



北京市高等教育精品教材立项项目

土壤与水资源学基础

杨培岭 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



basis of soil and water resources

北京市高等教育精品教材立项项目

土壤与水资源学基础

杨培岭 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材为北京市高等教育精品教材立项项目之一。全书分三大部分,共七章。第一部分:分三章,从土壤的形成开始,较系统地介绍了与农业生产密切相关的土壤学基础知识和土壤水分动态。第二部分:分三章,基于水资源学的基本理论,从自然水循环出发,结合当前农业用水实际,较全面地介绍了当代农业用水的基本原理和灌溉系统工程。第三部分:分一章,从可持续发展的角度,论述了农业水土资源的可持续利用原理、方式和保护措施。

本教材可作为农业工程、水利工程、环境工程、农学以及其他相关专业的本科学生学习用书,也可作为生产、科研管理部门及相关科技工作者的学习和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土壤与水资源学基础 / 杨培岭主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2005

北京市高等教育精品教材立项项目

ISBN 7-5084-3093-X

I. 土... II. 杨... III. ①土壤学—高等学校—教材 ②水资源—高等学校—教材 IV. ①S15②TV21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 088989 号

书 名	北京市高等教育精品教材立项项目 土壤与水资源学基础
作 者	杨培岭 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×960mm 16 开本 17.50 印张 342 千字
版 次	2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—3500 册
定 价	26.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言



北京市高等教育精品教材立项项目

水与土壤资源是农业的两大基础资源，它们和光、热、气一起构成了农业的五大基本生活要素，共同孕育了人类的农业文明。在农业发展的历史长河中，人们对水土的认识和利用是一个漫长的循序渐进过程。在相当长的时间里，有关水土的经验和认知只是一种朴素的知识构架，没有形成比较系统的科学体系。直到 20 世纪，随着工农业的高速发展和人类物质文明的不断提高，水土问题日益突出，人们开始从资源角度重新认识和利用自然界的水土资源，才使土壤学和水资源学得到快速发展和丰富。目前它们已发展成了两大比较完备的学科体系。土壤学是以地球表面能够生长绿色植物的疏松层为研究对象，探索其中的物质运动规律及其与环境之间关系的科学。其研究目的在于为合理利用土壤资源、消除土壤低产因素、防止土壤退化和提高土壤肥力水平等提供理论依据和科学方法。水资源学的研究对象是：水资源的形成、演化、运动机理，及其时空分布规律；合理开发利用水资源的科学途径；人类在开发利用水资源过程中引起的环境变化和这种变化对水资源自然规律的影响，以及在变化的环境中如何保持水资源的可持续开发利用的科学途径。

农业科学是一个跨专业、多领域的综合性学科。在水土等农业资源日益紧缺，人口急剧膨胀的今天，要依靠科技提高农业生产力，推动农业发展，全面解决人口对农业的压力问题，必须要依赖多学科的协作才能完成。然而当代土壤学和水资源学是沿着它们各自的轨道发展而来，属于两个不同的知识范畴。目前有关土壤学、水资源学的教材多以独立版本出现，版本形式也多种多样，很难见到将土壤学与水资源学复合为一门既含有两学科的基本概念和理论，又对两者的内在联系以及统筹规划、利用做

出系统介绍的教科书。本教材就是在这种形势下，主要针对农业工程专业类学生而编写。目的是使学生系统掌握和理解土壤和水资源的概念，它们的内在联系和利用特点，全面提高学生的专业基础知识和应用技能。

本教材的编写大纲是以汪懋华院士主持的“高等农林院校农业工程类专业教学改革”项目成果为基础，结合编写者多年的教学经验和课题组成员对本课程的教学内容进行的多次讨论而制定的。在教材编写过程中力求突出学科交叉融合，知识符合新颖、简明、实用的指导思想，体现以下几个方面的特色：将土壤学和水资源的理论与内涵有机结合，构成一门新的知识体系；在充分介绍土壤与水资源的概念和特征的基础上，进一步阐述两者的内在关系，使学生对水土资源有一个全面整体的认识；以水土资源的规划利用为主线，结合实例，在水土资源的利用特点、利用方式、评价方法等方面进行系统介绍；以满足农业工程专业类学生基本知识需求为目标，同时也使其适用于其他非水资源、非土壤专业的学生和教师学习和参考；强调概念、层次分明、深入浅出、注重应用。

