

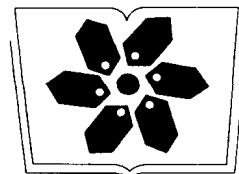
土壤圈物质循环系列专著

红壤物质循环及其调控

赵其国 等著



科学出版社
www.sciencep.com



中国科学院科学出版基金资助出版

土壤圈物质循环系列专著

红壤物质循环及其调控

赵其国 等著

科学出版社

2002

内 容 简 介

本书从研究红壤物质循环的规律着手,在分析红壤圈物质循环与全球变化的基础上,阐明了红壤物质循环与红壤形成过程,然后从水分与养分循环,红壤资源利用的物质循环,红壤生态系统的物质循环以及红壤退化过程与物质循环等4个方面,总结了红壤的物质循环规律,提出调控不利于人类与生态环境的物质循环过程的措施,和整个红壤区域综合区划与治理方案。较全面的反映了我国红壤研究的水平与近期的研究成果,既有明确新颖的学术思路,又有丰富的资料积累,同时还提出了控制我国红壤退化的综合技术与调控途径。

本书是从事农林牧业科研、教学与生产的专业人员的理想参考书,同时可供红壤区域资源环境和生态学研究与教学的参考。

图书在版编目(CIP)数据

红壤物质循环及其调控/赵其国等著. —北京:科学出版社,2002

(土壤圈物质循环系列专著)

ISBN 7-03-010641-5

I. 红… II. 赵… III. 红壤—研究 IV. S155.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 049470 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002年7月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2002年7月第一次印刷 印张:31 3/4 插页:6

印数:1—8 00 字数:734 000

定价:95.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

本书编辑委员会名单

主 编:赵其国

编 委 (按姓氏笔画排序):

王明珠 孙 波 何园球

张 斌 张桃林 赵其国

序

随着资源与环境科学的发展,土壤学日益重视研究土壤与地球圈层的交互作用及其对人类生存与环境影响。“土壤圈”物质循环的研究已成为土壤学的一个重要发展方向。土壤圈是气圈、水圈、生物圈及岩石圈等地球圈层的交界面与重要组成部分。世界红壤地区(热带、亚热带),总面积约 $6.4 \times 10^7 \text{ km}^2$, 占全球总面积 45.2%, 它是土壤圈的重要组成部分。我国南方红壤地区总面积 $2.18 \times 10^6 \text{ km}^2$, 占全国土地面积的 1/5。由于本区具有优越的社会及区位优势,经济发展较快,已成为我国热带、亚热带经济林果、经济作物及粮食生产的重要基地。在丰富的水热条件下,强烈的、独特的红壤圈物质循环过程是红壤发生、形成及发展的基本核心与动力,而对这一过程及其规律的研究是进行红壤区域资源配置利用、生态环境与土壤退化恢复重建的理论基础。

我国红壤研究,自 20 世纪 50 年代至今已经历了 50 年。随着近 20 年来现代研究技术的发展和长期定位试验的积累,红壤圈的研究在红壤物质循环、资源利用、生态环境及退化调控等方面有了新的进展。本书的作者,从各个研究角度系统总结了近 50 年来,我国对红壤进行的长期研究成果,特别是总结了近 20 年来,中国科学院南京土壤研究所及其红壤生态试验站对红壤进行的深入研究的系统成果。《红壤物质循环及其调控》专著具有明确的学术思路、丰富的资料积累和新颖的研究方法。本书的特点是将微观的物质循环过程研究与宏观的红壤时空变化相结合,全面系统的论述红壤的物质循环过程及其对红壤时空变化的驱动作用,并结合我国红壤的实际问题,提出红壤物质循环及综合调控途径与技术。因此,本书对我国红壤研究与开发利用,不但在理论,而且在实践上,均有重要的指导意义。

这本专著包括十个章节,首先引入“土壤圈”及“红壤圈”与地球其他圈层物质循环关系的概念,深入阐明了红壤圈物质循环及其调控的理论与实践意义,引入了对红壤研究的一些新思路。然后从红壤形成的水热、植被和母质条件,联系到水、气、生、岩石圈层物质循环的关系,深入论述了红壤形成条件与物质循环关系,阐明了红壤形成过程是富铝化古风化壳与现代生物富集过程共同作用的产物,并对红壤发育年龄进行了初步讨论。对于红壤物质循环规律的研究,一方面在弄清红壤圈与水气圈、生物圈及岩石间物质循环的基础上,将农业生态系统研究中的养分(碳、氮、磷、钾)和水分循环与红壤形成演化结合起来,以红壤肥力为核心,分析红壤物质循环与红壤形成过程,对红壤养分循环模型和小流域土壤水分动力学模型进行了较深入的研究。另一方面,从养分循环失调导致的土壤退化出发,从生态系统的角度,弄清红壤的水分与养分循环,红壤资源利用的物质循环,红壤生态系统的物质循环以及红壤退化过程与物质循环等各种规律,探讨了红壤的物质循环和能量流动过程及红壤质量演变与生态系统演替的交互作用机制,初步分析了红壤圈物质循环对环境和全球变化的影响。最终得出调控这些对人类与生态环境不利的物质循环的措施与方案,进而提出整个红壤区域综合区划的战略和治理调控的措施。

这是我国迄今为止对红壤系统研究的重要科学专著,它对科研、教学及生产实际均有参考价值。值此专著出版之际,希望我国今后的红壤研究,在理论和实践上取得更大进展。

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. Fu' followed by a stylized flourish.

