

# 霍林河下游典型洪泛区湿地土壤 pH 值和 土壤含水量分布特征

高海峰<sup>1</sup>, 白军红<sup>1</sup>, 王庆改<sup>2</sup>, 黄来斌<sup>1</sup>, 肖 蓉<sup>1</sup>

(1. 北京师范大学 环境学院, 水环境模拟国家重点实验室, 北京 100875; 2. 环境保护部环境工程评估中心, 北京 100012)

**摘 要:**以霍林河下游洪泛区湿地为研究区,采用网格采样法研究了土壤 pH 值和土壤含水量的时空变化及其相互关系。结果显示,研究区湿地土壤含水量和 pH 值存在明显的季节性差异,7 月份土壤含水量高于 9 月份土壤,但 7 月份土壤 pH 平均值则低于 9 月份,9 月份湿地土壤,尤其是亚表层发生明显碱化。湿地土壤含水量和 pH 值均呈现出条带状和斑块状的空间分布格局,尤其在 9 月份的空间变异性较高,且土壤 pH 值与土壤含水量间存在较显著的负相关关系,即含水量高的区域对应土壤 pH 值较低。土壤含水量和 pH 值的回归分析表明当土壤 pH 值 $>8.8$ 时,非线性回归更适宜描述研究区土壤含水量和土壤 pH 值的显著负相关关系。

**关键词:**洪泛区湿地; 土壤含水量; 土壤 pH 值; 线性回归; 非线性回归

中图分类号:S153;S152.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)01-0268-04

## Distribution of Soil pH Values and Soil Water Contents in Floodplain Wetlands in the Lower Reach of Huolin River

GAO Hai-feng<sup>1</sup>, BAI Jun-hong<sup>1</sup>, WANG Qing-gai<sup>2</sup>, HUANG Lai-bin<sup>1</sup>, XIAO Rong<sup>1</sup>

(1. State Key Lab of Water Environment Stimulation, School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;  
2. Appraisal Center for Environment and Engineering, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100012, China)

**Abstract:** Spatial distributions of soil pH values and water contents in July and September were investigated using grid sampling method and their correlations were also discussed in Erbaifangzi floodplain wetland in the lower reach of the Huolin River. The results showed that soil water contents and pH values were obviously different in July compared to September. Soil water contents were higher in July than in September, but soil pH values were lower in July compared to September. Soil basified obviously in September, especially the subsurface soil. Both soil water contents and pH values showed spatial distribution patterns of stripes and patches, with higher spatial variability in September. Soil water content and pH value had strong negative correlation, i. e. the patterns with higher soil water contents had lower soil pH values. The regression analysis showed that nonlinear regression was more suitable than linear regression to describe the significant negative correlation between soil water content and pH value when  $pH > 8.8$ .

**Key words:** floodplain wetland; soil water content; pH value; linear regression; nonlinear regression

土壤 pH 值和土壤含水量是重要的土壤理化性质,其变化能够直接影响到土壤生态系统的物理、化学和生物过程<sup>[1]</sup>,是土壤养分和重金属等污染物有效性和迁移性的重要限制性因素。干旱和土壤盐碱化一直是松嫩平原西部地区面临的一个重要环境问题,该区湿地在维持区域生态安全方面发挥着重要作

用<sup>[2]</sup>。在干旱和高土壤 pH 值条件下,该区湿地土壤养分形态和有效性的变化能够显著影响湿地生态系统生产力和毗邻河流的水质。全面地分析土壤 pH 的分布格局,可以有助于评价和分析土壤 pH 值的酸碱化和土壤养分有效性<sup>[3]</sup>。土壤含水量能够影响离子在固相液相之间的分配,  $\text{CaCO}_3$  等盐类的溶解和

收稿日期:2010-06-30

修回日期:2010-08-15

资助项目:国家重点基础研究计划项目(2010CB951102, 2006CB403301);国家自然科学基金项目(40701003, 50879005);“长江学者和创新团队发展计划资助”(IRT0809);北京师范大学自主科研基金(2009SD-24)

作者简介:高海峰(1984—),男,甘肃兰州人,在读博士生,主要从事湿地土壤方面的研究。E-mail:gaohf03@hotmail.com

通信作者:白军红(1976—),男,副教授,主要从事湿地生物地球化学过程方面的研究。E-mail:junhongbai@163.com

解离,以及胶粒上吸附性离子的解离度,从而影响土壤的酸碱性<sup>[4]</sup>。因此,研究该区湿地土壤 pH 值和土壤含水量的空间分布特征对于湿地土壤盐碱化治理以及湿地土壤养分管理具有一定的研究价值和意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

