

土壤学 及新疆土壤

主编

胡志林

钟骏平

新疆科技卫生出版社(K)

土壤学及新疆土壤

主 编	胡志林	钟骏平
编著者	胡志林	钟骏平
	常直海	肖 明
	贺瑶琴	李叙勇

新疆科技卫生出版社(K)

责任编辑:张世雄

封面设计:戈捷

土壤学及新疆土壤

胡志林 钟骏平 主编

新疆科技卫生出版社(K)出版

(乌鲁木齐市延安路4号 邮政编码 830001)

新疆新华书店发行 新疆八一农学院印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 18.5印张 435千字

1993年4月第1版 1993年4月第1次印刷

印数:1—3000

ISBN7-5372-0492-6/S·104 定价:11.90元

内容提要

本书包括土壤学及新疆土壤两部份内容，共 20 章。第 1、2 章介绍土壤矿物质及土壤有机质，对土壤次生粘土矿物的形成与特性，土壤有机质含量的动态平衡作了较为深入论述。第 3 章系统地阐明了土壤物理性质指标，在土壤物理力学性质中，重点讲述了“水膜”概念，以有利于对粘结性、粘着性和可塑性的理解。第 4 章是土壤水，将能量概念与实际相结合，并给出了土壤水各分势的计算公式以及在达西定律中的运用，并推导出一维土壤水运动的基本方程。第 5 章是土壤空气和热量。第 6 章为土壤胶体与土壤吸收性能；第 7 章土壤养分；第 8 章土壤的基本化学性质，都基本上反映了现代土壤化学研究的成果。由于环境问题的迫切性，增加了土壤污染（第 9 章）内容。从第 10 章开始是土壤地理学内容。在第 10 章中，阐明了土壤形成因素学说的新发展，及西蒙森对形成过程的归纳。关于土壤剖面层次命名主要根据联合国粮农组织资料编写。土壤分类（第 11 章）中，增加了关于分类学中基本概念及土壤分类原则的论述，以当前使用的新疆土壤分类系统，作为地理发生分类的代表，而以中国土壤系统分类作为我国土壤分类发展的前景，并代表当前国际诊断分类，使分类数量化的潮流。第 12 章以相互联系的观点阐明了新疆土壤形成条件特征，重点论述了干旱盆地自然条件的“同心园”分布规律。第 13 章至 19 章是土类各论，先论述了地带性的土壤类型，即森林土壤，草原土壤，荒漠草原与荒漠土壤。接着论述了非地带性的土壤，即水成土壤，盐碱土，耕种土壤及高山土壤等。最后介绍了新疆土壤数据库系统。这些章节充分利用了于近年完成的新疆第二次土壤普查及其他土壤调查所提供的最新资料。

本书可供土壤及有关专业学生教学使用，亦是新疆土壤及环境科技工作者一本良好的参考书。

前 言

《土壤学及新疆土壤》是针对在新疆进行土壤学教学的需要而编写的。土壤有很强的地域性。新疆位于我国西部边陲,面积辽阔,占全国国土总面积的 1/6,且境内高山低盆,自然环境十分独特和复杂多样。全国性教材由于篇幅限制等原因,皆难以满足在新疆教学的需要。早自 50 年代起,新疆八一农学院土壤教研室即编写《新疆土壤》等油印教材,作为统编教材的补充。本书即是在历次自编教材基础上,吸取土壤学科新发展及新疆土壤调查的最新成果编写而成的。

全书除绪论外,共二十章。其中:绪论、第六、七、八、九、十七章由胡志林编写;第十、十一、十二、十五、十九章由钟骏平编写;第十三、十四、十六、十八章由常直海编写;第三、四、五章由肖明编写;第一、二章由贺瑶琴编写;第二十章由李叙勇编写。第一~九章常直海进行过初审,最后由胡志林修改定稿。第十~二十章由钟骏平修改定稿。

本书以新疆地区土壤专业学生为主要对象,亦可供农学、林学、草原、园艺、农经、环境、水利等各专业学生和各类土壤培训班教学使用。还可作为新疆地区土壤及环境科技工作人员的参考书。