前 言

世界红壤地区(热带、亚热带),总面积约 $6.4 \times 10^7 \text{km}^2$, 占全球总面积 45.2%, 人口 25 亿, 占全球 48%。我国南方红壤地区总面积 $2.18 \times 10^6 \text{km}^2$, 包括 15 个省(区), 占全国土地面积的 1/5; 人口 4.8 亿, 占全国 40%; 耕地 $2.8 \times 10^7 \text{hm}^2$, 占全国 30%。在全国 1/3 的耕地上提供了全国一半的农业产值, 负担了近一半的人口。该区社会及区位条件优越, 经济发展较快, 是我国热带、亚热带经济林果、经济作物及粮食生产的重要基地。

“土壤圈”是气圈、水圈、生物圈及岩石圈等地球圈层的交界面与重要组成部分。随着地球科学, 特别是环境科学的发展, 土壤学正在朝着研究土壤与地球圈层对人类生存与环境影响的方向, 即“土壤圈”的方向转变。因此, 研究土壤圈对其他圈层在人类生存与环境的影响及其交互影响, 是今后土壤学发展的新方向。

红壤占全球土壤面积近 1/2, 它是土壤圈的重要组成部分, 并具有土壤圈的相同功能。从土壤圈(包括红壤圈)与其他圈层的关系看, 由于红壤地处热带、亚热带, 水热条件与生物生产潜力巨大, 因此红壤本身及其与水、岩、气、生圈层之间的物质循环及交换过程, 较其他区域土壤更为强烈, 并具有本身的特性与规律, 而这种特性与规律正是红壤发生、形成及发展的基本核心与动力。

据长期研究表明, 红壤的物质循环过程主要起三方面的影响:

一是通过红壤圈与其他圈层的物质交换, 影响土壤的全球变化。例如, 红壤圈与生物圈通过养分的吸收、迁移与交换, 对植物的形成与演替发生影响; 红壤圈与岩石圈通过不同母质的元素迁移与循环, 对红壤发育过程产生影响; 红壤圈与水圈的水分物质循环对水环境变化产生影响; 红壤圈与大气圈的痕量气体交换, 对全球气候发生影响。

二是红壤的物质循环与交换规律, 是红壤发生与发育的集中反映。其中包括红壤的地球化学与生物物质循环过程及其物质交换。

三是通过人为活动对红壤的强烈作用, 对红壤的退化及重建过程产生影响。例如红壤地区的土壤侵蚀、土壤养分贫瘠、土壤酸化、土壤污染等过程及其调控与重建等。

上述红壤物质循环的影响, 也正是我国红壤地区长期存在的突出问题。

首先, 我国红壤地区的物质循环在全球变化中表现极为活跃, 例如, 在大面积硫化物沉降下, 酸雨发生频繁; 在森林演替与人为影响下, CO_2 及 CH_4 大量逸出; 在人为耕作与工矿开采影响下, N_2O 含量对地下水产生影响, 并出现各种重金属对水、土的严重污染。因此, 红壤物质循环对整个红壤地区及全球的环境, 起着各种不同的影响, 而对其中不利于环境方面的影响, 必须通过红壤物质循环所出现的不同规律, 加以调控与防治。

其次, 特别值得注意的是, 我国红壤地区, 由于人类长期对土地资源的不合理利用, 使整个地区生态与环境遭致严重破坏, 土壤质量的退化问题极其严重。一是水土流失不断加剧, 从 20 世纪 50 年代到 90 年代的 40 年间, 东南 6 省区土壤的侵蚀面积增加了 2.5 倍; 二是土壤肥力明显减退, 80 年代以来的土壤肥力大多处于中下水平, 中、低肥力土壤的面积比例分别为 40.8% 和 33.3%; 三是土壤酸化, 酸性最强、面积最大, 近 60 年来, 浙

闽两省土壤 pH 降低了 0.1~0.2 单位,今后还将导致土壤质量的进一步恶化;四是土壤污染加重,污染的土壤面积达 $3.2 \times 10^6 \text{hm}^2$,河流严重污染事件不断发生。当前,红壤区有 68% 的重金属采样点发生污染,污染的严重程度顺序是:湘>赣>粤>闽,其中赣、粤两省目前有些地区的镉污染已相当严重。

综上所述,随着人口、资源、环境之间矛盾的加剧,我国红壤地区当前生态与环境系统及土壤退化问题极为严重。从全球看,整个红壤地区,土壤退化面积占全球 60%,人均粮食仅为发达地区的 1/3~1/4,到 20 世纪末,只能养活预计人口的 85%。因此,世界热带、亚热带地区,包括我国红壤地区在内,以生态环境与土壤退化恢复重建为主体的综合治理,已成为一项刻不容缓的全球性战略任务。