本书第一、第二章由杨培岭编写，第三、第四章由任树梅编写，第五章由任树梅、王勇编写，第六章由王勇编写，第七章由王勇、冷艳杰编写。杨培岭任主编，任树梅、王勇任副主编。全书由杨培岭、王勇统稿。另外，苏艳萍、王金满、李冬杰、闫美俊等也为本教材部分章节的编写和校正工作给予了很大的支持。在此对所有参与和支持本教材出版工作的同仁表示衷心的感谢。

书中许多图片和资料来自于编写组长期教学、科研工作的积累和收集。同时本书在编写过程中亦引用了有关院校和生产、科研单位编写的教材及文章中的相关内容。

由于水平有限，书中缺点错误难免，我们诚恳地希望广大读者给予批评指正。

编 者

2005年3月



前言

第一章 土壤的形成与组成	1
第一节 土壤的形成	1
第二节 土壤的组成	12
第三节 土壤分类	20
第四节 土壤的分布	28
第五节 土壤调查与土壤图	33
第六节 我国的土壤资源	36
复习思考题	40
第二章 土壤的基本性状	41
第一节 土壤的孔隙性与结构性	41
第二节 土壤胶体与吸附性	49
第三节 土壤的酸碱反应	54
第四节 土壤空气和作物生长	59
第五节 土壤的热状况	62
第六节 土壤的力学性质与土壤耕性	67
复习思考题	81
第三章 土壤水	83
第一节 土壤水的水文特性	83
第二节 土壤水分的能量状态	92
第三节 土壤水分运动	99
第四节 土壤含水率的监测	108
复习思考题	111
第四章 水资源学的基础知识	113
第一节 水资源的涵义及水资源储量	113

第二节 水循环和水量平衡	118
第三节 降水	123
第四节 蒸发及蒸腾	132
第五节 径流的形成	136
第六节 地下水	141
复习思考题	146
第五章 农业用水	147
第一节 农业水资源	147
第二节 农业用水量的计算	153
第三节 农业用水水质评价	161
复习思考题	174
第六章 农业水资源利用工程	175
第一节 农业灌溉分类	175
第二节 蓄水工程	181
第三节 取水工程	192
第四节 输水工程	198
第五节 水能利用工程	206
第六节 雨水集蓄利用工程	214
第七节 农业节水技术	220
复习思考题	229
第七章 农业水土资源的可持续发展	230
第一节 资源可持续发展的内涵	230
第二节 土地与耕地资源	232
第三节 土地资源承载力	237
第四节 水资源承载力	245
第五节 农业水土资源平衡	250
第六节 农业水土资源的污染与防治	257
复习思考题	269
参考文献	271

第一章

土壤的形成与组成

土壤是指地球陆地表面能够生长绿色植物的疏松表层，是一种松散颗粒体。它是地球陆地表面分布最广的自然物质之一。除了河流与湖泊以及为冰雪所覆盖的极地与高山之外，几乎到处都有土壤的分布。其厚度从数厘米至2~3m不等。地球陆地表面上的各种土壤并不是静止不变，而是在母质、气候、生物、地形和成土年龄（时间）以及人类生产活动等因素的综合影响下处于不断发生、发展、变化之中。因此，它一方面具有非常复杂的结构和构造，另一方面又具有比较鲜明的区域分布特征。本章主要讲述土壤的形成、组成、分类和分布等有关土壤学方面的基础知识。

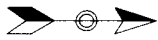
第一节 土壤的形成

一、土壤的形成

地球表面上的阳光、水分、空气和动植物有机体等各种自然因素，持续地对岩石发生作用，致使坚硬的岩石逐渐崩溃，变为细碎的物质（母质），为土壤的形成创造了条件，这个过程就是岩石的风化过程，所产生的物质即为岩石的风化产物。土壤与成土母质的本质区别在于它具有肥力，即具有不断地为植物生长提供养分、协调营养条件和环境条件的能力。

成土母质在自然界中不断与其他自然因素（大气、地表水、地下水等）相互接触和相互作用。这些接触和作用均具有相互间的物质和能量的交换特征。如与大气进行热、光能、水和气体的交换，与植物进行氧分、有机质、气体和水分的交换，与水进行各种水溶性化合物的交换等。

根据这些物质在自然界的相互转化关系，19世纪七八十年代，俄罗斯学者、土壤发生学创始人道库恰耶夫（В. В. Докучаев）提出“土壤是在5种成土因素综合影



响下形成的历史自然体”的成土理论。在此基础上，学者们对土壤形成过程的基本概念达成共识，即土壤形成过程是自然界所进行的物质和能量总循环的一部分，这一部分循环是在风化壳中所进行的一切物质和能量转化与转移现象的总和。在这些现象中，最重要的是形成土壤的母质与植物之间的相互作用。在风化壳中所进行的物质和能量的转化和转移的结果，便形成和不断地发展了土壤肥力，同时形成了具有一定形态特征和理化、生物学性质的土壤。

