



高职高专“十一五”规划教材

★ 农林牧渔系列

土壤肥料

TURANG
FEILIAO

张慎举 卓开荣 主编

谢德体 主审



化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

★ 农林牧渔系列

土壤肥料

TURANG
FEILIAO

张慎举 卓开荣 主编

谢德体 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是高职高专“十一五”规划教材★农林牧渔系列之一。全书共分理论和实践两大部分,理论分土壤、植物营养、土壤农化技术应用三篇,共十二章;实践部分含实验项目和实训项目两篇。理论部分包括土壤形成与固相组成、土壤基本性质、土壤肥力因素、我国土壤资源状况、植物营养原理、土壤养分与化学肥料、有机肥料、高产稳产农田建设及中低产土壤改良、土壤免耕技术、设施农业土壤的管理、测土配方施肥和信息技术在土壤肥料中的应用。实践部分包括 11 个实验和 6 个实训项目。书中穿插了较多的选修内容,可满足不同学校的教学需求并激发学生学习的兴趣。

本书可作为高职高专作物生产技术、土壤肥料、水土保持等农学、园艺、园林类相关专业的教材,同时可供农林院校师生及从事土壤肥料科研、生产、技术推广的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土壤肥料/张慎举,卓开荣主编. —北京:化学工业出版社, 2009.2

高职高专“十一五”规划教材★农林牧渔系列

ISBN 978-7-122-04629-1

I. 土… II. ①张…②卓… III. 土壤学:肥料学-高等学校:技术学院-教材 IV. S158

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 007998 号

责任编辑:李植峰 梁静丽 郭庆睿

装帧设计:史利平

责任校对:李 林

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京市振南印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 21¼ 字数 572 千字 2009 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 35.00

版权所有 违者必究

“高职高专‘十一五’规划教材★农林牧渔系列” 建设委员会成员名单

主任委员：介晓磊

副主任委员：温景文 陈明达 林洪金 江世宏 荆宇 张晓根
 窦铁生 何华西 田应华 吴健 马继权 张震云

委员（按姓名汉语拼音排列）：

边静玮	陈桂银	陈宏智	陈明达	陈涛	邓灶福	窦铁生	甘勇辉
高婕	耿明杰	宫麟丰	谷凤柱	郭桂义	郭永胜	郭振升	郭正富
何华西	胡克伟	胡孔峰	胡天正	黄绿荷	江世宏	姜文联	姜小文
蒋艾青	介晓磊	金伊洙	荆宇	李纯	李光武	李彦军	梁学勇
梁运霞	林伯全	林洪金	刘莉	刘俊栋	刘蕊	刘淑春	刘力平
刘晓娜	刘新社	刘奕清	刘政	卢颖	马继权	倪海星	欧阳素贞
潘开宇	潘自舒	彭宏	彭小燕	邱运亮	任平	商世能	史延平
苏允平	陶正平	田应华	王存兴	王宏	王秋梅	王水琦	王秀娟
王燕丽	温景文	吴昌标	吴健	吴郁魂	吴云辉	武模戈	肖卫苹
谢利娟	谢相林	谢拥军	徐苏凌	徐作仁	许开录	闫慎飞	颜世发
燕智文	杨玉珍	尹秀玲	于文越	张德炎	张海松	张晓根	张玉廷
张震云	张志轩	赵晨霞	赵华	赵先明	赵勇军	郑继昌	朱学文

“高职高专‘十一五’规划教材★农林牧渔系列” 编审委员会成员名单

主任委员：蒋锦标

副主任委员：杨宝进 张慎举 黄瑞 杨廷桂 胡虹文 张守润
 宋连喜 薛瑞辰 王德芝 王学民 张桂臣

委员（按姓名汉语拼音排列）：

艾国良	白彩霞	白迎春	白永莉	白远国	柏玉萍	毕玉霞	边传周
卜春华	曹晶	曹宗波	陈传印	陈杭芳	陈金雄	陈璟	陈盛彬
陈现臣	程冉	褚秀玲	崔爱萍	丁玉玲	董义超	董曾施	段鹏慧
范洲衡	方希修	付美云	高凯	高梅	高志花	弓建国	顾成柏
顾洪娟	关小变	韩建强	韩强	何海健	何英俊	胡凤新	胡虹文
胡辉	胡石柳	黄瑞	黄修奇	吉梅	纪守学	纪瑛	蒋锦标
鞠志新	李碧全	李刚	李继连	李军	李雷斌	李林春	梁本国
梁称福	梁俊荣	林纬	林仲桂	刘革利	刘广文	刘丽云	刘振湘
刘贤忠	刘晓欣	刘振华	刘宗亮	柳遵新	龙冰雁	罗玲	潘琦
潘一展	邱深本	任国栋	阮国荣	申庆全	石冬梅	史兴山	史雅静
宋连喜	孙克威	孙雄华	孙志浩	唐建勋	唐晓玲	田伟	田伟政
田文儒	汪玉琳	王爱华	王朝霞	王大来	王道国	王德芝	王健
王立军	王孟宇	王双山	王铁岗	王文焕	王新军	王星	王学民
王艳立	王云惠	王中华	吴俊琢	吴琼峰	吴占福	吴中军	肖尚修
熊运海	徐公义	徐占云	许美解	薛瑞辰	羊建平	杨宝进	杨平科
杨廷桂	杨卫韵	杨学敏	杨志	杨治国	姚志刚	易诚	易新军
于承鹤	于显威	袁亚芳	曾饶琼	曾元根	战忠玲	张春华	张桂臣
张怀珠	张玲	张庆霞	张慎举	张守润	张响英	张欣	张新明
张艳红	张祖荣	赵希彦	赵秀娟	郑翠芝	周显忠	朱雅安	卓开荣

