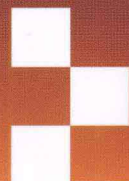
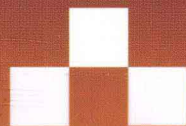


◎ “高职技艺技能技术创新工程”系列丛书

土壤肥料应用与管理

TU RANG FEI LIAO YING YONG YU GUAN LI

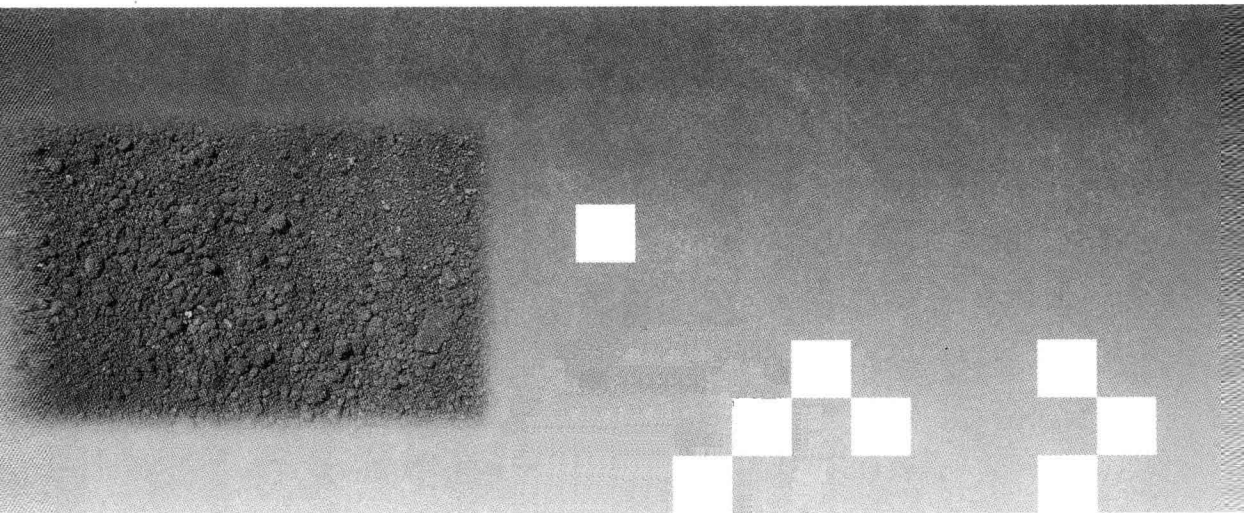


章 春 朱义龙 著

◎ “高职技艺技能技术创新工程”系列丛书

土壤肥料应用与管理

TU RANG FEI LIAO YING YONG YU GUAN LI



章 春 朱义龙 著



合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土壤肥料应用与管理/章春,朱义龙著. —合肥:合肥工业大学出版社,
2013. 5

ISBN 978-7-5650-1301-0

I. ①土… II. ①章…②朱… III. ①土壤肥力—高等职业教育—教材
IV. ①S158

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 084258 号

土壤肥料应用与管理

章 春 朱义龙 著

责任编辑 郭娟娟 魏亮瑜

出版	合肥工业大学出版社	版次	2013年5月第1版
地址	合肥市屯溪路193号	印次	2013年6月第1次印刷
邮编	230009	开本	710毫米×1000毫米 1/16
电话	总编室:0551-62903038 市场营销部:0551-62903198	印张	13
网址	www.hfutpress.com.cn	字数	240千字
E-mail	hfutpress@163.com	印刷	中国科学技术大学印刷厂
		发行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-1301-0

定价: 30.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。



前 言

土壤是一个国家最重要的不可替代的自然资源，是农业生产的基础；肥料是农业优质高产的保证，是植物的粮食。高职院校主干课程跨专业整合与教学内容优化是当前人才培养和素质教育发展的需要，是课程改革发展的必然。为适应新形势的发展需要，培养高技能应用型人才，提升种植类专业学生的综合技能，拓展学生适应工作岗位的能力，我们撰写了《土壤肥料应用与管理》这本书。

