



小兴安岭

北部沼泽湿地

化学过程

满秀玲
范金凤
著



XIAOXING' ANLING BEIBU ZHAOZE
SHIDI HUAXUE GUOCHENG



东北林业大学出版社

小兴安岭北部沼泽湿地化学过程

满秀玲 范金凤 著

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

小兴安岭北部沼泽湿地化学过程/满秀玲, 范金凤著. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2008. 12

ISBN 978 - 7 - 81131 - 388 - 8

I. 小… II. ①满…②范… III. 小兴安岭—沼泽化地—化学过程—研究 IV. P942.078

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 196090 号

内 容 提 要

本书以小兴安岭北部保存完好的沼泽湿地为例, 对其植被特征、土壤养分及湿地水化学性质进行研究, 尤其侧重研究不同湿地类型土壤营养元素的含量与动态、不同植物营养元素的分布特征及动态、湿地对水质的净化作用等内容, 以揭示山地沼泽湿地生态系统营养元素的分布、积累与迁移的规律, 为进一步研究湿地生态系统的功能及受损湿地的生态恢复提供科学依据。

责任编辑: 刘文超

封面设计: 彭 宇



NEFUP

小兴安岭北部沼泽湿地化学过程

Xiaoxing'anling Beibu Zhaoze Shidi Huaxueguocheng

满秀玲 范金凤 著

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路26号)

黑龙江省教育厅印刷厂印装

开本 850 × 1168 1/32 印张 8 字数 201 千字

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 978-7-81131-388-8

P·7 定价: 24.00 元

序 言

湿地是地球上重要的生态系统之一，与人类的健康和发展息息相关。健康的湿地生态系统，是国家生态安全体系的重要组成部分和实现经济与社会可持续发展的重要基础。湿地不仅为人类的生产、生活提供粮食、肉类、鱼类、药材、能源以及多种工业原料，而且在抵御洪水、调节径流、蓄洪防旱、降解污染、调节气候等方面发挥着其他生态系统不可替代的作用，被誉为“地球之肾”。自然湿地不但是水生动物、水生植物优良的生存场所，也是多种珍稀濒危野生动物，特别是水禽必须的栖息、迁徙、越冬和繁殖地，又被誉为自然资源的“天然物种库”。湿地还具有强大的水文调节和循环功能，是水资源的“储存库”和“净化器”。湿地也是重要的“储碳库”和“吸碳器”。因此，“没有健康的湿地，就没有健康的人类”。

湿地生态系统化学过程研究是湿地研究的重要内容之一，在所有调节生态系统活动和进化的功能中，矿物质循环极其重要，是维持生物进行新陈代谢的基础。元素循环是一个在系统内将许多其他功能连接在一起的综合过程，湿地生态系统化学过程研究是湿地功能研究的核心之一。由于湿地生物地球化学过程不仅影响着区域的物质输移、能量流动和湿地生产过程，而且在很大程度上影响着全球气候变化，作为多种元素和物质的源、汇或调节器，湿地对延缓或遏制环境恶化、维持区域生态安全具有积极作用。因此，研究湿地化学过程具有非常重要的学术意义和实践意义。

小兴安岭是我国山区森林沼泽湿地分布广泛、类型多样的地区。在沼泽的形成、发育和环境演变过程等方面，都具有显著的

区域特点。本书以小兴安岭北部沼泽湿地为对象，通过对不同类型沼泽湿地生态系统化学过程的研究，深入分析了植物——土壤之间营养元素的富集特征及营养元素间的协调性，探讨了草本沼泽、灌丛沼泽和森林沼泽生态系统中营养元素积累、分配与动态特征，揭示了湿地生态系统化学过程机制及营养元素变化规律；将湿地与森林进行对比研究，分析两者在净化水质方面存在的差异，为确切评价湿地与森林功能提供了科学依据；探讨了干扰对沼泽化学过程的影响。本书在山地沼泽湿地化学过程研究方面进行了开拓性的工作，这必将推动我国湿地生态系统研究的前进步伐，为东北湿地生态系统的保护、恢复和重建作出重要贡献。希望这本书能够为我国的湿地研究、保护与持续利用起到参考和借鉴作用。