“高职高专‘十一五’规划教材★农林牧渔系列”建设单位

(按汉语拼音排列)

安阳工学院	黑龙江农业工程职业技术学院	盘锦职业技术学院
保定职业技术学院	黑龙江农业经济职业技术学院	濮阳职业技术学院
北京城市学院	黑龙江农业职业技术学院	青岛农业大学
北京林业大学	黑龙江生物科技职业学院	青海畜牧兽医职业技术学院
北京农业职业学院	黑龙江畜牧兽医职业学院	曲靖职业技术学院
长治学院	呼和浩特职业学院	日照职业技术学院
长治职业技术学院	湖北生物科技职业学院	三门峡职业技术学院
常德职业技术学院	湖南怀化职业技术学院	山东科技职业学院
成都农业科技职业学院	湖南环境生物职业技术学院	山东省贸易职工大学
成都市农林科学院园艺研究所	湖南生物机电职业技术学院	山东省农业管理干部学院
重庆三峡职业学院	吉林农业科技学院	山西林业职业技术学院
重庆文理学院	集宁师范高等专科学校	商洛学院
德州职业技术学院	济宁市高新区农业局	商丘职业技术学院
福建农业职业技术学院	济宁市教育局	深圳职业技术学院
抚顺师范高等专科学校	济宁职业技术学院	沈阳农业大学
甘肃农业职业技术学院	嘉兴职业技术学院	沈阳农业大学高等职业技术学院
广东科贸职业学院	江苏联合职业技术学院	思茅农业学校
广东农工商职业技术学院	江苏农林职业技术学院	苏州农业职业技术学院
广西百色市水产畜牧兽医局	江苏畜牧兽医职业技术学院	乌兰察布职业学院
广西大学	金华职业技术学院	温州科技职业学院
广西职业技术学院	晋中职业技术学院	厦门海洋职业技术学院
广州城市职业学院	荆楚理工学院	咸宁学院
海南大学应用科技学院	荆州职业技术学院	咸宁职业技术学院
海南师范大学	景德镇高等专科学校	信阳农业高等专科学校
海南职业技术学院	昆明市农业学校	杨凌职业技术学院
杭州万向职业技术学院	丽水学院	宜宾职业技术学院
河北北方学院	丽水职业技术学院	永州职业技术学院
河北工程大学	辽东学院	玉溪农业职业技术学院
河北交通职业技术学院	辽宁科技学院	岳阳职业技术学院
河北科技师范学院	辽宁农业职业技术学院	云南农业职业技术学院
河北省现代农业高等职业技术学院	辽宁医学院高等职业技术学院	云南省曲靖农业学校
	辽宁职业学院	张家口教育学院
河南科技大学林业职业学院	聊城大学	漳州职业技术学院
河南农业大学	聊城职业技术学院	郑州牧业工程高等专科学校
河南农业职业学院	眉山职业技术学院	郑州师范高等专科学校
河西学院	南充职业技术学院	中国农业大学烟台研究院

《土壤肥料》编写人员

- 主 编** 张慎举（商丘职业技术学院）
卓开荣（宜宾职业技术学院）
- 副 主 编** 郭建伟（济宁职业技术学院）
燕智文（长治职业技术学院）
金明琴（黑龙江畜牧兽医职业学院）
- 参编人员**（按姓名汉语拼音排列）
白永莉（海南职业技术学院）
董曾施（杭州万向职业技术学院）
郭建伟（济宁职业技术学院）
韩瑞华（濮阳职业技术学院）
蒋端生（湖南环境生物职业技术学院）
金明琴（黑龙江畜牧兽医职业学院）
李明泽（濮阳职业技术学院）
梁文旭（永州职业技术学院）
刘春英（福建农业职业技术学院）
刘艳侠（商丘职业技术学院）
孙浩广（辽宁职业学院）
孙丽梅（信阳农业高等专科学校）
唐剑锋（信阳农业高等专科学校）
王伟玲（河北北方学院）
燕智文（长治职业技术学院）
杨利玲（安阳工学院）
张慎举（商丘职业技术学院）
卓开荣（宜宾职业技术学院）
- 主 审** 谢德体（西南大学）

序

对于高职高专植物生产类专业来说,《土壤肥料》是一门重要的专业基础课。通过这门课的教学,使学生学习和掌握作物生产中土壤肥料的基础理论、基本技能和应用技术是非常重要的和必要的。如何编写《土壤肥料》教材,使之能够很好地体现高等职业教育的规律、大学生认知学习与实践的规律,尤其是要体现出作物生产中土壤与肥料这两项内容之间的内在衔接、交互的特点,自然就是一项必须认真对待且深思熟虑的问题。

土壤是人类赖以生存的生产条件和再生产条件,是地球生态、农业生态的主要组成部分。土壤自身也是一个非常复杂的生态系统,是作物生长的基质。土壤的耕作与管理是农业生产的重要环节,并与其他农业生产要素有着广泛而深刻的联系。肥料是作物生产中主要的营养来源,也是重要的农业资源;施肥则是营养作物、培育土壤的主要途径。通过施肥来提高作物产量和品质,增加经济收益,同时尽可能地减少对水土环境的污染,维护生态健全,这是科学施肥的根本要求。可见,在以作物为中心的农田生态系统中,土壤与肥料是相互关联的两个重要环境因子。因此,科学地认识和管理土壤、培肥和改良土壤、保护和利用土壤,在此基础上,根据作物生长发育特点和作物营养规律,合理地生产、管理和使用各种肥料,确保作物高产稳产、高效优质,确保土壤生态协调健全、资源永续利用,确保大气、水体清洁和食品安全,这些应该成为从事相关工作的农业技术工作者的共识,并认真把握,身体力行。

