



土壤学

李志洪 赵兰坡 窦森 主编



化学工业出版社
农业科技出版中心

土 壤 学

李志洪 赵兰坡 窦森 主编



化学工业出版社
农业科技出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤学/李志洪, 赵兰坡, 窦森主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 7

ISBN 7-5025-7524-3

I. 土… II. ①李…②赵…③窦… III. 土壤学
IV. S15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 088058 号

土 壤 学

李志洪 赵兰坡 窦森 主编

责任编辑: 刘兴春

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 胡艳玮

*

化学工业出版社 出版发行
农业科技出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 14½ 字数 367 千字

2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7524-3

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书是在经典土壤学原理基础上，总结本学科 20 多年来的成就精心编写的一部教材。全书由绪论和九章内容构成：第一章阐述岩石的风化和成土母质；第二章和第三章分别讲述土壤矿物质和土壤有机质；第四章论述土壤的化学性质；第五章介绍土壤孔性、结构性和耕性；第六章阐述土壤水分、空气和热量状况；第七章讲述土壤养分；第八章和第九章介绍土壤形成与分类、中国主要土壤类型。全书各章前后呼应，对土壤学基本理论、过程和土壤发生分类做了较系统的论述，具有较强的知识性和参考价值。

本书可作为农业院校、农学、园林、园艺、植保、地学、生物、环境和生态等专业学生的教材与参考书，也可供从事相关领域的教学、科研人员参考。

《土壤学》编写人员

主 编 李志洪 赵兰坡 窦 森

参编人员 （按姓氏笔画为序）

王继红	刘文利	孙彦君	李志洪
李翠兰	吴景贵	张晋京	赵兰坡
梁运江	窦 森		

前 言

本书是为非“农业资源与环境”专业编写的《土壤学》教材，是在1984年吉林农业大学自编《土壤学》讲义和1993年公开出版《土壤学》教材的基础上，经过多年的实用并逐步完善，在结构和内容上进行了调整和充实而完成的。

《土壤学》是农学种植类专业的专业基础课，也是土地、环境和生态类专业的必修课。本书从地学、物理学、化学和生物学的角度出发，讲述土壤三相物质组成之间的联系，与土壤肥力、土壤生产力的关系，以及土壤在生态环境中的作用等。本书由浅入深地讲述了土壤的基本原理和过程，并注重吸收了国内外土壤学研究的最新成果和理论，强调土壤肥力因素的内在联系和相互关系，充分讨论土壤培肥和改良所涉及的基本原理和方法；也讲述了土壤与农业可持续发展、土壤和生态环境的密切关系。

本书是按土壤学40学时（前七章）或60学时讲课的要求组织编写的。充分考虑了非“农业资源与环境”专业课程体系的特点，即在未开设《地质学》和《土壤微生物学》的情况下，将岩石风化和成土母质内容独立为第一章，在土壤有机质一章加入“土壤中生物转化相关的微生物”一节。这样即便是开设40学时《土壤学》也能基本了解土壤的来源和生物学过程。

为了使学生了解和掌握土壤学的英文专业词汇，对本书第一次出现的常见专业名词，依据全国科学技术名词审定委员会公布的《土壤学名词》，用英文做了标注。

基于突出基本概念、原理和对土壤类型的认识，全书由绪论和九章内容构成，可分为三大部分：第一部分为土壤矿物质、有机质、土壤水和空气的物质组成和热状况，分别在第二章、第三章和第六章中讨论；第二部分为土壤化学性质、物理性质和土壤养分内容，在第四章、第五章和第七章中讨论；第三部分为土壤发生、形成、分类、合理利用和土壤改良等，在第一章、第八章和第九章讨论。

全书主要由吉林农业大学土壤学科编写完成，其中，绪论、第五、第六章由李志洪教授编写；第一、第三章由窦森教授编写；第二、第四章由赵兰坡教授编写；第七章由王继红副教授编写；第八章由吴景贵教授编写；第九章由孙彦君教授编写。张晋京副教授和李翠兰对常用专业词汇做了英文标注；吉林农业大学王淑华、延边大学刘文利、梁运江对全书进行了校编。最后由李志洪教授统稿，并对某些章节有较大的修正及内容方面的充实。