吕宪国

中国科学院湿地研究中心秘书长

中国科学院东北地理与农业生态研究所研究员

2008年9月15日

前 言

湿地是处于水陆交错带的特殊生态系统，具有多种功能和价值，是人类最重要的环境资本之一。湿地广泛分布于世界各地，蕴藏着丰富的生物资源、泥炭资源和水资源，又是旅游资源，具有巨大的经济价值。同时又在控制水土流失、蓄洪防涝、滞留沉积物、降解环境污染、净化水质、调节气候和保持生物多样性等方面具有重要的作用，被称为“地球之肾”。

黑龙江作为我国湿地大省，在大、小兴安岭分布有大面积的沼泽湿地，它们在涵养水源、维护区域生态平衡等方面发挥了重大作用。在全球日益变暖的今天，沼泽湿地在全球变化中的地位和作用已成为广泛关注的內容。湿地生态过程研究是湿地研究的重要内容之一，它是揭示湿地功能机理的关键。湿地生态过程主要包括生物过程、化学过程和物理过程三个过程。其中，物理过程侧重于将系统热力学和控制论等理论应用于湿地生态系统能量流动研究中；化学过程主要研究湿地生态系统中 C, N, S, P 等大量元素、微量元素和重金属元素的循环规律，研究营养元素循环与生态功能的关系、重金属元素的富集迁移和转化、湿地净化水质的过程和机理等；生物过程集中对湿地初级生产、有机质分解与积累过程及其动态进行研究。在所有调节生态系统活动和进化的功能中，矿物质循环是极其重要的，营养元素循环是一个在系统内将许多其他功能连接在一起的综合过程。因此，湿地化学过程是湿地功能研究的核心内容。目前，我国湿地的研究偏重于湿地的保护和恢复技术，而对于湿地生态系统的生态过程研究较少，尤其在山地沼泽湿地生态过程的研究方面还没有得到较好的开展。

本书以小兴安岭北部保存完好的原生性沼泽湿地为研究对象,对其湿地植被区系特征、湿地生态系统营养元素动态过程、湿地水化学及湿地净化作用等内容进行研究,其主要目的是探索山地沼泽生态系统的结构与功能,揭示湿地营养元素积累与迁移的规律,并以森林做对照,分析湿地在净化水质方面的特殊作用。本书的研究不仅丰富了山地沼泽湿地生态系统结构与功能的研究,而且对受损湿地生态系统的恢复与重建有着重要的指导意义。

在研究的过程中,我们得到了我的导师王建中教授的细心指导和全面帮助;在湿地植物分类方面得到马玉新教授的支持和帮助;在外业调查过程中,得到了公别拉河自然保护区朱德柱、王晓明、王晓辉等同志的帮助;肖洋、朱道光、吕晓波、姚月锋等研究生在外业调查和内业分析中都付出了辛勤的劳动和汗水。在此一并表示感谢。

