J. Lake Sci.(湖泊科学), 2005, **17**(1):93 – 96
ISSN 1003 – 5427; E-mail: jlakes@ niglas. ac. cn
Copyright 2005 by *Journal of Lake Sciences*

湖北梁子湖湿地土壤养分的分布特征和相关性分析*

熊汉锋[1],廖勤周[2],吴庆丰[2],王运华[1]
(1:华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070)
(2:湖北省鄂州市土肥站,鄂州 436000)

摘　要:对湖北梁子湖农业湿地土壤有机质、N、P、K 的分布特征进行了研究. 结果表明,土壤表层有机质含量在 24.203 – 56.815 g/kg 之间, TN、TP、TK 分别为 1.385 – 2.911 g/kg、0.406 – 0.523 g/kg 和 14.68 – 26.77 g/kg. 五类土壤中有机质、TN、TP、TK 在水平分布上是随地形部位升高(地下水位降低)而降低,即从沼泽型→潜育型→侧渗型→潴育型→淹育型渐次降低. 土壤剖面中,有机质、TN、TP、TK 从表层到底层逐渐降低,仅在淹育型土壤中 TK 是从上向下逐渐升高. 侧渗型水田由于湖水脉动漂洗作用使剖面底层的有机质、TN、TP、TK 都低于其它四类土壤. 土壤表层中速效 N、P 分布特征与 TN、TP 相似,但速效 K 的变异较大. 土壤表层中有机质、TN、TP、TK 之间有良好的相关性,而剖面中有机质与 TN 也高度相关. 此外,沼泽型土壤有机质与 TK 及 TN 与 TK 显著相关,而淹育型土壤剖面中 TP 与 TK 显著负相关.
关键词:湿地;土壤养分;分布特征;相关性;梁子湖

Distributi on Soil Nutrients and Correlation Analysis in Lake Liangzi Wetlands, Hubei Province

XIONG Hanfeng[1], LIAO Qingzhou[2], WU Qingfeng[2] & WANG Yunhua[1]
(1:*Huazhong Universitry of Agriculture*, *Wuhan* 430070, *P. R. China*)
(2:*Erzhou City Agricultural Station of Hubei Province*, *Erzhou* 436000, *P. R. China*)

Abstract:: The wetlands in Lake Liangzi in the middle reaches of Yangtse River were investigaged in autumn, after late rice harvest in 2003. Five typical paddy soil were identified, i. e. submergic, hgdroaric, bleached, gleyed and swamp paddy soils. Soil profiles as well as samples from different horizons were collected for measuring organic matter, TN, TP, TK and available N, P, K etc. It was found that the content of organic matter, TN, TP, TK were 24.203 – 56.815 g/kg, 1.385 – 2.911 g/kg, 0.406 – 0.523 g/kg and 14.68 – 26.77 g/kg, respectively. The organic matter, TN, TP, TK were increased in paddy soils with the drop of topographical location and the ascending of ground-water level in the plow layer. The organic matter, TN, TP and TK were decreased form plow layer to subsoil in five paddy soil profile except that TK was increased from plow layer to subsoil in submergic paddy soil profile. In addition, available N of plow layer in swamp paddy soil was lower than gleyed paddy soil, but higher than other three paddy soils. Available N of plow layer has similar variation with TN in other four paddy soils whereas available P of plow layer was lowest in swamp paddy soil. Correlation analysis revealed that the organic matter, TN, TP, TK have significant correlation in plow layer with correlation coefficient of 0.957, 0.953 and 0.825, respectively. At swamp paddy soil profile, the correlations between organic matter with TK, and between TN with TK were also significant, with correlation coefficients of 0.772 and 0.674, respectively. However, at sumergic paddy soil profile the TP with TK were negatively correlated(R = -0.675).
Keywords: Wetlands; paddy soil nutrient; distribution characteristics; correlation analysis; Lake Liangzi