基于以上思考,张慎举和卓开荣两位教授组织了全国十余所涉农高职高专院校长期从事土壤肥料教学工作的同行们,经过认真研讨和精心编写,把土壤与肥料两部分内容有机结合在一起,编写出这部《土壤肥料》,为全国高职高专院校植物生产类专业的教学提供了一部很好的教材,同时也可以作为从事基层农业技术推广服务工作的同仁们重要的参考书。

阅读这部教材后,我有几点体会:一是在指导思想上,体现了高等职业教育关于人才培养的特点和要求,突出了教学以学生为本,学习以能力为本;二是在内容安排上,体现了高职课程和教材的特点和要求,突出了教学内容“理论必需、够用,重在实践”的要求,同时也增加了本课程领域的一些新知识、新技术,有利于学生知识拓展;三是形式方法上,体现了教学过程中“教、学、做”的结合,理论知识与实践应用技术的结合;四是在编写组织上,体现了多单位合作研讨和开发,并主动征求了生产部门专家意见和建议。因此,这部教材是一部具有一定创新性和适用性的教材。

当然,《土壤肥料》教材应该是有“生命”的,随着农业生产的形势变化和科技进步,本教材也要不断发展与进化。相信本教材编写组以及使用、参考本教材的同仁们,保持开放思维,增强创新意识,在今后的教学实践中不断去领悟、增改、完善《土壤肥料》教材,使之更加适合人才培养的需求;也希望同学们通过《土壤肥料》课程,学有所获,习有所长。

介晓磊

2008. 12. 20 于郑州

前言

土壤肥料是农业生产的基础，是基本生产资料，也是人类赖以生存的重要环境资源。2008年党的十七届三中全会提出了到2020年农村改革发展的6项基本目标任务，其中3项目标任务与土壤肥料密切相关：即“现代农业建设取得显著进展，农业综合生产能力明显提高，国家粮食安全和主要农产品供给得到有效保障；农民人均纯收入比2008年翻一番，消费水平大幅提升，绝对贫困现象基本消除；资源节约型、环境友好型农业生产体系基本形成，农村人居和生态环境明显改善，可持续发展能力不断增强。”

土壤肥料是高职高专院校种植类专业的重要课程。本教材是在原有高职高专《土壤肥料》教材的基础上，总结“十一五”期间高职高专种植类专业教学内容和课程体系改革成果，为适应当前和今后一段时间农业技术项目推广、科研对高职高专人才培养的要求及教学改革的需要，而进行内容调整、充实后的新型《土壤肥料》教材。教材由分布在全国不同地区15所院校的18名教师联合编写。各位编者长期从事土壤肥料的教学、科研和技术推广工作，对其承担的编写内容有较深的认识，并广泛收集了这一领域的国内外技术成果。本教材编写的主导思想是围绕高职高专种植类专业特点，以就业岗位需要定能力，以能力需要定培养目标，以技能培养为中心配置技术项目和相应的知识。

本教材分理论和实践两大部分，以篇章结构作为基本框架。理论部分由土壤、植物营养和土壤农化技术应用三篇组成，共十二章；实践部分包括实验项目和实训项目两篇，分别有11个项目和6个项目。教材特色主要体现在以下几方面。

① 强化教学中学生的主体地位，明确为主体服务的思想。每章内容前面都提出了学习目标，便于初学者有的放矢地学习。

② 以技能为中心，注重培养岗位能力。每一章或每个项目都贯彻以技能为中心的理念，配之以必要的知识。理论教学部分明确列出该章的实践项目后，再围绕该项目配置相应的知识。实践教学部分根据当前技术推广需要，精心筛选、设计实验实训项目，力求符合培养岗位基本技能的需要。

③ 突出专项技术及综合应用能力培养。在理论部分第三篇集中编写了土壤农化技术应用，实践部分编制了6个实训项目，用以培养学生的专项技术推广和技术综合应用能力。

④ 挖掘新技术，拓展新领域，具有较强的时代特征。教材编入了目前正在推广或即将推广的土壤改良作用、新型肥料及其施肥新技术。如，第六章第七节的磁性肥料、灌水肥料、气体肥料技术等；第八章的中低产土壤改良技术、果园和茶园土壤改良利用、园林绿地土壤管理与培肥、土壤污染与防治、国外土壤改良新技术；第九章的土壤免耕技术；第十章的设施农业土壤的管理；第十一章的测土配方施肥；第十二章的信息技术在土壤肥料中的应用；实训五配方肥（BB肥）的生产工艺参观等。

鉴于本教材主要面对全国南北各高职高专院校种植类专业，内容较为广泛，在教学过程中，可根据各地、各校以及专业的具体定位和培养目标加以取舍。选学内容和知识扩展部分是否作为教学内容，也要根据专业需要而定。建议学时安排：理论70学时，实践58学时（实验22学时，实训6天计36学时），实际应用时可据需要设定。

