

教育部规划教材

中等职业学校种植专业

土壤肥料

全国中等职业学校种植专业教材编写组



高等教育出版社

教育部规划教材

·中等职业学校种植专业·

土 壤 肥 料

全国中等职业学校种植专业教材编写组

高等教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤肥料/刘凯主编;全国中等职业学校种植专业教材编写组. —北京:高等教育出版社,1993. 6 (2000 重印)

ISBN 7-04-004232-0

I. 土… II. ①刘…②全… III. 土壤肥料 IV. S158

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 00065 号

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号 邮政编码 100009

电 话 010-64054588 传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 河北省香河县印刷厂

开 本 850×1168 1/32 版 次 1993 年 6 月第 1 版

印 张 7.875 印 次 2000 年 5 月第 11 次印刷

字 数 200 000 定 价 7.80 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

内 容 简 介

本书是根据教育部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编写的，是教育部规划教材。该书打破了过去传统教材的框架结构，加强了肥料的内容，并使土壤肥料内容更好地融为一体。本书主要讲述了土壤和肥料方面的有关基本概念、基本理论和基本技能。整体内容包括土壤及其肥力、土壤的物质组成、土壤的基本理化性质、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、微量元素肥料与复合肥、有机肥料、合理施肥与培肥。

本书是全国中等职业学校教材，也可作为农村成人中专的教学用书和农村职业培训教材，还可作为农村青年的科普读物。

2017/23

关于教育部规划教材的说明

为了贯彻《国务院关于大力发展职业技术教育的决定》，提高中等职业学校的教学质量，抓好教材建设工作，教育部对通用性强、经济发展急需、专业开设稳定的一部分专业，以及必须统一要求的一部分课程，组织编写了少量的示范性教材。

这些教材正式列入教育部所制定的教材选题规划。它是通过全国性专业教学研讨会，并在有关业务部门的指导下，与相应的教学计划、教学大纲相配套，由教育部组织的教材编写组编写而成。这些教材在理论体系和技能训练体系方面均作了新的尝试。

我们希望各地根据实际情况，认真组织试用，及时提出修改意见，使之不断完善和提高。

前 言

《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。

编 者

1992年8月

目 录

绪论	(1)
第一章 土壤的物质组成	(4)
第一节 土壤矿物质	(4)
第二节 土壤生物与土壤有机质	(10)
第三节 土壤水分	(19)
第四节 土壤空气	(31)
第五节 土壤胶体	(33)
第二章 土壤的基本性质	(39)
第一节 土壤的孔性	(39)
第二节 土壤结构性	(43)
第三节 土壤耕性	(48)
第四节 土壤热性质	(50)
第五节 土壤的吸收保肥性	(53)
第六节 土壤酸碱性	(56)
第三章 土壤中的氮素养分与氮肥	(62)
第一节 土壤氮素养分	(62)
第二节 氮肥的性质及施用	(66)
第四章 土壤中磷素养分与磷肥	(81)
第一节 土壤中的磷素养分	(81)
第二节 磷肥的有效施用	(85)
第五章 土壤中钾素养分与钾肥	(98)
第一节 土壤中的钾素养分	(98)
第二节 钾肥的性质与施用	(101)
第六章 微量元素肥料和复合肥料	(110)
第一节 微量元素肥料	(110)
第二节 复合肥料	(120)
第七章 有机肥料	(126)

第一节	概述	(126)
第二节	粪尿肥	(128)
第三节	秸秆肥	(139)
第四节	绿肥	(148)
第五节	其他肥料	(168)
第八章	合理施肥与土壤培肥	(172)
第一节	植物营养特性与施肥	(172)
第二节	合理施肥	(177)
第三节	化学肥料的混合	(190)
第四节	土壤的培肥	(192)
第五节	我国主要低产土壤的改良利用	(196)
第六节	我国土壤资源的保护	(210)
实 验		(215)
实验一	土壤样品的采集与制备	(215)
实验二	土壤质地的田间简易鉴别	(218)
实验三	土壤有机质测定——重铬酸钾氧化还原比色法 (速测法)	(220)
实验四	土壤水分测定	(222)
实验五	土壤容重测定及孔隙度计算	(225)
实验六	土壤酸度测定(混合指示剂法)	(227)
实验七	土壤剖面观察及肥力评价	(228)
实验八	土壤中速效磷的速测	(233)
实验九	常用化肥的简易鉴定	(237)

