



高等学校教材

土壤学与农作学

第三版

武汉水利电力大学 张明炷 黎庆淮 石秀兰 编



高等学校教材



土壤学与农作学

第三版

武汉水利电力大学 张明炷 黎庆淮 石秀兰 编

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书是为有关高等院校“农田水利工程”专业编写的通用教材，也可供从事农田水利工作的技术人员和干部参考。

该教材主要包括：土壤的形成与组成、土壤的基本性状、土壤水分、主要低产土壤的特性与改良、作物与水、主要农作物的合理用水等，另外还编有教学实验指导等。书中着重阐述了与农田水利工作有密切关系的土壤和作物的基础知识及基本理论，并根据我国的实际情况，适当地介绍了有关低产土壤改良和主要农作物合理用水的基本原理与技术措施。

高 等 学 校 教 材 土 壤 学 与 农 作 学 第 三 版

武汉水利电力大学 张明住 黎庆淮 石秀兰 编

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市朝阳区小红门印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 12.25印张 277千字

1979年10月第一版 1986年6月第二版

1994年10月第三版 1994年10月北京第五次印刷

印数 19641—23560册

ISBN7 120 01911 2/TV·776

定价7.05元

第二版前言

《土壤学与农作学》是“农田水利工程”专业的一门技术基础课。本版教材是根据水利电力部教育司一九八三年三月颁发的高等学校“农田水利工程”专业教学计划和《土壤学与农作学》教学大纲，以及一九八三至一九八七年高等学校水利电力类教材编审出版规划的要求，在一九七九年出版的高等学校教材《土壤与农作》的基础上进行编写的。

在编写过程中，我们对以往的教学和教材编写工作进行了总结，充分注意到必须使教材的体系和内容与专业的要求紧密结合。既加强有关基础知识和基本理论的阐述；又适当介绍有关的国内外先进技术经验；同时还贯彻了“少而精”的原则。全书除绪论外，包括三部分：第一部分是土壤，有土壤的形成与组成、土壤的基本性状、土壤水分和主要低产土壤改良等；第二部分是农作，仅论述了作物与水 and 主要农作物的合理用水；第三部分是实验，包括教学大纲中所规定的六个实验的教学指导。本版教材与一九七九年版本比较，主要是增加了土壤基础知识和基本理论，并补充了土水势和作物水势方面的材料，同时精简了某些章节中不太必要的内容。

本书的编写是面向全国。由于我国幅员辽阔，各地区自然条件和农田水利方面存在的主要问题不同，土壤和耕作栽培情况也有一定的差异。因此，各兄弟院校在进行《土壤学与农作学》的教学时，可根据当地的实际情况对本书内容作适当的取舍。

参加本书编写的有黎庆淮（绪论和第五、六章）、石秀兰（第一、二章和实验部分）和张明炷（第三、四章），黎庆淮负责主编工作。初稿完成后，由主审人谢昌诚（江苏农学院）召开了审稿会议。参加审稿会的除主审人外，还有刘圭念（华东水利学院），沈弥英（西北农学院）和林国信（合肥工业大学）等。在编审过程中，还请茆智和李恩羊（武汉水利电力学院）分别对有关章节进行了审阅，彭毓华（太原工学院）对全书的编写也提了一些宝贵的书面意见。此外，还得到一些兄弟院校和生产单位的积极支持，在此一并表示衷心的感谢。

对于书中的缺点和错误之处，恳希读者批评指正。

编 者

1984.2.

第三版前言

遵照水利部1990~1995年有关教材编审出版规划的安排，我们在1986年出版的《土壤学与农作学》第二版基础上，进行了第三版教材的编写。

在这次编写中，我们总结了七年来使用第二版教材的经验，并听取了1990年全国“土壤学与农作学”教学经验交流暨学术讨论会上同行们对教材所提的宝贵意见，力图精益求精，进一步提高教材的质量。新版教材大的体系依旧，内容有较多的修改。部分章节删去了许多次要的内容，补充了一些较为重要的新内容。在文字图表方面，对全书做了较仔细的修订，使之更趋精练、严谨和完善。

编写工作基本上同第二版的分工，由黎庆淮编写前言、绪论、第五和第六章及附录；石秀兰编写第一和第二章及实验部分；张明炷编写第三和第四章并负责全书统稿。江苏农学院水利系谢昌诚担任主审。1993年10~11月根据审查意见修改定稿。

书中难免还有缺点和错误，敬请读者批评指正。

编者

1993.11.