全书共7章,第1~6章由满秀玲撰写,第7章由范金凤撰写,全书由满秀玲统稿。由于作者水平有限,错误不足之处在所难免,请各位专家、学者提出宝贵意见。

满秀玲

2008年6月于哈尔滨

目 录

1 绪 论	(1)
1.1 湿地的定义和分类	(1)
1.2 我国主要湿地类型与分布	(10)
1.3 湿地的功能	(15)
1.4 湿地化学过程研究进展	(22)
2 小兴安岭北部自然条件	(26)
2.1 地 貌	(26)
2.2 气 候	(28)
2.3 水 文	(32)
2.4 土 壤	(33)
2.5 植 被	(34)
3 沼泽湿地植物区系与植被类型	(36)
3.1 沼泽湿地种子植物区系特征	(36)
3.2 湿地植被分类	(58)
3.3 主要植被类型分析	(63)
4 沼泽湿地土壤营养元素分布与动态	(72)
4.1 大量营养元素分布与动态	(73)
4.2 微量营养元素分布与动态	(90)
4.3 土壤营养元素间相关性分析	(102)
5 沼泽湿地主要植物营养元素分布与动态	(114)
5.1 大量营养元素分布与动态	(115)
5.2 微量营养元素分布与动态	(135)
5.3 植物体中营养元素积累特征	(148)
5.4 生长在同一群落中的不同植物营养元素含量特征	

.....	(152)
5.5 生长在不同生境的同一植物营养元素含量特征	
.....	(153)
5.6 沼泽湿地主要植物富集特征	(155)
5.7 植物营养元素间协调性分析	(159)
5.8 植物营养元素间相关性分析	(162)
6 沼泽湿地水化学特征	(165)
6.1 水化学类型	(166)
6.2 pH 值、矿化度和总硬度	(167)
6.3 N,P 含量	(170)
6.4 主要阴离子含量	(172)
6.5 主要阳离子含量	(174)
6.6 其他微量元素	(179)
6.7 森林和湿地对溪流水质的影响	(180)
7 干扰对沼泽湿地的影响	(190)
7.1 干扰对沼泽土壤物理性质的影响	(191)
7.2 干扰对沼泽土壤化学性质的影响	(195)
7.3 干扰对水化学性质的影响	(209)
参考文献	(216)
附:小兴安岭北部沼泽湿地种子植物名录	(232)

1 绪 论

1.1 湿地的定义和分类

1.1.1 湿地的定义

美国鱼类和野生生物保护协会 1956 年提出,湿地是被浅水或暂时性积水所覆盖的低地。一般包括草本沼泽 (Marshes)、木本沼泽 (Swamps)、泥炭藓沼泽 (Bogs)、湿草甸 (Wet meadows)、泡沼 (Potholes)、浅水沼泽 (Sloughs) 以及河漫滩 (River - overflow lands), 也包括生长挺水植物的浅水湖泊或浅水水体, 但河、溪、水库和深水湖泊等稳定水体不包括在内。美国国会在 1977 年《联邦水污染控制法》(又名《清洁水法》) 的修订中将湿地定义为: “湿地是指那些地表水和地面积水浸淹的频率和持续时间充分, 能够供养 (在正常环境下供养) 那些适应于潮湿土壤植被的区域。通常湿地包括灌丛沼泽 (Swamps)、草本沼泽 (Marshes)、泥炭藓沼泽 (Bogs) 以及其他类似的区域。” 1979 年, 美国鱼类和野生生物保护协会在《美国的湿地和深水生境分类》的研究报告中指出了较为综合的湿地定义, 即 “湿地是处于陆地生态系统和水生生态系统之间的转换区, 通常其地下水位达到或接近地表, 或者处于浅水淹覆状态……” 湿地常常具有以下三个特征: ①地表长期或周期性受到水淹或水浸; ②适应多水环境的水生植物; ③基质以排水不良的水成土为主。湿地还指湖泊与湿地以低水位时水深 2m 处为界。按照这个

湿地定义,世界湿地可以分成 20 多个类型。这一概念为美国的湿地分类和湿地综合调查提供了依据。在 20 世纪 90 年代初期,美国出版了《湿地:特征和边界》,将湿地定义为:“湿地是一个依赖于在基质的表面或附近持续的或周期性的浅层积水或水分饱和的生态系统,并且具有持续的周期性的浅层积水或饱和的物理、化学、生物特征。通常湿地的诊断特征为:水成土壤和水生植被。除非特殊的物理、化学、生物条件或人为因素使得这些特征消失或阻碍它们发育,湿地一般具备上述特征。”1995 年美国农业部通过其下属的土壤保护组织(即现在的自然资源保护协会, NRCS)把湿地定义为:“湿地是一种土地,它具有一种占优势的水成土壤;经常被地表或地下水淹没或饱和,生长有适应饱和土壤环境的典型水生植被。”这基于农业的定义,强调的是水成土壤。

