

高等学校教材

土壤与农作

武汉水利电力学院 黎庆淮等

水利电力出版社

高等学校教材

土壤与农作

武汉水利电力学院 黎庆淮等

水利电力出版社

内 容 提 要

本书是根据高等学校《农田水利工程》专业教学要求而编写的通用教材。全书包括绪论、土壤基础知识、土壤水分、土壤的培肥和改良、作物与水、主要作物的合理用水共六章，另附有实验内容。书中比较突出地阐述了土壤、作物与水分三者之间的关系，并着重介绍了土壤培肥和几种低产土壤改良的措施以及几种主要作物的合理灌溉经验。

本书除适用于《农田水利工程》专业作教材外，也可供从事农田水利工作的技术人员和干部参考。

高等学校教材
土 壤 与 农 作
武汉水利电力学院 黎庆淮等

水利电力出版社出版
(北京德胜门外大街6号)
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售
水利电力出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 $12\frac{3}{4}$ 印张 289千字
1979年10月第一版 1979年10月北京第一次印刷
印数 00001—6190册 每册 1.85元
书号 15143·3523

前 言

本书是根据一九七八年四月制订的高等学校《农田水利工程》专业教学计划及一九七八年至一九八一年高等学校水利电力类教材编审规划的有关规定进行编写的。

《土壤与农作》是《农田水利工程》专业的技术基础课。在多年的教学实践中，我们体会到对这一课程的教学，既要紧密结合专业，贯彻“少而精”的原则，又要使学生对土壤与农作有较系统和全面的了解；既要重点阐述有关的基础知识和基本理论，又要适当介绍有关的技术措施和应用知识。为此，本书共编写成六章：第一章绪论，简要论述了实现农业现代化的重大意义和学习本课程的目的要求；第二章主要介绍土壤组成和土壤的基本性状；第三章专门介绍了土壤水分；第四章介绍土壤培肥和盐碱土、红壤及冷浸田改良的基本措施；第五章介绍作物与水分的关系；第六章着重介绍水稻、水麦、玉米和棉花的需水特性和灌排经验；最后在附录里介绍了有关教学实验的内容。

由于我国幅员辽阔，各地区土壤和作物栽培情况差异较大，为了照顾各地需要，本书编写了较多的内容。各院校采用本书进行教学时，可根据实际情况作适当的取舍。

本书由武汉水利电力学院黎庆淮、张明炷、石秀兰执笔编写，由黎庆淮主编。初稿完成后，由主审单位——江苏农学院召开了审稿会议。参加审稿的有谢昌诚（江苏农学院）、胡毓祺（中国农科院农田灌溉研究所）、蔡大同（中国科学院南京土壤研究所）、刘圭念（华东水利学院）、骆凤仪（合肥工业大学）、彭毓华（太原工学院）等同志。本书编审过程中，还得到李学垣（华中农学院）、张元禧（合肥工业大学）等同志的大力支持。在此一并表示衷心的感谢。

对于书中的缺点和错误，恳希读者批评指正。

编 者

1979年4月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 高速度发展农业, 实现农业现代化	1
第二节 学习《土壤与农作》, 更好地为农业服务	2
第二章 土壤基础知识	3
第一节 土壤肥力的物质基础	3
第二节 土壤的基本性状	15
第三章 土壤水分	39
第一节 土壤水分的类型和性质	39
第二节 土壤水分的能量概念	43
第三节 土壤含水量及土壤水分的有效性	47
第四节 土壤水分的运动	53
第四章 土壤的培肥和改良	62
第一节 土壤的培肥	62
第二节 盐碱土改良	74
第三节 红壤改良	91
第四节 冷浸田改良	98
第五章 作物与水分	104
第一节 作物水分生理	104
第二节 水分与作物的环境条件	112
第三节 作物需水规律和灌水指标	116
第六章 主要作物的合理用水	124
第一节 水稻	124
第二节 小麦	136
第三节 玉米	144
第四节 棉花	150
附 录	159
一、土壤剖面性状观察	159
二、土壤主要水分物理性质的测定	163
三、土壤pH的测定	173
四、土壤有机质的测定	174
五、土壤与作物中氮、磷、钾养分的速测	175
六、土壤可溶性盐分与地下水水质的测定	181
七、作物水分生理指标的测定	191
八、作物生育性状的调查和观测	194

第一章 绪 论

第一节 高速度发展农业，实现农业现代化

华国锋同志为首的党中央领导我们开始了建设社会主义现代化强国的新长征。在向四个现代化伟大目标全面进军中，高速度发展社会主义大农业，尽快实现农业现代化，是摆在全国人民面前的一项极其重要而艰巨的任务。

农业是国民经济的基础，发展农业是实现四个现代化的前提。马克思在《资本论》中有一句名言：“超过劳动者个人需要的农业劳动生产率，是一切社会的基础。”这就是说，任何社会，工业和其它各项经济文化事业的发展，都将最终决定于农业能够提供多少粮食、原料、劳动力和市场。毛泽东同志根据马克思主义的基本原理，总结国内国际的经验，提出了在我国的社会主义建设中，必须执行以农业为基础，以工业为主导的方针，按农、轻、重的次序安排国民经济计划。建国以来，在党的正确路线领导下，我国的农业生产有了较大发展，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，农业生产条件有了显著改善，农田基本建设取得很大成绩，科学种田水平逐步提高。我们的农业以不到世界百分之七的耕地，养活了超过世界百分之二十的人口，确是一个了不起的成就。这些都为进一步发展农业生产，实现农业现代化开辟了广阔的道路。但是，必须看到，由于林彪、“四人帮”的严重干扰破坏，使我国农业的发展远没有达到预期的目标。我们的农业生产还存在着速度慢、水平低、不平衡、不全面等问题。这种落后状况如果不迅速改变，势必拖国民经济的后腿，拖四个现代化的后腿。党的十一届三中全会指出：只有大力恢复和发展农业生产，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。

