

全国高等农业院校教材

农 学 基 础

(第二版)

北京农业工程大学 主编

农业机械化专业用

农 业 出 版 社

目 录

绪 论	1
-----------	---

第 一 部 分

第一章 土壤及其基本组成	6
第一节 土壤的形成及物质组成	6
第二节 土壤矿物质	9
第三节 土壤有机质	20
第二章 土壤的孔性和结构性	24
第一节 土壤的孔性	24
第二节 土壤的结构性	28
第三章 土壤水	33
第一节 土壤水的保持和状态	33
第二节 土壤水的运动和田间循环	39
第三节 土壤对植物供水	42
第四章 土壤空气和土壤热量状况	44
第一节 土壤空气	44
第二节 土壤热量状况	46
第五章 土壤的代换吸收性能和养分状况	49
第一节 土壤的离子交换	49
第二节 土壤酸碱性反应	53
第三节 土壤养分	55
第六章 土壤的物理机械性质	59
第一节 土壤的结持性	60
第二节 土壤的摩擦性质	63
第三节 土壤的抗剪强度	64
第四节 土壤的压缩和压实	66
第五节 土壤的坚实度	69
第七章 我国的主要土壤	70
第一节 土壤剖面的发育	70
第二节 土壤分布的地带性	71
第三节 我国主要土类的分布概况和基本特性	72

第 二 部 分

第八章 土壤耕作	80
----------------	----

第一节	土壤耕作原理	80
第二节	土壤耕作制	86
第三节	少耕法和免耕法	88
第九章	种子和播种	90
第一节	种子的含水量及物理性质	91
第二节	种子精选加工	93
第三节	播种	95
第十章	作物营养与施肥	99
第一节	作物的营养成分	99
第二节	作物对养分的吸收	101
第三节	化学肥料的性质与施用方法	104
第四节	有机肥料及其施用	109
第十一章	作物的病虫草害及其防治	111
第一节	作物虫害	111
第二节	作物病害	114
第三节	农田杂草	117
第四节	作物病虫草害的化学防治	120
第五节	作物病虫草害的综合防治	127
第十二章	种植制度	130
第一节	作物布局	130
第二节	复种和间、混、套作	135
第三节	轮作与连作	140
第十三章	耕作制度	144
第一节	耕作制度的演进	144
第二节	耕作制度与农业资源利用	146
第三节	我国耕作制度概况	148

第 三 部 分

第十四章	水稻	155
第一节	概述	155
第二节	稻的生态类型及其特性	157
第三节	水稻的生育进程及栽培技术	162
第四节	杂交水稻对生态条件的要求及栽培特点	170
第五节	直播稻及水稻旱种的栽培特点	173
第十五章	小麦、大麦	178
第一节	小麦生产概况	178
第二节	小麦的生育特性	179
第三节	冬小麦播种技术	181
第四节	冬小麦的田间管理	184
第五节	冬小麦的收获	186
第六节	春小麦栽培特点	188

第七节	大麦	190
第十六章	玉米	193
第一节	概述	193
第二节	玉米的生长发育特性	195
第三节	玉米的播种	198
第四节	玉米的田间管理及收获	201
第五节	青饲玉米的栽培要点	203
第十七章	甘薯与马铃薯	205
第一节	甘薯的生育特性及栽培技术	205
第二节	马铃薯的生育特性及栽培技术	209
第十八章	大豆	214
第一节	概述	214
第二节	大豆的生长发育特性	215
第三节	大豆栽培技术	218
第十九章	棉花	222
第一节	棉花的生长发育特性	223
第二节	棉花的播种和育苗移栽	224
第三节	棉花的田间管理	227
第四节	收花	230
第二十章	油菜	233
第一节	概述	233
第二节	油菜的类型及其生长发育特性	235
第三节	油菜栽培技术	238
第四节	油菜的成熟特性及收获方法	241
第二十一章	花生	243
第一节	概述	243
第二节	花生的类型及生长发育特性	244
第三节	花生的栽培技术	248
第二十二章	甘蔗	252
第一节	概述	252
第二节	甘蔗的生长发育特性	253
第三节	甘蔗的栽培技术	255
第二十三章	甜菜	259
第一节	概述	259
第二节	甜菜的生长发育特性	260
第三节	甜菜的栽培技术	264
第四节	甜菜的收获与田间保藏	266
第二十四章	牧草及草场管理	269
第一节	豆科牧草	269
第二节	禾本科牧草	274
第三节	草场管理	276

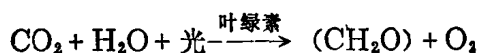
第二十五章 塑料薄膜地面覆盖栽培	278
第一节 地膜的主要种类	278
第二节 地膜覆盖与植物生态条件	279
第三节 地膜覆盖与作物生长发育	282
第四节 地膜覆盖栽培基本技术	284