霍林河下游洪泛区地处松嫩平原西部通榆县境内的向海国家级自然保护区(44°55′—45°09′N, 122°05′—122°35′E),保护区总面积为 105 467 hm<sup>2</sup>,其中芦苇沼泽面积为 23 600 hm<sup>2</sup>。研究区(二百方子湿地)位于霍临河流域的下游河道,受河流季节补给明显;但由于近年气候连续干旱,采样期内无地表积水。该区地貌以沙化和盐渍化的平原为主要特征;地势由西向东倾斜,海拔 156~192 m,垄状沙丘与垄间洼地交错相间排列。该区气候属于北温带大陆性季风气候,年均温度为 5.1℃;年均降雨量为 408.2 mm,主要集中在夏季;年平均蒸发量为 1 945 mm。区域内典型沼泽植被为芦苇(*Phragmites australis*)群落,土壤类型为沼泽土。典型研究区表层土壤有机质和全氮含量分别为 1.56%和 0.14%;土壤黏粒和砂粒含量分别为 27.64%和 27.17%。该区植被群落以芦苇为优势种,香蒲(*Typha orientalis*)、辣蓼(*Polygonum hydropiper*)等为伴生种。

1.2 土壤样品的采集和分析

依据典型性和代表性原则,于 7 月份和 9 月份在二百方子湿地典型样地(植被群落与研究区总体特征一致)内采用网格法采集土壤样品,样地坡度<3°,样方总面积均为 20 m×20 m,样区内均布设 5 m×5 m 的采样网格,在每个网格交叉点处重复采集 3~5 个土壤样品形成混合样品,采样深度为 20 cm,按每 10 cm 为一层分 2 个层次进行采集。所采集的样品及时带回实验室后分别取适量土壤样品用于测定土壤含水量;剩余样品于实验室自然风干后,捡去石块、残根等杂物,用球磨机磨碎,过 80 目筛,装袋用于测定土壤 pH。

土壤 pH 值采用 pH 计测定(土:水=1:5);土壤含水量(W<sub>c</sub>):烘干法,在 105℃烘箱中将土壤样品烘 24 h 至恒重<sup>[5]</sup>。

1.3 数据分析

运用 *t*-检验来分析同一时期不同土层之间的土壤 pH 值和含水量的差异;运用 ANOVA 分析同一层次不同时期之间的土壤 pH 值和含水量的差异。运用 surfer32 7.1, Spass 10.0 和 Origin 6.0 等软件包对数据进行绘图与统计。

2 结果与讨论

2.1 洪泛区湿地土壤 pH 值和土壤含水量测定值统计分析

由表 1 可以看到 7 月份平均土壤 pH 值低于 9 月份土壤,且上层土壤低于下层土壤;而 7 月份土壤含水量则高于 9 月份土壤且上层土壤高于下层土壤,表明 9 月份湿地土壤,尤其是亚表层发生明显碱化(平均土壤 pH 值>9.0)。方差分析表明两月份之间的表层和亚表层土壤 pH 值和土壤含水量存在极显著差异(*p*<0.01)。成对样本 *t*-test 表明 7 月份上下土层 pH 值(*p*>0.05)和含水量(*p*>0.05)都不存在显著性差异;但 9 月份上下土层土壤 pH 值(*p*<0.05)和含水量(*p*<0.01)均存在显著性差异。

表层土壤具有较高含水量的原因在于该区表层土壤黏粒和有机质含量显著高于亚表层土壤<sup>[6]</sup>,导致表层土壤能够保持较多的水分。而 7 月土壤含水量高于 9 月的主要原因在于该区降雨主要集中在 7—8 月。此外,较高的降雨量能够显著影响土壤 pH 值<sup>[7]</sup>,这是由于在干旱和半干旱区,降雨量可改变土壤含水量,进而改变土壤中缓冲溶液的浓度,对土壤 pH 值的影响较大。一般情况下由于土壤具有自我调节能力,土壤 pH 值不会发生太大的变化<sup>[8]</sup>,但本研究中 9 月份土壤 pH 值显著高于 7 月份土壤,可能是由于 7 月份气温较高,加之土壤含水量较大,土壤微生物活动、铝活化(土壤铝含量约为 65 g/kg)<sup>[9]</sup>等均可以产生氢离子<sup>[10]</sup>,而 9 月份土壤含水量显著下降后,导致深层土壤中的钙、镁盐类上移,发生地表聚盐过程,导致土壤 pH 值升高。