本书在撰写中，紧扣种植类专业对土壤肥料知识和技能的要求，注重突现“加强基础，淡化专业，拓宽专业面，重视应用”的原则，力求体现土壤肥料科学中新知识、新技术、新动向；尽可能加强有利于学生能力培养、可操作性强的内容，为各项种植类生产提供必需的基础理论和专业技能。为此，在书的体系上作了大胆的创新改革，将土壤、肥料、相关土壤肥料法律法规有机地交互融合成一个整体，以“土”、“肥”的辩证关系为中心，建立了土壤肥料科学新的课程体系；以整个种植类生产的特点和需要为出发点，设置课程内容。除土壤肥料的基本理论外，增加了现代新型肥料及各项施肥新技术，各类常规肥料的有效合理施用技术，土壤肥料法律法规等内容，基本上反映了本学科的前沿动向，有较强的时代特征，具有起点高、目的明确、应用性强的特点。

本书共分十五章，主要内容有土壤肥料概述；土壤矿物质；土壤有机质；土壤水；土壤空气和热量；土壤孔性、结构性和耕性；土壤保肥性和供肥性；土壤形成与分布；植物营养与施肥原理；土壤氮素营养与氮肥；土壤磷素营养与磷肥；土壤钾素营养与钾肥；土壤中的钙、镁、硫素及钙、镁、硫肥；植物的微量元素营养与微量元素肥料；复混肥料；有机肥料；土壤肥料法律法规等内容。

植物保护专业是传统的大农业专业，在新形势下，如何提升植物保护专业为农业服务的能力，如何培养出社会需要的高技能应用性创新型人

土

壤

肥

料

应

用

与

管

理

才,是摆在高等农业职业教育者面前的重大课题。本课题得到教育部“高等职业学校提升(植物保护)专业服务产业发展能力建设”和安徽省质量工程“农林类专业卓越技能型人才创新实验区”项目的支持。土壤肥料应用与管理是高职植物保护专业学生必须具备的重要技能。《土壤肥料应用与管理》是根据土壤肥料应用与管理岗位所需的专业知识和职业能力要求来撰写的。在撰写过程中本着以工作过程为导向,以职业技能为主线,以知识与技能融合为抓手,让读者了解土壤肥料方面的基本知识,掌握识土、用土、改土技术,掌握科学施肥技术,熟悉土壤与肥料管理相关法律法规。本书的出版,不仅是“高等职业学校提升(植物保护)专业服务产业发展能力建设”和“农林类专业卓越技能型人才创新实验区”建设的成果,也是土壤肥料应用与管理领域的科研成果。

本书内容力求反映土壤肥料应用与管理的最新技术、方法和成果,由于作者水平有限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。本书在撰写过程中,参阅了大量文献,值此书出版之际,向书中所引用著作的作者表示最真诚的谢意;也向安庆职业技术学院和安庆市土肥站给予的大力支持表示衷心的感谢!

编者

2013年6月

目 录

前 言	(001)
绪 论	(001)
第一节 土壤肥料在农业生产及生态系统中的地位和作用	(001)
第二节 土壤与肥料学的基本概念	(002)
第三节 土壤肥料学发展概况	(005)
第一章 土壤矿物质	(008)
第一节 成土矿物、岩石及母质	(008)
第二节 土壤粒级、质地及其性质	(012)
第二章 土壤有机质	(019)
第一节 土壤有机质的来源、含量及其组成	(019)
第二节 土壤有机质的分解和转化	(020)
第三节 土壤腐殖物质的形成和性质	(025)
第四节 土壤有机质的作用及管理	(027)
第三章 土壤水	(030)
第一节 土壤水分类型与有效性	(030)
第二节 土壤水能量	(033)
第三节 土壤水运动	(036)
第四节 土壤水的调控	(039)
第四章 土壤空气和热量	(041)
第一节 土壤空气	(041)
第二节 土壤热量	(043)