本教材由张慎举和卓开荣主编。具体编写分工为：绪论由卓开荣和张慎举编写，第一章由唐剑锋、孙丽梅、张慎举和卓开荣编写，第二章由唐剑峰编写，第三章由梁文旭和卓开荣

编写，第四章由蒋端生编写，第五章由李明泽、韩瑞华、张慎举编写，第六章由张慎举、杨利玲、孙浩广编写，第七章由燕智文、白永莉、王伟玲编写，第八章由卓开荣、孙浩广、杨利玲、刘艳侠编写，第九章由卓开荣编写，第十章由刘春英、卓开荣编写，第十一章由郭建伟编写，第十二章由刘艳侠编写；实践部分由郭建伟、董曾施、孙丽梅、刘艳侠编写。在个人编写完成初稿后组织交叉初审，郭建伟负责初审第五~七章、第十二章，燕智文负责初审绪论、第二章、第十一章，金明琴负责初审第一章、第三章、第四章、第九章和实践部分；其余章节由卓开荣和张慎举初审。最后由张慎举和卓开荣对全稿进行统稿、润色、修改和定稿。承蒙西南大学博士生导师谢德体教授的悉心审阅，并提出了许多宝贵意见和建议。

在拟订编写提纲时，听取了四川省宜宾市农业局土肥站、宜宾市翠屏区农牧局土肥站、翠屏区水利局等单位专业技术人员的意见和建议；在教材编写过程中，得到商丘职业技术学院、宜宾职业技术学院以及参编教师所在院校的大力支持；同时，本教材编写过程中参阅了国内外专家学者大量有关论文、论著、专业技术报道等文献，在此一并表示诚挚的谢意。

本书适宜作为高职高专作物生产技术、农业技术与管理、水土保持、土壤肥料以及部分种植类专业的必修课教材，也可作为种植类专业的专业选修课教材，同时还可作为农林院校相关专业师生以及从事土壤肥料科研、生产、技术推广与管理人员的业务参考书。

由于土壤肥料涉及内容广泛，科学发展日新月异，同时其技术性又很强，限于编者水平，加之编写时间仓促，缺点和疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2008 年 12 月

目 录

绪论	1	作用	4
一、土壤肥料的核心概念	1	四、土壤肥料课程在专业中的定位	6
二、土壤肥料的发展概况	3	本章小结	6
三、土壤肥料在我国农业生产上的地位和		复习思考题	7

第一部分 理论教学

第一篇 土壤篇

第一章 土壤形成与固相组成	10
第一节 土壤形成因素与过程	10
一、岩石矿物的风化	10
二、土壤的形成过程	11
三、土壤形成的影响因素	12
第二节 土壤固相组成	13
一、土壤矿物质	13
二、土壤粒级与土壤质地	19
三、土壤生物与土壤酶	26
四、土壤有机质	29
本章小结	34
复习思考题	35
第二章 土壤基本性质	36
第一节 土壤孔隙性	36
一、土壤密度与容重	36
二、土壤孔隙数量和类型	37
第二节 土壤结构	39
一、土壤结构体的特征	39
二、土壤结构的形成	40
三、团粒结构的肥力特征	41
四、团粒结构的培育	41
第三节 土壤耕性	42
一、土壤物理机械性	42
二、土壤耕性	43
第四节 土壤胶体	44
一、土壤胶体的种类	44
二、土壤胶体的特性	44
第五节 土壤保肥性与供肥性	46
一、土壤吸收性能的类型	46
二、土壤阳离子交换吸收	47
三、土壤阴离子交换吸收*	50

四、土壤的供肥性能	51
第六节 土壤的酸碱性和缓冲性	52
一、土壤酸性	52
二、土壤碱性	54
三、土壤酸碱性对作物生长和肥力的影响	54
四、土壤缓冲性能	56
第七节 土壤氧化-还原反应	57
一、土壤中的氧化还原体系	57
二、土壤氧化还原电位	58
三、土壤氧化还原状况与养分的关系	59
本章小结	59
复习思考题	60
第三章 土壤肥力因素	61
第一节 土壤水分	61
一、土壤水分的形态及其有效性	61
二、土壤水分含量的表示方法	64
三、土壤水分能量特征曲线	65
四、土壤水分的运动*	66
五、土壤水分的保蓄和调节	66
第二节 土壤空气	67
一、土壤空气的组成特点	67
二、土壤空气对土壤肥力和作物生长的影响	68
三、土壤空气的更新与调节	68
第三节 土壤热量	69
一、土壤热量来源	69
二、土壤热性质	70
三、土壤温度对土壤肥力和作物生长的影响	71
四、土壤温度的调节	72
第四节 土壤养分状况	72
一、土壤养分来源	72

