

教育部规划教材 职业院校通用教材

# 土壤肥料

(第二版)

(农林类专业适用)

郝玉华 主编



高等教育出版社

教育部规划教材 职业院校通用教材

内容提要

# 土壤肥料

(第二版)

(农林类专业适用)

主 编 郝玉华

副主编 袁桂英

高等教育出版社

ISBN 978-7-04-032322-7

定价：25.00元

（CIP）数据

（农林类专业适用）

第二版

郝玉华 袁桂英 主编

土壤肥料

ISBN 978-7-04-032322-7

定价：25.00元

（CIP）数据

（农林类专业适用）

第二版

郝玉华 袁桂英 主编

土壤肥料

ISBN 978-7-04-032322-7

定价：25.00元

（CIP）数据

（农林类专业适用）

第二版

郝玉华 袁桂英 主编

土壤肥料

ISBN 978-7-04-032322-7

定价：25.00元

（CIP）数据

（农林类专业适用）

第二版

郝玉华 袁桂英 主编

土壤肥料

ISBN 978-7-04-032322-7

定价：25.00元

（CIP）数据

（农林类专业适用）

第二版

郝玉华 袁桂英 主编

土壤肥料

ISBN 978-7-04-032322-7

定价：25.00元

（CIP）数据

（农林类专业适用）

第二版

郝玉华 袁桂英 主编

土壤肥料

ISBN 978-7-04-032322-7

定价：25.00元

## 内容提要

本书是教育部规划教材《土壤肥料》的修订版。

本书打破了传统教材的框架结构,加强了肥料的内容,将肥料的施用与土壤的养护和灌溉知识有机地融为一体。主要内容有:土壤的物质组成、土壤的基本性质,土壤氮素养分与氮肥、土壤磷素养分与磷肥、土壤钾素养分与钾肥,微量元素肥料和复混肥料、有机肥料,合理施肥与土壤培肥。全书附有若干实验实训,并在每节后附有随堂练习题,每章后附有本章测试题。

本书适于职业院校农林类专业,也可作为乡镇干部的培训教材,以及农村成人文化学校教材和农村青年的自学用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

土壤肥料/郝玉华主编.—2版.—北京:高等教育出版社,2008.5

农林类专业适用

ISBN 978-7-04-023535-7

I. 土… II. 郝… III. 土壤学:肥料学—高等学校:技术学校—教材 IV. S158

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 039417 号

策划编辑 薛尧 责任编辑 薛尧 封面设计 于文燕 责任绘图 尹文军  
版式设计 王莹 责任校对 刘莉 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100120  
总 机 010-58581000  
经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 北京机工印刷厂

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landraco.com>  
<http://www.landraco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16  
印 张 11.25  
字 数 270 000

版 次 1993 年 6 月第 1 版  
2008 年 5 月第 2 版  
印 次 2008 年 5 月第 1 次印刷  
定 价 14.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 23535-00

## 第二版前言

土壤和肥料是农业生产中不可或缺的要素,掌握相关的土壤肥料知识,是进行优质高产农业生产的保证。

《土壤肥料》第一版整体结构合理,内容深浅适度,文字通顺易懂,理论与实践结合紧密,从1993年使用至今,得到了农林类职业院校师生的普遍认可。因此,本次修订,原教材结构基本不变,内容基本不变,仅在以下几方面做了一些调整和补充:

(1) 由于原教材出版至今已有15年时间,土壤肥料方面的理论和技术都有了一定的发展,为了进一步体现当前土壤肥料领域的研究状况,充实了有关新内容,如“微生物肥料”。

(2) 为了进一步突出重点,便于学生了解和巩固每一章节的学习内容,在各章开始,编写了“本章提要”;各节结束,安排了“随堂练习”,使学生学习更具有针对性。

(3) 为便于自查和检查教学情况,每章后都增加了“本章测试”。测试题型多样,包括名词解释题、填空题、判断题、选择题、简答题、问答题和计算题,并附评分标准;测试知识紧扣本章内容,密切联系生产实践,特别注重容易混淆的概念和必须掌握的重点。

(4) 在文字及图表方面作了一些改动,使其更简洁明了。

本书第二版由郝玉华担任主编,袁桂英担任副主编。第1、2、8章和实验部分由郝玉华修订,第3、4、5、6、7章由袁桂英和张从光修订。

本书在修订过程中,得到了江苏联合职业技术学院淮安生物工程分院徐暄、王玉凤、任淑年、禹亚平等老师的关心和帮助,在此深表谢意!

