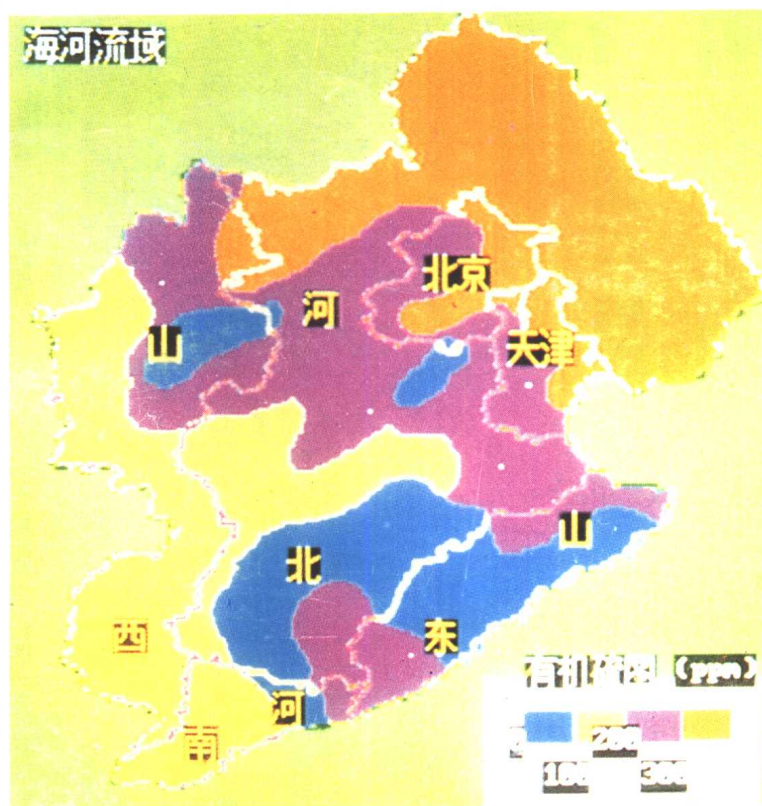


中国环境问题委员会
(SCOPE/CHINA)丛书之二

复合生态系统元素循环

——海河流域案例研究



中国环境科学出版社

中国环境问题委员会
(SCOPE/CHINA)丛书之二

复合生态系统元素循环

——海河流域案例研究——

庄亚辉 李长生 高拯民 主编

中国科学院生态环境研究中心
中国科学院植物研究所
中国科学院应用生态所
中国科学院土壤研究所
中国科学院石家庄农业现代化所
中国科学院遗传研究所
德国辐射与环境学会土壤生态研究所

中国环境科学出版社

1995

(京)新登字 089 号

内容提要

本书是论述复合生态系统碳、氮、硫、磷四种元素循环的专著。全书共分五篇。第一篇为序论,介绍本研究的概念结构和试验地区——海河流域的自然与社会经济背景。第二篇为碳、氮、硫、磷在该地区土壤、植被、水体中的分布特征和流通率以及痕量气体源强分布。第三篇为该地区典型生态系统的元素平衡模式与验证,其中包括农田、林地、农林和城市生态系统。第四篇介绍研究方法和工具,包括生态与环境数据库、元素循环数学模式的设计和建立、遥感在土地利用分类方面的应用、元素的化学形态分析。第五篇为持续发展与元素良性循环途径的探讨。

本书可供从事全球变化、环境科学、生态学、地学、农业等的科研人员、管理人员以及大专院校师生参考。

复合生态系统元素循环 ——海河流域案例研究

庄亚辉 李长生 **高拯民** 主编

责任编辑 张维平

* * *

中国环境科学出版社出版发行

(100062 北京崇文区北岗子街8号)

