

沟渠对湿地生物地球化学循环影响初析

——以三江平原湿地为例

郝敏^{1,2}, 吕宪国¹

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 湿地有其独特的生物地球化学循环, 其间许多化学迁移和转化过程不为其它生态系统所共享。沟渠的修建改变了湿地的水文状况, 因此影响了湿地的生物地球化学循环。以三江平原湿地为例, 从沟渠对湿地化学元素迁移转化、湿地化学元素输入输出和湿地化学质量平衡影响方面分析了沟渠对湿地生物地球化学循环的影响。结果显示, 沟渠的修建导致湿地大量化学元素丧失, 湿地化学质量失衡, 最终引起湿地退化。

关键词: 沟渠; 湿地; 生物地球化学循环; 三江平原

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)05-0043-03

中图分类号: S156.7

Effects of Drainage Ditches on Biogeochemical Cycling in Wetland

—Taking Wetlands in the Sanjiang Plain as an Example

XI Min^{1,2}, LU Xian-guo¹

(1. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences,

Changchun 130012, Jilin Province, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Wetlands have unique biogeochemical cycles with many chemical transformations and chemical transport processes that are not shared by many other ecosystems. The construction of irrigation ditches in wetland changes the hydrology state, and thus influences the biological geochemistry circulation. In order to understand the effects of drainage ditches on the biogeochemical cycling in wetland, this paper takes the Sanjiang Plain as an example, and makes a detail introduction to the impacts of drainage ditches on the characteristics of movement, transformation, inputs and outputs of chemical elements and on the chemical mass balance. Results show that a lot of chemical elements are lost because of draining, which causes the degeneration of wetland.

Keywords: drainage ditches; wetland; biogeochemical cycling; Sanjiang Plain

湿地是一种处于水域和陆地交汇处的独特生态系统^[1], 生态系统中化学物质的传输和转化即生物地球化学循环, 包括大量相关的物理、化学和生物过程^[2]。湿地生物地球化学循环可被划分为: (1) 通过各种转化过程进行系统内循环; (2) 湿地与其周围环境之间化学物质交换。沟渠的存在, 一方面改变了陆地、水域和湿地之间的天然联系, 影响了湿地物质的输入和输出^[3-4]; 另一方面改变了湿地的水文条件, 影响了生物地球化学过程, 这些过程不仅改变了物质的化学组成, 而且使它们在湿地内发生空间位移, 如植物吸收、水—沉积物之间的交换, 这些过程又决定着湿地的生产力^[5], 也使化学元素沿沟渠横向和纵向呈现出一定规律分布。

近年来关于沟渠对泥炭湿地^[6]、湿地生物多样性^[7-9]、湿地水文^[10-13]、湿地土壤^[3]的影响, 以及沟

渠导致湿地景观破碎化等方面研究比较多^[14]。但有关沟渠对湿地生物地球化学循环影响方面却鲜有报道。湿地有其独特的生物地球化学循环, 其间许多化学迁移和转化过程不为其它生态系统所共享。而沟渠的存在不可避免地对湿地化学元素迁移转化、湿地化学元素输出以及湿地化学质量平衡造成一定的影响。所以研究沟渠对湿地生物地球化学循环影响具有重要意义。

1 研究区概况和主要数据来源^[3]

三江平原地处我国东北边陲, 是由黑龙江、松花江和乌苏里江汇流冲积而形成的沼泽化低平原, 是我国最大的淡水湿地分布区之一, 也是湿地沟渠的集中分布区。三江平原的沟渠一般长数公里, 宽 3~6 m, 深 1~2 m, 分干、支、斗渠, 斗渠之下还有临时水沟、

收稿日期: 2005-03-08

资助项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX3-SW-NA-01); 国家自然科学基金项目(40501030)

作者简介: 郝敏(1978—), 女(汉族), 山东新泰人, 在读博士, 主要从事湿地变化与环境效应研究。E-mail: ximin@neigae.ac.cn.

