



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

土壤学

第二版

黄巧云 主编



 中国农业出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

土 壤 学

第二版

黄巧云 主编



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤学/黄巧云主编. —2 版. —北京: 中国农业出版社, 2017. 3

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材 普通
高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等农林院校
“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-22675-3

I. ①土… II. ①黄… III. ①土壤学—高等学校—教
材 IV. ①S15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 014922 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

策划编辑 李国忠

文字编辑 李蕊

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2006 年 2 月第 1 版 2017 年 3 月第 2 版

2017 年 3 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 19.25

字数: 455 千字

定价: 37.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

第二版编者

TURANG XUE

主 编 黄巧云
副主编 蔡 鹏 李廷轩
编 者 (按姓氏笔画排序)
朱 林 (安徽农业大学)
刘世亮 (河南农业大学)
李廷轩 (四川农业大学)
张锡洲 (四川农业大学)
胡红青 (华中农业大学)
黄巧云 (华中农业大学)
黄运湘 (湖南农业大学)
蔡 鹏 (华中农业大学)

第一版编者

TURANG XUE

- 主 编 黄巧云 (华中农业大学)
副主编 李廷轩 (四川农业大学)
参 编 (按姓氏笔画排序)
刘世亮 (河南农业大学)
李小刚 (甘肃农业大学)
李惠卓 (河北农业大学)
张锡洲 (四川农业大学)
胡红青 (华中农业大学)
谭文锋 (华中农业大学)
熊俊芬 (云南农业大学)
审 稿 丘华昌 (华中农业大学)

第二版 前言

土壤是人类赖以生存的重要自然资源，又是地球生态系统的中心枢纽。健康的土壤能维持土壤生产力，保障农产品安全，减缓全球气候变化，促进植物、动物和人类健康。21世纪是以高科技及经济高速发展为标志的竞争年代，也是人类继续面临人口、资源、环境、粮食尖锐矛盾的年代。地学、化学、生物学、信息学等学科的飞速发展，以及现代分析技术的进步，极大地推动了土壤学的发展，丰富了土壤学的内容。2015年是国际土壤年，土壤质量与健康受到了前所未有的关注和重视。在这样的背景下，我们在第一版土壤学的基础上对教材进行了全面的修订，以满足土壤学教学的需要。

本书的编写，参考了近年来出版的一些国内外的同类教材和专著，力求全面反映土壤学的内容及最新的重要进展。考虑到不同专业对土壤学知识的要求不同，本书所涉及的面较广，除了土壤的基本物质组成和性质等核心内容外，还包括地学基础知识以及土壤地理和土壤环境方面的内容。土壤生物过程的研究近年来异常活跃，取得了丰硕的成果，其在土壤学中的重要性和地位日益提升，因此对土壤生物一章进行了较大的改动和补充。本次修订力求教材的前沿性和可读性，希望既在一定程度上反映本学科领域国内外的最新研究成果，又在形式上图文并茂，具有较强的趣味性。

全书共分为8章，绪论和第三章由黄巧云编写，第一章由李廷轩编写，第二章由黄运湘编写，第四章由朱林编写，第五章由蔡鹏编写，第六章由张锡洲编写，第七章由刘世亮编写，第八章由胡红青编写。书中各章均配有思考题和参考文献，希望对学生更好地学习和掌握相关内容有所帮助。本书是“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材、普通高等教育农业部“十二五”规划教材、全国高等农林院校“十二五”规划教材，可作为农业资源与环境、农学、林学、园艺、土地规划、生态学、环境科学、环境工程等专业的教材。

