

纳帕海湿地退化对碳氮积累影响的研究

黄易 (西南林学院环境科学与工程系, 云南昆明650224)

摘要 以纳帕海原生沼泽湿地作为参照, 选择人为干扰下的草甸作为研究对象, 研究人为干扰对纳帕海湿地土壤碳氮积累的影响。结果表明, 原生沼泽演化为草甸后, 土壤容重增加, 土壤含水量降低; 原生沼泽的C/N值较大; 纳帕海湿地土壤的有机碳和氮含量在空间分布上是不平衡的, 且土壤全氮空间分布呈现与有机碳相同的趋势, 在垂直空间分布上, 土壤有机碳0~20 cm表层与20~40 cm下层相差15倍, 土壤全氮0~20 cm表层与20~40 cm下层相差8倍; 在水平空间分布上, 0~20 cm表层的有机碳相差7倍, 20~40 cm下层的有机碳相差15倍; 0~20 cm表层的全氮相差5倍, 20~40 cm下层的全氮相差8倍, 并经估算, 表明纳帕海湿地退化为草甸后, 导致有机碳的损失约为 4.44×10^9 t, 损失率为89.4%, 氮的损失约为 2.43×10^8 t, 损失率为79.67%, 损失的碳氮以CO₂、CH₄和NO₂等温室气体的形式释放到大气中, 加重温室气体对全球气候的影响。

关键词 纳帕海; 人为干扰; 湿地土壤; 碳氮变化; 湿地退化

中图分类号 X171.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)13-06095-03

Research on the Effect of Wetland Degradation on the Accumulation of Organic Carbon and Total Nitrogen in Napahai

HUANG Yi (Department of Environmental Science and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224)

Abstract Taking the primary swamp wetlands in Napahai as the reference, choosing meadow under jamming as the study object, the effects of jamming on the accumulation of carbon and nitrogen in Napahai wetland were studied. The results showed that the meadow was evolved from the primary swamp, the bulk density of soil increased and water content reduced. C/N was high in the primary marsh. The organic matter and total nitrogen in soil were not balanced in the spatial distribution. The distribution of total nitrogen in soil had the same trend with the organic matter. In perpendicular space distribution, organic matter in 0-20 cm soil layer was 15 times as much as 20-40 cm layer. Total nitrogen in 0-20 cm soil layer was 8 times as much as 20-40 cm soil layer. In the horizontal spatial distribution, there was 7 times difference of organic matter in 0-20 cm surface layer and there was 15 times difference of organic matter in 20-40 cm soil layer. There was 5 times difference of total nitrogen in 0-20 cm surface layer and 8 times difference in 20-40 cm soil layer. Through budgets on the degeneration of Napahai wetland, the carbon stock losses reached 4.44×10^9 t and the loss percentage was 89.4%. The nitrogen stock losses reached 2.43×10^8 t and the loss percentage was 79.67%. The lost carbon and nitrogen released into air in a form of greenhouse gases, such as CO₂, CH₄ and NO₂. These actions increased the impact of greenhouse gases for global climate.

Key words Napahai; Jamming; Wetland soil; Changes of carbon and nitrogen; Wetland degradation

湿地是水域和陆地相互接壤的独特生态系统^[1], 湿地作为营养元素尤其是碳和氮的源、汇和调节器, 可促进、延缓或遏制环境恶化。湿地生态系统是地球上生产力最高的生态系统。湿地生态系统是重要的碳储存库, 北半球高纬度地区贮存了全球近1/3的土壤碳^[2]。同时, 由于其特殊的高生产力、积水、厌氧的环境特征, 一直被认为是全球重要的碳汇。然而, 由于人口的剧增, 工农业的快速发展, 开发利用不当, 使人口与资源、能源、粮食方面的矛盾日益突出, 导致全球湿地呈现数量减少、质量下降的趋势。全球已有50%的湿地生态系统从地球表面消失。湿地生态系统碳氮循环, 特别是其储量的微小变化, 都会对全球陆地生态系统碳氮循环和全球气候变化有着重要影响。笔者选择云南高原沼泽最具代表性的湿地纳帕海湿地作为研究对象, 研究湿地退化对碳氮积累的影响。通过对比研究现有原生沼泽湿地泥炭层和草甸土壤中有机碳含量和全氮含量的变化, 分析沼泽湿地在经排水疏干变为草甸或经过各种方式的开发利用后, 其氧化程度与泥炭积累之间的平衡状况所发生的改变, 探讨湿地由碳氮的“汇”变成碳氮的“源”, 而对大气中温室气体的水平可能产生的潜在影响。