加拿大的学者将湿地定义为:“湿地系指水淹或地下水位接近地表,或水分饱和时间足够长,从而促进湿成和水成过程(Wetland and aquatic processes),并以水成土壤、水生植被和适应潮湿环境的生物活动为标志的土地。”湿地的湿、干两种极端情况为:①有浅层明水面,一般水深小于 2 m;②在生态系统全部发育过程中,淹水为主导条件的周期性淹水地方。还有的学者将湿地定义为:“湿地是长期水饱和,有助于湿生或水生过程的土地,以排水不良的土壤、水生植被和适应湿生环境的多种生物活动为特征。”

英国学者把湿地定义为:“一个地面受水浸润的地区,具有自由水面。通常是四季存水,但也可以在有限的时间段内没有积水,自然湿地的主要控制因子是水文、气候、地形等。”

日本有关学者认为,“湿地的主要特征,首先是潮湿,第二是地下水位高,第三,至少在一年的某段时间内,土壤是处于饱和状态的”。这一提法充分表明日本当前湿地界在湿地问题上强调水分和土壤,但同时忽略了植被现状。

1971年,在世界自然保护联盟(International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN)的主持下,在伊朗的拉姆萨尔(Ramsar)会议上通过了《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》(Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat, 简称《湿地公约》)。《湿地公约》中湿地的定义为:“湿地系指不问其为天然或人工、长久或暂时之沼泽地、湿原、泥炭地或水域地带,带有或静止或流动、或为淡水、半咸水或咸水水体者,包括低潮时水深不超过6m的水域。”这个定义中的湿地范围很广,不限于沼泽、泥炭地、盐沼、红树林,不仅包括湖泊、河流和水深6m以内的滨海水域,还有人工湿地,包括水稻田、鱼池、虾池、盐田、盐碱地、水库和运河等。但湿地总体来讲应当具有三个特点:①地表多水,水是导致湿地的形成、发展、演替、消亡与再生的关键,无水不成湿地。地表过湿,有季节性或常年性积水,水体可以是淡水、半咸水或咸水;②水多导致土壤潜育化,有明显潜育层,有的有泥炭层,为水成土;③受多水的影响,生长有湿生植物、沼生植物、水生植物或喜湿的盐生植物。因此,“湿地是水陆相互作用形成的独特生态系统,它具有季节或常年积水、生长或栖息喜湿植物、动物和土壤发生潜育化三个基本特征。”(马学慧等, 1997)

水对湿地土壤发育有深刻的影响。湿地土壤通常称为湿土或水成土(Hydric Soil)。美国水土保持局给水成土下的定义是:“在生长季足够长时间内,在不排水的条件下是饱和的、淹水的或成塘的,形成有利于水生植物生长和繁殖的无氧条件的土壤。”

对于湿地,有广义的和狭义两种定义。水饱和或淹浅水、水成土和水生植被三者都具备的土地称为湿地,这是狭义的定义,如美国1956年的定义。三者中只要是水文条件具备的土地就是湿地,这是广义的定义,如美国1979年的定义。看来,狭

