

普通高等教育“十一五”国家级规划教材



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

(第 2 版)

土壤肥料学

tu rang fei liao xue

陆欣 谢英荷 主编



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

面向 21 世纪课程教材

Textbook Series for 21st Century

土壤肥科学

(第 2 版)

陆 欣 谢英荷 主编

中国农业大学出版社

· 北京 ·

内容简介

作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,本书吸收了近年来国内外土壤肥料学学科研究发展的最新进展,紧密结合我国农业的生产实践,在陆欣教授主编的面向 21 世纪课程教材——《土壤肥料学》的基础上编写而成。内容主要包括 3 大部分:土壤基础理论、肥料基础理论和实验指导及附录。该书既可作为高等农林院校种植类本科相关专业的必修课程教材,也可作为从事土壤肥料科研、生产、管理人员的业务参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土壤肥料学/陆欣,谢英荷主编.—2 版.—北京:中国农业大学出版社,2011.6
ISBN 978-7-5655-0298-9

I. ①土 II. ①陆… ②谢… III. ①土壤肥力-教材 IV. ①S158

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 094726 号

书 名 土壤肥料学(第 2 版)

作 者 陆 欣 谢英荷 主编

策划编辑 孙 勇

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62818525,8625

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 莱芜市圣龙印务有限责任公司

版 次 2011 年 6 月第 2 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 22.75 印张 564 千字

印 数 1~3 000

定 价 38.00 元

责任编辑 李秉真

责任校对 王晓凤 陈 莹

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

e-mail cbsszs@cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

第2版编写人员

主 编 陆 欣 谢英荷(山西农业大学)

副主编 石伟勇(浙江大学)
李晓林(中国农业大学)
李华兴(华南农业大学)
卜玉山(山西农业大学)

参 编 (按姓氏笔画排序)
王林权(西北农林科技大学)
王 艳(山西财经大学)
王改兰(湖南农业大学)
申 鸿(西南大学)
卢维盛(华南农业大学)
刘世亮 李 惠(河南农业大学)
李新平(西北农林科技大学)
金圣爱(青岛农业大学)
陆引罡(贵州大学)
秦俊梅(山西农业大学)
黄建国(西南大学)
樊文华(山西农业大学)

主 审 毛达如(中国农业大学)

第 1 版编写人员

主 编 陆 欣(山西农业大学)

副主编 马国瑞(浙江大学)
李晓林(中国农业大学)

参 编 李华兴(华南农业大学)
黄建国、申鸿(西南农业大学)
王益权、王林权(西北农林科技大学)
谢英荷、樊文华(山西农业大学)
王 艳(山西农业大学)

主 审 毛达如(中国农业大学)

参 审 王申贵(山西农业大学)

第 2 版前言

本教材是在陆欣教授 2002 年主编的面向 21 世纪课程教材《土壤肥料学》的基础上,根据全国“十一五”规划教材建设的精神,由山西农业大学、浙江大学、西北农林科技大学、华南农业大学、西南大学、中国农业大学、湖南农业大学、河南农业大学、青岛农业大学、贵州大学、山西财经大学等 10 所院校联合修订的。第 1 版《土壤肥料学》经过近 10 年的使用,从 2002 年发行到 2010 年共印刷 10 次,发行量近 5 万册。得到全国广大使用单位的大力支持与肯定。

本次修订继续坚持了原教材“加强基础,淡化专业,拓宽专业面,重视应用”的原则;吸纳了近年来国内外本学科研究发展的新动态、新成果、新知识、新方法,紧密结合我国的农业生产实践,在内容结构安排上做了适当调整、缩减和精练。并且增加了配方施肥技术、安全食品基地的土壤管理、商品有机肥等新内容,同时每章前增加了重点提示,充分体现了本教材具有起点高、内容新、重点突出、目的明确、应用性强等特点。本教材既可作为种植类本科各专业:园艺(含果树、蔬菜、花卉)、园林、农学、农艺、茶桑、草业、经济林、植物保护等本科必修课程的教材,也可作为农林院校其他专业师生以及从事土壤肥料科研、生产、管理人员的业务参考书,有较强的适用性。