绪 论

一、农业生产分析

农业是人类生活资料的主要来源，是国民经济的基础。如果没有农业为人类提供生活资料，就谈不上进行生产及其它社会活动。

(一) 农业生产的实质 人类离不开农业的根本原因是，人的生命活动所必需的能量目前还只能从粮食和其它食物中获得，而食物中的能量归根到底是绿色植物转化太阳能的结果。绿色植物依靠本身的叶绿素，利用太阳光能，通过光合作用，吸收大气中的二氧化碳和水，合成有机化合物，同时将光能转化成化学能，贮存在有机物质中。这是一个极其复杂的光化学及生物化学过程，通常用下式来表示：



上式表明，在光合作用过程中，绿色植物将太阳光能转化、贮存到所形成的有机物质中。这些贮存的能量，在人类或其它动物的消化过程中，又被释放出来，满足生命活动对能量的要求。从这个意义上说，农业生产的实质是人类栽培、利用绿色植物来转化和贮存太阳能，从而获得自身所需能量的过程。正因为如此，一般将以绿色植物为生产对象的种植业称为初级生产或第一性生产，而将不能直接利用日光能为生命活动能源的养殖业称为次级生产或第二性生产。换句话说，养殖业要以种植业为基础，这是农业生产本质决定的。

(二) 农业生产的特点 农业生产是通过生物的生命活动来进行的。生物在农业生产中的共同特点是，有机体本身既是生产工具，又是农业产品。有机体的生长发育过程就是农产品生产过程。动植物生命活动进行得旺盛与否，既决定于其本身的遗传特性，也受其生活环境条件的深刻影响。农业生产过程必须受生物学规律的支配，这是它的首要特点。

植物的基本生活条件，除了上面说过的光以外，还有热量、水分、养料和空气等。在这些条件中，光和热来自太阳，水分和养料主要靠土壤供给。太阳辐射到达地面的光和热，随地理纬度、海拔高度以及季节而有不同，不同地区的土壤更是千差万别，因而生长在不同地区和季节里的绿色植物及依赖绿色植物为生的动物必然是形形色色，种类繁多。也就是说农业生产有强烈的地域性和季节性，必须因地制宜，不违农时，这是它的另一重要特点。

农业生产还有连续性的特点，不能任意中断。生物都有一定的生活周期，在生活周期内又有不同的生长发育时期，前一个周期或时期的生长发育是后一个周期或时期的基础，

农业技术措施既要符合动植物当时生长发育的要求,又要为以后的生长发育创造有利条件。农业对土地的利用不能只求当季、当年增产,也不能不问下季和来年产量高低。只有把用地与养地结合起来才能使地力维持不衰,甚至越种越肥,从而不断生产出各种农产品。

农业生产是综合性生产。绿色植物合成的有机物质和贮存的能量被人类直接利用的往往只是其中一部分,而其它部分或者不能直接利用,或者直接利用很不经济。动物可以利用人类不能直接利用的有机物质及其能量,并将其转变成极有价值的动物性产品,同时还可为种植业提供有机肥料和动力。养殖业以种植业为基础,反过来又促进种植业的发展,它们是农业生产中两个紧密联系而不可分割的部门。森林除了贮存日光能及合成有机质供人类生活、生产的直接需要以外,还有调节气候、涵养水源、防风固沙、保持水土、吸收灰尘、减低噪音、美化环境等作用,为人类生活、生产提供适宜的环境。所以,林业也是农业生产中不可缺少的一个部门。农林牧结合,综合发展,可以起到相互促进的作用。

总之,农业是人类通过社会活动,利用自然环境条件,借助生物生命活动,来取得人类所需产品的生产。没有人类参加社会劳动,野生生物在自然环境条件下进行生长发育,只是生命物质的自然再生产过程。人类通过栽培作物和饲养动物,一方面脱离不开生物的自然再生产过程,另一方面又增加了社会经济因素,即需要有经济能量和经济物质的投入,这又是经济再生产过程。因此,农业生产最根本的特点是自然再生产和经济再生产相结合的生产,只有同时根据生物学规律和经济规律组织农业生产,才能取得高产、优质、低消耗的效果。

(三) 农业生产是一个生态经济系统 生态系统是指一定地域内生物群落与环境因素之间、生物与生物之间相互作用,并产生能量交换和物质循环的具有一定生态学功能的统一体。它包括有生命成分和无生命成分两大部分。有生命部分由生物个体、种群、群落所组成。无生命部分由环境中影响有机体的所有物质和能量所组成。各种生态系统都有自己特有的组成和结构,因而也发挥着特定的生态功能。生态系统中的物质经常在循环,而能量则处于不断转化和消耗之中,从生产者(绿色植物)、消费者(动物)到分解者(微生物)逐级单向流动,这是生态系统的基本规律(图0-1)。

人类是生态系统中最活跃、最积极的因素,他经常按自己的需要对自然生态系统进行各种干预和影响。农业生态系统就是人类以农业生产为目的,对自然生态系统不断干预的结果。它是农业生物及其所处无机环境构成的具有特定物质循环与能量转化功能的生态系统。

