



全国高等农业院校教材


全国高等农业院校教学指导委员会审定



北京市高等教育精品教材立项项目

土壤学

吕贻忠 李保国 主编

 中国农业出版社

全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定
北京市高等教育精品教材立项项目

土 壤 学

吕贻忠 李保国 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤学/吕贻忠, 李保国主编. —北京: 中国农业出版社, 2006. 2

全国高等农业院校教材

ISBN 7 - 109 - 10593 - 8

I. 土... II. ①吕...②李... III. 土壤学-高等学校-教材 IV. S15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 001877 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 毛志强

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 24.75

字数: 443 千字

定价: 32.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 吕贻忠 (中国农业大学)
李保国 (中国农业大学)

参 编 李跃进 (内蒙古农业大学)
李子忠 (中国农业大学)
高 明 (西南大学)
李贵桐 (中国农业大学)
胡克林 (中国农业大学)
陈焕伟 (中国农业大学)
孙丹峰 (中国农业大学)
李拴怀 (莱阳农学院)
侯振安 (石河子大学)
艾应伟 (四川大学)
蒋平安 (新疆农业大学)
魏江生 (内蒙古农业大学)
孔祥斌 (中国农业大学)
东野光亮 (山东农业大学)

主 审 黄元仿 (中国农业大学)
张乃明 (云南农业大学)

前 言

本教材为植物生产类专业本科生和大专生编写。针对当前国内土壤学教材普遍存在的问题,进行了研究讨论,对原有的土壤学教材的知识体系进行了重新组合,制定了新的教材编写提纲。编写教师来自国内多所农业高校及综合性大学,他们在长期的教学、科研以及生产实践中,积累了较丰富的经验,从各个方面不同程度地丰富了土壤学的内容。

本教材属于2004年度北京市高等教育精品教材立项项目。2004年初起草提纲,后经反复修改,并于2004年5月召开了教材编写研讨会,进行了分工。在编写过程中,参编教师对初稿进行了反复讨论,相互审阅及多次修改,并吸收了其他未参加编写同志的有益意见,于2005年5月定稿。在编写过程中,充分发挥了集体的智慧,体现了良好的合作精神。

本书可作为农学、园艺、植保以及农业气象、环境保护、生态、土地资源各专业本、专科生必修的专业基础课的教材,也可供从事农业科学研究的科技人员参考。土壤学是农业和环境科学的基础学科,也是一门与生产、生态、生活实际联系紧密的学科,由于土壤学内容涉及面广,为此,我们将有关土壤物理性质与过程、土壤化学性质与过程、土壤生物化学过程与养分循环等内容集中在一起讲解,主要讲解基本的性质与过程,而将其中相关的应用部分归纳为“土壤管理与肥力调控”一章,这样避免了讲解过程中的相互重复,使内容更简洁、更系统。在内容安排上突出了土壤的基本物质组成,重点阐述土壤性质的基本理论,论述土壤水、肥、气、热各因素对土壤肥力的作用以及它们之间的相互关系;土壤地理部分简要地介绍了土壤的形成过程、土壤分类以及我国主要土类的特性;在土壤资源利用与管理方面,突出对土壤质量内容的阐述,并介绍了我国

的土壤退化状况与主要的土壤退化形式。最后一章简要介绍了农田土壤、园艺土壤、森林土壤、草原土壤、城市土壤的特性及利用管理，从土壤资源的可持续利用角度出发，针对我国的土壤资源状况，指出了进行土壤知识教学和宣传的必要性。

对于不同专业，选用本教材时，重点讲授与学习的内容应有所不同。1、2、3、4、5章为土壤的基础知识，各专业学生都应掌握；第8章内容对农学、园艺、植保等专业尤为重要；第9、10章对环境、环工、生态、气象类专业是必要的；第6、7章是资环、土地资源专业必学的内容，对于其他专业可根据情况选讲、选学。

本教材编写分工如下：第1章由李保国、吕贻忠编写；第2章第1节由魏江生编写，第2、3、4节由李子忠编写；第5、6节由侯振安编写；第3章由吕贻忠、李拴怀编写；第4章由李贵桐编写；第5章由高明、蒋平安编写；第6章由东野光亮、吕贻忠、孔祥斌编写；第7章由陈焕伟、孙丹峰编写；第8章由胡克林编写，第9章由艾应伟编写，第10章由李跃进编写。最后由吕贻忠、李保国对全书进行了统稿，主审为黄元仿、张乃明。