表 1 洪泛区湿地土壤 pH 值和土壤含水量统计

项 目		7 月		9 月	
		0—	10—	0—	10—
		10 cm	20 cm	10 cm	20 cm
土 壤 pH 值	平均值	8.38	8.50	8.95	9.06
	标准差	0.21	0.25	0.16	0.21
	变异系数/%	2.51	2.94	1.79	2.32
土 壤 含水量	平均值/%	39.26	31.84	20.62	9.60
	标准差	6.98	17.03	10.64	5.36
	变异系数/%	17.78	53.47	51.60	55.83

2.2 洪泛区湿地土壤 pH 值和土壤含水量的分布规律

由表 1 可知,地表和亚表层土壤 pH 值的变异程度在两个采样期内均小于 3%,属于弱变异强度,表层和亚表层土壤 pH 值的变化幅度分别为 0.57 和 0.56;亚表层土壤含水量的变异程度高于表层土壤,且 7 月份表层土壤含水量的变异程度最低。图 1 表明表层和亚表层土壤 pH 值和含水量的空间分布均呈现出条带

状和斑块状格局。总体上,两层土壤 pH 值自西北—东南方向向两侧逐渐升高,而北部土壤含水量均高于南部,且土壤 pH 值和含水量在不同土层间均存在着较强的空间相似性,这主要是由于河道微地形差异造成的。与 7 月份相比,9 月份土壤含水量和土壤 pH 值的斑块状空间分布格局更加明显,且空间变异性较强(图 2)。表层土壤含水量大体呈现西北—东南方向的梯度变化;土壤 pH 值高低值斑块较多,与土壤

含水量间存在较强的对应关系,即土壤含水量高的地区土壤 pH 值则较低,反之则较高。土壤含水量和 pH 值的这种差异可能与研究区微地貌有关,地势低洼易积水,土壤含水量相对较高;而微高地形由于表面积大,水分蒸发强烈,土壤含水量相对较低,且水分蒸发过程使盐分随毛管水积聚于地表,土壤 pH 值有所升高。黄昌勇<sup>[11]</sup>也指出季节性积盐和脱盐频繁交替也是土壤碱化和土壤 pH 值变化的重要原因。