湿地作为地球上独特生态系统,是自然界最具生物多样性的生态景观和人类最重要的生态环境之一,被誉为"自然之肾". 有机质和 N、P、K 主要营养元素是湿地土壤的重要组成部分,又是湿地生态系统中及其重要的生态因子,其含量直接影响着湿地生态系统的生产力[1]. 研究湿地中主要营养元素的分布特征是湿地生态系统地球化学循环研究的重要基础,有助于湿地生态系统生态过程和功能机理研究的深入. 随着人

* 国家林业局梁子湖湿地保护项目资助.
2004 – 03 – 08 收稿;2004 – 7 – 26 收修改稿. 熊汉锋,男,1963 生,博士研究生; E-mail: xhfeng987@ 163. com

口增长、经济快速发展和人民生活需求日益提高,湿地的开发利用强度越来越大,各种湿地资源得不到正常的休养生息,功能和效益下降.湿地开垦为农田之后,其土壤中主要营养元素的含量和分布均发生了不同程度的变化,有必要对土壤中主要营养元素的含量和分布进行定量研究.目前,对湿地生态系统的营养元素循环的定位研究多集中于湿地植物[2,3],对湿地土壤的有机质和N、P、K主要营养元素研究较少[4,5].关于梁子湖湿地土壤中主要营养元素的研究尚未见报道.本文对梁子湖湿地五类土壤有机质、N、P、K的分布特征进行了研究,其结果可为进一步研究湿地的优化管理和可持续发展模式与对策提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

梁子湖湿地列于中国173处重要湿地目录第59位.梁子湖湿地保护区位于长江中游,湖北省东南部(东经110°20′-114°23′,北纬30°11′-30°23′),2001年被湖北省人民政府批准设立保护区.保护区范围包括梁子湖及周边地带,总面积37946 hm^2.梁子湖是一半封闭型浅水湖泊,面积为227.96 km^2,丰水期499.77 km^2.湖水平均深2.44 m,湖岸线长636.5 km,来水面积2085 km^2.该区域气候温和,雨量充沛,年平均气温17.4℃,年均降雨量1663 mm,年平均日照时数2061h,无霜期270 d.湿地土壤类型有沼泽型水稻土、潜育型水稻土、侧渗型水稻土、渚育型水稻土、淹育型水稻土五类.

1.2 取样方法

2003年10月在湿地范围根据土壤类型及地形位置取代表性样点15个,5个土壤类型各取3个.每一样点挖100 cm深的剖面,根据土壤剖面的形态特征,分层取土样,表层土样以多点混合方式采集,风干后制样侧定养分.

1.3 养分测定

土壤有机质、TN、TP、TK及速效N、P、K均采用土壤农化常规分析方法[6].

2 结果与讨论

2.1 土壤有机质的分布特征

土壤有机质的含量主要取决于有机物的输入量和输出量.农业湿地土壤中有机质除人工施肥外,主要来源于土壤原有机物的矿化和动植物残体的分解,有机质的输出量则主要包括分解和侵蚀损失.表1表明五类土壤有机质的垂直变化趋势相同,即在土壤剖面中从表层向下逐步减少,与土壤中动植物的残体量由上向下依次减少一致,而且人为施用有机肥也主要施在0-15 cm的耕作层中,这与湿地土壤有机质主要积累在表层的报道一致[4].土壤表层有机质含量在24.203-56.815 g/kg之间,平均37.890 g/kg,变异系数为34.16%.其水平变化趋势从沼泽型→潜育型→侧渗型→渚育型→淹育型逐步降低,而且沼泽型和潜育型土壤有机质含量明显高于其它类型.由于有机质的矿化分解与氧化还原环境相关,所以有机质含量受淹水条件控制十分显著[7].沼泽型和潜育型土壤地下水位高,土壤长期处于渍水条件下,土壤温度低,通气条件差,其还原环境不利于有机质分解,使有机质含量相对较高.从沼泽型→潜育型→侧渗型→渚育型→淹育型水田地势逐步抬升,地下水位逐步下降,土壤通气条件改善,有机质分解加快,所以有机质含量逐步降低.

