

中国湿地研究进展

——献给中国科学院东北地理与农业生态研究所建所 50 周年

吕宪国, 刘晓辉

(中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012)

摘要: 中国湿地研究经历了由面上考察到长期定位研究、由资源调查到结构、功能、过程研究、由沼泽研究扩展到湿地各种类型研究等过程。中国湿地研究逐渐形成了自己的特色, 近年来取得了长足进展。文章对近 30 年中国湿地研究主要进展进行了回顾, 并对湿地科学进一步研究方向提出了建议。

关键词: 沼泽湿地; 过程; 功能; 格局; 恢复; 持续发展; 湿地生态系统; 研究进展

中图分类号: P941.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2008)03-0301-08

1 概 述

湿地是地球表层生态系统的重要组成部分, 它是由水陆相互作用而形成的具有特殊功能的自然综合体。湿地是重要的国土资源和自然资源, 与人类的生存和发展息息相关, 是自然界最富有生物多样性的生态景观和人类最重要的生存环境之一^[1]。中国是世界上湿地资源最丰富的国家之一, 其面积仅次于加拿大、俄罗斯和美国, 位居世界第四^[2]。

1958 年, 中国科学院长春地理所 (2002 年更名为中国科学院东北地理与农业生态研究所) 成立, 按照中国科学院地学研究的分工, 明确该所以沼泽作为研究方向。当时竺可桢副院长指出, “沼泽、湖泊等特殊问题的研究, 为扩大农田的综合开发利用提供科学依据”。经过多年的发展, 在沼泽学研究的基础上, 已扩展为湿地研究, 并将湿地研究作为中国科学院东北地理与农业生态研究所的优势与特色学科。在湿地科学基础研究、应用基础研究、应用研究和人才培养等方面做出了重大贡献。

湿地是一种重要的自然资源, 也是人类及许多野生动物、植物的重要生存环境之一, 生物多样性丰富。中国对湿地研究的认识和记载已有几千年的历史, 《礼记·王制篇》中把水草所聚之处称为

“沮泽”、“沮洳”、“斥泽”或“下湿地”等。在《禹贡》《水经注》《徐霞客游记》等地理古籍中都有关于湿地的记载, 并赋予不同的名称, 反映出其成因类型和物理性状的不同。到 20 世纪 20 年代, 在中国地学丛中才出现沼泽这一名词。中国湿地研究经历了由面上考察到长期定位研究、由资源调查到结构、功能、过程研究、由沼泽研究扩展到湿地各种类型研究等过程。中国湿地研究逐渐形成了自己的特色, 近年来取得了长足进展。

2 中国沼泽湿地主要研究进展

2.1 湿地概念和分类

湿地是一种特殊的自然综合体, 由于它的成因和类型不同, 人们认识上的差异及其目的不同, 对湿地的理解也不同。湿地的定义基本上可以分为两类。一类是管理者给出的定义, 最权威、最具代表性的是《湿地公约》。另一类是学者的定义。由于研究者从不同的学科出发, 研究的区域及对象的不同, 给出的定义也不同。概括起来可分为水文学、植物学、泥炭地质学和景观学等方面给出的定义。中国科学工作者总结和提出了符合中国沼泽自然特性的概念, 认为沼泽具有 3 个相互制约的特征: 即地表经常过湿或有薄层积水; 必须生长有湿生植物; 土层严重潜育化或有泥炭的形成和积累。

收稿日期: 2008-05-16 修订日期: 2008-06-16

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目 (KSCX2-YW-N-46-06) 和国家自然科学基金项目 (40501030) 资助。

作者简介: 吕宪国 (1957-), 男, 吉林长春人, 研究员, 博士生导师, 主要从事湿地领域研究。E-mail: luxg@neigae.ac.cn

因此, 首先把沼泽分为泥炭沼泽和无泥炭沼泽两类。目前, 湿地概念较多, 但总的来说湿地是以多水(积水或过湿)、独特的土壤(水成土或半水成土)和适水的生物为基本特征的独特景观。

