

全国高等农业院校试用教材

# 农学基础

北京农业机械化学院主编

农业机械化专业用

农业出版社

全国高等农业院校试用教材

# 农 学 基 础

北京农业机械化学院主编

农业机械化专业适用

农 业 出 版 社

主 编 杨生华 (华北农业机械化学院)  
副 主 编 张太白 (云南农业大学)  
编写人员 巴恒修 (华北农学院) 陈翠蓉 (山东农学院)  
宋荣霄 (华北农业机械化学院) 张秀羽 (黑龙江农垦大学)  
张祥镜 (西南农学院) 戚经文 (华南农学院)  
鲁纯养 (华北农业机械化学院) 廖植樾 (华北农业机械化学院)  
魏守仪 (华北农业机械化学院) (按姓氏笔划排列)  
审稿人员 王明尧 (国营友谊农场) (特邀) 姜国干 (华北农业机械化学院) (特邀)  
张缔庆 (华北农业机械化学院) (特邀)

全国高等农业院校试用教材

## 农 学 基 础

北京农业机械化学院主编

农业出版社出版 (北京朝内大街 130 号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 16.25印张 385千字

1980年5月第1版 1981年7月北京第2次印刷

印数 6,501—15,900册

统一书号 16144·2065 定价 1.65 元

## 编写说明

这本《农学基础》是为高等农业院校农业机械化专业新编的试用教材。全书分三篇，共十七章，包括土壤学、耕作学和作物栽培学三大部分。内容以本学科系统为主，结合农业机械化专业要求，对土壤学、耕作学的基本原理和方法，以及作物栽培学中七个主要作物的栽培技术及其理论基础，作了比较系统的介绍。教材针对农业机械化专业，加强了相应的基本理论和基本知识，重点阐述了我国农业生产的特点、现状及大田作物生产技术，并对国内外有关的农业科学技术先进成就有所反映，以便为进一步学好专业课和今后从事专业工作打下基础。

教材中的绪论、土壤学、耕作学等部分，各院校可基本统一使用。作物栽培学部分的七种作物，是我国种植面积较大、在国民经济中地位比较重要的作物，从机械化生产角度考虑，也是具有较大特点的不同类型作物。各院校可根据所在地区的具体情况，分别选用当地几种主要作物讲授。

本教材在编写和审稿过程中，得到兄弟院校的帮助和支持，对此表示感谢。由于编写时间短促，内容可能有错误和不当之处，希望有关院校在教学实践中，提出宝贵意见，以便修订时改正。

编者

1979年1月

# 目 录

绪 论 .....	1
-----------	---

## 第一篇 土壤学

第 一 章 土壤矿物质和有机质 .....	6
第一节 土壤矿物质 .....	7
第二节 土壤颗粒 .....	10
第三节 土壤有机质 .....	15
第 二 章 土壤水分、空气和热量状况 .....	19
第一节 土壤水类型及持水量 .....	19
第二节 土壤含水量的表示方法 .....	22
第三节 土壤水分的有效性 .....	25
第四节 土壤水分的消耗及其与耕作的关系 .....	27
第五节 土壤空气 .....	30
第六节 土壤热量状况 .....	32
第 三 章 土壤理化性质及土壤结构 .....	33
第一节 土壤吸收性能 .....	33
第二节 土壤溶液 .....	36
第三节 土壤比重、容重及孔隙度 .....	37
第四节 土壤结构 .....	41
第 四 章 土壤的物理机械性质 .....	47
第一节 土壤塑性 .....	47
第二节 土壤粘结性 .....	50
第三节 土壤粘着性 .....	52
第四节 土壤压实 .....	54
第五节 土壤耕性 .....	56
第 五 章 肥沃土壤的特征特性 .....	61
第一节 旱地肥沃土壤的特征特性 .....	61
第二节 肥沃水稻土的特征特性 .....	63

## 第二篇 耕作学

第 六 章 土壤耕作 .....	67
第一节 土壤耕作的基本原理 .....	67
第二节 土壤耕作制 .....	76
第三节 精耕细作和免耕法 .....	82
第 七 章 种子和播种 .....	85

第一节	种子及品种 .....	85
第二节	种子的物理性质与清选 .....	87
第三节	播种 .....	90
<b>第八章</b>	<b>肥料与施肥</b> .....	<b>95</b>
第一节	肥料对提高作物产量的重要作用 .....	95
第二节	有机肥料 .....	97
第三节	化学肥料 .....	100
第四节	细菌肥料的特性与使用 .....	103
第五节	施肥方法 .....	104
<b>第九章</b>	<b>作物病虫害及杂草的防除</b> .....	<b>108</b>
第一节	作物病害 .....	108
第二节	作物虫害 .....	110
第三节	农田杂草 .....	112
第四节	作物病、虫和杂草的防除 .....	116
第五节	农药的主要剂型和使用方法 .....	121
<b>第十章</b>	<b>耕作制度</b> .....	<b>123</b>
第一节	耕作制度及其形成和变革 .....	123
第二节	轮作 .....	125
第三节	复种 .....	128
第四节	间作套种 .....	129
第五节	我国各地的耕作制度 .....	132