在不同的环境条件下，形成土壤的方式不同。影响土壤形成过程的速度、方向和程度的条件，称为土壤形成因素。其主要形成因素有生物（植物和动物）、母质、气候、地形和时间。前三者，彼此间有物质和能量的交换作用；后两者，不参与物质和能量的交换作用，只对前三者间的物质和能量的交换产生影响。毫无疑问，人类的生产活动也是影响土壤形成的重要因素之一。土壤形成的生物因素是基本因素。威廉斯（В. Р. Видьямс）认为：生物是形成土壤的主导因素。因为在母质上没有出现生物之前，岩石的风化产物只进行分解和淋溶过程，植物所需要的营养元素都被淋洗，在生物出现以后，才开始了植物营养元素的生物移动和生物聚积过程，把植物所需营养元素吸收利用和保存在土壤中。

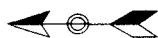
（一）生物

生物的生命活动除了在母质表层聚积植物营养元素之外，植物还合成了许多有机物质，以有机残留体的形式进入土壤中。在自然成土因素中，生物是具有特殊意义和作用的因素。严格地说，母质中出现生物后，才开始了成土过程。生物的出现，使母质拥有了氮素，出现了物质的生物小循环。随着生物的进化和发展，生物循环不断扩大，出现了绿色植物，特别是高等绿色植物出现后，有机质的创造才有了飞跃的发展，自然界中的植物养料元素的生物循环才得到了极大的提高，现代的成土过程才开始真正迅速的展开。所以，绿色植物对于成土过程的发展具有重大的作用。

绿色植物可以大致分为木本植物和草本植物两大类。它们对土壤形成的影响不同。这些有机物是转化后的化学能，在有机体分解的时候把这种化学能释放出来，并在母质中引起了新的物质和能量转化、转移过程。同时使母质中不断地积累氮素营养和土壤腐殖质。

1. 木本植物对成土过程的影响

（1）木本植物残落物在地面堆积，形成疏松多孔的地面覆盖层。木本植物都是多年生植物。在其生长过程中，每年只有少量的植物组织枯死，主要是地上部分的枯枝落叶和凋谢的花果。木本植物的根系虽然深长庞大，但是每年只有极少量的老组织枯死剥落于土壤中，其数量远较枯枝落叶为少。所以，在天然条件下，木本植物每年残留于土壤的植物有机体，主要是枯枝落叶和凋谢的花果。这些残落的植物堆积在地



面，形成覆盖层，即枯枝落叶层。其下层呈半腐烂状态，不含矿质土粒，具有弹性，疏松多孔，透水通气，有利于天然淋洗过程的进行，适于沼气微生物活动。由于具有酸性，特别有利于真菌的生长繁殖。

(2) 木本植物残落物中酸性物质较多。这些物质在真菌的分解下，产生多种酸性较强的物质。这些酸性物质一方面抑制细菌活动，另一方面对矿质土粒进行酸性溶提，使其中含有的钙、镁、铁、铝、锰等基性成分溶出，并随水向下淋溶和运移，结果表层土壤因损失了基性成分而变成酸性。所以在木本植被的长期影响下，土壤可以产生不同程度的亚表土，因铁、铝、锰的化合物被溶提、淋移而变为灰白色，呈酸性至强酸性，养分贫乏。

(3) 针叶林较阔叶林的酸性淋溶过程为强。因为针叶林的残落物含有较多的单宁和树脂，而钙、镁等盐基性元素含量较少，其残落物在真菌作用下就形成较多的酸，导致酸性淋溶过程的强烈发展，形成强酸性土，如东北大兴安岭北端的漂灰土。阔叶林的残落物含的单宁和树脂较少，而含有较丰富的钙、镁等盐基元素，因此凋落物分解时产生的有机酸多被盐基中和，削弱了酸性淋溶过程。所以在阔叶林的影响下，多半只能形成棕壤型的土壤。

2. 草本植物对成土过程的影响

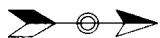
(1) 草本植被下形成的土壤，具有比较深厚的腐殖质层。草本植物大多是一年生植物，其生命在一年内完成，地上部分和地下部分每年全部死亡。草本植物也有一部分是多年生的。多年生草本植物，其有机体的地上部分也是每年死亡，只有少量的地下茎和潜匿芽可以越冬。因此，草本植物不但每年都有枯死的茎叶残留于地面，而且也有数量巨大的死亡根系残留于土壤内，就地分解，成为土壤腐殖质。这样年复一年，草根层就逐渐形成深厚的腐殖质层。

