



科学出版社“十三五”规划教材
全国普通高等教育师范类地理系列教材

土壤地理学

(第二版)

SOIL GEOGRAPHY

海春兴 陈健飞 主编



科学出版社

科学出版社“十三五”规划教材

全国普通高等教育师范类地理系列教材

土壤地理学

(第二版)

海春兴 陈健飞 主编

副主任

明洪恩(云南师范大学)

雷震(广西民族大学)

北京出版集团、北京出版印刷厂、北京印刷厂、北京印刷厂、北京印刷厂

11.0102, 林强出书群, 京



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书共分十章,主要包括五部分。首先,对土壤地理学的基本特征、研究内容和方法、学科体系及该学科的发展进行了阐述;其次,对土壤的物质组成及其理化性质进行介绍;第三,通过对土壤中的物质能量循环及土壤形成因素的分析,介绍了土壤的各种分类体系及其相互关联,并介绍主要土壤类型的分布、形成过程及理化性质;第四,对土壤的分布规律、土被结构及土壤区划进行了阐述;最后,通过土壤调查与土壤制图将所学的土壤学基础知识和土壤地理学知识应用到实践中。

本书是面向高等院校地理科学类专业、环境科学专业、生态专业、农林专业及其他相关专业的本科生及专科生教材,也可作为其他相关学科的研究生及教师的教学、科研参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土壤地理学 / 海春兴, 陈健飞主编. —2 版. —北京: 科学出版社, 2016. 11
科学出版社“十三五”规划教材 全国普通高等教育
师范类地理系列教材
ISBN 978-7-03-050552-1

I. ①土… II. ①海…②陈… III. ①土壤地理学—
高等学校—教材 IV. ①S159

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 268023 号

责任编辑: 许 健

责任印制: 谭宏宇 / 封面设计: 殷 靓

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>

南京展望文化发展有限公司排版

江苏省句容市排印厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 9 月第 一 版 开本: 889×1194 1/16

2017 年 1 月第 二 版 印张: 14 3/4

2017 年 1 月第四次印刷 字数: 473 000

定价: 42.00 元

《全国普通高等教育师范类地理系列教材》 专家委员会

主 任

曾从盛(福建师范大学)

副主任

明庆忠(云南师范大学)

任建兰(山东师范大学)

周国华(湖南师范大学)

委 员

(按姓氏笔画排序)

万鲁河(哈尔滨师范大学)

毛德华(湖南师范大学)

石培基(西北师范大学)

全 川(福建师范大学)

毕 华(海南师范大学)

杨 新(湖南师范大学)

杨玉盛(福建师范大学)

李小娟(首都师范大学)

李玉江(山东师范大学)

李永化(辽宁师范大学)

沙晋明(福建师范大学)

张 戈(辽宁师范大学)

张军海(河北师范大学)

张述林(重庆师范大学)

张 果(四川师范大学)

张永清(山西师范大学)

张祖陆(山东师范大学)

张雪萍(哈尔滨师范大学)

陆 林(安徽师范大学)

陈晓玲(江西师范大学)

陈健飞(广州大学)

金海龙(新疆师范大学)

姜世中(四川师范大学)

官辉力(首都师范大学)

骆高远(浙江师范大学)

秦树辉(内蒙古师范大学)

袁书琪(福建师范大学)

高 峻(上海师范大学)

高传喜(天津师范大学)

海春兴(内蒙古师范大学)

康建成(上海师范大学)

梁雨华(吉林师范大学)

葛京凤(河北师范大学)

程道平(山东师范大学)

舒晓波(江西师范大学)

温家洪(上海师范大学)

管 华(徐州师范大学)

翟有龙(西华师范大学)

《土壤地理学(第二版)》编委会名单

主 编	海春兴 陈健飞	
副主编	郑 林 张永清	
编 委	(按姓氏笔画排序)	
	王华静(四川师范大学)	王 莉(山西师范大学)
	刘金萍(重庆师范大学)	齐述华(江西师范大学)
	孙永光(赣南师范学院)	李占宏(包头师范学院)
	李江涛(广州大学)	吴忠红(山西师范大学)
	张永清(山西师范大学)	张保华(聊城大学)
	陈永林(赣南师范学院)	陈松林(福建师范大学)
	陈健飞(广州大学)	周葆华(安庆师范学院)
	周瑞平(内蒙古师范大学)	郑 林(江西师范大学)
	陕永杰(山西师范大学)	郝汉舟(咸宁学院)
	郝润梅(内蒙古师范大学)	胡启武(江西师范大学)
	敖登高娃(内蒙古师范大学)	凌 云(上饶师范学院)
	海春兴(内蒙古师范大学)	廖富强(江西师范大学)

正值中国地理学会在北京人民大会堂举行百年庆典之际,欣闻科学出版社组织全国高等师范院校共同编写地理科学类系列精编教材,以适应我国高等师范院校教学改革和综合化发展的需要,我作为教育部地球科学教学指导委员会主任委员感到由衷地高兴和鼓舞。

