

# 纳帕海高原湿地土壤有机质对水分梯度变化的响应<sup>\*</sup>

张 昆<sup>1,2</sup>, 吕宪国<sup>1</sup>, 田 昆<sup>3</sup>

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所 湿地与环境重点实验室, 吉林 长春 130012;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 3. 西南林学院 环境科学与工程系, 云南 昆明 650224)

**摘要:** 在气候变化和人类活动的影响下, 纳帕海高原湿地干旱化加剧, 湿地面积萎缩, 湿地的生态功能退化严重. 纳帕海湿地土壤有机质对水分环境梯度变化的响应研究表明, 湿地土壤有机质在不同的水分环境梯度下的分布具有差异性; 湿地土壤水分含量增加有助于土壤有机质的积累, 同时, 土壤有机质的增加改善了土壤结构, 增加了土壤的持水性能. 土壤有机质和水分的有机耦合对湿地土壤发挥碳“汇”和蓄持水功能有着重要的作用, 因此, 保护湿地环境对发挥湿地碳“汇”和水源的涵养功能具有重要的作用.

**关键词:** 湿地土壤; 水分梯度; 响应; 纳帕海

中图分类号: X 143 文献标识码: A 文章编号: 0258-7971(2008)04-0424-04

湿地是具有多种生态功能的自然综合体<sup>[1,2]</sup>, 是水、土和生物体在同一时间和空间上的有机耦合<sup>[3]</sup>. 水和土壤是湿地系统的重要组成部分, 水是湿地土壤形成及其结构和功能得以维持的先决条件, 湿地土壤则由其特殊的水理特性表现出极强的持水能力, 在维持陆地水平衡方面起到重要的作用<sup>[3~6]</sup>. 有机质是湿地土壤的重要组分, 是土壤结构形成的一个关键因子, 是维系土壤结构稳定性和土壤功能发挥的基础. 在不同的水分环境梯度下, 水土相互作用的方式以及耦合程度各不相同, 土壤有机质的含量和土壤物理特性存在显著差异, 因而在湿地系统中, 不同的水位对应着湿地土壤不同功能的发挥. 进行退化湿地系统土壤有机质对水分环境梯度变化的响应特征的研究旨在揭示湿地土壤退化的过程和规律, 以期为湿地水文恢复过程中湿地水位的时空调控提供理论基础和科学依据.

位于青藏高原横断山脉三江纵向岭谷区东部香格里拉县境内的纳帕海国际重要湿地属于低纬度高海拔的季节性内陆高原湿地, 发育于高原夷平面的陷落部分, 拥有湿地面积 2 400 hm<sup>2</sup>, 相对孤立狭小, 生态系统脆弱. 近年来, 在气候变化和人类活

动双重因素的叠加作用下, 纳帕海湿地的资源性缺水问题十分突出, 湿地面积萎缩, 干旱化程度加剧, 湿地的生态功能退化严重, 面对区域经济发展的需求, 对纳帕海湿地实施生态补水恢复其应有的生态功能势在必行, 进行退化湿地生态系统中水分环境梯度下土壤有机质的空间分异特征研究对纳帕海湿地水文的恢复具有重要的理论指导意义.

## 1 研究区域概况及研究方法

**1.1 研究区域概况** 纳帕海国际重要湿地地处青藏高原的东南延伸部分, 位于滇西北香格里拉县城西部的纳帕海自然保护区内, 其地理坐标为 99°37′~99°43′E, 27°49′~27°55′N. 纳帕海湿地海拔 3 260 m, 干湿季节分明, 5~10 月为雨季, 11 月~次年的 4 月为干季<sup>[7]</sup>, 年降水量为 619.9 mm; 雨季形成大量降水, 湖水上涨, 湖面迅速扩大; 纳帕海湿地发育在石灰岩母质上, 喀斯特地貌发育, 在纳帕海的西北部形成 9 个天然落水洞, 湖水由此潜流外泄汇入金沙江, 雨季结束后, 湖水水面大幅度缩小, 最小时减至 5 00 hm<sup>2</sup>, 是一典型的内陆季节性高原湖泊湿地.

\* 收稿日期: 2008-01-25

基金项目: 国家重点基础研究发展(973 计划)项目资助(2003CB415102); 西南林学院大学生科技创新基金(200602).