北京密云印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行

各地新华书店经售

* * *

1996年6月第一版 开本 850×1168 1/32

1996年6月第一次印刷 印张 13.125

印数 1-1000 字数 350千字

ISBN 7-80135-005-7/X·1046

定价:28.00元

国际科联 SCOPE 丛书编者的前言

我欢迎中国科协下属的环境问题委员会(SCOPE CAST/CHINA)支持出版一套环境丛书。下列第一批专著将在 1994~1997 年间陆续问世。

- * 中国污染物的毒性和危害评价
- * 中国大陆痕量气体的源与汇
- * 痕量气体对中国农业和生态系统影响研究
- * 中国沿海环境中污染物的源、迁移和冲击

这些用英文出版的专著将对中国环境研究的现状进行有益的综合,对于一些从事全球和区域研究的国际环境机构大有用途。

中国科协下属的环境问题委员会作为中国科协(CAST)的代表参加总部设在法国巴黎的国际科联的环境问题委员会(SCOPE)。中国科协下属的环境问题委员会的使命是:(1)收集中国已有信息和评估人类活动引起的环境变化以及这些变化对人类的冲击;(2)评价中国的环境研究中所采取的方法;(3)编撰和出版中国环境研究新成就的 SCOPE CAST/CHINA 丛书,以便有效地保护环境。

R. E. Munn
SCOPE/ICSU 丛书编辑
多伦多大学

编者的话

元素循环的研究,国际上已经进行了几十年了,其研究的重点是不不断变化的。在 50 年代以前,经典的元素循环是以自然界的生物地球化学过程为对象的。二次世界大战结束后,大量的核试验引起人们对人工核素的全球沉降和迁移过程的关注。60~70 年代工农业的发展带来了化肥、农药、洗涤剂 and 重金属的全球性污染。在国际科联环境问题委员会(SCOPE/ICSU)的倡导下,开展了全球碳、氮、硫磷和重金属的生物地球化学循环的研究。80 年代以来,人们越来越关心人类活动引起的~系列全球性问题,例如,森林锐减、土地退化、水体富营养化、酸沉降、温室效应和臭氧层破坏等。这些问题均与元素循环有关,因此给碳、氮、硫、磷生物地球化学循环的研究带来了新的推动力和新的研究内容,使元素循环研究进入一个新的阶段。

当前国际上元素循环研究,不论在过程研究和反馈效应研究方面,还是在时空尺度选择与观察手段更新方面,均有新的特点。概括起来,有下列五个特点:侧重研究各元素循环过程之间的耦合作用;加强研究人为活动引起的反馈效应;突出研究高纬度敏感区生态过渡带和热带地区;注重薄弱环节的观测,如地下水、深层海水、大气平流层;进行元素多种化合形态的实时监测与效应研究。

中国是一个人口大国,当前又以空前未有的增长率发展经济,她在全球元素循环中占有重要的地位。因此研究我国的元素循环过程,发扬我国在生产与生活中的传统元素良性循环模式,克服和改变当前盲目发展带来的元素恶性循环,有着重要的战略意义。元素循环的研究结果将使经济建设能沿着持续发展的方向进行,并为保护人类赖以生存的地球环境作出应有贡献。

中国科学院环境委员会,从 1987 年开始,组织了院属若干研究所,准备进行中国碳、氮、硫、磷元素循环的研究;后因经费限制,缩小范围,改为海河流域元素循环的研究。有生态环境研究中心、

应用生态所、土壤所和植物所的部分科学家参加。1989年,由于院资环局领导更迭和经费压缩以及项目负责人工作调动等原因,此项目不再得到院专款支持。但主要承担单位——生态环境研究中心仍然坚持继续进行此项工作,通过自然科学基金,科委重点项目和院其他重点项目以及国际合作等途径,努力筹措经费,多渠道地进行研究,而且内容比原有的方案更加广泛深入。

海河流域碳、氮、硫、磷元素循环的部分研究结果,从1989年起,已陆续分散发表在各种学术刊物和学术会议论文集上。本书是首次以专著的形式,将迄1994年为止的研究成果汇总,并进行综合论述。本书共分五篇。第一篇为序论,介绍此研究的概念结构以及试验地区——海河流域的自然与社会经济背景;第二篇述该地区的碳、氮、硫、磷在生态圈中的分布特征,库存量及流通率;第三篇为该地区典型生态系统的元素平衡与模式验证,其中包括农田、林地、农林间作和城市等生态系统;第四篇介绍本书所用的研究方法和工具,包括生态与环境数据库、元素循环数学模式的设计和建立、遥感在土地利用分类方面的应用以及元素的化学形态分析等;第五篇探讨海河流域经济持续发展与元素良性循环途径的关系,以实际案例说明元素循环的研究结果对指导经济持续发展和污染防治具有重要意义。