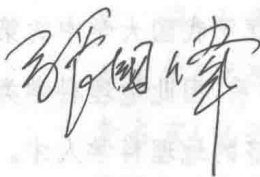
众所周知,高等师范院校的设置和发展可以说是中国高等教育在世界上的特色之一,为我国开展基础教育、提高国民素质教育作出了杰出贡献。地理科学类专业最早于1921年在东南大学(今南京大学的前身)设立了我国大学中的第一个地理学系,随后清华大学、金陵大学、北平师范大学纷纷增设地理学或地学系,因此地理科学类专业教育迄今已有八十多年的历史,培养了一大批服务于地理、环境与社会经济的地理科学人才。现今随着日益凸显的全球性的资源环境问题与人地关系矛盾的加剧和地理信息技术的迅速兴起、发展与应用,地理科学新的快速发展与拓展,地理科学类专业由原较单一的地理教育专业发展为地理科学、地理信息系统、资源环境与城乡规划管理等三个本科专业,并在综合性大学、高等师范院校、农林类高校等都有广泛开办。其中,高等师范院校较完整地设立了三个专业,在培养地理科学类的地理教学师资、地理信息系统、资源环境和城乡规划管理等人才方面发挥了主力军的作用,成为了我国培养这一类型人才的重要阵地,多被誉为“教师的摇篮”;与此同时,高等师范院校根据我国师范院校的性质和发展战略方向,以及我国高等教育改革的趋势,依托各区域的地理特点和文化积淀,针对社会的迫切需求,办出了不同于综合性大学的立足本土与本身的基础教育师资和区域性应用人才的特色。

由高等师范院校的资源环境与地理科学类的学院联合撰编系列精品教材,可紧密结合高等师范院校地理科学类专业的特点,量体裁衣,因校制宜,形成高等师范院校不同于综合性大学的自己系列精品教材;同时,可充分发挥师范院校教师们在师范院校地理科学类专业教学经验丰富和服务于基础教育及地方社会经济发展等的优势,将多年来精品课程建设、实践(实验)教学、专业建设、教学研究与教学改革等成果融入其中,形成真正的精品教材;再者,高等师范院校共同搭建系列精品教材编写平台,每本教材以1~2校为主编单位,多家院校参与、相互学习、相互交流、相互借鉴,取长补短,优势互补,共同提高,不仅利于每本教材编写水平的提升,也可促进师范院校专业建设和整体教学水平的提高,将提高本科教学质量、培养高素质人才、服务于地方基础教育和社会经济发展

Preface

落到实处,推动我国高等教育的改革和发展。

我相信,科学出版社和高等师范院校精诚团结,真诚合作,各院校相互交流协作,一定能编出适合中国国情与需要,适应我国高等教育发展,适合高等师范院校的系列精品教材。



中国科学院院士

教育部高等学校地球科学教学指导委员会主任委员

《土壤地理学》是高等院校地理科学类专业、生态学专业、环境科学专业及相关专业本科生教材,也可作为其他相关学科的研究生及教师的教学参考书。近年来,随着各高校招生量的增加及与地理有关专业的不断拓展,使得原有的《土壤地理学》体系和内容已经不能适应当前各省市重点师范大学的教学需要,据此,由科学出版社上海分社组织,于2008年9月19~21日在上海召开第一届高等师范院校资源环境学院院长交流会暨师范类精编教材编委会会议,来自全国各省市重点师范大学的近二十位院长参加了此次会议。高等师范学校是我国培养资环专业人才的主要摇篮,与综合性大学相比,高师院校的资环学院具有自己的特点和优势。为加强国内师范类资源环境(地理科学)学院间的交流与合作,促进教材改革和精品课程的建设,科学出版社邀请各省师范大学的资源环境学院共同搭建一个相互交流的平台,并根据各学院的精品课程与优势学科,编写出一套供师范学校使用的精编教材。各省重点师范大学资源环境学院院长介绍了各自单位的基本情况,并对今后教材建设提出了各自的意见。

本书以基本理论为基础,努力反映新的科学成就,尽力贯彻少而精。各章节均注意土壤学新理论的原理、机制的论述及分析方法的介绍,使学生掌握系统、扎实的土壤地理学基本理论和基本技能。加强气候变化背景下土壤地理学相关研究内容的案例介绍,如土壤碳、氮循环的案例研究,土壤在水循环中地位的案例研究。突出对于实践环节的培养,强调室内实验-短途实习在本书中的位置,各地可针对地带性土壤进行野外剖面观测与成土过程的描述。土壤诊断学分类已成为当今世界土壤分类的主流,国际土壤学界在学术交流中均以土壤系统分类为交流媒介。因此,本书加强土壤系统分类在整体内容中的地位,并处理好发生学分类与系统分类之间的衔接,对于重要土壤类型,特别是具有全球性意义的地带性土壤类型的编写以系统分类为主,书中引入了一些基于系统分类体系的教学图件。本书特别注意国内外最新研究成果的收集整理、重要土壤科学数据的更新。

本书从土壤形成的微观物质组成到宏观的土壤全球分布,系统阐述了土壤地理学知识体系的构架。从土壤形态特征入手,剖析土壤的性质;在描述土壤形成过程的基础上,对土壤的分类系统和全球分布进行规律性总结。结合时空概念,说明土壤地理学在地球环境中的地位和作用。本书

Foreword

全面阐述土壤地理学基本知识,重点强化土壤物质组成、形成过程及其分布,并力求将传统内容与前沿理论结合得更好,使基础知识与新理论、新方法有机结合起来,使得本书不仅能作为地理专业本科生的教材,同时也使学生能够及时了解土壤地理学的前沿动态。在编写中,注重知识结构的严谨性、系统性和现势性,做到结构清晰、文笔流畅、条理清楚、图文并茂,努力使本书成为可读性、可操作性较强的教材。