1 研究区自然概况

纳帕海位于金沙江流域、滇西北横断山中断99°37'~99°43' E, 27°49'~27°55' N, 海拔3260 m, 为季节性湖泊, 也是云南省少有的亚热高山沼泽和沼泽化草甸。其三面环山, 山峰海拔3800~4449 m, 湖盆一侧为中甸主断裂带, 另一侧具有宽阔的浅水带, 成簸箕形, 南北长12 km, 东西宽6 km, 总面

积为3100 hm²。在冬季, 纳帕海成为我国特有的国家级、级保护珍稀鸟类——黑颈鹤(*Grus nigricollis*)、黑鹳(*Gracia nigra*)等水禽的越冬地。为省级自然保护区, 2004年纳帕海被列入“国际湿地重要”名录。该区温度低、霜期长, 春秋季短, 长冬无夏, 冬季严寒, 极端最低气温-27.0℃, 极端最高气温25.3℃, 年降雨量606.6 mm, 蒸发量1670.6 mm, 相对湿度70%, 年平均日照数2186.6 h, 日照率49%, 无霜期123.8 d。纳帕海四周山岭环绕, 由湖盆中心向湖岸分布着大量的水生和陆生植物, 主要有: 杉叶藻(*Hypuris vulgaris*)、茭笋(*Zizaniacacudiflora*)、蓼(*Polygonum* sp.)、菹草(*Potamogeton crispus*)、腺叶眼子菜(*P. pusillus* *Batrachium trichophyllum*)、毛柄水毛茛穗状狐尾藻(*Myriophyllum spicatum* *Heocharisi*)、刘氏荸荠(*ouana*)、北水苦(*Veronica nagollis aquatica*)、水蓼(*Polygonum hydrophyper*)、柳叶菜(*Epilobium* sp.)、湿地繁缕(*Sellaria uda*)、泥炭藓(*Sphagnum* sp.)等。近年来, 由于人为活动的干扰和无序旅游活动的开展, 使得湿地生态环境退化严重, 许多湿地特有植物不断消失, 标志着湿地生态系统退化中旱生植物大量出现, 如狼毒、臭蒿等。同时加速了湿地营养物质和矿物质的氧化分解, 使湿地的沼泽化发育过程加快, 在空间上呈现出不同程度的土壤退化现象^[3]。

2 研究方法

通过对研究区域湿地生态环境特征和相关资料收集以及实地考察, 按照人为活动对湿地环境变化的影响, 选择无人干扰或干扰较小的原生沼泽土壤作为参照, 用于放牧的草甸作为湿地土壤性质变化的研究样地。根据植被类型、放牧强度、地形、水环境等因素对湿地的影响, 选取景观性质相似或湿地类型条件相对一致的区域, 确定采样点, 并多点取样, 通过重复取平均来消减各种影响因素的影响, 采用空间

代替时间的方法^[4],对原生沼泽因人为干扰破坏退化为草甸后,湿地土壤中有机质和全氮含量的变化进行研究分析。

研究采用空间代时间的方法,于2007年11月进行野外采样。采样技术主要为原状取土管(In-Stu)法,将取得原状土样按照0~20 cm和20~40 cm进行分层,研究沼泽湿地退化对碳氮积累的影响。试验分析分别采用相应的国家标准分析方法^[5-6]。

3 结果与分析

3.1 纳帕海原生沼泽和草甸的土壤容重特征 土壤容重是指单位体积原状土壤的干土重,即一定容积的土壤(包括土粒及粒间的孔隙)烘干后的重量同容积的比值。土壤容重小,表明土壤比较疏松,通透性较好,肥力较高;反之,土壤容重大,表明土体紧实,结构性和通透性较差^[7]。

由表1可以看出,纳帕海原生沼泽湿地和草甸的土壤容重明显不同,原生沼泽的土壤容重为 0.58 g/cm^3 ;草甸的土壤容重为 $0.94 \sim 0.99 \text{ g/cm}^3$,平均容重为 0.97 g/cm^3 。这表明纳帕海原生沼泽的土壤肥力较高,通透性较好,且土壤比较疏松;草甸相对原生沼泽土壤的肥力、通透性和疏松程度都比原生沼泽较差。说明纳帕海原生沼泽土壤中的有机质含量因受人为干扰较小,土壤处于淹水条件,土壤通气性差,微生物的活性低,有利于有机质和氮的积累;原生沼泽因人为干扰,过度放牧和无序旅游等原因退化为草甸,导致土壤中的有机质矿化作用较强,土壤肥力降低,土壤紧实和通透性较差,反应出湿地受人为干扰影响后,不利于土壤有机质的积累。