通讯作者: 吕宪国, E-mail: luxg@neigae.ac.cn

条田沟和垄沟等。沟渠有的孤立存在,而大部分还要和高一级的沟渠相连,最后通过排水干渠或河流与黑龙江、乌苏里江相通。

本文所用的数据均来自参考文献[3—4]。研究区选择在三江平原的腹地,别拉洪河与浓江河分水线上的中国科学院三江平原沼泽湿地试验站内,其核心位置的地理坐标为东经 133°30'35",北纬 47°35'11"。试验场覆盖着漂筏苔草(*Carex pseudocuraica*)、毛果苔草(*Carex lasiocarpa*)和小叶章(*Calamagrostis angustifolia*)等植被,土壤主要是沼泽土和白浆土^[15]。研究在试验场选择典型采样点,对排水沟沟头土壤、沟尾土壤、沼泽土壤、退化沼泽(共有 6 个采样点,28 个样品,图 1)进行测试,主要分析土样中的主要离子含量(HCO_3^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+),金属含量(Fe, Mn, Zn, Cu),营养元素含量及其有效性(N, P, K),土壤有机质含量以及 pH 值。研究沟渠对湿地土壤化学元素含量,空间分布,输入、输出和迁移转化的影响。

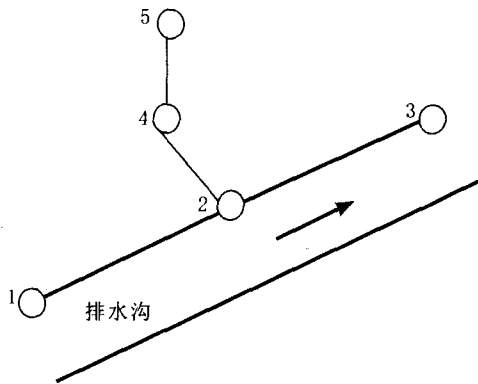


图 1 采样点分布示意图(第 6 点没标出)

2 沟渠对湿地化学循环影响研究

2.1 沟渠对湿地化学元素迁移转化的影响

沟渠的存在改变了湿地的水位、水力梯度和水的迁移路径,因此影响了元素在湿地内的迁移、转化,使土壤元素呈现出横向、纵向和垂直的空间分异特征。图 2—4 给出了沟渠中(从沟头到沟中部到沟尾)和垂直于沟渠方向表层土壤主要元素含量水平分异特征。

沟渠的横向和纵向汇水的功能使大量元素随水流向沟渠内部和沟渠下游迁移,水流运动和元素迁移性的差异又使横向、纵向和不同元素的迁移特征发生分异。迁移性强的元素受沟渠径流和土壤侧流的作用向沟渠中部和下游集中,迁移性弱的元素几乎不受沟渠径流的影响,而另外一些元素沿沟渠纵向迁移明显而侧向迁移比较差。