实现农业现代化的主要目标是大幅度提高单位面积产量，使我国逐步成为世界上第一流的农业高产国家。目前世界上平均单产较高的国家，水稻有日本，亩产 825 斤；小麦有荷兰，亩产 764 斤；玉米有美国，亩产 812 斤；棉花有危地马拉，亩产 147 斤。我们与之相比，还有很大的差距，必须努力赶超。

国务院提出的一九七六年到一九八五年发展国民经济十年规划纲要要求，到一九八五年我国粮食产量达到八千亿斤。这样，按人口平均的粮食占有量就会比现在有较大的增加，就可以多提供一些商品粮，国家和集体就可以多增加一些贮备，为提高人民生活水平，发展经济作物和多种经营创造较好的条件。如果能在本世纪内实现毛泽东同志于一九五七年提出的目标，即黄河以北亩产 800 斤，淮河以北亩产 1000 斤，淮河以南亩产 2000 斤，据粗略估计，粮食总产量就会达到一万三千亿斤到一万五千亿斤。这样，我国农业面貌就会发生根本的变化。

为了加快农业发展速度，早日实现农业现代化的宏伟目标，必须认真落实党的三中全会关于农业生产的各项决定，进一步调动农民的社会主义积极性；用现代的物质技术装备农业，根本改变农业生产条件，最大限度地实现农业机械化、电气化和水利化；广泛采用

现代科学技术，建成社会主义大农业的生产体系，充分合理地利用自然资源，对农作物实行科学种植，科学管理。这样就能使我国的农业在本世纪内达到或者超过世界先进水平，全国人民盼望的农业现代化光明灿烂的前景就可能早日来到。

第二节 学习《土壤与农作》，更好地为农业服务

“水利是农业的命脉”，精辟地说明了水与农业生产的关系。因为水既是农作物生活五大基本条件（光、热、水、肥、气）之一，又是土壤四个肥力因素（水、肥、气、热）中的一要素。如果水分不足或过多，都会影响农业生产的正常进行，甚至造成严重旱涝等灾害。农田水利工作是直接为农业服务的，其主要任务就是为农业生产兴水利，除水害，归根结底，也可以说，就是通过各种水利措施，调节土壤水分，以提高土壤肥力，改善作物的环境条件，满足作物高产的需要。由此可知，土壤与农作物是农田水利工作直接的服务对象。实践证明，农田水利工作者必须了解、掌握和运用有关农业生产的知识，特别是土壤与农作的有关知识，才能按照客观自然规律去搞水利，使水利工作很好地为农业服务。否则水利将变成水害，其结果是土壤肥力降低甚至恶化（如盐碱化、沼泽化），农作物歉收甚至无收，从而造成农业生产不应有的损失。农田水利工作者对此必须有充分的认识。

随着农业生产的发展和科学种田水平的提高，对农田水利工作的要求也不断提高。在农田基本建设的规划与实施中，要求以改土治水为中心，山水田林路、旱涝碱风砂综合治理，治水与改土紧密结合，才能建设好旱涝保收高产稳产的高标准农田。农田水利的现代化，不仅要充分合理地开发水利资源，积极兴修和管好各种水利工程，做到“遇旱有水，遇涝排水”，彻底解决旱和涝的问题，而且要根据水分—土壤—作物的内在联系，结合其它农业措施，采用先进的灌排方式和灌排技术，按照最优灌水时间和水量来调节农田水分，做到适时适量、高产、省水、低成本，并不断培肥土壤，以达到不断高产更高产的目的。为此，就更加要求学习与掌握好有关土壤与农作的基本理论和技术，才能完成好新时期赋予我们的新任务。

《土壤与农作》是根据高等学校《农田水利工程》专业的需要而开设的一门学科，其内容比较丰富，涉及面广，而又密切联系生产。它是以化学、物理学、数学、土壤学、植物学、植物生理学、农业气象学、作物栽培学等一些基础科学和农业科学为理论基础和技术基础的。在专业中它又是《农田水利学》的技术基础课。在学习过程中，要求在学习有关基本知识的基础上，重点掌握水分与土壤肥力、水分与作物生长发育及产量的关系，掌握以水改土和合理用水的基本理论和技术措施，为学习《农田水利学》打好基础，并在将来工作中，能够把水利措施与农业措施结合起来，合理地把水的工作做到土壤中去，做到作物身上去，充分发挥水的有利作用，避免水的不良影响，从而不断提高土壤肥力，改善作物生活的环境条件，满足高产更高产的需要。

华国锋同志为首的党中央号召全党动员，大办农业，各行各业都要支援农业，为农业服务。作为农田水利工程技术人员，更应担负起搞好农田水利工作，促进农业生产大上快上，尽快实现农业现代化的光荣而艰巨的任务。我们应当认真学习，掌握好一切必要的有关科学技术知识，使水利工作更好地为农业服务，更好地为农业现代化服务，在新的长征中，为实现新时期的总任务作出应有的贡献。