本书的编写自始至终得到了华中农业大学教务处及资源与环境学院的大力支持和帮助。借此机会，谨向他们表示衷心的感谢！

最后真诚地希望使用本教材的师生和读者对书中出现的错误和不妥之处给予批评指正，并提出宝贵意见，以便及时进行修订。

编者

2016年12月

第一版 前言

本教材是全国高等农业院校“十五”规划教材，适合作为农学、林学、园艺、土地规划、生态学、环境科学等专业的土壤学课程的教材。

土壤是人类生存与发展的重要自然资源，又是重要的环境要素之一。21 世纪，是以高科技及经济高速发展为标志的竞争年代，也是人类继续面临人口—资源—环境—粮食尖锐矛盾的年代。新时期数、理、化、生物、信息等学科的飞速发展及其向土壤学的大量渗透，极大地推动了土壤学的发展和进步。因此，本教材的编写，参考了近年来出版的一些国内外的同类教材和专著，力求全面反映土壤学的内容及最新的重要进展。考虑到不同专业对土壤学知识的要求不同，本教材所涉及的面较广，既有地学的基本知识介绍，又包括土壤地理和与环境有关的知识内容。鉴于土壤生物过程在土壤学中的重要性及国际土壤学发展的趋势，本教材增加了土壤生物一章及相关的内容。任课教师在教学时可根据需要和具体情况进行内容的取舍。

本教材共分为八章，绪论和第三章由黄巧云编写，第一章由李廷轩编写，第二章由李惠卓编写，第四章由李小刚编写，第五章由胡红青编写，第六章由张锡洲和熊俊芬编写，第七章由刘世亮编写，第八章由谭文锋等编写。书中各章均配有思考题和参考书，希望对学生更好地学习和掌握相关内容有所帮助。

本教材初稿完成后，承蒙华中农业大学丘华昌教授对全书进行了认真和细致审阅，提出了许多宝贵的修改意见。本教材的编写还得到了华中农业大学教务处及资源与环境学院领导的大力支持和帮助。自始至终，中国农业出版社教材出版中心对全书的编写、内容安排、编辑及按时出版等倾注了大量的心血。借此机会，谨向他们表示衷心的感谢。

最后真诚地希望使用本教材的师生和读者对书中出现的错误和诸多不妥之处给予批评指正，并提出修改意见，以便及时进行修订。

编 者

2005 年 10 月

CONTENTS 目录

第二版前言

第一版前言

绪论	1
第一节 什么是土壤?	1
一、土壤的概念	1
二、土壤的物质组成	3
三、土壤性质	3
四、土壤剖面	4
第二节 土壤在农业和环境中的地位和作用	4
一、土壤是农业的基本生产资料	4
二、土壤是地球表层系统的重要组成部分	5
三、土壤是珍贵的自然资源	6
第三节 土壤健康面临严峻挑战	7
一、何为健康的土壤?	7
二、土壤健康出现了问题	8
三、行动起来 保护土壤健康	9
第四节 土壤学的发展及研究内容	9
一、土壤学的发展	9
二、土壤学的研究内容	12
三、土壤学的研究方法	13
四、土壤学与其他学科的关系	14
◆思考题	15
◆参考文献	15
第一章 地学基础	16
第一节 矿物	16
一、矿物的物理性质	16
二、矿物的常见种类	17
第二节 岩石	19

一、岩浆岩	20
二、沉积岩	21
三、变质岩	24
四、地质年代	26
第三节 风化作用	28
一、物理风化	28
二、化学风化	30
三、生物风化	31
第四节 主要造岩矿物及其在风化过程中的表现	31
一、影响岩石风化作用的因素	31
二、主要造岩矿物及其在风化中的表现	33
三、主要岩石及其在风化中的表现	34
第五节 风化产物的母质类型	36
一、定积母质	36
二、运积母质	37
三、第四纪沉积物	40
◆思考题	42
◆参考文献	42
第二章 土壤固相组成	43
第一节 土壤矿物质	43
一、土壤矿物质的矿物组成	43
二、土壤矿物质的化学组成	47
三、土壤矿物质的颗粒组成	48
第二节 土壤质地	52
一、土壤质地分类	52
二、不同质地土壤的肥力特点	55
三、土壤质地层次性	56
四、不同质地土壤的利用和改良	56
第三节 土壤有机质	59
一、土壤有机质的来源、形态及组成	59
二、土壤有机质的转化	61
三、土壤有机质分解转化的影响因素	63
四、土壤腐殖质	64
五、土壤有机质的作用	68
六、土壤有机质的调节	71
◆思考题	73
◆参考文献	74