由于编者水平有限,教材中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2008年3月

# 第一版前言

本书《土壤肥料》教材是根据教育部组织制定的中等职业学校种植专业教学计划和土壤肥料教学大纲的要求编写而成的。

本教材在整体结构上,尽力将土壤和肥料两者结合在一起进行讲解,土壤养分与化肥、合理施肥与土壤培肥,分别编入同一章。在内容上,既注意基础理论的阐述,更重视密切联系农业生产实际;既重视科学性、先进性,同时又重视实用性。考虑到中等职业学校的培养目标和规格,在教材内容取舍上,删去了土壤形成过程、土壤分类与分布两部分内容。在文字上,尽力做到深入浅出、通顺易懂、概念确切、说理清楚。为便于讲授和学习,在每章后编有复习思考题,书后附有必要的实验实习指导。

我国幅员广大,各地自然条件、农业特点、种植方式等差异很大,同时土壤类型、低产土壤种类及改良措施和施肥方式各有不同。因此,在使用本教材时,各地可因地制宜根据需要作适当的增删,对土壤类型、低产土壤改良利用和土壤保护应针对当地实际情况写出补充教材。

本教材还可作为普通高中劳动技术课和农村职业技术培训教材。同时可作为农村知识青年的科普读物。

本教材由刘凯主编,王应君、赵世笃参编。郑绍炎主审,姚源喜参审。

在编写过程中得到了杨华球、赵志尚等同志的大力支持和帮助,在此一并表示谢意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,教材中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

1992年8月

青 京  
民 8 年 8 0 0 1

# 目 录

绪论	(1)
一、土壤、土壤肥力及肥料的概念	(1)
二、土壤肥料在农业生产中的作用	(2)
三、《土壤肥料》的内容和任务	(2)
第1章 土壤的物质组成	(3)
第一节 土壤矿物质	(4)
第二节 土壤生物与土壤有机质	(8)
第三节 土壤水分	(12)
第四节 土壤空气	(18)
第五节 土壤胶体	(19)
本章测试	(22)
第2章 土壤的基本性质	(24)
第一节 土壤孔性	(24)
第二节 土壤结构性	(27)
第三节 土壤耕性	(30)
第四节 土壤温度	(31)
第五节 土壤保肥性	(33)
第六节 土壤酸碱性	(36)
本章测试	(39)
第3章 土壤氮素养分与氮肥	(41)
第一节 土壤氮素养分	(41)
第二节 氮肥的性质及施用	(44)
本章测试	(53)
第4章 土壤磷素养分与磷肥	(56)
第一节 土壤磷素养分	(56)
第二节 磷肥的有效施用	(59)
本章测试	(67)
第5章 土壤钾素养分与钾肥	(69)
第一节 土壤钾素养分	(69)
第二节 钾肥的性质与施用	(72)
本章测试	(76)
第6章 微量元素肥料和复混肥料	(78)
第一节 微量元素肥料	(78)
第二节 复混肥料	(84)

本章测试 .....	(88)
<b>第7章 有机肥料 .....</b>	<b>(91)</b>
第一节 概述 .....	(91)
第二节 粪尿肥 .....	(93)
第三节 秸秆肥 .....	(100)
第四节 绿肥作物 .....	(105)
第五节 其他肥料 .....	(116)
本章测试 .....	(120)
<b>第8章 合理施肥与土壤培肥 .....</b>	<b>(122)</b>
第一节 植物营养特性与施肥方法 .....	(122)
第二节 合理施肥 .....	(127)
第三节 肥料的混合 .....	(136)
第四节 土壤的培肥 .....	(137)
第五节 我国主要低产土壤的改良利用 .....	(139)
第六节 我国土壤资源的保护 .....	(148)
本章测试 .....	(150)
<b>实验 .....</b>	<b>(152)</b>
实验1 土壤样品的采集与制备 .....	(152)
实验2 土壤质地的田间简易鉴别 .....	(154)
实验3 土壤有机质测定——重铬酸钾氧化还原比色法(速测法) .....	(156)
实验4 土壤水分测定 .....	(157)
实验5 土壤容重测定及孔隙度计算 .....	(159)
实验6 土壤酸度测定(电位法) .....	(161)
实验7 土壤剖面观察及肥力评价 .....	(162)
实验8 土壤碱解氮测定(碱解扩散法) .....	(165)
实验9 土壤速效磷测定(钼锑抗比色法) .....	(166)
实验10 土壤速效钾测定(火焰光度法) .....	(168)
实验11 常用化肥的简易鉴定 .....	(169)

## 绪 论

### 一、土壤、土壤肥力及肥料的概念

土壤是指地球陆地上(包括浅水域底)能够生长植物的疏松表层。“陆地表层”,指土壤的位置,“疏松”是其物理状态,“能够生长植物”是其本质——具有肥力。

土壤是矿物岩石的风化产物。自然界的矿物岩石经风化残留原地或搬运沉积后形成母质,母质经成土作用形成土壤。影响土壤形成的自然成土因素有母质、气候、生物、地形、时间。由于各地成土条件不同,形成的土壤也多种多样。就土壤形成过程来说,可分为自然土壤和农业土壤。自然土壤是在自然成土因素作用下形成的土壤,主要指尚未开垦种植的荒地;农业土壤是在自然成土因素和人为因素综合作用下形成的土壤,是指已被人类开垦种植的耕地。