本项目原来的主持人是生态环境中心的李长生和应用生态所的高拯民。自从李长生调往国家环保局工作以及高拯民病逝后,庄亚辉负责主持本书的编写和审稿工作,并扩充了本书的内容。因为本书涉及的学科很多,所以审稿人增加了叶常明、冯宗炜与张福珠。由于时间关系,未能将全部研究结果收入本书。

本书仅仅是我国复合生态系统元素循环研究的开始,还有大量的工作需要继续进行下去,还有很多问题需要进一步探讨,我们今后还将继续深入进行研究。但只有对原有结果进行综合分析,才能发现问题和确定下一步的重点。本书诚望收到抛砖引玉的作用。由于时间仓促,经验与经费不足,本书错误和欠缺之处在所难免,敬请读者不吝赐教。

最后,现编者谨藉此机会对原项目主持人高拯民先生的逝世表示深切的哀悼。

编 者

1994. 10. 5 于北京

编著者名单

主编:庄亚辉,李长生,高拯民

编著者名单

章	节	撰写人	试验工作者	所属单位
引言		庄亚辉		生态环境中心
第一章	1-3	孙建中		生态环境中心
	4	黄银晓	黄银晓、林舜华、蒋高明、高雷明	植物研究所
第二章		孙建中		生态环境中心
第三章		刘全友	刘全友、孙建中、王子健、陈利顶、单孝全、铁军、邱光葵、弥素萍	生态环境中心
第四章	1,2	黄银晓	黄银晓、林舜华、蒋高明、韩荣庄、高雷明	植物研究所
	3	林舜华	林舜华、黄银晓、蒋高明、韩荣庄、高雷明	
	4	蒋高明	蒋高明、黄银晓、林舜华、韩荣庄、高雷明	
第五章		孙建中	孙建中、刘全友、王子健、单孝全、邱光葵、弥素萍、王文华、冯建斌、康德梦	生态环境中心
第六章	1	庄亚辉	沈迪新、曹美秋、王玉容、何占元	生态环境中心
	2	庄亚辉	曹美秋、庄亚辉	
	3	姚 享	姚享、庄亚辉、陈宗良	
	4	姚 享	姚享、庄亚辉、陈宗良	

章	节	撰写人	试验工作者	所属单位
第七章	5	张福珠	张福珠、苗鸿、鲁纯	
	6	白乃彬	白乃彬	
		刘全友	刘全友、孙建中、黄银晓、杨文襄	生态环境中心
第八章		张福珠	张福珠、张宏瑞、梁辉、章慧麟、金秀兰	生态环境中心
第九章		冯宗炜	冯宗炜、王效科、吴刚、刘国华	生态环境中心
第十章	1,2	孙思恩	孙思恩、施伟奇、马瑞霞、王文华、刘秀芬、彭安 R. Hantschel, P. Beese	生态环境中心 德国辐射与环境研究会土壤生态所
第十一章	3	白乃彬	白乃彬	生态环境中心
	4	戴同顺	戴同顺、赵忠生	应用生态所
		王少彬	王少彬、宋文质、苏维翰	生态环境中心
			曾江海、王智平、张玉铭 李长生	石家庄农业现代化所 美国新罕姆式尔大学
第十二章		庄亚辉	孙连超、赵志远、郑式云、马慈光、辛树萍、张文彬、丘光葵、王淑琴、牟世芬、康君行、莫汉宏、包志诚	生态环境中心
第十三章		白乃彬	白乃彬、陈寿烈、郭平、张克明、杜敏	生态环境中心