(2) 在草本植被下形成的土壤，具有较高品质的腐殖质和良好的团粒结构。由于草本植物的有机体含单宁、树脂很少，木质素含量也比木本植物低，含纤维素较多，在腐烂分解过程中产生酸性物质较少，并迅速为盐基中和，有利于细菌生长繁殖。因此，这些有机物质的分解一直是在中性环境下进行的，并且以细菌分解作用为主，所形成的土壤腐殖质以胡敏酸为主，品质较高。

草本植物根系比较发达，表土中须根密布，在富有腐殖质胶体及活根分泌的多糖作用下，通过强大根系的挤压切割使土壤逐渐形成良好的团粒结构。所以，在草本植被下形成的土壤，一般都比在禁林植被下形成的土壤具有较高的肥力。

(3) 不同类型的草本植物，对土壤形成作用并不相同。草本植物常常按其生长环境而分为草甸草本植物和草原草本植物。

草甸草本植物的主要特点是：生长在比较湿润的气候环境和地下水接近地表的土



壤上,水分条件好,生长期较长。一般自春季气温回升时,草甸草本植物的种子或冬芽即开始萌发,至秋末或冬初因气温下降才枯死。由于草甸草本植物枯死于秋末冬初,此时气温偏低,微生物活动受抑制,枯死的有机体当年难于分解,只有次年气候转暖,微生物恢复活动后草甸植物枯死的有机体才开始被分解。但是,由于土壤受地下水影响比较湿润,空气不足,仅适于嫌气性微生物活动,这就使草甸植物的有机残体只能在嫌气或半嫌气条件下分解,有机残体不可能被迅速彻底矿化。这样,有机物质就不断在土壤中累积,逐渐形成深厚的腐殖质累积层。在草甸草本植物的影响下,形成了黑土或草甸土类型的土壤。

草原草本植物是生长在气候比较干旱,全年降水分配不均,不受地下水影响的土壤上。由于水分条件差,生长期较短,越冬芽和种子只有在降雨临近的初夏才开始萌发。雨季内植物进入生长盛期,至夏末秋初,降水锐减,土壤变干时,植株迅速衰老死亡。这时,气温仍较高,土壤通气良好,有利于枯死有机体的好气分解。所以在草原草本植物下,形成了有机质含量少,腐殖质层浅,但矿质养分较丰富的栗钙土或棕钙土等草原土壤类型的土壤。

3. 微生物在土壤形成中的作用

微生物在土壤形成中的重要作用在于:分解有机质,释放其中所含有的各种养料,合成土壤腐殖质,发展土壤胶体性能。固氮微生物还能固定大气中的游离氮素。化能细菌还能分解释放矿物中的矿质营养元素。因此,微生物在土壤形成中的重要作用是多方面的,但不是单独进行的,而是与绿色植物形成一定组合即植物群,协同在土壤形成过程中发挥作用。

(二) 气候

气候因素直接支配陆地表面的水、热条件。水分和热量不但直接参与母质的风化过程和母质的地质淋溶过程,而且更重要的是它们在很大程度上控制着植物和微生物的生长,影响土壤有机物质的积累和分解,控制着植物和微生物类型及其生活条件,决定着有机物质的分解和积累的特点,对母质和土壤中的物质和能量的转化、转移过程有着极大的影响,因而在不同的气候条件下,可形成不同类型的土壤。

1. 气候与土壤有机质及氮素含量的关系

从气候要素中的降水量来说,一般趋势是:降水量大,植物生长繁茂,植物体的年增长量大,每年进入土壤里的有机物质也就较多,反之则少。从气候的另一个要素,即温度来说:在一定范围内,随着温度的升高,土壤微生物的繁殖速度也随之增加,土壤有机质的分解过程也变快。据研究,年平均气温超过 25℃ 时,有机质就很难在土壤中累积。

在气候干旱的地区,由于雨量少,地面植物生长稀疏,有机质的年合成量少,限



制着土壤有机质的来源,导致了土壤有机质的含量低。在气候湿热的地区,雨量充沛,虽有利于植物的繁殖,有机质的年合成量大,每年进入土壤的有机质多,但是由于微生物活动旺盛,有机质分解迅速,结果土壤有机质的含量一般也很低。而在气候温暖湿润、温湿同季的地区,则有利于土壤有机质的积聚,这对未开垦的草本植被下的处女地来说,尤为明显。因为温湿同季有利于植物的迅速生长。在干冷季节,微生物活动受到抑制,枯死的植物残体得以避免迅速分解矿化。