土壤肥力是指土壤在植物生长发育过程中,能够同时不断地供应和协调植物需要的水分、养分、空气、热量等生活条件的能力。其中,水、肥、气、热被称为土壤四大肥力因素。土壤各肥力因素相互联系,相互制约,综合作用于植物。

根据肥力产生的主要原因,可将其分为自然肥力和人为肥力。自然肥力是自然成土过程中形成的肥力。纯粹的自然肥力只有在原始林地和未开垦的荒地上才能见到。人为肥力是人工耕作熟化过程中发展起来的肥力。农业土壤既具有自然肥力,又具有人为肥力。在农业生产上,土壤肥力因受环境条件、土壤耕作和施肥管理水平等的限制,只有一部分能在生产中起作用,这部分肥力称为“有效肥力”,又称“经济肥力”;另一部分没有直接反映出来的肥力叫做“潜在肥力”。有效肥力和潜在肥力在土壤中相互联系,相互转化,采取适宜的土壤耕作管理措施,改善土壤的环境条件,可促进潜在肥力转化为有效肥力。

就广义来讲,凡是施入土壤里或施于植物地上部分,能够改善植物生长发育和所需营养条件的一切有机和无机的物质,都叫肥料。目前常用肥料根据其成分及性质,可分为有机肥料、无机肥料和菌肥。有机肥料指在肥料中含有较多的有机质,如各种粪尿肥、厩肥、堆沤肥、绿肥等。无机肥料也就是化学肥料,是指工厂制造或开采后经加工的各种商品肥料,或是作为肥料用的化工厂的副产品,如碳酸氢铵、硫酸铵、尿素、过磷酸钙、磷矿粉、硫酸钾、硝酸铵等。菌肥又称生物肥



料,是由一种或数种有益微生物、培养基质和添加物配制而成的肥料,如固氮菌、根瘤菌和 5406 抗生素肥等。

## 二、土壤肥料在农业生产中的作用

农业生产包括植物生产和动物生产两大部分,但植物生产是最基本的生产。因为植物生产的特点是通过光合作用制造植物有机质。所生产的有机质一部分是供人类生活的食品和轻工业原料;一部分作为饲料发展动物生产,动物生产又给人类提供动物食品、动力和工业原料。动物生产的废弃物还可作肥料继续进行植物生产,促进农业的发展。故此,农民常说“万物土中生”。

没有土壤,就没有大面积的植物生产。植物在土壤上扎根立足,从土壤中摄取水分、养分,并获取一定量的空气和热量等必需的生长条件。而且,人类为了获得高产优质的植物产品,所进行的各种农业技术措施,也主要通过土壤发挥作用。因此,土壤是植物生产的基地,是农业生产最基本的生产资料,是人类生存之本。

“肥料是植物的粮食”,是增产的重要物质基础。植物生长发育过程中所必需的养分,主要靠施肥来补充。所以,施肥是农业增产的重要手段。肥料不仅提供植物所必需的各种养分,满足其要求,而且还有改良土壤、提高土壤肥力的作用。“有收无收在于水,多收少收在于肥”,合理施肥是提高植物产量和品质、培肥土壤的有效措施。所以,肥料在农业生产中具有非常重要的作用。

## 三、《土壤肥料》的内容和任务

土壤肥料学是研究土壤、肥料及其与植物生长发育关系的农业基础科学。“土壤肥料”课程以农作物高产为目的,以提高土壤肥力为中心,以培肥土壤和营养植物为主要手段,以土壤肥料的基本概念、基本知识、基本技能为内容,主要学习土壤本身的特征,包括土壤的组成、存在的状况和各种理化性质;土壤的水、热、空气的动态状况,土壤中主要养分转化规律以及土壤、植物和肥料之间的关系。在此基础上,阐明各种肥料的性质、肥料在土壤中转化的过程、施用的技术原则以及合理施肥、土壤培肥、土壤资源保护的措施。

学习“土壤肥料”课程,主要掌握以下几方面知识和能力:

- (1) 掌握各种土壤的理化性质和农业性状,具备提出因土种植、因土施肥和合理耕作的意见的能力。
- (2) 根据不同地区高产稳产农田的土壤条件、不同低产土壤的低产原因、障碍因素,具备提出不同土壤建设高产稳产农田、低产土壤改良培肥的技术措施的能力。
- (3) 按照土壤、肥料及其与植物生长发育的关系,进行合理施肥,提高肥料利用率,满足植物各个生长发育阶段对养分的需要,获得优质高产。



### 随堂练习

1. 什么是土壤?就其形成过程来说,分为哪两类?
2. 什么是土壤肥力?什么是有效肥力和潜在肥力?
3. 什么叫肥料?根据肥料的成分和性质分为哪几种?

