

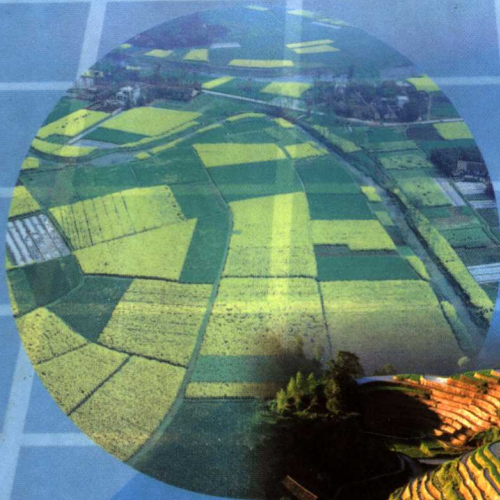


中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 土壤与农作

农业水利技术专业

主编 张建国



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 土 壤 与 农 作

(农业水利技术专业)

|        |     |
|--------|-----|
| 主    编 | 张建国 |
| 责任主审   | 张勇传 |
| 审    稿 | 郭元裕 |
|        | 雷声隆 |

江苏工业学院图书馆  
藏书章

## 内 容 提 要

本书是为中等职业学校农业水利技术专业而编写的通用教材,也可供基层农业水利技术人员和管理人员参考。

本书除绪论外,共五章。主要内容包括土壤基础知识、土壤水分、土壤培肥和改良、作物与水分、主要作物合理用水。实践性教学列于书后。

### 图书在版编目(CIP)数据

土壤与农作/张建国主编.-北京:中国水利水电出版社,2002

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-5084-1325-3

I.土… II.张… III.①土壤学-专业学校-教材②耕作学-专业学校-教材 IV.①S15②S34

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第097394号

|       |                                                                                                                                                                                                                     |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名   | 中等职业教育国家规划教材<br><b>土壤与农作</b> (农业水利技术专业)                                                                                                                                                                             |
| 作 者   | 主编 张建国                                                                                                                                                                                                              |
| 出版、发行 | 中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044)<br>网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a><br>E-mail: <a href="mailto:sale@waterpub.com.cn">sale@waterpub.com.cn</a><br>电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (发行部) |
| 经 售   | 全国各地新华书店                                                                                                                                                                                                            |
| 排 版   | 中国水利水电出版社微机排版中心                                                                                                                                                                                                     |
| 印 刷   | 北京市兴怀印刷厂                                                                                                                                                                                                            |
| 规 格   | 787×1092毫米 16开本 6.25印张 148千字                                                                                                                                                                                        |
| 版 次   | 2003年1月第一版 2003年1月第一次印刷                                                                                                                                                                                             |
| 印 数   | 0001—3100册                                                                                                                                                                                                          |
| 定 价   | <b>8.60元</b>                                                                                                                                                                                                        |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

## 中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2002 年 10 月

# 前 言

本教材是根据中等职业教育水利水电专业国家规划教材编写工作会议的安排和教育部颁布的中等职业学校农业水利技术专业教学指导方案中《土壤与农作》教学基本要求为依据而编写的。

为了体现中等职业教育的特点,本教材力求概念明确、通俗易懂、浅显易学,注意融基础性、实用性和先进性为一体。为便于学生学习,每章后面均有简单的小结和复习思考题。

由于我国幅员辽阔,各地自然条件不同,土壤和作物栽培情况差异较大。因此,各校在使用本教材中,可根据当地实际情况有所侧重进行教学。

参加本书编写的有山西水利职业技术学院张建国(绪论、第一章和实践性教学部分)、郑州水利学校张志远(第二章、第三章)、安徽水利水电职业技术学院张身壮(第四章、第五章)。全书由张建国主编,山西水利职业技术学院史晓红为本书绘制了全部插图。

本书经全国中等职业教育教材审定委员会审定,由华中科技大学张勇传院士担任责任主审,武汉大学郭元裕、雷声隆教授审稿,中国水利水电出版社另聘杨陵职业技术学院陈亚萍主审了全稿,在此一并表示感谢。