绪 论

一、土壤、土壤肥力及肥料的概念

土壤是指地球陆地能生长植物的疏松表层。土壤是自然界独立的自然个体，有其本身的发生发展规律，并受成土因素的制约。由于各地成土条件不同，自然界中的土壤也就千差万别，多种多样，但就其形成过程来说，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，主要指尚未开垦种植的土壤；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，是指已被人类开垦耕种的土壤。自然土壤是农业土壤的前身，农业土壤是自然土壤经人为耕种的结果。两者在形成过程上密切相连，具有肥力是共同的本质特征。

土壤肥力是指植物生长发育过程中，土壤供给和调节水、肥、气、热的能力。植物生长发育必需有阳光、水分、养分（肥）、空气、温度（热）等条件。阳光来源于太阳，称为宇宙因子，水和养分来源于土壤，称为土壤因子，而空气和温度，一部分来源于土壤，一部分来源于宇宙。可见，植物在生长发育过程中，要从土壤中摄取水、肥、气（主要是氧气）、热等生活条件，称为土壤肥力因素。各肥力因素在土壤中不是彼此独立的，而是相互联系，相互制约，只有同时存在并相互协调，才能满足植物生长发育的需要。因此，土壤肥力不仅指土壤供给肥力因素的能力，而且还包括协调肥力因素的能力。土壤肥力可分为自然肥力和人为肥力。自然肥力是在自然因素影响下形成的，只有自然土壤保持完整的自然肥力。人为肥力是人类对土壤耕种过程中，通过耕作、栽培、施肥等技术措施培育的肥力，只有农业土壤才具有自然肥力和人为肥力，统称经济肥力。在农业生产实践过程

中，经济肥力因受环境条件和耕作、栽培技术水平的限制，不可能全部显现出来，能显现出来的肥力称为有效肥力，暂时不能显现出来的肥力称潜在肥力，两者在一定条件下可以互相转化。随着社会生产力的发展和农业科学技术的不断进步，土壤有效肥力将会不断提高，从而促进农业生产的不断发展。

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。目前常用肥料根据成分、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。无机肥料也就是各种化学肥料，是指工厂制造或开采后经加工的各种商品肥料或是做为肥料用的工厂的副产品，如碳酸氢铵、硫酸铵、尿素、过磷酸钙、磷矿粉、硫酸钾、硝酸铵等。菌肥如固氮菌、根瘤菌和 5406 抗菌菌肥等。

二、土壤肥料在农业生产中的地位

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。其中一部分是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，促进大农业的发展。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、养分和获取一定量的空气和热量等必须的生活条件。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，收多收少在于肥”，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》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。所以，无论土壤方面的知识或肥料方面的知识都是很广阔的。本书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、基本理论、基本技能为基本内容，主要阐明土壤本身的特征，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。

《土壤肥料》在实现我国农业现代化中担负着重要任务。具体来说，有以下几方面：

1. 掌握各种土壤的理化性质和农业性状，提出因土种植、因土施肥和合理耕作的意见。
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，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。
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。

第一章 土壤的物质组成

土壤是由固体、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,它约占土壤固相物质体积的 10%,但对土壤性状和肥沃性影响极大。

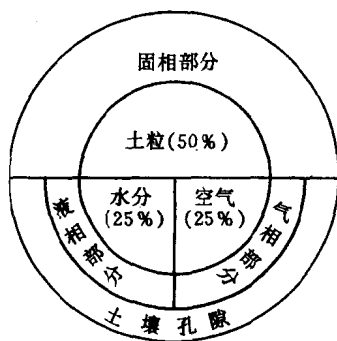


图 1-1 旱地土壤物质组成示意图

土壤液相就是土壤水分。其实,它是极其稀薄的溶液,存在并运动于孔隙之中,好似“血液”一样,是三相物质最活跃部分。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之中。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,则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。