第三章 土壤生物	75
第一节 土壤生物多样性	75
第二节 土壤微生物	78
一、病毒	78
二、细菌	78
三、真菌	80
四、藻类	82
五、地衣	82
第三节 土壤微生物的分布及影响因素	82
一、影响土壤微生物的环境因素	82
二、土壤微生物的地理分布差异	84
三、土壤剖面中的微生物分布	84
四、土块中微生物的分布	85
五、土壤的异质性与微生物分布	86
六、土壤管理对土壤微生物的影响	86
第四节 根际微生物	87
一、根际微生物的类群	87
二、根际微生物对植物生长的有益影响	88
三、根际微生物对植物生长的不利影响	89
四、菌根	89
第五节 土壤动物	92
一、土壤动物的分类	92
二、重要的土壤动物	93
三、土壤动物与环境的关系	95
第六节 土壤生物在土壤过程中的作用	95
一、土壤生物与土壤形成	95
二、土壤生物与有机质运输和分解	97
三、土壤生物与土壤结构形成	97
四、土壤生物与环境净化	98
五、土壤生物与病原控制	99
◆思考题	99
◆参考文献	99
第四章 土壤物理性质	101
第一节 土壤孔性	101
一、土壤密度	101
二、土壤容重	102
三、土壤孔性	104

第二节 土壤结构	107
一、土壤结构的概念	107
二、土壤结构体的类型	108
三、土壤结构体的稳定性	109
四、土壤团粒结构的形成	109
五、土壤结构在土壤肥力及环境中的意义	112
六、土壤结构的管理	114
第三节 土壤力学性质与土壤耕性	115
一、土壤力学性质	115
二、土壤耕性	118
三、土壤免耕法介绍	119
第四节 土壤水	120
一、土壤含水量的表示和测定方法	120
二、土壤水的类型	123
三、土壤水的能量状态	125
四、土壤液态水运动	131
五、土壤中水的入渗和土壤水的再分布	133
六、土壤气态水运动	134
七、田间土壤水分平衡和管理	135
第五节 土壤空气	136
一、土壤空气的含量和组成	136
二、土壤通气性	137
三、土壤通气性对植物生长的影响及其调节	138
第六节 土壤热状况	138
一、土壤热量的来源	139
二、土壤的热量平衡	139
三、土壤的热性质	139
四、土壤温度的变化规律	142
五、土壤温度状况的影响因素	142
六、土壤温度的调节	143
◆思考题	143
◆参考文献	144
第五章 土壤化学性质	145
第一节 土壤胶体	145
一、土壤胶体的表面	145
二、土壤表面电荷和电位	147
第二节 土壤胶体对阳离子的吸附与交换	150
一、阳离子的吸附与交换	150

二、盐基饱和度	152
三、阳离子专性吸附	153
第三节 土壤胶体对阴离子的吸附与交换	155
一、阴离子的静电吸附	155
二、阴离子的负吸附	156
三、阴离子的专性吸附	156
第四节 土壤溶液与酸碱性	157
一、土壤溶液	157
二、土壤酸性的形成与酸性指标	159
三、土壤碱性的形成与碱性指标	163
四、土壤酸碱性的影响因素	164
五、土壤酸碱缓冲性	165
六、土壤酸碱性的改良	167
第五节 土壤的氧化还原反应	171
一、土壤中的氧化还原体系和指标	171
二、土壤氧化还原状况的影响因素	173
三、氧化还原状况与土壤肥力的关系	173
四、土壤氧化还原状况的调节	175
◆思考题	175
◆参考文献	176
第六章 土壤养分	177
第一节 土壤氮素	177
一、土壤中氮素的来源及含量	177
二、土壤中氮素的形态	179
三、土壤中氮素的转化	181
四、土壤中氮素的损失	184
五、土壤中氮素的调节	186
第二节 土壤磷素	188
一、土壤中磷素的含量及影响因素	188
二、土壤中磷素的形态及分级方法	188
三、土壤中磷素的转化	193
四、土壤中磷素的调节	197
第三节 土壤钾素	199
一、土壤中钾素的含量及影响因素	199
二、土壤中钾素的形态及有效性	199
三、土壤中钾素的转化	200
四、土壤中钾素的调节	203
第四节 土壤中的硫、钙、镁	204