第二章 土壤基础知识

土壤是作物生长发育的基地。作物生育过程中所需的水分、养料、空气和热量等，全部或部分地由土壤供给。为保证高产稳产而进行的农田基本建设，归根结底就是要把土壤搞好。各种农业措施，如耕作、施肥、灌溉等，也大都需要通过土壤才能起作用。因此，土壤是整个农业生产的基础和最基本的生产资料。正如马克思所说：“土壤是人类共同的永久的财产，是人类永远不可缺少的生存条件和生殖条件。”毛泽东同志也曾指出：“……增产粮食，要靠土、肥、水、种、密、保、管、工、中心是土，有土才有粮，应该把土放在前，其次是肥，其次是水。”为了高速度发展农业，尽快实现农业现代化，农田水利工作者必须了解与掌握有关的土壤基础知识，特别是掌握土壤肥力的基本概念、土壤组成、土壤主要性状及其与土壤肥力的关系等基本理论和技术知识。

第一节 土壤肥力的物质基础

一、土壤和土壤肥力的基本概念

什么叫土壤？“土壤是能够产生植物收获物的地球陆地疏松的表层。”苏联土壤学家威廉斯给土壤所下的这一定义，是一比较完整的科学概念。它既指出了能够产生植物收获物是土壤最基本的性质，也说明了土壤所处的位置和表现的形态。

土壤之所以能够生长植物而且产生收获物，主要是因为它具有肥力。所谓肥力，就是土壤同时而且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。土壤中的各种肥力因素不是孤立的，而是相互联系、相互制约的。土壤肥力的高低，不仅决定于诸肥力因素的消长，而且决定于诸肥力因素的相互协调状态。土壤肥力是各种土壤所共有的和区别于其它物质的最本质的特征。

马克思对土壤肥力曾作过深刻的论述。他把土壤肥力的发生与发展，同社会现象联系起来，将土壤肥力分为自然肥力和人工肥力。自然肥力单纯受自然因素的影响，是在土壤自然形成过程中产生和发展起来的。单纯的自然肥力只存在于原始森林和未开垦的荒地上。人工肥力是人类生产活动所创造的肥力。在耕作土壤上，既保留了自然肥力的影响，又不断创造着人工肥力，二者是分不开的，一般合称为经济肥力。经济肥力是耕作土壤的特征。经济肥力的高低是一定社会经济条件对土壤影响的结果。它决定于科学技术的水平与社会的生产力。科学技术水平与社会生产力愈高，土壤的经济肥力也愈高。

土壤的概念和土壤肥力的概念是分不开的。土壤的形成和发展过程，也就是土壤肥力的发生和发展过程。如自然土壤是在地形、母质、气候、生物和时间等自然因素综合作用下，通过岩石的风化过程和母质的成土过程而形成的。地球表面最初只有大块的岩石，由于这些岩石的组成成分不同，当在日光、水分、空气等的作用下，产生物理风化、化学风化和生物风化，坚硬巨大的岩石，逐渐遭到破坏，而碎裂成疏松的岩石碎屑（即为成土母

质)。同时还产生不少可溶性的矿物质。这些可溶性与非溶性物质,随着雨水淋洗和地表迳流,不断地流向低地、河流和海洋,经过极长时间的浓缩、淀积过程,形成沉积岩,以后又由于地球的地质作用,重新上升为陆地,再次进行风化、淋溶、淀积和固结等过程,如此不断地进行着物质的循环。由于这种循环的周期特别长,涉及的范围又特别广,故一般称为地质大循环。

在地质大循环中所形成的母质与岩石有显著的不同。它开始具有岩石所不具备的新的特性,如透水性、保水性、通气性等,是土壤肥力因素中水分因素发展的标志。母质中也含有很少的钙、铁、镁、钾、磷等植物养料元素,但这些养料元素的保存极不稳定,随时都可能遭到淋溶流失。特别是母质中不含有氮素养料,还不具备土壤肥力因素中的养料因素,所以母质不是土壤。但它却为微生物和绿色植物的生长创造了条件。首先是低等的固氮微生物(自生固氮菌)得以定居,并为母质积累了一定的氮素养料。继之就又出现了绿色植物,它们根据自己的需要,利用其庞大的根系,从母质中选择吸收了大量的养料元素(如钙、铁、镁、钾、磷、氮等),形成自己的机体,死亡之后,其残体又遗留在母质中,经过微生物作用,一部分形成腐殖质被保存下来,一部分则成为可溶性养料元素,供下一代植物生活所需。这样,由于生物的不断繁育和死亡,母质中便不断增加和积累有机体的合成和分解产物。这种通过微生物和植物有机体的合成和分解的循环过程,速度快,涉及的范围也小,故一般叫做生物小循环。生物小循环的结果,使植物所需要的氮素及其它营养元素得以在母质中积累,于是,母质的性质便发生质变,开始具有肥力而成为土壤。

在自然土壤的基础上,通过人类的生产活动,如耕作、施肥、灌溉排水和农田基本建设等,有意识有目的地改变和调节土壤的水、肥、气、热等肥力因素,提高土壤肥力,使生土变熟土,死土变活土,这种改变土壤性状,提高肥力的过程,就是耕作土壤的形成过程,通常又称为土壤的熟化过程。

由上可知,自然土壤的形成是在自然因素的综合作用下,地质大循环和生物小循环两个过程对立统一的结果,其中生物学的积累起着主导作用。而耕作土壤则是在自然因素和人为因素的同时影响下,人工熟化培肥过程和自然发生发展过程的对立和统一,而人的生产劳动起着决定性的作用。

二、土壤组成及其与土壤肥力的关系

土壤组成包括固相、液相、气相三种物质(图2-1)。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。矿物质犹如土壤的骨骼,有机质犹如土壤的肌肉。液相物质包括土壤水分和溶于水的物质,其体积约占15—35%,犹如土壤的血液。气相物质即土壤空气,其体积约占15—35%。土壤三相物质是互相联系,互相制约的,它们组成一个有机的整体,为作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