长期的研究证明,我国红壤地区土壤质量和生态系统的退化是人为与自然条件不断影响的结果。除人为破坏外,红壤本身所具有的富铝化、酸化、铁质化及抗蚀性弱等物质循环特征与规律,是决定土壤质量退化的内在原因。而生态系统的逆向演替又加速了土壤质量的退化。

综上所述,我们认为,要深入系统地开展与解决我国红壤地区的资源利用、生态环境与土壤退化问题,从根本上讲,必须从研究红壤物质循环的规律着手,在弄清红壤物质循环对环境和全球变化影响的基础上,进而分析红壤物质循环与红壤形成过程,弄清红壤的水分与养分循环;红壤资源利用的物质循环;红壤生态系统的物质循环以及红壤退化过程与物质循环等各种规律,最终才能得出调控这些对人类与生态环境不利的物质循环的措施与方案,达到整个红壤地区综合治理的目的。

土壤圈物质循环与土壤质量退化问题,在国际上早有研究,并出版了系列专著。特别是近年来随着持续农业的兴起,对红壤质量退化、水环境污染和温室效应的重视,使得这一领域成为一个研究热点。其中碳、氮、磷、硫的循环是农业生态系统的研究重点。此外,从全球有机碳的贮量及二氧化碳的释放、红壤氮素的转化和氮氧化物的释放及其控制因素,红壤退化过程(如侵蚀、酸化、污染)中元素循环的特征以及红壤污染和酸化(特别是酸沉降)后土壤重金属的溶液化学形态变化等方面均有所研究。

我国对红壤的研究早在 20 世纪 50 年代即已开始,中国科学院南京土壤研究所当时主要集中研究橡胶林生态系统的重建,胶茶间作系统,丘陵红壤的土壤侵蚀及其防治途径,红壤旱地与水稻土的养分平衡和肥力恢复,红壤酸化防治等。60~70 年代,我们对热带、亚热带森林生态系统的保护、次生潜育化引起的红壤性水稻土退化问题开展了系统研究。80 年代在海南岛、广东、云南西双版纳等地,开展了热带、亚热带森林生态系统定位观测、红壤养分物质循环与肥力变化的定位研究。从 1985 年起,我们研究所在江西鹰潭建立了长期生态试验站,进行了系统的深入研究。90 年代以来,结合国家自然科学基金重点研究课题和面上项目,从防治土壤退化、发展生产与环境保护的角度,开展了南方退化生态系统的恢复重建和退化土壤的定位试验,并对我国东部红壤区土壤退化的时空演变、形成机制、调控对策进行了系统研究,取得了明显进展。

1985 年,我国红壤研究的奠基者,中国科学院院士李庆逵教授曾主编出版了《中国红壤》专著,该书系统总结了当时我国红壤的研究成果,成为指导红壤理论与实践的重要专著。随着时代与科学的推进,近 20 年来,红壤研究领域,特别是在红壤物质循环、资源利用、生态环境及红壤退化调控等方面的研究,均有了新的进展。这些系统研究工作,我们

曾亲自参与并进行过具体指导,为了系统总结与反映近半个世纪,特别是近 20 年来,中国科学院南京土壤研究所及其红壤生态试验站对红壤所进行的上述方面的研究与实践的最新成果,为此,我们决定在研究与系统总结过去红壤工作,特别是有关红壤物质循环工作的基础上,特组织编写了这本《红壤物质循环及其调控》专著,供有关方面参考。

《红壤物质循环及其调控》专著,共分十章,约 60 万字。本书主要是以作者自身的研究工作为主(包括亲自指导)进行编写的。执笔者均对相应的红壤领域有较长期与深入的研究,并有新的思路与见解,对推动红壤创新研究有所帮助。

本书第一章“概论”。在本章中,首先引入“土壤圈”及“红壤圈”与地球其他圈层物质循环关系的概念,深入阐明了红壤圈物质循环及其调控的理论与实践意义。其次,对整个红壤的形成、分布、基本性质、资源数量与质量、红壤的系统分类、红壤生态环境与红壤退化及调控对策等进行了概述,并与全球红壤研究的进展作了对比,引入了一些对红壤研究的新思路。

第二章“红壤形成条件与物质循环”。过去一般是从土壤形成的五大成土因素论证红壤形成的,这次则是从红壤形成的水、热、植被和母质条件,联系到水、气、生物、岩石圈层物质循环的关系加以论述,从而加深了对红壤形成条件与物质循环关系的新认识。

第三章“红壤形成演变与物质循环”。首先从红壤物质循环的观点,论述了红壤形成过程是富铝化古风化壳与现代生物富集过程共同作用的产物。这是与过去某些观点完全不同的看法。为了进一步阐明这种观点,本章列举了红壤的水热动态平衡、生物物质与母质地球化学物质的元素循环规律等研究结果,加以论证。最后,对红壤的物质迁移与发育年龄等研究进行了初步讨论。关于红壤的形成过程与发育年龄问题一直悬而未决。本章提出的研究结果,应该说是解决此问题的一种新思路与新开端。