二、土壤养分的形态及地位	73	二、土壤氮素状况	128
三、我国土壤主要养分的分布特点 *	73	三、氮肥的种类、性质和施用	130
四、土壤养分的消耗与调节	74	四、提高氮肥利用率的途径	137
本章小结	75	第二节 土壤磷素与磷肥	138
复习思考题	75	一、植物的磷素营养	138
第四章 我国土壤资源状况	76	二、土壤磷素状况	140
第一节 我国土壤资源的分类与分布	76	三、磷肥的种类、性质和施用	142
一、我国的自然地理条件	76	第三节 土壤钾素与钾肥	147
二、土壤剖面	77	一、植物的钾素营养	147
三、土壤的分类	86	二、土壤钾素状况	150
四、我国土壤的分布	89	三、钾肥的种类、性质和施用	152
第二节 我国主要土壤	90	第四节 土壤中量元素与中量元素肥料	154
一、热带、亚热带主要地带性土壤	90	一、植物的中量营养元素	154
二、我国东部温带土壤	92	二、土壤中量元素与中量元素肥料	154
三、我国西部温带土壤	94	第五节 土壤微量元素与微量元素肥料	158
四、我国西南高山土壤	95	一、植物的微量营养元素 *	158
五、我国主要区域性土壤	96	二、土壤微量元素概述	159
第三节 我国土地资源状况 *	100	三、微量元素肥料的种类和性质	161
一、土地条件的地域差异	100	四、微量元素肥料的施用方法	161
二、我国土地资源的四个特点	100	第六节 复混肥料	162
三、我国耕地面积情况	101	一、复混肥料概述	162
四、土地资源的合理高效利用	102	二、复混肥料的种类、性质和施用	164
本章小结	103	三、混合肥料生产	167
复习思考题	104	第七节 其他肥料	169
第二篇 植物营养篇		一、叶面肥料	169
第五章 植物营养原理	105	二、灌水肥料	170
第一节 植物生长发育必需的营养元素	105	三、磁性肥料	172
一、植物体的组成成分	105	四、气体肥料	173
二、植物必需营养元素	106	五、硅肥	175
三、必需元素的一般营养功能及其相互间的关系	108	六、稀土肥料	177
第二节 植物对养分的吸收	109	本章小结	178
一、植物的根部营养	109	复习思考题	179
二、植物的根外营养	112	第七章 有机肥料	181
三、环境因素对植物吸收养分的影响	114	第一节 有机肥料概述	181
第三节 植物的营养特性	115	一、有机肥料的概念与特点	181
一、植物营养的共性与个性	115	二、有机肥料在现代农业生产中的重要作用	182
二、植物营养的遗传特性 *	115	三、我国有机肥资源状况及分类简介 *	183
三、植物营养的阶段性的	116	第二节 粪尿肥与厩肥	183
第四节 施肥原理	117	一、人粪尿肥	183
一、施肥的基本原理	117	二、家畜粪尿与厩肥	185
二、施肥的方式	121	第三节 堆肥、沤肥与秸秆还田	188
本章小结	123	一、堆肥	188
复习思考题	123	二、沤肥	191
第六章 土壤养分与化学肥料	125	三、沼气发酵肥	191
第一节 土壤氮素与氮肥	125	四、秸秆还田	192
一、植物的氮素营养	125	第四节 绿肥	194
		一、绿肥的分类	194

二、绿肥的作用	194
三、绿肥的种植方式	195
四、绿肥作物的栽培	196
五、绿肥的合理利用	198
第五节 其他有机肥料	199
一、泥炭	199
二、腐植酸类肥料	201
三、饼肥	202
四、泥土肥	203
五、城镇废弃物	203
本章小结	204
复习思考题	205

第三篇 土壤农化技术应用篇

第八章 高产稳产农田建设及中低产土壤

改良	206
第一节 高产稳产农田建设	206
一、我国高产稳产农田的特征	206
二、建设高产稳产农田的措施	209
第二节 中低产土壤改良技术	211
一、我国中低产土壤的类型及分布	211
二、中低产土壤的总体成因	212
三、北方中低产土壤改良	212
四、南方低产土壤改良	218
第三节 果园和茶园土壤改良利用方法	224
一、果园土壤改良利用	224
二、茶园土壤改良利用	225
第四节 园林绿地土壤管理与培肥	225
一、园林植物生长对土壤的基本要求	225
二、园林绿地的管理与培肥	226
三、低肥力园林土壤的改良利用	228
第五节 土壤污染与防治	229
一、土壤中重金属污染与防治	230
二、土壤中化肥的污染与防治	231
三、农药及有害有机物的污染与防治	233
第六节 国外土壤改良新技术	234
一、液体通气保湿剂	234
二、聚合物亲水松土剂	235
三、陶瓷保湿剂	235
四、注射松土法	235
五、土壤通电消毒法	235
六、沸石除污	235
本章小结	235
复习思考题	236

第九章 土壤免耕技术

第一节 土壤自然免耕技术	237
一、水田自然免耕技术	238
二、旱地自然免耕技术	249

第二节 土壤免耕技术应用及展望	251
一、我国土壤免耕的应用现状	251
二、土壤免耕的特点	252
三、我国推广土壤免耕的展望	253
本章小结	253
复习思考题	254

第十章 设施农业土壤的管理

第一节 设施农业土壤的特性	255
一、次生盐渍化	255
二、有毒气体增多	256
三、高浓度 CO ₂	256
四、病虫害发生严重	256
五、土壤肥力下降	256

第二节 设施农业土壤的改良与培肥管理

一、改善耕作制度	257
二、改良土壤理化性质	257
三、以水排盐	257
四、科学施肥	257
五、定期进行土壤消毒	259
六、种耐盐作物	260

第三节 盆栽土壤的配制与管理

一、盆栽植物营养土配制原则	260
二、培养土的材料选择	261
三、培养土的配制方法	262
本章小结	262
复习思考题	263

第十一章 测土配方施肥

第一节 测土配方施肥概述	265
一、测土配方施肥的概念和内容	265
二、测土配方施肥的理论依据	266
三、测土配方施肥的作用	266
四、测土配方施肥的进展	266

第二节 测土配方施肥的基本方法

一、养分平衡法	267
二、土壤与植株测试推荐施肥法	270
三、土壤养分丰缺指标法	272
四、肥料效应函数法	273

第三节 配方施肥中的肥料试验

一、肥料试验的特点与种类	274
二、肥料试验的基本要求	275
三、常用肥料田间试验方案的设计	275
四、“3414”田间试验设计	277
本章小结	277
复习思考题	278