土壤中的矿物质占固相部分重量的95%左右,它构成土壤的“骨架”,支撑着生长在土壤上的植物。矿物质既直接影响土壤的物理性质和化学性质,又是植物养分的重要来源之一,故与土壤肥力有密切的关系。

1. 土壤矿物质的种类和化学组成

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

物是直接由熔岩凝结和结晶而成的原始矿物，是岩石中原来就有的。这种矿物在岩石风化和成土过程中，不改变原来的成分、结构和性质，只是遭到机械的破碎。土壤中原生矿物含量的多少，随成土母质的种类、风化作用强度、土壤发育时间等因素不同而异。土壤中颗粒直径为1—0.001毫米的矿物颗粒，几乎全部为原生矿物。土壤中的原生矿物以石英、长石、云母最多，角闪石、辉石及橄榄石等也很常见。其中石英由于抗风化能力强，最不容易分解，所以一般土壤的原生矿物中石英的含量均较高。如在花岗岩、片麻岩、砂岩和河流冲积物上发育的土壤，都有较多的石英。砂土中的石英含量有时可占85%以上。

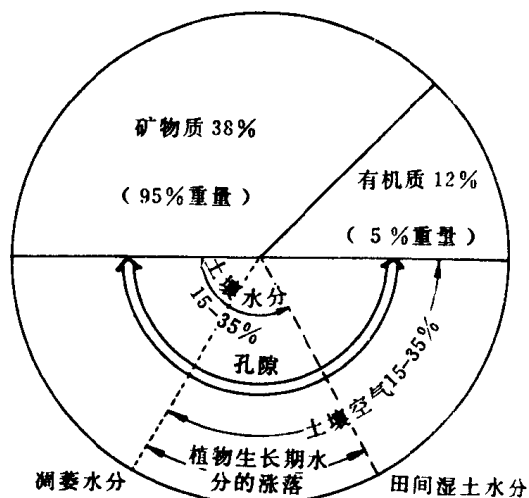


图 2-1 土壤的组成(容积百分数)

次生矿物是指原生矿物在各种风化因素影响下，逐渐改变其原来的形态、性质，并重新结合生成的一种新矿物。土壤中颗粒很细的粘粒大都是次生矿物（故次生矿物又叫粘土矿物）。它比原生矿物活跃得多。土壤的很多物理、化学性质，如吸湿性、可塑性、胶结作用及对离子的吸附作用等，均与次生矿物的性质有关。土壤中次生矿物的种类很多，主要有高岭石类、蒙脱石类、伊利石类（水化云母类）及构造比较简单的水化氧化物（如含水氧化铁、铝胶体）等。

土壤矿物的化学组成非常复杂，几乎含有全部的化学元素，其中主要的有 O、Si、Al、Fe、Ca、Mg、Na、K、Ti、C、P、S 以及 B、Mn、Zn 等十几种元素，约占土壤矿物质部分干重的 99% 以上，其它元素不过 1%。一般土壤中以 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 CaO 、 MgO 等含量最大。由于各种矿物的化学成分不同，故为作物提供的养分种类和多少也有差异。土壤中的云母是含钾丰富的矿物。土壤中的其它原生矿物如磷灰石、橄榄石等，是磷、硫、镁等的来源。岩石中含有这些矿物较多时，则土壤中的养分也较多，如页岩、石灰岩所形成的土壤养分较多，而砂岩所形成的土壤则养分较少。另外，由于生物气候等条件不同，土壤矿物的化学组成也会发生变化，如干燥寒冷地区土壤中的 SiO_2 及盐基离子的含量多，铁、铝氧化物少，而温湿地区的土壤则相反。所以，我国南方红壤地区的粘土矿物以高岭石类及各种氧化铁、铝为主，北方的土壤中，则以蒙脱石和伊利石等粘土矿物较多。

2. 土壤矿物质的粒级

土壤矿物质颗粒的大小差异很大，其直径可以大至几毫米以上，小至几微米甚至一微米（一微米等于千分之一毫米）以下。通常将各种矿物质颗粒（指各种矿物质的单粒而言，而不是指那些由不同单粒相互粘结起来的复粒），按其大小和表现性质的不同进行分类，也就是把粒径相近、性质相似的颗粒归并成几级，称为土壤的粒级。关于土壤粒级分类的标准有几种，我国过去多采用卡庆斯基制（表 2-1），国际制（表 2-2）在土壤文献中也常见。

表 2-1

卡庆斯基土粒分级标准

粒 级 名 称			粒 径 (毫米)
石			> 3
物 理 性 砂 粒	砾		3—1
	粗	砂	1—0.5
	中	砂	0.5—0.25
	细	砂	0.25—0.05
物 理 性 粘 粒	粗	粉 砂	0.05—0.01
	中	粉 砂	0.01—0.005
	细	粉 砂	0.005—0.001
	粗	粘 粒	0.001—0.0005
	细	粘 粒	0.0005—0.0001
	胶	粒	< 0.0001

表 2-2

国际制土粒分级标准

粒 级	粒 径 (毫米)
石	> 2
粗	2—0.2
细	0.2—0.02
粉	0.02—0.002
粘	< 0.002

近年来,中国科学院南京土壤研究所等单位制定了我国土壤颗粒分级标准(表2-3)。这个标准与国际上通用的标准大体相似,但也有一些差别。

表 2-3

我国土壤颗粒分级标准

颗 粒 名 称			粒 径 (毫米)
石 块			> 10
石 砾	粗	砾	10—5
	中	砾	5—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
	粘	粒	< 0.001