土

壤

肥

料

应

用

与

管

理

第五章 土壤孔性、结构性和耕性	(047)
第一节 土壤孔性	(047)
第二节 土壤结构性	(049)
第三节 土壤耕性	(052)
第六章 土壤保肥性和供肥性	(056)
第一节 土壤胶体及其基本特性	(056)
第二节 土壤保肥性、供肥性与植物生长	(061)
第三节 土壤的吸附保肥作用	(063)
第四节 影响土壤供肥性的化学条件	(069)
第五节 土壤酸碱性与氧化还原性	(071)
第六节 土壤氧化还原性	(079)
第七章 土壤形成与分布	(082)
第一节 土壤形成	(082)
第二节 土壤分布	(086)
第三节 我国土壤分类	(087)
第八章 植物营养与施肥原理	(089)
第一节 植物必需营养元素	(089)
第二节 植物对养分的吸收	(091)
第三节 影响植物吸收养分的环境条件	(100)
第四节 植物的营养特性	(105)
第五节 合理施肥的基本原理与技术	(109)
第九章 土壤氮素营养与氮肥	(115)
第一节 土壤中的氮素及其转化	(115)
第二节 氮肥的种类、性质与施用	(119)
第三节 氮肥的合理施用	(126)
第十章 土壤磷素营养与磷肥	(129)
第一节 土壤中的磷素及其转化	(129)
第二节 磷肥种类、性质与施用	(130)
第三节 磷肥的合理施用	(134)



第十一章 土壤钾素营养与钾肥	(136)
第一节 土壤中钾的形态和转化	(136)
第二节 钾肥的种类、性质与施用	(137)
第三节 钾肥的合理分配和施用	(139)
第十二章 土壤中的钙、镁、硫素及钙、镁、硫肥	(141)
第一节 土壤中的钙、镁、硫素	(141)
第二节 钙、镁和硫肥的种类与施用	(142)
第十三章 植物的微量元素营养与微量元素肥料	(144)
第一节 植物的微量元素营养	(144)
第二节 土壤中的微量元素	(150)
第三节 微量元素肥料及施用	(151)
第十四章 复混肥料	(154)
第一节 概述	(154)
第二节 混合肥料生产	(157)
第三节 复混肥料的施用	(160)
第十五章 有机肥料	(163)
第一节 有机肥料概述	(163)
第二节 有机肥料的腐熟与管理	(164)
第三节 有机肥料的主要类型	(165)
第四节 有机肥利用存在的问题及对策	(169)
附 录	(170)
中华人民共和国土地管理法	(170)
中华人民共和国土地管理法实施条例	(184)
肥料登记管理办法	(193)
参考文献	(199)

绪 论

俗话说“民以食为天，食以土为本”、“庄稼一枝花，全靠肥当家”、“品种确定以后，有收无收在于水，收多收少在于肥”，土壤肥料学就是要了解和掌握土壤肥料的基本理论和基本技术等，以便更好的识土、用土和改土，合理施用肥料，达到提高经济效益，同时保护环境的目的。

第一节 土壤肥料在农业生产及生态系统中的地位和作用

21 世纪怎么养活 13 亿中国人？只有靠我们自己，利用土壤、肥料和其他科技提高单位面积产量。

一、土壤是农业最基本的生产资料和农业生产链环中物质与能量循环的枢纽

在人类赖以生存的物质生活中，人类消耗的约 80% 以上的热量，75% 以上的蛋白质和大部分的纤维都直接来自于土壤。

农业生产环节：植物生产——动物生产——土壤管理。第一、二环节未被利用的残体通过土壤管理归还土壤，培肥土壤，提高肥力，进一步促进第一、二环节的生产，使物质和能量得以循环利用。