由于编者水平所限,加上编写时间仓促,书中可能有不妥甚至错误之处,恳请广大师生和读者批评指正。

编 者

2002年8月

出版说明

前 言

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 绪论 .....                   | 1  |
| <b>第一章 土壤基础知识</b> .....    | 3  |
| 第一节 土壤与肥力 .....            | 3  |
| 第二节 土壤固体物质 .....           | 4  |
| 第三节 土壤的孔隙性与结构性 .....       | 10 |
| 第四节 土壤保肥性能 .....           | 15 |
| 第五节 土壤酸碱性 .....            | 16 |
| 第六节 土壤空气和热量状况 .....        | 18 |
| 小结 .....                   | 23 |
| 复习思考题 .....                | 23 |
| <b>第二章 土壤水分</b> .....      | 26 |
| 第一节 土壤水分的类型及性质 .....       | 26 |
| 第二节 土壤水分常数与土壤含水量 .....     | 28 |
| 第三节 土壤水分的能量概念 .....        | 33 |
| 小结 .....                   | 35 |
| 复习思考题 .....                | 36 |
| <b>第三章 土壤的培肥和改良</b> .....  | 37 |
| 第一节 土壤养分与肥料 .....          | 37 |
| 第二节 低产土壤改良 .....           | 43 |
| 小结 .....                   | 48 |
| 复习思考题 .....                | 49 |
| <b>第四章 作物与水分</b> .....     | 50 |
| 第一节 作物生理需水和生态需水 .....      | 50 |
| 第二节 合理灌溉的依据 .....          | 55 |
| 第三节 节水农业 .....             | 60 |
| 小结 .....                   | 62 |
| 复习思考题 .....                | 63 |
| <b>第五章 主要作物的合理用水</b> ..... | 64 |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| 第一节 小麦 .....            | 64        |
| 第二节 水稻 .....            | 69        |
| 第三节 玉米 .....            | 73        |
| 第四节 棉花 .....            | 76        |
| 小结 .....                | 79        |
| 复习思考题 .....             | 79        |
| <b>实践性教学部分</b> .....    | <b>81</b> |
| 实训一 土壤质地、结构和墒情的鉴别 ..... | 81        |
| 实训二 土壤含水率的测定 .....      | 83        |
| 实训三 作物生育性状的观测与调查 .....  | 86        |
| 参考文献 .....              | 89        |

# 绪 论

## 一、土壤与农业生产

“民以食为天，食以土为本”，这句话精辟地概括了人类—农业—土壤之间的关系。农业是人类生存的基础，而土壤是农业生产的基础。

农业生产是由植物生产、动物生产和土壤管理三个环节组成的。植物生产（种植业）主要是通过绿色植物的光合作用制造有机物质，把太阳能转变为化学能贮存起来，随后一部分植物产品作为食物和工业原料为人类所用。动物生产（养殖业）是把一部分植物产品和动物残体作为饲养畜、禽、鱼类的饲料，以便更充分地利用这些有机物质及其所包含的化学能，进一步为人类提供肉、乳、蛋、毛、皮等和畜力、肥料。土壤管理是对土壤进行施肥耕作管理，把未曾利用过的动植物残体和人畜粪尿，通过耕作，归还土壤，变为植物可利用的养分，这样可增加和更新土壤有机质，提高土壤肥力，保证农业生产持续、稳定地发展。群众所说的“粮多、猪多，猪多、粪多，粪多、粮多，”正是对植物生产、动物生产和土壤管理三者之间关系的形象说明。

## 二、土壤与生态系统

植物、动物和微生物加上它们生存的环境的集合体，称为生态系统。土壤是人类所处自然环境的一部分，作物是农业生物的主体，二者都是生态系统的重要组成部分。作物生活因子包括光照、温度、水分、养分和空气来自于自然环境和栽培环境，土壤是作物赖以立足和摄取水分、养分的场所。

在一定条件下，就整个生态系统而言，由于各种生物群体之间的相互制约，使得生物与生物、生物与环境之间，维持着某种相对稳定的状态，称为生态平衡。人类生活在自然环境中，不断对它进行干预和改造，使之有利于人类的生产和生活。与此同时，人们的活动也会在有意或无意之中破坏自然环境中的生态平衡，其后果是给人类带来难以弥补的损失。例如滥垦滥伐和过度放牧，引起大量水土流失和土地沙漠化，水旱灾害增加；盲目大量灌溉，有灌无排，使土壤次生盐渍化；滥用化肥农药，工业“三废”（废气、废水、废渣）随意排放，造成严重污染等，会给人类带来灾害，甚至是毁灭性的。对此，水利工作者应该高度重视，在农业水利技术的应用与推广工作中，必须树立生态系统的观点，重视生态平衡问题，了解建设生态农业及大农业对水利的要求，更好地发挥水资源和水利工程的作用。

21 世纪将是我国社会经济高速发展的时代，也是我国人口达到 16 亿人的高峰时代，农业责无旁贷地要承担起保障国民经济发展和人口对粮食巨大需求的重任。因此必须在重视生态平衡和保护土壤资源的基础上，合理利用和管理土壤，不断培肥和改良土壤，提高土壤生产力。同时大力发展高效农业、设施农业和特色农业，生产出满足人们需求的粮食和农副产品。作为水利工作者必须了解农业生产的基本知识，特别是土壤与农作的有关知

识,使水利更好地满足农业生产的需要,为实现农业可持续发展和建设有中国特色的社会主义事业作出应有的贡献。

### 三、本课程的性质、任务与基本要求

《土壤与农作》是中等职业学校农业水利专业的一门主干专业课程。其任务是使学生初步掌握与农业水利密切相关的土壤基础知识、主要农作物需水规律和合理用水的基本知识,为学习后续课程,增强职业技能,从事农业水利技术应用与推广工作打下必要的基础。