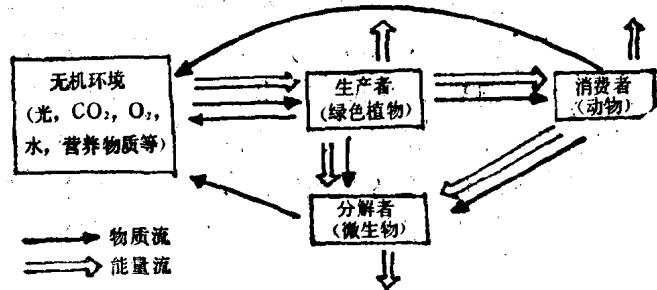


图 0-1 生态系统构成要素示意图 (都留信也)

与自然生态系统相比,农业生态系统有自己明显的特点。第一,农业生态系统的结构比较简单,系统的稳定性较差,这主要是由于人类种植作物和饲养动物往往仅以符合自身需要为目的而造成的。第二,农业生态系统的输出主要以产品形式运出系统以外,因而开放性较强,要维持生态系统平衡,必须伴随农产品及其商品率的提高而输入相应的物质和能量。第三,农业生态系统是在人的干预下形成的,干预就意味着消耗辅助能量,随着干预程度的加强,辅助能量消耗也不断增多。

农业生态系统的水平结构边界可以很不相同,从个别田地到整个生产单位,从某一特定作物种植区到地区性、全国性、以至世界性的各种不同范围。农业生态系统的垂直结构边界却有较严密的限制,它把所有等级的生物因素,都包括在生态系统以内,而将经济因素作为环境,安排在系统的边界之外。因此,对于农业生产这个复杂的系统来说,作为生态系统来研究,一般并不涉及人类社会经济关系,这样有利于深入了解其中的生态关系。但是,作为自然再生产和经济再生产相结合的生产部门来研究,则必须同时考虑生态因素和经济因素,而将它看作一个农业生态经济系统,才更接近于农业生产实际。

二、农业现代化

农业的发展历史,大体上经历了原始农业、传统农业和现代农业三个阶段。原始农业大约形成于新石器时期,最初只是利用木、石器一类最简单的工具,进行最原始的种植业和养殖业,主要是适应和利用自然,而改造自然的能力很小。原始农业的重要贡献是对野生动植物的驯化,今天常见的一些作物和畜禽种类,就是经过人类祖先驯化演进而来的。

传统农业是在原始农业积累的生产经验基础上,随着金属工具的出现而发展起来的,特别是铁制农具和役畜的应用,使农业生产进入了一个新的阶段。这个过程,在欧洲始于希腊罗马的奴隶社会时期,在我国始于春秋战国或秦汉时代。这一阶段的农业技术,已由广种薄收逐步过渡到精耕细作,懂得了用浇水、施肥等方法来补充作物所需要的水分和养分,用休闲、换茬等措施来调节地力。

传统农业是以手工工具、人畜力和自然肥料为基础的,物质和能量主要是在系统内部循环和转化,属于半封闭式的农业生态系统,比较容易维持生态平衡。但是,传统农业的生产规模小,劳动生产率低,缺乏社会分工,产品商品率低,基本上是自给自足的自然经济,不能供养更多的人口来发展工业、服务业和文化教育事业。

18世纪下半叶开始的产业革命,不仅迅速推动了主要资本主义国家的工业化,而且也促使传统农业开始向现代农业转化。世界各国由于历史条件不同,目前所处的农业发展阶段也不一致。一些经济发达国家已进入了现代农业阶段,而多数发展中国家仍然处在传统农业阶段。我国正经历着从传统农业向现代农业转变的过程。从已经实现了农业现代化的国家来看,现代农业一般具有生产工具机械化、生产技术科学化和生产组织社会化等基本特征。应该指出,现代农业是个相对概念,它本身是随着科学技术不断进步而继续发展的。

由于自然条件、社会制度和经济发展水平的不同,世界各国实现农业现代化的具体方

法尽管各有特点，但也有一些共同的经验，这就是：重视智力投资，大力发展农业教育、科学研究和技术推广事业；运用经济和立法手段，从投资、信贷、税收和价格等方面保护农业经营者的利益；从土地、种子、水土保持和环境保护等方面促进农业的不断发展；调整农业生产结构，充分而合理的利用各种农业资源，建立协调的农业生态系统；从各自的国情出发，采取适当的途径和步骤，对原有的农业技术和管理体制进行不断的改革，使农业生物技术和农业工程技术协调发展，产、供、销各环节和农、工、商各部门密切配合；加强农业发展战略和发展预测的研究，为制定农业发展规划和主要的农业发展决策提供科学依据，如此等等。

