



都市型现代农业特色规划系列教材

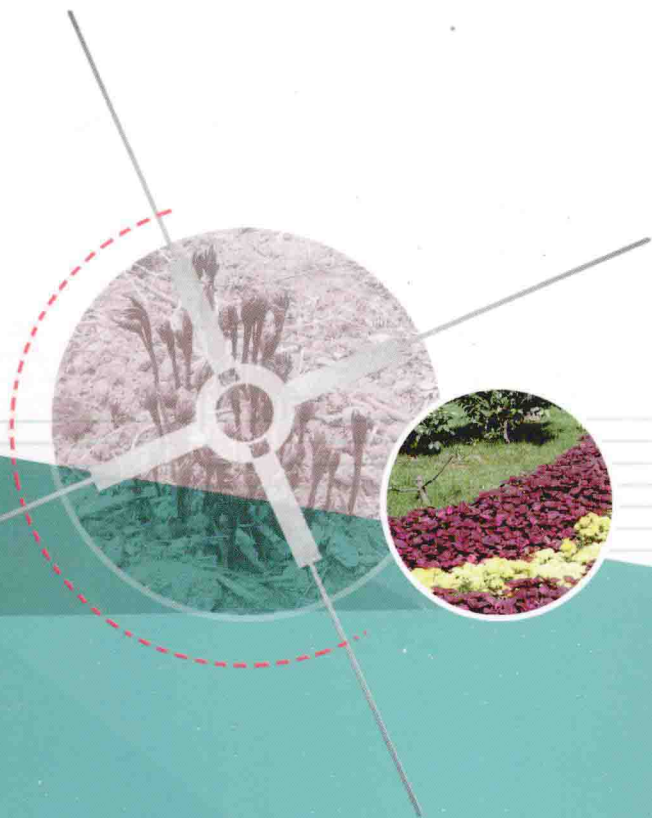
Program Course Book Series Featuring in Modern
Urbanized Agriculture

土壤肥料学

刘克锋 杜建军 主编



欢迎登录：中国农业出版社<http://www.ccap.com.cn>
全国农业教育教材网<http://www.qgnyjc.com>



封面设计 杨 璞

ISBN 978-7-109-17463-4



9 787109 174634 >

定价：39.50元

都市型现代农业特色规划系列教材

Program Course Book Series Featuring in Modern
Urbanized Agriculture

土壤肥料学

刘克锋 杜建军 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤肥科学 / 刘克锋, 杜建军主编. —北京: 中国
农业出版社, 2012. 12

都市型现代农业特色规划系列教材

ISBN 978-7-109-17463-4

I. ①土… II. ①刘… ②杜… III. ①土壤肥力-教
材 IV. ①S158

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 296539 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 100125)

策划编辑 李国忠

文字编辑 郭 科

北京通州皇家印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 21.25

字数: 500 千字

定价: 39.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

《土壤肥科学》是都市型现代农业特色规划系列教材，全书由绪论、土壤部分、植物营养与肥料部分以及土壤肥料资源和都市农业土壤部分组成。绪论部分主要阐述土壤肥料的基本概念、土壤肥料在现代农业和生态系统中的重要作用以及土壤肥料学科的发展；土壤部分包括土壤的组成（土壤矿物质，土壤有机质，土壤水分、空气和热量状况）、土壤性质（土壤孔性、结构性与耕性，土壤胶体性质，土壤酸碱性、氧化还原性和缓冲性）和土壤形成（土壤的形成、分类）；植物营养与肥料部分包括植物营养、施肥的基本原理与技术、大量元素营养（氮、磷、钾营养）、中微量元素营养（中量元素钙、镁、硫和微量元素铁、铜、锌等8种）、复混肥料、有机肥料与有机废弃物肥料化利用；土壤肥料资源和都市农业土壤部分分别介绍了土壤肥料资源的合理利用与保护和都市农业土壤利用及改良。全书各章节之间联系密切而又相互独立，对各部分基本理论进行了系统的阐述，特别是对都市土壤利用及改良、市政废弃物的利用等方面做了较详细的阐述，从而突出都市教材的特色。

本教材既可作为种植类本科各专业学生的教材，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、管理人员的参考书。

都市型现代农业特色规划系列教材编审委员会

主任委员:王有年 (北京农学院院长)
邢克智 (天津农学院院长)
崔英德 (仲恺农业工程学院院长)