在编写过程中，得到张凤荣、张宝贵、熊顺贵、秦耀东等多位老师的指导，在此一并致谢。由于我们水平有限，书中不当之处，恳请读者指正。

编 者

2005.6

目 录

前言

1 绪论	1
1.1 土壤和土壤圈的概念	1
1.1.1 土壤的概念	1
1.1.2 土壤圈的概念	3
1.2 土壤的重要性与功能	5
1.2.1 土壤是地球上最宝贵的自然资源	5
1.2.2 土壤是农业最基本的生产资料，是农业可持续发展的基础	6
1.2.3 土壤是生态系统的重要组成部分	6
1.3 土壤科学发展的历史及其研究内容	7
1.3.1 土壤科学发展的历史	7
1.3.2 土壤学研究的内容与任务	10
2 土壤物理性质与过程	15
2.1 土壤质地与结构	16
2.1.1 土壤三相关系	16
2.1.2 土壤颗粒	20
2.1.3 土壤质地	26
2.1.4 土壤结构	30
2.1.5 土壤孔隙	37
2.2 土壤水	42
2.2.1 土壤含水量	42
2.2.2 土壤水的能态	47
2.2.3 土壤水分运动	54
2.2.4 土壤水分平衡	61
2.2.5 土壤水的有效性	62
2.3 土壤气体	64
2.3.1 土壤气体的组成	64
2.3.2 土壤气体的运动	66
2.4 土壤热量	68

2.4.1	土壤的热性质	68
2.4.2	土壤热量平衡	71
2.5	土壤力学及其他性质	73
2.5.1	土壤黏结性与黏着性	73
2.5.2	土壤可塑性	75
2.5.3	土壤胀缩性	77
2.5.4	土壤剪切力	78
2.5.5	土壤压缩与抗压强度	79
2.5.6	土壤硬度	80
2.6	土壤颜色与电磁特性	80
2.6.1	土壤颜色	80
2.6.2	土壤的电磁特性	84
3	土壤化学性质和过程	88
3.1	土壤胶体和表面化学特性	88
3.1.1	土壤胶体的类型与特征	88
3.1.2	土壤胶体的表面性质	100
3.1.3	土壤胶体的离子交换作用	108
3.2	土壤酸碱性	115
3.2.1	土壤酸性	115
3.2.2	土壤碱性	122
3.3	土壤氧化还原反应	126
3.3.1	土壤中的氧化还原反应	126
3.3.2	土壤中主要的氧化还原体系	128
3.3.3	Eh 和 pH 的关系	130
3.4	土壤缓冲性	131
3.4.1	土壤缓冲性的概念	131
3.4.2	土壤缓冲作用的机理	132
3.4.3	土壤氧化还原缓冲性	135
4	土壤生物化学过程与养分循环	138
4.1	土壤生物	139
4.1.1	土壤生物的种类	139
4.1.2	土壤生物的数量与活性	148
4.2	土壤有机质的组成与转化	151
4.2.1	土壤有机质的组成	151

4.2.2 土壤有机质的转化与碳素循环	157
4.3 土壤氮素的形态与转化	170
4.3.1 土壤氮素的形态与性质	170
4.3.2 土壤氮素的转化与循环	173
4.4 土壤磷和硫的形态与转化	180
4.4.1 土壤磷素	180
4.4.2 土壤磷素的转化	182
4.4.3 生物在土壤磷转化中的作用	186
4.4.4 土壤中硫的形态与转化	188
4.5 土壤钾的形态与转化	189
4.5.1 土壤中钾的含量	189
4.5.2 土壤中钾的形态	189
4.5.3 土壤中钾的转化	190
4.6 土壤中的钙、镁和微量元素循环	192
4.6.1 土壤中的钙、镁	192
4.6.2 土壤中的微量元素	193
5 土壤形成和发育	199
5.1 土壤母质的来源与类型	199
5.1.1 土壤母质的来源	199
5.1.2 岩石的风化作用与土壤母质的形成	206
5.2 土壤形成因素	212
5.2.1 土壤发生学理论及发展	212
5.2.2 五大成土因素	213
5.2.3 人类生产活动对土壤形成的影响	219
5.3 土壤形成过程	221
5.3.1 土壤形成过程中的大小循环	221
5.3.2 主要成土过程	222
5.4 土壤发育和土壤剖面	225
5.4.1 土壤发育的主要阶段	226
5.4.2 土壤发育速率	226
5.4.3 土壤年龄	227
5.4.4 土壤剖面与土体构造	229
5.4.5 土壤发生层	230
6 土壤分类	234