### 第三篇 作物栽培

<b>第十一章</b>	<b>水稻</b> .....	<b>135</b>
第一节	生产概况 .....	135
第二节	生物学基础 .....	137
第三节	主要栽培技术及机械化 .....	142
第四节	直播稻的主要栽培技术 .....	152
<b>第十二章</b>	<b>小麦</b> .....	<b>155</b>
第一节	生产概况 .....	155
第二节	生长发育的一般规律 .....	156
第三节	栽培技术 .....	164
第四节	春小麦栽培特点 .....	174
<b>第十三章</b>	<b>玉米</b> .....	<b>176</b>
第一节	生产概况 .....	176
第二节	生物学基础 .....	177
第三节	栽培技术 .....	182
<b>第十四章</b>	<b>甘薯</b> .....	<b>190</b>
第一节	生产概况 .....	190
第二节	形态特征和生物学特性 .....	191
第三节	栽培技术 .....	195

---

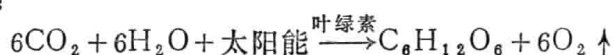
第四节	贮藏 .....	202
第十五章	棉花 .....	206
第一节	概述 .....	206
第二节	生物学基础 .....	208
第三节	栽培技术 .....	215
第四节	棉花育苗移栽要点 .....	226
第十六章	大豆 .....	228
第一节	生产概况 .....	228
第二节	生物学基础 .....	229
第三节	栽培技术及其机械化 .....	233
第十七章	甘蔗 .....	239
第一节	概述 .....	239
第二节	生物学基础 .....	240
第三节	栽培技术 .....	246
第四节	宿根甘蔗栽培要点 .....	252

# 绪 论

## 一、农业生产的分析

农业是人类生活资料的主要来源，是人们能够进行各种生产活动和社会活动的先决条件。正如马克思所说：“生活资料的生产是他们生存和一切生产广泛说来最为必要的条件”<sup>①</sup>。如果没有农业生产为人类提供生活资料，也就谈不上进行生产活动和其他社会活动，科学文化教育事业更无从谈起。

人类生活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他食物中获得，而食物中的能量，归根到底是绿色植物转化太阳能的结果。绿色植物依靠它本身的叶绿素，吸收太阳中的光能，通过光合作用，把它从空气中吸收来的二氧化碳和从土壤中吸收来的水分等无机物质转化成有机物质，同时将光能转变成化学能，贮积在有机物质里。根据研究，绿色植物在光合作用过程中，每转化一个克原子的碳素为碳水化合物，大约需要把112,000余卡的太阳能转化为有机物质中的化学能。合成一个最简单的碳水化合物葡萄糖分子，就贮积了674,000卡的能量。这一过程，一般用以下方程式表示：



这一方程式表明，在光合作用过程中，绿色植物把太阳能转化、贮存到它所形成的有机物质中了。贮存于各种有机物质中的能量，在人类或其他动物的消化过程中，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，农业生产的本质就是人类栽培、利用绿色植物来转化和贮积太阳能，从而获得自身所需要能量的过程。

农业是综合性的生产，包括种植业和养殖业两大部门。在种植业里，又包括作物栽培、植树造林和园艺栽培等；在养殖业里，又包括畜牧业、渔业和养蚕业等；此外，农村经营的副业，也属于农业生产范围。所以，广义的农业包括农、林、牧、副、渔五个部门。狭义的农业，一般是指作物栽培这一农业中最主要的生产部门。在作物生产中，粮食生产又占有特别重要的地位，只有粮食生产得到发展，人民的生活才有基本保证，社会主义建设事业才能够顺利地向前发展。

但是，绿色植物转化、贮积在粮食和油料等有机物质中的太阳能，人类只能直接利用其中一部分，如小麦、水稻、玉米的籽粒，甘薯的块根等等；而另一部分，如茎秆、麸糠等副产物则要通过动物食用后，才能转变成对人类有较高经济价值的产品，如皮、毛、肉、蛋、奶等，达到物尽其用的目的。因此，在重视种植业的同时，决不可忽视养殖业的发展，只有把种植业与养殖业紧密结合起来，才能充分利用绿色植物转化和贮积的太阳能。世界上不少农业生产水平较高的国家，其畜牧业的产值都占农业总产值的50—60%，有的甚至到70—80%，可见农牧结合的重要性。我国有辽阔的草原，有大量的作物茎叶及其他饲料资源，其中转化和贮积了丰富的太阳能，大力发展畜牧业有