副主任委员:杜晓林 (北京农学院副院长)
孙守钧 (天津农学院副院长)
向梅梅 (仲恺农业工程学院副院长)

编委会委员:范双喜 沈文华 乌丽雅斯 马文芝 王立春
卢绍娟 朱立学 石玉强 洪维嘉

都市型现代农业特色规划系列教材学术委员会委员

主任:杜晓林

副主任:孙守钧 向梅梅

委员: (按姓名笔画排序)

马文芝	马吉飞	马晓燕	王厚俊	朱立学
乔秀亭	刘开启	刘金福	杨逢建	吴宝华
吴锡冬	何忠伟	沈文华	宋光泉	范双喜
周厚高	秦岭	贾昌喜	郭勇	阎国荣
梁红				

主 编 刘克锋 杜建军

副主编 贾月慧 危常州 郭荣发

编 者 (按姓名笔画排序)

危常州 (石河子大学)

刘永光 (北京农学院)

刘克锋 (北京农学院)

杜建军 (仲恺农业工程学院)

李永胜 (仲恺农业工程学院)

杨杰文 (广东海洋大学)

肖相政 (仲恺农业工程学院)

张昆林 (西藏大学)

赵荣芳 (仲恺农业工程学院)

钟蓉军 (西藏大学)

侯振安 (石河子大学)

贾月慧 (北京农学院)

郭荣发 (广东海洋大学)

谢 勇 (仲恺农业工程学院)

都市型现代农业作为一种新型的农业发展模式，自 20 世纪 90 年代进入迅速发展阶段，目前已显示出明显的经济、社会和生态效益。尽管国际和地区间发展很不平衡，但随着人们生活水平的提高、城市人口的扩张以及资源与能源供求的集聚，都市型现代农业必将成为大城市及城郊经济社会发展的重要组成部分，其重要意义和独特优势已不同程度地显现出来。都市型现代农业要在满足不断增长的城市需求的过程中获得高效益，又要做到资源节约和环境友好，其发展必须依靠产业的融合和多学科的交叉以及现代高新技术的应用。实现都市型现代农业的高水平发展，科技是动力，人才是保证，这为都市型农业院校提出了一个既具体又有一定创新性的任务，即责无旁贷地要为都市型现代农业发展提供科技和人才支撑。长期以来，由于常规农业的发展需要和相应人才培养方案的惯性延续，使人才培养和都市型现代农业发展需求之间存在一定差异。参照国内外都市型现代农业发展对人才种类需求的调查结果，都市型现代农业对以下三大类型人才有共同的需求。

第一种：经济功能类人才。这类人才是推动都市型现代农业发展的关键因素，是实现各类新兴农业和涉农产业经济效益的核心。主要包括：懂科技、能经营、会管理的涉农企业家与经营管理人才；厚基础、复合型、多学科的科技创新人才；懂技术、高技能的技能型人才；懂科技、有经验的科技成果转化和推广人才。

第二种：生态功能类人才。建设都市型现代农业对内强化生态功能，因此对生态环境功能有更高要求，对这类人才将有更大需求。具体包括：环境公益类人才，生态类人才，环境改造及创意类人才，区域规划和布局类人才，安全食品产业链监控人才等。

第三种：服务功能类人才。适应都市型现代农业服务功能的需要，以服务带动农业产业发展。这类人才包括：旅游管理人才、物流人才（包括涉农外贸）、会展人才、农业信息技术人才等。这就要求都市型高等农业教育要更加注重都市型现代农业发展需求，适时调整教育目标和教学内容。其中，深化高校教学改革是都市型高等农业院校发展的主旨与核心，而做好高质量教材建设与创新是教学改革的重点。如何构建适应都市型现代农业发展与高校人才培养的特色教材体系是众多都市型高等农业院校面临的现实任务，也是长期任务。

基于北京农学院、天津农学院、仲恺农业工程学院等地方高等农业院校的区位特点和办学特色，为了强化对地区经济的服务功能，逐步完善支撑都市型现代农业发展的课程体系及课程内容，2008 年在天津农学院主持召开了“都市型现代农业规划系列教材”编写会议，确定了编写教材的指导思想、特色要求等内容，成立了以三校校长、分管教学的副校长、教务处长及有关专家组成的编写委员会。2009 年 9 月以北京农学院院发 [2009]46 号、天津农学院农院政 [2009]34 号、仲恺农业工程学院仲字 [2009]7 号联合发布了“关于都市型现代农业特色教材建设指导性意见”，进一步明确了都市型现代农业特色规划系列教材的定位、遴选原则、组织领导、出版使用等方面要求。在系列教材编写过程中，三校多次组织、邀请