本书可供农业院校、种植、农学、园林、园艺、植保、地学、生物、环境和生态等专业学生的教材与参考书，也可供从事相关领域的教学、科研人员参考。

由于编者水平有限，本书一定会有许多不足之处，敬请使用本书的师生和读者给以批评、指正。

编 者
2005年6月

目 录

绪论	1
第一节 土壤和土壤肥力的概念	1
第二节 土壤在农业和自然环境中的重要性	3
第三节 土壤科学的发展	4
第四节 土壤学研究领域与研究方法	7
第一章 岩石的风化和成土母质	9
第一节 形成母质的矿物和岩石	9
第二节 岩石的风化	12
第三节 成土母质	15
第二章 土壤矿物质	18
第一节 土壤矿物质的化学组成	18
第二节 土壤中的原生矿物	18
第三节 土壤中的次生矿物	21
第四节 土壤颗粒与土壤质地	30
第三章 土壤有机质	38
第一节 土壤有机质的来源及其构成	38
第二节 土壤中生物转化相关的微生物	39
第三节 土壤有机质的分解与周转	42
第四节 土壤有机质的主要组分及其特征	45
第五节 土壤有机质在土壤肥力上的作用及其调节	50
第四章 土壤的化学性质	54
第一节 土壤胶体的构造及性质	54
第二节 土壤的酸碱性反应	67
第三节 土壤的氧化还原性质	74
第五章 土壤孔性、结构性和耕性	80
第一节 土壤孔性	80
第二节 土壤结构的概念、类型和作用	86
第三节 土壤结构性和耕性	95
第六章 土壤水分、空气和热量状况	103
第一节 土壤水分	103
第二节 土壤空气	117
第三节 土壤热量状况	121
第四节 土壤水、气、热的调节	127
第七章 土壤养分	130
第一节 土壤中的氮	130

第二节	土壤中的磷	134
第三节	土壤中的钾	138
第四节	土壤微量元素	142
第八章	土壤形成与分类	145
第一节	土壤形成因素	145
第二节	土壤形成过程	153
第三节	土壤分类	158
第四节	土壤分布	166
第九章	中国主要土壤类型	169
第一节	淋溶土	169
第二节	半淋溶土	179
第三节	铁铝土	184
第四节	钙层土	189
第五节	干旱土	194
第六节	漠土	197
第七节	水成土	199
第八节	盐碱土	204
第九节	初育土	214
第十节	水稻土	218
参考文献		224

绪 论

第一节 土壤和土壤肥力的概念

土壤是一个国家最重要的自然资源，它是农业发展的物质基础，没有土壤就没有农业，也就没有人类赖以生存的基本原料。一句名言“民以食为天，农以土为本”道出了土壤对国家和人民的重大作用。但是回答什么是土壤这个问题，不同学科的专家、学者常有不同的认识：环境科学家认为土壤是重要的环境因素，是环境污染物的缓冲带和过滤器；工程专家把土壤看作承受高强度压力的基地或作为工程材料的来源。本书是从农业科学工作者的角度讨论土壤的概念、性质和作用。

一、土壤的概念

土壤是发育于地球陆地表面能够生长植物的疏松多孔结构表层。这一概念阐述了土壤的功能、所处位置和物理状态，也表明土壤是一个独立的历史自然体，有它发育、形成的自然过程。

在自然界中，土壤以不完全连续的状态覆盖于陆地表面，处于大气圈、生物圈、岩石圈和水圈相互交接地带，相互间进行着物质、能量的交换和转化。土壤是联系有机界和无机界的纽带，在生态系统中，有时把土壤带称为土壤圈（pedosphere）。按照地质学的划分，岩石圈上部的风化残余物属于风化壳（weathering crust），土壤位于风化壳的上层，图 0-1。

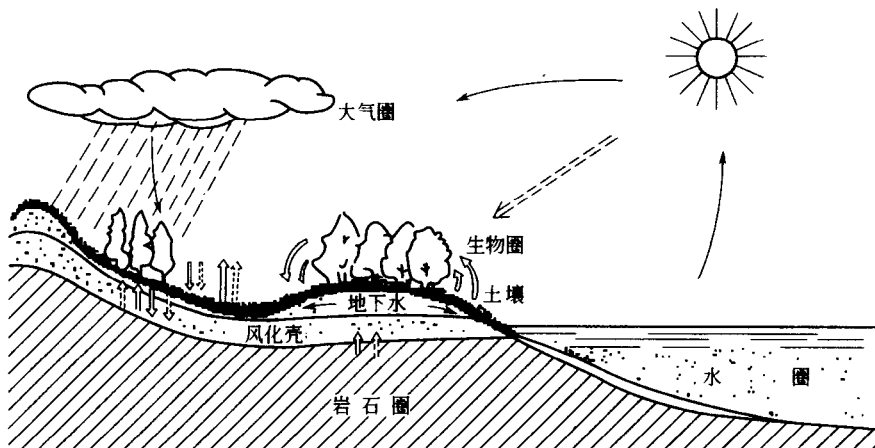


图 0-1 土壤自然界中的位置示意

（据李天杰等《土壤地理学》）

土壤是以疏松的状态存在于陆地表面。这个表层的松散物质有着一定的厚度，一般称为土体，它是土壤科学研究的对象。土体的下面是岩石风化的残积物或其他类型的堆积物，它们是形成土壤的母体物质，叫作母质（parent material）。土壤和母质之间的界限，常常很难清楚地划分出来。在平原地区，土体的厚度可以达到 1~2m。在山区，土体较薄，常不足 1m，甚至只有几十或十几厘米。有人认为，应当把高等植物主要根系分布的深度划为土体。事实上，主要根系以下的土层对植物生长仍有相当大的作用，所以应比这个深度