由于“湿地”概念在中国使用时间不长, 直至20世纪80年代才流行, 并且早期的研究主要侧重于沼泽和沿海滩涂, 长期没有将湿地作为一个整体加以综合研究, 加之湿地研究的目的和方法以及湿地的地域性差异等原因, 因而目前没有建立统一、完善的湿地分类系统^[3]。关于沼泽的分类, 《中国自然地理》(地表水)一书中, 首先根据沼泽有无泥炭积累, 划分泥炭沼泽和潜育沼泽两大类, 然后按照沼泽植物的生活型分为7个亚类^[4]。也有人按沼泽不同发育阶段所表现出的差异为依据, 划分为富营养沼泽型、贫营养沼泽型和中营养沼泽型, 然后根据沼泽植物群系和群丛划分沼泽组、沼泽体^[5]。《中国的沼泽》一书中, 首先以沼泽土壤的纯灰分含量和pH值为指标, 划分富营养、中营养和贫营养沼泽, 然后根据沼泽植被的生态型和沼泽植物群系划分出3个沼泽亚类和12个沼泽组^[6]。刘兴土提出了沼泽综合分类, 首先划分为淡水沼泽及盐碱沼泽两大类, 然后再划分沼泽型、组、体^[7]。中国科学家在三江平原多年研究的基础上提出了三江平原沼泽分类方案, 该分类方案将沼泽划分为类、亚类、体3级: 首先, 根据有无泥炭积累将沼泽分为泥炭沼泽和潜育沼泽; 其次, 根据中地貌类型和水源补给状况, 将沼泽进一步划分为山前倾斜平原沼泽、阶地沼泽、河漫滩沼泽和湖滨沼泽4个亚类; 最后, 根据对环境条件具有敏感指示性的植被特征划分沼泽体^[8]。也有人根据《湿地公约》的分类体系, 进行了中国湿地类型划分^[9]。孙广友等提出了盐碱湿地的概念^[10]。

2.2 湿地成因和发育规律

沼泽自然综合体与其它各类综合体相比, 具有很大的特点, 它可由水体, 也可从陆地演化而来。沼泽的形成过程包括这两种途径: 水体沼泽化和陆地沼泽化^[11]。沼泽是由各种自然因素综合作用形成的。地表过湿和有积水是沼泽形成的直接因素; 但水分过多又取决于地貌、水文地质、气候以及水热组合等自然因素和条件。因此沼泽成因极为复杂, 各地区沼泽的成因极不相同。如三江平原沼泽, 主要是由于地势低平, 地表有较厚的粘土和亚粘土层, 夏秋降水集中, 排泄能力低, 水分下渗困难

和河水泛滥等因素所造成的。若尔盖高原沼泽是由于气候冷湿、降水较多, 蒸发小, 地块相对稳定, 河流下切微弱, 地形封闭, 排水不畅等因素形成的。大兴安岭沼泽成因除水热条件外, 还与存在多年冻土有直接关系。

关于沼泽的发育, 德国和苏联的学者提出过沼泽统一发育过程学说。根据这一学说, 沼泽的发育都必然要经过从低位到高位, 即相当于从幼年期到老年期的发育过程, 认为这是沼泽发育的典型模式, 并以这一发育过程中的不同阶段作为划分类型的依据。但是这一理论既不符合中国沼泽发育的实际情况, 也不能阐明世界各地沼泽发育的规律, 只适用于北方寒温带条件下沼泽的发育过程。20世纪80年代, 黄锡畴先生在结合国内沼泽考察研究和国外沼泽考察研究的基础上, 通过大量沼泽古环境信息、放射性测年数据和发育过程的分析, 应用自然地域分异规律的基本原理, 根据自然综合体在时间上和空间上统一发展的观点, 认为沼泽发育不仅受时间制约, 同时也受空间规律制约, 从而提出了沼泽发育多模式的理论^[11]。该理论突破了沼泽发育统一过程学说, 摆脱了沼泽发育的单一模式。

2.3 湿地水文过程与功能

2.3.1 湿地水文过程影响因素分析

水是湿地生态系统最敏感的因子, 水分动态平衡为湿地创造了有别于陆地和水体生态系统的独特物理化学条件。水文过程通过调节湿地植被、营养动力学和碳通量之间的相互作用而影响着湿地地形的发育和演化, 改变并决定了湿地下垫面性质及特定的生态系统响应。同时, 湿地的植被群落特征、地貌、下垫面性质和地质背景也影响着湿地的水文过程。湿地植被通过拦蓄沉积物、对地表水的遮荫以及蒸腾的调节作用影响着湿地的水文过程功能, 湿地动物对湿地水文的改变和变化有显著的影响, 如海狸筑坝阻挡水而使水流经大片面积, 在原来没有湿地的地方形成湿地^[12]。另外, 气候变化和人类活动等都以不同方式影响着湿地的水文系统和生态功能。郝敏等在流域尺度上, 从人工沟渠对流域径流、污染物传输和水文连通性的影响三方面, 详细阐述了人工沟渠对流域水文格局的影响^[13]。围湖造田以及泥炭地疏干等人为活动改变局地小气候, 减少降水而不利于人类福祉^[14]。

中国西北和华北部分地区的湿地水资源因过度取水或开采地下水, 其水文条件已发生很大改

变。近年来,西北地区的塔里木河和黑河等重要内流河,因水资源的不合理利用,其下游地区缺水非常严重,而由此引起的湿地衰退问题十分突出。黄河近年来水量干枯的趋势也在加剧,这对下游地区的工农业生产产生严重影响。此外,湿地开发过程中的挖沟排水,又会使湿地不断疏干,从而导致湿地水文的变化,而一些水利工程的修建有时也会将湿地水体之间的天然联系阻断,造成湿地水源断流,进而导致湿地水位下降。三江平原地区由于长期大面积的湿地开发,不仅其下垫面已经发生很大变化,且近 45 年来该区年降水量也呈现出减少的趋势^[15]。