由于在大多数土壤中,有机质的含量同土壤中的氮素含量具有很高的相关性,所以上述的气候与土壤有机质含量的关系,一般也适用于气候与土壤全氮含量的关系。从我国东北的黑龙江往西,由内蒙古、宁夏、甘肃至新疆,气候干旱程度逐渐加剧,土壤中的有机质和氮素含量也逐步下降。由黑龙江往南,经吉林、辽宁、河北、山东过长江,直至华南,随着年平均气温的升高,土壤中的有机质含量和全氮量的总趋势也是下降的。

2. 气候对风化过程和土壤物质淋溶过程的影响

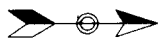
气候干旱地区,化学风化过程和淋溶过程微弱。因此,土壤中的矿物成分变化很小,土壤中的盐基成分如钾、钠、钙等的淋溶,无论在淋溶量上还是在淋移深度上都很小。碳酸钙仍基本上沉积在土壤剖面中,甚至累积至表层。干旱地区的土壤,如我国大西北地区的黄土高原及沙漠环境土壤,其共同特点是:剖面中有碳酸钙积聚层,整个剖面上下石灰反应强烈,呈中性至微碱性,含有丰富的植物矿质养分,如钾、钙、镁及磷,盐基饱和度高,有的地区还有钠盐积聚,形成盐渍化土壤。随着气候湿润度的增大,化学风化作用增强,淋溶过程变加剧,土壤中的各种矿物受到强烈的风化破坏,钾、钠、钙、镁等盐基成分大量淋溶下移,有些物质如碳酸钙甚至完全淋失。因此,湿润地区的土壤,如我国东南部温湿地区的土壤,一般具有的共同特点是:土壤中没有碳酸钙沉积,无石灰性反应,钾、钠、钙、镁等植物矿质养分缺乏,盐基不饱和,呈酸性反应。

我国从北到南,由寒温带、温带、暖温带至亚热带、热带,气候由冷变暖变热。从东到西,由湿润、半湿润、半干旱至干旱地带,气候由湿逐渐变干。气候与植被的不断变化也就形成了与生物气候带相适应的土壤带。

在大的气候带中,一个地区的小气候对当地土壤的形成也有很大影响,能导致土壤的局部差异。例如,华北山地丘陵,北坡和南坡分布着淋溶褐土和草甸褐土。

(三) 母质

母质是构成土壤的原始材料,是岩石的风化产物。单纯的风化过程只能产生母质而不能形成土壤。土壤是通过成土过程以母质为基础形成的。坚硬的岩石经过风化可以逐渐变为土壤,疏松的土粒经过岩化的地质作用也可以逐渐固结为岩石。岩石的风



化产物具有若干与土壤相类似的性质：具有一定的疏松性、蓄水性和一定量的可溶性养料。但是这些条件还远远不能满足高等植物的生长需要，因而只能称其为成土母质。母质的矿物成分和化学成分对所形成的土壤性质有重大的影响，例如，在湿润气候中，由花岗岩母质形成的土壤多半偏酸性。因为花岗岩含石英多而含盐基性矿物少，是一种酸性岩。在同样的气候条件下，由闪长岩及辉长岩等中性岩或基性岩的风化体发育形成的土壤多为中性，因为此类岩中一般含有较丰富的钙和磷。

母质的透水性对成土作用有显著影响。水分在土体中的移动，是促使剖面层次化的重要因子。粗质地的母质，透水性强，水分容易从其中迅速通过，土壤的淋洗作用强，使土壤中的易溶性物质或细土粒由上层土壤向下层土壤移动。细质地的母质，由于透水性不良，水分在土壤中移动缓慢，故土壤物质由上向下的垂直移动现象也不显著。

土壤的机械组成、矿物和化学成分与母质的性质有着密切的关系。同一地区的土壤，其性质上的差异往往是由于母质的差异而引起的。母质的化学和物理性质会加速或延缓土壤的发育过程，母质的许多性质也要遗留给土壤。

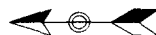
（四）地形

地形影响着土壤水热分布。在不同海拔高度或相同海拔高度的不同坡向上，温度和水分状况往往不同，因而影响着植物类型的出现和有机物质的分解和累积，同时也影响着母质和土壤中一切物质的转化和转移。因此，不同地形条件下可以出现不同类型的土壤。