第十二章 信息技术在土壤肥料中的应用

第一节 信息技术在土壤管理中的应用	279
一、信息技术在精准农业中的应用	279
二、信息技术在坡耕地分布评价中的	

应用	282	应用	284
三、信息技术在土壤养分测定中的		二、遥感技术在精确施肥管理中的应用	
应用	283	进展	285
第二节 信息技术在农田施肥管理中的		本章小结	286
应用	284	复习思考题	287
一、信息技术在测土配方施肥中的			

第二部分 实践教学

第一篇 实验项目

实验一 土壤农化样品的采集与制备	290
实验二 土壤质地的测定	292
实验三 土壤有机质含量的测定	298
实验四 土壤容重的测定	302
实验五 土壤酸碱度的测定	303
实验六 土壤水分含量的测定	305
实验七 土壤碱解氮含量的测定(扩散法) ...	307
实验八 土壤速效磷含量的测定	309
实验九 土壤速效钾含量的测定	311
实验十 土壤水溶性盐总量的测定	313

实验十一 化学肥料的系统鉴定	316
----------------------	-----

第二篇 实训项目

实训一 土壤分类技术	319
实训二 土壤剖面观察与土壤种类鉴别	320
实训三 植物营养的外观诊断与化学诊断	
技术	322
实训四 土壤改良(或土壤免耕)现场参观	327
实训五 配方肥(BB肥)的生产工艺参观 ...	328
实训六 配方施肥栽培试验参观及部分	
操作	329
参考文献	332

绪 论

学习目标

技能目标

【学习】土壤和肥料种类的初步划分及土壤肥料推广项目。

【熟悉】当地目前正在推广的土壤肥料应用项目对技术人员的基本要求。

【学会】初步识别当地大区域主要土壤类型和常用肥料的种类。

必要知识

【了解】土壤肥料科学技术的发展概况。

【理解】土壤的重要性、肥力高低的决定因素、按肥料作用划分种类。

【掌握】土壤、土壤肥力和肥料的概念。

一、土壤肥料的核心概念

1. 土壤的概念

我国有五千年的文明史，实际上是伴随着农业土壤耕耘而发展的，在漫长历史过程中积累了不少的土壤知识。最初记载土壤定义的书始见于《周礼》（其成书年代至今未成定论，但据谷海波《中国古代文化常识》推论其最早成于战国中期）：“万物自生焉则曰土，以人所耕而树艺焉则曰壤”。意即凡是自然植被生长的土地称为“土”，经垦种的土地叫做“壤”。不同的时期，人们对土壤的认识不同，赋予土壤的含义也不同。国内外不同学者对土壤也有不同认识：如地质学家认为土壤是地表岩石风化碎屑；化学家认为土壤是化学元素的贮藏库；环境学家认为土壤是重要的环境因素；工程师说土壤是建筑物的地基；土壤学家和农学家认为土壤是地球上生长植物的材料。我国土壤学界最广泛接受的是20世纪30年代前苏联土壤学家威廉斯所下定义，几个要点是地球陆地、疏松表层、生长绿色植物。近几十年来，随着海、湖浅水区种植业的开发利用，以及20世纪70年代以来航天探索到其他星球上存在浮土以及水的痕迹，对土壤的认识又有发展，但主流认识是在地球范围内扩大到浅水域底。就种植业范围，对以往表述方式改进后给予其如下定义：土壤是地球陆地上及浅水域底能够产生绿色植物收获物的疏松表层。此定义表达了土壤空间位置、形态与功能。地球陆地上和浅水域底表层说明土壤在地球上所处的位置；其物理状态是疏松多孔的未固结层，以明显区别于坚硬固结的岩石等；其功能是能产生绿色植物收获物。

土壤在生态系统中的地位十分重要（图0-1）。地球表层系统有大气圈、水圈、土壤圈、岩石圈和生物圈五个圈层组成。其中土壤圈处于其他圈层相互紧密交接的地带，构成了结合无机界和有机界的中心环节。土壤发育于地球陆地及浅水域底表面的疏松层，且能够生长植物，在地球自然地理系统中被称为土壤圈。土壤是陆生及浅水域植物生活的基

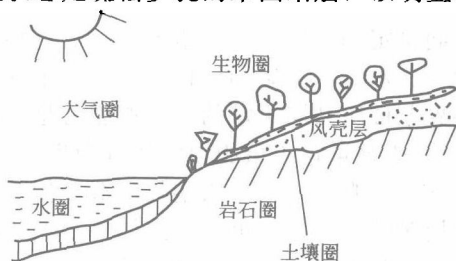


图0-1 土壤圈的重要地位
(引自：中国环境修复网，2008.7.17)

质和陆生及浅水域动物生活的基地。土壤的重要性表现为：第一，土壤是农业生产的基础（土壤也是动物赖以生存的栖息场所）、人类生存活动的基底，是人类活动的一项极其宝贵的自然资源；第二，土壤是地球表层物质和能量交换的重要场所。

土壤按照分类程序是可以区分开来的，区域条件不同就会产生不同的土壤类型。真正要能识别不同土壤还得经历较长实践过程，取得经验，掌握相当的技术和知识。但首先应该知道我国一些大区域的主要土壤，如东北平原黑土，华北平原褐土、潮土，淮北平原的砂姜黑土，西北干旱区栗钙土、灰漠土等，黄土高原的塬土，长江中下游平原黄棕壤，江南红壤、黄壤，四川紫色土等。

2. 土壤肥力与生产力的概念

土壤之所以能生长绿色植物是因为其具有肥力，土壤学家及农学家认为肥力是土壤的本质特征。西方土壤学家传统将土壤供应养料的能力称为土壤肥力。前苏联土壤学家认为土壤肥力是指土壤具有供应植物养分和水分的能力。