由于水平所限,书中难免不妥或错误之处,欢迎读者批评指正。

编著者

1993 年 3 月

目 录

绪论	(1)
第一章 土壤矿物质和土壤质地	(5)
第一节 地壳的化学成分和岩石的矿物组成	(5)
第二节 风化作用与成土母质	(6)
第三节 土壤矿物质	(8)
第四节 土壤的机械组成	(15)
第二章 土壤有机质	(22)
第一节 土壤中有机质的来源和存在状态	(22)
第二节 土壤有机质的组成	(23)
第三节 土壤有机物质的转化	(27)
第四节 土壤有机质含量的动态平衡	(31)
第三章 土壤的孔性、结构性和耕性	(33)
第一节 土壤的物理性质指标	(33)
第二节 土壤的孔隙状况	(37)
第三节 土壤结构体	(41)
第四节 土壤耕性	(46)
第四章 土壤水	(51)
第一节 土壤水的概念	(51)
第二节 土壤水的保持、类型和性质	(51)
第三节 土壤水的能量状态	(56)
第四节 土壤水分特征曲线	(61)
第五节 土壤水运动	(65)
第六节 田间水分循环	(71)
第七节 土壤—植物—大气连续体中水流的运动	(74)
第五章 土壤空气和热量	(81)
第一节 土壤空气	(81)
第二节 土壤热量状况	(86)
第六章 土壤胶体与土壤吸收性能	(97)
第一节 土壤胶体	(97)
第二节 土壤交换性吸收	(105)
第三节 土壤其他形式的吸收作用	(110)
第七章 土壤养分	(112)
第一节 土壤养分的来源与消耗	(112)

第二节	土壤养分的含量、形态及其转化·····	(113)
第三节	土壤的营养诊断·····	(122)
第八章	土壤的基本化学性质·····	(127)
第一节	土壤溶液·····	(127)
第二节	土壤酸碱反应·····	(129)
第三节	土壤的缓冲性能·····	(134)
第四节	土壤氧化还原反应和络合反应·····	(135)
第九章	土壤污染·····	(141)
第一节	土壤污染概述·····	(141)
第二节	农药对土壤的污染·····	(143)
第三节	无机污染物在土壤中的动态·····	(148)
第四节	土壤的生物性污染·····	(152)
第五节	土壤污染的防治·····	(153)
第十章	土壤形成·····	(156)
第一节	土壤形成因素·····	(156)
第二节	土壤形成过程·····	(162)
第三节	土壤剖面层次命名·····	(168)
第十一章	土壤分类·····	(173)
第一节	分类学中的基本概念及土壤分类原则·····	(173)
第二节	我国及新疆的土壤分类系统·····	(177)
第三节	我国土壤分类的展望——中国土壤系统分类·····	(183)
第十二章	新疆土壤形成条件·····	(196)
第一节	地理位置、地质历史和地形·····	(196)
第二节	气候与水文·····	(198)
第三节	植被及人类农业生产活动·····	(201)
第十三章	森林土壤·····	(205)
第一节	概述·····	(205)
第二节	棕色针叶林土·····	(207)
第三节	灰色森林土·····	(210)
第四节	灰褐土·····	(212)
第五节	新疆山地森林土壤的保护利用·····	(215)
第十四章	草原土壤·····	(218)
第一节	黑钙土·····	(218)
第二节	栗钙土·····	(220)
第十五章	荒漠草原与荒漠土壤·····	(223)
第一节	棕钙土·····	(224)
第二节	灰钙土·····	(226)

第三节	荒漠土壤·····	(228)
第十六章	水成土壤·····	(234)
第一节	草甸土·····	(234)
第二节	沼泽土·····	(235)
第三节	林灌草甸土·····	(236)
第十七章	盐碱土·····	(240)
第一节	新疆盐土的成因和特点·····	(240)
第二节	新疆盐土的类型·····	(242)
第三节	盐分对作物的危害及作物的耐盐性·····	(244)
第四节	新疆的碱土·····	(247)
第五节	盐碱土的改良利用·····	(249)
第十八章	耕种土壤·····	(253)
第一节	灌耕土·····	(253)
第二节	灌淤土·····	(258)
第三节	潮土·····	(261)
第四节	水稻土·····	(264)
第十九章	高山土壤·····	(267)
第一节	概述·····	(267)
第二节	高山草甸土与亚高山草甸土·····	(268)
第三节	高山草原土与亚高山草原土·····	(269)
第四节	高山漠土与高山寒漠土·····	(270)
第二十章	新疆土壤数据库·····	(272)
第一节	基本概念·····	(272)
第二节	土壤信息系统·····	(276)
第三节	新疆土壤数据库·····	(277)
	主要参考书目·····	(285)