刘正茂等研究洪河国家级自然保护区及其周边区域水资源时空格局变化规律,根据与研究区属同一气候区的别拉红河流域近 50 年水文站资料分析,结果显示洪河国家级自然保护区流域面积及地表径流的输入均呈现下降趋势^[16]。

2.3.2 湿地水文功能

目前最需要评价其功能的湿地就是相对未受人类活动干扰的湿地^[17]。袁军等列出了湿地功能指标包括水文功能、生物地球化学循环功能及生态功能^[18]。

袁军等以洪河国家级自然保护区为案例,选取了表示水文功能强度的 4 个指标:其中包括土壤/地表蓄水量、以及汇水区面积、蒸发蒸腾量,建立湿地水文功能评价的多级模糊模式识别模型,结果表明,随着时间的推移,区域水文功能呈明显降低趋势。这为定量地反映湿地水文功能的动态变化情况提供了方法。

湿地水文过程及其外在表征即湿地水文功能,它是湿地的基础功能,也是湿地具备其它功能的前提条件,主要表现在提供储水空间和降解污染、净化水质。

在各类型湿地资源中,河流、湖泊湿地和沼泽湿地的蓄水能力较强。据研究,中国江汉平原中长江与汉水河流水资源量为 $6\,338 \times 10^8 \text{ m}^3$,湖泊可以承接 $150 \times 10^8 \text{ m}^3$ 水量。多年平均入湖径流量为 $3\,726 \times 10^8 \text{ m}^3$,最高水位可调蓄水量达 $187 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[19]。沼泽湿地蓄水在三江平原达 $18\,15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ ^[20,21],按此数据推算,中国沼泽蓄水量可达 $221.43 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。刘兴土估算三江平原沼泽湿地土壤的最大蓄水量达 $46.97 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。由于沼泽均分布在地势低洼的负地貌部位,沼泽地表平均

可积水 30 cm,则现有天然沼泽地表积水的储水量可以达 $17.15 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[22]。大、小兴安岭和长白山区是东北湿地的主要分布区之一,以沼泽湿地为主,东北山区沼泽土壤蓄水量估算结果 $139.63 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[23]。肖笃宁等以辽河三角洲湿地为研究对象,根据辽河三角洲湿地的景观生态特征和在防洪中的功能,将湿地景观划分出 5 个功能区,为促进三角洲区域可持续发展服务^[24]。

徐治国等选取三江平原典型沼泽湿地—毛苔草沼泽,试验沼泽植物对污水的净化效果,研究表明毛苔草沼泽对水中的 NH_4^+-N 、 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 的净化随时间的推移呈现明显的指数衰减下降趋势^[25]。刘振乾和吕宪国通过对三江平原沼泽湿地污水处理的实地模拟研究发现,沼泽湿地生态系统对污水中 N、P 的净化速度随时间的延长呈指数规律下降,初期净化效果与污水中 N、P 的含量为正相关关系,且植物种类、泥炭土厚度等均影响净化效率^[26]。

2.4 湿地生物地球化学循环

湿地生物地球化学结构特征、行为和循环研究是揭示湿地环境过程、机制和功能的关键。各种化学物质通过湿地环境中一系列自然发生的物理、化学和生物过程,在活的有机体和环境之间进行生物地球化学循环。湿地生物地球化学循环在湿地结构和功能上起着决定性作用,这一循环一般描述为各种物理状态、化学形式和生物地球化学过程,都影响着生态系统中物质的迁移转化^[27]。

湿地是一个水陆交错带,有其独特的形成发育和演化规律。同时,它又不完全独立,既表现为水生生态系统,又表现为陆地生态系统,是处于两个系统之间的界面。生物地球化学过程可分为系统内和系统外两个过程,系统外过程则指湿地与相邻生态系统之间进行的物质交换过程,包括物质输入和输出,主要通过气象、水文和生物等主要途径来实现。

2.4.1 温室气体排放

宋长春等对沼泽湿地 CO_2 和 CH_4 排放的时空变化特征研究表明,沼泽湿地 CO_2 和 CH_4 的产生和排放与土壤有机碳、可溶性有机碳及氮的含量有密切关系,同时还受土壤温度和水文条件的影响^[28,29]。中国三江平原沼泽土壤中 CO_2 和 CH_4 较高的浓度值,主要出现在植物根际层 ($10 \sim 35 \text{ cm}$),同时其时间变化也有一定规律性。王毅勇等