稍微深些。

在野外观察和研究土壤时，从地面垂直向下直到母质挖一断面，这一断面叫作土壤剖面 (soil profile)。土壤剖面一般可呈现出水平层次，这些层次称为土壤发生层 (soil genetic horizon)，简称土层。土壤剖面的表层是有机质的积聚层，颜色较暗，在土壤学中称为 A 层。土壤剖面的心土层称为 B 层。A 层和 B 层合称土体。土体以下逐渐过渡到轻微风化的基岩或地质堆积物层，称为母岩层或者母质层。土壤剖面中各个土层的厚度、特性和相互排列组合的情况，对于土壤的水分、养分、空气和热量状况及耕性等都有直接的影响，对植物生长发育有着重要的作用。

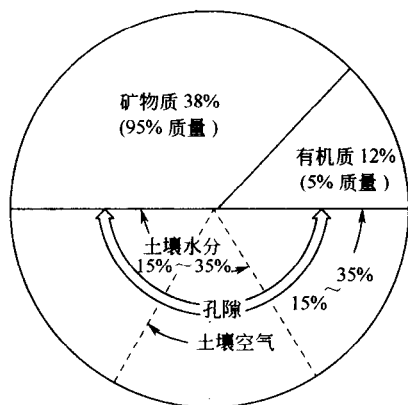


图 0-2 土壤三相组成

土壤是由固体、液体和气体三相物质组成的疏松多孔体。土壤固体部分通常以土粒的形式存在，按容积计算一般约占 50%，其中矿物质 (soil mineral) 占 38% (按质量分数计算约占 95%)，有机质 (soil organic matter) 占 12% (按质量分数计算约占 5%)。其余 50% 的容积是固体土粒之间的大小不同的孔隙，其中充满着液体和气体，也就是水分 (soil water) 和空气 (soil air)。水分和空气的含量常在 15%~35% 的容积范围内相互消长地变动着，但二者所占的容积之和大致在 50% (图 0-2)。在土壤孔隙中或土粒表面上，生存着许多昆虫、蠕虫、原生动物和大量的微生物。每克土壤中，微生物的数量往往可以多到数十亿个，它们对于有机质的分解、腐殖质的形成和养分的转化都起着非常重要的作用。组成土壤的这些物质，不是简单地、机械地混合在一起，而是相互联系、相互制约地构成一个统一体。

土壤的物质组成在数量上有着很大的差异。泥炭土的有机质含量可以高达 70%~80% 以上，砂质土壤和其他瘠薄土壤，有机质的含量可以低到千分之几。至于水分和空气数量的变化则更大，而且它们的消长还左右着土壤热量状况。

二、土壤肥力

土壤能够生产植物收获物，是由于它具有肥力 (soil fertility)。土壤的概念和肥力的概念是分不开的，土壤的发生发展过程，实质上就是肥力发生发展的过程。土壤具有肥力，这是土壤和其他物质 (如岩石、母质等) 的根本区别，是土壤质的特征。

关于土壤肥力的概念，一直有着不同的认识。欧美的一些土壤学家传统地把土壤供应养分的能力看作是肥力。前苏联土壤学家威廉斯 (B. P. Вильямс) 认为，土壤肥力是在植物生活的全部期间内，土壤不断地、同时地供给植物以最大数量的水分和养分的能力。从他的这个定义看出，肥力包括水分和养分两个因素。

我国土壤科学工作者在总结农民群众生产经验的基础上，发展了威廉斯关于土壤肥力的概念。一般认为，土壤肥力是指在植物生长期间土壤供应和协调水分、养分、空气和热量的能力，通常简称为水、肥、气、热 4 大肥力因素。在 4 个肥力因素中，水、肥、气是物质基础，热是能量条件。4 大肥力因素与土壤的物理性质、化学性质和生物学性质密切相关，因此可以说，土壤肥力是这些性质的综合反映。

土壤肥力可以分为自然肥力 (natural fertility) 和人工 (人为) 肥力 (anthropogenic fertility)。两种肥力产生的原因是不同的。自然肥力是在没有人为因素参与下、在自然成土过程中产生的，只有在未开垦的草原和林地土壤上才能存在；人工肥力是在自然肥力的基础

上,在人们耕作熟化过程中发展起来的。耕种土壤中,两种肥力在生产上同时发挥着作用,但是,因受环境条件的限制或土壤管理技术水平的限制,只有其中一部分能够在生产上表现出经济效果,这一部分肥力叫作有效肥力(effective fertility);另一部分没有直接反映出来的肥力,叫作潜在肥力(potential fertility)。有效肥力和潜在肥力是可以相互转化的,其间没有截然的界限。有些土壤(如某些涝洼地的草甸土、沼泽土和盐渍化土壤等)潜在肥力较高,而有效肥力不高;有些土壤(如风沙土)潜在肥力和有效肥力均不高。对于这些土壤,都应该因地制宜地进行农田基本建设,改造环境条件,改良土壤,使一部分潜在肥力转变成有效肥力,或者提高有效肥力,使之在作物产量上表现出效果来。