本书第一章由海春兴、郝润梅编写;第二章由刘金萍编写;第三章由张永清、吴忠红编写;第四章由张永清负责,张保华编写了第二节,郝汉舟编写了第三节,陕永杰编写了第四节,王莉编写了第五节和第六节;第五章由郑林负责,胡启武编写第一节、第二节和第三节,陈永林、孙永光分别编写第四节、第五节,齐述华编写第六节,廖富强编写第七节和第八节;第六章由郑林负责,齐述华编写第一节,凌云编写第二节,郑林、廖富强和凌云编写第三节;第七章由陈健飞和陈松林编写;第八章由陈健飞和李江涛负责,敖登高娃编写了第二节中的“草原土壤”部分,王华静老师编写了第四节中的紫色土部分;第九章由海春兴、周瑞平及周葆华编写;第十章由海春兴、李占宏编写。

科学出版社在本教材编写过程中做了大量组织协调工作,并为教材出版付出了辛勤劳动,研究生姜洪涛、周瑞荣和王静同学在教材成稿过程中做了大量文字校对工作,谨致以诚挚的谢意!参与编写的院校和老师较多,集体分工编写过程的详略处理和表述口径尚难一致,对教材的不足之处,欢迎广大师生在使用过程中批评指正。

编者

2010年1月

目 录

序

前言

第一章 绪 论

1

- 第一节 土壤的基本特征 /1
- 第二节 土壤地理学研究内容、方法与学科体系 /5
- 第三节 土壤地理学科的发展 /8

第二章 土壤矿物质

12

- 第一节 土壤矿物质的形成与转化 /12
- 第二节 土壤黏土矿物的性质 /16
- 第三节 土壤的质地和结构 /21

第三章 土壤有机质

28

- 第一节 土壤有机质的来源、存在状态和组成 /28
- 第二节 土壤有机质的转化过程 /29
- 第三节 土壤腐殖质 /32
- 第四节 土壤生物及土壤酶 /34
- 第五节 土壤有机质的生态环境功能 /38

第四章 土壤流体组合及其特征

41

- 第一节 土壤空气及其运动 /41
- 第二节 土壤水分能量状态 /42
- 第三节 土壤热量状况 /46
- 第四节 土壤化学性质 /51
- 第五节 土壤养分循环 /59
- 第六节 土壤流体组合与土壤肥力 /66

第五章 土壤形成因素

69

- 第一节 成土因素学说 /69
- 第二节 土壤形成的气候因素 /71
- 第三节 土壤形成的母质因素 /75
- 第四节 土壤形成的生物因素 /77
- 第五节 土壤形成的地形因素 /80
- 第六节 土壤形成的时间因素 /84

Contents

第七节 土壤形成的人为因素 /86

第八节 土壤形成的水文因素 /88

第六章 土壤形成过程

90

第一节 地质大循环与生物小循环 /90

第二节 土壤个体发育过程 /91

第三节 主要成土过程 /92

第七章 土壤分类

99

第一节 概述 /99

第二节 土壤发生学分类 /99

第三节 土壤诊断学分类 /101

第四节 中国的土壤分类 /109

第五节 不同土壤分类体系之间的参比 /115

第八章 主要土类特征

121

第一节 森林土纲系列 /121

第二节 草原与荒漠土纲系列 /143

第三节 盐成土纲 /160

第四节 过渡土纲系列 /165

第五节 岩成土纲系列 /177

第六节 人为土纲 /186

第九章 土壤分布与土壤分区

196

第一节 土壤分布规律 /196

第二节 土被结构 /204

第三节 土壤区划 /206

第十章 土壤调查与土壤制图

209

第一节 土壤野外调查方法 /209

第二节 土壤计算机辅助制图 /219

第一章 绪 论

第一节 土壤的基本特征

一、土壤的基本概念

有人类社会以来,就有了认土、用土和改土的历史。《周礼》中的“万物自生焉则曰土”,既分析了土壤与植物的关系,也说明了“土”的本身意义。许慎的《说文解字》指出:“土者,地之吐生物者也。”“二”,像地之上,地之中;“丨”,物出形也。具体说明了“土”字的形象、来源和意义。至于“壤”,《周礼》指出,“以人所耕而树艺焉则曰壤”,即“土”通过人们耕作、利用改良而成为“壤”。这种把“土”字和“壤”字联系起来的观点是对土壤概念最早的朴素解释。

(一) 土壤含义

对于“土壤”一词的解释,不同的学科从各自的学科角度提出了对于“土壤”的不同界定。从生物学或农学的角度来看,土壤是陆地上具有一定肥力、能够生长植物的疏松表层,是天然植物与栽培作物的立地条件和生长发育基地;从地球化学角度来看,土壤是岩石圈表层在次生环境中发生元素迁移和形成次生矿物的近期堆积体;从工程建筑土质学的角度来看,土壤是具有特殊的材料理化性质和物理机械性质,并能作为建筑材料和承压性质基础的物体;从自然地理学的角度来看,土壤是成土母质在一定水热条件和生物作用下,经一系列生化物理作用而形成的独立的历史自然体,是一个从形态、物质组成、结构和功能上均可以剖析的物质实体。