认为三江平原毛果苔草湿地全年甲烷排放通量有着明显的季节变化^[30]。黄国宏等对中国辽河三角洲芦苇湿地生态系统 CH_4 的排放进行了深入研究,结果表明, CH_4 的排放也有明显季节变化规律^[31]。随着社会发展的需求,三江平原湿地不断垦殖,王毅勇等研究表明,湿地开垦为旱田,使湿地“碳汇”功能减弱或丧失,变成“碳源”^[32]。研究发现,湿地环境已成为 CH_4 的排放源、汇或转换器。目前对于泥炭形成的先决条件、泥炭形成的周期及湿地在什么环境条件下可以起到二氧化碳的更大的“汇”的作用还不太清楚。不仅要了解湿地植被对温室气体的固定作用,更要了解根系对温室气体的固定过程^[33]。

刘景双等对三江平原沼泽湿地 N_2O 浓度和排放特征研究,在国内率先开展了对天然沼泽湿地 N_2O 排放的研究^[34]。

大量的观测研究揭示了沼泽湿地温室气体排放季节性变化及年际变化的主要影响因子,即水位波动、表层土壤温度、植物生长状况及 Eh 条件是决定沼泽湿地含碳气体排放通量季节性变化的主要环境因子,降水条件变化是决定含碳气体排放通量年际变化的主要因素,且与土壤溶解有机碳和溶解有机氮含量等密切相关。同时,发现冻融作用是影响沼泽湿地碳收支的关键因素之一,并对磷的形态及迁移有重要影响。

2.4.2 金属元素的迁移转化

铁和锰在湿地中主要以还原形式存在于土壤和水中 (Fe^{2+} , Mn^{2+})。土壤氧化还原条件影响着铁和锰的存在形态,因此,铁、锰氧化物成为土壤氧化还原体系中重要的组成成份。姜明基于不同流域及挠力河上游的景观尺度土壤铁迁移转化过程研究表明,湿地土壤铁对不同水文地貌条件具有明显的指示性作用,长期淹水的土壤类型无定形铁剖面变异大于季节性淹水的土壤类型^[35]。

由于湿地地势较低,湿地环境成为一种沉积环境。刘汝海等研究了三江平原沼泽湿地土壤和植物汞的分布特征及影响因素,结果指出三江平原沼泽湿地土壤汞的含量随深度增加总汞含量逐渐降低^[36-37]。汞的分布规律具有明显的水文地貌学特征,水分越充分,表层总汞含量越高,湿地汞“汇”的功能越强。地势、积水状态和植被是影响土壤中总汞含量的主要环境因子。而土壤有机质、总硫与汞含量具有显著的相关性。湿地植物中的汞除来

源于土壤外,还有相当一部分来源于大气。植物中汞的归还是沼泽湿地土壤汞的重要来源,无论小兴安岭泥炭沼泽还是三江平原沼泽表层汞的浓度都较高,并随深度的增加而下降,表明最近汞的沉积大于历史时期的汞沉降。三江平原沼泽湿地土壤总汞达到 0.088 mg/kg 高于当地土壤的环境背景值^[36],表明湿地生态系统是汞的“汇”,小叶章沼泽化草甸地上植物汞的库存量为 $24.9 \mu\text{g/m}^2$,毛果苔草沼泽地上植物汞的库存量为 $35.8 \mu\text{g/m}^2$ ^[38]。湿地植物对于湿地汞的汇的功能具有重要的维护作用。总汞与其它各形态汞的浓度都具有显著的相关性,主要与溶解态汞浓度相关性最显著。

2.4.3 营养元素持留

徐小峰等以吉林省西部向海湿地碱性沼泽土壤和农田土壤为研究对象,对不同土壤类型养分持留状况进行对比分析,并结合不同深度土壤出水 COD、氮和磷的测定。结果表明,碱性沼泽土壤与农田土壤的养分持留功能相一致。并且 $\text{pH} > 9$ 的沼泽土壤被用于处理富营养化的污水收效甚微^[39]。

王雷等以位于黑龙江扎龙湿地保护区缓冲区的仙鹤湖为目标区域,探讨湖泊营养元素空间变异,结果表明水体养分变化特征依赖于区域水体动态干扰频率的变化,且在生长季节,芦苇对养分的吸收是湖泊营养元素下降和空间变异的重要机制^[40]。

2.5 湿地植物群落演替

中国湿地植物资源十分丰富,野生高等植物有 225 科 815 属 2 276 种,具有植物种类丰富、区系成分复杂和广布种多的特点。湿地植被的分布受自然条件的影响和自然分异规律的控制,在东北地区、青藏高原区等不同地区具有明显的变化^[41]。