6.1 土壤分类	234
6.1.1 土壤分类的基本概念和要求	234
6.1.2 土壤分类系统	237
6.1.3 土壤系统分类	241
6.2 我国土壤分布概况	248
6.2.1 地带性分布	248
6.2.2 区域性分布	250
6.3 我国主要土壤类型及特性	251
6.3.1 主要的地带性土壤	251
6.3.2 主要的非地带性土壤	260
7 土壤调查制图与土壤信息系统	266
7.1 土壤调查制图的基本概念	266
7.1.1 基本土壤调查(普查)和专项土壤调查	266
7.1.2 土壤概查和土壤详查	266
7.1.3 制图比例尺	267
7.2 常规土壤调查制图	267
7.2.1 踏查与资料分析	267
7.2.2 土壤界线的调绘	268
7.2.3 土壤剖面的布置与挖掘采样	269
7.2.4 土壤剖面的描述、解译	271
7.2.5 土壤图的制作	274
7.3 遥感技术在土壤调查中的应用	276
7.3.1 遥感的特性	277
7.3.2 土壤光谱特征	278
7.3.3 遥感图像的判读	279
7.4 土壤信息系统	281
7.4.1 土壤信息系统的基本组成	281
7.4.2 SOTER 数据库及应用前景	283
7.4.3 信息化技术发展与土壤信息系统	285
8 土壤管理与肥力调控	288
8.1 土壤肥力评价	289
8.1.1 土壤肥力的概念	289
8.1.2 土壤肥力分类	289
8.1.3 土壤肥力评价	290

8.2 土壤耕性和耕作	292
8.2.1 土壤耕性	292
8.2.2 土壤耕作及主要耕作方法	294
8.3 土壤质地和结构的改良与调控	298
8.3.1 不同土壤质地的生产性状	298
8.3.2 不良土壤质地的改良	300
8.3.3 土壤结构的改良	301
8.4 土壤水、气、热状况的调控	304
8.4.1 合理灌排, 调控土壤水分	304
8.4.2 加强农田基本建设	307
8.4.3 精耕细作, 加强农田管理	307
8.4.4 其他措施	307
8.5 土传病害与连作障碍的防治	308
8.5.1 土传病害的种类与防治	308
8.5.2 连作障碍的治理	310
8.6 土壤酸碱性调节	312
8.6.1 土壤酸碱性对土壤肥力和作物生长的影响	312
8.6.2 土壤酸碱性的调节	314
8.7 土壤有机质含量的调节与管理	317
8.7.1 有机质对土壤肥力的影响	317
8.7.2 土壤有机质的管理	319
8.8 土壤养分状况的综合调控	323
8.8.1 土壤养分及有效性	323
8.8.2 土壤养分循环及平衡施肥	325
8.8.3 土壤养分调控措施	326
8.8.4 精准农业与土壤养分管理	329
8.8.5 养分资源宏观管理	331
9 土壤质量与退化	336
9.1 土壤质量	336
9.1.1 土壤质量的概念	337
9.1.2 土壤质量的影响因素和评价原则	338
9.1.3 土壤质量的评价指标	339
9.1.4 土壤质量的评价方法	342
9.2 土壤退化的概念与分类	343

9.2.1 土壤退化的概念	344
9.2.2 土壤退化的分类	345
9.3 我国土壤退化的基本态势	347
9.3.1 我国土壤退化的现状	347
9.3.2 我国土壤退化的成因	348
9.4 土壤退化的主要类型及其防治	349
9.4.1 土壤沙化和沙漠化	349
9.4.2 土壤侵蚀	352
9.4.3 土壤盐渍化	356
9.4.4 土壤潜育化	358
9.4.5 土壤污染	359
9.4.6 土壤养分退化	362
10 土壤资源利用与管理	365
10.1 农田土壤特征与管理	365
10.1.1 农田土壤特征	365
10.1.2 农田土壤管理	366
10.2 园艺土壤特征与管理	369
10.2.1 园艺土壤特征	369
10.2.2 园艺土壤栽培要求	370
10.2.3 管理措施	370
10.3 草原土壤特征与管理	371
10.3.1 草原土壤特征	371
10.3.2 草原土壤管理	372
10.4 森林土壤特征与管理	373
10.4.1 森林土壤特征	373
10.4.2 森林土壤管理	373
10.5 城市土壤特征与管理	374
10.5.1 城市土壤特征	374
10.5.2 城市土壤管理	375
10.6 我国土壤资源存在的问题与对策	375
10.6.1 我国土壤资源的现状	375
10.6.2 土壤问题与政策制定	376
10.6.3 对策	377
10.7 土壤利用与可持续发展	377

目 录

10.7.1 土壤与环境保护及全球变化	378
10.7.2 土壤与食品安全	378
10.7.3 土壤与可持续发展	379
10.7.4 土壤知识教育与公众意识	380