2.2 土壤中N、P、K的分布特征

2.2.1 N　土壤中N主要来源于动植物残体、生物固N及人工施肥,少量来源于降水和灌溉水.土壤氮的输出主要是土壤有机质的分解产物,铵态氮和硝态氮供植物吸收,反硝化作用和氨挥发等过程返回大气,还有一部分则通过径流随水流失.湿地土壤表层全N含量在1.385-2.911 g/kg之间,平均2.104 g/kg,变异系数为0.3135.土壤全N的消长趋势与有机质完全一致,线性回归的相关系数$R=0.9573$,F检验达极显著水平.其水平变异从沼泽型→潜育型→侧渗型→渚育型→淹育型依次降低.这是由于土壤全N含量主要受有机质的控制,不同地形部位土壤有不同的水份状况,进而影响土壤有机N的矿化.除沼泽型土壤外,土壤表层速效N(碱解N)含量(表1)与TN的变化趋势基本一致.沼泽型土壤的速效N明显低于潜育型,但明显高于其它三类土壤.这与土壤的干湿周期有关,白军红等[8]研究发现相当短的干湿周期有利于脱氨作用及有机质的分解.NH_4^+-N在土壤中的变异主要受植被,土壤粘粒含量和水份条件影响.沼泽型土壤可以给脱

N 细菌提供较多有机质促进湿地脱 N 作用. 土壤有机 N 的好气分解终点产物是 NO_3^--N,在地下水位较低的淹育型、潴育型和侧渗型土壤中由于通气条件好,土壤有机 N 通过氨化作用转化为 NH_4^+-N, NH_4^+-N 又通过硝化作用很容易转化为 NO_3^--N, 因此这三类土壤中碱解 N 含量较低.

表 1 土壤有机质与养份分布特征[1)]

Tab. 1 The distribution characteristic of soil organic mater and nutrient in Lake Liangzi wetland

类别	土壤层次及深度 (cm)	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	全 P (g/kg)	全 K (g/kg)	速效 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)
淹育型	A 0-12	24.203	1.385	0.436	14.679	91.2	6.1	72
	P 12 – 20	15.221	1.074	0.281	15.58			
	C 20 – 100	7.077	0.585	0.26	16.474			
潴育型	A 0 – 15	29.332	1.651	0.431	19.605	120.7	5.6	100.3
	P 15 – 30	23.081	1.274	0.422	18.639			
	W 30 – 100	14.031	0.77	0.411	18.369			
侧渗型	A 0 – 15	32.972	1.868	0.406	18.387	121.7	6.2	79
	P 15 – 30	25.043	1.465	0.345	19.202			
	W 30 – 52	13.035	0.855	0.352	16.505			
	E 52 – 100	7.595	0.575	0.218	14.424			
潜育型	A 0 – 17	46.131	2.704	0.452	24.028	176.7	6.1	183.3
	P 17 – 28	39.496	2.242	0.429	23.609			
	G 28 – 100	22.198	1.12	0.388	19.967			
沼泽型	A 0 – 17	56.815	2.911	0.523	26.77	144	3.1	109.7
	G_1 17 – 26	44.456	2.568	0.449	25.929			
	G_2 26 – 100	19.878	1.218	0.359	21.747			

*1)A:耕作层; P: 犁底层; G: 潜育层;W: 潴育层; E: 淋溶层;C:心土层.