在相同的降水条件下，地面接受降水的状况因地形不同而异。在平坦的地形上，接受降水相似，土壤湿度比较均匀和稳定。在波状起伏地形的丘陵顶部或斜坡上部，因径流作用显著，又无地下水涵养，常呈局部干旱，且干湿变化剧烈。低洼地段或斜坡下部，由于上部径流和土体内侧向渗流的影响，常较湿润。在洼陷地段，碟形洼地或封闭洼地，地下水往往较高，常有季节性局部积水或滞涝现象。因此，不同地形条件的成土过程是不同的。

不同坡向，接受的光热也有很大差异。我国地处北半球，南北坡接受的光热明显不同。南坡日照长，光照强，土温高，蒸发大，土壤干燥，称为阳坡。北坡日照短，光照弱，土温低，蒸发小，土壤潮湿称为阴坡。阴阳坡土壤中的生物学过程和物理化学过程有着很大的差别，所以在一般的情况下，南坡（阳坡）和北坡（阴坡）的土壤发育强度和类型均不相同。

由于地形条件的不同，岩石风化物或其他地表沉积体会发生不同的侵蚀、搬运和沉积，从而使不同地形部位的土壤发育度和属性产生差异。山地陡坡，因冲刷剧烈，侵蚀严重，土壤物质不断被搬运流失，所以一般是土层浅薄，质地粗糙，养料贫乏，土壤停滞在初期发育阶段。丘陵缓坡则因侵蚀轻微，母质搬运不明显，因而土壤可以



正常发育。此外，在干旱气候环境中，由于地形条件的不同，土壤盐分发生再分配，可导致盐渍化程度上的差异。封闭洼地盐渍化程度严重。在微起伏的小地区，由于高凸地形的蒸发强烈，表土积盐现象特别严重。

（五）时间

土壤形成的程度随时间的推移而不断发展。随着所经历的时间不同，土壤中物质的淋溶和聚积的程度也有所差异。因此，土壤形成过程必然要受到成土年龄，即时间因素的影响。

在成土过程中，由于不断地进行着有机物质的合成和分解，不断地进行着矿物质的转化和转移，致使成土母质形成了具有一定剖面构造和形态特征的土壤。

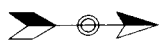
前面已述的4种成土因素相互间的作用，都随时间的延长而加深。在各种成土因素相同的基础上，时间长短不同，土壤发育的程度和所处的阶段就不一致。例如在河漫滩地上，土壤都是在近代冲积体上发育的。但是，高河漫滩地的沉积形成时期早于较低的河漫滩地。离河越远，沉积的时期越早，脱离河水泛滥影响的时间越长，生草过程越长且强，土壤发育形成草甸土性土壤；离河越近的滩地，沉积的时期越晚，脱离河水泛滥影响的时间越短，生草过程短且弱，因此土壤剖面分化不明显，仍属于冲积性或幼年性土壤。又如滨海平原土壤的脱盐及脱钙过程，自海边向内陆，脱盐和脱钙的强度顺次增强。这也是成土时间的反映。

（六）人为因素

人为因素与自然成土的各因素相比较，对土壤形成、演化的影响更加强烈。因为人为因素是人类在认识土壤发生变化规律的基础上，掌握客观规律，利用自然，改造自然的主体。因此，人为因素可以通过改造自然条件，给一个具体的自然土壤以深刻的影响，使其演变速度远远大于自然演化进程。人为因素还可以定向培育土壤，使土壤的肥力特性发生巨大变化，朝着更有利于人类生产需要的方向发展。例如，当我们感受到沙尘暴给人类生产和生活带来危害时，人们就在植被稀缺的地区实施山、水、田、林、路的生态环境综合治理，合理安排农、林、牧的比例。利用植树种草、农田覆盖、涵养水源，防止土壤侵蚀，阻挡风沙，进而改变空气湿度和温度，增加降水，最终使农田生态系统发生变化，建立新的生态平衡。这样就使农田、林地的水土环境发生巨变，从而在很大程度上改变了原来自然因素的影响。

又如，坡地上修建水平梯田，沟内建坝淤地，是人们认识水土侵蚀的危害及其规律后采取的对策。修建水平梯田后，彻底改变了坡地的地形，有效地防止了水土流失，从而在很大程度上改变了原有地形对土壤形成的影响。