<sup>①</sup> 《资本论》第三卷，1966年版，第745页。



广阔的前景。畜牧业发展了，可提供大量优质有机肥料，转过来又可促进农业的发展。所以农业与畜牧业是相辅相成，互相促进的。

林业在国民经济中也占有极为重要的地位。植树造林，发展林业生产，除了充分利用太阳能，直接为国家提供大量生产资料，为人民提供大量生活资料外，还能涵养水源，保持水土，防风固沙，调节气候，对保证和促进作物高产、稳产以及环境保护都具有重要作用。所以植树造林是改造自然条件的一项根本措施。林业发展了，可以林保农，以林促农。由此可见，农、林、牧三者是互相依赖，缺一不可，只有把三者放在同等地位，才能促进农业全面发展。

我国有广阔的海洋、河流、湖面和池塘水面，发展渔业，对于改善人民生活，增加经济收益，支援国家建设都很有利。此外，农林牧渔生产都有大量农副产品，综合利用这些产品，发展副业生产，不仅可以增加大量的物质财富，适应城乡人民生活多方面的需要，而且会给社队带来很大的经济收益。

农业生产的主要特点在于，它的对象是同外界环境条件有密切联系的生物，是通过生物的生命活动来进行的。遗传变异和新陈代谢是生物生命活动最基本的两个规律。生物通过自我繁殖，不仅衍生了后代，同时也把它的特征特性传给了后代。通过新陈代谢，生物一方面不断地同化环境中的生活条件来建造其自身有机体，另一方面又不断地分解其所形成的有机物质以取得能量维持它的生命活动。生物的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。因此，在农业生产中只有根据生物自身的生命活动规律和经济规律，一方面选育优良品种，以同化更多更好的有机物质，另一方面运用先进的栽培技术，为作物创造适宜的外界环境条件，实行科学种田，才有可能获得高产。

必须指出，绿色植物的基本生活条件，除了上面说的光以外，还有热量、水分、养料和空气等四个因素。在这些条件中，光和热来自太阳，水分和养料来自土壤。太阳辐射到地面的光和热，因纬度及海拔高低而有不同，随一年四季的寒暑而有差异。土壤的种类和性质，在不同地区更是千差万别，各不相同。因而生长在不同地区的绿色植物必然是形形色色，类别繁多，在不同的季节里，也必然有适宜于不同条件的绿色植物在生长。这就是说，农业生产的生物性决定了它必然有一定的地区性和季节性。这就要求我们在发展农业生产中，要根据不同地区的气候、土壤等自然条件和经济资源条件，做到宜农则农，宜林则林，宜牧则牧，因地制宜，适当集中；在农业生产过程中，要根据农事季节，来安排播种、管理及收获，使作物的生长发育与外界条件的变化相适应，该早的早，该晚的晚，既要不要违农时，还要充分利用农时，只有如此，才能保证季季高产，年年丰收。

## 二、加速实现我国农业现代化

农业是国民经济的基础。在我国社会主义革命和建设过程中，农业的发展，不仅为全国人民提供充足的粮食、副食品等最基本的生活资料，而且可为工业，特别是轻工业提供丰富的原料。农业的发展，要求工业为农村供应大量的工业产品。对于为农业服务的机械、肥料、水利建设、电力建设、运输建设、民用燃料、民用建筑材料等等的需要，将

日益增多，这就为工业开辟了广阔的市场。农业的发展，农业劳动生产率的提高，节省出来的劳动力，可以向生产的广度和深度进军，以更多人力投入国家各种经济建设。农业的发展，农副产品的增加，在满足人民生活需要和工业原料需要的同时，又可为国家积累大量资金，促进整个国民经济的发展。我国社会主义建设的实践一再证明，哪一年农业丰收了，当年或下一年的工业以及整个国民经济的发展速度就比较快；反之，哪一年农业歉收了，当年或下一年的工业以及整个国民经济的发展速度就比较慢。

1978年12月党的十一届三中全会会议公报指出：“全党目前必须集中主要精力把农业尽快搞上去，因为农业这个国民经济的基础，这些年来受了严重的破坏，目前就整体来说还十分薄弱。只有大力恢复和加快发展农业生产，坚决地、完整地执行农林牧副渔并举和‘以粮为纲，全面发展，因地制宜，适当集中’的方针，逐步实现农业现代化，才能保证整个国民经济的迅速发展，才能不断提高全国人民的生活水平。”<sup>①</sup>强调了在新的历史时期内，迅速发展我国农业的极端重要性，同时把发展农业生产的方针进一步完整地明确起来，这对于调动我国几亿农民的社会主义积极性，加速实现我国农业现代化，将产生不可估量的影响。