本教材除绪论外,设土壤基础理论、肥料基础理论和实验指导及附录,共 3 篇 18 章。编写分工如下:绪论由谢英荷与陆欣编写,第 1 章、第 8 章的 8.2、8.5、8.6 节、第 9 章的 9.4、9.5 节由李华兴编写,第 2 章、实验指导五至七由谢英荷编写,第 3 章、第 8 章的 8.8 节、实验指导一至四和实验八、附录由秦俊梅编写,第 4 章由金圣爱编写,第 5 章由刘世亮、李惠编写,第 6 章由卢维盛编写,第 7 章、第 9 章的 9.6、9.7 节由樊文华编写,第 8 章的 8.1 节和第 9 章的 9.1、9.2、9.3 节由李新平编写,第 8 章的 8.4、8.7 节由王改兰编写,第 10 章由王林权编写,第 11 章、第 8 章的 8.3 节、第 17 章的 17.1、17.2 节由黄建国编写,第 12 章由王艳与李晓林编写,第 13 章由卜玉山编写,第 14 章、第 15 章由石伟勇编写,第 16 章由申鸿编写,第 17 章的 17.3 节、第 18 章的 18.3 节由王艳编写,第 18 章的 18.1、18.2 节由陆引罡编写,在个人编写基础上,由谢英荷、石伟勇、李华兴、卜玉山对全书进行了统稿,最后由谢英荷、陆欣对全稿进行润色、增删、修改和定稿。

本教材承蒙中国农业大学毛达如教授主审,在拟订大纲过程中,中国农业大学李晓林教授提出许多宝贵意见和建议,同时,本书参阅了近年来国内外同行的大量有关论著、文献,在此一并致以深切的谢意。

由于土壤肥料涉及学科广泛、发展日新月异,尽管大家在编写过程中付出了艰辛的努力,并经过多次修改,但限于编者水平有限,书中疏漏和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2010 年 11 月

第 1 版前言

土壤肥料是农业生产的基本生产资料,亦是人类赖以生存的重要资源与环境。

《土壤肥料学》作为高等农林院校种植类专业:园艺(含果树、蔬菜、花卉)、园林、农学、农艺、茶桑、经济林、植物保护等本科必修课程教材,由山西农业大学、浙江大学、中国农业大学、华南农业大学、西南农业大学、西北农林科技大学联合编写。编者均长期从事土壤肥料的教学及科研工作,并对其承担的编写内容有较深的研究,广泛收集了这一领域国内外研究成果。该书是高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革项目(04-02)成果。

本教材是在原有“土壤学”及“植物营养与肥料”两门课程的基础上,为适应 21 世纪教学改革后调整的本科专业新教学计划对人才培养规格的要求而开设的主修课——“土壤肥料学”而编写的。在编写中,紧扣种植类专业对土壤肥料知识和技能的要求,注重突现“加强基础,淡化专业,拓宽专业面,重视应用”的原则;力求体现土壤肥料科学中新知识、新技术、新动向;尽可能加强有利于学生能力培养、可操作性强的内容,为各项种植类生产提供必需的基础理论和专业技能。为此,在教材体系上做了大胆的创新改革,将土壤、肥料、植物营养有机地交互融合成一个整体,以“土”、“肥”的辩证关系为中心,建立了土壤肥料学新的课程体系;以整个种植类生产的特点和需要为出发点,设置课程内容。除土壤肥料及植物营养的基本理论外,增加了各种不同利用类型的农田土壤管理技术;各种土壤退化类型的防治与改良;现代新型肥料及各项施肥新技术;各类常规肥料的有效合理施用技术;各种植物营养缺素症的诊断及防治技术;土壤肥料资源调查、土壤质量评价指标与土壤环境的污染与防治等内容,并附有实用性较强的 8 个土壤肥料实验指导及附录,基本上反映了本学科的前沿动向,有较强的时代特征。具有起点高、目的明确、应用性强的特点。既可作为种植类本科各专业的教材,也可作为农林院校其他专业师生以及从事土壤肥料科研、生产、管理人员的业务参考。