绪 论

一 土壤的位置与其在生态系统中的作用

(一) 地球的外圈和土壤的位置

地球由若干个不同状态和不同物质的同心圈层所组成。地球表面的一个圈层，主要由富含硅、铝的硅酸盐类岩石组成，称为地壳，又称岩石圈。在地壳的表面和外围是大气圈、水圈和生物圈。大气圈是环绕地球最外层的气体圈层。水圈包括地球上的海洋、江河、湖泊等，它是一个连续而不规则的圈层。生物圈是地球上所有生命物质的部位和空间，它几乎可以深入到整个水圈，以及大气圈和岩石圈的一部分。上至海平面以上数十公里，下至海平面下十余公里以及地表下几百米都有生命活动，都是生物圈的范围。

地壳表层的岩石受到太阳辐射热以及大气圈、水圈、生物圈中水、氧、二氧化碳和生物的共同作用，逐渐风化破碎，形成了一个疏松的外壳，叫做风化壳。风化壳的表层生物活动强烈，生物（包括植物、动物、微生物）比较集中，积累的有机质较多。这个风化壳的表层就是土壤。

从土壤在地球上的位置可见，它在自然界不是孤立存在的。土壤和岩石、大气、水、生物处在永恒的相互作用中，这种相互作用表现在它们之间不断地进行着物质与能量的循环和转化。这种循环与转化，从上到下可分为三层：第一层是来自宇宙的能流（光、热）和来自大气的物质流（ H_2O 、 CO_2 、 O 、 N 等），其中部分为生物所固定，形成生物物质，部分又经生物呼吸、蒸发蒸腾和吹扬又进入大气；第二层是生物与土壤间以及同大气、水圈之间的物质、能量的交换。绿色植物利用光能与来自土壤水分和养分制造有机物质，这些物质在土壤中经微生物的分解，部分归还大气，部分进入岩层，部分残留于土壤中进行再循环；第三层是土壤与岩石或岩石风化体之间的物质和能量的交换，例如水分、热量进入岩石圈，促进岩石风化，而岩石的风化又为土壤和生物提供了营养元素。

(二) 土壤在生态系统中的作用

土壤是岩石圈经过生物圈、大气圈和水圈长期和深刻的综合影响而形成的。因此，土壤是陆地生态系统的组成要素或子系统。以土壤为中心由土壤与其环境条件组成的系统称为土壤生态系统。它是相互联系、相互制约的多种因素有机结合的网络模式。它有各种复杂多变的组成，特定的结构、功能和演变规律。在土壤生态系统中，物质和能量流不断地由外界环境向土壤输入，通过土体内的迁移转化，必然会引起土壤成分、结构、性质和功能的改变，从而推动土壤的发展与演变；物质和能量流从土壤向环境的输出，也必然会导致环境成分、结构和性质的改变，从而推动环境的不断发展。然而，土壤生态系统也具有保持生态平衡相对稳定的调节能力。所以，土壤生态系统是一个为能量流和物质流所贯穿的开放系统。

土壤在陆地生态系统中处于各环境要素紧密交接的地带，是连接各环境要素的枢纽，也是结合无机界和生物界的中心环节。因此，土壤生态系统是控制陆地生态系统的中央枢纽，是所有环境要素中物质和能量迁移转化最为复杂和活跃的场所。而且，由于土壤和植物密切联系，构成陆地生态系统的核心，使土壤成为陆地生物食物链的首端。

二 土壤与人类

(一) 土壤的定义

土壤是地球陆地表面生长植物的疏松层，它以不完全连续的状况存在于陆地表面，可以称为土壤圈。

土壤是独立的历史自然体，有着自己的生成发展过程。在土壤的发展过程中，受到人类劳动的深刻影响。所以土壤是生物、气候、母岩、地形、时间和人类生产活动等成土因素综合作用下的产物。

土壤是由固、液、气三相物质组成的疏松多孔体。固相物质包括矿物质、有机质和土壤生物。在固相物质之间，为形状和大小不同的孔隙，在孔隙中存在水分和空气。

土壤是由一系列不同性质和质地的层次构成的。故各类土壤都有一定的剖面构型。土体构型是土壤分类的主要依据。土体内物质的迁移和转化过程，不但在土壤各组成成分之间，也在各土层之间进行，因此，土壤质量评价不能只看土壤表层，并要考虑整个土壤剖面。

土壤有三个重要的功能，即土壤肥力，土壤净化力和土壤自动调节能力。从农业生产的角度看，土壤的本质属性是具有肥力，即土壤从环境条件和营养条件两方面供应和协调植物生长发育的能力。土壤温度和空气属于环境因素，土壤养分和水分属于营养因素。而土壤的缓冲性、多孔性和吸收性是反映调节作用的主要特性。土壤肥力是土壤理化、生物特性的综合反映，它是一个动态的过程，可以变好，也可变坏。从环境科学的角度看，土壤是人类环境的一个重要组成要素，它具有同化和代谢外界环境进入土体的物质的能力，使许多有毒、有害的污染物质变成无毒物质，甚至化害为利，这就是所谓土壤净化力，所以土壤是保护环境的重要净化体。土壤作为一个生态系统，具有维持本系统生态平衡的自动调节能力，它是土壤的综合协调作用的反映。