土壤全 N 的垂直变化趋势是从上到下逐渐降低,这与有机质的变化相同. 在剖面中五类土壤 TN 与有机质极显著相关(表 3),相关系数分别为 0.909,0.967,0.878,0.975 和 0.951. 这是因为土壤 N 主要存在生物活动区[9],尤其是在植物根系分布区,土壤中的 N 素 95% 上以有机 N 的形态分布于土壤表层. 另外,土壤剖面中耕层以下处于无氧状态,耕层有机 N 转化的 NO_3^--N 随水进入犁底层及心土层,在无氧条件下充当兼性厌氧细菌和厌氧细菌分解有机质的电子受体而被还原,使无机 N 在土壤底层含量低.

2.2.2 P 梁子湖湿地土壤表层全 P 含量在 0.406 – 0.523 g/kg 之间,平均为 0.433 g/kg,变异系数为 21.02%. 在土壤表层中,TP 含量与有机质含量显著相关,相关系数为 0.953(表 2). 其水平分异与有机质、TN 的变化趋势一致,从沼泽型→潜育型→潴育型→侧渗型→淹育型依次降低,即随地下水位升高(地形部位降低)而降低,与向万胜[9]的研究结果一致. 土壤中 P 素主要来源于成土母质和动植物残体归还,其含量受土壤类型和气候条件的影响. 磷通常以正磷酸盐的形态存在于土壤中,相当大一部分是有机质结合态存在[10]. 地形和水分条件影响有机质含量,因而影响 TP 的含量变化. 表层速效 P 除沼泽型土壤明显低以外,其它类型土壤变化不大. 龚子同[11]研究沼泽化土壤耕层土壤有效 P 降低的原因,发现可能与长期渍水还原条件下,磷酸铁被还原而释放出,从而增大了 P 素随水迁移性有关. 沼泽土壤所处高地下水位条件下土壤对可溶态 P 的吸持能力增加,因而降低了 P 的有效性. 土壤 TP 量在剖面上的垂直分布也与 TN、有机质的分布趋势相似,都是从表层到底层逐渐降低. 除侧渗型土壤变化幅度较大外,其它土壤变化幅度较小. 这可能与磷的赋存形态及特性有关,土壤表层以下有机 P 含量在 TP 含量中占有一定的比例,有机 P 含量与土壤有机质含量之间有良好的相关性. 磷的移动性很小,向下淋溶少,在土壤中变异不大.

2.2.3 K 土壤中的 K 大多都存在于矿物中,矿物风化时释放出 K 离子,这些 K 离子通过阳离子交换而被吸附. 梁子湖农业湿地的土壤 TK 含量在 14.679 – 26.77 g/kg 之间,普遍含量较低. 土壤全 K 的水平分异是从沼泽型→潜育型→潴育型→侧渗型→淹育型是逐次降低,与有机质的变化趋势相似. 有机质通过阳离子交换吸附 K 离子,因此有机质量影响 K 含量. 表层有效 K 的含量在 72 – 185 mg/kg 之间,差异较大,与 TK

含量及有机质含量无相关性.这是因为土壤中的有效 K 都是溶解态和离子交换态,它们很容易随水淋溶和被植物吸收.土壤中的有效 K 来源于固定态钾的释放和矿物钾的风化释放,与土壤矿物和粘粒的含量有关.土壤 TK 量在剖面上的垂直分布除淹育型土壤是从上到下渐次增加外,其它土壤是从表层到底层逐渐降低.这与杨永兴[2]研究三江平原湿地的结果一致.可能与 K 的性质有关,土壤中有机质含量很低,影响 K 分布的主要因子是土壤粘粒,土壤中的 K 几乎是以离子状态存在,很容易淋溶,土壤底层吸附 K 的能力较强,同时植物生长对表层 K 元素吸收较多[3].侧渗型土壤 TK 含量与有机质、TN、TP 一样在剖面的底层较其它类都低.主要是由于这类土壤是由潜育型水稻土脱沼后,又加上春、夏湖水时高时低,地下水的脉动漂洗,使有机质及矿质元素流失而造成的.

表 2 土壤表层有机质养分相关系数

Tab. 2 The correlation coefficient of organic and nutrient in soil surface layer

	有机质	TN	TP
TN	0.957**		
TP	0.953*	0.693*	
TK	0.825**	0.875**	0.563*

* 显著相关;** 极显著相关.