作者简介: 张昆(1981- ), 男, 山东人, 博士生, 主要从事湿地生态学与环境效应方面的研究.

通讯作者: 吕宪国, 研究员, E-mail: luxg@neigae.ac.cn.

纳帕海湿地的野生动植物资源极为丰富,是多种鸟类的栖息、繁衍和越冬地,共有鸟类 41 种,其中国家 I 级保护鸟类 6 种, II 级保护鸟类 17 种<sup>[9]</sup>,其中尤以世界濒危珍禽黑颈鹤 (*Grus nigricollis*) 在此越冬而闻名; 亚高山沼泽化草甸植被的优势种有无翅苔草 (*Carex pleistoguna*)、华扁穗草 (*Blysmus sinocompressus*)、发草 (*Deschampsia caespitosa*) 等,水生植被的优势种主要有杉叶藻 (*Hippuris vulgaris*)、水葱 (*Scirpus validus*)、辣蓼 (*Polygonum hydr oiper*)、狐尾藻 (*Myriophyllum spicatum*) 以及水毛茛 (*Batrachium bungei*) 等。

**1.2 研究方法** 对研究区域生态环境特征的相关资料收集以及实地踏查,依据典型性和代表性原则,2002 年 11 月份由湖滨草甸至湖盆中线的原生沼泽,按照土壤水分逐渐增加的环境梯度依次布点,共设置 15 个样点,每个样点取 3 个重复。土壤采集利用原状土取土器<sup>[8-11]</sup>采集 0~20 cm 表层土,土壤水分含量运用水分测定仪现场测定。采集的土壤带回实验室后自然风干,去除石块、残根等杂物,磨碎,过 0.25 mm 孔筛,装袋备用待测。实验分析测定有机质(重铬酸钾法)<sup>[12]</sup>,运用 SPSS 11.5 和 Excel 2003 等软件对数据进行统计分析处理以及制图。

## 2 结果与分析

**2.1 湿地土壤有机质对水分梯度变化的响应** 湿地是多水的环境,土壤通气性差导致厌氧的生态特性,土壤微生物活性相对较弱,植物残体分解缓慢,形成有机物质的不断积累<sup>[13,14]</sup>,在不同的水分环境下湿地土壤有机质积累的程度存在不同的差异,纳帕海高原湿地土壤有机质质量比为 30.97~103.10 g/kg,变异系数为 42%,为中等程度变异,说明土壤有机质在不同的水分环境梯度下分布的差异性。

纳帕海湿地土壤有机质随着土壤水分含量的增加呈显著增加的趋势,有机质对土壤水分环境梯度的响应为直线关系,线性回归方程为  $y = 1.8858x - 47.711$ ,拟合度  $R^2 = 0.9497$ (图 1)。湖滨草甸湿地因地势较高,地下水位相对较低,土壤水分含量低,土壤有机质的积累相对较少,质量比为 30.97 g/kg;由湖滨向湖盆延伸,地势逐渐下降,湿地土壤逐渐呈积水状态,土壤有机质的含量逐渐增加,沼泽化草甸土壤有机质质量比为 79.11

g/kg,地处湖盆中线的原生沼泽土壤有机质的积累达到最高,有机质质量比为 101.98 g/kg,体现了水分含量的增加对湿地土壤有机质积累的正效应;相反的,湿地土壤水分含量的减少将会显著影响土壤有机质的积累,在沼泽化草甸以及沼泽化草甸与原生沼泽交错地带表现得尤为明显。水环境的微弱变化对土壤有机质的矿化分解环境产生极大影响,体现了湿地环境中水分含量的变化对有机质积累变化的放大效应。

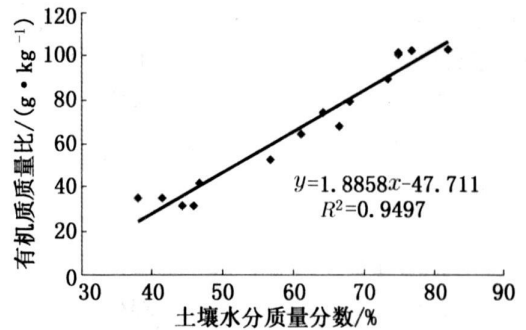


图 1 纳帕海高原湿地土壤有机质对水分梯度变化的响应

Fig. 1 Response of soil organic matters to water contents in Napahai plateau wetlands