(二) 土壤是农业的基地

农业生产的基本特点是生产具有生命的生物有机体，为人类提供生活资料和工业原料。其根本任务是供应人类生命活动必须的能源，这首先得依靠利用土壤来栽培绿色植物。如果说绿色植物是生产生命能源的工厂，那么土壤就是生产生命能源的基地。

农业生产包括植物生产、动物生产和土壤管理三个环节。从能量和有机质的来源看，如果没有绿色植物通过光合作用把太阳的辐射能转变为植物有机质中的化学能，同时从土壤中吸收养料，那么动物维持生命所必需的能量和营养物质就没有来源。所以，土壤不仅是植物生产的基地，也是动物生存的基础。此外，土壤中大量的微生物是有机质的分解者。在农业生产中，常要把动植物生产的废物通过土壤管理还诸于土壤，利用微生物的分解作用，增加土壤有效养料，提高土壤肥力，促进动植物生产的发展。因此，把植物生产、动物生产和土壤管理三个环节在土壤的基础上结合起来，不仅对维护和发展农田生态系统中的能量和养料循环有着极大意义，而且对于持续发展整个农业生产，也是必要的。

(三) 土壤是可更新的农业自然资源

土壤为人类服务已有数千年历史，只要合理使用，土壤可以越种越肥。但是，如果使用不合理，肥沃的土壤就会毁于一旦。我们必须深刻理解土壤作为资源的特殊意义，珍惜它作为农业基本生产资料而具有再生作用的特点，从而充分认识到自己的责任，把土壤看作是全人类的永久财富。我们只有合理使用、保养土地，不断提高土壤肥力的义务，而没有任意破坏、污染土壤的权利。否则将成为历史的罪人。

在人类历史上，由于滥伐森林，过度放牧，不合理利用土壤，而使土壤资源遭到严重破坏的例子是很多的，由此所造成的恶果主要有土壤侵蚀、土壤砂化、土壤盐碱化、土壤变质退化、土壤污染等。这些世界性的土壤问题在我国也不同程度地存在着。它们对人类将来的幸福带来的威胁，可能要比空气和水的污染所带来的威胁更大，对此人们必须予以足够的重视。

（四）土壤是人类环境的重要组成要素

在环境科学中，土壤还被看作是人类环境的重要组成部分，它和大气、水、生物和矿产一样对于人类社会具有同等重要意义。近年来由于环境污染问题越来越突出，环境科学的发展已对土壤工作提出了新的课题——土壤污染的监测、防治以及净化标准的制订等等。由此可见，近代的土壤学已有了新的的发展，它已成了新兴的环境科学中重要的组成部分。

综上所述，土壤由于具有多方面作用，从而成为人类生存和发展的历史舞台。它一直在上演人类文明的兴起与衰落的喜剧与悲剧。历史上伟大的文明总是要由肥沃的土壤来孕育。古代尼罗河流域埃及王期的繁荣，是由于河谷的肥沃土壤生产丰富的粮食才可能建立起来的。同样，我国的长江和黄河流域，印度的印度河，美索不达米亚平原的底格里斯河和幼发拉底河的谷地土壤，都是灿烂文明的诞生地；相反，世界上有为数众多的文明古迹已被荒凉的土地所湮没。历史的经验值得注意，爱护土壤就是爱护人类！

三 土壤科学发展简史

土壤科学的发展已经历了近 200 年，从 1840 年至 1920 年的 80 年中，有几个方面的研究成果奠定了土壤学的发展基础。1840 年李比西的“土壤矿质营养学说”促进了近百年的土壤肥料工作的发展；1845 年至 1850 年汤姆普生 (Thompson) 和魏 (Way) 提出的土壤吸附学说，1908 年盖德罗伊茨提出的土壤胶体吸收及代换性能学说，奠定了土壤化学的研究基础；1886 年至 1887 年海尔里盖应用微生物方法分离了根瘤菌，为合理施肥与轮作提供了科学依据；1883 年道库恰耶夫提出土壤地带性学说，奠定了土壤地理学的基础。近 50 年来，由于新技术及数、理、化等学科的发展与渗透，大大推动了土壤科学的发展，特别是在研究方法上有所进步。但整个土壤科学在观点和理论上尚未出现象核子裂变突破物理学，遗传工程突破生物学那样大的进展。每门科学都有它的萌发期或在新的突破前的相对静止期，或许可以认为土壤学的发展当前正处在新的突破前的相对静止阶段。