发达国家在取得农业现代化成功经验的同时，也出现了能源消耗多、投资大、产品价格上涨、失业人口增加、城市人口膨胀以及环境污染等一系列问题。我国在实现农业现代化过程中，应该从自己的实际情况出发，吸取先进国家的成功经验，避免重复他们的错误，充分发挥科学技术这个生产力作用，走出适合我国国情特点的农业现代化道路。

三、农学基础课程的任务和内容

农学是研究农业生产理论和实践的学科。广义的农业生产包括农（种植业）、林、牧、副、渔各业。狭义的农业生产是指作物种植业。作物种植业主要是露天生产，分布地域辽阔，自然条件和生产条件十分复杂，应是农业机械化的重点对象。因此，本门课程以大田作物种植为主要研究对象，任务是使学生掌握一定的农学基本原理和基本知识，并具有必需的农学基本技能，以便正确地运用机械工程技术为我国农业现代化服务。

本课程围绕土壤、耕作和作物三大部分，讨论有关作物种植的基本理论和技术。

土壤是农业生态系统的重要组成部分，也是作物生长发育的重要环境条件，与作物种植的关系十分密切；种植作物采用的技术措施和农业机械，既受土壤性状的制约，也对土壤产生一定的影响。有关土壤的主要内容有：土壤形成；土壤有机质和矿物质；土壤水；土壤结构；土壤化学性质；土壤物理性状及物理机械性；以及我国的主要土壤。

耕作是指作物栽培技术的实际作业过程。它包括作物种植过程中一般的田间作业，例如，土壤耕作、播种、施肥、有害生物的防治等。这些作业彼此联系，相互补充，直接或间接影响作物的生长发育，构成统一的耕作制度，对农田生态系统进行有效的调节和管理。

作物是农业生态系统的第一性生产者，系统的生产力首先决定于作物产量。作物的生长发育特性有彼此相同的共性，又有各自特有的个性，反应在栽培技术上，既有相似性，也有差异性。因此，除在耕作部分对类似的栽培技术作讨论外，还有必要对不同作物特有的生长发育特性及相应的栽培技术作适当的介绍。

农学理论来源于农业生产实践，反过来又在农业生产实践中起指导作用。农业机械化工作者服务的对象是农业生产，只有掌握农业科学有关的基本原理和方法，了解农业生产的概况、特点及一般生产过程，熟悉各种主要农事作业的技术要求及其依据，并在鉴别、

分析与本专业有关的土壤、作物的理化性质方面具有一般的操作技能，才能正确地运用专业知识，在农业生产实践中发挥应有的作用。

主要参考文献

- 〔1〕北京农业大学主编，《耕作学》，农业出版社，1981年。
- 〔2〕浙江农业大学主编，《耕作学》（南方本），上海科学技术出版社，1984年。
- 〔3〕徐冠仁等著，《现代科学技术与农业现代化》，知识出版社，1982年。
- 〔4〕中国社会科学院经济研究所编，《生态经济问题研究》，上海人民出版社，1985年。
- 〔5〕George W. Cox et al, Agricultural Ecology, 1979.

（杨生华 编）

第一部分

第一章 土壤及其基本组成

土壤是农业生态系统的重要组成部分，是农业生产的基础。合理地利用土壤资源，充分发挥土壤的生产潜力，使土壤能为人类创造多更出的物质财富，是农业科学的重要任务。

第一节 土壤的形成及物质组成

一、土壤和土壤肥力的概念

土壤是地球陆地上能够生产植物收获物的疏松表层，它之所以能够生长植物，是因为它具有肥力的缘故。土壤肥力，是指土壤能够同时地、不断地供应和调节植物生长发育所必需的水分、养料、空气和热量等生活因素的能力。因此，一般将水、肥、气、热等物质因素和能量条件称为土壤肥力因素。肥力是土壤的本质特征，是土壤物理、化学、生物学等性质的综合反映。在土壤中，各种肥力因素不是孤立地存在，而是相互联系和相互制约的。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相互协调状态。最适宜于植物生长发育的土壤营养条件和环境条件，既要求各个肥力因素都同时存在，也要求它们经常处于相互协调的状态。

从理论上说，土壤肥力可以分为自然肥力和人为肥力。自然肥力是指单纯受自然因素的影响而形成的土壤肥力，是自然成土过程的产物。人为肥力是人类生产活动而创造出来的土壤肥力，是耕种、施肥、改良土壤等农业技术措施作用的结果，是土壤熟化过程和人为劳动的产物。自然肥力只存在于原始森林和未开垦的荒地中，而在农业土壤里，既保留了自然肥力的影响，又存在着人为肥力，这两种肥力在生产上实际是很难加以区分的。其中能产生经济效益的土壤肥力又称为有效肥力，暂时不能发挥经济效益的土壤肥力则称为潜在肥力。优良的农业技术措施，可以将潜在肥力迅速地转化为有效肥力，使土壤肥力充分发挥经济效益。而不良的耕作方法则可能破坏土壤肥力诸因素的相互协调状态，引起土壤肥力下降。