各粒级因其矿物组成不同,所表现出的特性也有明显差异。从表2-4可见:

①在一定含水量条件下,土壤的可塑性、胀缩性、吸湿性及最大分子持水量等,随土粒变小而增大,通常以0.01毫米的粒径为明显界限;

②随着土粒粒径的变小，毛管水上升高度愈来愈高，而渗透系数则愈来愈低，其中以1毫米粒径为明显界限。

表 2-4 各级土粒的物理性状

粒 径 (毫米)	毛管水上升高度 (厘米)	渗透系数 (厘米/秒)	湿 胀 性 (占原体积%)	可 塑 性 上限 下限	最大吸湿量 (%)	最大分子持水量 (%)
3 —2	0	0.5	—	无		0.2
2.0 —1.5	1.5—3.0	0.2	—	无		0.7
1.5 —1.0	4.5	0.12	—	无		0.8
1.0 —0.5	8.7	0.072	—	无		0.9
0.5 —0.25	20—27	0.056	0	无		1.0
0.25 —0.10	50	0.030	5	无		1.1
0.10 —0.05	91	0.005	6	无		2.2
0.05 —0.01	200	0.0004	16	无	<0.5	3.1
0.01 —0.005	—	—	105	40 20	1.0—3.0	15.9
0.005 —0.001			165	48 30		31.0
<0.001			405	87 34	15—20	

各粒级的特点如下：

石砾和砂粒：多为原生矿物和岩石碎屑，土粒呈单粒状存在，所以以砂粒为主的土壤松散，基本无可塑性、胀缩性及粘结力。砂粒本身养料缺乏，保肥力差，保水力也差，但透水性强，通气良好，毛管水上升高度低。

粘粒：主要是次生矿物，能促进土壤颗粒胶结成复粒。粘粒本身含养料丰富，且具有吸收性能，故保肥力强，可塑性和粘结性也很强，膨胀性与收缩性明显，持水性强，透水通气性差，毛管水上升很慢。

粉砂粒：兼有原生矿物和次生矿物，其性状介于砂粒和粘粒之间，胶结性差，分散性强。含粉砂多的土壤，易于淀浆板结，也容易遭受冲刷，透水性不强，毛管水上升高度大。

表 2-1 中将粒径 3 毫米以下的各粒级合并为两类：>0.01毫米的颗粒统称为物理性砂粒；<0.01毫米的颗粒统称为物理性粘粒。物理性砂粒主要由石英组成，二氧化硅占90%以上，钙、镁、钾、磷等营养元素含量很少，其吸水能力和粘结性等均很差，与砂粒相似。物理性粘粒则相反，其性质与粘粒相似。

3. 土壤质地

任何一种土壤的土粒，其大小均不可能完全一致。换句话说，各种土壤都是由很多种大小不同的土粒以不同比例组合而成。这种土壤中不同粒级的组合比例，就叫土壤质地，或叫泥砂比例，砂粘程度，也叫土壤的机械组成。

土壤质地分类方法有多种。我国过去多采用的是根据物理性砂粒和物理性粘粒含量多少而划分的标准（表2-5）。

表 2-5 土 壤 质 地 划 分 标 准

土 壤 质 地 名 称	砂 土	壤砂土	轻壤土	中壤土	重壤土	粘 土
物理性砂粒含量(%)	100—90	90—80	80—70	70—55	55—40	40—0
物理性粘粒含量(%)	0—10	10—20	20—30	30—45	45—60	60—100

中国科学院南京土壤研究所等单位近年来拟定的土壤质地分类标准如表2-6。

表 2-6

我 国 土 壤 质 地 分 类

质 地 组	质 地 名 称	颗粒组成(粒径:毫米)(%)		
		砂 粒 1—0.05	粗 粉 粒 0.05—0.01	粘 粒 ≤0.001
砂 土	粗 砂 土	>70	—	30
	细 砂 土	60—70		
	面 砂 土	50—60		
壤 土	粉 砂 土	>20	>40	<30
	粉 粉 土	<20		
	粉 壤 土	>20	<40	
	粘 壤 土	<20		
	砂 粘 土	>50	—	
粘 土	粉 粘 土	—	—	30—35
	壤 粘 土			35—40
	粘 土			>40

土壤质地与土壤肥力的关系很密切。肥力因素中水、肥、气、热的供应和调节，都直接或间接受土壤质地所制约。土壤质地对土壤的理化性质和耕性等，都有很大的影响。

不同质地类型的土壤肥力特征如下：

砂土类：物理性砂粒含量在80%以上，粒间孔隙大，毛管作用弱，渗透性强，排水良好，水分蒸发也快，保不住水，蓄水力差。土壤孔隙多被空气所充满，所以通气性好，有机质分解迅速，有机质和腐殖质不易在土壤中积累。又由于粘粒含量少，保肥耐肥性差，释放出来的养分易随水流失，养分缺乏，一般肥力不高，肥劲不长，一次施肥过多时易烧苗、徒长或造成养分淋失。砂土水少空气多，土壤热容量小，白天土壤表层温度容易升高，夜晚又容易降低，易冷易热，昼夜温差大，群众称之为燥性土。作物生长常表现出“早发”、“早衰”、“发小苗不发老苗”等现象。所以，砂土常呈有气、缺水、养分不足、土温不稳的矛盾状态。对砂土类的不良性状，可采用客土掺泥，增施有机肥，引洪漫淤等措施进行改良。