20 世纪中期以来,土壤概念更加强调土壤的三维空间特性。以美国土壤学家史密斯(Guy D. Smith)为首的诊断学派,提出以三维单个土体(pedon)、诊断层和诊断特性作为土壤分类的主要依据,为“土壤”概念的更新带来新的契机和活力。随着社会经济的快速发展和全球一体化,伴随而来的环境污染以及全球变化问题的日益突出,“土壤质量”的概念被提出来,即土壤质量是土壤生态界面内维持植物生产力、保障环境质量、促进动物与人类健康行为的能力(Doran et al., 1994),在自然或人工生态系统中,土壤具有动植物生产持续性、保持和提高水质与空气质量以及支撑人类健康生活的能力。土壤的定义不再着重土壤肥力是土壤的唯一特性,更为广泛的含义是:土壤是发育于地球陆地表面具有生物活性和孔隙结构的介质,是地球陆地表面的脆弱薄层(Sposito, 1992);或土壤是固态地球表面具有生命活动,处于生物与环境间进行物质循环和能量交换的疏松表层(赵其国, 1996)。

在土壤的发育过程中,最为显著的特点是建立在地表风化壳之上的物质分异,即形成了疏松多孔的肥力表层和表下层,成为近地表各种物质迁移转化的主要场所,同时,为其上植物的生长提供了养分条件,形成了持续不断供应动植物生产所需的肥力。另外,表层疏松多孔的特点也为接纳和分解污染物质提供了物质基础。

从土壤的形成和历史演化来看,土壤是地理环境中各圈层物质综合作用的产物。因而土壤的发生、发展、演变受成土环境变化的影响,与地球表层系统的发展和演化紧密相关,也经历了漫长而复杂的地质历史过程。现今在地球陆地表面土壤圈中,某些古土壤的起源可上溯到距今几千万年的第三纪,某些现代土壤类型则起源于第四纪冰后期,地球陆地表面以及一定范围的浅水地带是综合作用最显著的区域。

综上所述,可将“土壤”的概念定义为:土壤是发育于地球陆地表面的具有肥力能够生长植物的疏松表层,是成土母质在一定水热条件和生物作用下,经一系列生化物理作用而形成的独立的历史自然体。具有一定肥力、生物活性、多孔隙结构等是土壤的基本特征。现代环境条件下,土壤的功能表现为:作为生产资料,土壤具有肥力的本质属性;作为自然资源,土壤具可更新性和再生性;作为环境条件,土壤具有缓冲性与净化

功能。因此,土壤条件成为人类社会可持续发展的必要条件之一。

(二) 土壤土体构型

自然界的土壤是一个时间上处于动态变化、空间上具有垂直和水平分异的三维连续体,是一个从形态特征、物质组成、结构和功能上可以剖析的物质实体。因此,认识和研究土壤需要从具体的土壤剖面、单个土体、聚合土体剖析入手。

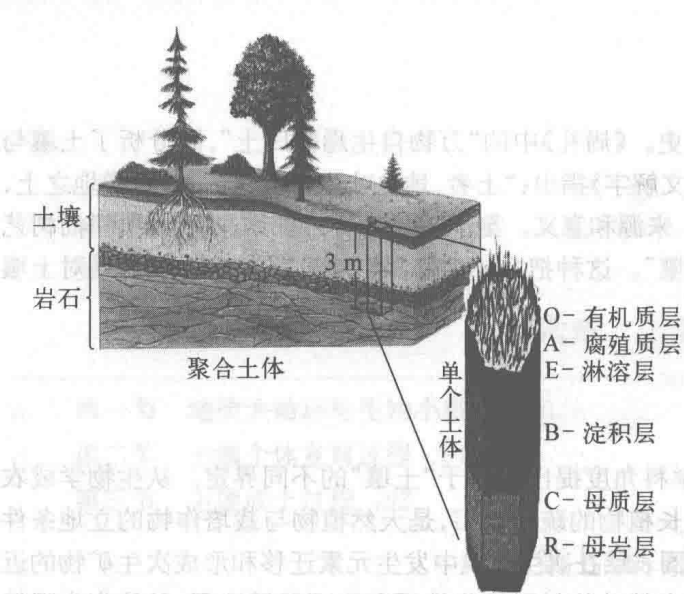


图 1-1 土壤剖面示意图

1. 土壤剖面 从地面垂直向下至母质的土壤纵断面称为土壤剖面(soil profile)。土壤剖面中与地面大致平行的、由成土作用形成的、组成物质及性状相对均匀的各土壤层,称为土壤发生层(soil genetic horizon),简称土层(soil horizon);由非成土作用形成的层次,称土壤层次(soil layers)。土壤发生层是土壤剖面的基本组成单元(图 1-1)。

2. 土体构型 在土壤剖面中的土层数目、排列组合形式和厚度,统称为土体构型(profile construction),又称土壤剖面构造,它是土壤最重要的形态特征之一。在同一土壤剖面中的每个土层与其上下相邻的土层之间,在土壤颜色、结构体、质地、有机质含量等方面具有明显差别,任一土壤类型均具有其特定的土壤剖面构型,土体构型也是土壤类型辨别的重要依据。