新中国建立以来，我国农业有了很大的发展。分散落后的小农经济，经过社会主义改造，实现了人民公社化，为发展农业生产，实现农业现代化开辟了广阔的道路。农业生产条件有了显著改善，农田基本建设取得了很大成绩，灌溉面积比解放初期增加二倍，已占全部耕地的一半；机耕面积已达三分之一以上；化肥生产和施用量有了很大增加；农药和塑料薄膜等农用物资也有较大发展；农业科学实验广泛开展，科学种田水平不断提高；农业各项生产都有了很大增长，1978年全国粮食总产量达到五千九百亿斤左右，比1949年粮食总产二千一百六十二亿斤增加了一点七倍。我国的农业生产和过去比虽然成绩很大，但和需要比，和世界先进水平比，还有很大差距，如果不迅速改变目前的落后状况，势必影响整个国民经济的发展，拖四个现代化的后腿。因此，高速度发展社会主义大农业，尽快实现我国农业现代化，是一项极其紧迫的任务，是关系到我国社会主义经济建设全局的大事。

实现农业现代化，就要认真贯彻执行党的路线、方针和政策，用先进科学技术和现代化装备武装农业，实现大地园林化、操作机械化、农田水利化、品种良种化、栽培科学化、饲养标准化和公社工业化，农林牧副渔全面发展，合理开发利用农业资源，提高单位面积产量，大幅度提高劳动生产率，把我国建设成为世界上农业高产国家。国务院提出的1976—1985年发展国民经济十年规划，是在本世纪末实现四个现代化的近期目标。按照规划，在这十年里，要建立稳固的农业基础，到1985年，粮食产量达到八千亿斤，农业主要作业机械化水平达到85%以上，按农业人口达到一人一亩旱涝保收、高产稳产农田，农林牧副渔都达到较高水平。实现了十年规划，我国农业面貌就会发生巨大的变化，为实现农业现代化打下比较坚实的基础。

农业机械化是农业现代化的重要内容。在实现农业机械化过程中，必须从我国实际情况出发，一方面要尽量采用先进技术，发展先进的农业机械；另一方面要积极培育适于

<sup>①</sup> 《人民日报》，1978年12月24日。

机械化生产的优良品种，发展与机械化相适应的耕作制度以及各种增产措施，不断提高机械化科学种田水平，走我国自己的机械化道路。

总之，实现农业现代化的目标是宏伟的，任务是光荣而艰巨的，我们有毛主席革命路线的指引，有华国锋同志为首的党中央的领导，我国农业现代化的目标一定能够加快实现。

### 三、农学基础课的任务和内容

农学基础的内容，除绪论外，包括土壤学、耕作学和作物栽培学三大部分。

土壤是农业生产的基础，也是耕作机械作业的对象。土壤学主要是以肥力为中心，研究土壤中各种肥力因素的运动变化规律以及土壤的物理、化学、物理机械等各种性质的实质及其影响因素。主要内容有：土壤形成的一般过程，土壤矿物质和土壤有机质，土壤水分、空气和热量状况，土壤结构和土壤理化性质，土壤的物理机械特性，肥沃土壤的土体构造等。土壤学既是耕作学和作物栽培学的理论基础，也是许多农业机械，特别是耕作机械设计及其运用的重要依据。

耕作学主要是根据用地与养地相结合的原则，阐述如何提高耕作栽培技术，发挥土壤肥力，从而提高作物产量的一般原理和方法。它的主要内容是：通过种子清选来获得优良种子，使作物本身具有高的增产潜力；采取土壤耕作、施用肥料等措施，为作物创造良好的生长发育环境条件；用防除病、虫、杂草等方法，排除对作物生长发育不利的环境因素；以科学的耕作制度，合理安排作物种植，在充分用地的同时，积极养地，使用地与养地结合起来，达到持续高产的目的。

作物栽培学是以各种作物为具体对象，研究作物的生长发育规律及其需要的外界环境条件，结合土壤学、耕作学及其他有关学科知识，制定作物高产、优质、低成本、高工效的栽培技术。本门课程中，共有水稻、小麦、玉米、甘薯、棉花、大豆、甘蔗等七个主要作物。各种作物一般都有三部分主要内容：生产概况、生物学基础、栽培技术，重点介绍与农业机械化专业关系比较密切的有关知识。

农学理论来源于农业生产实践，反过来，它又在农业生产实践中起指导作用，即为发展农业生产服务。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，了解我国农业生产的概况、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，在农业生产上发挥应有的作用。