目 录

第二版前言	
第三版前言	
绪 论	1
第一章 土壤的形成与组成	4
第一节 土壤及土壤形成	4
第二节 土壤的组成	7
第二章 土壤的基本性状	16
第一节 土壤的孔隙性与结构性	16
第二节 土壤胶体与离子交换作用	20
第三节 土壤的酸碱反应	26
第四节 土壤的通气性与氧化还原状况	31
第五节 土壤的热状况	35
第六节 土壤养分状况	39
第三章 土壤水分	45
第一节 土壤水分的形态和性质	45
第二节 土壤水分常数与土壤含水量	49
第三节 土壤水分的能态	53
第四章 主要低产土壤的特性与改良	71
第一节 盐碱土	71
第二节 渍害水稻土	89
第三节 红壤	92
第五章 作物与水	97
第一节 作物水分生理	97
第二节 作物与水的生态关系	108
第三节 作物需水规律及对灌溉排水的要求	114
第六章 主要农作物的合理用水	121
第一节 水稻	121
第二节 小麦	130
第三节 玉米	136
第四节 棉花	141
实验	151
I 土壤剖面性状观察与描述	151
II 土壤pH值和氧化还原电位 (Eh) 的测定	155
III 土壤水分物理性质的测定	157

IV	土壤水吸力的测定	164
V	土壤可溶性盐分及地下水水质的测定	168
VI	作物水分生理性状的测定	177
附录一	作物对气候、土壤、水分的要求简表	184
附录二	水稻和棉花的生育性状调查	187
主要参考文献		190

绪 论

(一)

农业生产包括植物生产(种植业)和动物生产(饲养业)两大部分,都是生产具有生命的生物有机体。其中动物生产必须靠植物生产提供必要的饲料。如果没有植物生产,或者植物生产搞不好,动物赖以进行生命活动的能量和营养物质就没有来源,或者供应困难,动物生产也就不可能搞好。所以,植物生产是农业生产的基本环节。

农业生产实质上是一种把太阳能转化为化学能的生产。也就是说,农业生产的基本任务是利用绿色植物进行光合作用,制造和积累大量有机物质,供给人类生活的需要。农业生产是以植物有机体作为生产工具,而植物本身又是产品。植物的生长发育过程,就是产品的形成过程。植物的生长发育和产品的形成,要求一定的光(太阳光)、热(温度)、水、肥(养料)和气(主要是氧和二氧化碳)等植物生活的基本条件。其中光和热来自宇宙,水和肥主要是通过土壤供给,气则是部分地由土壤提供。同时植物还必须立足在土壤中才能利用上述生活条件。农业生产中保证作物高产稳产的很多措施,如平整土地、耕作、施肥和灌溉排水等,都是通过提高土壤肥力来改善作物生活条件的。所以,土壤是农作物生育的基地,也是农业生产的基本资料。马克思曾经说过“土壤是世代相传的人类所不能出让的生存条件和再生产条件”^①。这句话精辟地说明了土壤的重大作用,并表明土壤作为一种自然资源,它具有不同于其它自然资源(如矿藏等)的特点,即只要用得合理,用养结合,就能“地力常新”,不断地供人们利用,永远给人类创造出物质财富。

(二)

从生态学的观点来说,土壤是生态系统的重要组成部分。所谓生态系统,是指在一定的时间和空间内的生物和非生物的成分之间,通过不断的物质循环和能量流动而互相作用互相依存的统一体。在一个地区的自然环境中,植物-动物-微生物-土壤就构成一个生态系统。土壤是地区生态系统中一个极为重要的组成部分。同时,一个地区的土壤情况,又与构成这一地区生态系统的各种成分相互联系、相互制约,彼此之间有着调节平衡的关系。因此,在20世纪70年代才蓬勃兴起的环境科学中,土壤不仅被认为是农业生产的基本资料和农田生态系统中的组成部分,而且还被看作是以人类社会为主体的整个生态系统的重要组成部分。它对人类社会的存在和发展具有非常重要的意义。

人类生活在自然环境中,对其周围的自然环境在不断地进行干预和改造,建立起生态系统的新的动态平衡。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

① 引自《资本论》第三卷1061页。

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，造成大量水土流失，水旱灾害增加；盲目大量灌溉，有灌无排，引起土壤次生盐碱化或次生潜育化；灌溉水质不良，滥用农药，造成严重污染等。这些问题国内外都出现过不少，有的还在不断发展，给工农业生产和人类生活带来严重威胁。对此，我们农田水利工作者应该引起高度重视，在进行农田水利勘测、规划、设计和管理等的工作中，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。