一、土壤中的硫	204
二、土壤中的钙和镁	207
第五节 土壤中的微量元素	208
一、土壤中微量元素的含量	208
二、土壤中微量元素的来源及循环	209
三、土壤中微量元素的形态	210
四、土壤中微量元素有效性的影响因素	212
◆思考题	213
◆参考文献	214
第七章 土壤资源与利用	216
第一节 土壤形成与分布	216
一、土壤形成因素	216
二、成土过程	220
三、土壤分布	223
第二节 土壤分类	225
一、土壤分类的基础和要求	225
二、美国土壤系统分类	227
三、中国土壤系统分类	230
第三节 土壤质量	234
一、土壤质量的概念	234
二、土壤质量的评价指标	235
三、土壤质量的评价方法	236
第四节 土壤退化和恢复	237
一、土壤退化概述	237
二、土壤侵蚀	238
三、土壤沙化和土地沙漠化	240
四、土壤盐渍化	243
五、土壤潜育化	244
六、土壤酸化	245
第五节 土壤污染与防治	247
一、土壤污染的概念	247
二、土壤污染的特点与主要污染物	249
三、污染土壤修复	250
◆思考题	255
◆参考文献	255
第八章 我国的主要土壤	257
第一节 东部纬度地带性土壤	257

一、砖红壤	257
二、红壤	258
三、黄壤	260
四、黄棕壤	262
五、棕壤	263
六、褐土	264
七、暗棕壤	265
第二节 温带经度地带性土壤	266
一、黑土	266
二、黑钙土	267
三、栗钙土	269
四、棕钙土	270
五、荒漠土	270
第三节 垂直带谱土壤	271
一、土壤的垂直地带性分布	271
二、主要的垂直带土壤	272
三、垂直带土壤的化学性质	275
第四节 非地带性土壤	276
一、潮土	276
二、盐渍土	278
三、水稻土	281
四、菜园土	285
五、紫色土	287
六、石灰土	289
◆思考题	292
◆参考文献	292

绪 论

被我们踩在脚下并不起眼的薄薄一层，我们称之为土壤（soil），她的类型众多，有森林土壤、草原土壤、稻田土壤、湿地土壤等（图 0-1），她们构成了地球的“皮肤”，是人类不可缺少的自然资源，在人类繁衍、生产生活和文明延续中起着极为重要的作用，为人类社会的发展创造了生存条件和发展的环境，并抚育着整个陆地的生命系统。

“民以食为天，食以土为本”充分说明了土壤、农业、人类间的依存关系。人类和动物 95% 的食物直接或间接来自于土壤，可见，一切生命都依赖于土壤的供养，她是国家和人类的安身立命之所。没有土壤就不能大规模地生产粮食，也无法饲养家畜。除了生产功能外，土壤还具备消纳污染物质、储备生物资源、调控全球气候以及作为建筑材料等多种功能。土壤中蕴藏着地球上 1/4 的生物，还提供了诸如生产燃料、能源和医药产品、清洁空气和水、气体交换和碳封存等关键生态系统服务。