1 绪论

【主要内容】

● 充分认识土壤资源的重要性

1. 了解土壤是植物生长繁育的基地，是农业的基本生产资料，没有土壤就没有农业。

2. 认识土壤是生态系统中的重要组成部分，以及它在该生态系统中的作用；土壤质量与环境问题具有密切的关系。

3. 理解土壤是可持续发展的基础。

● 理解土壤的概念和基本特性

1. 了解土壤的定义，认识土壤的本质。

2. 了解土壤圈的定义，理解土壤圈的重要功能。

3. 通过土壤对基本特性的理解，加深对土壤概念的理解和掌握。

● 了解土壤科学的发展历史

● 了解土壤科学的一般研究内容、方法和任务

1.1 土壤和土壤圈的概念

土壤是我们日常生活中最常见的物质之一，也是人类生产和生活中不可或缺的一种自然资源。它是人类赖以生存的物质条件，深刻地影响着整个地球的生态环境。过去、现在和将来，人类的生存和发展都离不开土壤资源。研究土壤和学习土壤知识就是为了更好地开发、利用、保护和管理土壤资源。为此，首先要弄清土壤的概念，然后学习土壤的物质组成和理化性质、土壤形成过程、分布规律以及土壤管理知识等。

1.1.1 土壤的概念

我国东汉许慎著的《说文解字》中说：土，地之吐生万物者也，壤，柔土也，无块曰壤。从汉字上看，构成“土”字的“二”其上指表土，其下指底土，“丨”指植物的地上部和地下部分(图 1-1)。这是世界对土壤所作的最早的科学定义。

不同人看待土壤的角度和目的不同，对土壤的定义是不同的。生态学家从生物地球化学观点出发，认为土壤是地球表层系统中生物多样性最丰富，生物

地球化学的能量交换、物质循环（转化）最活跃的生命层。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。工程专家则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。

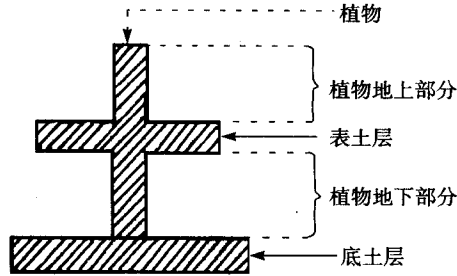


图 1-1 “土”字示意图

土壤学家一般将土壤定义为：土壤是在地球表面生物、气候、母质、地形、时间等因素综合作用下所形成的能够生长植物、具有生态环境调控功能、处于永恒变化中的矿物质与有机质的疏松混合物。简单地说，土壤就是地球表面能够生长植物的疏松表层。

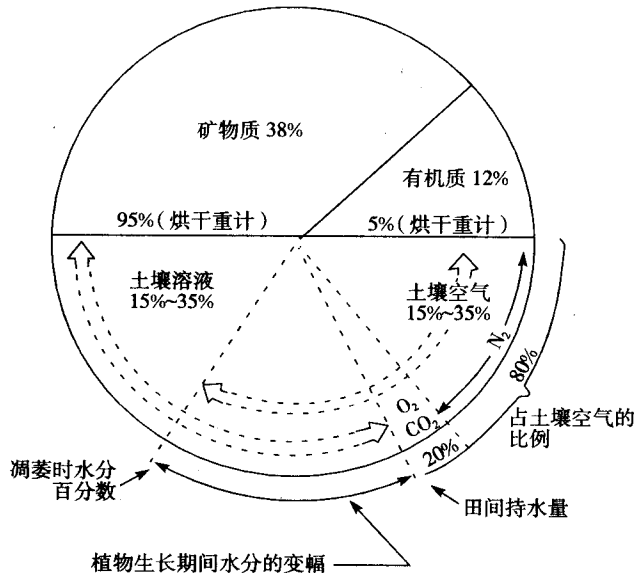


图 1-2 土壤物质组成示意图

这一概念重点阐述了土壤的主要功能是能生长绿色植物，具有生物多样性；所处的位置在地球陆地的表层；土壤的物理状态是由矿物质、有机质、水和空气组成的，具有孔隙结构的疏松表层。尽管不同地方的土壤千差万别，但都有以下几个特点：①土壤是一个独立的历史自然体。土壤是生物、气候、母质、地形、时间等自然因素和人类活动综合作用的产物，具有独立的发生、发育过程和规律，有特殊的形态、组成、结构和层次构造。②土壤是多孔多相系统。土壤中有空气（气相）、水（液相）、矿物质、有机物质和生物（固相）等，空气和水主要存在于复杂的土壤孔隙中（图 1-2）。③土壤具有垂直分层性。土壤发育过程中往往形成不同的层次，使土壤在垂直方向的物质组成和颜色发生分异，形成不同的发生层次（图 1-3）。土壤厚度差异较大，山区土壤厚度只有几十厘米，而平原土壤厚度可以从几米到几百米。