### 主要参考资料

- 〔1〕北京农业机械化学院：《农学基础》（上册）（讲义），1965年。
- 〔2〕中共南宁地委宣传部：《农业是我国社会主义国民经济的基础》，广西人民出版社1977年。
- 〔3〕黄振奇：《为实现十年规划而奋斗》，《人民日报》，1978年7月27日。
- 〔4〕方粹农、章一华：《实现农业现代化》，《人民日报》，1978年5月14日。
- 〔5〕童大林、鲍彤：《关于农业现代化的几点看法》，《人民日报》，1978年2月8日。

# 第一篇 土壤学

土壤是地球陆地上能够生产植物收获物的疏松表层，是农业生产的基础。粮食、棉花、油料等农作物，都是从土壤里生长出来的。土壤之所以能够生长植物，就是因为它具有肥力的缘故。

什么是土壤肥力？在植物生长发育过程中，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，称为土壤肥力或地力。其中水、肥、气、热等因素称为肥力因素。肥力是土壤最本质的特性，土壤和肥力是不可分的，没有肥力，也就谈不上土壤。在土壤中，上述各个肥力因素不是孤立地存在，而是相互联系和相互制约的。最适宜于作物生长发育的土壤营养条件和环境条件，不仅要求诸肥力因素同时存在，而且要求它们经常处于相互协调的状态。

但是，具有肥力的土壤，并不是在地球形成初期就存在的，而是经历过岩石风化和土壤形成过程之后才产生的。

地球在形成初期，表面上全部都是坚硬的岩石。在温度、水分、二氧化碳、氧气、生物等自然因素长期的综合作用下，岩石逐渐崩裂、破碎、变形，不断地改变其形状、大小、化学组成和结晶构造，形成为疏松细碎的风化产物，这个过程称为岩石风化过程。岩石经过风化以后，在重力、水、风和冰等自然力的作用下，细碎的风化产物又被运送到很远的地方，形成坡积、洪积、冲积、黄土或黄土状等不同的沉积物，它们就是将来产生土壤的母体，所以称之为成土母质或母质。

母质和岩石不同。岩石不透水不通气，而母质细碎，疏松多孔，具有一定的通气透水和蓄水能力，同时还含有少量的矿物质元素。但是母质吸持矿物质元素的能力有限，它不能将这些植物营养元素集中地保蓄在母质表层。在水的淋洗作用下，可溶性养分随着水分的流动，不断地流入海洋而沉积起来，形成各种沉积岩。由于地壳运动，海陆变迁，这些沉积岩上升到陆地，再受风化作用而释放出矿物质元素，这样，植物营养元素又回到了大陆上。在这个矿物质元素大循环的过程中，植物营养元素不能集中地保蓄在母质里，再加上母质中不含氮素，因此不能生长植物，所以母质不是土壤。

要使母质变成土壤，还必须经历一个土壤形成过程。自从硝化细菌、藻类、固氮菌等微生物和绿色植物定居在母质上之后，母质就开始了土壤形成过程。各类微生物利用岩石风化过程中释放出来的矿物质元素，造成了自身有机体。这些微生物死亡、分解以后，又释放出许多氮素和其它矿物质元素。绿色植物利用这些氮素和其它营养元素，制造自身有机体。这样，在微生物、植物的吸收利用下，岩石风化过程中释放出来的许多矿物质元素，不但免于从母质中淋失，而且使它们逐渐变成为有机质的状态，集中地积累在母质表层，使母质中的有机质和植物营养元素不断地丰富起来，供下一代植物吸收利用。在这个过程中，生物完成了在母质中积累、保存和集中植物养料的任务，使肥力得到了发展，于是母质也就发展变成为土壤了。由此可见，成土过程就是一个以土壤母

质为基础，以生物为主导因素的有机质不断合成、分解，不断地使土壤肥力发展的过程。

土壤和土壤肥力的发生发展过程，是在以生物为主导因素的各种自然因素综合作用下进行的。这些自然因素可归纳为：母质、生物、气候、地形、时间等五个主要因素，总称为五大成土因素。土壤是在成土因素共同作用下，具有自身发生发展过程的一种历史自然体。我国地域辽阔，自然条件复杂，不同地区，成土因素不同，因而就形成了不同类型的土壤。

在人类未进行农业生产以前，土壤形成过程完全受五大成土因素所支配。随着人类社会的发展和科学技术的进步，农业生产水平日益提高，人类不断地改造土壤，利用土壤，培肥土壤，改变了土壤的不良性状和成土过程的某些方向，从而培肥成许多类型的肥沃土壤。因此，在人类生产活动开始以后，土壤不再只是历史自然体，而且还是人类劳动的产物。