本教材除绪论外,设土壤基础理论、肥料基础理论和土壤肥料资源的利用与保护 3 篇计 19 章。编写分工如下:绪论、第三章、第十九章的第一、二节、附录由陆欣教授编写;第十一章、第十二章、第十三章由马国瑞教授编写;第十章、第十六章由王艳博士与李晓林教授编写;第一章、第六章、第十七章的第二、五、六节、第十八章的第四、五节由李华兴教授编写;第九章、第十五章、第十七章的第三节由黄建国教授编写;第十四章由申鸿与黄建国教授编写;第四章、第五章、第十七章的第一节、第十八章的第一、二、三节由王益权教授编写;第八章由王林权副教授编写;第二章、第十七章的第四、七节、实验指导五至七由谢英荷教授编写;第七章、第十八章的第六、七节、第十九章的第三、四节、实验指导一至四及实验指导八由樊文华教授编写。在个人编写基础上,第一篇(第一章至第七章),第三篇(第十七章至第十九章),实验指导由陆欣教授统稿,第二篇(第八章至第十六章)由马国瑞教授统稿,最后由陆欣教授对全稿进行润色、修改、定稿。由于受教材篇幅所限,不得不忍痛删去了原稿中的部分内容,为此深表歉意。

在拟定大纲及完稿后,承蒙中国农业大学毛达如教授、山西农业大学王申贵教授悉心审

阅,并提出许多宝贵意见和建议。同时,本书参阅了近年来国内外同行的大量有关论著、文献,在此一并致以深切的谢意。

鉴于本教材面对全国各类种植专业,内容较广泛深入,在教学过程中,可根据各地、各校、各专业的具体情况和需要,加以选用。

由于土壤肥科学内容广泛、涉及农学、生物学、地学、生态学、化学、物理学、环境科学等多学科范畴,加之本学科发展日新月异,限于编者水平有限,编写时间短促,难免有错误和不足之处,热忱地希望读者批评指正。

编者

2001年12月

目 录

绪论	(1)
0.1 土壤肥料在农业生产及资源环境中的地位和作用	(1)
0.2 土壤与肥料的基本概念	(3)
0.3 近代土壤肥料科学发展概况	(6)
0.4 土壤肥料科学面临的挑战与任务	(9)
0.5 土壤肥料学的内容及其与相关课程的关系	(12)

第 1 篇 土壤基础理论

第 1 章 土壤矿物质土粒	(17)
1.1 形成土壤母质的矿物、岩石	(17)
1.2 矿物岩石的风化作用与土壤母质	(20)
1.3 土壤矿物质土粒的组成与特性	(23)
第 2 章 土壤有机质	(30)
2.1 土壤生物多样性及其功能	(30)
2.2 土壤有机质	(34)
2.3 土壤腐殖质	(39)
2.4 土壤有机质的作用及其调节	(42)
第 3 章 土壤的孔性、结构性与耕性	(46)
3.1 土壤孔性	(46)
3.2 土壤结构性	(50)
3.3 土壤物理机械性与耕性	(56)
第 4 章 土壤水	(62)
4.1 土壤水的基础知识	(62)
4.2 土壤水分研究的形态学	(64)
4.3 土壤水分研究的能态学	(67)
4.4 土壤水的运动规律	(72)
4.5 土壤水分平衡及其调控	(75)
第 5 章 土壤空气及热量状况	(79)
5.1 土壤空气及其更新	(79)
5.2 土壤的热性质及土壤热量平衡	(82)
5.3 土壤空气与土壤温度对植物生长的影响	(87)

第 6 章	土壤的保肥性与供肥性	(92)
6.1	土壤胶体及其基本特性	(92)
6.2	土壤的吸附性	(97)
6.3	土壤的供肥性	(100)
6.4	影响土壤供肥性的化学条件	(102)
第 7 章	土壤的形成、分类与分布	(111)
7.1	土壤形成因素与过程	(111)
7.2	我国土壤分类	(118)
7.3	土壤分布的规律性	(120)
第 8 章	农田土壤管理	(123)
8.1	旱地土壤管理	(123)
8.2	水田土壤管理	(125)
8.3	茶园土壤管理	(128)
8.4	果园土壤管理	(130)
8.5	花卉、苗圃(园林)土壤管理	(133)
8.6	菜园土壤管理	(135)
8.7	保护地土壤管理	(138)
8.8	安全食品(有机食品、绿色食品、无公害食品)基地的土壤管理	(140)
第 9 章	土壤退化与土壤资源保护	(146)
9.1	土壤退化概述	(146)
9.2	土壤侵蚀与防治	(148)
9.3	土壤沙化与生态重建	(151)
9.4	土壤潜育化与治理	(154)
9.5	土壤酸化及其控制	(155)
9.6	土壤盐碱化与利用改良	(159)
9.7	土壤环境污染防治	(162)