第四章“红壤肥力与养分循环”。红壤肥力是红壤形成的重要物质基础。本章围绕红壤在自然及人为利用条件下,土壤的养分动态变化规律,对不同土壤退化的养分变化及其恢复重建进行系统论述。同时通过红壤养分的退化模式研究,提出红壤肥力与养分调控的多种途径。对指导红壤生态环境建设有重要意义。

第五章“红壤水分与水分循环”。这一章首先通过红壤水分的时空变化特征研究,从而阐明红壤水分在不同利用方式下的供需平衡规律。其次,通过长期定位观测,对小流域红壤水分的动力学及水分平衡模型,进行了较深入的研究,得出了一些新的研究结果,并对红壤水分合理调控指出了新的方向。对今后红壤水分综合利用与治理提供了新思路。

第六章“红壤生态系统物质循环与调控”。重点是围绕中国科学院鹰潭红壤生态试验站建站 15 年来的研究工作进行的。除对红壤生态系统的结构与功能、生态系统的模式及模型进行论述外,主要是通过长期定位研究和动态监测,从生态系统的角度,研究红壤的物质循环和能量流动过程及红壤质量演变与生态系统演替的交互作用机制。最后,提出调控红壤生态系统物质循环与退化生态系统的重建措施,对整个红壤地区的生态环境建设有指导意义。

第七章“红壤资源利用与物质循环”。这一章通过与全球红壤资源数量及质量对比,首先,对我国红壤资源利用的特点、格局与优势进行了深入的论述。其次,对我国红壤地区不同利用方式下不同类型红壤资源的演变及其物质循环特点进行了研究。最后,提出我国红壤资源利用的综合区划及发展调控战略。这是当前我国在红壤资源利用方面资料

较新、总结较为完整的研究成果,对指导红壤资源综合利用与调控有重要意义。

第八章“红壤退化与物质循环”。它是中国科学院南京土壤研究所近几年在本书作者指导与共同参与下所完成的集体研究成果,为了保持红壤资料的完整性,我们将其主要部分重新整理后纳入本书。本章系统论证了我国红壤退化的时空变化、形成机制与调控对策,研究资料新颖,数据翔实,思路有所创新,对我国红壤退化防治与调控有重要参考性。

第九章“红壤全球变化与物质循环”。这是近代红壤研究的新内容与新方向,主要包括:红壤全球变化;土壤与环境;红壤地区 CO_2 释放; N_2O 发射通量;稻田 CH_4 排放及酸雨形成等。虽然我们列举了不少新的研究结果,但从全球与整个红壤区域影响看,这些研究仅属起步阶段,今后尚有待深化。本章所论证的这些工作,为今后的研究工作打下了良好的基础。

第十章“红壤物质循环及其调控”。主要对红壤物质循环及其调控规律,红壤物质循环在利用中的调控途径,以及今后对红壤物质循环研究的展望等方面,均进行了较全面的总结,作为全书的结论与归纳。

本书是对我国红壤所进行的长期系统研究工作总结的学术专著,有明确的学术思路,丰富的资料积累,新颖的研究方法,除在学术上提出了红壤物质循环及其调控的新思路外,还结合我国红壤实际存在问题,提出了不同的综合调控途径与技术。因此,本书对我国红壤研究与开发利用,不但在理论上,而且在实践上,均有重要的指导意义,可供科研、教学及生产部门参考。

应当指出,由于我国红壤地域辽阔,类型复杂,有些试验研究,因多种原因,仍缺乏系统性和连续性,使得资料收集不甚平衡。特别是对我国红壤全球变化与物质循环、红壤生态系统退化的机制与调控等方面,有待今后深入研究。此外,由于时间与水平所限,书中错误在所难免,敬请读者不吝指正。

随着科学与社会的迅猛发展,在新的世纪中,土壤学,也包括红壤科学在内,必将在地球与生命、生态与环境、信息与数字等科学与高科技的推动下,有更新的发展与突破。我们深信,我国的红壤研究工作,在新一代科学工作者们的推动下,将获得新的理论成就,并将在实践上,对红壤的持续利用作出新的贡献。

参加编撰人员有:赵其国、孙波、张斌、何园球、王明珠、张桃林、吴志东。

本书中所附照片由崔荣浩同志摄影,在编写出版过程中,吴志东、孙波、陈家琼同志付出了辛勤的劳动,特致谢意!