在人类生产劳动的影响下，土壤肥力不断提高的过程称为土壤熟化过程。肥沃土壤的形成过程，实质上是土壤肥力不断提高的过程。进行土壤普查，摸清土壤类型、性能和肥力状况，按照不同的土壤情况和其他自然条件，确定发展农业还是林业、牧业，或者三者兼顾，确定农业种什么作物，施什么肥，需要什么灌溉方法、耕作方法和什么农业机械等，都是为了合理利用土壤，改良土壤，培肥土壤，争取作物高产，加快实现农业现代化的重要措施。

土壤形成以后，在它的组成物质中，不但有非生物的矿物质，还有微生物和有机物，这些物质紧密地交联系着，构成土壤的固相部分。在固相物质的空隙存在着液相和气相物质，固、液、气三相物质有机地结合在一起，组成具有一定层次构造和一定厚度的、多相的土壤整体。组成土壤各部分的物质如下表：

土壤组成	固相	矿物质——土壤中的各种岩石碎屑，矿物质颗粒和无机盐类。 一般占土壤固相组成部分重量的90—98%。
		有机质——土壤中的植物根、微生物，各种有机残体及腐殖质等。一般占土壤固相组成部分重量的2—10%。
	液相	——水分（溶液）。
	气相	——土壤空气。

不同土壤，三相物质组成的比例不同，因此它的性质、肥力水平和生产性能都有差别。只有三相比例合适的土壤，才适宜于各种作物的生长发育，发挥其巨大的增产潜力。所以，深入研究土壤三相物质的组成、性质及其运动变化的规律，是正确地采用各种先进的农业技术措施，不断提高土壤肥力，创造农作物高产稳产的科学依据，这也正是土壤学所要研究的主要内容。

## 第一章 土壤矿物质和有机质

土壤矿物质和有机质共同组成土壤的固相部分，两者紧密联系，相互融合，构成土壤的“骨骼”和“肌肉”，共同影响土壤的物理、物理机械、化学和生物学性质，从而

影响土壤的肥力及其农业生产性状。

## 第一节 土壤矿物质

土壤矿物质由岩石风化而来，在土壤发育过程中，这些物质仍然不断发生变化，形成原生矿物和次生矿物两大类。

### 一、原生矿物

原生矿物就是岩石原来组成中含有的矿物。这些矿物在岩石风化过程和成土过程中，只发生了形状、大小等物理性质的变化，而它们的化学组成和结晶构造则没有改变。土壤中最普遍的原生矿物如表 1—1 所示。

表 1—1 土壤中常见的原生矿物

矿物名称	化学组成	硬度等级
石英	$\text{SiO}_2$	7
长石	正长石 $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ 钠长石 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ 钙长石 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	6.0—6.5
云母	白云母 $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ 黑云母 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_8](\text{OH}, \text{F})_2$	2—3
辉石	$\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$	5—6
角闪石	$\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe}^{++})_4(\text{Al}, \text{Fe}^{+++})[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$	5.5—6
赤铁矿	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	5.5—6
磁铁矿	$\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	5.6—6
橄榄石	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$	6.5—7
磷灰石	氟磷灰石 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ 氯磷灰石 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$	5

上述各种土壤原生矿物，就其化学组成来说，分别是土壤中钾、钠、钙、镁、铁、磷等作物营养元素的潜在来源。从其硬度看，除云母这一类矿物以外，硬度都很高，约在 5—7 级之间。原生矿物是构成 3—0.001 毫米粗土粒的最主要成分。

### 二、次生矿物

次生矿物是岩石在风化过程及成土过程中由原生矿物进一步风化而重新形成的矿物。它和原生矿物的区别，除化学组成及结晶构造不同外，主要的区别是：颗粒细微，绝大多数呈高度分散的胶体状态存在。

次生矿物是组成粘粒的主要成分，而粘土的主要性质是由粘粒的成分和含量决定的，因此次生矿物又称为粘土矿物。一般把高岭石和蒙脱石等含水的层状铝硅酸盐矿物，以及硅、铁、铝的含水氧化物统称为土壤粘土矿物（表 1—2）。

表 1—2 我国土壤粘粒中常见的矿物〔2〕

矿物类型	2:1型			2:1:1型	1:1型	晶质	非晶质
	层状铝硅酸盐			层状铝硅酸盐	层状铝硅酸盐	硅、铁、铝氧化物	
种类名称	水白云母 水黑云母 伊利石*	蛭石	蒙脱石 绿脱石 拜来石*	铝蛭石 绿泥石	高岭石 埃洛石	三水铝矿 赤铁矿 针铁矿 纤铁矿	氢氧化铁 蛋白石 水铝英石
统称	水云母		蒙脱		高岭	铁铝氧化物	