**2.2 土壤有机质与水分的有机耦合对湿地土壤生态功能的影响** 从水分梯度下湿地土壤有机质的空间分异格局来看,有机质含量对水分梯度变化响应的直线关系极为显著,土壤水分含量的改变会显著影响土壤有机质的积累。湖滨草甸土壤水分含量较低,从而通气性较强,好气性微生物的活性较强,对土壤有机质的矿化分解作用较强,因而有机质的含量则相应较低;由草甸湿地向湖盆中线延伸,依次出现沼泽化草甸和原生沼泽,沼泽化草甸湿地土壤过湿,水分含量相对较高,通气状况不良,好气性微生物的活性下降,有机质的分解转化强度相应变弱,土壤有机质的含量呈增长趋势;在原生沼泽湿地中,湿地土壤常年淹水,淹水条件下的沼泽湿地土壤处于还原条件下,有利于有机物质的形成与积累,有机质的含量达到最高。

湿地土壤水分含量增加有助于土壤有机质的积累,同时从另一侧面也反映出土壤有机质对土壤水分含量的影响,土壤有机质和土壤水分之间存在一种极为密切的有机耦合关系,这种极为显著的有机耦合主要是通过水分状况调节土壤微生物过程

及其与土壤有机质之间的生态交互作用而实现的<sup>[15]</sup>,湿地土壤水分含量的增加产生的还原环境抑制了微生物的活性,有利于有机物质的形成与积累,减缓了有机质氧化分解释放 CO<sub>2</sub> 的态势;同时,土壤有机质通过改变土壤结构和土壤胶体状况等物理特性来调控土壤的持水性能<sup>[16]</sup>.

湿地土壤水分含量增加和有机质含量增加之间的这种相互作用体现了湿地土壤碳“汇”和蓄持水的功能,两者之间的互馈作用使湿地土壤环境朝着良性循环方向发展;反之,湿地土壤水分含量减少将显著影响湿地土壤有机碳的矿化分解,降低湿地土壤有机质的积累,土壤有机质的减少不利于土壤良好结构的形成,则会减弱湿地土壤的蓄持水的能力,造成湿地土壤功能的退化.

### 3 结论与讨论

(1) 随着土壤水分含量的增加,湿地土壤的透气性变差,好气性微生物的活性受到抑制,对有机物质的分解作用降低,有利于有机质的形成与积累,纳帕海湿地土壤有机质随着土壤水分含量的增加而增加,土壤有机质对湿地土壤水分环境梯度的响应呈显著的直线关系,拟合方程为  $y = 1.8858x - 47.711$ ,拟合度  $R^2 = 0.9497$ .

(2) 土壤水分和有机质之间的有机耦合对湿地土壤功能的发挥有重要的影响,土壤水分的增加有助于有机物质的形成和积累,同时,土壤有机质的积累对于土壤形成良好结构、增强土壤的蓄持水的功能有着积极的作用;反之,湿地土壤水分含量减少降低湿地土壤有机质的积累,相应地也会减弱湿地土壤的蓄持水的能力,造成湿地环境的进一步恶化.

在气候变化和人类活动的影响下,纳帕海高原湿地资源性缺水问题日益突出,应该采取修闸堵漏和约束疏干垦殖等强有力的措施科学控制湿地水位的波动,生长季初期维持较低的水位以便土壤矿化分解释放出满足湿地植物生长所需的养分,而在生长季后必须维持湿地的正常水位,切实有效地保护纳帕海湿地环境,恢复其应有的生态功能,为促进区域社会经济的发展做出其应有的贡献.