# 第 1 章

## 土壤的物质组成



### 本章提要

本章主要介绍了土壤物质组成的基本知识,包括土壤三相及容积比例;土壤质地的概念、类型及农业生产特性;土壤生物的种类及作用;土壤有机质的种类、作用和转化过程;土壤水分的类型、有效性及田间验墒方法;土壤空气的组成、特点及通气性;土壤胶体的概念、种类及性质。

土壤由固体、液体、气体三部分物质组成,常称“三相”物质,即固相、液相、气相,它们之间的容积比例称“三相比”,见图 1-1。

组成土壤的三相物质中,固相物质——土粒,含有矿物质和有机质,以及土壤生物。固相的体积约占土壤总体积的一半,其中矿物质是主体,可占固相体积的 90% 以上,它好似土壤的“骨架”。有机质则好似“肌肉”,包被在矿物质的表面,它约占土壤固相体积的 10%,但对土壤性状和肥沃与否影响极大。

土壤液相是极其稀薄的溶液,其主要成分是水分,存在并运动于土壤孔隙之中,好似“血液”一样,是三相物质中最活跃的部分。土壤气相部分是土壤空气,它充满那些未被水分占据的孔隙。土壤水分和空气的体积约占土壤总体积的一半,两者是相互消长的,即水多气少,水少气多。水、气之间的比例主要受水分变化的制约。土壤中三相物质的比例是土壤各种性质产生和变化的基础。调节土壤三相物质的比例,是改善土壤不良性状的重要手段,也是调节土壤肥力的依据。

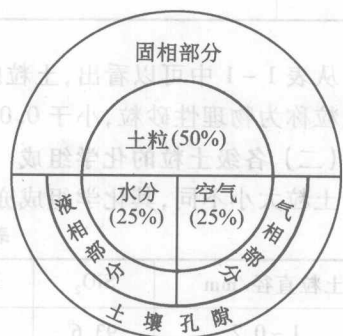


图 1-1 旱地土壤物质组成示意图

## 第一节 土壤矿物质

### 一、矿物质土粒

#### (一) 矿物质土粒的分级

土壤是由很多大小不等的矿物质土粒构成的。由于土粒大小不同,在性质上差异很大。通常根据土粒直径大小及其性质的变化,将其划分为若干等级,称为粒级。相同粒级的土粒成分和性质基本一致,粒级间有明显的差异。目前,各国对粒级的划分尚无统一标准。我国多采用苏联的卡庆斯基制,其土粒分级标准见表1-1。

表1-1 卡庆斯基土粒分级标准

颗粒名称		颗粒直径/mm	
石块		>3	
石砾		3~1	
物理性砂粒	砂粒	粗砂粒	1~0.5
		中砂粒	0.5~0.25
		细砂粒	0.25~0.05
物理性黏粒	粉粒	粗粉粒	0.05~0.01
		中粉粒	0.01~0.005
		细粉粒	0.005~0.001
物理性黏粒	黏粒	粗黏粒	0.001~0.0005
		细黏粒	0.0005~0.0001
		胶粒	<0.0001

从表1-1中可以看出,土粒的基本级别有石砾、砂粒、粉粒、黏粒。并且又将大于0.01 mm的土粒称为物理性砂粒,小于0.01 mm的土粒称为物理性黏粒。

#### (二) 各级土粒的化学组成

土粒大小不同,其化学组成亦不同,各级土粒的化学成分见表1-2。

表1-2 各级土粒化学成分比例/%

土粒直径/mm	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1~0.2	93.6	1.6	1.2	0.4	0.6	0.8	0.05
0.2~0.04	94.0	2.0	1.2	0.5	0.1	1.5	0.1
0.04~0.01	89.4	5.1	1.5	0.8	0.3	2.3	0.2
0.01~0.002	74.2	13.2	5.1	1.6	0.3	4.2	0.1
<0.002	53.2	21.5	13.2	1.6	1.0	4.9	0.4

从表 1-2 看出,随土粒由粗变细, $\text{SiO}_2$  含量由多变少,而  $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  等含量则因土粒变细有明显增加,这种明显增加的现象突出表现在 0.01 mm 附近。可见,土壤颗粒越细,小于 0.01 mm 的细粒越多,硅含量越少,P、K、Ca、Mg 等营养元素越多,反之营养元素越少。