一种良好的土壤,既要有较高的潜在肥力,能保持大量的养分和水分,又要有较高的有效肥力,在作物整个生长期不断地、适时适量地供应和协调水、肥、气、热等肥力因素。土壤和土壤肥力是不断变化着的。威廉斯曾指出,“没有不良的土壤,只有拙劣的耕作方法”。无数的实践证明,任何不良的自然土壤,都可以被改造成为高产农田。但是,破坏土壤资源,土壤利用不合理或者只种地不养地,土壤肥力也会降低,作物产量就会低而不稳。

第二节 土壤在农业和自然环境中的重要性

一、土壤和农业生产

土壤不仅是一个自然体,而且是农业的基本生产资料。从现代大农业(农、林、牧)的角度来看,农业属于植物生产,植物在利用光能同化 CO_2 并从土壤中吸收养分、水分,合成有机物质(粮食、棉花、蔬菜、水果、药材)和其他人类生活必需品,同时为牧业提供精、粗饲料。牧业是动物生产,畜、禽以农业供给的精、粗饲料或直接以草场牧草为食,生产肉、蛋、乳、皮、毛,并提供有机肥料。人们把有机肥料施于土壤,保持和增加土壤有机质的含量,提高土壤肥力,进一步促进农、牧业生产。林业也是以土壤为基地的植物生产,它为人类提供木材和燃料,还起着涵养水源、保持水土、防风固沙、保护农田和草场的重要作用,是农业高产稳产和发展畜牧业的重要条件。由此可见,农业、林业和牧业都是直接或间接地以土壤为基地。农业、林业、牧业三结合,可以保持农业生产中物质的合理循环和能量的高效率转换,充分、合理地利用和保护土壤资源,提高土壤肥力。

二、土壤生态系统

从以上可以看出,农业生产的主要对象是生物。农业生产的过程,实质上是生物与生物之间、生物与环境之间进行的物质循环和能量转换。研究生物与生物、生物与环境的关系,属于生态系统的研究内容。生态系统是指植物、动物和微生物结合成的生物群落与其无机环境(如空气、光、热、水、土、无机养分等)所构成的综合体,它主要研究生态系统的结构和功能。

从宏观的整体来看,生物圈是一个巨大的生态系统,它包括陆地生态系统、海洋生态系统、岛屿生态系统、淡水生态系统等多种多样的、大小不一的无数个生态系统。土壤是陆地生态系统的一个结构组成部分,是其中的一个亚系统,同时又是一个可独立的生态系统。作为独立的土壤生态系统(soil ecosystem),它的结构有四个组分:一是生产者,主要指绿色植物和藻类,它们通过光合作用固定二氧化碳;二是消费者,是指直接或间接以生产者为首的食草动物和食肉动物;三是分解者,是指生存在土壤内部或地面的营腐生细菌、真菌等微生物和土壤小动物,它们分解生物残体的有机物质,使之变为无机状态,而它们从中获得养分和能量;四是非生物物质,是指土壤矿物质、腐殖质、水分、空气等,这些是土壤生物生

命活动的物质基础,属于土壤生物的环境。从土壤生态系统的功能来看,这四种组分之间存在着一环扣一环的食物链关系,相互作用,相互制约,决定着土壤中物质和能量转化过程的速度与强度,决定着土壤肥力的高低。

在土壤生态系统中,受人类活动影响很大,人是高级的生产者,也是消费者。人类为了生产和生活的需要,不断地从环境中索取大量的自然资源,同时向环境中排出大量的废物,因而改变了土壤生态系统的平衡,导致其日益恶化。历史上,国内外都有这方面的惨痛教训。如18世纪到19世纪,美国开发了大片的森林和草原作为农田,由于地面裸露,土壤侵蚀日益严重,1934年曾发生了美国历史上最严重的一次“黑风暴”,狂风越过美国2/3的大陆,刮走3亿多吨土壤,水井和溪流干涸,作物枯萎,牛羊渴死,当年的冬小麦减产 $51 \times 10^8 \text{ kg}$ 。在20世纪50年代,前苏联为了扩大耕地面积,开垦哈萨克斯坦的草原,也多次引起了“黑风暴”,仅1963年一次黑风暴就毁掉了2000万公顷●农田(1亩=666.7m²,下同)。我国西北黄土高原水土流失面积达40余万平方公里,如遇暴雨,表土可被冲刷3~5cm深,大量的肥沃土壤流失。截至2000年,我国北方沙漠化土地面积已经达到 $3.86 \times 10^5 \text{ km}^2$,并继续以每年3600km²的速度在扩展。这些,都是历史上滥伐森林、滥垦草原和过度放牧所造成的后果。