表1 纳帕海原生沼泽和草甸的土壤容重

Table 1 The soil bulk density of Napahai original marsh and meadow

湿地类型	土层 cm	土壤容重 g/cm^3
Wetland types	Soil layer	Soil bulk density
原生沼泽	0~20	0.58
Original marsh	20~40	0.58
草甸	0~20	0.94
Meadow	20~40	0.99

3.2 纳帕海原生沼泽和草甸的土壤含水量特征 土壤含水量,即土壤水分含量,又称土壤湿度,土壤的有机质含量高,土壤孔隙度大,其含水量也大,反之,有机质含量低,土壤孔隙度小,其含水量也低。由图1可以看出,纳帕海原生沼泽的土壤含水量为46%,草甸的含水量为23%,相差2倍。说明原生沼泽土壤有机质的含量高,土壤孔隙度大,而草甸土壤有机质的含量和土壤孔隙度都较原生沼泽要低,这与草甸受人为干扰严重有关,当地的居民为增加牧场和耕地,大量挖排水沟排水,过度放牧及无序旅游造成的践踏使湿地的水环境、土壤结构和功能遭受破坏,湿地有机质和其他营养元素的积累减弱或终止,并随通气性的改善,加速有机质的分解,导致湿地退化,营养物质下降,土壤板结,通透性差等。

3.3 纳帕海原生沼泽和草甸土壤有机碳和全氮的空间结构特征 纳帕海湿地土壤的有机碳和氮含量在空间分布上是不平衡的,由表2可知,垂直空间分布上,0~20 cm表层土有机碳的含量为10.02%,20~40 cm下层土有机碳的含量仅为0.66%,相差15倍;水平空间分布上,有机碳的含量随沼泽化

过程的减弱而降低,0~20 cm表层有机碳由原生沼泽的10.02%下降到草甸的1.48%,相差7倍,20~40 cm下层有机碳的含量由原生沼泽的10.02%下降到草甸的0.66%,相差15倍。

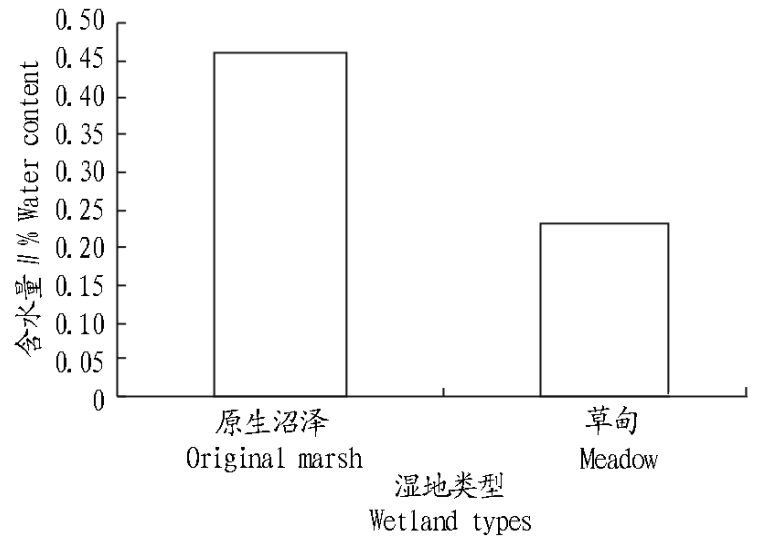


图1 纳帕海原生沼泽和草甸的含水量

Fig.1 Water content in Napahai original marsh and meadow

全氮含量的总体变化呈现出与有机碳相同的变化趋势。垂直空间分布上,纳帕海湿地土壤0~20 cm表层土的全氮含量为0.40%,20~40 cm下层土的全氮含量为0.05%,相差8倍;水平空间分布上,湿地土壤0~20 cm表层土的全氮含量则从原生沼泽的0.40%下降到草甸的0.08%,相差5倍,20~40 cm下层土的全氮含量由原生沼泽的0.40%下降到草甸的0.05%,相差8倍。通过上述数据分析可以看出,纳帕海原生沼泽湿地因受人为干扰较小,湿地处于水环境中,土壤通气性差,微生物的活性较低,有利于有机质和氮的积累,湿地在受到干扰后,湿地原有的水环境,湿地的结构和功能都发生了改变,湿地通气性加强,导致湿地土壤泥炭化、潜育化过程减弱或终止,矿化作用加强,加速有机质和氮的分解,表明湿地在受干扰变为草甸后使湿地的“源”与“汇”颠倒,不利于湿地有机质和氮的积累,增加了 CO_2 、 NO_2 等温室气体的排放,加重环境问题。