应当指出，土壤肥力并不等于土壤生产力。土壤生产力是指在特定的耕作制度下，土壤能够生产某种或某些作物的能力。土壤生产力可用作物产量来衡量，它决定于土壤本身

的肥力属性和发挥肥力作用的外界条件。从这个角度看，肥力只是土壤生产力的基础，而不是土壤生产力的全部。肥力水平基本相同的土壤，如果处在环境条件和栽培条件截然不同的两个地区，其生产力也可能很不一样。所以，为了提高土壤生产力，使农业持续高产，除不断培肥、改良土壤之外，还应该改善土壤环境条件和提高栽培技术水平。

二、土壤形成

土壤肥力是土壤的本质属性，所以土壤的形成和发展过程，也是土壤肥力的发生发展过程。

自然土壤是在母质、地形、气候、生物和时间等五大自然因素综合作用下，通过岩石风化过程和成土过程而形成的。它是一个独立的自然体，具有自己发生发展的历史，是一种历史自然体。在地球形成初期，地球表面都是大块而坚硬的岩石。这些岩石是由一种或几种矿物组成的。不同的岩石，其矿物组成和性质都不一样，在阳光、水分、二氧化碳、氧气等自然因素的长期综合作用下，它们会逐渐崩裂、破碎、变形或溶解，不断地改变形状、大小、结晶构造和化学组成，最终形成疏松细碎的风化产物。岩石发生物理的、化学的和生物化学的变化过程称为岩石风化过程。岩石风化的产物是形成土壤的基本物质，所以称为成土母质或母质。保留在原地的母质称为残积物，受水力、风力、冰川和重力等自然力的作用而被搬运到其它地方的母质，分别称为洪积物、冲积物、湖积物、海积物、风积物、冰积物和坡积物等。

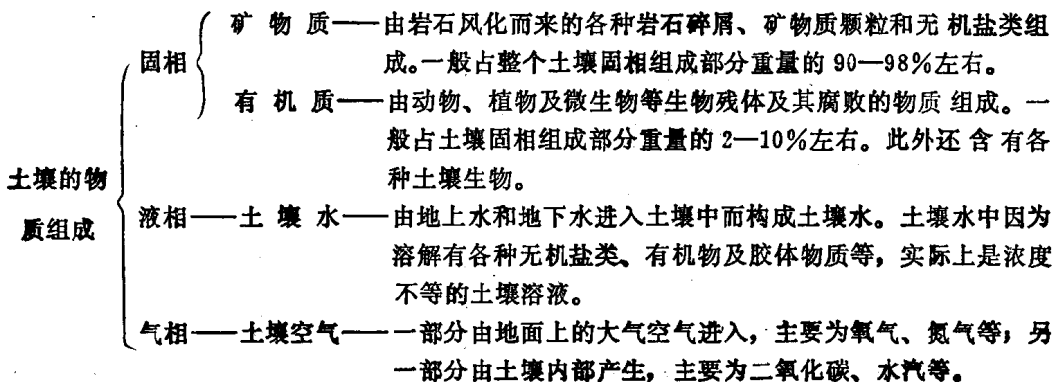
母质的特性和岩石有很大区别。母质细碎，具有一定的通气性、透水性和蓄水能力，同时还含有少量的钙、铁、镁、钾、磷等生物可直接吸收利用的矿物质营养元素。但是母质吸收和保持营养元素的能力极不稳定，在水的淋洗作用下，这些可溶性的矿质营养元素极易流失，因此不能集中地保蓄在表层供植物根系吸收利用。同时母质中也不含氮素，肥力因素中的养分因素仍不完善，因而还不能生长高等植物，所以母质还不是土壤，必须经历一个成土过程才能转变为土壤。

母质在生物、气候、地形、时间等各种成土因素综合作用下而演变为土壤的全过程称为土壤形成过程，简称成土过程。原始的成土过程是在化能自养型细菌等微生物和地衣、藻类等低等植物定居在母质上之后才开始进行的。自养型细菌借助于无机物发生氧化反应所产生的能量而同化二氧化碳，合成自身的有机体。固氮细菌则利用母质中的矿质营养元素和固定大气中的氮素，构成自身的细胞。这些微生物和低等植物死亡、分解之后，把氮素和矿质元素又释放出来，绿色植物则利用这些营养元素，通过光合作用，将无机物质转化为有机物质，将光能转变成潜藏的化学能。随着生物量的增加，各种营养元素和能量也将逐渐地集积在母质的表层，这样，母质中就积累和保存了植物生长发育所必需的全部营养元素，并具备了全部肥力因素，于是母质也就发展成为土壤。由此可见，土壤形成过程是在母质的基础上，以生物为主导因素，有机质不断合成和分解，营养元素不断地集中和积累，从而使土壤肥力因素不断完备的过程。