《土壤与农作》的教学内容,就是根据农业水利工作的需要而确定的。全书分为三部分:第一部分(1~3章)是关于土壤方面的内容,包括土壤基础知识、土壤水分、土壤培肥与改良。第二部分(4~5章)是农作方面的内容,主要从农业水利专业的角度介绍和论述了作物与水的关系以及主要作物合理用水的基本知识。第三部分为实践性教学内容,编写了教学大纲所规定的3个实训指导,旨在加强技能训练,培养学生实践能力。此外,为便于学生学习,每章后面还附有小结和复习思考题。

通过《土壤与农作》课程的讲授和实训等教学环节的学习,应使学生达到以下几方面要求。

- (1) 了解土壤的基本知识,初步掌握土壤水分的计算方法,能测定土壤含水量。
- (2) 初步具备土壤质地、结构、墒情的田间鉴别技能。
- (3) 了解农业高效用水技术。
- (4) 掌握主要作物的需水规律和合理用水技术。
- (5) 树立可持续发展意识。

# 第一章 土壤基础知识

## 教学要求

- (1) 理解土壤和土壤肥力的概念。
- (2) 理解不同质地土壤的农业生产特性和改良方法。
- (3) 了解土壤有机质的组成、转化、调节及培肥改土作用。
- (4) 了解常见土壤结构的类型、特征和改良方法,理解团粒结构的肥力特点和培育措施。
- (5) 理解土粒密度、土壤干密度和土壤孔隙度的概念和应用知识。
- (6) 了解土壤保肥性能的概念、类型和特点。
- (7) 了解土壤酸碱性和缓冲性。
- (8) 了解土壤气、热状况。

## 第一节 土壤与肥力

### 一、土壤与肥力的概念

俗话说:“万物土中生”。土壤是农业生产的基本条件,是作物生长发育的基地,是人类赖以生存和发展的重要资源和生态条件。

什么是土壤?简单地说:土壤是指地球陆地表层能生长植物(包括作物)的疏松层。“陆地表层”指出了土壤的地理位置;而“疏松”指土壤的孔隙结构性,以区别于坚硬、块状岩石;“能生长植物”则指出了土壤的本质特征,即土壤具有肥力。

土壤肥力是指土壤能够经常不断地、适时适量地供给并协调植物生长所需的水分、养分、空气、温度等生活条件的能力。水分、养分、空气、温度(简称水、肥、气、热)是土壤的四大肥力因素,它们之间相互作用,共同决定土壤肥力。形象地说,一种良好的土壤必须能满足植物“吃得饱”(养分充足)、“喝得足”(水分适量)、“住得好”(空气流通、温度适宜)、“站得稳”(根系伸展自如,机械支持牢固)的要求。土壤肥力可分为自然肥力和人为肥力。自然肥力是指土壤在形成和发育过程中产生和发展起来的肥力。而人为肥力是指自然土壤经过开垦耕种后,在人类生产活动影响下所发展起来的肥力。一般来说,纯粹的自然肥力只有在原始森林地和未垦荒地上才能见到。农业土壤既具有自然肥力,又具有人为肥力。在农业实践中,由于土壤性质、环境条件和技术水平的限制,只有一部分肥力在生产上表现了出来,这部分被称为“有效肥力”;另一部分尚未表现出来的肥力则被称为“潜在肥力”。采取合理灌排、耕作、施肥、改良等技术措施,可使土壤中的潜在肥力转化为有效肥力。

### 二、土壤物质组成

土壤是由固相(包括矿物质、有机质、生物)、液相(水分)和气相(空气)三相物

质组成的疏松多孔体（图 1-1）。固相物质的体积约占 50% 左右，其中 38% 是矿物质颗粒，构成土壤的主体，搭起土壤的骨架，好比是土壤的骨骼；12% 的是有机质，主要是腐殖质，好比是土壤的肌肉，它是土壤肥力的保证。在固体物质之间，存在着大小不同的孔隙，占据了土壤体积的另一半。孔隙里充满了水分和空气，水分一般占土壤体积的 15%~35%，在水分占据以外的孔隙中充满着空气。土壤水分，实际上是含有可溶性养分的土壤溶液，它在孔隙中可以上下左右运行，好比是土壤的血液。孔隙中的空气与大气不断地进行交换，大气补给土壤氧气，土壤又吐出二氧化碳，好比土壤也在呼吸。

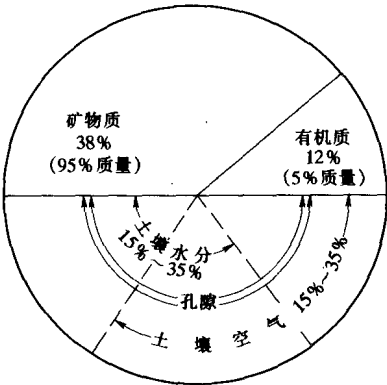


图 1-1 土壤三相组成比例示意图

## 第二节 土壤固体物质

### 一、土壤矿物质

土壤是由岩石风化形成的，岩石风化变成许许多多粗细不同的颗粒，称为土壤的矿物质颗粒，也就是常说的土粒。土壤矿物质颗粒通常占土壤固体部分质量的 95%~98% 及其以上，是组成土壤的主体。