在土壤盐碱化的治理过程中，通过平整地面，灌水洗盐，挖沟排水，控制地下水位，合理耕作，为排盐脱盐、防止返盐创造了良好条件。这不但可以加速原来的自然



脱盐过程，而且也可以把原来的积盐过程转向脱盐过程，在较短的时间内改良土壤。

旱地引水灌溉能有效地改善土壤水分状况。引洪淤灌、雨洪利用、集雨灌溉、蓄渗保墒等既消除了土壤干旱，又通过利用雨水资源，有效地减少了水土流失，改善了土壤质地，极大程度地改变了土壤中物质和能量的交流。总之，人为因素对土壤形成的影响，不同于自然因素，有其独自的特点。

在强调人为因素的特殊作用及其重要性时，也必须看到自然成土因素还继续在对土壤产生影响。自然因素与人为因素共同影响着土壤。自然土壤是以自然因素作用为主，农业土壤是以人为因素作用为主，有主次之分，而不能强调了这一方面而忽略了另一方面。

同时也应注意到人为因素对成土过程的负面影响。不当的土地开发利用，会严重破坏区域的生态平衡，加速土壤的劣质化，恶化人类的生活和社会发展环境，甚至对人类的生存造成威胁。例如，毁林开荒导致水土和养分的流失、洪水泛滥、河道淤积，不仅直接威胁人类的生命安全，而且造成水土流失地区的土壤性质不断恶化。在干旱半干旱地区，因灌溉方式不当，大水漫灌，造成土壤盐渍化的现象也比比皆是，大面积的草场开荒和过度放牧导致草场沙化的例子在我国甚至世界都屡见不鲜。

二、土壤剖面

土壤剖面是指裸露地表至母质（母岩）的土壤垂直断面。一般采用挖土坑的方法观察土壤剖面。土坑的容积和侧向范围的大小以观察者可以进行工作为度；土壤剖面的深度则随土壤类型而异，原则上以裸露母质层或母岩为宜，通常在1~3m；对于盐渍土和地下水位较高的土壤，以出现地下水为止。土壤剖面通常由人工挖掘而成。由于修路、开矿、兴修水利或开控制砖用土等原因而裸露的土壤剖面称为自然剖面。土壤剖面通常是由枯枝落叶层、淋溶层、淀积层和母质层构成，这些层次在自然状态下的排列状况即为土壤剖面构造（见图1-1土壤剖面示意图）。

（一）土壤剖面的构造

土壤剖面构造在不同的土壤类型中不同，即构成土壤剖面的层次组成不同。它可以明显地反映出在不同成土条件下土壤形态的特点。

枯枝落叶层（或叫残落物层）一般存在于自然植被没有受到破坏的土壤表层。根据其分解程度可分为未分解和半分解枯枝落叶层。前者以A00符号表示，后者以A0表示。

淋溶层存在枯枝落叶层的下部，其中包括腐殖层、灰化层和过渡层（向淀积层过渡的土壤层）。腐殖层以A1表示，它是暗色、暗褐色或黑色的层次。灰化层以A2表示，呈灰白色，是森林灰化土中所特有的层次，一般存在于A1层或A0层的下部。过渡层一般存在于A1层或A2层的下部，与淀积层相接，以A1B或A2B表示。

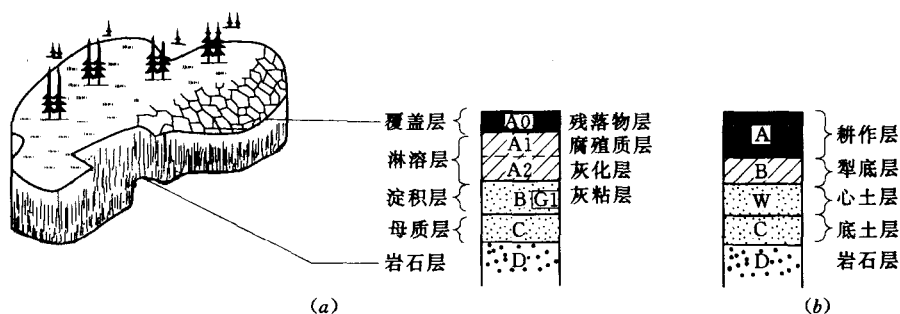
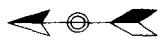


图 1-1 土壤剖面示意图

(a) 自然土; (b) 耕作土

淀积层或聚积层位于淋溶层的下部，以 B 表示。该层主要是由淋溶层淋洗下来的可溶性成分及胶体颗粒等发生聚积而成。淀积层的颜色依聚积的物质类型而异。钙质淀积物呈灰白色，铁质淀积物显棕色或红棕色等。淀积层一般比较紧实，并具核状或柱状等结构。在淋溶和淀积作用不太显著的地区，淀积层也表现有从 A 层直接向母质层过渡的特征如棕壤土。B 层根据发育程度，还可以划分为 B₁、B₂ 等亚层。由 B 层向母质的过渡层，以 BC 表示。