表2 纳帕海湿地土壤有机碳及全氮空间分布格局

Table 2 The spatial distribution pattern of soil organic carbon and total N in Napahai wetlands

湿地类型	土层 cm	有机碳 %	全氮 %
Wetland types	Soil layer	Organic carbon	Total N
原生沼泽	0~20	10.02	0.40
Original marsh	20~40	10.02	0.40
草甸	0~20	1.48	0.08
Meadow	20~40	0.66	0.05

3.4 纳帕海湿地碳氮损失估算 根据资料研究,纳帕海现有湿地面积 3100 hm^2 ,其中原生沼泽 432.73 hm^2 ,沼泽化草甸 528.30 hm^2 ,草甸 1643.75 hm^2 ,垦后湿地 490.75 hm^2 ^[9]。以草甸作为纳帕海湿地碳氮损失的研究对象,经估算若草甸仍未退化,仍以原生沼泽的形式存在的话,这部分土壤中有机碳的含量约为 $4.97 \times 10^9 \text{ t}$,氮的含量约为 $3.05 \times 10^8 \text{ t}$;但经人为干扰破坏后退化为草甸后,草甸土壤中现有有机碳的含量约为 $5.27 \times 10^8 \text{ t}$,氮的含量约为 $6.18 \times 10^7 \text{ t}$,湿地退化为草甸导致有机碳的损失约为 $4.44 \times 10^9 \text{ t}$,损失率为89.4%,氮的损失约为 $2.43 \times 10^8 \text{ t}$,损失率为79.67%(表3)。由此可以看出,纳

帕海湿地未退化为草甸前对碳氮的固定积累量很大,当原生沼泽湿地退化为草甸后,湿地因土壤缺乏水环境,通气性增加,导致土壤矿化程度高,破坏湿地土壤碳氮循环,加速有机质和氮的分解,损失的碳氮以 CO_2 、 CH_4 、 NO_2 等温室气体的形式释放到大气中,加重温室气体对全球气候的影响,反应了人为干扰下的湿地不利于碳和氮营养元素的积累。

表3 纳帕海湿地退化为草甸造成的碳氮损失

Table 3 The carbon and nitrogen loss caused by meadow from Napahai wetlands t

湿地类型	碳固定量	氮固定量
Wetlands	Carbon fixation amount	Nitrogen fixation amount
原生沼泽	4.97×10^9	3.05×10^8
Original marsh		
草甸 Meadow	5.27×10^8	6.18×10^7
合计损失	4.44×10^9	2.43×10^8
Total loss		

4 结论与建议

4.1 结论

(1) 纳帕海原生沼泽的土壤容重为 0.58 g/cm^3 , 土壤的含水量为 46%, 碳氮比为 25.05; 草甸的土壤容重为 0.97 g/cm^3 , 土壤的含水量为 23%, 碳氮比上层为 17.01, 下层为 12.9。该地原生沼泽的土壤容重比草甸的要小, 含水量比草甸的要大, 碳氮比比草甸的大, 表明纳帕海原生沼泽演化为草甸后, 土壤容重增加, 土壤含水量降低, 土壤碳氮比降低。

(2) 纳帕海湿地原生沼泽退化变成草甸后, 湿地原有的水环境, 湿地的结构和功能都发生了改变, 湿地通气性加强, 导致湿地土壤泥炭化、潜育化过程减弱或终止, 矿化作用加强, 加速有机质和氮的分解, 使土壤中有机质的含量随沼泽化过程的减弱而降低, 全氮含量的总体变化呈现出与有机质相同的变化趋势, 表明纳帕海湿地土壤的有机质和氮含量在空间分布上是不平衡的。