第 2 篇 肥料基础理论

第 10 章	植物营养与施肥原理	(169)
10.1	植物的营养成分及其养分吸收	(169)
10.2	影响植物吸收养分的环境条件	(175)
10.3	植物营养特性	(178)
10.4	作物施肥的基本原理	(181)
第 11 章	植物的氮素营养与氮肥	(186)
11.1	植物的氮素营养	(186)
11.2	土壤中的氮素及其转化	(188)
11.3	化学氮肥的种类、性质及其施用方法	(193)
11.4	氮肥的合理施用	(196)

第 12 章 植物的磷素营养与磷肥	(200)
12.1 植物的磷素营养	(200)
12.2 土壤中的磷素及其转化	(204)
12.3 磷肥的种类、性质及其施用技术	(207)
12.4 磷肥的合理施用	(212)
第 13 章 植物的钾素营养与钾肥	(217)
13.1 植物的钾素营养	(217)
13.2 土壤中的钾素及其转化	(221)
13.3 钾肥的种类、性质和施用	(224)
13.4 钾肥的合理施用	(227)
第 14 章 植物的钙、镁、硫、硅营养与钙、镁、硫、硅肥	(230)
14.1 植物的钙、镁、硫、硅营养	(230)
14.2 土壤中的钙、镁、硫、硅	(237)
14.3 钙、镁、硫、硅肥种类及其施用技术	(239)
第 15 章 植物的微量元素营养与微量元素肥料	(244)
15.1 植物的微量元素营养	(244)
15.2 土壤中微量元素的含量、形态和转化	(255)
15.3 微量元素肥料的种类、性质与合理施用	(258)
第 16 章 有机肥料	(263)
16.1 有机肥料概述	(263)
16.2 粪尿肥和厩肥	(264)
16.3 秸秆还田与堆沤肥	(268)
16.4 绿肥	(272)
16.5 泥炭与腐殖酸类肥料	(275)
16.6 商品有机肥料	(278)
第 17 章 复混肥料与新型肥料	(282)
17.1 复混肥料及其发展方向	(282)
17.2 复混肥料种类、性质和施用	(283)
17.3 新型肥料	(289)
第 18 章 施肥新技术	(298)
18.1 测土配方施肥技术概述	(298)
18.2 测土配方施肥技术的基本方法	(300)
18.3 其他施肥新技术	(305)

第 3 篇 实验指导及附录

实验	(315)
实验一 土壤样本的采集、处理及土壤含水量的测定	(315)
实验二 土壤颗粒分析及质地分类	(319)
实验三 土壤容重的测定及孔隙度、三相比的计算	(322)

实验四	土壤有机质及碱解氮的测定	(324)
实验五	化学肥料的定性鉴定	(327)
实验六	有机肥料样品的采集、制备及全氮量的测定	(329)
实验七	植物缺素症状的观察	(334)
实验八	土壤与作物营养的田间诊断	(334)
附录		(347)
附录一	土壤肥料常用法定计量单位	(347)
附录二	常用化学肥料三要素含量	(348)
附录三	常见有机肥的养分含量及当季利用率	(349)
附录四	常用微量元素肥料含量	(349)
附录五	各种肥料的肥效发挥速度表	(350)
附录六	土壤养分分级指标	(350)
附录七	土壤有效态微量元素的分级及临界值	(351)
附录八	部分作物吸收氮、磷、钾的数量	(351)

绪 论

土壤、肥料广泛存在于自然界中。当人们从不同的利用角度、用不同的方法来研究它时,就会产生不同的认识。对于生态系统中能量与物质循环的起始点,自然界食物链的起源地、农业生产链环中的基础环节来说,只有全面理解土壤肥料在农业生产和生态环境中的重要性,正确掌握土壤和肥料的概念与土壤的基本物质组成,了解近代土壤肥料科学发展概况,深刻领会今后土壤肥料科学面临的挑战和主要任务,才能正确认识土壤肥料并掌握其变化规律,使之更好地服务于生态高值持续农业的发展,更好地为生态环境安全和人类健康做贡献。