二、土壤是自然界具有再生作用的自然资源

土壤资源的再生性与质量的可变性：治之得宜，地力常新。

土壤资源数量的有限性：土壤资源的破坏 = 吃祖宗的饭，断子孙的路。

土壤资源空间分布上的固定性：土壤具有地带性分布规律。

从某种意义上说，土壤是不可再生资源，因为土壤的形成需上百年甚至上千年，但毁坏却是很短的一段时间，因此我们要合理利用土壤资源，不断提高土壤肥力，发挥其再生作用，而不能任意污染和破坏它。



三、土壤是农业生态系统的重要组成部分

参见图 0-1。

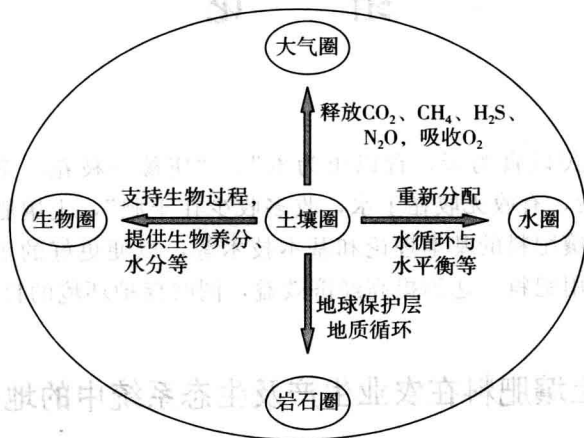


图 0-1 土壤圈是农业生态系统的重要组成部分

四、土壤肥料是农业生产各项技术措施的基础

在种植业的各项栽培技术中，至少应考虑 8 个基本因素，即土、肥、水、种、密、保、工和管。其中，土是核心，肥则是与土关系最密切的技术措施，“土肥不分家”、“肥肥土，土肥苗”等。

总之，要实行科学种田，就必须在了解土壤性质，只有在掌握科学施肥的基础上，才能充分发挥其他各项农业栽培技术措施的增产潜力。

五、肥料是农业优质高产的保证

肥料是植物的粮食。英国洛桑实验站长达 150 多年的长期定位试验结果表明：农作物增产有一半来自肥料，一半来自种子、农药等。

第二节 土壤与肥料学的基本概念

一、土壤学

(一) 土壤的定义

土壤可以泛指具有特殊形态、结构、性质和功能的自然体。

特殊形态：地球陆地表面；

特殊结构：疏松多孔；

特殊性质：具有肥力特征；

特殊功能：能生长绿色植物。

新定义：土壤是在地球表面生物、气候、母质、地形、时间等因素综合作用下所形成的能够生长植物的、处于永恒变化中的疏松矿物质与有机质的混合物。侯光炯认为，土壤不是与岩石一样的非生物，也不是有五官四肢的生物，它是由有机物、无机物和微生物等组成的具有代谢、调节功能的类生物体。

（二）土壤组成

土壤由矿物质、有机质、土壤生物（固相）、土壤水分（液相）及土壤空气（气相）三相五种物质组成的多相多孔分散体系。

（三）土壤肥力

土壤肥力是土壤最本质的特性和最基本属性。

1. 土壤肥力的定义

狭义的土壤肥力是指土壤供应给植物生长所必需的养分的能力。

威廉斯认为，土壤肥力是土壤在植物生活的全部活动过程中，同时不断地供给植物以最大限度的有效养分和水分的能力。

因此，目前一般认为“土壤肥力就是土壤在植物生长发育过程中，同时不断地供应和协调植物需要的水分、养分、空气、热量及其他生活条件的能力（扎根条件和无毒害物质的能力）”，所以把水、肥、气、热称为四大肥力要素。

侯光炯认为，土壤肥力是指在天地人物相互影响、相互制约的过程中，通过太阳辐射直接或间接作用于土壤胶体的情况下，土壤稳、匀、足、适的供应植物生长所需的水、肥、气、热的能力。