植物群落演替既指植被在裸地上的形成和建立过程的原生演替,亦包括植被在受到内外干扰后的恢复或重建的次生演替过程^[42]。植物群落的演替本质上是一个连续不断的物种或个体的冗余补充过程,同时也是群落的冗余结构由简单并联结构最终发展为多重并联结构的过程^[43]。

在演替过程中,物种多样性(丰富度)总是在不断变化的,物种多样性随演替逐步增加,到演替中期到达最大,到达顶极群落时物种多样性下降^[44-46]。

湿地植物对环境变化十分敏感,湿地的退化首

先通过植物表现出来。汲玉河等研究表明,近30年里,三江平原毛果苔草群落的物种构成发生了重大波动,群落物种多样性丧失严重,物种丰富度明显减少。建群种毛果苔草的多度减少,高度降低^[47]。吴翠等的研究表明,人类的活动如过度养殖、打捞水草及污水排放等导致了江汉平原长湖湿地植被种类及总生物量的下降^[48]。

2.6 湿地服务功能价值评价

湿地价值是湿地为人类提供产品和服务的能力,它是衡量湿地功能重要意义的尺度。在一定的社会经济条件下,湿地的功能不同则其价值也不同^[8]。

谢高地等根据中国的实际情况,制订了生态服务价值当量因子表,计算出全国不同陆地生态系统服务价值总和为 $56\,017.3 \times 10^8$ 元,其中湿地生态系统服务价值为 $5\,826.3 \times 10^8$ 元,占总服务价值的10.4%^[49]。

毛德华等以洞庭湖湿地生态恢复为首要任务,评估洞庭湖湿地生态服务价值,结果表明,洞庭湖湿地生态服务价值多样且巨大,尤以生产性价值、调蓄洪水价值、净化水质和维持生物多样性的价值最为显著^[50]。

上海市因其有多种类型的自然湿地,被誉为“湿地城市”。湿地具有多重功能,但由于过度开垦、过渔及水体污染和快速城市化,导致湿地生态系统服务功能随之衰退^[51]。

2.7 沼泽湿地垦殖与退耕还湿过程中土壤碳组分变化研究

研究发现沼泽湿地垦殖后,生长季根层土壤平均温度高于天然沼泽湿地 $3^{\circ}\text{C} \sim 4^{\circ}\text{C}$,冻土层融通时间提前 $55 \sim 62\text{ d}$ ^[28],土壤温度的升高和土壤水分条件的变化对土壤有机碳及氮矿化产生较大影响。湿地开垦导致土壤有机碳、氮含量下降。垦殖初期(5~7 a)农田表层土壤有机碳损失较快,15~20年后趋于平缓,相对稳定在 25 g/kg 左右。开垦后5年土壤有机碳含量减少60%左右,年均减少12%;开垦后5~15年减少13%,15~35年减少3%,主要表现为重组有机碳组分所占比例增大,土壤游离态轻组有机碳及水溶性有机碳含量明显降低。在垦殖初期DOC/TOC比值有降低趋势。然而,随着垦殖时间的增长,DOC/TOC比值缓慢的增大,长期垦殖导致水溶性有机碳在土壤有机碳中的分配比例增加,这样更容易造成土壤有机碳的损

失。在湿地开垦初期的1~3 a土壤微生物量碳含量迅速下降,下降率高于总有机碳,3 a之后下降率开始低于总有机碳。沼泽湿地垦殖后,土壤微生物商、基础呼吸迅速降低, $q\text{CO}_2$ 值明显增加。从目前的观测结果来看,湿地开垦后无论是种植水稻还是旱地作物并不影响土壤有机碳的相对变化量。

沼泽湿地垦殖后,土壤物理性质发生较大变化,表现为表层土壤水稳性大团聚体数量迅速减少。在垦殖初期的5~7 a下降速度最为迅速。垦殖3 a后,表层土壤水稳性大团聚体数量由垦殖前的53%下降到23%,垦殖5年后减少到15%;15~20 a之后,稳定在4%~6%。然而,垦殖后,53~250 μm 粒级的水稳性微团聚体数量却迅速增加,在垦殖初期的5~7 a增长最快。垦殖3年后,表层土壤水稳性微团聚体数量由垦殖前的26%增加到47%;15~20 a之后,稳定在55%~60%。土壤容重由垦殖前的 0.48 g/cm^3 增加到 0.81 g/cm^3 ,垦殖5 a后增加到 1.04 g/cm^3 ;之后,土壤容重稳定在 $1 \sim 1.2\text{ g/cm}^3$ 。表层土壤孔隙度的变化正好相反,垦殖初期的5~7 a表层土壤(0~10 cm)孔隙度迅速下降,15~20 a后表土田间持水量变化平缓,趋于一个相对的稳定值,开垦35年后下降了近28%。表层土壤(0~10 cm)田间持水量的变化与土壤容重相似,垦殖5年后,下降了近32%;15~20 a后表土田间持水量变化平缓,趋于一个相对的稳定值。