### (三) 各级土粒的性质

不同粒级土粒的理化性质有很大差异,土粒由粗变细,土粒的比表面积(指单位质量或体积土粒的总表面积,用  $\text{cm}^2/\text{g}$  或  $\text{cm}^2/\text{cm}^3$  表示)急剧增加。因此,同等质量的土粒,颗粒愈细,土粒的比表面积愈大,除通气性、透水性逐渐减弱外,吸湿性、胀缩性、黏着性、可塑性、持水能力和阳离子吸收性均逐渐增强。

不同粒级的土粒各有其特性,并对土壤肥力产生一定的影响,简述如下:

- 砂粒 颗粒粗大,土粒比表面积小,所以土粒的表面吸湿性和吸肥性都较弱,保肥力弱,易溶性养分也容易流失。又因粒间孔隙大,通透性强而保蓄性差。由于颗粒粗大,故无黏着性、可塑性。砂粒含二氧化硅多,矿质养分缺乏。

- 黏粒 颗粒细小,土粒比表面积大,土粒表面吸湿性和吸肥性均强。由于粒间孔隙小,有明显的毛管作用,透水缓慢,排水困难,通气不畅。黏粒有较强的黏结力、黏着力和较强的可塑性、胀缩性。黏粒本身含养分丰富,保肥力又强,有效养分的储量较多。

- 粉粒 颗粒大小介于砂粒和黏粒之间,光滑如粉。它的很多性质也介于砂粒和黏粒之间。开始出现黏着性、可塑性和胀缩性。粉粒具有一定的持水力、吸水力及毛细管(以下简称毛管)作用,通透性较差,含矿质养分较多,具有一定的保肥性。

## 二、土壤质地

### (一) 土壤质地概念

自然界中的土壤,是由各种粒级或各种大小的矿物土粒组成的。土壤中各粒级土粒所占的比例及其所表现出的物理性质称为土壤质地,即土壤砂黏程度。在有机质含量少的情况下,土壤质地是影响土壤肥力高低及耕性好坏的一个决定性因素。

### (二) 土壤质地分类

土壤质地分类是在土粒分级的基础上进行的,是按土壤中各级土粒的构成情况,人为划分成的几个类别。在同一质地类别中,各粒级构成相近,因而所表现的各种性质也颇相似。我国多采用卡庆斯基的质地分类制。

卡庆斯基质地分类制是按物理性黏粒(小于 0.01 mm)和物理性砂粒(大于 0.01 mm)的比例不同,把土壤质地划分为砂土、壤土和黏土三类,共九级,见表 1-3。

表 1-3 卡庆斯基土壤质地分类(简制)

质地名称		灰化土	草原土壤、 红壤、黄壤	碱化土、碱土
		物理性黏粒(直径 < 0.01 mm)/%		
砂土	松砂土	0~5	0~5	0~5
	紧砂土	5~10	5~10	5~10

续表

质地名称		灰化土	草原土壤、 红壤、黄壤	碱化土、碱土
		物理性黏粒(直径 < 0.01 mm)/%		
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

卡庆斯基质地分类制的特点是对粒级考虑得比较概括,只分为物理性黏粒和物理性砂粒两个粒级。由于物理性黏粒和物理性砂粒之和为 100%,所以分类标准只列出物理性黏粒或物理性砂粒一项即可。另一特点是对不同类型的土壤确定质地类别时,采用的标准是不同的。

### (三) 不同质地土壤的农业生产特性

不同质地土壤,其农业生产性状有很大差异。

1. 砂土类 土粒粗,粒间孔隙大,通气、透性好。蓄水保肥、耐肥能力差,施用化肥后易于流失。化肥用量大时易“烧苗”。土壤潜在养分含量低。由于通气性好,土壤氧气充足,有机肥分解快,肥效快而短,不利于土壤有机质积累。土温易于提高且变幅较大。因为水少气多,早春土温易上升,有“热性土”之称;晚秋土温下降快,易发生冻害。

土壤疏松,黏结性弱,无可塑性,适耕期长,耕作时省力,不起坷垃,耕作质量好。泡水后易“闷砂”出现淀浆板结,给水稻插秧带来困难。由于潜在养分少,养分释放快,故“发小苗而不发老苗”,作物后期易脱肥。后劲不足,“看十成收八成”。

针对砂土的特性,在管理上要及时灌溉,多施有机肥,以改善土壤理化性状。施化肥以少量多次为宜,并且要注意后期追肥。同时应选用耐旱、耐瘠的植物和品种,一般适宜种植瓜类、豆类、芝麻、花生等。