粘土类：物理性粘粒含量占60%以上，粒间孔隙很小，而且互相勾通，成为曲折的毛细管，通透性差，水分进入土壤很慢，土壤内部排水也很困难，易旱易涝。有机质分解缓慢，容易积累，养分释放慢，特别是速效养分常感不足，所以虽保肥能力强，有“后劲”，但“发老苗不发小苗”。这类土壤中含水一般较多，因而热容量大，感受大气温度的变化较慢，昼夜温度变幅较小，早春土温不易升高，群众称之为冷性土。粘土由于粘性大，可塑性强，“下雨一团糟，天晴一把刀”，耕作阻力大，耕性不良，适耕期短，要抢墒耕作。对粘土类的不良性状，可采用客土掺砂，增施有机肥，深翻晒垡，种植绿肥，引洪漫砂，以及旱地改水田等措施进行改良。

壤土类：同时含有适量的砂、粉砂和粘粒，其性质介乎砂土类和粘土类之间，水、肥、气、热状况比较协调，生产性能好，适于大多数作物生长，为农业上最好的土壤质地。

实践中经常发现，土壤质地变化复杂，不同土壤的质地不同，就是在同一土壤中，由于自然与人为等各种因素的影响，使上下层之间也会有明显的差异，表现出一定的质地层次性，这对土壤肥力也有多方面的影响。例如质地层次是上粘下砂的土壤，漏水漏肥，对

作物不利；而上砂下粘（砂面胶底）的“蒙金土”则托水托肥，对作物有利；砂粘层次相间排列的夹层型土壤，则往往不利于通气透水和养分转化，不利于作物根系的生长发育。

（二）土壤有机质

土壤中有机的重量一般仅占土壤固体部分的1—5%，含量虽不多，但它对土壤肥力的高低却起着重大的作用。

1. 土壤有机质的组成

农田土壤有机质，主要来源于作物的根茬和施用的绿肥及其它各种有机肥料。土壤有机质的组成，可以分为三大类：

（1）各种形态的动植物残体：包括未分解、半分解或已彻底分解为简单有机化合物的动植物残体，以及未分解或已分解的有机肥料和动物粪便等。它们的基本成分包括纤维素、半纤维素、木质素、蛋白质、氨基酸、糖类、油蜡、树脂、单宁物质和有机酸等。这些有机化合物的主要组成元素，都是碳、氢、氧。蛋白质和氨基酸除碳、氢、氧外，还含有氮和少量的硫、磷等元素。此外，钙、镁、钾、钠、铁、硅、铝等灰分元素和其它微量元素，也存在于上述复杂有机物质的组成中，有的成简单的无机盐类存在于生物的细胞中。

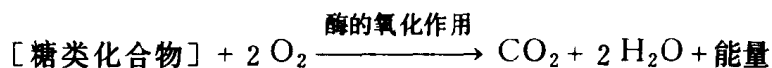
（2）腐殖质：腐殖质是动植物残体经微生物分解后再合成的一种特殊有机质。它是一种结构复杂、具有胶体性质的有机化合物。它与土壤矿物质紧密结合，只能用化学方法分离，而不能用机械方法分开。

（3）土壤微生物：土壤微生物是土壤中活的有机体，是一些肉眼看不见的微小生物。土壤微生物是土壤有机质的来源和重要组成之一。它们在土壤养分转化中，特别是有机物质的转化中，起着很大的作用。土壤微生物的数量很多，一克土中可达几千万到几十亿个。一亩地的耕层土壤中，微生物的重量有几百斤到上千斤。土壤微生物的种类也很多，包括细菌、真菌、放线菌和各种原生动物，以及低等植物如藻类等。细菌中靠分解有机物获得能量的为腐生细菌，对养分的转化影响最大，如氨化细菌、纤维分解细菌、自生固氮菌、硝化菌、反硝化菌、磷细菌和钾细菌等。生长在活的植物体上的为共生细菌，如豆科根瘤固氮菌。利用无机化合物的氧化而获得能量的为化能自养细菌，如硫细菌、铁细菌。放线菌和真菌都有分解有机物的能力。各种原生动物和藻类对有机物和无机物的分解，也有一定作用。有的藻类（如固氮蓝藻）还有固定氮素的能力。土壤微生物对生活条件（包括水分、养分、空气、温度和酸碱度等）有一定的要求。其中有的适宜于通气良好的条件下活动，称为好气性微生物；有的适宜于通气不良的条件下活动，称为嫌气性微生物；还有的既可在通气条件下，也可在嫌气条件下活动，称为兼气性微生物。

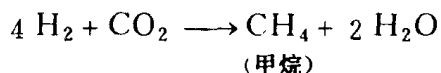
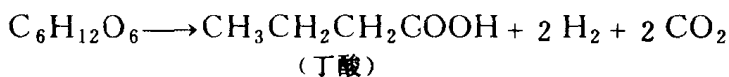
2. 土壤有机质的矿质化

土壤中复杂的有机物质，经过微生物的一系列活动，分解为简单的无机化合物的过程，叫土壤有机质的矿质化。根据有机质的成分、所处的环境条件及转化的最终产物的不同，可分为两种类型。

（1）碳水化合物的分解与转化：含有淀粉、纤维素、木质素等碳水化合物的土壤有机质，在通气良好的情况下，能很快地被彻底分解，最后产生二氧化碳和水，并放出能量，从而提供植物或微生物以能量和营养物质，并为腐殖质的形成提供原料。其反应可用下列通式表示。

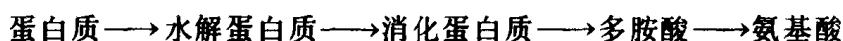


在通气不良的情况下，有机质则进行缓慢的嫌气分解，不仅产生的能量较少，而且还会产生各种有机酸和一些还原物质，影响作物的正常生育，如丁酸、甲烷等，会对水稻的秧苗产生毒害作用。