(三)

《土壤学与农作学》是高等学校“农田水利工程”专业的技术基础课。它的任务主要是使学生理解和掌握与农田水利密切相关的土壤水分物理和作物水分生理及合理用水等方面的基础理论、基本知识和基本技能，为学习《农田水利学》和从事农田水利的勘测、规划、设计、管理和灌排科学实验等工作奠定必要的基础。

农田水利的基本任务是通过各种工程技术措施，调节农田水分状况和地区水利条件，以促进农业生产的发展。它与土壤及作物有着十分密切的关系。很多农田水利工作都需依据土壤和作物的特性与要求来进行。例如，在水利勘测工作中，必需运用有关土壤和作物的基础知识。在灌排工程的规划设计中，确定水库库容、灌排渠道断面和泵站功率等，均须根据灌区农业生产的要求，特别是土壤特性和作物需水或耐水等情况来确定。灌溉制度和灌水方法的确定与实施，必须根据土壤水分物理特性和作物需水规律，保证既能满足作物需水而促进高产，又能提高水的经济效益和培肥土壤。山丘区的水土保持，平原盐碱地和低洼圩区等的治理，必须了解各种土壤的有关特性和低产原因，采用适当的水利工程与各种农业技术结合的综合治理措施，才能收到治水改土的良好效果。在灌区用水管理和灌排科学试验等工作中，更须根据当地的气候、土壤等情况和作物的需水特性进行试验研究，并与有关农业技术紧密结合，充分发挥灌排工程效益和灌溉水资源的作用，提高灌溉排水的质量和工作效率，达到节水节能增产增收的目的。

(四)

《土壤学与农作学》的内容，就是根据农田水利工作的需要而确定的。全书涉及面很广，它是以化学、物理学、数学、植物学、植物生理学、植物生态学、农业气象学，以及作物栽培学、耕作学、土壤改良学等学科为理论基础和技术基础的，既有一定的理论性，又有较丰富的实践性。全书分为三部分。第一部分（1～4章）为土壤学方面的内容，包括土壤的形成与组成、土壤的基本性状、土壤水分和主要低产土壤的特性与改良。第二部分（5～6章）是农作学方面的内容，主要从农水专业的角度介绍和论述了作物与水的关系以及四种主要农作物合理用水的基本理论和灌排技术。第三部分为实验，编写了教学大纲中所规定的6个实验的实验指导。此外，每章后面编印了复习思考题，书末还附了一些重要作物对气候、土壤和水分等的基本要求（简表）及水稻棉花两种作物的生育性状调查。

总之,《土壤学与农作学》的内容是与“农田水利工程”专业特别是与《农田水利学》紧密结合的。要求学生通过学习,在全面了解书中内容的基础上,着重理解与掌握:①水与土壤肥力的关系以及通过水利等措施改良与培肥土壤的基本理论和技术;②水与作物生长发育和产量的关系,以及几种主要农作物合理灌溉排水的基本理论和技术措施。在此基础上进一步学好《农田水利学》和其它有关课程,将来在实际工作中能针对服务对象的特性与要求,使水利更好地满足农业生产的需要,为促进农业生产的大发展和建设有中国特色的社会主义事业做出应有的贡献。

复 习 思 考 题

- (1) 农业生产的任务是什么?土壤在农业生产中有何重要作用?
- (2) 为什么要学习《土壤学与农作学》?

第一章 土壤的形成与组成

第一节 土壤及土壤形成

一、土壤与土壤肥力

土壤是农业生产的基本资料，是作物生育的基地，是生态系统结构的重要组成部分。它是由矿物质、有机质、水分（溶液）、空气和生物等所组成的能够生长植物（包括作物）的陆地疏松表层。

土壤之所以能生长植物是因为它具有肥力。所谓肥力，就是土壤同时不断地满足和调节植物对水、肥、气、热等生活条件要求的能力。土壤肥力是土壤物理、化学、生物等性质的综合反映。土壤肥力的高低，决定于诸肥力因素的丰缺、消长以及它们之间的协调关系。土壤肥力是各种土壤所共有的，也是区别于自然界其它物质的最本质的特征。