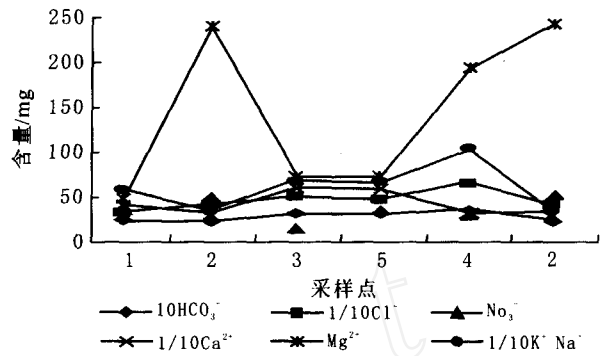


图 2 土壤主要离子的横向和纵向分布

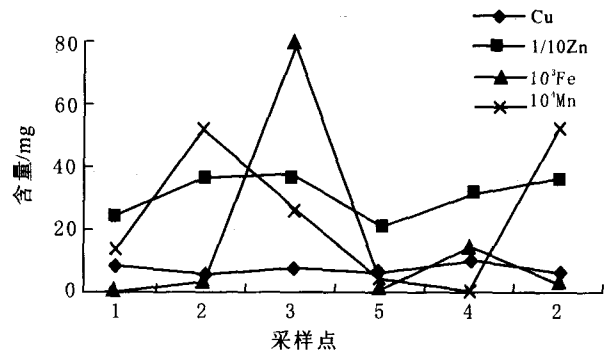


图 3 土壤主要金属的横向和纵向分布

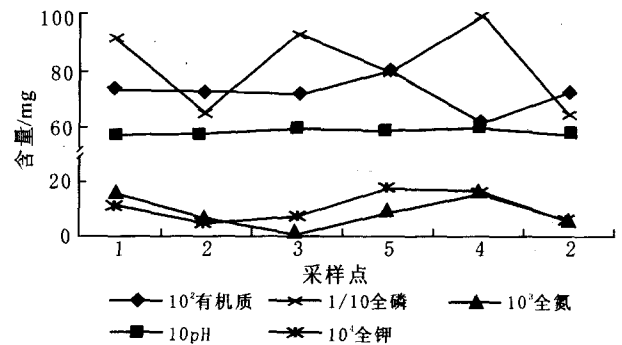


图 4 土壤营养元素、有机质和 pH 值的横向和纵向分布

如图 2,阴离子 HCO_3^- , Cl^- 含量从沟头到沟尾,从沼泽 2 到沼泽 1,到沟中部呈现增加的趋势。 HCO_3^- 从沟头到沟尾上升幅度尤其明显。 K^+ 和 Na^+ 含量也增加但是横向出现减少趋势。而 NO_3^- , SO_4^{2-} 含量从沟头到沟尾和从沼泽 2,到沼泽 1 到沟中部呈现出显著减少的趋势。金属含量 Fe, Mn, Zn (如图 3)从沟头到沟尾和从沼泽 2 到沼泽 1,到沟中部都呈现明显增加的趋势,尤其 Mn 上升最多,比沼泽中部多近 10 倍,只有 Cu 呈减少趋势。营养元素更多地受周围环境的影响,受水流的影响比较弱,在此不作分析。

沟渠排水改变了湿地淹水范围、淹水频率和积水深度,因此改变了湿地的物理、化学和生物环境,从而影响了湿地化学元素的迁移转化。营养元素的转化和有机质的积累更多地受排水所造成还原环境改变

的影响。退化沼泽、沟中部、沟渠内和沼泽中部相比 pH 值上升, 营养元素含量、有效性降低, 有机质积累减少。例如, 退化湿地 pH 值达到 6 以上, 已经脱离了湿地原来的还原环境, 全 N, 全 P 含量和土壤 N, P, K 的有效性都低于沼泽土(表 1)。从沼泽 2—沼泽 1—沟中部(如图 4), 全 N, 全 P, 全 K 含量均下降, 全 N 下降幅度比较大, 全 K 几乎下降了 3~5 倍。排水沟中速效 N, P, K 与沼泽中部相比有所减少, 速效 K 下降最多(表 1)。

表 1 各采样点表层土壤速效 N, P, K 含量变化 mg/kg

元素	1	2	3	4	5	6
速效氮	974.4	739.2	772.8	940.8	672.0	331.0
速效磷	84.8	42.3	48.1	61.9	52.2	12.2
速效钾	790.3	433.4	490.4	1.17	1.29	0.46

2.2 沟渠对湿地化学元素输入和输出的影响

三江平原沼泽湿地生态试验站实验场被一圈沟渠包围, 实验场内还有几条沟渠用于排掉湿地内部的积水。这种湿地—沟渠结构切断了湿地化学元素的陆源输入, 同时也增加了湿地内部物质通过沟渠径流的输出。例如, 大量的阴阳离子 HCO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} (图 2), 金属 Fe, Mn, Zn(图 3) 明显地向沟渠中部和沟尾集中, 最后必然通过沟渠移出湿地。沟渠排水改变了湿地的人文条件, 由此影响了水文条件所决定的生物地球化学过程, 这些过程又改变了湿地系统与外界环境之间物质的交换。例如, 排水沟还原环境的改变加快了有机质的分解, 增加了 N 向大气中的输出, 因此土壤中 N 和有机质含量很低。另外, 排水造成了湿地土壤中其它营养元素的降低, 与沟尾速效 N, P, K 含量相比沟头有所下降, 尤其速效 K。这些营养元素含量的下降必然影响植物生产力, 由此也降低了湿地物质的生物输入。

湿地元素输入减少, 输出增加的结果必然导致大量湿地元素的丧失, 这可以通过沼泽土壤与退化沼泽土壤比较得到^[3]。(1) pH 值: 沼泽表层土壤一般呈微酸性反应, 为 5.6~5.9, 而一般情况下退化沼泽 pH 值在 6.0 以上。(2) 主要离子含量: 退化沼泽中的阴离子 HCO_3^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 均比沼泽土少, 阳离子 Ca^{2+} , K^+ , Na^+ 也比沼泽土少。(3) 金属含量: 退化沼泽土中 Cu, Fe 含量高于沼泽土, 而 Zn, Mn 低于沼泽土, 这与金属的迁移特征有关。(4) 营养元素: 退化沼泽中全 N, 全 P 含量都少于沼泽中, 但 K 含量却高于沼泽中, 这与 K 的水迁移特性有关。P 的水迁移性大于 K, 所以 P 丧失多于 K, 而 N 脱离了沼泽有机质多的环境, 则 N 减少也多。