我国土壤学界近几十年来通过研究和讨论，基本统一认为土壤肥力包括水分、养分、空气和温度（水、肥、气、热）四个肥力因素。土壤中只有这四大因素同时存在，而且处于相互协调状态时，才能保证植物生长又快又好，从而达到高产、优质，所以我国的土壤科学工作者认为：土壤肥力是土壤同时不断地供给和协调植物生长发育所需要的水、肥、气、热等生活因素的能力。土壤具有代谢功能和自动调节肥力因素的功能。有学者认为，土壤肥力高低由土壤向植物稳、匀、足、适供给和协调肥力因素的程度决定。土壤肥力按发生过程和程度可有两种分类方式。

（1）按其发生过程分类 土壤肥力可分为自然肥力和人为（工）肥力。

① 自然肥力是指土壤在自然因素综合作用下发生和发展起来的肥力。纯粹的自然肥力只有在原始林地和未开垦的荒地（自然土壤）上才能见到。

② 人为肥力是自然土壤经过开垦耕种以后，在人类生产活动影响下创造出来的肥力。

自然土壤是农业土壤的前身。农业土壤（又称为耕作土壤、耕种土壤）是自然土壤经人为耕种而形成的，所以农业土壤既具有自然肥力，又具有人为肥力，就其发生而论可以区分，但极难分出各自的权重。

（2）按其发挥程度分类 土壤肥力可分为有效肥力和潜在肥力。

① 有效肥力也称“经济肥力”，是指在农业生产（当季生产）中能表现出来，产生经济效果的那部分肥力。

② 潜在肥力是暂时不能被植物吸收利用，在当季生产中没有直接反映出来的那部分肥力。

土壤生产力和土壤肥力是两个不同的概念。土壤生产力是土壤在特定的管理制度下，能生产某种或某系列植物产品的能力，而土壤肥力是土壤本身的一种属性。由于土壤生产力是土壤生产植物产品的能力，因此可用产量来衡量。植物产量的高低，是由土壤与其环境条件共同决定的，因为在土壤上生长的植物，其产量的高低，还要受环境自然因素如太阳辐射、大气、水文等的影响。也就是说，土壤生产力是土壤本身的肥力属性和发挥土壤肥力作用的外界条件所共同决定的。土壤肥力是土壤生产力的基础；要提高土壤生产力（即提高植物产量），必须重视土壤肥力的培育和提高。换言之，要有效提高土壤生产力，就要持续不断地培育土壤肥力，为植物生长创造最佳的土壤环境条件，从而在单位面积土壤上收获质量优、数量多的农产品。可见，这始终是现代农业科学技术需要研究探讨的重大课题，也是种植业生产实践中必须完成的目标任务。

3. 肥料的概念

肥料是施于土壤中和植物地上部分直接或间接供给植物养分的物料。可见就其内在

含义而言,肥料可向土壤中施用,也可施于植物的地上部分。根据发挥作用的方式,把肥料分为直接肥料和间接肥料。但这是一种相对的划分,两者之间没有截然的界线。如有机肥料既是直接肥料,也是间接肥料。因为有机肥料中含有植物生长发育所需的各种营养元素,施入土壤后经过矿化分解释放出来供植物吸收利用,显然这是直接肥料;可是有机肥料还能改良土壤、改善植物营养条件,同时又起到间接肥料的作用。根据肥料的性质和特点,又把肥料划分为无机肥料、有机肥料与生物肥料三大类型。肥料种类划分大体如下。

- { 有机肥料 (主要是农家肥料): 人粪尿、家畜粪尿、堆肥、沤肥、绿肥、饼肥等。
- { 无机肥料 (主要是化学肥料): 氯化铵、普通过磷酸钙、硫酸钾等。
- { 生物肥料: 根瘤菌、各种生物制剂等。
- { 直接肥料: 施入土壤后能直接供给植物养分的肥料。如, N、P、K 肥复合肥、微量元素肥料等。绝大部分的化学肥料都属于直接肥料。
- { 间接肥料: 有些肥料虽然不能直接供给植物养分,但是它们能改善土壤的理化生物性质,逐步提高土壤肥力,改善植物的营养条件。如酸性土壤上施用的石灰,碱性土壤上施用的石膏,生物制剂等。

英国洛桑试验站长达 150 多年的长期定位试验结果表明:农作物增产有一半来自肥料的作用,一半来自种子、农药等的作用。

肥料施用主要是土壤施肥,但在作物生长过程中可以进行根外施肥。

肥料在农业生产中的重要作用主要有:①改良土壤,提高肥力;②供给植物养分,促进作物生长;③提高作物产量;④改善产品品质。

二、土壤肥料的发展概况

长期以来,我国劳动人民在农业生产活动中,积累了丰富的认土、评土、用土、改土和对肥料积造、保护与施用的经验。西方土壤肥料科学、俄罗斯及前苏联土壤发生学对我国产生了很大影响。近 80 年,我国在土壤肥料方面的研究和应用进展很快,其教学、科研、推广体系也日趋完善。

1. 中国古代和国外土壤肥料发展概况*

(1) 自然利用阶段 中国是世界农业发祥地之一。以往都认为中国有五千年农业史,但据现有考古发掘的证据,中国农业起源远在夏代(公元前 2100 年)以前,已有长达八九千年的悠久历史。在这段漫长时期,人们实行的是轮歇制垦种。

