万宏.巢湖水体富营养化污染现状及防治对策[J].中国水土保持,2009,(7):55-57.
- [25] 胡宏祥,洪天求,樊丽莉.巢湖马鞍山土壤有机质和N、P变化研究[J].中国水土保持,2006,(11):26-28.
- [26] 王睿.巢湖流域水环境质量评价与水质预测模型研究[D].合肥:合肥工业大学,2009.15-34.
- [27] 殷福才,张之源.巢湖富营养化研究进展[J].湖泊科学,2003,15(4):377-384.
- [28] 屠清瑛,顾丁锡,尹澄清,等.巢湖——富营养化的研究[M].合肥:中国科学技术大学出版社,1990.1-100.
- [29] 胡宏祥.巢湖北岸中东部水土迁移过程及规律研究[D].合肥:合肥工业大学,2008.1-118.

- [30] 王振祥, 朱晓东, 孟平. 巢湖富营养化年度尺度变化分析及对策[J]. 环境保护, 2009, (6): 33-36.
- [31] 王绪伟, 王心源, 封毅, 等. 巢湖沉积物总磷分布及其地质成因[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2007, 30(4): 496-499.
- [32] 王晓燕. 非点源污染及其管理[M]. 北京: 海洋出版社, 2003. 3-4.
- [33] 吴卿, 杨春霞, 甄斌, 等. 草被覆盖度对黄土坡面径流产沙影响的试验研究[J]. 中国水土保持, 2010, (9): 56-58.
- [34] 夏林益. 杭埠河流域水土流失及其治理对策研究[D]. 芜湖: 安徽师范大学, 2007. 1-45.
- [35] 高义民, 同延安, 胡正义, 等. 黄土区村级农田土壤养分空间变异特征研究[J]. 土壤通报, 2006, 37(1): 1-6.
- [36] 安徽省土壤普查办公室. 安徽土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 532-545.
- [37] 刘杏梅, 徐建民, 章明奎, 等. 太湖流域土壤养分空间变异特征分析——以浙江省平湖市为例[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2003, 29(1): 76-82.

欢迎订阅 2012 年《环境科学》

《环境科学》创刊于 1976 年,由中国科学院主管,中国科学院生态环境研究中心主办,是我国环境科学学科中最早创刊的学术性期刊。

《环境科学》自创刊以来,始终坚持“防治污染,改善生态,促进发展,造福人民”的宗旨,报道我国环境科学领域内具有创新性高水平,有重要意义的基础研究和应用研究成果,以及反映控制污染,清洁生产和生态环境建设等可持续发展的战略思想、理论和实用技术等。

《环境科学》在国内外公开发行,并在国内外科技界有较大影响,被国内外一些重要检索系统收录,如美国医学索引 MEDLINE; 美国化学文摘 CA; 俄罗斯文摘杂志 AJ; 美国生物学文摘预评 BP; 美国医学索引 IM; 日本科学技术情报中心数据库 JICST; 英国动物学记录 ZR; 剑桥科学文摘(CSA): Environmental Sciences; 剑桥科学文摘(CSA): Pollution Abstracts; 剑桥科学文摘(CAS): Life Sciences Abstracts 等; 国内的检索系统有中国科技论文统计与引文数据库(CSTPCD); 中文科技期刊数据库(维普); 中国期刊全文数据库(CNKI); 数字化期刊全文数据库(万方); 中国科学引文数据库(CSCD); 中国生物学文摘等。

全国各地邮局均可订阅,如有漏订的读者可直接与编辑部联系,办理补订手续。

《环境科学》2012 年为大 16 开本,70 元/册,全年 12 期。

国内统一刊号:CN11-1895/X 国际标准刊号:ISSN 0250-3301

国外发行代号:M 205 国内邮发代号:2-821

编辑部地址:北京市海淀区双清路 18 号(2871 信箱) 邮编:100085

电话:010-62941102; 传真:010-62849343; E-mail: hjkx@rcees.ac.cn; 网址: www.hjkx.ac.cn