随着工业的发展、工厂的废水、废气和废渣的排放,大量施用农药,造成了土壤的污染,使土壤的理化性质和生物学性质恶化,影响植物的正常发育,甚至通过食物链的传播,危害人体健康。在一些工业发达的国家,土壤被汞、镉、铅、砷等重金属和有机氯、有机磷制剂等所造成的污染,已被广泛地引起注意,我们也应引以为戒。从国内外的许多经验教训来看,要建设高产、稳产农田,要全面发展农业生产,需要建立一个农田生态系统、森林生态系统和草原生态系统相结合的复合生态系统,使农田生态系统具有较大的稳定性。在农田生态系统中,要制定合理的轮作、施肥和耕作制度,做到用地和养地相结合,杜绝只用不养的掠夺式的经营方式,要防治土壤污染。

三、土壤是珍贵的自然资源

土壤资源与光、热、水、气资源一样被称为可再生资源,但土壤资源的再生速度相当缓慢,地球表面形成1cm厚的土壤,需要300年以上的时间。现在看来,这一土壤的再生速度抵不上水土流失造成土层的减少。我国耕地面积近7年减少了670万公顷,截至2004年,全国耕地面积为1.225亿公顷,人均耕地0.09公顷,还不到世界平均水平的40%;全国荒漠化土地总面积为 $2.63 \times 10^6 \text{ km}^2$,占国土总面积的27.46%,分布于18个省(自治区、直辖市)的498个县(旗、市);我国森林面积 $1.75 \times 10^8 \text{ ha}$,森林覆盖率18.21%。根据1980年的全国草地资源调查,我国草地面积约有 $4 \times 10^8 \text{ ha}$,约占国土面积的40%以上,是世界上第三草地大国。中国人口基数大,各种类型的土壤资源人均占有量很低,要想从有限的土壤资源获取足够的粮、肉蛋奶和木材等物品,必需保护和利用好土壤资源。今后在开发利用土壤资源时应注意利用和保护相结合。土壤资源保护主要是防止土壤侵蚀,防治土壤沙化,培肥土壤,提高有机质和养分的含量,改善生态系统,使土壤资源显现出应有的生态效益和经济效益。

第三节 土壤科学的发展

一、近代土壤科学的主要观点

土壤学的兴起和发展与近代自然科学、尤其是化学和生物学的发展息息相关。16世纪

● 1公顷=1×10⁴m²。

以前,人们对土壤的认识仅是以土壤的某些直观性质和农业生产经验为依据。如我国战国时期《尚书·禹贡》中根据土壤颜色、土粒粗细和水文状况等进行的土壤分类,其后许多农学家有关多粪肥田和深耕细锄可以提高土壤肥力的论述,以及古罗马的加图所描述罗马境内的土壤类型等,都反映了当时人们对土壤的认识水平。

16~18世纪,近代土壤学随着自然科学的发展而开始形成。在西欧,许多学者为论证土壤与植物的关系,提出了各种假说。17世纪中叶,荷兰医生范·海耳蒙特根据他长达5年的柳枝土培试验结果,认为土壤除了供给植物水分以外仅仅起着支撑物的作用。17世纪末,英国的伍德沃德(1665~1728)将植物分别置于雨水、河水、污水及污水加腐殖土四种介质中生长,发现后两种介质中的植物生长较好,因而他认为细土是植物生长的“要素”,从而否定了海耳蒙特的观点。18世纪末,德国的泰伊尔提出“植物腐殖质营养”学说,认为除了水分以外,腐殖质是土壤中惟一能作为植物营养的物质,这一学说在西欧曾风行一时。这些假说,虽未能全面正确地指出土壤的本质及其与植物生长的关系,但对于启发后人从不同的侧面认识土壤仍有裨益。18世纪以后,随着自然科学的进一步发展,土壤学在发展进程中先后出现了三大学派:农业化学土壤学派、农业地质土壤学派、土壤发生学派。

1. 农业化学土壤学派

1840年,德国化学家李比希(J. F. Liebig, 1803~1873)《化学在农业和植物生理上的应用》一书问世,书中提出的“植物矿质营养学说”认为矿质元素(无机盐类)是植物的主要营养物质,而土壤则是这些营养物质的主要给源。腐殖质分解时可以不断地供应 CO_2 。李比希在批驳了腐殖质营养学说以后,又强调了矿物质的营养作用,并肯定地指出,土壤中矿物质是一切绿色植物惟一的养料,厩肥及其他有机肥料对于植物生长所起的作用,并不是由于其中所含的有机质,而是由于这些有机质在分解时所形成的矿物质。这个学说,为植物营养和施肥奠定了理论基础,促进了化学肥料的制造与施用。

李比希指出,土壤中矿质养分的含量是有限的,必将随着耕种时间的推移而日益减少,因此必须增施矿质肥料予以补充,否则土壤肥力水平将日趋衰竭,作物产量将逐渐下降。这个主张即著名的“归还学说”;它正确地指出了土壤对植物营养的重要作用,从而促进了田间试验、温室试验和实验室化学分析的兴起以及化肥工业的发展,为土壤学的发展做出了划时代的贡献。