(3) 纳帕海由于人为干扰活动的加强, 水域面积大面积

缩减, 湖泊萎缩, 湿地退化和消亡, 经估算表明湿地退化为草甸后, 导致有机碳的损失约为 $4.44 \times 10^9 \text{ t}$, 损失率为 89.4%, 氮的损失约为 $2.43 \times 10^8 \text{ t}$, 损失率为 79.67%, 损失的碳氮以 CO_2 、 CH_4 、 NO_2 等温室气体的形式释放到大气中, 加重温室气体对全球气候的影响, 反应了人为干扰下的湿地不利于碳和氮营养元素的积累。

4.2 建议

(1) 应当提高对湿地退化的严重性的认识和重视, 把湿地保护作为改善生态的重要任务来抓。

(2) 采取有效措施, 坚决制止随意侵占和破坏湿地的行为。

(3) 抓好规划编制工作, 促进湿地保护事业健康发展。

(4) 采取多种形式, 加快推进自然湿地的抢救性保护。

(5) 加强对湿地保护管理工作的组织领导, 广泛开展宣传教育, 进一步提高全民生态保护意识, 提高保护湿地的自觉性。

(6) 采取水资源管理, 退耕还湖, 科学放牧, 环保生态型旅游, 加强植树造林等措施使自然湿地生态系统得到恢复和保护。

参考文献

- [1] 吕咏, 陈克林. 国内外湿地保护与利用案例分析及其对镜湖国家湿地公园生态旅游的启示[J]. 湿地科学, 2006, 4(4): 122-123.
- [2] 王毅勇, 宋长春. 三江平原不同土地利用方式下湿地土壤 CO_2 通量研究[J]. 湿地科学, 2003, 1(2): 222-226.
- [3] 卢昌义, 叶勇著. 湿地生态与工程[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 2006: 4-9.
- [4] 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): 682-685.
- [5] 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, 1987.
- [6] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [7] 吕宪国. 湿地生态系统观测方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005: 140-141.
- [8] 高丽丽. 西藏土壤有机质和氮磷钾状况及其影响因素分析[M]. 雅安: 四川农业大学, 2004: 5-8.
- [9] 田昆, 莫剑锋, 陆梅, 等. 人为活动干扰对纳帕海湿地环境影响的研究[J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(3): 293-295.
- [13] KHALIL NR, VYAS J D, BEANGKAEW W, et al. Synthesis and characterization of activated carbon and bioactive adsorbent produced from paper mill sludge[J]. Separation and Purification Technology, 2002, 26: 259-304.
- [14] DAS T K, JAIN A K. Pollution prevention advances in pulp and paper processing[J]. Environmental Progress, 2001, 20(2): 87-92.
- [15] 郭静, 梁娟, 匡颖, 等. 污水处理厂恶臭污染状况分析与评价[J]. 中国给水排水, 2002, 18(2): 41-42.
- [16] GOSTELOW P, PARSONS S A, STUEITZ R M. Odour measurements for sewage treatment works[J]. Water Research, 2001, 35(3): 579-597.
- [17] 赵丽君, 范淑平, 梁力. 污水处理厂除臭技术及工程化[J]. 中国给水排水, 2003, 19(6): 46-48.
- [18] 刘瓚. 污泥干燥处理中典型恶臭的释放特点[D]. 杭州: 浙江大学, 2007: 1-60.
- [19] 黄惠燕, 陈牧民, 关心丽, 等. 新型除臭剂与活性炭联合投加去除水体异臭味[J]. 中国给水排水, 2007, 23(2): 83-85.

(上接第6084页)

- [9] 林云琴, 周少奇, 王德汉. 施加堆肥后土壤中重金属形态变化研究——造纸污泥堆肥农用的重金属污染研究之二[J]. 中国造纸学报, 2007, 22(4): 51-55.
- [10] YAN X K, CHANGE K W, XU H L. Effects of paper mill sludge on Potassium, Sodium, Calcium, and Magnesium concentrations in different soybean cultivars[J]. Pedosphere, 2005, 15(1): 84-94.
- [11] TONG W Y, FUX Y, LEES M, et al. Purification of (+)-lactic acid from fermentation broth with paper sludge as a cellulosic feedstock using weak anion exchange Amberlite IRA-92[J]. Biochemical Engineering Journal, 2004, 18: 89-96.
- [12] SANG M K, LEE Y O, KOO M D, LEE J Q. Production of lactic acid from paper sludge by simultaneous saccharification and fermentation[J]. Adv Biochem Eng/ Biotechnol, 2004, 87: 173-194.