0.1 土壤肥料在农业生产及资源环境中的地位和作用

0.1.1 土壤是农业生产的基本生产资料

农业生产的基本特点是生产出具有生命的生物有机体。从广义上来说,农业生产包括饲养业与种植业两大部分。最基本的任务是首先发展人类赖以生存的绿色植物的生产。而绿色植物所必需的生活条件,即日光(光能)、热量(热能)、空气(O_2 及 CO_2)、水分和养分。其中,除光能来自于太阳辐射外,其余皆与土壤有关:水分、养分主要通过根部自土壤中吸收,而土壤的热量和空气则主要依靠人类通过土壤管理来直接控制和调节。此外,土壤还为植物提供了根系伸展的空间和机械支撑的作用。这些都充分表明了,土壤为植物生长繁育提供了吃(养分供应)、喝(水分供应)、住(空气流通、温度适宜)、站(根系伸展、机械支撑)等必需生活条件,因此植物生产必须以土壤为基地。

对于动物生产来说,主要依赖于种植业为其提供能量和有机物质,没有植物生产,动物为维持生命活动所需要的能量和营养物质也就没有了来源。

因此,土壤不仅是植物生产的基地,而且也是动物生产的基础。两者都必须以土壤作为基本生产资料。

0.1.2 土壤是农业生产链环中物质和能量循环的枢纽

农业生产的实质是绿色植物通过光合作用从土壤中吸收多种物质,将其转变为有机物质来贮藏和利用日光能的。从物质和能量的循环、周转和平衡的关系来看,农业生产可分为植物生产(种植业)—动物生产(饲养业)—土壤管理(施肥、灌溉、耕作)三个不可分割的环节。其中,在第一、第二环节中未能被人类直接利用剩余的植物残体(根茬、秸秆)及动物残体(畜禽粪便、蹄、毛)等,皆需通过土壤管理这一环节送回土壤,并经由土壤微生物的分解转化,使之成为植物生产所必需的养分和改良土性的改良剂——腐殖质,从而培肥土壤,提高土壤肥力,进一步促进第一、第二环节的生产。使物质和能量通过土壤得以周而复始的循环利用。充分体现

了土壤在农业生产链环中物质和能量循环的枢纽地位。

0.1.3 土壤是自然界中具有再生作用的自然资源

土壤作为一种自然资源和永恒的生产资料,是人类从事农业生产以达到自身生存、繁衍和社会发展的重要物质基础。马克思曾说:“土壤是世代相传的、人类所不能出让的生存条件和再生产条件”。这表明了:土壤不同于其他资源(如矿产),只要“治之得宜”,则可“地力常新壮”(《王祯农书》),就可以世代相传,永续利用而不受时间的限制,即它是具有再生作用,是可以再利用(重复利用)的资源。但是,与之相应的,土壤资源还具有数量有限性与质量可变性的特点。由于它是数量有限的资源,随着社会经济的发展,土壤资源有限供应的能力与人类对土壤总需求的矛盾必然日趋尖锐。同时,人类在开发利用土壤过程中,若治之不宜,就会引起土壤再生作用的破坏,即导致土壤在质量上发生变化——地力下降和破坏,从而对人类生存带来严重的威胁。

因此,为使肥沃土壤能传之万代、造福子孙而不毁于一旦,我们必须深刻理解土壤作为有可再生作用资源的这一特殊意义。要十分珍惜这一特殊性,注意发挥这一特殊作用,并应充分意识到我们在开发利用土壤资源中的责任。要把土壤作为全人类的财富,它不仅属于国家、属于全体劳动人民,而且也属于子孙万代。任何人只有合理利用它、保养它和不断提高它的肥力的义务和发挥其再生作用的责任,而没有任意破坏和污染它的权利。

0.1.4 土壤是农业生态系统的重要组成部分

农业生态系统是以人类农业生产活动为中心,在一定条件下,以农作物、家畜、家禽为主体,以包括林、草、昆虫、微生物等农业生物为基础,与气候、土壤、水等环境因素相结合的非闭合的能量、物质转化循环的人工生态系统。

作为重要环境因素之一的土壤,它还是生物与非生物环境的分界面,亦是生物与非生物体进行物质、能量移动和转化的重要介质和枢纽。人类在利用土壤资源中所采取的干预正确与否,将直接对农业生态系统良性循环的维持与发展起着举足轻重的作用,如科学灌溉,合理施肥、耕作,栽培良种,发展生态农业等,皆可促进农业生态系统良性循环、发展。但若毁林开荒,陡坡种植,盲目施肥,大水漫灌……会带来水土流失、土壤沙化、土壤盐渍化、土壤污染等不良后果,使农业生态平衡遭到破坏,给人类带来巨大损失和灾难。