目 录

序

前言

第一章 概论	(1)
第一节 土壤圈的意义及作用	(1)
第二节 红壤概论	(7)
第三节 红壤圈的物质循环	(23)
参考文献	(39)
第二章 红壤形成条件与物质循环	(41)
第一节 红壤形成的水热条件与水气圈的物质循环	(41)
第二节 红壤形成的植被条件与生物圈的物质循环	(49)
第三节 红壤形成的母质条件与岩石圈的物质循环	(55)
第四节 红壤形成的人为条件与物质循环	(67)
参考文献	(73)
第三章 红壤形成演变与物质循环	(75)
第一节 红壤的形成过程	(75)
第二节 红壤形成的水热动态平衡	(81)
第三节 红壤形成的生物物质与元素交换	(98)
第四节 不同母质发育红壤的物质循环特点	(111)
第五节 红壤物质迁移与发育年龄	(126)
参考文献	(129)
第四章 红壤肥力与养分循环	(130)
第一节 土壤肥力的概念及研究现状	(130)
第二节 红壤肥力形成的物质基础	(134)
第三节 农田生态系统中红壤的养分循环	(143)
第四节 红壤的养分平衡与养分含量变化	(163)
第五节 红壤开垦利用与肥力演变	(167)
第六节 红壤肥力的调控	(189)
参考文献	(195)
第五章 红壤水分与水分循环	(198)
第一节 红壤水分特征及其土壤结构基础	(199)
第二节 红壤水分循环特征	(219)
第三节 红壤水分运动模型	(239)
第四节 红壤水资源利用技术	(243)
参考文献	(246)

第六章 红壤农业生态系统物质循环与调控	(248)
第一节 红壤农业生态系统分析	(248)
第二节 红壤农业生态系统物能循环及其评价	(252)
第三节 红壤农业生态系统物能循环障碍分析	(269)
第四节 红壤农业生态系统物质循环调控	(270)
参考文献	(277)
第七章 红壤资源利用与物质循环	(278)
第一节 全球土壤资源及其利用变化趋势	(278)
第二节 红壤资源利用的特点与优势	(284)
第三节 红壤资源利用的格局与物质循环特点	(287)
第四节 红壤资源利用的演变阶段与物质循环特点	(295)
第五节 红壤资源利用的综合区划及发展调控战略	(304)
第六节 红壤资源利用的发展调控战略	(324)
参考文献	(326)
第八章 红壤退化与物质循环	(327)
第一节 红壤退化概论	(327)
第二节 红壤退化的时空变化	(331)
第三节 红壤退化的机制	(346)
第四节 红壤退化的调控	(374)
参考文献	(386)
第九章 红壤全球变化与物质循环	(388)
第一节 土壤全球变化概述	(388)
第二节 土壤全球变化及“土壤与环境”	(396)
第三节 红壤地区二氧化碳的释放与减缓潜力	(399)
第四节 红壤等地区土壤氧化亚氮, 甲烷排放通量及氮素淋失	(406)
第五节 红壤地区稻田甲烷的排放	(409)
第六节 硫化物挥发及红壤地区酸雨的形成	(413)
参考文献	(421)
第十章 红壤物质循环及其调控	(423)
第一节 红壤物质循环概论	(423)
第二节 红壤物质循环的自然调控	(427)
第三节 红壤物质循环在利用中的调控	(430)
第四节 红壤物质循环及调控研究的展望	(443)
第五节 总结	(450)
参考文献	(467)
英文摘要	(468)
图版	

第一章 概 论

第一节 土壤圈的意义及作用

随着现代地球科学，特别是环境科学的发展，土壤学的研究内容与范围正在发生重大变化。土壤不仅是一种物质或一种独立的自然历史体，而且是地球系统中具有特殊结构与功能的一个圈层。从圈层观点出发，土壤学不仅仅局限于研究土壤物质的本身，而且朝着研究土壤与地球圈层的关系及人类生存环境的“土壤圈”方向转变^[1]，这是当前土壤学发展的新动向，它对人类生存环境及其全球变化的研究有着深刻影响，本节论述了土壤圈的概念及其在全球变化中的作用。

一、土壤圈的概念与内涵

土壤圈是覆盖于地球表面和浅水域底部的土壤所构成的一种连续体或覆盖层，它犹如地球的地膜，在一定程度上类似生物体的生物膜。土壤圈是地圈系统的重要组成部分，其位置处于地圈系统（即气圈、水圈、生物圈与岩石圈）的交接界面，它既是这些圈层的支撑者，又是它们长期共同作用的产物。早在1938年，S. Matson根据物质循环的观点，提出土壤是岩石圈、水圈、生物圈及气圈相互作用的产物，并对土壤圈（Pedosphere）的涵义作了概括^[2]。

按当前的研究成果，土壤圈的基本概念有以下5点：

（1）永恒的物质与能量交换：土壤圈是生物与非生物物质间最重要与最强烈的相互作用界面，它与其他地圈圈层间进行着永恒的物质与能量交换。

（2）最活跃与最富生命力的圈层：土壤圈作为地圈系统的界面与交互层，它对各种物质循环与物质流起着维持、调节和控制作用，土壤肥力是土壤圈层所固有的性质，它是地圈系统中最活跃的圈层之一。

（3）记忆块的功能：土壤圈是土壤形成过程、土壤性质及过去和现在大气、水、生物和岩石影响的“记忆块”，通过这些记忆信息，有助于区别过去和现在的土壤变化，并可对“土壤圈”未来变化进行预测。

（4）时空限制特征：土壤圈的空间特征主要通过土壤厚度及土壤分布面积表现，土壤时间则表现在土壤形成与演变过程之中，这些变化时间，一般是 $10^3 \sim 10^6$ 年。