2. 黏土类 土壤颗粒细,粒间孔隙小,通气透水差,土体内排水不良,易受涝。保肥力、耐肥力较强,潜在养分含量高。由于黏土水多气少,不利于潜在养分的转移吸收,所以有效养分并不高,但后效长,故有“发老苗不发小苗”的特点。应加强管理,避免作物贪青晚熟。有机质分解较慢,有利于有机质积累。土温变幅小,比较稳定,早春不易升温,有“冷性土”之称。土质黏,黏结力、黏着力强,可塑性大,有“三蛋土”之称:湿时似泥蛋,干时似铁蛋,不干不湿似肉蛋。耕性差,适耕期短,耕作费劲,耕作质量差。长期淹水稻田易出现淀浆、浮泥。适宜种植小麦、水稻、玉米等耐肥或生长期长的作物。

3. 壤土类 壤土含粗细土粒比例适宜,粒间孔隙大小比例适当,其性状介于砂土和黏土之间,兼有两者的优点。水、肥、气、热比较协调,有利于植物生长,是农业上较理想的一种土壤质地

类型。

#### (四) 土体质地层次及评价

在土壤的垂直剖面上,质地层次的排列状况称为土体质地层次。土体质地层次与土壤肥力水平有密切关系。现以华北地区常见的几种土体质地层次为例,说明土体不同质地层次与生产能力及肥力状况的关系。

1. 砂盖垆 即上砂下黏,上砂是指上部的根系活动层,有 20~30 cm 细砂土—轻壤土;下黏是指在根系活动层之下,有 30~50 cm 的轻壤土—中壤土。这种质地层次有“蒙金土”之称,它既能满足作物前后期对土壤水分和养分的要求,又利于耕作管理,是一类良好的土体质地层次。

2. 垆盖砂 上层 30~40 cm 为中壤土以上土层,下层为砂土—砂壤土。它既不利于幼苗出土,又不能保证后期水分和养分的供应,整地质量差,为不良土体质地层次。

3. 漏砂土或夹砂土 通体为粗砂层,称漏砂土。如 30~40 cm 处夹粗砂层,称夹砂土或腰砂土。由于漏水漏肥,为不良土体质地层次。

4. 泻汤土 通体质地黏重,或上部 30~50 cm 为中壤土—重壤土,下层为黏土。这种土体质地层次最差。它既不利于出苗,又不利于植物生长。春旱季节,旱象重;雨季,排水不畅,遭涝害。由于泡水后,泥泞如泻汤,故有泻汤土之称。

5. 夹黏土 如土体有中位或深位黏土夹层存在(土体 30~60 cm 深处出现黏层为中位,大于 60 cm 处出现黏层为深位),可增强土壤蓄水、保肥及抗旱防涝能力。据南京土壤所研究,大于 2 cm 厚度的黏土夹层,可减缓水分的运行,超过 10 cm,可阻止地下水上升。因此,在盐碱地区如有中位或深位的黏土夹层,可以防止土壤盐分上升到耕层。当然土壤一旦盐化,此层由于妨碍淡水下渗,会降低洗盐效果。

水田由于滞水耕作,不存在黏结性、黏着性、可塑性问题。因此,通体中壤土和重壤土也是较好的质地层次,过砂和过黏的质地是不良质地层次。

#### (五) 土壤质地的改良

对于不良土壤质地的改良,据各地经验,可采用以下措施:

1. 客土法 即砂掺黏、黏掺砂的办法。客土用量,可以根据本地客土的颗粒组成以及要求达到的质地标准(一般掺后旱田应为砂壤至轻壤土)来进行估算。因为客土需要大量人力物力,所以要强调就地取材,群众用河泥、塘泥、草皮泥也可调节土壤质地。如砂层下有较黏的土层或黏层下有较砂的土层时,可用“翻淤压砂”或“翻砂压淤”办法改良质地。

2. 引洪放淤,引洪漫砂 利用洪水中所挟带的较细土粒,改良砂质土壤。利用洪水中所挟带的砂粒改良黏质土壤。

3. 增施有机肥料 通过增施有机肥料,提高土壤有机质的含量来改良土壤质地,因为土壤有机质的黏结力比砂粒强,比黏粒弱。增加有机质含量,可增加砂土的团聚力,而降低黏土的黏性,以改善土壤结构和耕性。



#### 随堂练习

1. 何谓土壤的三相比? 土壤三相物质包括哪些?
2. 何谓土壤粒级与土壤质地? 说明各种质地土壤的农业生产特性及利用特点。
3. 常见土壤质地层次有几类? 各有何特点? 哪种质地层次最好?