农业土壤是在自然土壤的基础上，通过人类利用、改良土壤以后才发展起来的。它不仅受五大自然成土因素的影响，而且受人类生产活动的强烈作用。在人为因素的作用下，土壤肥力不断提高的过程称为土壤熟化过程。农业土壤是在自然成土因素和人为因素共同作用下，由自然成土过程和人工熟化过程相互影响而形成的。因此，自然土壤具有自身发生发展的过程，是一种历史自然体，而农业土壤不仅是历史自然体，而且是人类劳动的产物。

三、土壤的基本物质组成

无论是自然土壤或农业土壤，其基本物质组成都是由固体、液体和气体等三相物质组成的。其中，固相物质包括矿物质和有机物质两大类。液相物质主要是指土壤水和含有各种可溶性盐类的土壤溶液。气相物质是指土壤空气。因此，从土壤的基本物质组成来看，土壤是一个多相系统。该系统的物质组成可归纳如下：



一般土壤的有机质含量不高，其含量常在10%以下，即土壤的物质组成多以矿物质成分为主，所以常将有机质含量水于10%的土壤称为矿质土壤或无机土壤。相反的，泥炭土等有机质含量高达70—80%以上的土壤称为有机质土。矿质土壤的面积比有机质土的面积大得多。同是矿质土壤，其有机质含量相差也很大。肥沃土壤的有机质含量常在2.5%以上，而许多砂土及受严重侵蚀的瘠薄土壤，其有机质含量可低至千分之几。土壤组成中的水分、空气的容积总共约占土体总容积的50%左右，因为它们同时并存于土壤孔隙中，故此一切影响土壤孔隙度的因素，都将对水、气含量产生强烈的影响。在土壤组成中，还应该注意土壤中的生物组成，尤其是土壤微生物的组成，因为土壤中微生物的数量特别多，1克土中往往含有几亿甚至几十亿个微生物，而土壤养分的转化与微生物的类型及生命活动有密切关系。土壤中的固、液、气三相物质紧密地联系在一起，共同组成一个多相的、疏松多孔的土壤整体。

第二节 土壤矿物质

一、矿物质土粒的分级

(一) 土壤颗粒的粗细分级 土壤的固相部分称为土壤颗粒，简称土粒。土粒由矿物质和有机质两种物质组成，两者紧密结合，构成土壤的“骨骼”和“肌肉”，共同影响土壤的物理、化学、物理机械和生物学性质，从而影响土壤的肥力及其农业生产性状。

绝大多数农业土壤都是矿质土壤，其土粒成分，90%以上是矿物质，所以又将这些土粒称为矿物质土粒。矿物质土粒的大小范围变化很大，最小的颗粒直径可小于 10^{-4} mm，而大的颗粒直径可以大于3mm，粗细颗粒的直径相差几千甚至几万倍。土壤颗粒的大小不同，其矿物组成、化学组成和物理、化学、力学等性质相差很大，因此粒径不同的土壤颗粒，可以形成性质各异的土壤，反之，不同的土壤，其粗细土粒的含量也不一样。为了掌握不同土壤各种性质的变化规律，就需要对土壤颗粒进行分级。

土壤颗粒的分级，通常是根椐矿物质颗粒的单粒大小来划分的。分级的方法是将矿物组成、化学组成、物理和物理机械性质以及化学性质都大致近似的土粒归并成一组，或划分在同一级内，称为土壤粒级或粒组。用各种分析仪器，测定出各级土粒在土壤中的含量，以测知土壤颗粒的组成，这种测定方法称为土壤颗粒分析，或称粒径分析。

各国有不同的土壤颗粒分级标准。许多土壤学文献中常用的是国际制和美国制的分级标准，我国多采用苏联的H. A. 卡钦斯基分级标准。1978年，中国科学院南京土壤研究所等单位，椐我国各类土壤的性质及其生产特点，结合群众对土壤质地分类的经验，提出我国土壤颗粒分级标准(表1-1)。

一般来说，世界各国所制定的土壤颗粒分级标准(表1-2)是相似的，都把土壤颗粒划分为石砾、砂粒、粉(砂)粒和粘粒等四组粒级。进一步细分时，则按土粒的粒径及各

表 1-1 我国土壤颗粒分级标准
(南京土壤研究所等)

颗 粒 名 称		颗 粒 粒 径 (mm)	
石	块	>10	
石	砾	粗 砾	10-3
		细 砾	3-1
砂	粒	粗 砂	1-0.25
		细 砂	0.25-0.05
粉	粒	粗 粉	0.05-0.01
		细 粉	0.01-0.005
粘	粒	粗 粘	0.005-0.001
		细 粘	<0.001