因此,对土壤资源的利用,不仅要根据国民经济和农业生产发展的要求,结合土壤本身的性质、特点来考虑,而且还应从整个自然环境生态平衡和农业生态系统的良性循环的角度来考虑土壤的利用、规划,决不能以牺牲环境生态来进行开发利用。

0.1.5 土壤是保障人类生存与生态环境安全的基础

土壤作为一种重要的自然资源,是人类赖以生存的基础。在影响人类生存的大气、水、土壤三大自然环境要素中,土壤是中心环节,它处于水圈、大气圈、生物圈和岩石圈的中心位置,是地球各圈层中最活跃、最富生命力的圈层之一。土壤作为作物的载体,是自然界食物链的起源地,它的环境质量直接关系到农产品的安全,对人类的生存健康有着直接和深刻的影响。目前随着煤炭、石油等化石能源的枯竭,生物能源为代表的生物质经济已经引起了各国的重视,因此,土壤在不远的将来将会成为人类能源的生产基地。土壤还承担着 50%~90% 的来自不

同污染源的污染负荷。污染物进入土体后,可转变为不溶性化合物而沉淀,或被胶体较牢固吸附,从而暂退出生物小循环,脱离食物链;也可通过生物和化学降解作用,转变成无毒或毒性较小的物质,成为保护环境的重要净化体。因此,保护好土壤资源,有效地调控土壤中的污染物质,不断提高土壤质量,对保证大气和水体质量,保证生态环境安全和人类健康具有重要的意义。它和大气、水、生物和矿藏一样对人类社会具有同等重要的意义。

0.1.6 肥料是农业优质增产和食物安全的重要保障

食物安全已不是单纯指数量的安全,它包括数量安全、质量安全、经济安全和生态安全4个方面。数量安全是食物安全最基本的要求,就是要为日益增长的人口生产出足够的食物;质量安全是指生产的食物要有较高的营养质量和安全质量,必须是无公害食品;经济安全是指农民要在从事食物生产过程中受益,有较好的经济保障;生态安全就是要在食物的生产过程中不对生态环境带来负面影响。肥料是植物的粮食,应该说食物安全的各个层面都与肥料的种类、数量和使用技术等密切相关。

首先,肥料是影响农作物产量的最基本因素。从我国几千年的农业发展史来看,肥源的发展过程大致经历了以下几个阶段:①刀耕火种时期(将植物烧成灰肥),产量 300 kg/hm^2 ;②饲养畜禽以利用其粪便(灰肥+粪肥),产量小于 375 kg/hm^2 ;③种植豆科绿肥(灰肥+粪肥+绿肥),产量小于 750 kg/hm^2 ;④生产化肥(灰肥+粪肥+绿肥+化肥),产量大于 $3\ 000\text{ kg/hm}^2$ 。由此可见,每一种新肥源的开发和施用量的增加,都能使农业跃上一个新的台阶。世界银行的报告认为,全世界平均40%的增产来自于增施肥料。特别是化肥更不可忽视,当前在我国农民全部生产性投资中约占到了50%。据统计,我国1949—1995年的近50年中,粮食总量与施肥量几乎呈直线相关,相关系数($r=0.943\ 1$)达极显著水平。可以认为,在其他条件一致的前提下,施用肥料(包括无机和有机肥)是决定产量高低的关键因子。但是如果过量盲目的大量投入肥料,不但可以降低食物的品质,而且会对土壤、水、大气环境造成严重影响。因此,科学合理的施肥,更是不断提高土壤质量,实现食物安全的重要保障措施之一。