## 第二节 土壤生物与土壤有机质

### 一、土壤生物

#### (一) 土壤微生物

1. 土壤微生物的概念 土壤微生物是指土壤中形体微小、结构简单,肉眼看不见的生物。它们数量很多,主要分布在耕作层中的根际附近。土壤微生物包括细菌、放线菌、真菌、藻类、原生动物和病毒。根据土壤微生物对氧气的依赖程度分为好气性、嫌气性、兼气性三类。在空气流通的环境下才能生活的,称为好气性微生物,真菌、放线菌及大部分细菌属于这类微生物;不喜欢或不能在空气流通的条件下生活的,称为嫌气性微生物,如甲烷细菌;有无空气均能生活的,称为兼气性微生物,如氨化细菌。

2. 土壤微生物的作用 土壤微生物在生命过程中,对土壤中许多矿物质和有机质进行转化,可丰富植物营养,提高土壤肥力,主要表现在:

(1) 分解有机质,形成植物可吸收的无机盐类,供给植物养分。

(2) 把植物不能吸收的矿物质(如磷矿粉、骨粉、含钾矿物等)分解转化成植物可吸收的状态,如磷细菌、钾细菌等。

(3) 固定大气中的游离氮素,供给植物氮素营养,如根瘤菌、自生固氮菌等。

(4) 合成土壤腐殖质,改善土壤结构和理化性质,培肥土壤。

土壤中还有一些有害微生物,如各种病原菌,能使动、植物得病。如反硝化细菌,能把硝酸盐还原成氮气而损失土壤中的氮元素。

#### (二) 土壤动物

土壤中有很多小动物,如蚯蚓、线虫、蚂蚁、蜗牛、螨类等共同参与了对有机残体的撕碎、搅动和搬运,使这些粉碎的残体与土壤掺和,又进一步促进了微生物的分解作用。还有些小动物以植物残体作为食料,在吞食过程中,也能使植物残体起一些化学变化。如蚯蚓的粪便含有丰富的养分。

### 二、土壤有机质

土壤有机质是指土壤中有机化合物及一小部分生物有机体的总和,是土壤的重要组成部分,又是土壤肥力的物质基础,对土壤的理化、生物性质影响很大。因此,土壤有机质是评价土壤肥沃性高低的一个重要指标,见表1-4。

表1-4 取自华北地区土壤耕层10.5 cm处有机质含量与肥力水平关系

肥力水平	低	较低	中等	较高	高
有机质含量/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	<5	5~10	10~12	12~15	>15

#### (一) 土壤有机质来源、组成和存在状态

1. 土壤有机质来源 自然土壤中的有机质来源于地面植物残落物、土壤中的植物根系、微

生物和少量动物;农业土壤中的有机质,主要来源于所施用的有机肥料及作物残留的根茬,其中包括还田的秸秆和绿肥。

2. 土壤有机质的组成 组成土壤有机质的化合物有糖类(单糖、纤维素、半纤维素等)、含氮有机化合物(以蛋白质为主)、木质素、单宁、树脂等,构成这些有机化合物的元素有碳、氢、氧、氮及灰分元素磷、钾、钙、镁、铁等。

以上这些有机化合物和灰分元素,由于植物残体的种类、年龄、器官不同,差异很大。

土壤有机质中,木质素和蛋白质含量比植物组织中的含量多,而纤维素和半纤维素含量较少。

3. 土壤有机质的存在状态 土壤中的有机质大致有三种存在状态:

第一,新鲜有机质。未分解,保存原有形态的生物遗体。

第二,半分解有机质。有一定程度的分解,生物原组织已被破坏,呈黑、褐色,但仍可从土壤中拣出。

第三,腐殖质。经微生物作用,合成的一类新的特殊有机化合物,它与矿质土粒紧密结合,不能用机械方法分离出来。腐殖质占土壤有机质 60% 以上,是土壤有机质的主体。

## (二) 土壤有机质的转化过程

有机残体进入土壤后,在微生物的作用下,发生复杂的变化,可概括为矿质化和腐殖化两个过程。矿质化过程,实质上是有机质分解为简单的化合物,如  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  等的过程。这个过程是释放养分的过程,也是消耗有机质的过程。腐殖化过程,实质上是有机质被转化为一类高分子有机化合物的过程。这个过程是积累有机质、贮存养分的过程。这两个过程在土壤中同时进行,其相对强弱,受环境条件影响。如,在低温或干旱条件下,两个过程比在温暖湿润条件下慢。在通气良好条件下,矿质化过程较快;在通气不良条件下,腐殖化过程进行较顺利。生产上要采用耕作等措施调节土壤条件,使两个过程适当配合。

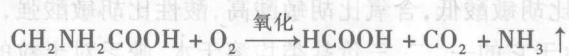
1. 矿质化过程 进入土壤的有机残体,其有机化合物归纳为:不含氮有机化合物和含氮有机化合物两大类。

不含氮有机化合物包括糖类、脂肪、树脂、单宁及木质素等,这些物质因分子结构不同而分解难易度不同,单糖最易分解,脂肪、纤维素、树脂及单宁分解很慢,木质素最难分解。不含氮有机物在通气条件下分解较快、较彻底,最终产物为  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ ,同时放出大量热能;在嫌气条件下分解较慢、分解不彻底,形成有机酸类和  $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2$  等还原性物质,脂肪、树脂会产生醌类或形成沥青,木质素抗分解而积聚起来。