章	节	撰写人	试验工作者	所属单位
第十四章		白乃彬	白乃彬	生态环境中心
第十五章		刘怀全	刘怀全、陈利顶	生态环境中心
第十六章	1	陆妙琴	陆妙琴、王玉保、景士廉、陈宗良	生态环境中心
	2	牟世芬	牟世芬、蒋建萍、侯小平	
	3	单孝全	单孝全、陈斌、铁军、谢光国、郑焰、金龙珠	
	4	牟世芬	宋秀贤、牟世芬、刘克纳	
第十七章		李继云	李继云、刘秀娣、周伟、孙建华、童依平、刘文杰	生态环境中心
			李振声、王培田、姚树江	遗传研究所
第十八章		尹澄清	尹澄清	生态环境中心
第十九章		孙思恩	马瑞霞、袁光林、刘秀芬、孙思恩	生态环境中心

审稿:庄亚辉(大气部分),冯宗炜(植被部分),张福珠(土壤部分),叶常明(水域部分)

参加科研的单位

中国科学院生态环境中心,中国科学院植物研究所,中国科学院应用生态所,中国科学院土壤研究所,中国科学院石家庄农业现代化所,中国科学院遗传研究所,德国辐射与环境研究会土壤生态所。

致 谢

本工作得到中国科学院环境委员会、中国科学院农业委员会和国家自然科学基金委员会化学部地学部和生命科学部的资助(课题号: #4939273, #28970322, #59378342, #39170175),同时也得到国家科委“八五”攀登计划的部分资助,特此一并表示谢意。

定位观测工作是在中国科学院植物所和生态中心的小龙门森林定位站、中国科学院石家庄农业现代化研究所栾城试验站、中国科学院土壤研究所封丘生态站、中国科学院怀柔管理学院、中国科学院遗传所昌平站、山东省聊城农业科技园等处进行。作者们借此机会感谢这些单位领导和有关人员的支持和帮助。

数据信息收集和制图工作得到本中心系统生态室欧阳志云、胡鞍钢与王如松的协助,特此致谢。

分析工作得到生态环境中心分析测试部各个组的协助,谨致谢意。

在组织协调方面,我们甚为感激中国科学院资环局郭方、王大生、张利萍、张乐等的关怀和支持,以及生态中心科技处刘双进、姜建华、王德春、李国龙等的帮助和支持。

我们感谢生态环境研究中心已故名誉主任马世骏先生对本工作在方法和理论上的帮助。

最后,感谢中国科协的中国环境科学问题委员会及其秘书长刘静宜教授的支持,使本书得以列入丛书。

目 录

第一篇 绪论	(1)
引言	(3)
第一章 流域的自然特征	(8)
第二章 流域的社会经济特征	(21)
第二篇 碳、氮、硫、磷在生态圈内的分布与交换	(28)
第三章 碳、氮、硫、磷在土壤中的分布特征	(30)
第四章 碳、氮、硫、磷在植物中的含量特征	(58)
第五章 碳、氮、硫、磷在水域中的分布特征	(89)
第六章 痕量气体的源强分布	(116)
第七章 碳、氮、硫、磷元素的库存与流通	(163)
第三篇 典型生态系统的元素循环	(190)
第八章 森林生态系统的元素循环及数学模型	(192)
第九章 农林生态系统的元素循环	(223)
第十章 农田的氮平衡及数学模拟验证	(239)
第十一章 典型农田中氧化亚氮排放及计算机模拟	(283)
第十二章 城市生态系统的元素循环	(301)
第四篇 元素循环研究中的方法和工具	(309)
第十三章 流域元素循环的数据库	(311)
第十四章 元素循环的数学模拟	(329)
第十五章 遥感信息的应用	(337)
第十六章 分析表征方法	(345)

第五篇 元素良性循环与工农业持续发展的探讨…………… (374)

第十七章 提高土壤中磷与氮的利用率促进农业持续发展 …… (376)

第十八章 利用水陆交错带截留磷、氮营养元素 …………… (385)

第十九章 氮、磷与碳循环的耦合作用
——克生物质对作物吸收氮、磷的影响 …………… (393)