2. 农业地质土壤学派

19世纪后半叶,西欧(主要是德国)的一些土壤学家用地质学的观点来观察土壤,把土壤看作是岩石风化堆积物。德国的费斯克(M. Фёкса)曾这样写道:“土壤过去某个时期曾是岩石,而现在正在重新形成岩石。从岩石学的观点来看,可以把土壤看作是一种独立的土质结构的岩石”。德国地质学家法鲁(F. A. Fellow, 1794~1877年)曾说:“土壤是一个死的无机物,因此它本身不能生长植物,大气才是能力的所在……土壤仅仅为植物贮藏着营养物质,是一个满足植物生活需要的商店或粮仓”。拉曼(Ramann)写道:“……土壤学也局限于研究风化的表层和有机残余物的混合物”。总之,他们不承认土壤是一个独立自然体,忽视生物对土壤形成的作用。按照他们的观点,土壤形成过程是单纯的岩石风化和淋溶过程,并且随着土壤发育程度的加深,风化和淋溶程度也就不断加深,土壤中的养分不断地释放出来而被雨水淋溶损失,结果导致土壤肥力呈递减曲线下降。显然,这是不符合现代农业发展过程中土壤肥力不断提高、单位面积产量逐步增加的实际情况。但农业地质学观点在土壤学发展史上,同样起到了积极作用,该观点开辟了从矿物学研究土壤的新领域。

3. 土壤发生学派

19 世纪末期，俄国的土壤学家道库恰耶夫 (B. B. Докучаев, 1846~1902) 等人以发生学的观点来研究和认识土壤，形成了土壤发生学派。他们认为土壤是一个独立的自然体；土壤形成过程是由岩石的风化过程和成土过程所推动的；影响土壤形成发育的因素可概括为母质、气候、生物、地形及时间五个方面，称为五大成土因素；土壤的外部形态和内在性质都直接或间接与五大成土因素有关，因而识别土壤、研究土壤的形成和分布规律，都应联系五大成土因素。

前苏联土壤学家威廉斯继承和发展了土壤发生学的观点，进一步强调了生物在土壤形成过程中的主导作用，并据此创立了土壤统一形成学说。他指出了物质的地质大循环和生物小循环的对立统一，是土壤形成过程的基础。他还阐明了土壤团粒结构是土壤肥力的基础，并制订了草田农作制。

4. 现代土壤学的发展趋向

土壤作为人类赖以生存的重要自然资源，由于持续的集约利用，也正在逐渐或迅速地发生变化，这种变化不仅对土地承载力产生重要作用，而且对全球气候状况也产生直接或间接的影响。因此，当今土壤学已由原来仅研究土壤本身向土壤圈及其与各圈层之间的关系的方向扩展。

土壤圈概念自 1938 年由英国土壤学家 S. Matson 提出后，近 10 年来获得了极大的发展，特别是 1990 年，Arnold 对土壤圈的定义、结构、功能及其在地球系统中的地位做了全面地阐述和展望，为土壤科学参与解决全球环境问题奠定了基础。

土壤圈是指岩石圈最外面一层疏松的部分，其表面或里面有生物栖息。土壤圈处于地球上大气圈、水圈、生物圈及岩石圈交界面上，是这四个圈层的中心，是地球各圈层物质循环与能量交换的枢纽，又是地球各圈层间相互作用的产物。由于土壤圈处于四个圈层的中心，因而它具有：永恒的物质迁移与能量交换；最活跃与最丰富的生命力；“记忆块”与“基因库”；时空变异与限制性；资源的再生、利用与保护等特性，并且具有支持与调节生物过程与养分循环（对生物圈）；影响大气组成、水平衡与释放温室气体（对气圈）；影响降水分配与平衡（对水圈）；影响土壤发生与地质循环（对岩石圈）等功能。它的作用在于通过土壤圈与其他圈层的物质交换影响全球变化，通过人为活动对土壤圈的强烈作用，对人类生存与环境产生重大影响。

因此，从土壤学的发展看，今后的研究共有两大方向：第一、研究土壤圈与地球其他圈层的关系；第二、研究土壤圈物质迁移与能量平衡对人类生存环境（持续农业）的影响。上述研究方向可概括为以下四项研究任务：土壤圈物质循环与全球土壤变化；水土资源时空变化、开发利用与恢复重建；土壤肥力演变规律、发展趋向与调控对策；农业持续发展、区域治理与生存、环境建设，其中通过土壤圈物质与养分循环，研究与解决农业持续发展与生态环境建设是关键。