四 当前土壤学的发展趋势

土壤学是一门既复杂又综合的独立自然科学。它与物理学、化学、生物学、环境生态学、地学、农学等的关系极为密切。当前土壤学的发展，大致有以下五个方面：

第一 宏观与微观的发展相结合，在宏观上，比较重视土壤资源的合理利用，生产潜力的开发，生态环境的保护，水土保持及防止环境污染等。

在微观方面，涉及到植物营养、根际界面、水热变化、微形态、微结构、微区系。尤其重视土壤胶体表面的深入研究。在各分支中，模式研究被广泛采用。

第二 理论与实践的深入与结合，当前土壤学的发展是在重视理论的高度上，即重视学科发展的基础上注意与实践的结合。这两者是相辅相成的。理论是基础，实践是理论的进一步发展与推动。

当前欧、美土壤学研究在理论上的进展很快。很多应用研究的结果，都能很好的从理论上加以阐明。例如，土壤物理着重水分性质与水热机制的研究；土壤肥力着重营养元素迁移

与物质循环的研究；土壤化学着重胶体表面性质与元素化学性质变化的研究。又如研究氮肥的施用，同时注意弄清氮素在土壤中的迁移、转化（包括硝化、反硝化）的各种机理。

另一方面，更加注重应用与实践的研究。当前，较多的土壤学者对如何使“土壤满足人类对它日益多样化和集约化的要求”进行了研究，如关于土壤资源普查评价、土壤作物生长基质、土壤侵蚀、矿物残渣的利用、金属与农药污染及酸雨等课题。

第三 定量研究与长周期性、稳定的定位研究，土壤研究与定性描述向定量指标化、向标准化发展是当前国际上的一个重要趋势。特别是研究土壤发生与土壤分类，不再凭人们的概念、印象，而是从实验数据中作出结论，例如研究诊断土层和诊断特性等，就是通过定量分析，以实验数据为依据的。

第四 土壤学的发展对新实验技术的依赖性越发突出，事实表明，X 衍射及电镜的运用促进了土壤化学及胶体化学的发展；气相色谱推进了生物固氮及环境保护的研究；遥感技术为土壤资源及制图研究提供了新的手段；而电子计算机的运用使建立土壤数据库和土壤信息系统成为可能。因此，可以认为这种新技术、新仪器在土壤科学研究中的运用，必将对土壤学的发展带来新的突破。

第五 学科的综合研究与渗透发展。当代土壤学发展的特点是“土壤学一方面在高度分化，同时又在高度综合”。随着研究工作的不断深入，学科分支越趋细微。但各项研究工作则更加需要各分支间的相互配合与渗透。特别是研究土壤肥力、解决土壤生产力等问题时更需要土壤学的各分支相互配合。即使是在同一学科项目中，也要从单项研究走向综合研究。例如研究植物营养元素，除进行 P、N、Mo、Zn 等单项研究外，还必需进行 P—Zn、P—N、Ca—P—Mo 及 N—P—Mo 等之间交互作用的研究，只有这样才能充分研究出各营养元素之间的关系和植物营养机理。

特别应该提到的是，土壤学学科的发展也面临着与其它学科结合与交叉。如土壤学与生物学、地学、地球学、环境科学、生命科学、生态学等的结合与交叉。可以想见，当代土壤学的新发展，有可能通过与其它科学的交叉而出现新的突破。

第一章 土壤矿物质和土壤质地

土壤固体部分由矿物质，有机质和微生物组成，其中矿物质部分一般占土壤固相重量的95%~99%左右，构成土体骨架。土壤矿物质的组成和性质如何，对土壤的物理性质、化学性质以及生物学性质均有极大的影响。而土壤矿物质则是由岩石中的矿物变来的。为此，须先从地球的表层——地壳（岩石圈）的化学成分谈起。

第一节 地壳的化学成分和岩石的矿物组成

一 地壳的化学组成

地壳的化学成分极其复杂，几乎包括所有的化学元素在内，其中大约占地壳的98%是由8种化学元素组成的（图1-1）。而氧和硅两种元素就占了75%。许多动植物生长中很重要的元素只有很少的数量。这些元素和它们的化合物在地壳中的分布与分配是不均匀的。它们在各种岩石或矿物中的平均含量也不一样，有的元素分布比较集中，有的元素则比较分散。这主要取决于元素的地球化学性质，并与它们在地壳中所处的状态及其周围环境条件密切相关。