### 参考文献:

- [1] MITSCH W J, GOSELINK J G. Wetlands[M]. New York: John Wiley & Sons, 2000.
- [2] 吕宪国,刘红玉.湿地生态系统保护与管理[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [3] 邓伟.湿地水空间效应[J].地球科学进展,2007,22(7):725-729.
- [4] 安树青.湿地生态工程:湿地资源利用与保护的优化模式[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [5] 陆健健,何文珊,童春富,等.湿地生态学[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [6] 何池全.湿地植物生态过程理论及其应用:三江平原典型湿地研究[M].上海:上海科学技术出版社,2003.
- [7] 周国莲,晏红明.云南近40年降水量的时空分布特征[J].云南大学学报:自然科学版,2007,29(1):55-61.
- [8] 田昆,常凤来,陆梅,等.人为活动对云南纳帕海湿地土壤碳氮变化的影响[J].土壤学报,2004,41(5):681-686.
- [9] 田昆,陆梅,常凤来,等.云南纳帕海岩溶湿地生态环境变化及驱动机制[J].湖泊科学,2004,16(1):35-42.
- [10] 田昆,陈宝昆,贝荣塔,等. In-situ 方法在研究退化土壤氮库时空变化中的应用[J].生态学报,2003,23(9):1937-1943.
- [11] 田昆,常凤来,莫剑锋,等.原状土就地培养取样法定位研究田间土壤氮动态变化[J].植物营养与肥料学报,2004,10(2):143-147.
- [12] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.
- [13] 吕宪国,何岩,杨青,等.湿地碳循环及其在全球变化中的意义[C]//陈宜瑜.中国湿地研究.长春:吉林科学技术出版社,1995,68-71.
- [14] 段晓男,王晓科,欧阳志云,等.中国湿地生态系统固碳现状和潜力[J].生态学报,2008,28(2):463-469.
- [15] AMADOR J A, GÖJH, SAVIN M C. Role of soil water content in the carbon and nitrogen dynamics of *Lumbricus terrestris* *Lumbricus terrestris* L burrow soil[J]. Applied Soil Ecology, 2005, 28: 15-22.
- [16] MINKKINEN K, LAINE J. Long-term effect of forest drainage on the peat carbon stores of pine mires in Finland[J]. Canadian Journal of Forest Research, 1998, 28: 1267-1275.

# Response of soil organic matters to water contents in Napahai plateau wetlands

ZHANG Kun<sup>1,2</sup>, LV Xian-guo<sup>1</sup>, TIAN Kun<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Wetland Ecology and Environment, Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China;

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Department of Environmental Science and Engineering, Southwest Forestry College, Kunming 650224, China)

**Abstract:** The function of Napahai plateau wetland has degraded badly in recent years because of natural factors and human interferences. Based on field investigation and laboratory analysis, the spatial distribution of soil organic matters was analyzed in Napahai wetland. The results show that the organic matters contents in the soil increased with the increase of water contents. In the meanwhile the increase of organic matters improves the soil structure, which playing a key role of wetland soil carbon “sink” and increasing the wetland soil water-holding properties. Therefore, protecting wetland environment can help improving the function of wetland soil carbon “sink” and water-holding properties.

**Key words:** wetlands; organic matters; response; Napahai

\* \* \* \* \*

## • 简 讯 •

### 2007 年云南大学获准国家自然科学基金项目表(续)

项目号	项 目 名 称	第一申请人	所属单位
30770257	鼠类肉孢子虫的生活史及其致病性研究	胡俊杰	生命科学学院
30770500	合作系统中的监督或压制机制的探讨	李耀堂	数统学院
30710553	用列阵法研究谷氨酸递质系统中与精神分裂症相关的基因	肖春杰	生命科学学院
40730211	早期节肢动物辐射及其环境研究	侯先光	资环学院
40761019	基于空间技术的怒江峡谷人居环境容量及反贫困模式研究	李益敏	资环学院
40763003	紫茎泽兰-AMF 共生对铅锌镉吸收积累特征及其在矿区复垦中的应用基础研究	李 涛	重点实验室
40764001	全球范围不同断层类型地震的潮汐应力效应研究	吴小平	资环学院
50761007	氯离子对钢在低脂肪过酸介质中的腐蚀影响及其机理研究	屈 庆	化学学院
50764008	从盐酸介质中固相萃取分离铂、钯、铑	黄章杰	化学学院
50764009	新型高效捕收剂 YAM 2 对复杂难选氧化铜矿的作用机理	兰尧中	工程技术院
60763007	基于定性概率网络的时序数据中因果关系挖掘、推理及应用	刘惟一	信息学院
60763008	基于语义 Web 的灵活工作流程机制研究	姚绍文	软件学院
J0730652	云南大学生物学基地	肖 蘅	生命科学学院

(云南大学科学技术处供稿)