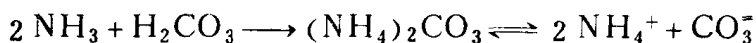
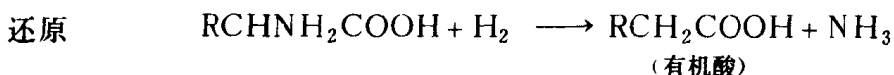
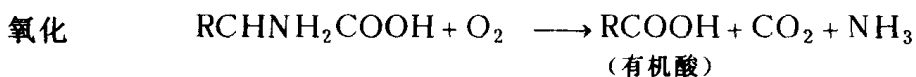
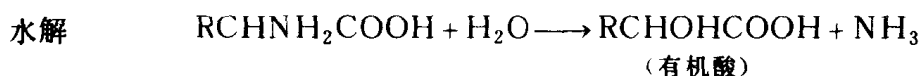


(2) 含氮化合物的分解与转化：土壤中的含氮有机质主要是蛋白质，其矿化过程可归纳为下列四个方面：

①氨基化作用 指蛋白质及其类似的含氮化合物在水解酶的作用下，逐步分解成各种氨基酸的作用。这类产物只能为进一步转化提供原料，一般说来，不能为作物所直接利用。

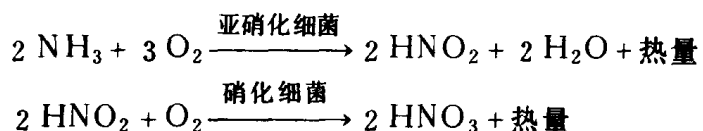


②氨化作用 指氨基酸在酶的作用下进一步水解或氧化或还原生成氨和铵离子的作用，可分别由下列反应式表示：



氨化作用是决定土壤氮素供应水平的一个重要因素。在微生物活动旺盛的情况下，不论土壤通气状况如何，氨化作用均能旺盛的进行，所分解出的氨和铵盐，可被作物及微生物吸收利用，未被利用的部分，或以 NH_4^+ 的形态被土壤胶体吸附，或在土壤中继续转化，如被特定的微生物氧化成硝态氮。

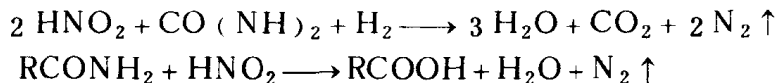
③硝化作用 指氨或铵盐被氧化成为硝酸盐的作用。这一作用分为两个阶段进行：先是在亚硝化细菌的作用下，由氨氧化成亚硝酸；再在硝化细菌的作用下，由亚硝酸氧化成硝酸。其反应式为：



硝化作用只能在通气良好的条件下才能顺利进行。所产生的硝酸在土壤中成硝酸盐形态存在，容易被作物吸收利用，但也易随水流失。

④土壤氮的还原作用 根据引起氮的还原作用机制的不同，又可分为生物还原作用和化学还原作用。氮的生物还原作用是硝酸盐在反硝化细菌的作用下，被还原成亚硝酸甚至成为游离氮素而挥发损失的作用。这种作用就是通常所指的反硝化作用。氮的化学还原作

用是在微酸性条件下，亚硝酸与某些铵盐或简单的胺类，甚至不含氮的硫化物和糖类化合物等接触时，所引起的氮素挥发损失的作用。例如：



土壤中氮的还原作用所引起的氮素挥发损失，对土壤保持氮素营养是不利的。所以，应采取合理的灌排、耕作等措施，以保持土壤的通气性，使之有利于硝化作用的进行，并抑制反硝化作用的进行。

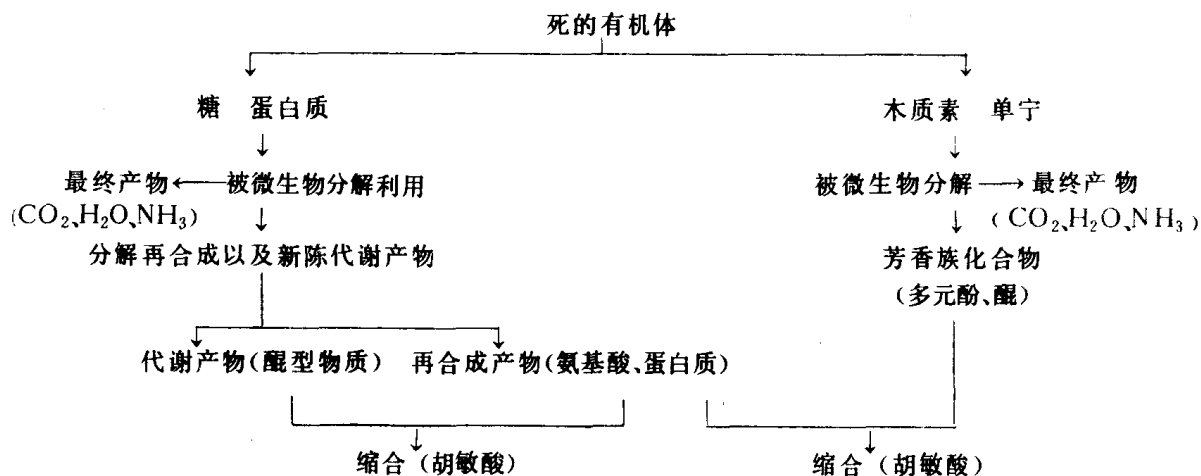
此外，土壤中还存在有含磷和含硫的有机物质，它们同样能在通气良好的条件下，经微生物作用，被分解转化成能给作物吸收利用的简单的磷酸盐和硫酸盐等物质。在通气不良的情况下，则又可能被还原成有毒的磷化氢和硫化氢，危害水稻生长。