二、我国土壤学的发展

1. 中国古代对土壤的认识

我们中华民族的祖先，在 6000 年前的仰韶文化时期，在黄河流域就有原始粗放农业的发展。在几千年的农业生产实践中，我国劳动人民在认土、用土、养土和改土等方面积累了丰富的经验，并为一些古代科学家总结记载于许多古籍中。早在 4100 多年前，夏代《禹贡》就是以土壤肥力为主，并依据土壤颜色、质地、植被和土壤水文状况作为鉴别土壤的标准，把九州的土壤分为三等九级，根据土壤肥力等级，安排农业生产，制定适当的田赋。这种土壤分类，是我国古代土壤科学史上的创举，也是世界上有关土壤分类和等级评定最早的记

载。2600 多年前春秋战国时代的《管子·地员》指出：“凡草土之道，各有谷造，或高或下，各有草土”。所谓凡草土之道，各有谷造，就阐明了土壤形成、土壤分布与植被的自然规律。把土壤、植被和种植谷物紧密结合起来，说明了土壤与植被及其适宜的栽培作物之间存在着一定的规律性，以及在不同的地形部位上分布着不同的植被和土壤；指出了认识草就可以认识土壤，认识了土壤，就可以“因地制宜”地来利用土壤，种植作物。春秋战国时代的《吕氏春秋·任地篇》，从土壤耕作出发，记载了用土、改土与养土的技术措施，提出“力者欲柔，柔者欲力。息者欲劳，劳者欲息。棘者欲肥，肥者欲棘。急者欲缓，缓者欲急。湿者欲燥，燥者欲湿。”辩证地论述了土壤的疏松和紧实、栽培和休闲、肥沃和瘠薄、供肥性的强和弱、湿和干等肥力因素的正确观点。

我国南北朝时期（公元 420～581 年）杰出的农业科学家贾思勰编撰的《齐民要术》就有关于旱田耕作经验的记载，书中总结出了“秋耕欲深，春耕欲浅”、“凡耕高田，不问春秋，必须燥湿得所为佳，若水旱不调，宁燥勿湿”的经验。关于利用绿肥肥田则指出：“凡美田之法，绿豆为上，小豆、胡麻次之。”可见，当时已能根据土壤墒情掌握适耕期，对绿肥轮作已有相当的经验。

到了宋、元、明、清时代，一些重要的农业书籍先后问世，如宋代的《陈甫农书》，元代的三大农书《农桑辑要》、《王桢农书》和《农桑衣食撮要》，明代的《农政全书》和清代的《授时通考》等，都记述了一些耕作和培肥土壤的技术方法。

2. 我国土壤科学的发展

我国古代劳动人民在长期的农业生产实践中对土壤本质的认识与总结，对近代土壤科学的发展有重要贡献。只是近百年来，我国外受帝国主义的侵略，内遭反动封建统治的压迫，经济凋零，科学技术不发达，土壤科学的发展也落后于世界先进国家。我国现代土壤科学的研究工作始于 20 世纪 30 年代，当时主要进行了某些土壤调查、制图和一般的分析试验。对中国的土壤资源、主要的土壤类型、分布规律理化性质，以及土壤改良等也做了初步研究。

新中国成立以后，土壤科学事业有了较大发展。中国科学院和农业部相继成立了专门的研究机构，高等农业院校设立了土壤和农业化学的有关专业。1950 年以来，随着垦垦和农业的发展，土壤地理、土壤改良及土壤肥力等分支学科发展较快。1958 年和 1979 年先后两次进行了全国性的土壤普查，奠定了全国土壤资源的系统总结和土壤分类的发展，20 世纪 90 年代中期建立了我国特色的土壤系统分类。随着农业生产水平的提高，全球环境问题的恶化以及对全球变化的关注，土壤学正为农业发展和资源环境持续管理而开展深入研究，土壤资源、土壤环境及土壤管理等学科日益活跃。

当前我国拥有一支庞大的土壤科学研究专业队伍，一些研究工作在同类研究中很有特色，如土壤的电化学性质、人为土壤分类、土壤中营养元素的再循环、盐碱土的改良与利用等。中国以占世界 9% 的耕地养活占世界 21% 的中国人口，这一成就无疑是土壤科学与技术的发展、中国土壤科学工作者做出的卓越贡献。

第四节 土壤学研究领域与研究方法

一、分支学科与研究内容

土壤学已发展成为一门独立的学科，根据国际土壤科学联合会（前身是国际土壤学会，成立于 1924 年），较为成熟的学科分支包括土壤物理、土壤化学、土壤矿物学、土壤生物学、土壤肥力和植物营养、土壤发生分类和制图、土壤技术和土壤与环境等 8 个分支学科；另外还设有盐渍化、微形态、土壤动物、水土保持、森林土壤、土地评价、土壤治理等专业

委员会。中国土壤学会的分支学科几乎覆盖了国际土壤科学联合会的全部基础分支学科。

土壤物理学是研究土壤中物理现象和过程的土壤学分支。主要研究土壤物理性质和水、气、热运动及其调控原理，研究内容包括土壤水分、土壤质地、土壤结构、土壤力学性质、土壤溶质运移以及土壤-植物-大气连续体（SPAC）中的水分运动和能量转移等。