另外, 退化沼泽中 N, P, K 的有效性很低, 必然影响元素的生物输入。

2.3 沟渠对湿地化学质量平衡的影响

对一个生态系统中化学物质的输入、输出和内部循环的数值描述称为生态系统的质量平衡。在湿地中质量平衡不仅用于描述生态系统功能, 且决定着湿地作为化学物质的源、汇和转化器的重要性^[16]。故研究沟渠对湿地化学质量平衡的影响有重要意义。

湿地作为化学物质的源、汇或转化器的功能取决于湿地类型、水文条件和测量年份。沟渠的修建改变了湿地的人文条件, 也改变了湿地作为某些化学物质源、汇和转化器的性质。例如对于 P 来说, P 主要以悬浮态颗粒流失, 并且它造成的径流大多沉积在地貌洼陷里^[17], 湿地往往是 P 的源。但是当沟渠修建以后, 围绕湿地的沟渠割断了湿地与周围陆地之间的联系, 阻止了 P 的输入, 同时湿地内沟渠的径流又会将 P 不断输出湿地。因此, 排干沼泽土壤 P 含量低于其它沼泽。

湿地与毗邻生态系统的耦合关系决定于湿地对水文输移是开放还是封闭的。沟渠修建以前的碟形湿地是对输入开放(汇聚来自周围的地表径流和化学物质), 对输出是半封闭的生态系统。沟渠修建以后, 碟形湿地通过排水沟向外输出, 同时外围的排水沟又阻止了地表径流的输入。因此沟渠影响了湿地与相邻生态系统的耦合关系。

通过对湿地与陆生生态系统的比较发现, 湿地不同于干燥高原生态系统的主要原因之一便是其较多的养分贮存在有机沉积物中, 且通过生态系统循环如泥炭沉积和/或有机输出而散失。对养分通量不开放的湿地具有较低生产力和较缓慢的养分循环。但是沟渠排水导致湿地大量化学元素的径流输出, 土壤中的营养元素和有机质减少, 有效性降低(如表 1)。这些过程影响了植物的初级生产力, 最终影响了湿地生态系统化学元素的内部循环。

3 结 论

通过对湿地排水沟沟头土壤、沟尾土壤、沼泽土壤、退化沼泽土壤中主要离子、金属、营养元素、有机质含量和 pH 值的分析, 可得出, 湿地中沟渠的修建一方面隔断了湿地生态系统与外界的联系, 另一方面又增加了湿地生态系统与外界的连通性, 两者共同影响了湿地的人文条件及其决定的湿地生物地球化学过程。湿地沟渠的存在影响了湿地物质的迁移转化、输入、输出和化学质量平衡, 最终引起湿地退化。

(下转第 64 页)

(2) 继续推进防沙治沙建设工程,加大工程投资监管力度。一方面要严格禁止以任何理由和借口挪用工程的资金,另一方面要严肃查处将工程建设资金当作自己和小集团的“蛋糕”,消灭工程建设中的腐败行为。

(3) 对造成土地沙化的人为因素应给予重新认识,并根据其产生的深层次原因制定相应的对策。以往人们把对土地资源的不合理利用诸如滥垦、滥牧、滥伐等,以及人口压力过大都归咎于生活于沙区农牧民,忽视了产生这一现象的根本原因是由于管理者对上述现象的视而不见,甚至是放纵和参与。正是领导者的疏忽和失职甚至是推波助澜导致当地民众的上述行为^[6]。因此,应把人为破坏导致土地沙化的现象与当地管理者的考核联系在一起,追究由于人为因素造成土地沙化现象的行政管理者的责任。

(4) 加快沙化建设步伐,大力发展沙区经济。我国沙化土地绝大多数位于北方经济相对落后地区,贫穷是造成土地沙化最主要的人为因素。国家在加大沙化土地治理投资力度的同时,应增加政策和资金的倾斜,扶持沙区产业快速发展,改变沙区产业结构和落后的经济发展模式,最终使沙区人民不再以破坏沙