3. 单个土体 土壤剖面的三维立体构成了单个土体(pedon),是土壤最小体积单位的三维实体(图 1-1)。单个土体的形状大致为六面柱状体,根据土壤剖面的变异程度,单个土体的水平面积一般为 1~10 m²,在此范围内任何土层在性能上是一致的,在垂直方向上包括所有土层。

4. 聚合土体 在空间上相邻、物质组成和性状上相近的多个单个土体共同组成聚合土体(polypedon),又称土壤个体(soil individual)或土壤实体(soil body)。聚合土体相当于土壤分类中基本的分类单元,与土壤系统分类学(诊断学)中的一个土系(soil series)或土型(soil type)相当,或与在土壤发生学分类中一个土种(soil species)或变种(variety)相当。聚合土体是一个具体的土壤景观单位,它经常被作为土壤野外调查、观察、制图及其研究的重要对象。

二、土壤系统与土壤圈

(一) 土壤系统

从系统结构角度看,土壤系统是一个由多相物质和多层结构组成的,不断运动着的复杂的物质和能量系统。土壤的固体物质(包括矿物质、有机质和活性有机体)、液体物质(土壤水分和土壤溶液)、气体物质(土壤空气)等构成了土壤系统的物质组成成分,并具有“活性”;土壤的层次结构又组成了土壤的结构系统。有学者认为土壤系统就是指土体,土壤剖面是它的二维反映,土体构型是土体的宏观结构。土壤内部多相物质之间、各土层之间不断地进行着物质与能量的迁移、转化、交换和传递过程构成了土壤的运动系统,是推动土壤发育与变化的内因和动力。

土壤又是一个复杂的开放系统,土壤是地球表层系统的重要组成要素,与自然界中其他因子相互作用,不断进行物质和能量交换。地理环境中的水分、养分、空气、热量等不断输入土壤,引起其性质改变;相反,输出则引起环境改变。这一交换过程是推动土壤形成和演变的外部因素,同时也是影响地球表层系统变化的重要原因(图 1-2)。

土壤还是一个生态系统。土壤生态系统是指土壤生物与其他成土因子(包括生物因子和非生物因子)构成的动态平衡系统,是一个相对独立的子系统,系统内外的物质与能量迁移转化过程,特别是生物地球化学过程,不仅是全球物质与能量循环的重要过程之一,同时对维护土壤系统平衡、区域生态环境稳定有着不可替代的作用。

土壤系统具有高度非线性和可变性特征,是自然界最为复杂的系统之一,它包含着复杂多样的物理、化学和生物过程,使得土壤系统永远不能处于静止的平衡状态。因此,必须从系统理论、耗散理论、非线性理论等角度出发来研究土壤系统。

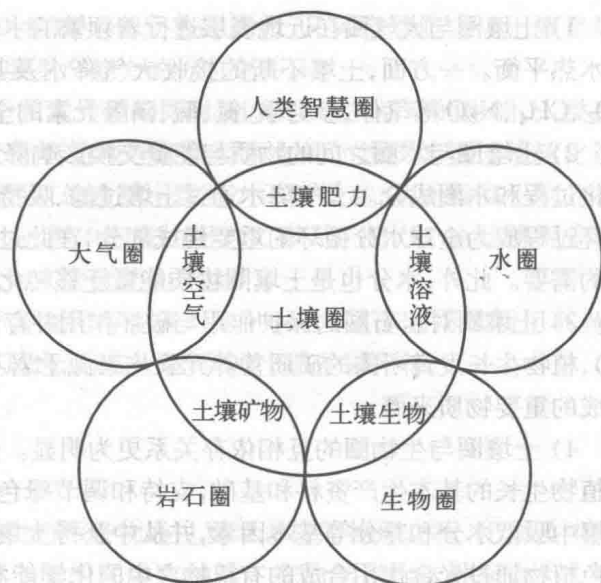


图 1-2 土壤地位图

资料来源:赵其国等(2007)

(二) 土壤圈

土壤圈(pedosphere)是地球表层系统的组成部分,呈不连续圈层状分布于地球陆地表面,又称“土被”,指覆盖于地球陆地表面和浅水域底部的土壤所构成的一种连续体或覆盖层。在大气圈、水圈、生物圈、岩石圈与土壤圈相互作用的界面上,形成了一个相对独立的亚系统,既具有自身的发生、发展、演化、分布规律,又与其他圈层之间不停地进行着物质循环和能量交换。

“土壤圈”的概念自 1938 年瑞典学者马特松(S. Matson)提出以后,B. A. 柯夫达(1973)和阿诺德(R. W. Arnold)等(1990)又对“土壤圈”的定义、结构功能及其在地球系统和全球变化中的作用进行了较全面的论述。张甘霖等人认为土壤圈是一个具有多尺度结构的地球表层系统,“它包括分子—有机无机复合体—团聚体—土层—单个土体—土链—区域土被—土壤圈这样的多级组分,这实际上决定了土壤过程研究的多尺度性和极端复杂性”(张甘霖,2008)。土壤圈概念的发展旨在从地球系统的角度研究土壤圈的结构、成因和演化规律,以达了解土壤圈的内在功能、在地球系统中的地位及其对人类与环境的影响的目的(赵其国,1999)。近年来,有关土壤圈的结构、功能及其在地球系统中地位和作用的研究已经成为现代土壤地理学研究的前沿领域。