› 土壤肥料学

各参编高校开展特色教材编写研讨会，并聘请各高校同行专家对教材初稿进行全面审阅，共同商榷，认真修改，集思广益，确保教材的高质量出炉。同时也陆续得到了更多兄弟院校的支持，并纷纷加盟。在多方力量的支持和编写人员的努力下，首批教材已编写完成。

都市型现代农业特色规划系列教材的编写注重都市型现代农业特点、注重人才培养目标领域的拓宽、注重把“教材”向“学材”转变、注重教材内容实用性的优化。重点强调以下几方面的特色：注重学科发展的大背景，拓宽理论基础和专业知识，着眼于理论联系实际与可应用性，突出创新意识；体现都市型现代农业发展的特征；借鉴国内外最新的资料，融合当前学科的最新理论和实践经验，用最新的知识充实教材内容；在结构和内容的编排上更注重能力的培养，强化自我学习能力、思维能力、解决问题能力；强化可读性，教材中尽量增加图表内容，将深奥的理论通俗化，图文并茂。

感谢参加本系列教材编写和审稿的各位老师所付出的大量卓有成效的辛勤劳动。由于编写时间紧、相互协调难度大等原因，本系列教材还存在一些不足。我们相信，该批特色规划系列教材的编写作为都市型高等农业院校教学改革的重要环节，将会为培养 21 世纪现代农业高等人才提供重要保障，对都市型现代农业多功能的充分发挥和更好地服务于大都市和农村将具有重要的推动作用。在各位老师和同行专家的努力下，本系列教材一定会不断地完善，在我国都市型高等农业院校专业教学改革和课程体系建设中定能发挥出应有的作用。

都市型现代农业特色规划系列教材编审委员会

2011.05

前言

本教材是在原有土壤学和植物营养与肥料两门课程的基础上，为适应都市型农业的发展、培养都市农业方面的人才而编写的。本教材由北京农学院、仲恺农业工程学院、广东海洋大学、石河子大学、西藏大学 5 所高等院校联合编写而成。编者全部是土壤肥料方面授课、科研多年的一线老师，并对其编写部分有较深入的研究。在编写过程中，收集了大量的本领域内研究成果，丰富了各章的内容。

土壤肥料学是高等农林院校中农业资源与环境、农学、园艺、园林、植保等专业的必修专业基础课程，因此该教材坚持加强基本概念、基本原理的阐述，尽量拓宽各专业的知识层面，紧紧围绕土壤肥料的知识体系并结合我国农业发展的特点，着重联系大环境中土壤、植物营养、肥料的作用以及它们之间的相互联系，并综合了本学科中新知识、新技术、新问题、发展的动向等，反映出本学科的发展前沿。除传统的土壤肥料方面的知识外，增加了土壤资源质量、都市农业中土壤的变化特点、利用及改良，特别增添了市政废弃物的有效利用等当前的实际问题的解决办法等。它既适用于高等农业院校的广大师生，也适合农业生产第一线的工作人员、技术干部，还可作为生态环境建设、区域规划建设、资源合理利用以及农业可持续发展研究的必备资料。

全书由绪论、土壤部分、植物营养与肥料部分、土壤肥料资源和都市农业土壤部分组成，除绪论外共十八章内容。编写分工如下：绪论由北京农学院刘克锋教授编写，第一章由石河子大学侯振安教授编写，第二章由广东海洋大学杨杰文副教授编写，第三章由西藏大学钟蓉军副教授编写，第四章由仲恺农业工程学院李永胜副教授编写，第五章由北京农学院刘永光博士编写，第六章和第十七章由北京农学院贾月慧副教授编写，第七章由西藏大学张昆林副教授编写，第八章和第九章由仲恺农业工程学院赵荣芳副教授编写，第十章由石河子大学危常州教授编写，第十一章和第十二章由广东海洋大学郭荣发教授编写，第十三章和第十四章由仲恺农业工程学院谢勇副教授编写，第十五章和第十八章由仲恺农业工程学院杜建军教授编写，第十六章由仲恺农业工程学院肖相政副教授编写。全稿由刘克锋和杜建军进行了统稿、补充和修正。贾月慧为全书的统筹完成做了大量工作。