第一篇 绪 论

引 言

海河流域是我国政治、经济和文化的中枢所在,生态系统和环境类型多种多样,开发历史悠久。近年来在经济发展过程中,出现了资源紧缺、环境污染、城市超负荷、土地退化等一系列问题。这些生态与环境方面的问题,无不与碳、氮、硫、磷元素循环有关。

一、概念结构

海河流域是一个开放型的复合生态系统,根据我们的遥感信息分析和地面调查,整个流域可划分为下列子生态系统:城市、旱田、水田、湿地、林地、灌丛、草地、荒地、盐碱地、水域等。由于时间与经费的制约,我们在第一阶段(1987~1992),只限于研究其中最主要的三个,即城市生态系统、农业生态系统和林业生态系统。从复合生态系统的观点出发,研究各子系统之间纵横交错的元素循环过程,是解决当代重大生态和环境问题的关键所在。像海河流域这样一个地区,绝大部分地方属于人工改造过的生态系统,已没有原始的自然生态系统。

对于复合生态系统的元素循环研究,尚不多见。我们尝试从复合生态系统的观点来研究元素循环。海河流域幅员辽阔,有多层、分异的地貌与多样的社会经济结构。针对如此庞大而多样的体系,在研究方法上,我们采用了分层次的办法。一是以整个系统为对象,对整个海河流域复合生态系统的元素输入和输出进行调查和衡算,而对系统内部诸多过程则不加研究或仅对最主要的过程稍加研究,也就是所谓黑箱模式或灰箱模式。这种区域性模式,虽然比较粗糙,但能指出各种变化趋势,暴露现有知识的缺陷,并可指出某些特定过程的重要性,有助于明确下阶段研究的方向和重点。另一个层次是选择典型的城市、农田、林地等子生态系统进行元素循环的定位研究,测定元素循环参数,建立元素循环模式。然后根据生态区划,将点上的模式推广到整个流域中的同类系统。这种定

位研究给出的结果一般来说可信性较大,因为小范围系统的物化特性和生物活动比较均匀一致,而且其正确性更易得到检验。然而,把点上的数值推广至面上时,同样带来很大的不确定性,因为整个流域地貌、土质、气温、降水、耕作、管理、人为干扰等有很大的不均一性。只有对整个流域进行细致的生态区划,并布置众多的定位站,才能减小不确定性。这有待我们今后长期的研究。

元素循环的过程很多,有些迁移过程如元素渗漏进入地下水等,由于时间和经费限制,未能深入测定与研究。但是对于释放进入大气的含碳、氮、硫痕量气体的主要非平衡过程(如燃烧过程,土壤和植物释放痕量气体等)则均加以测算和估算。因此本书各典型生态系统的元素生物地球化学循环较传统的农林生物小循环深入一步。

城市生态系统的“代谢过程”,也是国内首次尝试在元素循环中加以考虑。城市代谢,按照 A. Wolman 的定义,系指城市生态系统中物质输入和输出的总流通率,也就是在城市人口(非农村人口)居住地内各种可更新与不可更新的资源的消费率以及废弃物的产生率(包括气态,液态和固态)。在元素循环中,城市生态系统的代谢指的是输入城市的含碳、氮、硫、磷的原料、燃料、食物流通率以及人畜和工业消费后输出的含碳、氮、硫、磷的气体、污水、垃圾、废渣、排泄物等,还包括输往农村的含碳、氮、硫、磷的化肥农药。

最后,为了探讨持续发展和元素良性循环的途径,本书尝试根据复合生态系统的观点,找到有实用意义的办法和技术。在复合生态系统中,人是最活跃的积极因素,又是最重要的破坏因素。因此复合生态系统兼有自然属性和社会属性。一方面,人是大自然的一员,其宏观活动不能违背自然生态系统的基本规律,其中包括元素循环规律。另一方面,人又是社会经济活动的主人,从事经济文化活动,受到社会发展和经济规律的约束。这两类规律和力量之间的冲突与协调,制约着元素循环的途径和速率。要做到持续发展和元素良性循环,必须协调这两类规律间的关系。研究原始自然生态系