垦殖湿地农田退耕后,表层土壤有机碳有明显的增长趋势,表层土壤有机碳含量要恢复到未开垦小叶章湿地水平,大约需要17~25 a左右时间。垦殖农田退耕3~9 a间,土壤微生物量碳的增长速度显著高于总有机碳,能有效地指示该阶段土壤有机碳的动态。

3 湿地科学研究存在的主要问题

3.1 湿地基础理论研究薄弱

湿地科学体系不健全,作为一门学科来说,还处于发展初级阶段。目前许多关于湿地的研究散布于其它学科中,与其它学科交织在一起,经常是其它学科的研究案例,缺少自己的理论体系与专门的研究方法。缺少适合中国自然环境特点的湿地分类系统。

3.2 缺少适合中国的湿地分类系统

目前对湿地类型的描述主要基于湿地的外在

特征,湿地分类系统对湿地的分类也没有准确的表述。气候、地貌为湿地形成、发育提供了基本的环境条件,不同环境下湿地的结构、功能、过程的共性和差异性还不清楚。古环境变化与现在湿地形成、演化的关系也需要深入研究。以便确定湿地分类的基本单元与等级关系,提出适合中国环境特点的湿地分类系统。

3.3 湿地生态系统长期定位观测不足

中国仍未建成湿地生态实验站和湿地监测台站网络,缺少长期连续观测数据,不能深入理解不同类型、不同区域湿地的演化过程、湿地结构与功能,阻碍了对湿地生态过程与机理研究。

4 湿地科学研究展望

湿地是地球表层系统中物质与能量交换最为活跃和复杂的生态系统,是当代地理学、生态学、环境科学等学科关注的研究热点。中国地理环境复杂、湿地类型齐全、分布广、发育模式多样。开展湿地生态与环境研究,不仅可以完善中国湿地生态与环境研究理论体系,同时可为国家湿地保护与合理利用、退化湿地修复、区域农业可持续发展提供科学理论和方法。湿地科学研究需要在以下几方面得到加强。

4.1 加强湿地科学理论体系的建设

湿地分类应该反映湿地本质属性的指标或通用属性为依据的观点得到比较广泛的接受,定量分类将是研究的热点和发展趋势,采用定量分类指标和等级单位系统,建立适合我国湿地特点的、与国际湿地分类方法和指标选取相接轨的湿地生态系统分类。

4.2 湿地科学研究方向

4.2.1 湿地景观时空演化格局与生态过程研究

生态系统并非处在“均衡”状态,时间和空间上的异质性才是其普遍特征。湿地景观空间格局是湿地景观异质性的重要表现,又是各种生态过程在不同尺度上相互作用的结果。湿地景观格局的形成是在一定地域内各种自然环境条件与社会因素共同作用的产物,发展“3S”技术进行宏观综合研究,从景观尺度上进一步研究其特征,深入了解它的形成原因与作用机制,可以为人类定向影响生态环境并使之向良性方向演化提供依据。

探寻适宜的尺度转换方法,将一种尺度上研究得出的湿地景观格局与生态过程关系,合理拓展到

其它更多尺度上,便于了解湿地景观的空间变化。

4.2.2 湿地生态水文过程和水调节空间格局研究

湿地生态水文过程关注不同时空尺度湿地生态系统与水文过程之间的作用与反馈机制。如何实现生态过程与水文过程的整合,如何将生态和水文数据耦合到同一时空尺度加以研究,业已成为湿地生态水文研究的热点问题。

保证生态需水,进行有效的水管理。湿地水资源的可持续性要求时间和空间上的均衡性。目前湿地水调节空间日益破碎化、渠道化,水调节功能明显削弱,急需探究湿地水资源调节空间格局的合理性与科学依据。

4.2.3 自然和人类活动耦合作用下湿地生态过程变化及环境效应研究

湿地开垦和栖息地破坏等人类活动,以及自然灾害和气候环境、水文环境的变化,导致生物多样性受损及区域累积环境效应的产生,为此,探索自然和人类耦合作用对下垫面影响及由此带来的区域环境变化是研究重点。

4.2.4 退化湿地生态系统恢复的动力学机制与恢复策略研究

人类开发规模空前巨大,合理恢复和重建具有多重功能的沼泽湿地,需要科学的策略和合理的生态设计。湿地恢复策略常由于缺乏科学知识而阻断,特别是湿地丧失的原因,自然性和对一些显著环境变量的控制,有机体对这些要素的反应等还不够清楚,因此对湿地水动力的理解以及评价不同受损类型的影响是决定恢复策略的关键。

4.2.5 湿地资源合理利用与可持续管理研究

查清湿地资源现状,进行分类和环境质量评估,制定保护和合理利用规划;建立湿地生态系统研究网络,特别加强对湿地资源利用后的动态变化、生物多样性变化、湿地水文水质等状况的监测,编制湿地信息管理系统;完善保护湿地资源及发挥湿地效益的法律体系。

参考文献:

- [1] 黄锡畴. 沼泽生态系统的性质 [A]. 见: 陈宜瑜 (主编). 中国湿地研究 [C]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995
- [2] 赵魁义. 中国沼泽志 [M]. 北京: 科学出版社, 1999
- [3] 吕宪国, 黄锡畴. 我国湿地研究进展 [J]. 地理科学, 1998, 18 (4): 293~300.
- [4] 中国科学院《中国自然地理》编委会. 中国自然地理 (地表水) [M]. 北京: 科学出版社, 1999.