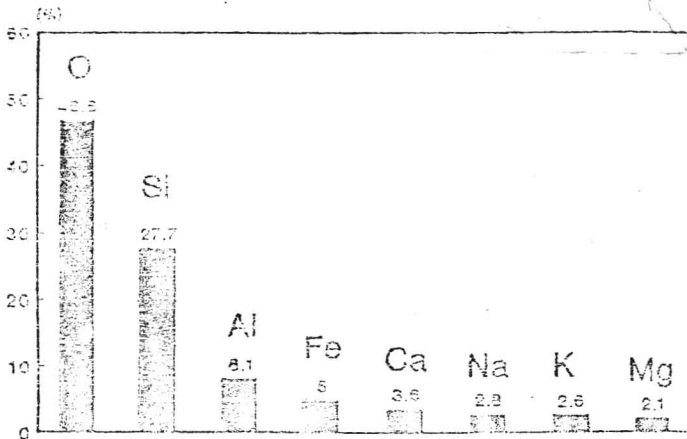


图1-1 地壳中主要化学元素组成图示

二 岩石的矿物组成

地壳中大多数的元素都和别的一种或几种元素化合成为化合物，称为矿物。矿物通常都混合在一起形成地壳的岩石。岩浆岩、页岩和砂岩的矿物组成（表1-1）。石灰岩也是一种重要的沉积岩，大部由钙和镁的碳酸盐所组成，并杂有含量不定的其它矿物。在这些岩石中的主要矿物是长石、辉石、角闪石、石英、云母、粘土矿物、褐铁矿及碳酸盐。

如上所述，地壳是由各种岩石（岩浆岩、沉积岩、变质岩）构成的，岩石又是由各种矿

物组合而成的，而矿物则是由一种或两种以上化学元素化合而成的。构成地壳的物质是处于不断运动和转化之中。

表 1-1 岩浆岩和沉积岩的平均矿物组成

矿物组成	来源	岩浆岩 (%)	页岩 (%)	砂岩 (%)
长石	原生	59.5	30.0	11.5
角闪石和辉石	原生	16.8	/	少量
石英	原生	12.0	22.3	66.8
云母	原生	3.8	/	少量
含钛物质	原生	1.5	/	少量
磷灰石	原生或次生	0.6	/	少量
粘土	次生	/	25.0	6.6
褐铁矿	次生	/	5.6	1.8
碳酸盐	次生	/	5.7	11.1
其它矿物	/	5.8	11.4	2.2

第二节 风化作用与成土母质

风化是指露出地表的岩石或矿物，与大气圈、水圈和生物圈相互作用，使其内部性质发生化学变化和机械的破坏，改造成新物质的过程。

从岩石来看，风化是破坏作用，从风化产物来看，它产生了土壤的成土母质，为土壤的形成打下了物质基础。风化作用是地壳物质循环中的一个重要环节。

一 风化作用的类型

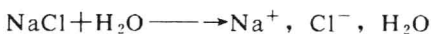
(一) 物理崩解

主要是由于外界温度的变化，引起岩石矿物之间及岩石表面与内部之间的温度差异，热胀冷缩，以及风蚀、水蚀撞击作用等，致使大的岩石崩解为较小的碎屑状，或更细小的矿物质。物理崩解为空气和水分的通透和蓄存创造了条件，使比表面增大，从而大大加速了化学分解的进程，但不改变原生矿物的结构。

(二) 化学分解

主要由水、二氧化碳和氧气参与下进行的溶解、水化、氧化、水解等的各种过程。

溶解作用：如固体可溶盐类被水溶解为溶液中的离子。



水化作用：水分子进入矿物晶格中成为化合水或结合水，使原有矿物变成含结晶水的新矿物，其结果使矿物硬度降低、体积膨胀，变为易松散的矿物物质。



氧化作用：大气中的氧气促进矿物发生氧化作用。



水解作用：水解离的 H^+ 和 OH^- 离子进入矿物晶格和组分之间发生反应，使矿物受到分

解破坏。它是化学分解中的主要作用。水解作用决定于水的解离度，水中含有的二氧化碳和有机酸可加强水的解离作用。

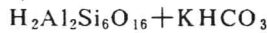


(1) 脱盐基作用

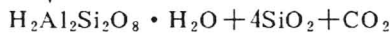


(正长石)

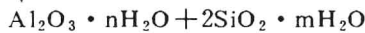
(酸性铝硅酸盐)



(游离铝硅酸)



(高岭石)