土壤在自然形成过程中所产生和发展起来的肥力叫自然肥力。它单纯受自然因素的影响，只存在于原始森林和未开垦的荒地中。土壤经人为活动以后而形成的肥力叫人工肥力。它随人们对土壤的认识深度和培肥改良技术的发展而发展。在耕作土壤中，自然肥力和人工肥力是综合出现的，一般合称为有效肥力。有效肥力不仅标志着土壤的肥沃程度，也可反映出与社会经济制度和科学技术水平的关系。

二、土壤的形成及其分布规律

土壤是独立的自然体，有着自己的发生发展历史。自然土壤的形成是风化作用与成土作用同时同地进行的结果。也可以说是微生物和绿色植物在土壤母质上活动的结果。

地球表面的岩石，长期在阳光、水分、空气等自然条件的影响下，产生了物理、化学等风化过程，使岩石发生崩解、碎裂，并在构造、成分和性质上产生明显变化，从而形成一种疏松的岩石碎屑，这就是土壤形成的基本材料——成土母质。

岩石风化以后形成的一些可溶性及非溶性物质，由于雨水的淋洗和地表径流，不断流向低地、河流，最后汇至海洋。经过长时间的蒸发、浓缩、淀积等过程而形成各种沉积岩。以后又由于地质作用，再次进行风化、淋溶、入海、沉积等过程。这种不断地循环过程，不仅周期长，而且涉及的范围特别广，一般称之为地质大循环或植物营养物质的地质淋溶过程。

地质大循环中形成的母质与岩石性状有显著的不同。它已具有通气、透水和一定的保水性能，风化释放出的养料元素，为生物繁殖生长创造了条件。首先是低等微生物吸收空气中的氮制造有机物质，使母质中积累了一定的氮素养料，继之才出现绿色植物，绿色植物不但可通过选择吸收养料形成有机质集中保蓄起来，而且在生物死亡以后，经过分解作用又会重新被释放出来，为下一代植物提供营养。由于生物的生存与死亡，有机物质的合成与分解，营养元素被吸收、固定和释放的这种循环过程，时间短、速度快、涉及范围小，一般称之为生物小循环或物质的生物积累过程。

可见，土壤形成的实质是大、小循环对立统一发展的结果，是在地质大循环基础上，有机质合成与分解的过程。

自然条件下，未经人类开垦耕作的土壤，称为自然土壤。它是在下列自然因素的综合作用下形成的。

（1）母质：母质是构成土壤的原始材料。母质的组成及其物理、化学等特性，均直接影响土壤的性状，加速或延缓土壤的形成和发展，在一定时间内制约着肥力的高低差异，对土壤形成有深刻的影响。

（2）气候：气候条件特别是气温和雨量，对土壤形成具有最普遍的意义。它不仅直接影响土壤的水、热状况，而且影响土壤中的矿物质和有机质的分解转化及其产物的迁移变化过程，对土壤形成及性状产生明显的作用。

（3）地形：地形不同，可以引起气候条件的明显差异，如水、热条件的变化，从而产生地表物质与能量的再分配过程。它深刻地影响着土壤的形成和发育，不同的地形（如低洼地和丘陵地区）所形成的土壤类型可以完全不同。

（4）时间：时间的长短，决定土壤形成发展的程度和阶段。各自然成土因素对土壤形成的综合作用的效果，是随时间的延长而加强的。土壤形成过程持续的时间不同，土壤中物质的淋溶与聚积的程度也不相同。

（5）生物：生物是土壤形成中最重要的因素。由于生物特别是绿色植物的作用，才能把分散的、易于淋失的营养元素，进行选择性的吸收、集中和积累起来，构成地质大循环基础上的生物小循环，促进土壤肥力的发生与发展。所以，在一定意义上说，没有生物的作用，就没有土壤的形成过程。

在土壤形成过程中，上述五大自然成土因素之间是互相影响、互相制约的，其中生物因素起主导作用。

土壤在人类开垦利用以后，虽然仍受自然因素的作用，但同时更多地受人为因素的影响。人类的活动对土壤形成发展的影响极为深刻，它可通过改变某一成土因素和各因素之间的对比关系来控制土壤的发育方向。如灌溉排水，可以改变自然土壤的水、热条件，从而改变土壤中物质的运动和变化过程。通过耕作、施肥及其它农业技术措施等，可促使水、肥、气、热诸肥力因素的演变，使土壤进入一个新的阶段，并加速农业土壤的形成和发展。可见，农业土壤与自然土壤不同，它是在自然土壤的基础上发展起来的，是自然因素与人为因素共同作用的结果，其中人为因素起主导作用。人类可以有意识有目的地对土壤进行利用、改造和定向培育，不断提高肥力，使土壤朝着有利于农业生产的方向发展。但当利用不合理时，也会引起土壤的退化，如土壤的沙化、次生潜育化、次生盐渍化等。