（5）仅部分为可再生资源：土壤圈并非是完全可再生资源，为此，对其有用的各种物质，特别是不可再生的部分，应充分利用与保护，以便在生存环境中发挥作用。

从土壤圈与整个系统关系看，其功能有以下3个方面（图1-1）：

（1）对生物圈：支持和调节生物过程，提供植物生长的养分、水分与适宜的物理条件，决定自然植被的分布与演替。但土壤圈的各种限制因素对生物也起不良影响。

(2) 对水圈：影响降水在陆地的重新分配，影响元素的生物地球化学行为，影响水分平衡、分异、转化及水圈的化学组成。

(3) 对岩石圈：作为地球的“皮肤”，对岩石圈具有一定的保护作用，以减少其遭受各种外营力破坏，同时与岩石圈进行物质交换与地质循环。

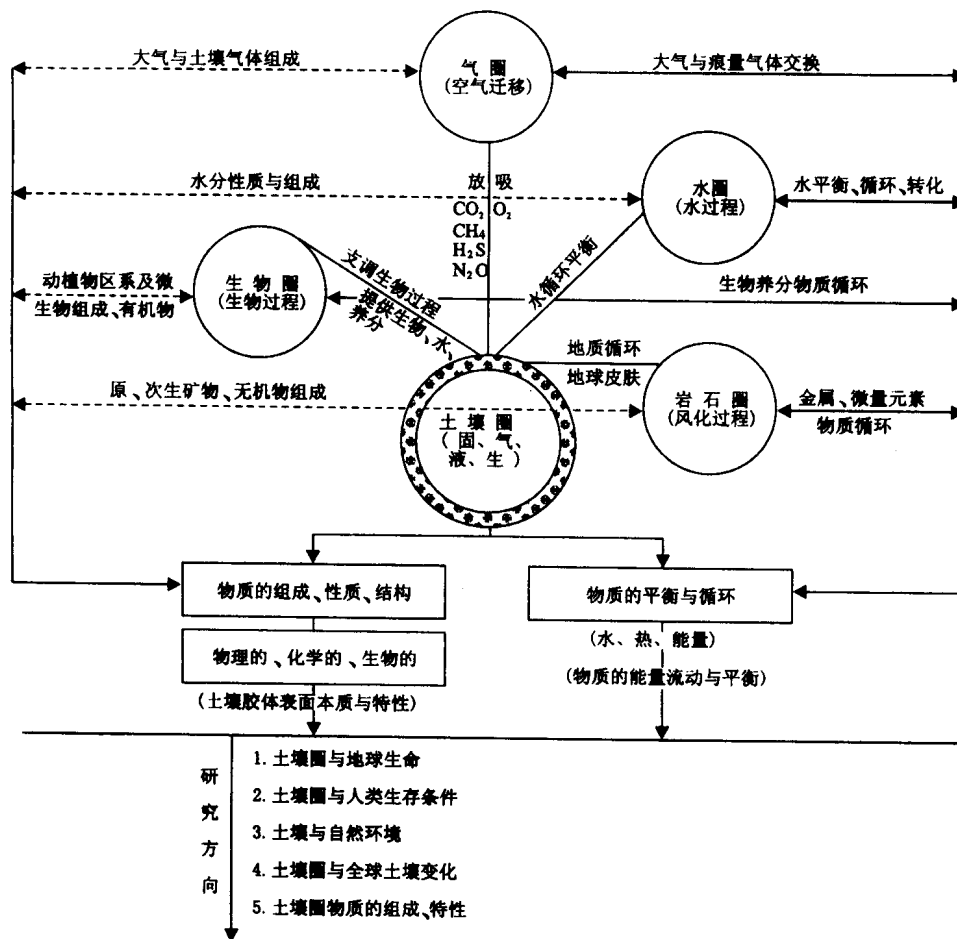


图 1-1 土壤圈的地位、内涵、功能及其研究趋向^[1]

二、土壤圈在全球变化中的作用

全球变化主要是指全球性的与人类生存休戚相关的环境变化问题，包括温室效应、臭氧洞的形成、森林锐减和物种灭绝、土地退化（荒漠化）及淡水资源短缺等变化。从本质上讲，这些变化涉及地球系统各圈层间的相互作用，人与环境的相互作用，并且是地球系统中物理、化学及生物过程长期交互作用的结果。土壤圈作为地球系统圈层的组成部分，它在上述全球性环境变化中的作用，主要反映在土壤全球变化对世界全球变化

的影响上。具体表现在下述 3 个方面：

(1) 通过土壤圈与其他圈层间的物质交换，影响土壤的全球变化：

土壤圈与生物圈通过养分元素的吸收、迁移与交换，对植物凋落物组成与演替产生影响。在热带雨林、热带季雨林及热带稀树草地之间存在特定的元素迁移顺序，随迁移顺序的改变而相互演替。土壤圈与岩石圈主要通过不同母质发育土壤的元素迁移与物质循环影响成土过程与基本特征，南方地区土壤中硼、锰、钴、铅、钛、锌、砷等元素淋失大于积累，而钡、铬、铜、镍则相反。