0.2 土壤与肥料的基本概念

0.2.1 土壤的概念及其基本组成

0.2.1.1 土壤的概念

人类对土壤最初的认识,是将它作为人类活动和居住的土地。英文 soil(土壤)这一词就是由古法语从拉丁文 Solum(土地)衍生而来的。大约一万年,当人类开始农业生产时,才将土壤作为植物生长的介质,随着社会科学技术、农业生产的逐渐发展,人类对土壤的认识也逐步深化。在现代农业生产中,土壤是植物生长的基地。之所以能生长植物,则是由于其具有肥力。而土壤肥力水平的发挥则取决于:①土壤本身的内在内素(物质组成和各种理化生物学性质);②外界条件(自然条件、土地基本建设标准和耕作栽培管理等措施的质量);③社会生产关系和经济政策等。因此,从农业生产的角度出发,土壤和土地的概念应是统一的。从这一点出发,土壤可以泛指是具有特殊结构、形态、性质和功能的自然体。它的特殊形态是地球陆地表面,特殊结构是疏松层,具有肥力是它的特殊性质,能够生长绿色植物是其特殊功能。由此可

以将土壤定义为：“土壤是指覆盖于地球陆地表面，具有肥力特征的，能够生长绿色植物的疏松物质层。”

以土壤形成过程来看，通常将未经人工开垦的土壤称为自然土壤；经过开垦、耕种以后，其原有性质发生了变化，称为农业土壤或耕作土壤。

0.2.1.2 土壤组成

存在于自然界中的土壤有多种多样。从形态学的观点来研究土壤，无论哪种土壤其基本物质组成都是由矿物质、有机质、土壤生物(土壤固相)、土壤水分(液相)及土壤空气(气相)5种物质组成的多相多孔分散体系。其具体组成概况如图 0-1 所示。

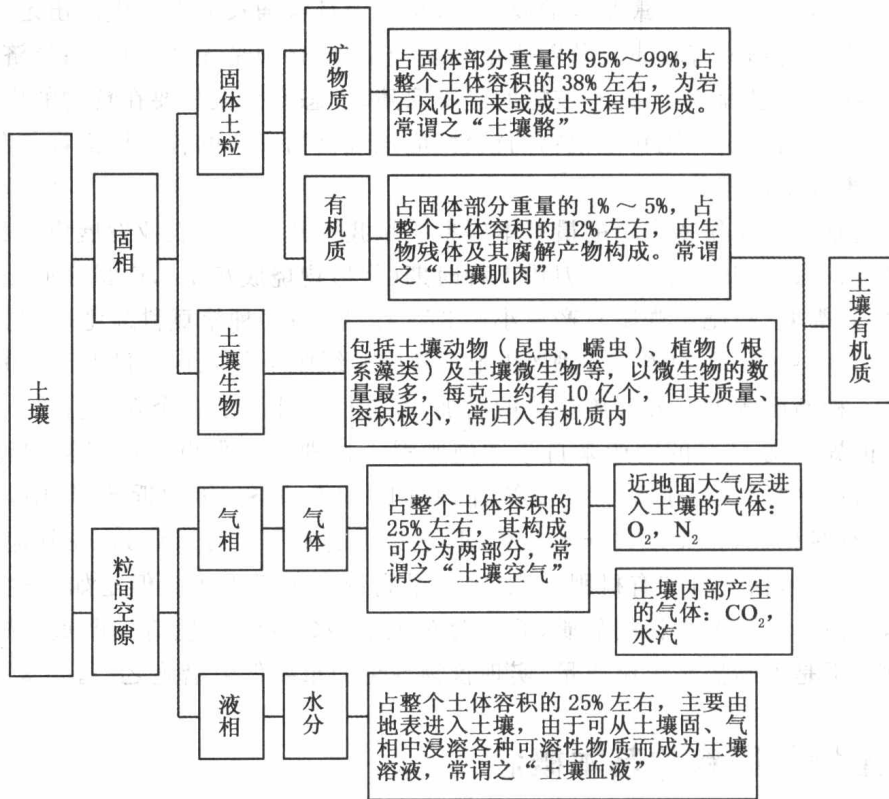


图 0-1 土壤的基本组成概况

上述为一般土壤组成的构成概况。对于不同类型的土壤，其三相物质的比率差异较大。如泥炭土，其有机质含量可高达 70%~80%；而沙质荒漠土，有机质含量至 0.5% 以下。至于水与空气的变化，则更为频繁，通常变幅可达 15%~30%。它们存在于粒间空隙之中呈互为消长的关系(图 0-2)，进而影响到土壤温度状况，因此固、液、气三相之间是相互联系、相互转化、相互制约的不可分割的有机整体，是构成土壤肥力的物质基础。不同土壤物质组成的比率不同，则体现不同的肥力水平，从而为植物生长提供不同的生活条件。