(2) 脱硅作用

(3) 富铝化作用

(三) 生物风化

岩石在生物影响下引起的破坏作用。它既有物理崩解作用，又有化学分解作用。生物风化作用的发生，也就意味着生物参与成土过程的开始。

总之，物理风化、化学风化和生物风化作用是相互联系、相互促进而共同对岩石矿物起风化作用，只是在不同的条件下，各种因素的作用强度不同而已。

二 矿物风化的难易

矿物抗拒物理风化作用的能力强弱，表面上与其硬度和解理有关，实际上是晶体结构中原子或离子排列的紧密度和结合力大小不同所造成的。在外界条件相同的情况下，矿物抗拒化学风化的能力，决定于它自身晶体结构的稳定性。常见矿物抵抗风化的相对稳定性，可按下列顺序：

橄榄石 < 辉石 < 角闪石 < 黑云母 < 钙斜长石 < 钠斜长石 < 钾长石 < 白云母 < 石英

三 成土母质

原生矿物经过风化以后，一部分为残留的原生矿物；一部分为可溶盐；另一部分则为次生矿物。这些粗细不等的矿物颗粒，是形成土壤的基础，称为成土母质。

(一) 母质特性的发育

母质与原来岩石比较有很大的区别，它不单是岩石的由大变小，而且产生了原来岩石所没有的新特性。首先，由于物理崩解的结果，使岩石由大变小，从坚硬致密状态变成松散状态，产生了对水和空气的通透性。其次，随着化学分解进一步的进行，岩石彻底分解，形成了微细的粘粒，粒间具有毛管孔隙，产生了保蓄水分的能力。由于粘粒的表面积增大，具有吸附能力，开始具备了肥力因素中的水、气、热条件。此外，岩石经过化学分解，释放出可溶性盐基物质，提供了植物所需的矿质养料的最初来源。

但是母质并不是土壤，因为它还缺乏完整的肥力。首先，作为土壤肥力重要因素之一的养分还不能得到保证，尤其缺少植物最需要的氮素。风化作用中释放出的矿质养料也处于分散态，常呈可溶盐随雨水淋失；其次是母质中的水分与空气还很不协调，远远不能满足植物正常生长的需要。所以说，母质不是土壤，它只是为肥力的进一步发展打下基础，为成土作用的进行创造了条件。

(二) 母质类型及特征

岩石经风化作用形成的母质，很少存留在原地，往往在重力、风、水、冰川等的搬运、沉积下产生各种地表沉积体。

1 残积物 未经外力搬运迁移而残留于原地的风化产物。因风化物未经搬运分选，故为杂乱堆积体，无层理，同时颗粒成分极不均匀，既有大的砾石或碎屑，也有细小的粉砂和粘粒。

2 坡积物 在重力和雨、雪、冰、水的影响下，将山坡上部的风化产物搬迁到坡脚或谷地堆积。它的分选性较差，堆积层薄、物质粗、多带棱角，在斜坡下部则较厚、较细。

3 洪积物 由山区暂时性的洪水将岩块碎屑、砂、粘粒等沿山坡下泻至山前平原地区沉积而成。其分选性较差，没有明显层理。由山谷出口处为尖端向四处分散形成洪积扇。由扇顶部向扇缘推移，形成的土壤矿物颗粒由粗变细，土层由薄变厚，肥力逐渐增高。

4 冲积物 风化碎屑经河流侵蚀、搬运在河流两岸沉积。其特点是：

(1) 成层性 因河水各时期的流量和流速不同，使粗细不同的颗粒分别沉积下来，这就是河流的分选作用。

(2) 成带性 因流速不同，除了在同一地方上下层发生质地变化外，也有区域性变化，如河流的上下游及离河远近，其质地均有不同。上游粗，下游细；近河粗，离河远则细。

(3) 成分复杂 由于河流都有一定的流域面积，冲积物分布广，来源于上游各地，故矿物质种类多，植物养料较丰富，特别是下游的冲积平原，多形成肥沃的土壤。

5 湖积物 是湖相静水沉积物，质地较细，常夹有藻类和动植物遗体，有机质丰富，因嫌气还原态使湖泥呈青灰色。在干旱地区常含大量可溶盐。

6 海积物 海边的海相沉积物，由于海岸上升或江河入海的回流淤积物露出水面而形成。各地海积物质粗细不一，有的全是沙滩，有的全是粘细沉积物。但它们都含有盐分。

7 风积物 由风力作用将其它成因的堆积物吹蚀、搬运、沉积而成。如沙丘的特点是质地粗、无层理、水分和养分缺乏。

8 黄土 其成因的认识不一，或是风力搬运堆积，或是水流搬运沉积，总之比较复杂。其特点是淡黄色，较疏松易受侵蚀、无层理、柱状节理发育，石灰含量高 ($80\sim 160\text{gkg}^{-1}$)，土质上下均匀，粉砂含量高 (600gkg^{-1} 左右)。