土壤圈与水圈物质循环是通过水分对土壤圈元素的迁移表现的。大陆年径流量为 $37 \times 10^{15} \text{L}$ ，每年从陆地流失的化合物为 $4 \times 10^{11} \text{t}$ ，说明对环境变化影响显著。

土壤圈与大气圈间存在大量气体及痕量气体的交换。通过固氮作用、光合作用及大气降水，使大气圈中气体及一些元素向土壤迁移；同时土壤圈中，通过有机质分解过程和氮、硫的转化过程，部分痕量气体向大气释放，产生温室效应，对全球气候变化起重大影响。

(2) 通过全球土被在时空上的演变，如土壤形成过程及土壤性质等的变化，引起土壤全球变化：

在土壤资源形成中，在稳定的自然环境下，水、气、热状况的改变较平稳，其利用状况良好；在侵蚀条件下，土壤表层丧失，肥力减退；而在积累状况下，由于不断受火山及冲、堆积物的覆盖，土被资源永远处于幼年阶段。

(3) 通过人为活动对土壤圈的强烈作用，对土壤全球变化以至生存环境产生影响：

这种表现有 3 个方面。一是人为砍伐森林，加剧水土流失。过牧过垦及城市建设等条件下，土地结构发生变化。如人类干扰前，世界林地达 $6.0 \times 10^9 \text{hm}^2$ ，1954 年减至 $4.0 \times 10^9 \text{hm}^2$ ，近 30 年每年减少 $8.0 \times 10^6 \text{hm}^2$ 。二是由于土壤资源利用不当，管理不善及陡坡过垦，使土壤出现侵蚀化、砂化、沼泽化、盐渍化及土壤肥力贫瘠化等土地退化现象，进而影响整个生存环境。三是水稻田、沼泽及湖泊的利用，产生了 CO_2 、 N_2O 、 CH_4 、 H_2S 等痕量气体，对全球增温有显著影响。

由此可见，土壤圈在全球变化中的作用主要是通过物质与能量循环影响植被的形成、土壤的发育、水质的变化与气体的交换；通过土被时空变化，影响土地资源的利用与稳定性；通过人为活动影响土地结构、土地退化及温室效应气体的释放。所有这些变化，都是全球土壤变化与生存环境变化的重要方面。

三、我国面临的环境问题及其在全球变化中的地位

我国幅员辽阔，面积达 $9.6 \times 10^6 \text{km}^2$ ，人口达 13 亿，在全球环境变化中占有重要地位。从微量气体排放、森林滥伐、土地荒漠化、水资源紧缺和水土流失等环境问题在中国的表现与全球变化相比较，可以得出重要性的明确概念。

表 1-1 和表 1-2 表明^[3]，我国 CO_2 排放量已达 $6.2 \times 10^8 \text{t}$ ，占全球总排放量 10.7%，居世界第 3 位； CH_4 排放量约为 $2.612 \times 10^7 \text{t}$ ，约占全球总排放量的 4.7%；到 2000 年，我国全球碳排放中的相对位置还将上升，估计 CO_2 的排放量可能达 $1.128 \sim 1.208 \times 10^9 \text{t}$ 。全球郁闭森林的采伐率每年为 $7.046 \times 10^6 \text{hm}^2$ ，而我国在“四五”期间每年采伐

度高达 $1.342 \times 10^6 \text{hm}^2$ ，约为全球采伐量的 1/5。目前世界森林约 $4.0 \times 10^9 \text{hm}^2$ ，我国仅为 $1.2465 \times 10^8 \text{hm}^2$ ，为全球的 3%。我国土地荒漠化中，旱地沙化的比例为 69%，比全球平均比例 61% 还要大。我国水资源人均年径流量不足世界的 1/4，人均径流量占世界 6%。水土每年流失量达 $5.0 \times 10^9 \text{t}$ ，占世界年流失量 8.3%。

表 1-1 大气中的主要温室气体

气体	分子式	平均寿命 (年)	平均浓度 (ppbv)	年增长率 (%)	增暖潜力* (GWP)		
					20 年	100 年	200 年
二氧化碳	CO ₂	100	350	0.4	1	1	1
一氧化二氮	N ₂ O	150	309	0.25	210	220	150
甲烷	CH ₄	10	1700	0.9	84	29	12
氯氟烃							
CFC-11	CFCl ₃	65	0.25	4	4000	3100	1300
CFC-12	CF ₂ Cl ₂	130	0.415	4	6200	6400	4000
CFC-143	C ₂ F ₃ Cl	90	0.035	10			
Halon1301	C ₂ F ₃ Br	100	0.002	15			
对流层臭氧	O ₃		20~100				

* 每种气体排放 1 kg，相对 CO₂ 的潜在增暖作用。

表 1-2 全球性环境问题的比较

问题	项目	全球	中国	中国/全球 (%)
微量气体	CO ₂ (10 ⁶ t)	5800	619.76	10.7
	CH ₄ (10 ⁶ t)	553	26.12	4.7
	CFC-11 (10 ³ t)	280.8	9.5	3
	CFC-12 (10 ³ t)	368.4	15.5	4
森林	面积 (10 ³ hm ²)	4 183 420	170 000	4
	砍伐速度 (10 ³ hm ² /a)	7046	1342 *	19
荒漠化	旱地面积 (10 ⁶ hm ²)	3257	315 *	10
	旱地沙化百分比 (%)	61	69	—
水资源	年径流量 (10 ⁸ m ³)	468 000	27 115	6
	人均径流量 (m ³ /a)	10 800	2600	24
水土流失	流失量 (10 ⁸ t/a)	600	50	8.3
	入海泥沙量 (10 ⁸ t/a)	240	20	8.3