#### （一）土粒分级及其性质

##### 1. 土粒分级

通常按照粒径的大小和性质的差异，将土粒划分成若干等级，称为土粒分级。同一粒级范围的土粒大小、成分和性质基本相近，不同粒级间的土粒大小、成分和性质均有较大差异。一般将土粒分为石砾、砂粒、粉粒和黏粒四大基本粒级，再进行细分。当前，我国常见的土粒分级标准见表 1-1。

表 1-1 常见的土粒分级标准

| 中国制 (1987)        |                                        | 国际制 (1930) |                   | 卡庆斯基制 (1957)      |                                           |
|-------------------|----------------------------------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------|
| 粒级名称              | 粒径 (mm)                                | 粒级名称       | 粒径 (mm)           | 粒级名称              | 粒径 (mm)                                   |
| 石块<br>石砾          | > 3<br>3~1                             | 石砾         | > 2               | 石块<br>石砾          | > 3<br>3~1                                |
| 粗砂粒<br>细砂粒        | 1~0.25<br>0.25~0.05                    | 粗砂粒<br>细砂粒 | 2~0.2<br>0.2~0.02 | 粗砂粒<br>中砂粒<br>细砂粒 | 1~0.5<br>0.5~0.25<br>0.25~0.05            |
| 粗粉粒<br>中粉粒<br>细粉粒 | 0.05~0.01<br>0.01~0.005<br>0.005~0.002 | 粉粒         | 0.02~0.002        | 粗粉粒<br>中粉粒<br>细粉粒 | 0.05~0.01<br>0.01~0.005<br>0.005~0.001    |
| 粗黏粒<br>细黏粒        | 0.002~0.001<br>< 0.001                 | 黏粒         | < 0.002           | 粗黏粒<br>细黏粒<br>胶粒  | 0.001~0.0005<br>0.0005~0.0001<br>< 0.0001 |

注 卡庆斯基制中：1~0.01mm 为物理性砂粒，<0.01mm 为物理性黏粒。

## 2. 各级土粒的矿物组成和化学性质

土粒的大小不同，其矿物组成和化学成分也不一样。一般土粒由粗到细，其矿物组成中的石英含量逐渐减少，云母含量逐渐增多；而化学组成上则是  $\text{SiO}_2$  含量逐渐减少，Ca、Mg、P、K 等养分含量相应增加（表 1-2、表 1-3）。

表 1-2 各粒级的矿物组成 (%)

| 粒径 (mm)      | 石 英 | 长 石 | 云 母 | 角 闪 石 | 其 他 |
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|
| 1 ~ 0.25     | 86  | 14  | —   | —     | —   |
| 0.25 ~ 0.05  | 81  | 12  | —   | 4     | 3   |
| 0.05 ~ 0.01  | 72  | 15  | 7   | 2     | 4   |
| 0.01 ~ 0.005 | 63  | 8   | 21  | 5     | 3   |
| 0.005        | 10  | 10  | 66  | 7     | 7   |

注 引自林成谷主编的《土壤学》。

表 1-3 各级土粒的 Ca、Mg、P、K 含量 (%)

| 成 土 母 质   | CaO  |      |      | MgO  |      |      | $\text{P}_2\text{O}_5$ |      |      | $\text{K}_2\text{O}$ |      |      |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------------------------|------|------|----------------------|------|------|
|           | 砂粒   | 粉粒   | 黏粒   | 砂粒   | 粉粒   | 黏粒   | 砂粒                     | 粉粒   | 黏粒   | 砂粒                   | 粉粒   | 黏粒   |
| 冲积母质      | 0.07 | 0.19 | 0.55 | 0.09 | 0.14 | 0.61 | 0.03                   | 0.10 | 0.34 | 0.37                 | 1.34 | 1.76 |
| 岩浆岩残积母质   | 0.52 | 0.82 | 0.94 | 0.48 | 0.86 | 1.24 | 0.07                   | 0.22 | 0.67 | 1.60                 | 2.37 | 7.80 |
| 石灰岩残积母质   | 7.55 | 0.82 | 6.67 | 0.44 | 0.52 | 1.84 | 0.19                   | 0.17 | 0.49 | 1.46                 | 1.95 | 2.67 |
| 冰碛母质及黄土母质 | 1.24 | 1.30 | 2.69 | 0.54 | 0.88 | 1.80 | 0.15                   | 0.23 | 0.86 | 1.72                 | 2.35 | 3.08 |

注 引自陈忠焕主编的《土壤肥科学》。

## 3. 各粒级土粒的主要特性

土粒的大小和成分不同，其特性也有很大差异。石砾和砂粒通气透水性好，但养分含量少，保水保肥力差。黏粒保水保肥力强，但通气透水性差，湿时黏，干时硬，耕作阻力大。粉粒是介于砂粒与黏粒之间的一种粒级，兼有砂粒与黏粒的优点。所以粗、细颗粒搭配得好的土壤就具有较好的水、肥、气、热状况，肥力较高。