2.3 土壤有机质与养分间的相关性

表 2 表明梁子湖湿地土壤表层中有机质、TN、TP、TK 之间有良好的相关性.这主要是湿地的表层土壤中沉积有大量的有机质,有机质中含有丰富的 N,P,K.有机质作为主要的因子掩盖了土壤种类的差异.而在土壤剖面中(表 3)养分之间的相关性有很大的差异,有机质与 TN 在各类土壤中都高度相关,这符合一般规律.在沼泽型土壤和潜育型土壤中有机质与 TK 及 TN 与 TK 显著相关,这是因为这两类土壤的有机质分解缓慢,其含量较高,吸附一定量的 K,而其它几类土壤地下水位低,K 随水淋溶较多.淹育型土壤剖面中 TP 与 TK 呈显著负相关,由于土壤中有机质含量很低,影响 K 分布的主要因子是土壤粘粒,K 向下淋溶而被土壤粘粒吸附,植物生长对表层 K 元素吸收较多,因此在土壤剖面中形成上少下多的分布.磷的移动性很小,它主要受有机质和成土母质共同影响,而且在土壤中变异较小.虽然土壤剖面中有机质和 TN 含量与 TP 一样呈上多下少分布,但其变异很大.

表 3 土壤有机质与养分垂直分布相关性分析

Tab. 3 The correlation analysis about soil nutrients vertical distribution propertics

类型	OM – TN	OM – TP	SOM – TP	TN – TP	TP – TK	TN – TK
淹育型土壤	0.909**	0.595	–0.125	0.448	–0.675*	–0.144
潴育型土壤	0.967**	0.067	0.572	0.094	0.793*	0.682*
侧渗型土壤	0.878**	0.578*	0.349	0.582*	0.538	0.422
潜育型土壤	0.975**	0.509	0.691*	0.414	0.244	0.649
沼泽型土壤	0.951**	0.425	0.772*	0.550	0.030	0.674*

* 显著相关;** 极显著相关.

3 参考文献

[1] William J Mitsch, *et al.* Wetlands. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc, 1986: 89 – 125.

[2] 杨永兴, 王世岩, 何太蓉. 三江平原湿地生态系统 P、K 分布特征及季节动态研究. 应用生态学报, 2001, **12**(4): 522 – 526.

[3] 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. 生态学报, 2001, **21**(12): 2074 – 2080.

[4] 高俊琴, 吕念国. 毛果苔湿地开垦后土壤中主要营养元素垂直分布. 水土保持学报, 2002, **22**(3): 32 – 34.

[5] 白军红, 邓 伟, 张玉霞. 内蒙古乌泡湿地环带状植被区土壤有机质与全氮空间分异规律. 湖泊科学, 2002, **14**(2): 145 – 151.

[6] 中国科学院南京土壤研究所编. 土壤理化分析. 上海: 上海科技出版社, 1983.

[7] Reddy K R, *et al.* Effect of alternate aerobic and anaerobic conditions on redox potential , organic matter decomposition and nitrogen loss in a flooded soil. *Soil Biol. Biochem*, 1975, **7**: 81—94.

[8] 白军红, 邓 伟, 张玉霞. 莫莫格湿地土壤 NP 分布规律研究. 水土保持学报, 2001, **15**(4): 79 – 81.

[9] 向万胜, 童成立, 吴金水. 湿地农田土壤 P 素分布、形态与有效性及 P 素循环. 生态学报, 2001, **21**(12): 2067—2073.

[10] 熊礼明. 土壤圈及全球磷素循环. 南京: 江苏科技出版社, 1992.

[11] 龚子同, 张效朴, 韦启璠. 我国潜育化水稻土的形成特征及增产潜力. 中国农业科学, 1990, **22**(1): 45 – 53