由于土壤肥料学涉及学科众多、内容繁多，发展迅速，尽管编者付出了艰辛的努力，但编者水平有限，书中有疏漏、错误等不足之处，望专家、同行以及广大读者批评指正。

编者

2012年9月

目 录

序
前言

绪论	1
第一节 土壤、肥料的有关概念	1
一、土壤与土壤肥力	1
二、肥料及其分类	4
第二节 土壤肥料科学发展概况	5
第三节 土壤肥料在现代农业生产和生态系统中的重要性	6
一、土壤是植物生长繁育和生物生产的基地	6
二、土壤是陆地生态系统的重要组成部分	7
三、土壤肥料与都市农业生产	7
第四节 土壤肥料学的任务及与其他学科的相互关系	9
一、土壤肥料学的主要任务	9
二、土壤肥料学与其他学科的关系	10
思考题	10
主要参考文献	10
第一章 土壤矿物质	11
第一节 成土矿物和岩石	11
一、主要的成土矿物	11
二、黏土矿物	13
三、主要的成土岩石	19
第二节 岩石风化与母质的形成	21
一、岩石风化作用	21
二、土壤母质的形成	23
第三节 土壤粒级	24
一、土粒分级	24
二、不同粒级的矿物组成和化学组成	26
第四节 土壤质地	27
一、土壤质地及分类	27
二、不同质地土壤的肥力特征及利用改良	31
思考题	34
主要参考文献	34

第二章 土壤有机质	35
第一节 土壤有机质的来源、含量及组成	35
一、土壤有机质的来源及存在形态	35
二、土壤有机质的含量	36
三、土壤有机质的组成	36
第二节 土壤有机质的转化	37
一、土壤有机质的矿质化过程	37
二、土壤有机质的腐殖化过程	39
三、影响土壤有机质转化的因素	39
第三节 土壤腐殖质的性质	41
一、土壤腐殖质的组成	41
二、腐殖质在土壤中的存在形态	41
三、土壤腐殖质的物理化学性质	41
第四节 土壤有机质的作用及调节	42
一、土壤有机质的作用	42
二、土壤有机质调节	44
第五节 土壤生物	45
一、土壤微生物的种类及作用	45
二、土壤动物的种类及作用	47
思考题	49
主要参考文献	49
第三章 土壤水分、空气和热量状况	50
第一节 土壤水分	50
一、土壤水分研究的形态学类型及性质	50
二、土壤水分的能态	53
三、土壤水分含量的表示方法及其测定	55
四、土壤水分的有效性	57
五、土壤水分的运动	58
六、土壤水分状况及水分平衡	60
七、土壤水分与植物生长及土壤肥力的关系	64
第二节 土壤空气	65
一、土壤空气的组成和特点	65
二、土壤通气性	66
三、土壤通气状况与作物生长及土壤肥力的关系	68
第三节 土壤热量	69
一、土壤热量来源与平衡	69
二、土壤温度与作物生长	71

三、土壤温度调节	72
思考题	73
主要参考文献	73
第四章 土壤的孔性、结构性与耕性	74
第一节 土壤孔性	74
一、土壤密度	74
二、土壤容重	75
三、土壤孔隙状况	76
第二节 土壤的结构	79
一、土壤结构的概念	79
二、土壤结构的类型	80
三、土壤结构的形成	81
四、团粒结构与土壤肥力	82
五、土壤结构的改良	83
第三节 土壤物理机械性与耕性	85
一、土壤结持性	85
二、土壤胀缩性	88
三、土壤压实	88
四、土壤耕性	89
思考题	91
主要参考文献	91
第五章 土壤胶体性质	92
第一节 土壤胶体概述	92
一、土壤胶体的概念	92
二、土壤胶体的种类	92
三、土壤胶体微粒的构造	93
四、土壤胶体的性质	94
第二节 土壤胶体的吸附性能	96
一、土壤吸收性能	96
二、土壤阳离子吸附与交换作用	98
三、土壤阴离子吸附与交换作用	100
第三节 土壤的保肥性和供肥性	103
一、土壤的保肥性	103
二、土壤的供肥性	103
三、土壤保肥性、供肥性对植物生长的影响	104
四、离子代换吸收作用与土壤肥力	105
五、土壤供肥性的调节	105