### (二) 土壤质地及其分类标准

不同的土壤，其固体部分颗粒组成的比例差异很大，而且很少是由单一的某一粒级土壤颗粒组成的，即使是最粗的砂土或最细的黏土，也不只是由纯砂粒或纯黏粒所组成，而是砂粒、粉粒、黏粒都有，只不过是各粒级所占的比例不同，如砂土中砂粒占的比例大，而黏土中黏粒占的比例大而异。因此我们把土壤中各粒级土粒的配合比例或土壤中各粒级土粒的质量分数叫土壤机械组成。土壤质地则是根据不同机械组成所产生的特性而划分的土壤类别。质地是土壤的一种十分稳定的自然属性。在生产实践中，质地常常是作为认土、用土和改土的重要依据。一般将土壤质地分为砂土、壤土和黏土三大组，每组再细分（表 1-4、表 1-5、表 1-6）。土壤质地可以用仪器来测定，也可以用简单的手摸方式来确定。

### (三) 不同质地土壤的生产特性

#### 1. 砂质土

砂质土蓄水力差，养分含量低，保肥性差，昼夜温差大，但通气透水性和耕性好，该

类土壤肥力表现为前劲大而后劲不足，常出现后期脱肥现象，种植作物往往“发小苗不发老苗”（苗期长势好，后期长势差）。适宜种植生长期短、耐瘠薄、要求土质疏松、排水良好的作物，如花生、薯类、豆类、芝麻、果树等。

2. 黏质土

黏质土特性与砂质土相反，保水保肥力强，养分含量丰富，土温稳定，但通气透水性和耕性差。该类土壤肥力表现为前劲不足而后劲过猛，常造成作物贪青晚熟，种植作物反映“发老苗不发小苗”（苗期长势差，中后期长势过旺）。适宜种植稻、麦、玉米、高粱等生长期长、需肥量大的作物（表 1-7）。

表 1-4 中国土壤质地分类 单位：mm

| 质地组 | 质地名称 | 颗粒组成% (粒径)     |                    |                 |
|-----|------|----------------|--------------------|-----------------|
|     |      | 砂粒<br>(1~0.05) | 粗粉粒<br>(0.05~0.01) | 细黏粒<br>(<0.001) |
| 砂土  | 极重砂土 | 80             |                    | < 30            |
|     | 重砂土  | 70~80          |                    |                 |
|     | 中砂土  | 60~70          |                    |                 |
|     | 轻砂土  | 50~60          |                    |                 |
| 壤土  | 砂粉土  | ≥20            | ≥40                | < 30            |
|     | 粉土   | <20            |                    |                 |
|     | 砂壤土  | ≥20            | <40                |                 |
| 黏土  | 轻黏土  |                |                    | 30~35           |
|     | 中黏土  |                |                    | 35~40           |
|     | 重黏土  |                |                    | 40~60           |
|     | 极重黏土 |                |                    | >60             |

注 引自《土壤学》，黄昌勇主编，2000。

表 1-5 卡庆斯基土壤质地分类（简制）

| 质地组 | 质地名称 | 不同土壤类型<0.01mm 土粒含量 (%) |         |        |
|-----|------|------------------------|---------|--------|
|     |      | 灰化土                    | 草原土、红黄壤 | 碱化土、碱土 |
| 砂土  | 松砂土  | 0~5                    | 0~5     | 0~5    |
|     | 紧砂土  | 5~10                   | 5~10    | 5~10   |
| 壤土  | 砂壤土  | 10~20                  | 10~20   | 10~15  |
|     | 轻壤土  | 20~30                  | 20~30   | 15~20  |
|     | 中壤土  | 30~40                  | 30~45   | 20~30  |
|     | 重壤土  | 40~50                  | 45~60   | 30~40  |
| 黏土  | 轻黏土  | 50~65                  | 60~75   | 40~50  |
|     | 中黏土  | 65~80                  | 75~85   | 50~65  |
|     | 重黏土  | >80                    | >85     | >65    |

表 1-6 国际制土壤质地分类 单位：mm

| 质地组  | 质地名称    | 颗粒组成% (粒径)  |                 |             |
|------|---------|-------------|-----------------|-------------|
|      |         | 砂粒 (2~0.02) | 粉粒 (0.02~0.002) | 黏粒 (<0.002) |
| 砂土类  | 砂土及壤质砂土 | 85~100      | 0~15            | 0~15        |
| 壤土类  | 砂质壤土    | 55~85       | 0~45            | 0~15        |
|      | 壤土      | 40~55       | 30~45           | 0~15        |
|      | 粉砂质壤土   | 0~55        | 45~100          | 0~15        |
| 黏壤土类 | 砂质黏壤土   | 55~85       | 0~30            | 15~25       |
|      | 黏壤土     | 30~55       | 20~45           | 15~25       |
|      | 粉砂质黏壤土  | 0~40        | 45~85           | 15~25       |
| 黏土类  | 砂质黏土    | 55~75       | 0~20            | 25~45       |
|      | 壤质黏土    | 10~55       | 0~45            | 25~45       |
|      | 粉砂质黏土   | 0~30        | 45~75           | 25~45       |
|      | 黏土      | 0~55        | 0~35            | 45~65       |
|      | 重黏土     | 0~35        | 0~35            | 65~100      |