2. 土壤肥力分类

（1）按形成原因分类

自然肥力：土壤在自然成土因素综合作用下发展起来的肥力，是自然成土过程中的产物，其发展是非常缓慢的。

人工肥力：人类在自然土壤的基础上通过耕种、熟化过程而发展起来的肥力，是人类劳动的产物，并随人类对土壤认识的不断深化及科学技术水平的不断提高而得到迅速发展。

一般，自然土壤具有自然肥力，农业土壤具有自然肥力和人工肥力。

（2）按对植物的有效性分类

有效肥力：对当季作物有效的肥力。

潜在肥力：受外界环境条件影响当季无效，经改良后可转化为有效的那部分肥力。

两种肥力可以相互转化，在人类利用土壤资源过程中要科学管理，尽量使潜在肥力转化为有效肥力。

3. 土壤肥力与土壤生产力

土壤生产力是土壤产出农产品的能力。由土壤肥力和发挥肥力作用的外部条件共同决定。

一般，土壤肥力高，土壤生产力不一定高；土壤生产力高，土壤肥力也高。

二、肥料学

(一) 肥料的定义

凡是施入土壤或喷洒于植物体，能直接或间接供给植物养分、增加植物产量、改善产品品质、改良土壤性状、提高土壤肥力的物质，统称为肥料。

(二) 肥料分类

肥料种类繁多，从不同的角度可以进行不同的分类（如表 0-1 所示）。

表 0-1 不同肥料的分类情况

分类依据	类型	含义	示例
来源与组分	有机肥料	又称农家肥，是指利用各种有机物质就地积制或直接耕埋施于土壤以提供植物养分的一类自然肥料	人粪尿、厩肥、绿肥等
	无机肥料	又称化学肥料，多由工厂经过化学工业加工合成的或采用天然矿物生产的含有高营养元素的无机化合物	尿素、过磷酸钙、硫酸钾等
	生物肥料	又称微生物肥料，是指依赖含活性有益微生物的特定制品，应用于农业生产中，能够获得特定的肥料效应	根瘤菌肥料、磷细菌肥料等
	有机无机肥料	是指标明养分的有机和无机物质的产品，由有机肥料和无机肥料混合或化合制成	有机无机复混肥
有效养分组成	单质肥料	氮、磷、钾三种养分或微量元素养分中，仅有一种养分标明量的化学肥料	碳酸氢铵、氯化钾、硼砂等
	复混肥料	同时含有氮、磷、钾中两种或两种以上营养元素的化学肥料	磷酸二氢钾、尿素磷铵等

(续表)

分类依据	类型	含义	示例
肥料的效用方式	速效肥料	养分易为植物吸收、利用,肥效快的肥料	碳酸氢铵、硝酸铵等
	缓效肥料	养分所呈的集合状态,能在一定时间内缓慢释放,供植物持续吸收利用的肥料	尿素甲醛、硫衣尿素等
肥料的化学性质	碱性肥料	化学性质呈碱性的肥料	碳酸氢铵等
	酸性肥料	化学性质呈酸性的肥料	过磷酸钙等
	中性肥料	化学性质呈中性或接近中性的肥料	尿素等
肥料的反应性质	生理碱性肥料	养分经植物吸收利用后,残留部分导致土壤环境酸度降低的肥料	硝酸钠等
	生理酸性肥料	养分经植物吸收利用后,残留部分导致土壤环境酸度提高的肥料	氯化铵、硫酸铵、硫酸钾等
	生理中性肥料	养分经植物吸收利用后,无残留部分或残留部分对土壤环境酸碱度不改变的肥料	硝酸铵等

绪论

005

第三节 土壤肥料学发展概况

一、世界发展概况

土壤肥料学作为一门独立学科,其发展是从19世纪中叶才有明显的起步,逐步形成了几个比较有影响的学派及观点。

(一) 农业化学土壤学派

该学派以德国化学家李比希为创始人,他于1840年出版了名为《化学在农业和生理学上的应用》一书,指出了大田产量随施入土壤的矿质养分的多少而相应变化;土壤是植物养分的贮存库,植物靠吸收土壤和肥料中的矿质养分而滋养;植物长期吸收消耗土壤中的矿质养分,会使土壤库中的矿质养分越来越少;为了弥补土壤库养分储量的减少,可以通过施用化学肥料和轮栽等方式如数归还给土壤,以保持土壤肥力的永续不衰。这些就是农业化学土壤学派的主要观点。