我国幅员辽阔，地形复杂，土壤资源十分丰富。世界上所分布的主要土壤类型，在我国几乎都能见到。尽管土壤种类繁多，但在地理分布上仍具有明显的水平地带性、垂直地带性和区域分布的规律性。

土壤的水平地带性是指土壤大致与纬度平行随生物气候带演替的分布规律性，它主要受水、热条件控制。我国气候具有明显的季风特点，冬季受西北气流控制，寒冷干燥，夏季受东南和西南季风影响，温暖湿润。东南季风不仅影响东部沿海，而且深入内陆。西南

季风除影响青藏高原外，尚可波及长江中、下游地区。因此，热量由南向北递减，湿度由西北向东南递增。所以，在我国东部形成湿润海洋性土壤带，由北向南依次分布着暗棕壤与白浆土—棕壤—黄棕壤—红壤与黄壤—赤红壤—砖红壤。西部则形成干旱内陆性土壤带，由东向西分布着栗钙土—棕钙土—灰钙土和漠境土。而在这两个土壤地带之间，自东北大兴安岭西麓向西南至黄土高原，则形成一过渡性土壤地带，依次分布着黑土与黑钙土—灰褐土—栗钙土—黑垆土—褐土（图1-1）。

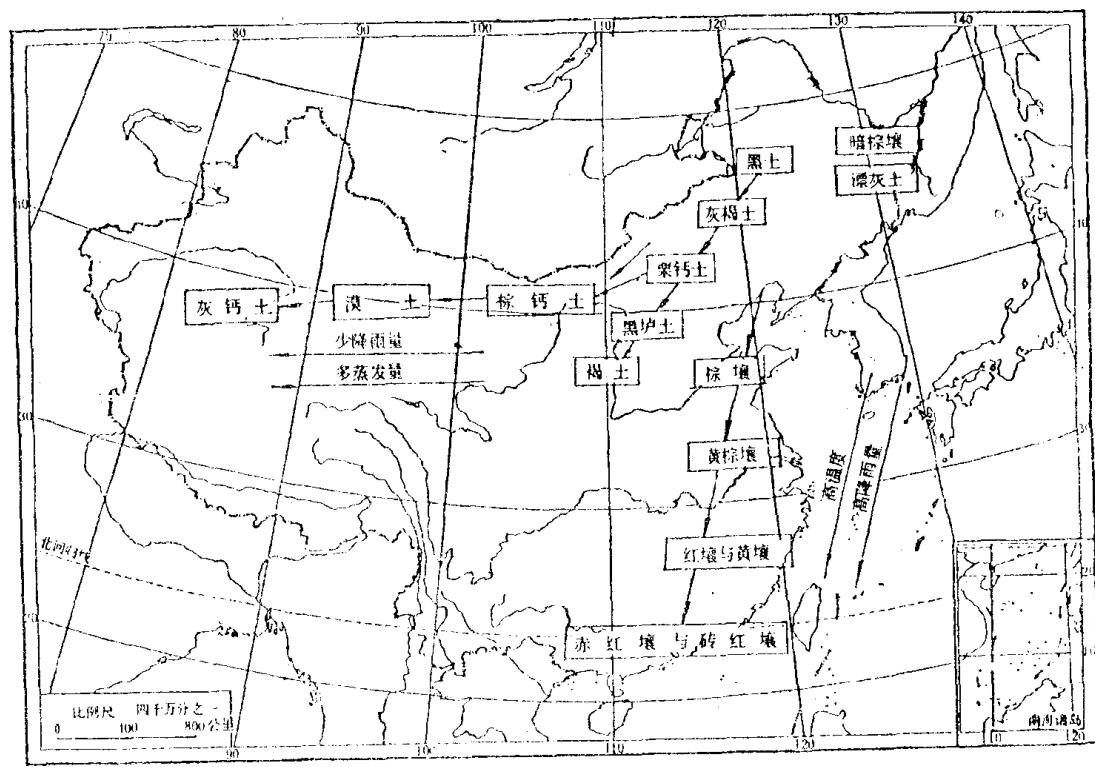


图 1-1 我国土壤水平地带分布示意图

土壤的垂直地带分布是指沿垂直方向随地势的增高而产生的土壤演替分布规律。这种分布规律是山地生物气候条件随地势改变而造成的。因此，随着山体高度的增加，相对高差愈大，垂直分布的土壤带也愈多愈完整。我国喜马拉雅山的珠穆朗玛峰，是世界最高的山峰，垂直分布的土壤带之多，为世界所罕见。其中从下往上分布着的主要有红壤—山地黄棕壤—山地酸性棕壤—山地漂灰土—黑毡土与草毡土—高山寒漠土—冰雪线。