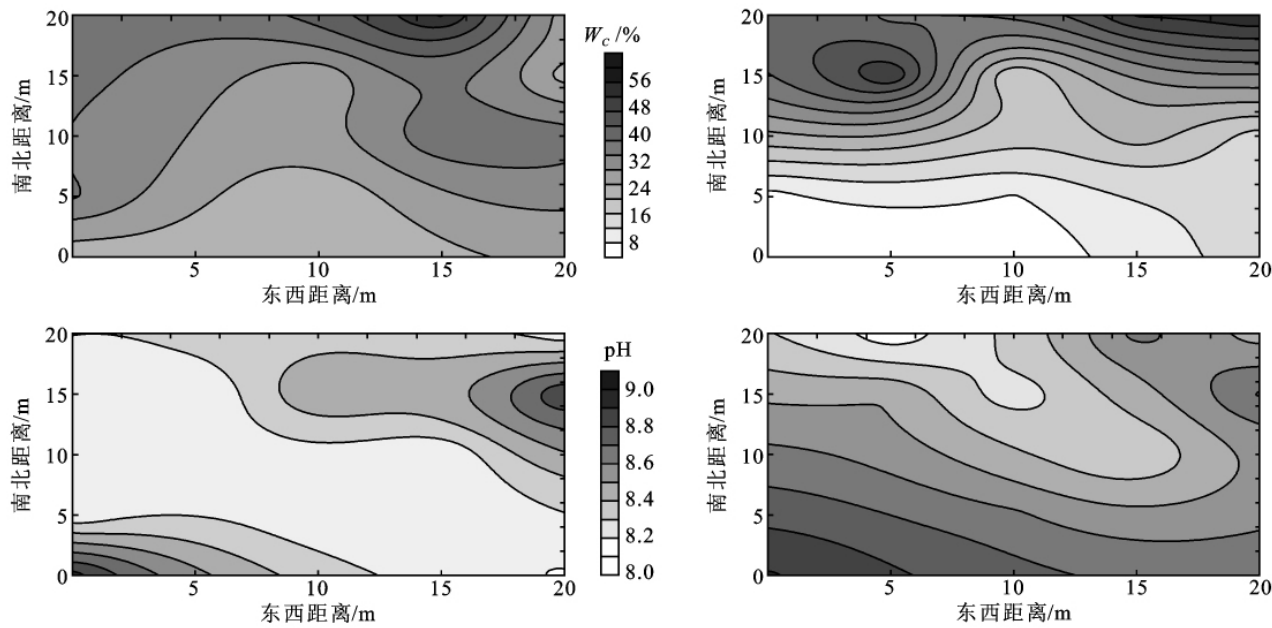


图 1 7 月份洪泛区湿地土壤含水量和土壤 pH 值的空间分布特征  
(左侧为表层土,右侧为亚表层土)

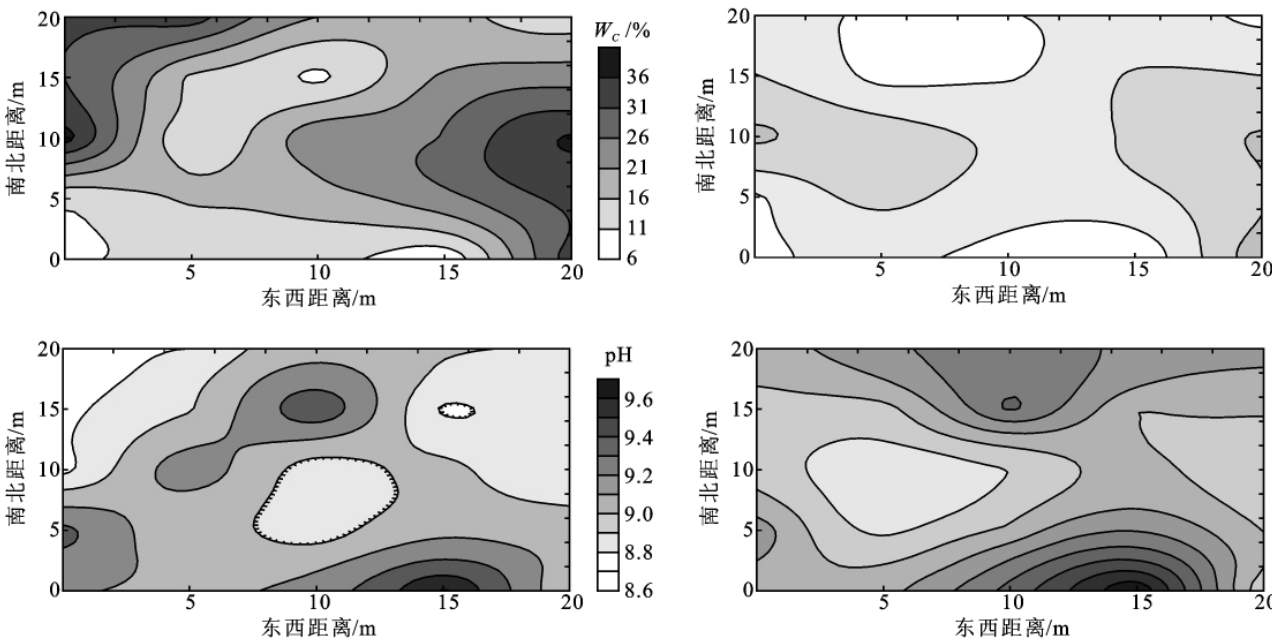


图 2 9 月份洪泛区湿地土壤含水量和土壤 pH 值的空间分布特征  
(左侧为表层土,右侧为亚表层土)

2.3 洪泛区湿地土壤 pH 值和土壤含水量关系

图 3 表明了研究区湿地土壤含水量与 pH 值的

线性和非线性关系。7 月份土壤含水量和土壤 pH 值的散点分布较 9 月份的更趋离散,9 月份二者的相关

性好于 7 月份,且两个时期中土壤含水量和土壤 pH 值的线性或非线性负相关关系都达到了显著性水平。这与陈学文等<sup>[7]</sup>提出的土壤 pH 值与土壤含水量存在显著的负相关关系一致。但当土壤 pH 低于 8.8 时(7 月份),其与土壤含水量之间的线性回归关系( $R^2=0.1261$ ,  $p<0.05$ )较非线性回归关系( $R^2=0.1935$ ,  $p<0.05$ )差;当土壤 pH $>8.8$  时(9 月份),