3. 土壤有机质的腐殖质化

土壤有机质在微生物的作用下，先进行分解，然后再重新合成一种更为复杂的有机化合物（即腐殖质）的过程，叫土壤有机质的腐殖质化。

腐殖质的主要组成成分是碳、氢、氧、氮等，它含有羧基、羟基等多种多样的功能团。

腐殖质的形成是一种非常复杂的生物化学过程，根据现代的研究成果认为，一般可分为两个阶段：第一阶段是土壤中的有机质，由于微生物的作用，在分解成简单的有机化合物的同时，又产生新的再合成产物和代谢产物，它为腐殖质的形成提供了基本成分，如芳香族化合物（多元酚）、含氮化合物（氨基酸或肽）和糖类等。第二阶段是芳香族化合物和含氮化合物等，在微生物的作用下，缩合成腐殖质。腐殖质形成的生物化学过程可用下面图式说明：



土壤中的腐殖质一般可概括为胡敏酸和富啡酸两大类。

胡敏酸是一类溶于碱而不溶于酸的黑色或褐色高分子化合物，具有多价酸根，是无定形的胶体物质。它是腐殖质中作用较大的一种。它的组成元素主要是碳、氢、氧、氮，其次还有硫和磷等。胡敏酸与一价阳离子 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 等形成的盐类可溶于水，与 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 Fe^{+++} 、 Al^{+++} 等离子形成的盐类难溶于水或不溶于水，成凝胶状，易于聚沉，是良好的土壤结构胶结剂。

富啡酸是一类既溶于碱又溶于酸的、分子量比胡敏酸小的、呈黄色或淡棕色的高分子

化合物，也具有多价酸根，也是无定形的胶体物质。它的组成和结构与胡敏酸相似，但比胡敏酸的含碳量低，含氧量高，分子较小。它的一、二、三价盐类都溶于水，不易絮凝。富啡酸的酸性和活性较强，能促进化学风化，致使养分流失。

有机质的矿质化和腐殖质化在土壤中是互相依存，同时进行的两个相反过程。矿质化促进了养分的释放供应，也为腐殖质化提供了原料，但如果矿质化过于强烈，释放出的养分作物来不及吸收，将会造成养分的淋失。有机质的腐殖质化可以保蓄养分，减少淋失，但腐殖质化过于强烈时，又有可能削弱矿质化的进行，并造成土壤中有效养分的供应不足。因此，农业生产中要求土壤具有适当的矿质化过程，以保证对作物养分的供应。对于土壤的腐殖质化，则要求土壤腐殖质保持在较高的水平上，以保证养分的不断积累和持续供应，并有利于改善土壤的理化性状，提高调节水、肥、气、热的能力。所以，对土壤有机质的矿质化和腐殖质化，常需根据作物高产的需要，有意识地进行控制和调节。

4. 影响土壤有机质转化的因素

(1) 土壤通气状况：在土壤空气流通、氧气充足的条件下，好气性微生物活跃，有机质能迅速彻底地分解为简单的无机化合物，而不易形成腐殖质；在通气不良，特别是土壤长期积水、氧气不足的情况下，有机质的氧化分解缓慢，营养元素释放得慢，并且容易积累还原性物质，如亚铁、甲烷、硫化氢、有机酸等。因此，土壤通气过旺和通气不良都不好。适当的干湿交替，好气条件和嫌气条件相互调剂，才是有利的土壤有机质转化条件。

(2) 土壤水热状况：微生物对土壤有机质的转化起着主要作用，而土壤水分含量和温度又直接影响着微生物的生命活动。水分过少时，微生物的活动和有机质的分解缓慢，风干状态的植物残体几乎不进行分解。水分过多时，分解也慢，并产生还原性的中间产物。试验证明，土壤微生物活动最适宜的温度大体在25—30℃的范围，适宜的湿度约为田间持水量的60—80%。

(3) 有机质的碳氮比率(C/N)：有机质中碳素和氮素含量的比值叫碳氮比率。微生物每吸收1份氮，必须同时吸收5份碳用以构造微生物本身的体细胞，同时要消耗20份碳作为生命活动能量的来源。这样，微生物分解活动所需有机质的碳氮比，大致为25:1。当有机质的C/N为25:1或稍小时，最有利于微生物的分解活动，分解也较快。如果有机质的C/N小于25:1，则微生物分解之后，有多余的氮素留给土壤，供作物吸收。如果C/N大于25:1，微生物由于缺乏氮素营养，分解就慢，同时微生物还须从土壤中吸收氮素以平衡它的C/N，这样就会造成土壤暂时缺乏有效氮素的现象。在生产实践中施用禾本科残体作有机肥时，因其C/N高(一般约为40:1，高的达80:1，而豆科作物残体则只20—30:1)，宜施用少量氮肥，以促进其分解。

除上述主要影响因素以外，土壤的其它理化性质(如土壤酸碱度、土壤的组成等)，以及气候条件、耕作、施肥、灌排等措施，均对有机质的转化有明显影响，并且这些影响因素是互相联系、制约和综合起作用的。

5. 土壤有机质与土壤肥力的关系

土壤有机质对土壤和作物的作用，可概括为以下五点：

(1) 作物养分的重要来源：土壤有机质中含有多种营养元素如氮、磷、钾、碳、硫等。同时腐殖质比较稳定，分解缓慢，可以持续供应作物所需的养分。有机质分解产生的