* “四五”期间的砍伐速度。

据叶笃正^[3]的研究 (表 1-3)，近两年来，我国生存环境在气候变干暖，人为活动频繁的影响下，随着人口增长、地表径流量和自然植被的减少，土地数量有所下降，土壤肥力普遍贫瘠化，并面临荒漠化等土地退化的威胁，人均耕地、草地、林地的占有面积均低于世界水平。

预计到 20 世纪末，我国耕地面积将减少 3×10^8 亩¹⁾ 左右，扣除新垦耕地 1.2×10^8 亩，将净减 2×10^8 亩。此外，我国土地沙漠化面积将由 $1.76 \times 10^5 \text{km}^2$ 增加到 $2.51 \times 10^5 \text{km}^2$ ；水蚀面积由 $1.5 \times 10^6 \text{km}^2$ 扩大到 $1.7 \times 10^6 \text{km}^2$ ，表土流失量将比目前增加

1) 1 亩 = 666.6 m²，下同。

20%~25%；尚有 2.6×10^8 亩潜在盐渍威胁的土壤。森林覆盖率 15%，而草原面积将比现在减少 20%，单位面积产草量将下降 30%。由此可见，我国在全球气、植、土、水等环境问题变化中，占有举足轻重的地位。从环境问题研究的深度看，目前大多处于定性推理分析阶段，缺乏长期定位的动态定量研究，特别是环境问题的变化预测，还有待加强（图 1-2）。有鉴于此，为深入研究全球环境变化，当务之急是要加强地球各圈层（特别是土壤圈）对全球环境变化影响的研究。

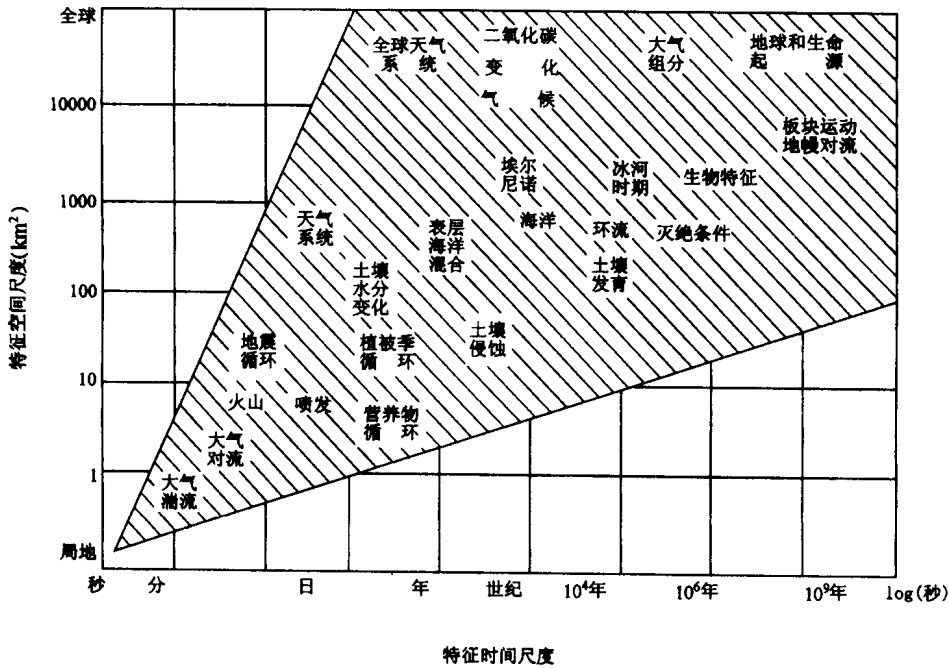


图 1-2 地球系统典型事件的时空尺度

表 1-3 我国人均土地、水体占有量与世界平均水平的比较

	土地 (亩/人)	耕地 (亩/人)	草地 (亩/人)	林地 (亩/人)	径流量 [m³/(人·a)]
中国平均	14	1.4	4.5	1.9	2600
世界平均	44.5	4.8	10.4	13.6	10 400
%	31.5	29.2	43.3	14.0	25

四、土壤圈的研究方向与内容

如上所述，随着人类活动范围的扩展及科学发展，土壤学已由原来研究土壤本身向研究土壤圈及其与地球各圈层的关系方向发展。因此，从这个意义看，今后土壤圈的研究方向与内容将与土壤学完全趋于一致。从未来地圈系统的发展看，土壤圈研究的总方向是研究土壤圈物质的组成、性质和物质与能量的循环及其对人类生存环境的影响。此外，由于土壤圈内的各种土壤类型、特征与性质，是过去和现在大气、水、生物及岩石