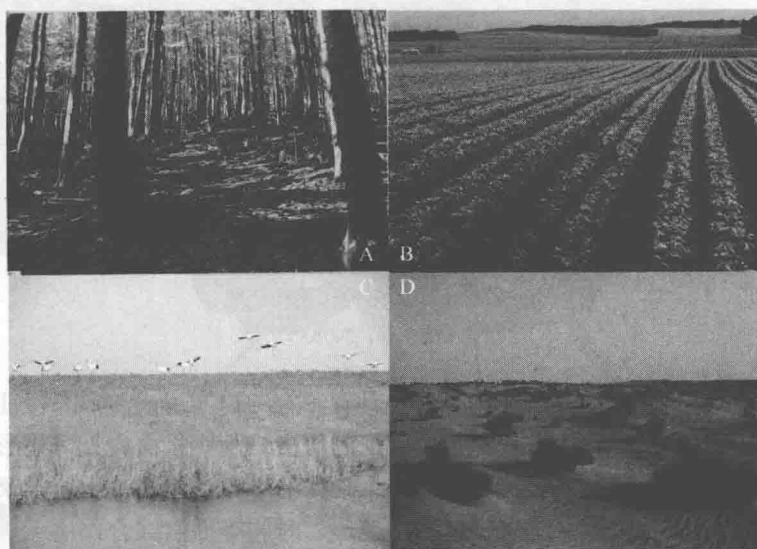


图 0-1 不同类型的土壤
A. 森林土壤 B. 农田土壤 C. 湿地土壤 D. 沙漠土壤

第一节 什么是土壤？

一、土壤的概念

由于土壤覆盖在地球陆地的最表层，所以我们每个人都必须与之打交道，各行各业都直接或间接利用土壤或它的某些特性。不同的应用者对它的理解也不一样。广大农民和农业科

学工作者认为土壤是植物生长的介质；水利学家认为土壤是贮水和输水的多孔介质；工程人员则把土壤看作是承受高强度压力的基地或是工程材料的来源；环境科学工作者把土壤当作是重要的环境因素，是环境污染物的缓冲带和过滤器；地质学家认为土壤是在地球陆地表面的一个疏松的薄层，是由近代地质作用所形成的厚度不同的地壳风化产物；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、物质循环最活跃的生命层。土壤的不同作用和功能见图 0-2。

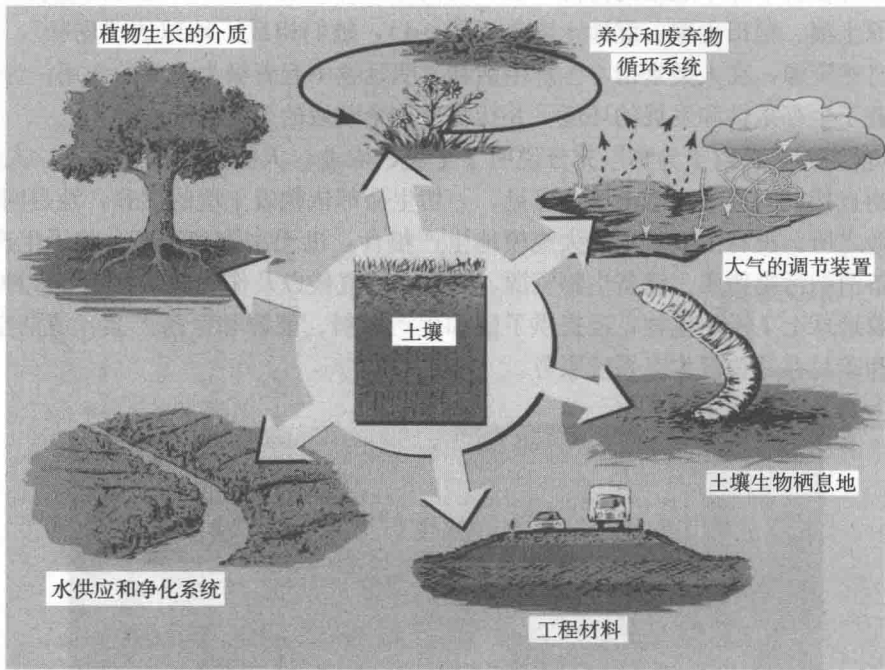


图 0-2 土壤的多种作用和功能
(Brady 等，2008)

土壤同自然界中的其他物质一样，不仅是具有一定的物质组成、形态特征、结构和功能的物质实体，而且有着自己发生发展和长期演变的历史。土壤是由岩石风化形成的母质在生物等因素的参与下逐渐形成的，是自然界中一个独立的历史自然体。土壤学家是这样描述土壤的：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、处于永恒变化中的疏松矿物质与有机质的混合物。