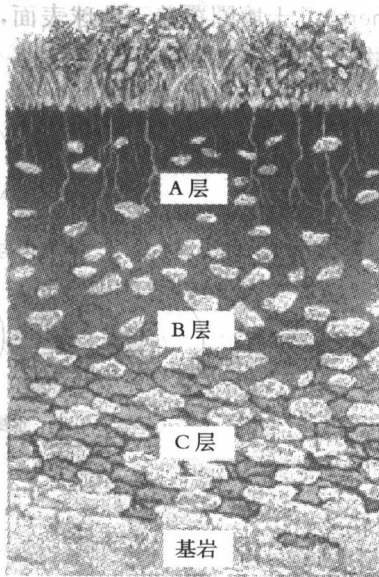


图 1-3 构成土壤剖面的基本土层

宇宙土壤：前苏联科学家们创造出一种人工土壤，称之为宇宙土壤，并在“礼炮-1”轨道科学站上进行了种植蔬菜的试验。宇宙土壤是一种塑料沙，沙中可以添加植物生长所必需的养分，只要补充肥料就能保证连续不断地生产植物。但这种合成材料成本很高，不适于在地球上大面积地推广使用，人类赖以生存的粮食必须通过大面积的自然形成的土壤来生产。

随着人类航天科技的进步，人类已经登陆月球和火星，发现月球和火星表面存在大量的由岩石风化产生的尘土，航天学家把这些星球表面的尘土也称之为宇宙土壤，由于没有水分和适宜的环境条件，它们并不能生长植物，也没有生命存在。

1.1.2 土壤圈的概念

地球的表层系统一般可分为 5 个圈层：大气圈、土壤圈、生物圈、水圈和

岩石圈。

土壤在地球表面以不连续的状态分布于陆地表面,称为土壤圈(Pedosphere)。土壤圈覆盖于地球表面,处于其他圈层的交接面上,成为其他圈层进行物质和能量交换的纽带,又是各个圈层间相互作用的产物。如图 1-4 所示。

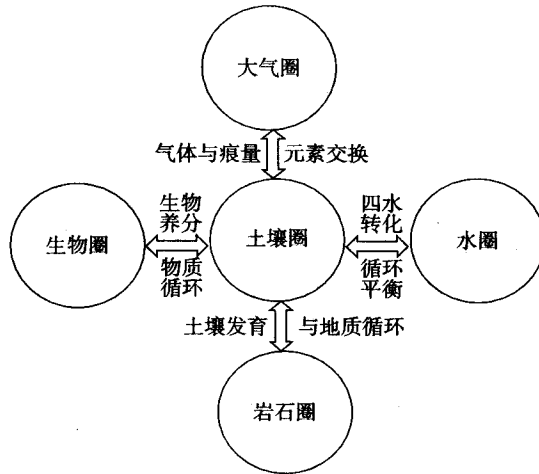


图 1-4 土壤圈与其他圈层的关系

土壤圈的概念是 1938 年由美国科学家 S. Matson 提出的,近年来土壤圈研究得到了极大的重视和发展,特别是 1990 年 Arnold 对土壤圈的定义、结构、功能以其在地球系统中的地位做了全面的概述和发展,促进了土壤科学参与全球问题的研究与解决。

在地球表层系统中,土壤圈具有特殊的地位和功能。它对各圈层的能量、物质流动及信息传递起着维持和调节作用。在土壤圈内各种土壤类型、特征和性质都是过去和现在大气圈、生物圈、岩石圈和水圈的反映。它的任何变化都会影响各圈层的演化和发展,乃至对全球变化产生冲击作用。所以土壤圈被视为地球表层系统中最活跃、最富有生命力的圈层。

土壤圈具有 5 个特点:①土壤圈是地球上永恒的物质与能量的交换场所。②土壤圈是最活跃的具有生命物质的圈层。土壤圈与生物圈密不可分,本身就是一个丰富多彩的生物王国和基因资源库。③土壤圈具有记忆功能。土壤形成过程中的气候、生物、岩石矿物组成、土壤发生过程与性质都会在土体中留下“烙印”,如各种生物化石、沉积层、次生矿物以及新生体等。④土壤圈具有时空特征。土壤圈具有明显的区域分布特征和长时间的演变特征。⑤土壤圈具有再生特性。