[5] 郎惠卿, 祖文辰. 中国沼泽 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1983

[6] 马学慧, 牛焕光. 中国的沼泽 [M]. 北京: 科学出版社, 1991

[7] 刘兴土. 中国沼泽综合分类系统的探讨 [J]. 地理科学, 1997, **17**: 389~ 400.

[8] 吕宪国. 湿地生态系统保护与管理 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004

[9] 陆健健. 中国湿地 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1990

[10] 孙广友. 内陆盐碱湿地的分布规律与形成机制及整治利用 - 以松嫩平原为例 [A]. 见: 何岩, 宋玉祥. 东北区域农业综合开发研究 [C]. 北京: 科学出版社, 2001

[11] 黄锡畴. 试论沼泽的分布和发育规律 [J]. 地理科学, 1982 **2** (3): 191~ 201

[12] Mitsch W J, Gosselink J G. Wetlands third (ed) [M]. America John Wiley & Sons Inc, 2000

[13] 郝敏, 吕宪国, 姜明. 人工沟渠对流域水文格局的影响研究 [J]. 湿地科学, 2005, **3** (4): 310~ 314

[14] Wang H J, Jing L, Gao Y X, et al. A simulation study on the shrink wetland around Qinghai Lake and regional climate [J]. 湿地科学, 2005, **3** (2): 87~ 93.

[15] 阎敏华, 邓伟, 马学慧. 大面积开荒扰动下的三江平原近 45 年气候变化 [J]. 地理学报, 2001 **56** (2): 159~ 170

[16] Liu Z M, Lu X G, Zhao C H, et al. Assessment of water resources at Honghe national nature reserve [J]. 湿地科学, 2004, **2** (2): 145~ 152

[17] 殷书柏, 吕宪国. 湿地功能快速评价中的若干理论问题 [J]. 湿地科学, 2006 **4** (1): 1~ 6

[18] 袁军, 吕宪国. 湿地功能评价研究进展 [J]. 湿地科学, 2004 **2** (2): 153~ 160.

[19] 蔡述明. 长江中游湿地的开发、利用和保护 [A]. 见: 陈宜瑜主编. 中国湿地研究 [C]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995.

[20] 陈刚起, 张文芬. 三江平原沼泽对河川径流影响的初步探讨 [A]. 见: 黄锡畴主编. 中国沼泽研究 [C]. 北京: 科学出版社, 1988

[21] 孟宪民, 崔保山, 邓伟, 等. 松嫩流域特大洪灾的警示: 湿地功能的再认识 [J]. 自然资源学报, 1999 **14** (1): 14~ 21.

[22] 刘兴土. 三江平原沼泽湿地的蓄水与调洪功能 [J]. 湿地科学, 2007, **5** (1): 64~ 68.

[23] 刘兴土, 吕宪国. 东北山区湿地的保育与合理利用对策 [J]. 湿地科学, 2004 **2** (4): 241~ 247

[24] 肖笃宁, 裴铁凡, 赵羿. 辽河三角洲湿地景观的水文调节与防洪功能 [J]. 湿地科学, 2003 **1** (1): 21~ 25

[25] 徐治国, 何岩, 阎百兴. 沼泽湿地对污水中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 净化模拟研究 [J]. 湿地科学, 2005, **3** (2): 110~ 115

[26] 刘振乾, 吕宪国. 三江平原沼泽湿地污水处理的实地模拟研究 [J]. 环境科学学报, 2001 **21** (2): 157~ 161.

[27] 刘景双. 湿地生物地球化学研究 [J]. 湿地科学, 2005 **3** (4): 302~ 309.

[28] 宋长春, 王毅勇, 阎百兴, 等. 沼泽湿地开垦后土壤水热条件变化与碳、氮动态 [J]. 环境科学, 2004 **25** (3): 168~ 172

[29] 宋长春. 湿地生态系统对气候变化的响应 [J]. 湿地科学, 2003 **1** (2): 122~ 127.