除地带性土壤分布规律以外，由于中小地形，地区水、热条件和人为改造地形、耕作活动等影响，使土壤分布也表现出一定的规律性（即土壤的区域性分布）。如我国西北的黄土高原地区，分布着许多干谷，由于自然条件与人为耕作的影响，这里由高原向谷底有规律地分布着黑焦土—黑垆土—黄绵土。又如一些湖泊四周，以湖泊为中心向外扩展，地形渐高，受地下水影响逐渐减少而依次形成各种沼泽土—草甸土等。

综上所述，自然土壤的形成和分布规律性是自然条件的综合反映，农业土壤的形成和分布规律则是自然因素与人为因素综合作用的结果。因此，了解土壤的形成及其分布规律，不仅可以分析土壤在自然界的分布规律，而且可以为制定农业区划，合理利用和改良土壤提供科学依据。

第二节 土壤的组成

土壤是由固相、液相和气相三相物质组成的疏松多孔体（图1-2）。固相物质的体积约占50%，其中包括38%的矿物质和12%的有机质。液相物质的体积约占15%~35%，其中主要是土壤水和溶于水中的物质。气相物质的体积约占15%~35%，其中包括氧、二氧化碳、氮及其它气体。土壤液相与气相共同存在于固相物质之间的孔隙中，形成一个互相联系、互相制约的统一整体，为植物提供必要的生活条件，是土壤肥力的物质基础。

一、土壤矿物质

（一）土壤矿物质的种类与化学组成

土壤中的矿物质一般占土壤固相部分重量的95%左右，是构成土壤的“骨架”和植物养分的重要来源。土壤矿物质包括原生矿物和次生矿物以及一些分解彻底的简单的无机化合物。

原生矿物是指地壳上最先存在的经风化作用后仍遗留在土壤中的一些原始成岩矿物，如常见的石英、长石、云母、角闪石和辉石等。在原生矿物中，石英最难分解，常成为较粗的颗粒遗留在土壤中，构成土壤的沙粒部分。黑云母、角闪石、辉石等则容易风化成土壤的粘粒部分。

次生矿物是指原生矿物经风化和成土作用后，逐渐改变其形态、性质和成分而重新形成的一类矿物。如高岭石、蒙脱石、伊利石等铝硅酸盐矿物（次生粘土矿物），一般粒径小于5 μm ，是土体中最活跃的部分。

土壤矿物的化学组成以 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 CaO 、 MgO 等含量较多。其中尤以 SiO_2 为最多， Al_2O_3 次之， Fe_2O_3 再次之，三者之和常占化学组成总量的75%以上。就元素组成来说，更为复杂，几乎含有全部化学元素，但主要是O、Si、Al、Fe、Ca、Mg、K、Na、Ti、C等十种元素，它们约占矿物质总量的99%以上，其中又以O、Si、Al、Fe为最多。

土壤中养分的种类与含量常因矿物的化学组成，风化强度及气候条件的差异而不同。如正长石、云母等是易风化的含钾丰富的矿物，磷灰石、橄榄石等是土壤中P、Mg、Ca等养料元素的来源。当母质中含这些矿物多时，土壤中所含养分也较多。我国南方气候湿热的红壤地区土壤中，以含高岭石和各种氧化铁、铝为主，北方土壤则以蒙脱石和伊利石含量较多。