第三节 土壤矿物质

土壤由固、液、气三相构成。论体积，土壤固相约占一半，另一半是液相和气相。除有机质特别丰富的土壤以外，一般土壤的固相部分都以矿物质为主体。

一 土壤的矿物质组成

土壤矿物质一般占土壤固体总重量的 90% 以上。土壤矿物质一部分直接承自成土母岩；岩石中有什么矿物，土壤也有什么矿物。另一部分是在土壤形成过程中新形成的。土壤中的矿物质，按其成因可分为两大类。

(一) 原生矿物

地壳中最先存在的，经风化作用后仍遗留在土壤中的一类矿物，称为原生矿物。主要有石英、长石类、云母类、辉石、角闪石、橄榄石、方解石、赤铁矿、磁铁矿、磷灰石、黄铁矿等，其中前五种最常见。原生矿物对土壤肥力的贡献主要有两个方面，即构成土壤的骨架（砂粒和粉粒）和提供营养元素。除 C、N 外，原生矿物中蕴藏着植物所需的一切元素。

各种原生矿物在土壤中的含量和状态，一方面与母岩的矿物组成有关，另一方面决定于矿物本身的抗风化能力。一般来说，在土壤中最常见的残余原生矿物主要是一些稳定性相对较高的矿物，如石英、长石、白云母等，它们主要组成矿物质颗粒中的粗粒部分。而辉石、角闪石、黑云母在土壤中残留量很少，一般都被转化为次生矿物。

原生矿物的组成和比例很少能反映土壤形成过程的特点。但是它能说明成土母质成因的特征。土壤中原生矿物丰富说明土壤非常年轻。随着年龄的增长，原生矿物的含量和种类逐渐减少。在古老的自成型土中，它们代表抗风化的最稳定的种类。

原生矿物具有坚实而稳定的晶格，都是晶质矿物，它们不具物理—化学吸收性能，不膨胀，除少量稳定矿物外，在一定条件下会逐渐被破坏。

(二) 次生矿物

在土壤形成过程中，由原生矿物转化形成的新矿物，统称次生矿物。包括各种简单盐类（碳酸盐、重碳酸盐、硫酸盐和氯化物）；游离硅酸，二、三氧化物（ $R_2O_3 \cdot xH_2O$ ）；次生铝硅酸盐（蒙脱石、伊利石、高岭石）等。

次生矿物中的简单盐类属水溶性盐，易被淋失，一般土壤中含量较少，多存在盐渍土中。而二、三氧化物和次生铝硅酸盐，是土壤矿物质中最细小的部分——粘粒，故一般称之为次生粘粒矿物。

与原生矿物不同，许多次生矿物具有活动的晶格，强的吸收能力，能吸收水分而膨胀，具有明显的胶体性质。次生矿物的特性将影响土壤的性质。

1 铝硅酸盐粘粒矿物的结构 层状铝硅酸盐的晶体结构中包括两种基本晶片——四面体片（硅氧片）和八面体片（水铝片）。四面体片是由若干硅氧四面体（硅和四个配位的氧）连接而成；八面体片是由若干个铝八面体（铝和六个配位的氧或氢氧，具有八个面）联结而成。如图（1-2、1-3）硅氧片和水铝片相互重迭时，共用氧离子，使原子价达到饱和，因而其分子构成稳定的晶体，称为晶格或层组。晶格可由一层硅氧片和一层水铝片重迭而成的 1:1 型，或由两层硅氧片与一层水铝片组成的 2:1 型（图 1-4）。

图中大圈代表 O^- 、 OH^- ，小黑点代表位于四面体中心的 Si^{4+} 或 Al^{3+} 或者位于八面体中心的 Al^{3+} 或 Mg^{2+} 。当粘粒矿物形成时，原来晶格中的中心离子可被其它离子代换，而不破坏其晶形的构造，这种现象称为同型异质替代（同晶替代）。代换作用是否发生，一看两种离子是否带同类电荷，二看代换与被代换离子半径大小是否相近似。例如在硅氧片中常以 Al^{3+} 代 Si^{4+} 最常见；水钙片中常以 Mg^{2+} 或 Fe^{3+} （ Fe^{2+} ）代 Al^{3+} 。粘粒经常由于同晶替代而带有负电，