土壤化学是研究土壤物质的化学组成、性质及其土壤化学反应过程分支学科。重点研究土壤胶体的组成、性质及土壤固液面发生的系列化学反应。

土壤微生物是研究土壤中微生物生物区系、多样性及其功能和活性的土壤学分支。包括微生物的种类、数量、形态、分布和生理代谢特征，以及与土壤形成、物质循环、植物生长和环境保护的关系。

土壤生物化学是研究土壤中的有机质组成、结构及其生物化学过程的土壤学分支学科。

土壤地理学是研究土壤发生、演变、分类、分布规律及其与地理环境之间关系的土壤学分支学科，是由土壤学与自然地理学交叉发展而成的边缘学科。

二、土壤学的研究方法

土壤学研究方法归纳起来有宏观与微观研究方法、综合与交叉研究方法、野外调查与实验室研究结合方法和新技术应用。

在宏观研究方法中，研究土壤的全球变化是站在“土壤圈”的高度上。研究区域土壤则要考虑一个区域的自然地理，区域的地形、水分、气候、地质特征对成土的影响。在微观研究方面，注重土壤物质的化学组成、结构，物质相界间的性质、结合方式，以及物理、化学和生物化学反应，这些要运用现代化仪器去研究。

土壤学的研究手段随着其他学科新技术的发展也有较大的更新，遥感技术、数字化技术、地理信息系统（GIS）技术已被成功地应用于土壤信息技术、土壤数据库、精准农业中。一些现代化的分析技术、生物技术和方法被土壤相关分支学科所采用。

第一章 岩石的风化和成土母质

土壤作为自然界中的独立自然体，并不是地球一形成时就有的，它有自己的发生、发展历史。土壤的最初来源是在地球形成以后，地壳表面坚硬的岩石在漫长的地质年代中，经过极其复杂的风化过程和成土过程而形成的，它经历了由岩石→母质→土壤的不同阶段。本章重点介绍岩石的风化和母质的形成。

第一节 形成母质的矿物和岩石

土壤是以岩石的风化产物为母体物质（称母质），在各种成土因素作用下发育而成的。与土壤形成有关的母体岩石（称母岩）的矿物及化学组成，直接影响成土母质及其所发育的土壤的性质。母岩-母质-土壤三者之间既有本质的差别，又有发生上的“血缘”联系，特别是在发育程度较浅的土壤中表现得十分明显。

一、主要造岩矿物的种类及其性质

1. 矿物的一般概念

矿物是指天然产生于地壳中，由地质作用所形成的具有一定的化学成分、物理性质和内部构造的天然化合物或元素。大多数矿物是由两种以上元素所组成的无机矿物；也有少数是一种元素构成的单质矿物，如碳（石墨、金刚石）、金等；还有少数为有机矿物，如石油、煤等。多数矿物为固态，具有规则的构造。

按矿物的起源，可分为原生矿物（primary mineral）和次生矿物（secondary mineral）两大类。原生矿物是指地球内部的岩浆冷凝时，在高温高压条件下，通过凝结和结晶过程所形成的矿物，存在于岩浆岩（火成岩）中，如石英、长石、云母等。次生矿物是指原生矿物在各种风化因素的影响下，在常温常压条件下，逐渐改变了形态、性质和化学成分而形成的新矿物。矿物的种类很多，约 3300 种以上。但从学习土壤学角度，我们着重关注的是与土壤形成有关的成土矿物，以及某些可以作为肥料和土壤改良剂来源的矿物。

2. 造岩矿物

矿物的种类繁多，分类方法也很多。目前广泛采用的是结晶化学分类法，即以化学成分和结晶构造作为分类的依据。这里我们将不涉及详细分类，仅就主要的造岩矿物做简要介绍。

（1）石英 石英（ SiO_2 ）是地壳中分布最广的矿物，约占地壳重量的 12%，是最主要的造岩矿物。石英一般为无色、乳白色，含杂质时可呈现各种颜色。石英质坚、硬度大，化学性质稳定，极难分解和机械粉碎。含石英多的岩石风化后，多数石英是以碎屑状态和粗粒状态存在于土壤母质中。

（2）长石类 长石类也是地壳中分布最广的矿物，约占地壳重量的 50%~60%，是岩浆岩和变质岩的主要造岩矿物。长石类是钾、钠、钙的铝硅酸盐，按其化学成分的差异可分为正长石和斜长石两类。正长石（ KAlSi_3O_8 或 $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ）又称钾长石，斜长石是由钠长石（ $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 或 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ）和钙长石（ $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ 或 $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ）以不同比例组成的一系列类质同象矿物。长石类为浅色矿物，正长石多呈肉红、浅黄红色，斜长石多为白色或灰白色，风化后呈灰绿色、浅蓝色。长石物理风化较难，易于化学风化，分