(三) 土壤圈在地球表层系统中的地位和作用

从土壤圈分布的空间位置来看,它正处于人类智慧圈、大气圈、水圈、生物圈和岩石圈接触过渡地带。这里是地球表层不同圈层界面及其相互作用的交叉地带,是连接地理环境各组成要素的纽带,又是自然环境中的物质循环和能量转化的重要环节和活跃场所(图 1-2)。同时,也是联系有机界与无机界的中心环节,孕育了地理环境中生命的发展条件,维系着全球陆地生物圈的存在,土壤圈的变化直接或间接的引起全球变化。因此,土壤圈在地球表层系统具有重要地位和作用。

1. 土壤圈是地球表层系统的重要组成部分 由大气圈、水圈、生物圈、土壤圈、岩石圈等组成的地球表层系统是人类赖以生存的地理环境。土壤圈作为地球表层系统的组成部分,与其他圈层之间不断的物质循环和能量转化过程中,不仅形成了比大气圈、水圈和岩石圈的变化更为复杂多样的历史自然体——土壤,而且使土壤圈成为人类生存与发展的基本自然资源和人类劳动的对象,在社会经济发展和生态环境改善中起着特殊的作用,同时也影响到其他圈层的发展变化。

2. 土壤圈是自然环境中物质循环和能量转化的重要环节和活跃场所 地球上每年有 550×10^8 t 的植物有机质存在土壤圈中,其富集的灰分物质每年近 10×10^8 t,同期随地表地下径流进入江河大海的各种物质约有 3×10^8 t,使得土壤圈成为全球物质循环和能量转化的重要环节和活跃场所。物质和能量从其他自然地理要素不断向土壤输入,必然引起土壤物质组成及其性状的变化,又通过反馈机制引起地理环境要素的变化。

1) 土壤圈与大气圈在近地表层进行着频繁的水分、热量、气态物质交换,影响着大气化学组成成分变化和水热平衡。一方面,土壤不断的接收大气降水及其沉降物质以供应生命之需;另一方面,又向大气释放 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 等气体,参与碳、氮、硫、磷等元素的全球循环,并对全球环境产生影响。

2) 土壤圈与水圈之间的物质与能量交换影响降水的重新分配和全球水平衡,也影响地球生物化学迁移转化过程和水圈成分。大气降水通过土壤过滤、吸持与渗透进入水圈,水分再次被蒸发降水回到土壤中的水循环过程成为全球水分循环的重要组成部分,在此过程中对水体的物质组成产生影响,同时供应生命体对水分的需要。此外,水分也是土壤圈物质能量迁移转化的重要载体和影响土壤性质的介质。

3) 土壤圈对岩石圈的保护作用与破坏作用并存。岩石圈表层的风化物是土壤形成的物质基础(成土母质),植物生长发育所需的矿质营养元素均来源于岩石的风化。同时,土壤侵蚀及其堆积是岩石圈中沉积岩形成的重要物质来源。

4) 土壤圈与生物圈的互相依存关系更为明显。土壤是陆地生物圈的载体和绿色植物生长的自然环境,是植物生长的基本生产资料和基础,支持和调节绿色植物的生物过程;提供植物生长肥力,植物通过根系从土壤中吸取水分和养分等基本因素,并从中获得土壤的机械支持;土壤也是动物生存的基础,动物只能利用绿色植物通过光合作用合成的有机物之中的化学能和营养物来维持其生命活动,“万物土中生”就是这个道理。另外,土壤圈还决定着自然植被的分布。当然,生物圈及生物活动对土壤圈的形成发育也产生深刻的影响。

3. 土壤圈具有广泛的生态环境功能 在土壤圈和地球表层系统其他圈层的物质与能量交换过程中,包含着复杂多样的物理、化学和生物学现象,从而使土壤圈永远处于一种动态平衡状态,这种错综复杂的耦合关系也形成了土壤圈物质循环的基本轮廓。随着现代对土壤圈内部的物质迁移转化过程及与地球表层其他圈层之间的物质交换过程、速率、机制及其相互影响研究的深入,土壤圈特有的疏松表层和物质迁移转化功能使其在保蓄水分、供给水源、净化水质、保持陆地生态系统多样性以及净化有机废弃物等方面具有广泛的生态环境功能。土壤修复技术、土壤自净功能的研究也成为当今土壤学科研究的热点领域,为保持和改善人类生存环境、发展农林牧业生产和全球变化研究服务。

4. 土壤圈的地理环境指示意义 在土壤圈漫长的形成与演变过程中,其逐渐成为一个反映地理环境变迁的信息系统库和信息载体。土壤的空间构型、诊断土层、形态特征、物质组成及其理化性状,都保留着土壤形成时的地理环境特征和变迁痕迹,能提供历史时期地理环境要素和人类活动的信息。由于全球地理环境的区域性特征和地质历史时期环境变迁的阶段特征,使得土壤圈作为地理环境变化的记录体具有广泛性、相对稳定性、综合性、聚集性、滞后性等方面的特点,可从多方面对土壤进行解剖,以得到更多、更综合的信息,达到土壤和土壤圈指示地理环境的作用。