表 1-2 土壤颗粒分级标准

国际制		美国制		日本农学会制		H.A.卡钦斯基制 (1957年)		简化分级			
粒级名称	颗粒直径 (mm)	粒级名称	颗粒直径 (mm)	粒级名称	颗粒直径 (mm)	粒级名称	颗粒直径 (mm)				
粗砂	大石砾	20—6	石块	> 3	石砾	> 2	石块	> 3	} >0.01mm 称为物理性砂粒		
	小石砾	6—2	粗砾	3—2			小圆砾	3—1			
砂粒	粗砂粒	2—0.6	砂	极粗砂粒 (细砾)	2—1	粗砂粒	2—0.25	砂粒		粗	1—0.5
	细砂粒	0.6—0.2		粗砂	1—0.5		中			0.5—0.25	
	极细砂粒	0.2—0.06		中砂	0.5—0.25		细			0.25—0.05	
				细砂	0.25—0.10		极细砂			0.1—0.05	
粉粒	砂粉粒	0.06—0.02	粉(砂)粒	0.05—0.002	粉(砂)粒	0.05—0.01		粉粒		粗	0.05—0.01
	中粉粒	0.02—0.006								中	0.01—0.005
	细粉粒	0.006—0.002								细	0.005—0.001
粘粒	粘粒	<0.002	粘粒	<0.002	粘粒	<0.01		泥粒		粗	0.001—0.0005
	胶粒	<0.0002							胶体	<0.0001	

种性质的近似程度，再划分出各种级别。各国的土壤颗粒分级标准不同之处，主要在粒级的细分级这个项目中。例如，美国制对砂粒的划分很细致，将其分为五级，而 H. A. 卡钦斯基分级制和国际制相似，对砂粒、粉粒两组粒级均细分为三级。南京土壤研究所推荐的分级标准在细分程度上居中，而最简单的是日本农学会制。

在实际应用中，我国许多学者习惯采用苏联 H. A. 卡钦斯基的简化分级方案，即将粒径小于 3mm 的各粒级合并为两类；大于 0.01mm 的颗粒统称为物理性砂粒，小于 0.01mm 的颗粒统称为物理性粘粒。据研究，粒径大于 0.01mm 的粒级一般无可塑性和胀缩性，其吸湿力、保肥力和粘结力等都很微弱，但具有较大的透水性能。而粒径小于 0.01mm 的颗粒，其透水性虽较差，但吸湿力、保肥力、粘结力、胀缩性和可塑性等性质却非常明显。因此，人们认为以 0.01mm 粒径作为划分物理性砂粒和物理性粘粒的分界线是有科学依据的。通过颗粒分析，测出土壤中小于 0.01mm 物理性粘粒的含量，就可以按照 H. A. 卡

表 1-3 各级土粒的矿物组成

粒级名称	土粒直径 (mm)	矿物种类及其含量 (占粒级重量的%)						总计
		石英	长石	云母	角闪石	其他矿物		
粗砂	1—0.25	86	14	—	—	—	100	
	0.25—0.05	81	12	—	4	3	100	
粗粉	0.05—0.01	72	15	7	2	4	100	
	0.01—0.005	63	8	21	5	3	100	
粘粒	<0.005	10	10	67	7	6	100	

钦斯基制定的土壤质地分类标准，确定被测土壤的质地名称。

(二) 土壤颗粒分级的依据

1. 各级土粒的矿物组成和化学组成 由于岩石的矿物组成和化学组成不同，抵抗各种风化作用的能力亦异，因此，风化以后就形成粒径不同的各级土粒。同一粒级的土壤颗粒，具有相似的矿物组成和化学组成。例如砂粒

(1—0.05mm) 的矿物组成以石英为主，而粘粒 (<0.005mm) 的土粒则以云母及次生铝硅酸盐类矿物居多 (表 1—3、图 1—1)。

从表 1—3 中及图 1—1 中可以看出：粒径愈大的土粒，原生硅酸盐矿物含量愈高。随着土粒变细，石英含量逐渐减少，次生铝硅酸盐矿物含量增多。此外，同一粒级的土壤颗粒，其化学组成也很相似。例如，砂粒中二氧化硅含量很高，但粘粒中的二氧化硅含量却明显减少，而含铁铝三氧化物和钙、镁、钾、磷的氧化物的量却比砂粒粒级高得多 (表 1—4)。

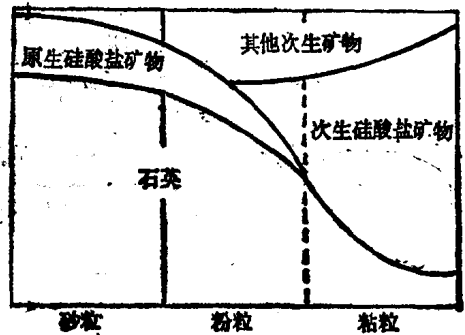


图 1—1 土粒大小与矿物组成的关系 (引自 N. C. Brady, 1980 年)

表 1—4 不同粒级土粒的化学组成 (%)