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。我国多采用原苏联卡庆斯基制，其土粒分级标准见表 1-1。

表 1-1 卡庆斯基土粒分级标准

粒 级 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
物理性粘粒	粉粒	粗粉粒	0.05 ~ 0.01
		中粉粒	0.01 ~ 0.005
		细粉粒	0.005 ~ 0.001
	粘粒	粗粘粒	0.001 ~ 0.0005
		细粘粒	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、粘粒。并且又将大于 0.01 毫米的土粒称为物理砂粒，小于 0.01 毫米的土粒称为物理粘粒。

(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。

从表 1-2 看出，随土粒由粗变细， SiO_2 含量由多变少，而 P_2O_5 、 K_2O 、 CaO 、 MgO 、 Fe_2O_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 毫米附近。可见，土壤颗粒越细，小于 0.01 毫米的细粒越多，硅含量越少，P、K、Ca、

Mg 等营养元素越多，反之营养元素越少。

表 1-2 各级土粒化学成分

粒径范围 (mm)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
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

(三) 各级土粒的性质

不同粒级土粒其理化性质有很大差异，土粒由粗变细，土粒的比面（指单位重量或体积，土粒的总表面积，用 cm^2/g 或 cm^2/cm^3 表示）急剧增加。因此，同样 1 克重的土粒，颗粒愈细，土粒的比面积愈大，除通气、透水性质逐渐减弱外，吸湿性，膨胀性、粘着性、可塑性，持水能力和阳离子吸收性则逐渐增强。

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，土粒比面小，所以土粒的表面吸湿性和吸肥性都很小，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，故无粘性、塑性。砂粒含二氧化硅多，矿质养分缺乏。

粘粒 颗粒细小，土粒比面大，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。粘粒有较强的粘结力、粘着力和较强的可塑性、胀缩性。粘粒本身含养分丰富，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粘粒之间，光滑如粉。它的很多

性质也介于砂粒和粘粒之间。开始出现粘性、可塑性和胀缩性。粉粒具有一定的持水力、吸水力及毛管性能，通透性较差，含矿物质养分较多，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，并非一种大小的土粒或某一种粒级所构成，而是由各种粒级或各种大小的矿物土粒所组成。土壤中各种粒级配合的比例，或各粒级在土壤重量中所占的百分数，称为土壤质地。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，是按土壤中各粒级的构成情况，人为地划分成几个类别。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。质地分类各国尚未统一，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粘粒（小于 0.01 毫米）和物理砂粒（大于 0.01 毫米）的百分含量把土壤质地划分为砂土、壤土和粘土三类，共九级，见表 1-3。

卡庆斯基质地分类制的特点是对粒级考虑的比较概括，只区分为物理粘粒和物理砂粒两个粒级。由于物理粘粒和物理砂粒之和为 100%，所以分类标准只列出物理粘粒或物理砂粒一项即可。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、透水性好。蓄水保肥、耐肥能力差，施用化肥后易于流失。用量大时易“烧苗”。土壤潜在养分含量低，但由于通气性好，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，群众称“热性土”；晚秋土温下降快，易发生冻害。土壤疏松，粘结性弱，无塑性，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”。

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
		物理性粘粒（ $<0.01\text{mm}$ ）%		
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
粘 土	轻粘土	50~65	60~75	40~50
	中粘土	65~80	75~85	50~65
	重粘土	>80	>85	>65

针对砂质土的特性，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，并且要注意作物后期追肥。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. 粘质土类 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。由于粘土水多气少，不利于潜在养分的转化，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。土质粘，粘结力、粘着力强，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. 壤质土 壤质土壤含粗细土粒比例适宜，粒间孔隙大小比例适当，其性状介于砂质土和粘质土之间，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。土壤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 即上砂下粘，上砂是指上部的根系活动层，有20~30厘米细砂土——轻壤土；下粘是指在根系活动层之下，有30~50厘米的轻壤土——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厘米为中壤以上土层，下层为砂土——砂壤质土。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厘米处夹粗砂层，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 通体质地粘重，或上部30~50厘米为中壤——重壤土，下层为粘土。这种土体质地层次最差。它既不利出苗，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。