\* 新近研究认为伊利石和拜来石都是混合物。

从粘土矿物的化学组成看，它含铁铝三氧化物及钙、镁、钠、钾等盐基离子多，含二氧化硅少，是作物矿质养料的重要给源。从其结晶构造分析，晶粒细微，呈层状或片状，绝大多数呈高度分散的胶体状态存在，因而具有巨大的比表面积和强大的表面能，是土壤中最活跃的成分之一。土壤中很多重要的物理、物理机械和化学性质，都受粘土矿物的种类和数量的影响。在改土培肥，研究土壤的各种理化性状和生产性能时，都需要了解粘粒的矿物组成。

土壤中分布最广泛的次生矿物，依其化学组成不同，可分为以下两大类：

(一) 次生铝硅酸盐类 这是数量最多和最重要的粘土矿物，对土壤肥力和土壤的各种性质都有很大影响。由于其风化程度、化学组成和结晶构造的不同，这类粘土矿物可分为以下三类：

1. 水云母 这是一类风化程度较低的次生矿物，一般土壤都含有此类矿物，而以干旱寒冷地区的石灰性土壤和碱土中含量为最高。新疆、内蒙古高原西部、柴达木盆地、青藏高原等大部分土壤中的粘土矿物都以水云母为主，其次为蒙脱和绿泥石。华北和西北地区的黄土及黄土母质发育的土壤中，也含有相当数量的水云母。只是在滇桂南部、闽粤东南地区和台湾省的土壤中，此类次生矿物含量较少。

水云母类的代表矿物为伊利石，其化学组成为： $(\text{OH})_4\text{K}_y(\text{Al}_4 \cdot \text{Fe}_4 \cdot \text{Mg}_4 \cdot \text{Mg}_6)(\text{Si}_{8-y} \cdot \text{Al}_y)\text{O}_{20}$ ，它的结晶是由两片硅氧片夹一片水铝片缩合而成，故称为2:1型晶格。硅氧片和水铝片相互叠合，原子价达到中和，因而其分子具有稳定的晶形，称之为晶格或层组。在水云母晶格的表层，由于其中有一部分硅原子被铝原子代替（由 $\text{Al}^{+3}$ 代替了 $\text{Si}^{+4}$ ），造成正电荷减少，负电荷增加，这些负电荷由钾离子进行补偿，故此，在晶层之间存在钾离子。这些钾离子象胶结剂一样，把两个晶层拉得紧紧的，使晶层之间的距离很小，仅为 $10 \text{ \AA}$ （ $\text{ \AA}$ 读埃，长度单位。 $\text{ \AA} = 10^{-8}$ 厘米），从而影响了晶格内表面的水化程度，影响其对其它阳离子的吸收能力。正是由于这个原因，水云母类次生矿物不易吸水膨胀（膨胀度为25%），吸收其它阳离子的能力也较小，100克干土只能吸收20—40毫克当量阳离子。本类次生矿物含钾虽然丰富，但钾离子多在晶层之内，难于溶解，不易被作物吸收利用。

2. 蒙脱类 代表矿物为蒙脱石，化学组成为 $(\text{OH})_4\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_2$ ，实验式可写成 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，它是由水云母进一步风化而成的粘土矿物。这类次生矿物多分布在温带半干旱地区的土壤中，例如内蒙古高原东部、大小兴安岭、长白山地区和东北平原大部分的土壤粘粒中，都含有较大量的蒙脱类次生矿物。

蒙脱类次生矿物的晶格也是2:1型，但晶格是由两片硅氧片和一片水铝片缩合并共用氧原子而形成的。缩合的形式可用下示意式表示：



在这个晶层与另一晶层之间，两面都是O群，由氧键相连接，不太牢固，所以极性分子及其它有机化合物分子可以进入层间的孔隙中，从而扩大晶层之间的距离，出现膨胀，故此称为膨胀性晶格。例如，水分子可以进入晶层中，随着其进入数量的变化，蒙脱石晶格的伸缩范围可在9.6—21.4 Å之间波动，膨胀度达90—100%，吸水量很大，但其中有25%是不能被作物吸收利用的无效水。此外，该类矿物分散度大，带负电量高，具有高度的水合作用和很大的吸收能力。也就是说，水分子和其它作物营养元素不仅可以在晶层的外表面上被吸附，而且也可以在晶层的内表面上被吸附，因此，100克干土中可以吸收60—100毫克当量的阳离子。这就是蒙脱石类次生矿物保肥、保水力强的本质原因。

还有一种与蒙脱石性质相似的次生矿物，叫做蛭石。蛭石颗粒较粗，由水云母类次生矿物脱钾后而形成。它和蒙脱类次生矿物的区别是晶层之间的连接比较紧，吸水膨胀性能比蒙脱弱，然而其吸收阳离子的能力并不弱，吸收量大体上为100克干土吸收100—150毫克当量的阳离子，是保肥力强的一类次生矿物。在华北平原、黄土高原、长江中下游平原、四川盆地、云贵高原等地区的土壤中，蛭石占有相当重要的地位。