表 1-7

主要作物的适宜土壤质地范围

| 作物种类  | 土壤质地 <sup>a</sup> | 作物种类  | 土壤质地    | 作物种类 | 土壤质地     |
|-------|-------------------|-------|---------|------|----------|
| 水稻    | 黏土、黏壤土            | 萝卜    | 砂壤土     | 柑橘   | 砂壤土、黏壤土  |
| 小麦    | 壤黏土、壤土            | 茼蒿    | 砂壤土~黏壤土 | 梨树   | 壤土、黏壤土   |
| 大麦    | 壤土、黏壤土            | 甘蓝    | 砂壤土~黏壤土 | 枇杷   | 黏壤土、黏土   |
| 粟     | 砂壤土               | 白菜    | 砂壤土、壤土  | 葡萄   | 砂壤土、砾质壤土 |
| 玉米    | 黏壤土               | 大豆    | 黏壤土     | 苹果   | 壤土、黏壤土   |
| 黄麻    | 砂壤~黏壤土            | 豌豆、蚕豆 | 黏土、黏壤土  | 桃树   | 砂壤土、黏壤土  |
| 棉花    | 砂壤土、壤土            | 油菜    | 黏壤土     | 茶树   | 砾质黏壤土、壤土 |
| 烟草    | 砾质砂壤土             | 花生    | 砂壤土     | 桑树   | 壤土、黏壤土   |
| 甘薯、茄子 | 砂壤土、壤土            | 甘蔗    | 黏壤土、壤土  |      |          |
| 马铃薯   | 砂壤土、壤土            | 西瓜    | 砂土、砂壤土  |      |          |

注 引自陈自忠主编的《土壤肥科学》。

### 3. 壤质土

群众称之为“二合土”，砂黏比例适中，兼有砂质土和黏质土的优点。既通气透水，又保水保肥，耕性好，土壤水、肥、气、热以及扎根条件协调，种植作物“既发小苗，又发老苗”，适合种植各种作物，是农业上较理想的土壤。

#### (四) 土壤质地改良

质地过砂或过黏均对作物生长不利，因此应采取相应的改良措施。

##### 1. 掺砂掺黏、客土调剂

一般要因地制宜，就地取材，循序渐进地进行。如果在砂土附近有黏土、胶泥土、河泥，可采用搬黏压砂的办法；黏土附近有砂土、河砂，可采用搬砂压黏的办法，逐年客土改良，使之达到三泥七砂或四泥六砂的壤土范围。农民说：“砂掺黏，年年甜”；“黏土加砂，好像孩子见了妈”，都生动地说明了客土改良的好处。

##### 2. 引洪漫淤、引洪漫砂

洪水中所携带的淤泥是来自地表的肥沃土壤，养分含量丰富。将洪水有控制地引入农田，使淤泥沉积于砂土表面，既可增厚土层，改良质地，又能培肥土壤，俗称“一年洪水三年肥”。新疆南部采用淤灌客土的方式，创造了戈壁变良田的好典型，逐年灌淤，约 20 年后土层可达 1m 左右，土壤质地由砂土变为砂粉土，再经若干年，可变为粉土或壤土，成为适于种植多种作物的良田。宁夏河套平原的大片“灌淤土”，是经过几百年、上千年灌溉水带来的淤泥形成的。“引洪漫砂”亦有改良黏质土的效果。

##### 3. 翻淤压砂、翻砂压淤

砂土层下不深处有淤泥层；黏土层下不深处有砂土层，对作物生长都不利。可采取深翻或“大揭盖”，将下层的砂土或黏土翻至表层，通过砂黏掺混，改变土质。

此外，通过种草种树、施有机肥等改良措施，既可增加土壤有机质和养分，又可增强砂土的黏结性，降低黏土的黏结性，促进土壤团粒结构的形成。实践证明，这种改良措施的培肥改土效果是显著的。

## 二、土壤有机质

有机质是土壤的重要组成部分。尽管土壤有机质只占土壤总质量的很小一部分，但它在土壤肥力、环境保护、农业可持续发展等方面都有着很重要的作用和意义。

广义地讲，土壤有机质包括土壤中的各种动植物残体、微生物体及其分解和合成的有机物质；狭义的土壤有机质一般是指腐殖质。为了区别，常称前者为土壤有机物质，后者为土壤有机质。土壤有机质的质量分数差别很大，一般均小于  $50\text{g/kg}$  ( $5\%$ )。华北地区土壤有机质的质量分数大都在  $10\text{g/kg}$  左右，西北地区的土壤则大多低于  $10\text{g/kg}$ ，南方水稻土为  $15 \sim 35\text{g/kg}$ ，只有东北的黑土高达  $80 \sim 100\text{g/kg}$ ，草甸、沼泽土的泥炭甚至超过  $200\text{g/kg}$ 。一般把土壤有机质质量分数超过  $200\text{g/kg}$  的土壤称为有机土壤，而小于  $200\text{g/kg}$  者称为矿质土壤。