（二）土壤的机械组成

1. 土壤颗粒的分级

自然界中的土粒大小不同，其化学组成、性质等也有明显差异。通常将粒径大小相近，性质相似的土粒分为一级，这种土粒大小的不同级别，称为粒级。粒级划分标准有多种。

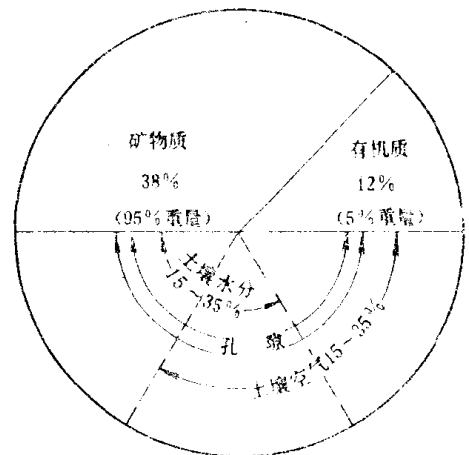


图 1-2 土壤三相组成比例示意图

目前文献中常用的是美国制与国际制，我国多采用前苏联的卡庆斯基制（表1-1）。中国科学院南京土壤研究所等单位根据我国实际情况将土粒分为五级，各级土粒的名称及其相应的粒径见表1-2。

表 1-1 卡庆斯基土粒分级标准

粒 级 名 称		粒 径 (mm)	
石 砾		>3.0	物理性沙粒
		3 ~ 1	
沙粒	粗 沙	1 ~ 0.5	
	中 沙	0.5 ~ 0.25	物理性粘粒
	细 沙	0.25 ~ 0.05	
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	粘 粒	<0.001	
	细粘粒	<0.0001	

表 1-2 我国土壤颗粒分级标准

颗 粒 名 称		粒 径 (mm)
石 块		> 3
石 砾		3 ~ 1
砂 粒	粗 沙 粒 细 沙 粒	1 ~ 0.25 0.25 ~ 0.05
粉 粒	粗 粉 粒 中 粉 粒 细 粉 粒	0.05 ~ 0.01 0.01 ~ 0.005 0.005 ~ 0.002
粘 粒	粗 粘 粒 细 粘 粒	0.002 ~ 0.001 <0.001

(引自《中国土壤》第二版1987)

不同粒径大小所表现的特性有明显差异。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。而在化学组成上则是SiO₂逐渐减少，Ca、Mg、P、K等元素含量相应增加。在物理性质上，通气、透水性逐渐减弱，比表面积逐渐增加，吸湿性、膨胀性、可塑性、阳离子吸收性等则逐渐增强（表1-3、表1-4）。

表 1-3 各级土粒的化学组成 (%)

化学成分 粒径 (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

(据索柯洛夫斯基资料)

各种粒级颗粒的特征特性如下：

- (1) 石砾和沙粒：是岩石风化的碎屑，主要成分为原生矿物，且以石英为主，无粘结性，不可塑，无膨胀收缩性及胶体特性，矿质养分少且易淋失，通气透水性强，温度变幅大。
- (2) 粘粒：主要是次生矿物，其中包括粘土矿物（高岭石、蒙脱石）及铁、铝、锰的氢氧化物与含水氧化物。颗粒小而高度分散，有巨大的表面积和很强的表面能。具有胶结性及很强的粘性、可塑性、吸水力和持水力、毛管性能、膨胀收缩性及离子代换吸收性能。矿质养分含量丰富，保肥力强，但通气透水性差，温度变幅小。
- (3) 粉（沙）粒：兼有原生矿物和次生矿物，其颗粒大小介于沙粒和粘粒之间，故

许多性状也界于沙粒与粘粒之间。

表 1-4 各级土粒的一些理化性质

粒 径 (mm)	比 表 面 (cm ² /g)	最大分子持水量 (%)	毛管水上升高度 (cm)	渗透系数 (cm/s)	湿 胀 % (占原体积)	可塑性 %		阳离子吸收量 (mmol/100g土)
						上 限	下 限	
3 ~ 2	1	0.2	0	0.5	—	不 可 塑		
2 ~ 1.5		0.7	1.5 ~ 3.0	0.2	—	不 可 塑		
1.5 ~ 1.0		0.8	4.5	0.12	—	不 可 塑		
1.0 ~ 0.5		0.9	8.7	0.072	—	不 可 塑		
0.5 ~ 0.25	2	1.0	20 ~ 27	0.056	0	不 可 塑		
0.25 ~ 0.10	4	1.0	50	0.030	5	不 可 塑		
0.10 ~ 0.05	8	2.2	91	0.005	6	不 可 塑		
0.05 ~ 0.01	20	3.1	200	0.0004	16	不 可 塑		约 为 1
0.01 ~ 0.005	>40	15.9	—	—	105	40	28	3 ~ 8
0.005 ~ 0.001		31.1	—	—	160	48	30	10 ~ 20
< 0.001	>1000	—	—	—	405	87	34	35 ~ 65