(2) 人工干预阶段 夏、商、西周前后,农业生产上放任自然方式的经营中开始出现了人工干预,人们回到多年以前的“撂荒”地上,再进行生产。春秋、战国时期,随着铁制农具的出现,出现了灌溉农业,生产力明显提高。秦、汉、魏、晋、南北朝期间,出现了多部农书,尤其贾思勰撰写的《齐民要术》被称为我国古代的农业百科全书。

(3) 技术分类与全面总结阶段 隋、唐、五代、宋、元、明、清以来,对于农业生产的技术措施有了更明确的分类和更详细的归纳总结,出现了一大批农书,我国劳动人民对土壤肥料乃至大农学的实践思想、理论发展作出了巨大贡献。

(4) 西方农业化学 19 世纪中叶,以德国化学家李比希为代表的农业化学派,从化学的观点来研究土壤与植物营养,提出了“植物矿质营养学说”的观点,推动了土壤植物营养科学的发展,而且使化肥工业迅速发展。近一个世纪以来,欧、美的土壤肥料科学逐步传入我国,对我国土壤肥料科学产生了很大的影响。

(5) 苏俄土壤发生学 19 世纪下半叶(1870),以俄罗斯的道库恰耶夫为代表,从土壤进化观点出发,创建了土壤发生学派,认为土壤是在五大成土因素共同作用下形成的,推动了土壤的形成与分类的研究。20 世纪上半叶,前苏联土壤学家威廉斯提出了土壤生物-有机体和土壤肥沃度的新概念。

2. 中国近现代土壤肥料的研究与应用

1910年以后,我国先后在北京大学农学院、金陵大学农学院、中央大学农学院、浙江大学农学院和西北农学院建立了土壤学科。1930年在前中央地质调查所成立了土壤研究室,1931年在广东农业厅成立土壤调查所。1936~1940年,前中央农业实验所组织进行了第一次全国较大规模的化肥肥效试验。1949年新中国成立后,土壤肥料研究有了明显的进步,工作队伍也迅猛发展。1953年,我国提出了“以农家肥料为主、商品肥料为辅”的肥料工作方针。1957年农业部组织了全国化肥试验网,开展了第一次全国肥料试验网工作。1958年开展了全国第一次土壤普查,普查面积近3亿公顷(其中耕地0.9亿公顷)。1979年开始,进行了全国第二次土壤普查,在应用航片或卫片编绘土壤图方面,其发展速度是国外少有的。1981~1983年农业部下达任务,开展了第二次全国肥料试验网工作。根据这次化肥试验网数据,化肥在主要粮食作物增产份额中占40.8%~56.6%,在棉花上为48.6%。

从肥料结构上来看,20世纪50年代我国农业发展靠的是有机肥,有机肥料提供的养分比重占95%以上,化肥的比重很少;60年代有机肥的比重占80%,化肥的比重占20%左右;七八十年代有机肥的比重占60%~70%,化肥比重占30%~40%;进入90年代,有机肥料的比重只约占40%,而化肥的比重达到了60%以上。根据肥料结构变化的新情况,1989年农业部提出了“有机肥与无机肥相结合,用地与养地相结合”的新时期我国肥料工作方针。再从肥料中养分元素含量结构变化看,50年代使用的化肥几乎是单一的氮肥,60年代开始使用磷肥,70年代末才开始使用钾肥。对1995年化肥结构进行统计的结果显示,氮:磷:钾的比例大约为1:0.14:0.09,磷钾使用比例低于世界平均水平。2000年的化肥结构为氮:磷:钾比例约为1:0.375:0.235,磷钾使用比例有较大的提升,但仍明显低于日本(1:1:0.89)及欧美[1:(0.40~0.53):(0.48~0.50)]等发达国家水平。

3. 我国近十年土壤肥料新技术的研究与应用

(1) 综合项目 实施沃土计划;肥料长期定位试验研究;土壤中重金属的积累、污染与防治;土壤管理;我国沙漠治理研究;3S技术在土壤上的应用;“数字土壤”的研究及其技术产品的开发;化肥施用与各类农产品质量关系的相关研究;无公害农产品或绿色食品生产化肥使用标准研究;农作物超高产栽培或超级水稻、超级小麦栽培最优施肥技术模式研究;一定生产、生态、技术条件下提高化肥利用率措施研究等。

(2) 平衡施肥 测土配方施肥;优化配方施肥技术;氮、磷、钾及微肥配施;有机和无机平衡配套施肥;现行耕作制度下磷、钾资源合理分配及节肥技术研究。

(3) 新型肥料 BB肥研究与开发;硅肥;磁性肥料;保护地施用二氧化碳;有机-无机复合肥;稀土元素肥料;有机无机生物复合肥;长效碳铵;硼锌等螯合态微肥。

(4) 分析测试 化肥质量监测;土壤养分普查;土地养分动态变化。

(5) 有机肥料 秸秆还田;农家肥施用;有机肥与化肥配施;优质快腐秸秆还田。

(6) 培肥改良 土壤保持耕作;旱薄地改良利用;山丘粗骨土改良利用;沙瘦土有效改良途径;中低产田土改良与培肥;盐碱土的培肥改良。

当前我国推广的重点项目主要是实施沃土计划、中低产田土改良与培肥、旱薄地改良、盐碱土的培肥改良以及测土配方施肥等。

三、土壤肥料在我国农业生产上的地位和作用

1. 土壤是农业生产的基础

我国农业科学技术自远古以来就是以土壤科学为中心的。古代劳动人民经过长期生产实践取得了重要经验,即为了搞好农业生产,以土为基础,实行“精耕细作”。依据自然规律,