[30] 王毅勇, 赵志春, 宋长春. 三江平原毛果苔草湿地 CH_4 排放研究 [J]. 湿地科学, 2005, **3** (1): 37~ 41

[31] 黄国宏, 肖笃宁, 李玉祥, 等. 芦苇湿地温室气体甲烷 (CH_4) 排放研究 [J]. 生态学报, 2001, **21** (9): 1494~ 1497.

[32] 王毅勇, 宋长春, 闫百兴, 等. 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): 111~ 114.

[33] 陈宜瑜, 吕宪国. 湿地功能与湿地科学的研究方向 [J]. 湿地科学, 2003 **1** (1): 7~ 11

[34] 刘景双, 王金达, 李仲根, 等. 三江平原沼泽湿地 N_2O 浓度与排放特征的初步研究 [J]. 环境科学, 2003 **24** (1): 33~ 39

[35] 姜明. 三江平原湿地土壤铁迁移转化过程及其环境指征 [D]. 中科院东北地理与农业生态研究所博士学位论文, 2007

[36] 刘汝海, 王起超, 吕宪国, 等. 三江平原湿地的地球化学特征 [J]. 环境科学学报, 2002 **22** (5): 661~ 663

[37] 刘汝海, 王起超, 郝庆菊, 等. 三江平原湿地土壤汞的分布及影响因素分析 [J]. 水土保持学报, 2003, **17** (1): 122~ 124, 130.

[38] 刘汝海, 王起超, 吕宪国, 等. 三江平原典型湿地植物中汞的分布与库存量 [J]. 应用生态学报, 2004, **15** (2): 287~ 290.

[39] Xu X F, Song C C, Song X, et al. Comparison of the alkali marsh soil and agriculture soil on nutrient retention in western Jilin, China [J]. 湿地科学, 2003 **1** (2): 147~ 152

[40] Wang L, Zhang G X. Spatial distribution of nutrients of shallow lake in the Zhalong wetland [J]. 湿地科学, 2006, **4** (3): 193~ 197.

[41] 严承高, 张明祥. 中国湿地植被及其保护对策 [J]. 湿地科学, 2005 **3** (3): 210~ 215.

[42] 李庆康, 马克平. 植物群落演替过程中植物生理生态学特性及其主要环境因子的变化 [J]. 植物生态学报, 2002 **26**: 9~ 19.

[43] 党承林, 王崇云, 王宝荣, 等. 植物群落的演替与稳定性 [J]. 生态学杂志, 2002 **21** (2): 30~ 35.

[44] Odum E P. The strategy of ecosystem development [J]. Science, 1969 **164**: 262~ 270.

[45] 孙儒泳, 等. 普通生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1993

[46] 付为国, 李萍萍, 卞新民, 等. 镇江内江湿地植物群落演替动态研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2007, **16** (2): 163~ 168.

[47] 汲玉河, 吕宪国, 杨青, 等. 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~ 144. kqjgyham kgdunnywfu

[48] 吴翠, 唐万鹏, 史玉虎, 等. 长湖湿地水生植被演替研究 [J]. 湿地科学, 2007, **5** (2): 188~ 191

[49] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估 [J]. 自然资源学报, 2003, **18** (2): 189~ 196

[50] 毛德华, 吴峰, 李景保, 等. 洞庭湖湿地生态系统服务价值评估与生态恢复对策 [J]. 湿地科学, 2007 **5** (1): 39~ 44

[51] Zhao B, Yang F H, Gao Y, et al. Critical examination of wet

Wetland Research Progresses in China
—Dedicated to the 50th Anniversary of Northeast Institute of
Geography and Agroecology, CAS

LU Xian-Guo, LIU Xiao-Hui

(Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130012)

Abstract Wetland is the very important natural resource and it is one of the important living environments for humans and wild propagations. The biodiversity is very rich in wetlands. There were thousands of histories for wetland researches. There were several processes of wetland researches which include from observation to long-term location experiments, from investigation to structure, function and process, and from research on marsh to research on all kinds of wetlands. Wetland researches have their own characteristics in China and have gained great advancements in recent years. It reviewed our own research results in China in nearly thirty years. It mainly included seven aspects, such as concepts and classifications of wetland, formations and development rules, the hydrological processes and function which represented providing space for water storage, pollution reduction and water purification, biogeochemical cycles which represented greenhouse gases emissions, metal elements migration and nutrients withholding, succession of vegetation communities in which the species diversity always changed and it declined when up to climax communities, services value estimation, and finally research on soil carbon fraction in wetland cultivation and reverting farmland to wetland. It puts forward the main problems in wetland research which include the weakness of wetland basic theories, the lack of wetland classification systems suitable for Chinese wetland types and the shortage of long-term orientation observations of wetland ecosystem. So suggestions about wetland researches in the future are proposed from two aspects which were the construction of wetland science system info should be strengthened and the directions of wetland research.

Key words marsh; processes; function; pattern; restoration; sustainable development; wetland ecosystem; research progresses