#### (一) 土壤有机质的来源、组成

土壤有机质主要来源于植物残体、根系、施入的各种有机肥料、工农业和生活的废水废渣等，土壤中的微生物和动物也提供了一定量的有机质。

土壤有机质大致可分为两类：一类是非腐殖质，主要是动植物和微生物体内的有机化合物，占有机质总量的  $10\% \sim 15\%$ ；另一类是腐殖质，它是土壤有机质的主体，在矿质土壤中占有机质总量的  $85\% \sim 90\%$ 。

#### (二) 土壤微生物在有机质转化中的作用

土壤微生物是指居住在土壤里的许多肉眼看不见的微小生物。它具有种类多、分布广、繁殖快、活性强的特点， $1\text{g}$  土壤中就有几千万至几十亿个，土壤越肥沃，微生物就越多。土壤微生物主要包括细菌、放线菌、真菌、藻类和原生动物。根据土壤微生物对空气 ( $\text{O}_2$ ) 要求不同可分为三种类型：第一种是必须在通气良好条件下才能生活的，称为好气性微生物，例如放线菌、真菌及大部分细菌。这类微生物活动的结果，使有机质的矿质化迅速进行，不断释放出养分。第二种是必须在通气不良条件下才能生活的，称为嫌气性微生物，例如反硝化细菌和许多腐生细菌。这类微生物常见于水田和沼泽地土壤中。嫌气性微生物活动的结果，使土壤形成腐殖质而累积养分，同时也会累积一些对作物有害的还原性物质。第三种是对空气要求并不严格，有无空气均能生活，称为兼气性微生物，如硝化细菌。因此，土壤微生物在有机质的分解转化中起着十分重要的作用。

#### (三) 土壤有机质的转化

土壤中的有机物质在微生物作用下进行很复杂的转化，这种转化可归纳为两个过程：一方面是有机质的矿质化过程（或分解过程），即复杂的有机物质逐步分解变成简单的无机化合物，如二氧化碳、水和矿质养分等，释放出养分，供作物吸收；另一方面是有机质的腐殖质化过程，即有机物质经分解再合成，生成更复杂的特殊有机物——腐殖质，把养分暂时贮存在土壤中，以后再继续分解，供作物吸收（图 1-2）。

#### (四) 土壤有机质的作用

##### 1. 提供作物需要的养分

土壤有机质是作物所需的氮、磷、硫、微量元素等各种养分的主要来源。同时有机质分

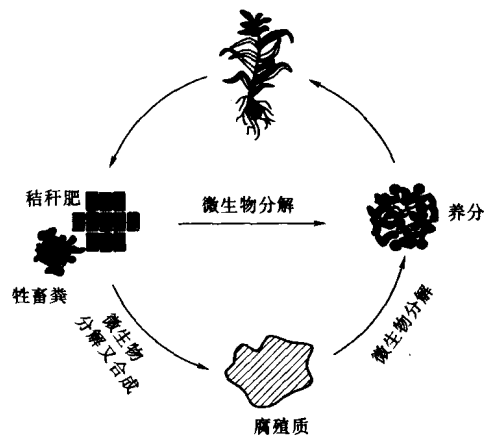


图 1-2 土壤有机质的分解合成示意图

解时产生的有机酸可促进矿物风化，释放出其中的养分。所以土壤有机质增加了，潜在养分也就多了。

## 2. 改良土壤的物理性质

土壤的物理性质主要关联着通气、透水、保水和热性质，还直接制约着耕性。土壤有机质在这方面起着重要的作用。

新鲜的腐殖质可以把土粒胶结在一起，形成团粒，从而提高土壤的保水力、水分渗透率和抗蚀性。腐殖质的黏结性介于黏粒与砂粒之间，增加土壤有机质，既可疏松黏土，又可改变砂土的松散状况，从而使黏土不黏，砂土不砂。腐殖质颜色深暗，吸热能力强，有利于提高土壤温度。

## 3. 增强土壤保肥性和缓冲性

腐殖质的保肥力比黏土大几倍至几十倍，可以吸收大量的养分，有效地减少了养分损失，提高了土壤保肥能力。同时还能增强土壤抵抗酸碱反应剧烈变化的缓冲能力。

## 4. 其他作用

在一定浓度下，腐殖质既能加速种子萌发和养分的吸收，促进作物生长，又能增强作物的抗旱能力，腐殖酸钠是某些抗旱剂的主要成分。试验表明，用腐殖酸（富里酸钠）喷施西瓜，能显著提高西瓜的甜度。

另外腐殖质还有助于消除土壤中农药残毒和重金属的污染，净化土壤，有利于保护生态环境。

总之，土壤腐殖质是构成土壤肥力最重要的物质基础，它是土中之宝，肥力的精华。有它地才健康，土才有劲，改土又培肥，通气又透水，保水又保肥。

## （五）增加土壤有机质是培肥土壤的重要环节

明确了腐殖质是土中之宝，我们就应该想尽办法来增加土壤有机质。

### 1. 大量施用有机肥

施用有机肥以提高土壤有机质是我国劳动人民在长期的生产实践中总结出来的宝贵经验。主要的有机肥源包括粪肥、厩肥、堆肥、饼肥、鱼肥、蚕砂、河泥等，其中粪肥和厩肥是普遍使用的有机肥料。实践证明：长期使用有机肥，可使土壤熟化程度提高，土壤肥力壮而不衰，是农业可持续发展的重要措施。