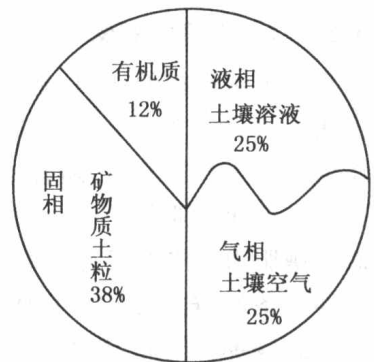


图 0-2 土壤三相物质组成示意图

0.2.2 土壤肥力的概念及其发生、发展

0.2.2.1 土壤肥力的概念

作为土壤最本质的特性和基本属性——土壤肥力,目前各国有很不相同的认识。一般西方土壤学家,传统地将土壤供应养料的能力看作是肥力。而前苏联土壤学家威廉斯则认为“肥力”是土壤在植物生活全过程中同时而又不断地供给植物以最大量的有效养分及水分的能力。我国土壤科学工作者对土壤肥力也有不尽相同的认识,目前较统一于《中国土壤》(1987年版)对肥力的阐述:“肥力是土壤的基本属性和质的特征,是土壤从营养条件和环境条件方面,供应和协调植物生长的能力。”土壤肥力是土壤物理学、化学和生物学性质的综合反映。其中,“养分是营养因素,温度和空气是环境因素,水既是环境因素又是生命因素”。所谓“协调”是指各种肥力因素同时存在,相互联系,相互制约。因此归纳起来,可将土壤肥力定义为:“土壤在某处程度上能同时不断地供给和调节植物正常生长发育所必需的水分、养分、空气和热量的能力。”

不同土壤的肥力有性质特征之差和高低肥瘦之分。从原则上来看,保证农业生产高产、优质、高效所需要的高度肥沃的土壤,应该是:必须具有充足、全面、持续地供给和调节植物生长所需要的水、肥、气、热的能力,使之能满足植物生长需要,抗拒不良外界条件的影响。

0.2.2.2 土壤肥力的发生、发展

土壤肥力不是固定不变的,它有着自己发生、发展的规律。从土壤肥力的演变过程(主导因素)来看,土壤肥力又有自然肥力和人工肥力之分。

自然肥力是指土壤在自然因素(气候、生物、母质、地形、时间)综合作用下,所发展起来的肥力。它是自然成土过程的产物,其发展是极其缓慢的。只有自然土壤才具有单纯的自然肥力。

人工肥力是指人类在自然土壤的基础上,通过耕种、熟化过程而发展起来的肥力。它是在耕作、施肥、灌溉、土壤改良和其他农业技术措施等人为因素影响下所产生的结果,并随着人类对土壤认识的不断深化及科学技术水平的不断提高而得到迅速发展。因此可以说,人工肥力是人类劳动的产物。在农业土壤中,既有自然肥力,也有人工肥力,随着人类对农业生产活动的影响越来越大,人工肥力则越来越上升至主导地位。

就植物的有效性而言,从理论上讲,无论哪种肥力在生产上都应该也可以发挥出来而产生经济效益,但在实践中,土壤肥力因受土壤本身性质、环境条件及土壤管理(耕作、施肥、栽培管理)的技术水平的限制,只有一部分可以被植物利用并通过土壤的物理学、化学、生物学性状表现出来,称之为“有效肥力”;而没有被直接反映出来的肥力,称之为“潜在肥力”,但两者之间没有截然界限,可以互相转化。人类在利用土壤资源过程中的干预正确与否(即土壤管理的技术水平),是导致这两种肥力相互转化的关键(图 0-3)。

所以说,有效肥力不仅反映了土壤肥沃程度,而且也在一定程度上反映了农业生产技术和农业科学水平的高低。

由此可知,人类通过长期农业生产实践,在了解自然土壤和自然肥力发生发展规律的同

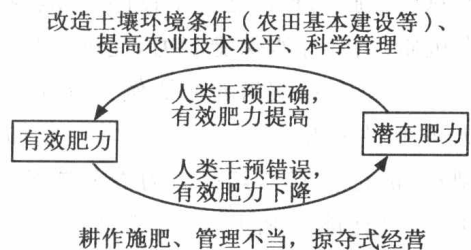


图 0-3 有效肥力与潜在肥力的关系