义的湿地定义有些偏窄，广义的湿地定义又嫌太宽。因此，只要有周期性淹水和水成土的土地就可以称为湿地。

我国当前对湿地正处于研究和管理的起步阶段，多采用狭义的湿地定义。中科院东北地理与农业生态研究所为湿地下的定义为：“湿地是水位经常在或接近地表或为浅水所覆盖的土地，以水成土和土壤水分饱和为其主要特征。”这个湿地定义是基于如下的理解：湿地是一种土地类型。它的促成因子是水文条件。水来自降水、地表径流、泛滥河水、潮汐和地下水。地面经常的、或季节性的、或脉冲式的（潮汐）覆盖浅水层；或地面常年不为水层覆盖，但水位接近土表，土壤经常处于水分饱和状态。湿地位于水生系统与陆地系统之间的过渡带。湿地与水生系统的分界为水深2m处；与陆地系统的分界为土壤水分饱和带的边缘。水成土是湿地的重要特征。水成土就是水分饱和的或淹浅水的，处于无氧条件下的土壤。因此基底为岩石或沙质而没有土壤的淹水地带则不视为湿地。水成土上可以生长水生植物。但有无水生植物生长并非湿地的必要特征。

我国学者杨永兴把湿地定义为：“湿地是一类既不同于水体，又不同于陆地的特殊的过渡类型生态系统，为水生、陆生生态系统界面相互延伸、扩展的重叠空间区域。湿地应该具有3个突出特征：①湿地地表长期或季节处于过湿或积水状态；地表生长有湿生、沼生、浅水生植物（包括部分喜湿盐生植物），且具有较高生产力。②生活湿生、沼生、浅生动物和适应特殊环境的微生物类群。③发育水成或半水成土壤，具有明显的潜育化过程。”

可见，国际上对湿地的定义有多种，虽然各有侧重，但基本都从水、土、植物三个要素出发，界定了多水（积水或饱和）、独特的土壤和适水的生物活动是湿地的基本要素。

1.1.2 湿地分类

湿地分类是湿地研究的基础,从不同的角度出发可以对湿地进行不同的分类。早在 17 世纪芬兰学者 Norrlin 和 Wainio (1871) 就提出了沼泽植被分类方案,Heikurainen 和 Pakarinen (1978) 又提出了泥炭沼泽分类系统。20 世纪初,德国学者 K. Weaber (1902) 以发生学原则为基础,根据沼泽地表形态、水源补给类型将沼泽划分为两大类:一类是指分布于洼地上,地表平坦、水中含有丰富的营养物质的沼泽。另一类是指地表凸起,由大气降水补给的高位沼泽,植被中以泥炭藓占优势。

美国学者 Davis (1907) 提出的湿地水文分类,将美国湿地分三组,即地下水补给的沼泽、雨水补给的沼泽和过渡型沼泽。组之下再分若干湿地类型。苏联学者 Ю. Д. Цинзерлинг (1938) 把沼泽划分为四级,根据建群种的生活型,作为“型”一级的划分依据,将沼泽分为森林、草本、灌木、小灌木、泥炭藓、地衣、微型植物和苔藓。又以植被的营养特点作为“群系纲”一级的分类指标,以群落的共建群种作为“群系”一级的分类指标,植物“群丛”为基本单位。目前,在国际上有代表性的应是《湿地公约》(1971) 中对湿地的分类,见表 1-1。

随后又有许多组织和学者对湿地进行分类,如芬兰学者 Heikurainen 和 Pakarinen (1978)、美国学者 Cowardin (1979)、加拿大国际湿地工作组 (1987) 等都对湿地进行过具体的分类。我国学者黄锡畴 (1980)、吴征镒 (1980)、郎惠卿 (1983)、牛焕光 (1985)、陆健健 (1990) 等也对湿地分类进行过较详细的研究,唐小平等 (2003) 采用成因、特征与用途相结合的方法构建了较详细的分类系统,见表 1-2。