土壤名称	粒级名称	粒级直径 (mm)	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O+Na ₂ O	CO ₂
非石灰性土壤	粗、中砂粒	1—0.2	93.9	2.8	0.4	0.6	0.05	0.8	0
		0.2—0.04	94.0	3.2	0.5	0.1	0.1	1.5	0
	粗、细粉粒	0.04—0.01	89.4	6.6	0.8	0.3	0.2	2.3	0
		0.01—0.002	74.2	18.3	1.6	0.3	0.1	4.2	0
	粘粒	<0.002	53.2	34.7	1.6	1.0	0.4	4.9	0
石灰性土壤	细砂粒	0.25—0.05	84.3	8.3	3.2	0.6	未测	未测	2.5
	粗、中粉粒	0.05—0.01	79.7	10.3	3.3	0.6	未测	未测	2.1
		0.01—0.005	62.2	17.3	7.6	2.0	0.2	5.0	5.3
	细粉粒	0.005—0.001	42.7	24.6	12.7	3.1	未测	未测	9.5
	粘粒	<0.001	39.0	29.9	14.1	5.1	0.3	6.0	10.1

由表 1—4 还可以看出：(1) 二氧化硅含量随着土粒变细而逐渐减少，相反，铝、铁三氧化物和钙、镁、钾、磷等氧化物的含量却随土粒变细而愈来愈多。(2) 硅、铝、铁、氧是土壤中含有最多的四种元素，占土粒重量的 90—95%，然而可以作为植物养料的钾、磷等元素的含量却极少。

2. 各级土粒的物理性质及化学性质 同一粒级的土壤颗粒，具有相似的物理性质和化学性质。从物理性质看，大于 0.05mm 的砂粒，颗粒直径大，粒间孔隙粗，具有通气性能好，透水能力强，毛管水上升高度低等特点。其次，砂粒直径大，单位体积的表面积小，表面能小，不但土粒之间相互吸引的能力弱，而且对其它物质的吸持力也弱，所以显

现出土壤松散，易于耕耙，保水力差，易遭干旱，胀缩性小，无可塑性等性状。粒径小于0.01mm的物理性粘粒，随着粒径逐渐变小，其比表面积和表面能都显著增大，含带电的颗粒也增多，土壤颗粒的分子引力和静电引力都很强，因此，湿时易吸水膨胀，干时易于收缩，持水量高，可塑性也大（表1—5）。同时土壤颗粒越小，粒间孔隙越细，土粒排列越紧密，土壤的通气 and 透水性能也越差。从化学性质来说，由于分子引力、静电引力和表面能等随颗粒大小的变化而显著不同，因此，粒径大的粒级几乎没有吸附钙、镁、钾、铵等离子态养料的能力，只有当颗粒小于0.01—0.005mm时，才显现出微弱的吸附力，而小于0.001mm的粘粒，对养料的吸附能力则很强。

表 1—5 各级大小土粒的一些物理性质

土粒大小 (mm)	最大分子 持水量(%)	毛管水上升高度 (cm)	渗水系数 (cm/sec)	膨胀(对最初容 积%)	可 塑 性	
					上 限	下 限
3—2	0.2	0	0.5	—	不 可 塑	
2.0—1.5	0.7	1.5—3.0	0.2	—	不 可 塑	
1.5—1.0	0.8	4.8	0.12	—	不 可 塑	
1.0—0.5	0.9	8.7	0.072	—	不 可 塑	
0.5—0.25	1.0	20—27	0.056	0	不 可 塑	
0.25—0.10	1.1	50	0.030	5	不 可 塑	
0.10—0.05	2.2	91	0.005	6	不 可 塑	
0.05—0.01	3.1	200	0.004	16	不 可 塑	
0.01—0.005	15.9	—	—	105	40	28
0.005—0.001	31.0	—	—	160	48	30
<0.001	—	—	—	405	87	34

二、土壤矿物质

(一) 原生矿物 土壤中的矿物质主要包括有原生矿物、次生矿物及无机盐类。原生矿物是直接由熔岩凝结和结晶而形成的原始矿物，是岩石组成中原来含有的矿物。在岩石风化过程和成土过程中，原生矿物只发生了形状、大小等物理性状的变化，其结晶构造和化学组成则没有改变，所以由原生矿物组成的土壤颗粒都比较粗。直径在0.001mm以上的土壤颗粒，绝大部分是由原生矿物组成的。土壤中常见的原生矿物如表1—6所示。在这些矿物中，石英硬度最大，最难分解，是土壤中普遍存在的原生矿物，是粗土粒的主要成分，它不含植物养料。长石、白云母也不易分解，在土壤中分布亦较普遍。辉石、角闪石、黑云母等易分解，形成细小的土壤颗粒，是土壤中磷、钾、钙、镁、铁等作物营养元素的潜在来源。从硬度来看，除云母类矿物外，其它原生矿物的硬度都相当高，是造成农业机械行走系统及作业部件被磨损的主要因素，尤其是石英和正长石，它们是磨损农机具的主要原生矿物。

(二) 次生矿物 次生矿物是指岩石在风化过程和成土过程中，由原生矿物进一步风化后再重新形成的矿物。它和原生矿物相比，除在化学组成及结晶构造上不同以外，主要