(据 В. Т. Ткаидк, Т. И. Коиернина资料)

我国的土壤颗粒分布一般有从西到东、从北到南逐渐变细的趋势。北方地区主要受黄土及黄土母质等风化成堆积物影响，土壤中的砾、沙粒、粗粉粒较多，粗粘粒及细粘粒较少。南方地区除受生物气候影响外，深度风化的红壤母质影响明显，土壤中含粘粒相对较多，有些发育于玄武岩的砖红壤中，粘粒含量高达60%以上。

2. 土壤质地

自然界的任何土壤，都是由许多大小不同的土粒，以不同比例组合而成的。这种不同粒级组合的相对比例，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类。在生产实践中，土壤质地常常是作为认土、用土和改土的重要依据。

目前，我国常采用的土壤质地分类标准，是根据卡庆斯基制的物理性沙粒和物理性粘粒而划分的（表1-5）。

表 1 5 土 壤 质 地 划 分 标 准

土 壤 质 地 名 称	沙 土 类		壤 土 类			粘 土 类
	沙 土	壤 沙 土	轻 壤 土	中 壤 土	重 壤 土	粘 土
物理性沙粒含量 (%)	>90	80 ~ 90	70 ~ 80	55 ~ 70	40 ~ 55	>40
物理性粘粒含量 (%)	<10	10 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 45	45 ~ 60	>60

国际制土壤质地分类在我国和欧、美等国也使用较广。它的分类标准如表1-6所列。

中国科学院南京土壤研究所等单位近年来也拟定了我国土壤质地分类标准，如表1-7。

土壤质地不同，对土壤的水、肥、气、热状况及其它理化特性均有很大影响，现将不同质地类型的肥力特征综述如下。

沙土类：物理性沙粒含量占80%以上，因此粒间孔隙大，毛管孔隙少，不保水，渗透性强，通气好，有机质分解快而累积少，不保肥，不耐肥，昼夜温差大。所以沙性土常呈现有气、缺水、养分不足、土温不稳的矛盾状态。

粘土类：物理性粘粒含量占60%以上，因此粒间孔隙小，毛管孔隙多，保水、保肥性强，但通气透水性差，易旱易涝，昼夜温差小，土性偏冷，粘性塑性强，所以耕性不良，

表 1-6

国际制土壤质地分类

质地名称		各级土粒含量 (重量%)		
类别	名称	沙粒 ($2 \sim 0.02\text{mm}$)	粉沙粒 ($0.02 \sim 0.002\text{mm}$)	粘粒 ($< 0.002\text{mm}$)
沙土类	沙土及壤沙土	85~100	0~15	0~15
壤土类	沙壤土	55~85	0~45	0~15
	壤土	40~55	30~45	0~15
	粉沙壤土	0~55	45~100	0~15
粘壤土类	沙质粘壤土	55~85	0~30	15~25
	粘壤土	30~55	25~45	15~25
	粉沙质粘壤土	0~40	45~85	15~25
粘土类	沙质粘土	55~75	0~20	25~45
	粉沙质粘土	0~30	45~75	25~45
	壤质粘土	10~55	0~45	25~45
	粘土	0~55	0~55	45~65
	重粘土	0~35	0~35	65~100

表 1-7

我国土壤质地分类

质地组	质地名称	颗粒组成 (粒径: mm) (%)		
		沙粒 $1 \sim 0.05$	粗粉粒 $0.05 \sim 0.01$	细粘粒 < 0.001
沙土	粗沙土	> 70	—	< 30
	细沙土	$60 \sim 70$	—	
	面沙土	$50 \sim 60$	—	
壤土	粉沙土	> 20	> 40	
	粉土	< 20	> 40	
	沙壤土	> 20	< 40	
	壤土	< 20	< 40	
	沙粘土	> 50	—	> 30
粘土	粉粘土	—	—	$30 \sim 35$
	壤粘土	—	—	$35 \sim 40$
	粘土	—	—	$40 \sim 60$
	重粘土	—	—	> 60

(引自《中国土壤》第一版, 1978年)

适耕期短。

壤土类：沙粒与粘粒的含量比例较合适，因此兼有砂土类与粘土类的优点。既通气透水，又保水保肥，水、肥、气、热状况比较协调，耕性良好，适耕期长，适宜于大多数作物生长，是农业生产上比较理想的土壤质地。

实验证明，土壤质地的变化是十分复杂的。不同的土壤，质地不同；同一土壤中也会