3. 高岭类 代表矿物为高岭石，化学组成为 $(\text{OH})_3\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$ ，实验式可写为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。

高岭类次生矿物是由原生矿物经深度风化以后才形成的，矿物中的钙、镁、钾、钠等阳离子都已淋失，因此这类次生矿物比较稳定，分散度低，带负电量少。

高岭类次生矿物的晶格由一层水铝片和一层硅氧片通过缩合作用，由共用氧原子相连接而组成的，其组成示意式为：



这种晶格组成称为1:1型晶格。晶格的一面为OH群，一面为O群，层组之间通过氢键进行连接，距离为7.2 Å，较为固定，不易移开。因此，这类矿物吸水膨胀力小，膨胀度小于5%，吸收阳离子的能力也比较小，100克干土只能吸收5—15毫克当量阳离子，所以保水、保肥能力比蒙脱类次生矿物差得多。

我国亚热带以南地区，包括滇桂南部、闽粤东南沿海以及南海诸岛和台湾的土壤，其粘粒中均以高岭类次生矿物为主。

水稻土中的粘土矿物成分，随着从北到南水热条件的更替，逐步由以蒙脱为主变为以水云母、高岭为主；粘粒部分的化学成分和吸收阳离子的能力也随之作有规律的递变。例如，东北地区延边的水稻土，其粘粒部分的次生矿物以蒙脱为主；北京海淀、四川达县、江苏武进的水稻土，其粘土矿物以水云母为主，而广东阳江、福建漳浦等地的水稻土，其粘土矿物则以高岭为主。



(二) 含水氧化物和三氧化物类 土壤中分布最普遍的含水氧化物是二氧化硅和二氧化锰水合物。而含量最多的三氧化物是铁铝三氧化物, 例如赤铁矿 ( $3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), 褐铁矿 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), 针铁矿 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), 水铝矿 ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), 三水铝矿 ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) 等胶体都是土壤中普遍存在的三氧化物。这类粘土矿物在我国各地区的土壤中都普遍存在, 但以南方的红壤和黄壤中含量最多。这类次生矿物的存在, 会引起可溶性磷酸盐转变为难溶性磷酸盐, 使磷肥的有效性降低。

综合上述, 我国不同地区, 不同土壤, 其粘粒的直径虽然都小于0.001毫米, 但由于组成粘粒的次生矿物种类不同, 因而在生产上也就表现出不同的保水、保肥性能及耕作特点。

## 第二节 土壤颗粒

### 一、土壤颗粒的分级

(一) 土壤颗粒的分级标准 土壤矿物质是组成土壤颗粒的物质基础。土壤颗粒有大有小, 变化范围很大, 最小的颗粒直径可以小于0.001毫米, 甚至小到0.0001毫米以下, 而大的颗粒直径可以大于10毫米。粗细颗粒之间相差几千甚至几万倍。土壤颗粒的直径不同, 其化学、物理、物理机械、生物等性质及生产性能都有很大差别。因此, 不同粒径的土壤颗粒, 可以形成性质不同的土壤。反之, 不同的土壤, 大小颗粒的含量比例也不同。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。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大致近似的土壤颗粒归并成为一类, 组成一个组, 或将它们划为同一个级, 称之为粒组或粒级。这样一种颗粒分类的方法, 称为土壤颗粒的分级。

土壤颗粒的分类标准, 各个国家都不相同。解放前, 我国应用的是国际制和美国制分级标准。解放后, 曾主要采用H.A.卡庆斯基分级制。近几年来, 中国科学院南京土壤研究所等单位, 根据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, 按照各级颗粒特性及含量比例, 制订出我国土壤颗粒分级标准(表1—3)和土壤质地(即颗粒组成)的分类标准(表1—7)。

一般来说, 世界各国所采用的颗粒分级标准(表1—4)都很相似, 大致都分为砾、砂粒、粉粒和粘粒四级。具体划分时, 一般先将土壤颗粒分为石砾和土粒两大类, 然后在土粒这一类中, 按粒径的大小及各种性质不同, 细分为砂粒、粉粒和粘粒三级, 此后再进一步分级。各国土壤颗粒分级标准不同之处, 就是在进一步细分级中所规定的粒径大小、范围及细分程度各不相同。

表 1—3 我国土壤颗粒分级标准<sup>[1]</sup>

颗粒名称		颗粒粒径(毫米)
石 块		>10
石 砾	粗 砾	10—3
	细 砾	3—1
砂 粒	粗 砂 粒	1—0.25
	细 砂 粒	0.25—0.05
粉 粒	粗 粉 粒	0.05—0.01
	细 粉 粒	0.01—0.005
粘 粒	粗 粘 粒	0.005—0.001
	细 粘 粒	<0.001