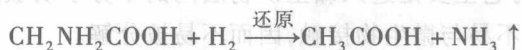
土壤中的含氮有机物主要是蛋白质、腐殖质、氨基酸、尿素等。这些化合物较易分解,分解产物是植物氮素养分的主要来源。现以蛋白质为例加以说明。

(1) 水解作用。蛋白质在微生物分泌的蛋白酶的作用下水解,产生氨基酸。

(2) 氨化作用。氨基酸在微生物及其酶的作用下分解,释放出氨(在土壤中形成铵盐)。氨化作用在氧化或还原条件下均可进行。

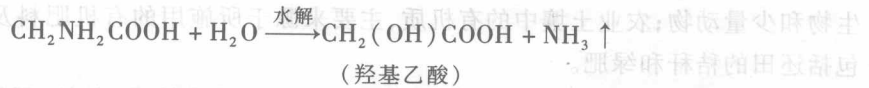


(氨基乙酸) (甲酸)



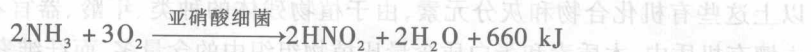
(乙酸)



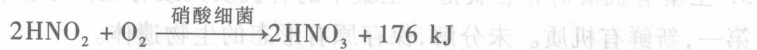


生成的氨和土壤中的酸作用生成铵盐。铵盐中的铵离子易被植物吸收利用。

(3) 硝化作用。即氨被氧化为硝酸的作用。这个作用分两步,第一步,氨在亚硝酸细菌作用下,氧化为亚硝酸:



第二步,亚硝酸在硝酸细菌作用下氧化为硝酸:



硝化作用是氧化作用,须在空气流通条件下进行。生成的硝酸与土壤中盐基物质作用形成硝酸盐,硝酸离子易被植物吸收。

(4) 反硝化作用。硝酸盐还原成氮气而损失氮的作用,多发生在通气不良和富含新鲜有机质的土壤中。在这种条件下,反硝化细菌利用硝酸盐来氧化有机质,使硝酸盐还原,反应式如下:



另外,含磷有机质如核蛋白、卵磷脂等经过磷细菌作用,分解产生磷酸,被植物吸收利用。



含硫化合物的分解。一些蛋白质和酶中都含有硫,它们分解时产生  $\text{H}_2\text{S}$ ,对植物有毒害作用。 $\text{H}_2\text{S}$  在空气流通的情况下,可被硫化细菌氧化成为  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 。 $\text{H}_2\text{SO}_4$  与盐基离子作用形成盐类,是植物硫的来源。

矿化过程的速率用矿化率来表示,即每年因矿化而消耗的有机质占土壤有机质总量的质量分数。有机质矿化率为平均每年 2% ~ 3%。

2. 腐殖化过程 土壤腐殖化过程,也就是土壤腐殖质的形成过程,这是一个复杂的过程。一般认为腐殖质形成包括以下两个阶段:第一阶段,形成组成腐殖质的原始材料,如多元酚、醌、肽;第二阶段,合成腐殖质。

有机质形成腐殖质的数量用腐殖化系数表示。通常把一年内每克有机质(干重)分解转化成腐殖质的克数(干重)称为腐殖化系数。土壤的腐殖化系数为 0.3 ~ 0.5,旱田土壤较低,为 0.2 ~ 0.3,水田为 0.25 ~ 0.4。

根据腐殖质在不同溶剂中的溶解度和颜色,分为胡敏酸、富里酸和胡敏素三类。

(1) 胡敏酸。也称褐腐酸,不溶于水,溶于稀碱;在酸液中沉淀,呈褐色或黑色。由碳、氢、氧、氮、磷、硫等元素组成,分子量大,分子结构复杂。它的一价盐易溶于水,二、三价盐不溶于水,常呈凝胶状态;可将细土粒胶结成团聚体,对培肥土壤有重要作用。

(2) 富里酸。也称黄腐酸,既溶于碱,又溶于酸,是黄或淡棕色高分子化合物。其元素组成与胡敏酸相似,只是含碳比胡敏酸低,含氧比胡敏酸高,酸性比胡敏酸强,在土壤中有促进矿物分解及释放养分的作用。由于它的一、二、三价盐类均溶于水,缺乏对土粒的胶结作用。

(3) 胡敏素。一般认为它主要是进入黏土矿物层间的小分子胡敏酸,经过干燥或冰冻作用,被封锁在黏土矿物的层间,不易与微生物接触,因而不被分解。

总之,土壤腐殖质是一系列成分复杂、性质稳定的高分子有机化合物的总称。它是一种黑色