母质层位于 B 层的下部，以 C 表示，为岩石风化层或沉积层（如冲积母质）。岩石层在母质层的下部，在岩石山地即为基岩，是形成母质的岩石，以 D 表示。

自然界土壤剖面的构造变化很大，且多不典型，理想的剖面图式见图 1-1。

根据土壤剖面的发育程度，土壤层次通常有以下两种：

A—D 型：发育处在原始阶段的土壤类型；

A—C 型：发育处在幼年阶段的土壤类型。

土壤剖面各层次的交界情况也各不相同，有的层次明显，有的不明显，有的属逐渐过渡型。同时交界线也有平直的、曲折的、袋状的和舌状等形态。

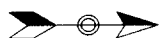
土壤经过长年的耕作之后，土壤剖面就会有所改变或变得不明显。耕作土壤的剖面构造一般可分 4 层：

(1) 耕作层（表土层或熟土层）。是受人们的生产活动影响最深刻的层次。根系分布最多，约占总根量的 50% 以上。土壤腐殖质较多，色呈深暗，土层较疏松。

(2) 犁底层（亚表土层）。在耕层之下，层次较薄，与耕层的界线明显，较紧实，呈片状或层状结构。

(3) 心土层（半熟土层）。根系较耕层少，约占总根量的 20%~30%。心土层可有不同特征的淀积现象。

(4) 底土层（死土层）。不受耕作的直接影响，植物根系难达此层或很稀少，一



般保持母质的特点。

此外，土壤形态还包括：土壤的颜色、结构、新生体、侵入体、坚实度、孔隙状况、机械组成等特征。

（二）土壤剖面的形成

土壤剖面的形成与成土过程紧密相连。在物质与能量（水、热、气）的垂直流（下行和上行垂直流及其循环变化）以及生物有机体（植物根系、微生物、土壤动物）活动的垂直分布等影响下，成土母质中的矿物和后来加入的有机质与矿物质，在量、质和速度上发生着各种不同的变化，并通过淋溶—淀积作用、氧化—还原作用、干湿交替、冻融交替作用等使原来相对均一的物质发生分异而形成不同的土层。可以根据其颜色、结构、质地、新生体等特征进行划分。每种成土类型由有其特征性的发生层组合，形成了各种土壤剖面。

（三）土壤发生层

由成土作用形成的土层称为土壤发生层。非成土作用产生的土层，例如冲积土剖面中的砂粘间层，则叫土壤层次。在土壤学发展初期（19世纪末），道库恰耶夫（В. В. Докучаев）首先把土壤剖面分为3个基本发生层，即：A层（腐殖质聚积表）、B层（过渡层）和C层（母质层）。后来的研究者进一步提出新的土层命名，土层的划分也越来越细，但总的来说仍未脱离道库恰耶夫的ABC传统命名法。

主要发生层按其成土作用特征可进一步划分成不同的特性发生层，例如，淀积层中可分出腐殖质淀积层、铁锰淀积层、粘粒淀积层等。以一个或两个英文字母作为附加符号并列于主要发生层的英文大写字母后。例如Bh（腐殖质淀积层）、Bt（粘粒淀积层）、Ap₁（耕作层）、Ap₂（犁底层）等。特性发生层的表示符号尚未统一，国际上较通用的是联合国粮农组织（1990年）和美国农业部土壤保持局（1990年）修订提出的表示方法：① 过渡层的划分。是在两主要发生层之间出现兼有两层特征的过渡性土层。符号用代表上、下两发生层的英文大写字母连写表示。例如，A层与B层之间的AB层或BA层，前面的大写字母表示该过渡层的主要特征；② 指间层的划分。是指两土层之间具舌状、指状、参差状界线而呈现的犬牙交错部分。用代表上、下两层的大写字母之间加斜线分隔号表示。例如E/B、B/E等，前面的大写字母代表该发生层在整个指间层中占优势；③ 主要发生层和特性发生层的划分。主要发生层在没有明确细分或无需细分为特性层的情况下可按其形态特征的差异划分为若干亚层。例如把C层划分出C₁、C₂两个亚层。同样，特性发生层也可按其反映发育程度的形态特征差异予以划分，例如，把粘粒淀积层（Bt）层划分为Bt₁、Bt₂、Bt₃3个亚层。续分的亚层用阿拉伯数字并列书写于主要发生层的大写英文字母后或特性发生层的小写英文字母后；④ 土壤发生层垂直序列的表示。土层的垂直序列反映土壤剖