土壤的综合定义是，土壤是地球表面生物、气候、母质、地形、时间等因素综合作用下所形成的、可供植物生长的一种复杂的生物地球化学物质；与形成它的岩石和沉积物相比，具有独特的疏松多孔结构以及化学和生物学特性；是一个动态生态系统，为植物生长提供了机械支撑、水分、养分和空气条件；支持大部分微生物群体的活动，来完成生命物质的循环；维持着所有的陆地生态系统，其中通过供给粮食、纤维、水、建筑材料、建设和废物处理用地，来维持人类的生存发展；通过滤掉有毒的化学物质和病原生物体，来保护地下水的水质，并提供了废弃物的循环场所和途径或使其无害化。可以看出，土壤应具备生产力、生命力以及环境净化力等基本特征。比较简明的土壤定义是，土壤是历史自然体，是位于地球

陆地表面和浅水域底部的具有生命力、生产力的疏松而不均匀的聚集层，是地球系统的组成部分和调控环境质量的中心要素。

二、土壤的物质组成

土壤是由固相、液相和气相组成的多孔多相分散体系（图 0-3）。组成土壤的基本物质主要有矿物质、有机质、水分、空气和生物等，土壤的固相主要由土壤矿物质和土壤有机质组成。

土壤固相中的矿物质由岩石风化而来，一般占土壤质量的 95% 以上，占土壤容积的 38% 以上，有机质由生物残体和腐殖质组成，一般占土壤质量的 5% 以下，占土壤容积 12% 左右。土壤固相颗粒中间的孔隙充填着水、气及各种生物等，气体一部分由大气层进入，主要有氮气、氧气等，另一部分由土壤内部产生，主要为二氧化碳、水汽等；水由外部进入土壤，溶解有多种溶质，是一种稀薄的溶液；土壤生物种类繁多，包括各种昆虫、原生动、微生物以及植物根系等。

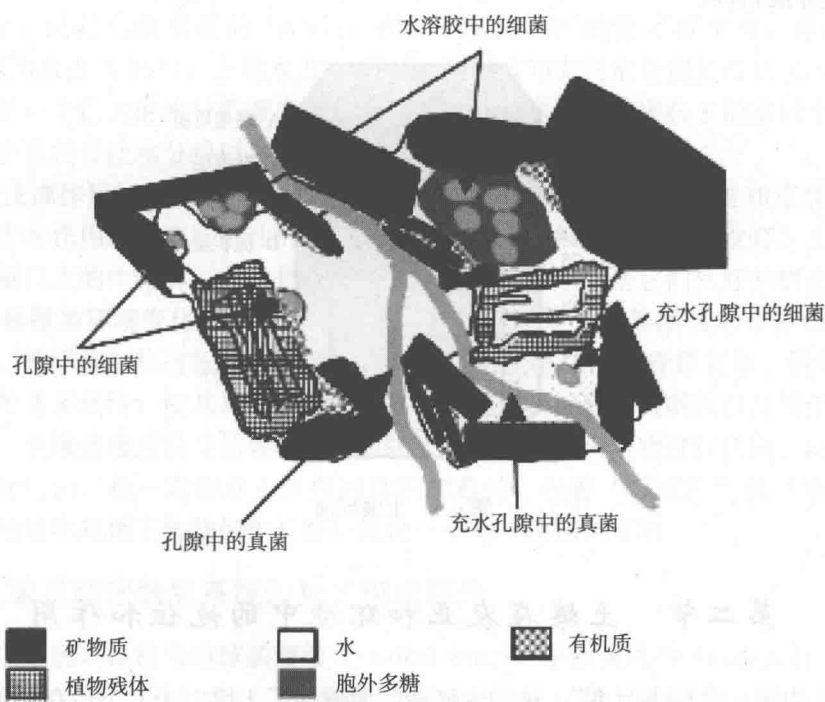


图 0-3 土壤物质组成
(Huang 等, 2002)

三、土壤性质

土壤性质包括各种物理、化学和生物化学性质。物理性质主要是土壤的质地和结构性、通气透水性、持水性、水分移动性、温度和热量传递、黏附性、耕作性能等，这些性质决定了土壤中物质的运移和能量的转化。土壤化学性质主要包括土壤胶体组成与特