### 2. 种植绿肥

种植绿肥是培肥土壤、提高产量的有效措施。我国北方主要有以下两种方式：①休闲绿肥：主要是麦茬夏闲或秋茬冬闲期间种植绿肥，如田菁、桤麻、草木樨和越冬毛苕子等；②粮肥间套：主要是在冬前、早春或夏季于麦地间套毛苕子、草木樨等。南方种植绿肥较为普遍，如水稻与紫云英轮作。

### 3. 秸秆还田

一般是将作物秸秆切碎，不经堆腐直接翻入土壤。在进行秸秆还田时，要注意适当添加速效氮肥，以避免微生物和作物竞争土壤有效氮素，影响作物生长发育。

此外，城市近郊农民，还可用城市生活污水和生活垃圾堆制垃圾肥。一些农产品加工厂的废渣和食品工业的废弃物，都是很好的有机肥来源。

### 第三节 土壤的孔隙性与结构性

#### 一、土壤的孔隙性

土壤中土粒或团聚体之间以及团聚体内部都有大小不一、弯弯曲曲、形状各异的孔隙，称为土壤孔隙。土壤孔隙性通常包括孔隙度（孔隙数量）和孔隙类型（孔隙的大小及比例）两方面内容。前者决定土壤气、液两相的总量，是一种度量指标；后者关系着气、液两相比比例，反映土壤协调水分和空气的能力。土壤孔隙度无法直接测定，一般根据土粒密度和土壤干密度两个参数间接计算出来。

##### （一）土粒密度、土壤干密度和土壤孔隙度

###### 1. 土粒密度

单位容积固体土粒（不包括孔隙容积）的干质量（ $\text{g}/\text{cm}^3$ ）叫做土粒密度。以前曾称之为土壤比重或土壤真比重。由于一般土壤有机质含量很低，土粒密度数值大小主要决定于土壤的矿物组成，多数土壤矿物的密度在  $2.6 \sim 2.7\text{g}/\text{cm}^3$  之间，所以土粒密度常取  $2.65\text{g}/\text{cm}^3$ 。

###### 2. 土壤干密度

田间状态下单位容积土体（包括孔隙容积）的干质量（ $\text{g}/\text{cm}^3$  或  $\text{t}/\text{m}^3$ ），称为土壤干密度。以前曾称之为土壤容重或土壤假比重。土壤干密度数值大小与土壤质地、结构、有机质含量、松紧度等有密切关系，同时还受耕作、施肥、灌溉等因素的影响。故土壤干密度不是常数，而是经常变化的。尤其是耕作层的土壤干密度变化较大，而底土层的土壤干密度比较稳定。

土壤干密度值一般介于  $1.0 \sim 1.5\text{g}/\text{cm}^3$  之间。自然沉实后的表土约为  $1.25 \sim 1.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，刚翻耕的农地表层和泡水软糊的水田耕层的土壤干密度可降至  $1.0\text{g}/\text{cm}^3$  以下。大型机具压实的表土以及自然堆积紧实的底土，土壤干密度可大至  $1.4 \sim 1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 。

土壤干密度值的用途很多，主要有如下几方面：

1) 判断土壤的松紧度（表 1-8）。

2) 计算农地土壤质量。如  $1\text{hm}^2$  的耕层，厚  $0.2\text{m}$ ，土壤干密度为  $1.25\text{g}/\text{cm}^3$ （即  $1.25\text{t}/\text{m}^3$ ），则其土壤质量为：

$$10000\text{m}^2 \times 0.2\text{m} \times 1.25\text{t}/\text{m}^3 = 2500\text{t}$$

3) 估算土壤各种成分储量。根据土壤干密度算出土壤质量后，再按土壤各种成分（有机质、可溶性盐、各种养分、某种污染物等）的含量，来计算该成分在一定土体中的储量。例如，上例中土壤全氮量为  $0.75\text{g}/\text{kg}$ （按土壤质量计）则该农地耕层土壤氮的储量为：

$$2500\text{t}/\text{hm}^2 \times 0.75\text{g}/\text{kg} \times 10^{-3} = 1.875\text{t}/\text{hm}^2$$

4) 计算土壤储水量及灌水（或排水）定额（详见第二章第二节）。

表 1-8 土壤干密度与松紧度和孔隙度的关系

| 松紧度 | 干密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) | 孔隙度 (%)      |
|-----|--------------------------------|--------------|
| 最松  | $< 1.00$                       | $> 60$       |
| 松   | $1.00 \sim 1.14$               | $60 \sim 56$ |
| 适合  | $1.14 \sim 1.26$               | $56 \sim 52$ |
| 稍紧  | $1.26 \sim 1.30$               | $52 \sim 50$ |
| 紧   | $> 1.30$                       | $< 50$       |

注 引自华孟主编的《土壤肥料学》。