地生态环境为代价来保证和提高自身的生存。只有这样,人为破坏的现象才可能得到遏制,沙化土地逆转的趋势才会继续。

总体分析,我国土地沙化现象得到初步遏制,沙化土地出现逆转趋势,但从 3 次监测数据分析我国沙化土地总面积在 10 a 内扩展了 10 765 km²,按照现在递减速度需要 8 a 的时间才能恢复到 1994 年的状态,而 50—80 年代扩展的沙化土地的治理,以及大面积有明显沙化趋势的土地的保护、恢复工作任重道远。

[参 考 文 献]

- [1] 国家林业局. 中国荒漠化和沙化公报[R]. 2005.
 - [2] Dregne, H. Desertification of arid lands[M]. Harwood Academic Publishers, Chur. 1983. 35—40.
 - [3] 冯道. 防沙治沙与生态环境建设务实全书[M]. 长春:吉林科学技术出版社,2002. 37.
 - [4] 王涛. 中国沙漠与沙漠化[M]. 石家庄:河北科学技术出版社,2003. 149—155.
 - [5] 朱俊凤,朱震达,等. 中国沙漠化防治[M]. 北京:中国林业出版社,1999. 120.
 - [6] 王跃. 中国荒漠化病因诊断[J]. 中国沙漠,2002,22(2): 119.
-
- (上接第 45 页)
- #### [参 考 文 献]
- [1] Keddy P A. Wetland Ecology[M]. Cambridge: Cambridge University Press,2000. 2—8.
 - [2] 刘景双. 湿地生物地球化学研究[J]. 湿地科学,2005,3(4):302—309.
 - [3] 张芸,吕宪国. 排水对三江平原沼泽湿地土壤中化学元素的影响[J]. 农村生态环境,2001,17(1):9—12.
 - [4] 张芸. 三江平原沼泽湿地环境基本特征及其综合评价[D]. 中国科学院硕士研究生学位论文,中国科学院长春地理所,1999.
 - [5] 王国平,刘景双. 湿地生物地球化学研究概述[J]. 水土保持学报,2002(4):144—148.
 - [6] Lee D I, Park C K, Cho H S. Ecological modeling for water quality management of Kwangyang Bay, Korea[J]. Environmental Management. 2005,74(4):327—337.
 - [7] 汲玉河. 三江平原湿地毛果苔草群落的演替特征[J]. 湿地科学,2004,2(2):139—143.
 - [8] Grootjans A P, Hunneman H, et al. Long-term effects of drainage on species richness of a fen meadow at different spatial scales[J]. Basic and Applied Ecology,2005,6(2): 185—193.
 - [9] Manhoudt A G E, Udo H A, Snoo G R. An indicator of plant species richness of semi-natural habitats and crops on arable farms[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment,2005,109(1—2):166—174.
 - [10] 贾忠华,罗纨,莫放,等. 用 DRAINMOD 模型预测不同气候条件下排水及来水量对湿地水文的影响[J]. 水土保持学报,2003,17(5):54—58.
 - [11] 马振梅,刘正茂. 洪河国家级自然保护区水资源退化原因及恢复对策研究[J]. 现代化农业,2004,294(1): 12—14.
 - [12] LIU Zheng-mao. Assessment of Water Resources at Honghe National Nature Reserve[J]. 湿地科学,2004,2(2):145—152.
 - [13] Adrian, A. DITCH: a model to simulate field conditions in response to ditch levels managed for environmental aims [J]. Agriculture, Ecosystem & Environment 2000,77: 179—192.
 - [14] 刘红玉. 流域湿地景观变化及其累积效应研究——以三江平原典型流域为例[D]. 中国科学院博士研究生学位论文,中国科学院东北地理与农业生态研究所,2004.
 - [15] 杨青,吕宪国,陈刚起. 三江平原沼泽湿地生态试验区土壤类型及其特点[A]. 三江平原沼泽研究[C]. 北京:科学出版社,1996. 15—26.
 - [16] Mitsch W J, Gosselink J G. Wetlands[M]. New York: John Wiley & Sons, 2000. 155—204.
 - [17] A Tudor. Balancing Stream and Wetland Preservation with Nonpoint Source Pollution Management a Case Study[J]. Wat, Sci, Tech. 1999,40(10):137—144.