其与土壤含水量之间存在较显著的指数非线性关系,即土壤 pH 值随土壤含水量增加呈指数下降( $R^2>0.6$ ,  $p<0.01$ ),且优于线性回归( $R^2=0.4497$ ,  $p<0.01$ )。这表明该区湿地土壤 pH 值与土壤含水量之间的关系更适宜用非线性方程进行拟合。湿地土壤 pH 值与土壤含水量的空间异质性可能是导致二者之间存在非线性关系的重要原因。

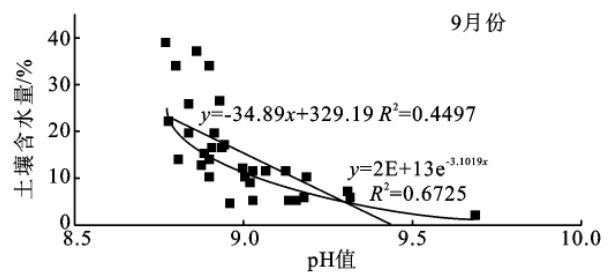
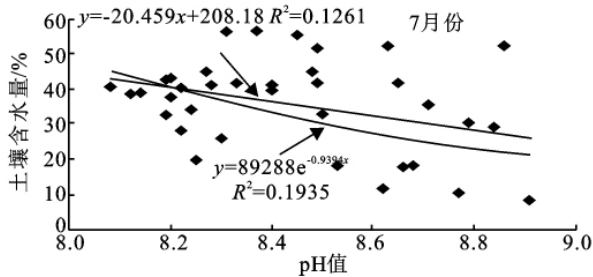


图3 洪泛区湿地土壤含水量和土壤 pH 值的回归曲线

### 3 结论

(1)霍林河下游洪泛区湿地土壤含水量和 pH 值存在明显的季节差异:7 月份土壤含水量高于 9 月份土壤,但 9 月份土壤 pH 值则相对较高尤其是亚表层发生明显碱化;

(2)霍林河下游洪泛区湿地土壤含水量和 pH 值的空间分布均呈现出条带状和斑块状格局,且具有一定的梯度变化规律。7 月份两层土壤 pH 值自西北—东南对角方向向两侧逐渐升高,土壤含水量北部均高于南部;9 月份表层土壤含水量中间低四周高,大体呈现西北—东南的走向,且土壤含水量和 pH 值的斑块状空间分布格局更加明显。

(3)土壤 pH 值与土壤含水量间存在较强的负相关关系。与传统的线性回归相比,土壤 pH 值与土壤含水量间的关系更适宜用非线性函数来拟合。鉴于土壤含水量和 pH 值的非线性关系,在水资源缺乏的大背景下可考虑在旱季适量引水灌溉,可通过适度增加土壤含水量来降低土壤 pH 值,缓解松嫩平原西部地区土壤碱化现象,维持该区域的生态安全。

### 参考文献:

- [1] 白军红,欧阳华,邓伟,等. 湿地氮素传输过程研究进展[J]. 生态学报,2005,25(2):326-333.
- [2] 白军红,邓伟,王庆改,等. 松嫩平原湿地环境问题及整治方略[J]. 湿地科学,2008,6(1):1-6.
- [3] 虞娜,张玉龙,黄毅,等. 保护地不同灌溉方法表层土壤 pH 小尺度的空间变异[J]. 土壤,2008,40(5):828-832.
- [4] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [5] 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,2000.
- [6] Bai J H, Ouyang H, Deng W, et al. Nitrogen mineralization processes of soils from natural saline-alkalined wetlands, Xianghai National Nature Reserve, China[J]. Canadian Journal of Soil Science,2005,85(3):359-367.
- [7] 陈学文,张兴义,隋跃宇,等. 利用空间移位法研究东北黑土 pH 季节变化及其影响因素[J]. 农业现代化研究,2008,29(3):365-367.
- [8] 朱小琴,孙维侠,黄标,等. 长江三角洲城乡交错区农业土壤 pH 特征及影响因素探讨:以江苏省无锡市为例[J]. 土壤学报,2009,46(4):594-602.
- [9] 王国平,刘景双. 向海湿地元素地球化学特征与高分辨沉积记录[J]. 地理科学,2003,23(2):208-212.
- [10] 于天仁. 土壤化学原理[M]. 北京:科学出版社,1987.
- [11] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2000.