三、营养元素的同等重要律和不可代替律	136
第二节 植物对养分的吸收	137
一、根系对养分的吸收	137
二、影响根系吸收养分的因素	143
三、叶部对养分的吸收	144
第三节 养分在植物体内的运输和再利用	146
一、养分在植物体内的运输	146
二、养分再利用与缺素部位	148
第四节 植物的营养特性	149
一、植物营养性状的基因型差异性	149
二、植物不同生育期的营养特性	149
思考题	150
主要参考文献	150
第九章 施肥的基本原理与技术	151
第一节 施肥的基本原理	151
一、养分归还学说	151
二、最小养分律	151
三、报酬递减律与米采利希学说	152
四、限制因子律（因子综合作用律）	153
第二节 施肥量的确定	153
一、养分平衡法	154
二、土壤肥力指标法	157
三、肥料效应函数法	159
第三节 施肥方式与方法	160
一、施肥方式	160
二、施肥方法	160
三、其他施肥方式	162
第四节 养分资源综合管理	162
一、养分及养分资源的概念和特征	162
二、养分资源综合管理内涵	164
三、养分资源综合管理的理论基础	165
四、养分资源综合管理的技术途径	166
思考题	166
主要参考文献	167
第十章 氮素营养及氮肥	168
第一节 植物的氮素营养	168
一、氮在植物体内的含量和分布	168

二、氮的营养作用	168
三、植物对氮的吸收与同化	169
四、植物氮素营养失调症及其丰缺指标	171
第二节 土壤中的氮素及其转化	173
一、土壤中氮素的含量和形态	173
二、土壤氮的转化	174
第三节 氮肥的种类、性质及施用	176
一、铵(氨)态氮肥	176
二、硝态氮肥与硝铵态氮肥	179
三、酰胺态氮肥	180
四、缓释氮肥	182
第四节 氮肥的合理施用	184
一、确定适宜的氮肥用量	184
二、根据土壤条件合理施用氮肥	185
三、根据作物特性合理施用氮肥	185
四、根据肥料性质合理施用氮肥	185
五、重视平衡施肥	186
六、坚持合理的施氮技术	186
思考题	186
主要参考文献	187
第十一章 磷素营养与磷肥	188
第一节 植物的磷素营养	188
一、植物体内磷含量与分布	188
二、磷的营养作用	189
三、植物对磷的吸收和同化	190
四、植物磷素营养失调症	191
第二节 土壤中的磷素及其转化	191
一、土壤中磷素的含量与形态	191
二、土壤磷的转化	194
第三节 磷肥种类、性质及施用	195
一、水溶性磷肥	196
二、弱酸溶性磷肥	197
三、难溶性磷肥	198
第四节 磷肥的合理施用	199
一、根据土壤条件合理分配和施用磷肥	199
二、根据作物需磷特性和轮作制度合理分配和施用磷肥	200
三、根据磷肥特性合理分配和施用磷肥	200
四、磷肥与其他肥料配合施用	201

五、磷肥施用技术	201
思考题	201
主要参考文献	202
第十二章 钾素营养与钾肥	203
第一节 植物的钾素营养	203
一、植物体内钾素含量与分布	203
二、钾的营养作用	204
三、植物对钾的吸收	205
四、植物钾素营养失调症	206
第二节 土壤中的钾素及其转化	206
一、土壤中钾的含量和形态	206
二、土壤中钾的转化	208
第三节 钾肥的种类、性质及施用	209
一、氯化钾	209
二、硫酸钾	210
三、窑灰钾肥	210
四、草木灰	210
第四节 钾肥的合理施用	211
一、根据土壤供钾能力合理施用钾肥	211
二、根据作物需钾特性合理施用钾肥	212
三、钾肥与其他肥料配合施用	212
四、钾肥的施用技术	213
思考题	213
主要参考文献	213
第十三章 钙、镁、硫肥	215
第一节 钙肥	215
一、土壤中的钙素营养	215
二、钙的营养作用	215
三、石灰质肥料的作用	218
四、含钙肥料的种类、性质及施用	219
第二节 镁肥	223
一、土壤中的镁素营养	223
二、镁的营养作用	223
三、含镁肥料的种类、性质及施用	225
第三节 硫肥	226
一、土壤中的硫素营养	226
二、硫的营养作用	227