表 1-1 《湿地公约》中的湿地分类系统

湿地系统	湿地类	湿地型	公约指定代码	说明
天然湿地	海洋/海岸湿地	浅海水域	A	低潮时水位在 6 m 以内水域, 包括海湾和海峡
		海草床	B	潮下藻类、海草、热带海草植物生长区
		珊瑚礁	C	珊瑚礁及其临近水域
		岩石海岸	D	海岸岛礁域海边峭壁
		沙滩、砾石与卵石滩	E	滨海沙洲、沙岛、沙丘及丘间沼泽
		河口水域	F	河口水域和河口三角洲水域
		滩涂	G	潮间带泥滩、沙滩和海岸其他淡水沼泽
		盐沼	H	滨海盐沼、盐化草甸
		红树林沼泽	I	海岸咸、淡水森林沼泽
		咸水、碱水泻湖	J	有通道与海水相连的咸水、碱水泻湖
		海岸淡水泻湖	K	淡水三角洲泻湖
		海滨岩溶洞穴水系	Zk (a)	滨海岩溶洞穴
	内陆湿地	内陆三角洲	L	内陆河流三角洲
		河流	M	河流及其支流、溪流、瀑布
		时令河	N	季节性、间歇性、不规则性小河、小溪
		湖泊	O	面积大于 8 hm ² 淡水湖泊, 包括大型牛轭湖
		时令湖	P	季节性、间歇性淡水湖, 面积大于 8 hm ²
		盐湖	Q	咸水、半咸水、碱水湖
		时令盐湖	R	季节、间歇性咸水、半咸水及其浅滩
		内陆盐沼	Sp	内陆盐沼及泡沼
		时令碱、咸水盐沼	Sa	季节性盐沼及其泡沼
		淡水草本沼泽	Tp	草本沼泽及面积小于 8 hm ² 生长植物的泡沼
		泛滥地	Ta	季节性洪泛地、湿草甸和面积小于 8 hm ² 的泡沼

续表 1-1

湿地系统	湿地类	湿地型	公约指定代码	说明
天然湿地	内陆湿地	草本泥炭地	U	藓类泥炭地和草本泥炭地。无林泥炭地不在此例
		高山湿地	Va	高山草甸、融雪形成的暂时水域
		苔原湿地	Vt	高山苔原、融雪形成的暂时水域
		灌丛湿地	W	灌丛为主的淡水沼泽，无泥炭积累
		淡水森林沼泽	Xf	淡水森林沼泽、季节泛滥森林沼泽
		森林泥炭地	Xp	森林泥炭地
		淡水泉	Y	淡水泉及绿洲
		地热湿地	Zg	温泉
人工湿地		内陆岩溶洞穴水系	Zk (b)	地下溶洞水系
		鱼虾养殖塘	1	鱼虾养殖池塘
		水塘	2	农用池塘、蓄水池塘，面积小于 8 hm ²
		灌溉地	3	灌溉渠系与稻田
		农用洪泛湿地	4	季节性泛滥农用地，包括集约管护和放牧的草地
		盐田	5	采盐场
		蓄水区	6	水库、拦河坝、堤坝形成的大于 8 hm ² 的储水区
		采掘区	7	积水取土坑、采矿地
		污水处理场	8	污水场、处理池和氧化塘等
		运河、排水渠	9	输水渠系
		地下输水系统	Zk (c)	人工管护的岩溶洞穴水系等

表 1-2 我国湿地分类系统的分级分类 (唐小平等, 2003)

1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级
天然 湿地	滨海 湿地	浅海	浅海水域		
			潮下水生层		
			珊瑚礁		
		滩涂	岩石海岸		
			沙海滩/圆卵石滩		
			泥滩		
		河口	河口水域		
			三角洲/沙洲/沙岛		
			潮间沼泽		
			红树林		
		海岸性湖泊	海岸性咸淡水/盐水湖 (泻湖)		
			海岸性淡水湖		
	河流 湿地	永久性河流	永久性河/溪	1 级河流; 2 级河流;	
				3 级河流; 4 级河流;	
				4 级以下溪/流	
		季节性河流	间歇性河/溪		
			洪泛湿地/河漫滩/河心洲		
			内陆永久性三角洲		
	湖泊 湿地	永久性湖泊	淡水湖		
			咸淡水/咸水湖		
			内陆盐湖		
		季节性湖泊	季节性淡水湖		
			季节性咸淡水/咸水湖/盐湖		