三、土壤与人类社会发展

土壤是自然地理要素、人类活动和时间综合作用的产物,不仅是自然地理环境的重要组成部分,同时也是人类赖以生存、生产和发展所必需的物质基础和条件,是人类劳动的对象和产物,是一种极为重要的自然资源,具有物质生产功能和环境净化功能。随着人类社会的发展,保持土壤的生产物质资料功能和稳定土壤的环境净化功能直接关系到人类自身的生存安全问题,可以说人类面临的社会问题,无论是人口、能源,或是环境、生态都与土壤及土壤系统密切相关。美国土壤学会前主席怀尔丁(Wilding, 1995)描述土壤重要作用为:保持生物的活性、多样性和生产性;调节水体和溶质的流动;过滤、缓冲、降解、固定并解毒无机和有机化合物;储存并使生物圈及地表养分和其他元素进行再循环;支撑社会经济构架并保护人类文明遗产。因此,土壤与人类社会发展的关系集中表现为人类活动对土壤肥力的改造作用和土壤对生态环境的稳定作用两个方面。

(一) 土壤肥力与人类活动

土壤肥力(soil fertility)指天然植物或作物在生长过程中,土壤具有能为之延续不断地提供营养物质(水分、养分)和协调环境条件(空气、热量)的能力。土壤肥力是土壤的本质属性。在自然因素综合作用下形成

的土壤称为自然土壤,它具有稳定、均匀、充足、适合地提供植物生长发育的能力,又称自然肥力。土壤自然肥力的高低决定着生长其上天然植物生产量的高低,是土壤生产能力的标志之一。

一般来说,当自然土壤在被开垦利用之后,土壤受自然因素作用的同时,也承受人类活动的影响,人类在利用土壤资源用于物质生产的过程中,通过有意识地改变土壤与地理环境要素之间的物质能量迁移转化过程和成土方向,如耕作施肥、平整土地、灌溉排水、改良土质等,使自然土壤肥力不断提高,从而提高土壤的农林牧业生产能力。通过人类改良、施肥、耕作等措施在熟化过程中形成的肥力又称人工肥力。由此使得土壤逐渐向肥力更高的耕作熟化土壤方向演化,使土壤最终成为人类劳动的产物。

在一些自然生态环境较为脆弱的地区,土壤资源的开发利用存在着一定的风险,过度利用和利用不当,则会引起土壤肥力下降,导致土壤退化,如土壤侵蚀、土壤风蚀沙化、土壤污染、土壤盐碱化等。

(二) 土壤自净能力与人类活动

土壤自净能力(soil purification)是指土壤对进入土壤中的污染物通过复杂多样的物理过程、化学及生物化学过程,使其浓度降低、毒性减轻或者消失的性能,又称土壤的环境容纳量。有的学者称这种能力为土壤的“净化器”功能。按照土壤对污染物质吸纳降解的方式与过程,土壤自净能力可分为物理自净、化学自净、物理化学自净、生物自净等(李天杰等,2004)。随着现代工业社会的发展和环境污染物的类型和数量增多,土壤的这种环境净化功能越来越显著。

但土壤的自净能力是有限、有条件的,利用不当将会导致土壤自净能力的衰竭以至丧失。现代农业高强度的施用化肥和化学农药,已经加重了区域土壤的自净负荷,对区域土壤环境产生了深刻的影响。如果再叠加大量工业“三废”(废渣、废水和废气)、生活污水与生活垃圾等倾倒,将超过土壤自净能力的“阈值”,形成日益严重的土壤污染。土壤污染不但直接影响到农副产品质量,威胁人类健康与安全,也降低了土壤维护和改善人类生存环境质量的作用。因此,客观评价区域土壤类型的自净能力,适度利用土壤的自净功能,寻找修复被污染土壤自净能力的新技术途径,将成为人类合理利用土壤资源的重要研究与应用领域。

第二节 土壤地理学研究内容、方法与学科体系

一、土壤地理学研究对象与内容

(一) 土壤地理学

土壤地理学(soil geography; pedogeography)是研究土壤在地球表面的发生发育、土壤分类及时空分异规律,进而为调控、改造和利用土壤资源提供科学依据的学科。作为土壤学和地理学的交叉学科,土壤地理学是最直接地提供土壤本身信息的科学,是了解土壤圈的未来历史和预测它的未来、描述它的空间特征和三维变异的基础学科分支。时间和空间中的土壤变化是土壤地理学的核心内容。因此,土壤地理学同时还是整个地球系统科学,特别是地球表层系统科学中的重要基础学科,在理解人地关系中具有重要的地位。

土壤地理学研究的主要目的在于通过一系列土壤问题研究,理解和掌握土壤的基本属性(“土壤是什么”、“为什么如此”)以及土壤及土壤圈形成规律(“如何演变”),尽可能准确地“预测”土壤在生态系统中的作用以及演变趋势。从应用的观点看,土壤地理学是正确理解和认识土壤资源的基础,并可从中获得正确的管理启示,从而可持续的利用土壤资源。

(二) 土壤地理学研究对象与内容

土壤地理学以土壤及其与地理环境系统的关系作为研究对象。研究土壤各物质组成和各个土层之间的物质迁移与能量转换、各地理环境因素与土壤之间的物质与能量交换、输入与输出过程,进一步了解土壤与地理环境之间的相互对立、相互依存、相互作用和相互转化的对立统一关系;研究土壤发生发育的方向及其空间分异规律;研究利用现代技术手段合理开发、持续利用土壤资源、保护土壤环境的途径。现代土壤地理

学研究内容主要包括以下几个方面。

1. 土壤发生发育及其特性研究 这是土壤自身特性研究,也是土壤地理学基本理论研究内容之一。主要研究土壤内部各组成成分、层次结构,以及它与外界环境之间的物质与能量交换的过程,用科学的观点来研究土壤的发生发育过程,并根据这一规律来改造土壤。土壤及土壤圈的形成是各自然地理要素综合作用的结果,地理环境的复杂多变性决定了土壤发生发育过程的复杂性、土壤特性及土壤类型的复杂多样性。开展不同景观尺度土壤发生过程,特别是单个土体土层尺度内的物理化学过程定量研究,以及人类活动对土壤形成及性状变化的影响等已经成为现代土壤地理学基础与应用研究的热点领域。

2. 土壤分类系统研究 土壤分类研究是指在深入分析土壤形成发育规律,即分析土壤单个土体的物质组成、结构、土壤剖面、土层特征及其定量化的基础上,通过比较它们之间的相似与相异性,对客观存在的土壤进行科学的区分和归类,建立一个有序的、严密逻辑、多等级、谱系式分类系统的过程。所建立的分类系统能够正确地反映土壤的本质特性,反映土壤之间以及土壤与环境之间的内在关系,反映土壤的肥力水平和利用价值,为人类更好认识和改良利用土壤提供依据。

无论传统的土壤发生学,还是兴起于 20 世纪 60 年代的土壤诊断学,均从土壤的发生特征、土壤自身的定性定量诊断特征等方面展开了土壤发生学分类、土壤系统学分类的研究,并取得了丰硕的成果。迄今为止,土壤学界还没有一个世界统一的土壤分类体系,1978 年国际土壤学大会倡议发展国际性土壤分类研究,并成立了国际土壤分类参比基础(International Reference Base for Soil Classification, IRB),之后通过吸收各国土壤学研究成果并以诊断层和诊断特性为基础,发展为现在的世界土壤资源参比基础(World Reference Base for Soil Resources, WRB),成为世界各国交流土壤资源信息与研究成果的良好中介。

3. 土壤地理分布规律研究 土壤是各种成土因素综合作用的产物,特别是全球热量条件和生物条件的区域差异直接影响土壤的成土过程和土壤性质,也就决定了土壤类型的空间分布差异,因此,研究土壤的空间分布规律,以及区域自然地理环境特征和土壤分布之间的相互关系,从土壤发生发展的角度认识这种规律性也是土壤地理学理论研究的基本内容。土壤地理分布规律的研究对于因地制宜地进行农林牧业生产的布局具有十分重要的指导意义。

4. 土壤资源调查、制图与数据库建设 土壤调查主要指通过对土壤特性的调查、测定与鉴别,确定区域土壤类型的分布范围、利用状况等,它是认识土壤、掌握土壤地理发生学理论、科学地描述土壤以及进行土壤系统分类研究的基础。从传统的野外记录调查和实验室研究、手工制图到运用“3S”(RS、GIS、GPS)等现代先进技术进行土地资源调查、制图和数据库建设,现代土壤调查与制图技术无论在手段上,还是精确性都有了质的飞跃。同时,这些新技术的应用也加快了土壤资源调查、制图的速度和精度。为了广泛便捷的利用土壤资源调查成果,方便国际交流,近年来国际土壤学术界十分重视世界土壤-地形数字化数据库(World Soil and Terrain Digital Database, SOTER)的研究,将全球土壤和土地分类系统及其研究成果资料标准化、定量化,创建土壤图斑单元界线(多边形属性)子库、土地组分属性子库和土壤层属性子库;将这些数据子库存储在计算机中,可按照需要随时输出,并能够与其他资源数据库结合在一起进行综合分析研究,为不同空间尺度的土壤资源利用与管理提供科学依据。

5. 土被结构、土壤圈与地理环境相互关系研究 土被结构与地理环境之间存在密切的发生联系,特别是结合气候变化、植被演替和地貌发育来研究土被的发生与演替,对于合理开发和持续利用土壤资源具有重要的意义。另外,土壤圈是大气圈、水圈、生物圈、岩石圈之间物质能量迁移转化的结果,也是人类智慧圈与地圈相互作用的记录。因此,土壤圈的内在结构、功能及其演化在地球系统中的地位,以及人类活动、地圈与土壤圈相互作用的土壤生态系统研究已经成为现代土壤地理学的重要研究内容之一。各圈层之间的碳、氮、硫、磷等养分元素的迁移转化过程及其环境效应的研究,土壤圈与水圈之间的水分循环与物质迁移,土壤圈物质能量循环与地球生命、人类生存环境以及全球变化之关系研究,区域土壤生态系统的演变同环境条件的关系,人为活动对土壤生态环境的影响与预测等均成为现代土壤地理学的重要研究内容。

6. 土壤质量评价与资源保护、污染土壤修复技术研究 土壤是宝贵和有限的自然资源,随着社会的快速发展,大量工业“三废”直接或间接地通过大气、水体、生物向土壤环境输入,现代农业生产过程中高强度的施用化肥、农药及污水灌溉,使土壤不同程度地遭受污染。用生物技术和方法来治理土壤污染,使土壤恢复其正常功能的途径即土壤生物修复技术(soil bioremediation)。因此,选择一定的评价体系和评价因子对区域土壤资源质量现状进行调查与评价既是土壤资源保护和合理利用的基础性工作,又是污染土壤修