农业化学土壤学派的主要观点，开辟了用化学理论和化学方法来研究土壤及植物营养的新领域，并进一步发展了土壤分析化学、土壤化学、植物营养学等学科。李比希的矿质营养学说、养分归还学说、最小养分率等理论为研究植物营养、指导合理施肥、化肥工业产生和发展奠定了理论基础。

由于时代的局限，农业化学土壤学派的观点难免有一些缺点和不足之处。该观点过分强调用纯化学理论来看待复杂的土壤问题，过分强调矿质养分在土壤肥力上的作用；简单、机械地把土壤看做植物的“养分库”，忽视了土壤中的有机质、微生物、动物在改良土壤、改善植物营养环境上所起的综合作用；把土壤与植物之间的复杂关系简单地看成植物从土壤中吸收、消耗矿质养分的过程，忽视了它们之间复杂的物质和能量转化关系。

(二) 农业地质土壤学观点

19世纪后半叶，德国地质学家法鲁、李希霍芬、拉曼等用地质学观点来研究土壤，提出了农业地质土壤学观点。他们把土壤的形成过程看做岩石的风化过程，认为土壤是岩石经过风化而形成的地表疏松层，是岩石风化的产物，是变化、破碎中的岩石，土壤的类型取决于岩石的风化类型。这就是农业地质土壤学派的主要观点。

农业地质土壤学观点开辟了从矿物学研究土壤的新领域，加深了对土壤的基本“骨架”矿物质的认识，揭示了风化作用在土壤形成中的作用。但是该观点只强调了土壤与岩石、母质之间相互联系的一面，忽视了土壤与岩石、母质之间的本质区别，忽视了生物在土壤形成和肥力发展中所起的作用。

(三) 土壤发生学派

19世纪70~80年代，俄罗斯土壤学家B. B道库恰耶夫创立了土壤发生学派，该观点认为土壤的形成是风化作用和成土作用综合作用的结果，土壤有它自己的发生、发育历史，是独立的历史自然体，影响土壤发生、发育的因素是母质、气候、地形、生物、时间等五大成土因素。

道库恰耶夫的继任者威廉斯在其学说的基础上创立了土壤统一形成学说，指出了土壤是以生物为主导的各种成土因子长期综合作用的产物，物质的地质大循环和生物小循环的矛盾统一是土壤形成的实质。该观点也称为生物发生学派。

上世纪40年代，美国的H. 詹尼用函数关系定量对土壤与环境因子之间的联系进行相关分析，提出了土壤与五大成土因子的函数关系为 $s = f(c, l, o, r, p, t \dots)$ ， s ：土壤； c ：气候； o ：生物； r ：地形； p ：母质； t ：时间，函数中每一个成土因素都是独立的变量。在任何一个地区，其中某一个因子可能变化大，而其他的因子可能变化小。从这个意义上可

以定量地对土壤与环境之间发生学联系进行多相相关分析。

(四) 现代土壤科学的新观点

土壤生态系统——以土壤生物和土壤为主体的部分或土壤——植物系统与外界之间相互作用的系统总体。

土壤科学突破传统的土体本身结构、功能及其内在联系的范围，强调了土壤与外界各种环境因素之间的物质、能量的交换及其相互影响。

20 世纪 60 年代前：作物生产——独轮驱动。

20 世纪 60 年代后：作物生产和环境质量保护——双轮驱动。

二、我国发展概况

1949 年前，土壤肥料科学研究远落后于发达国家。

1949 年后，土壤肥料科学迅速发展，取得了十分显著的成就。

1958、1978 两次全国土壤普查，基本摸清了我国的土壤资源特性和数量。

化肥施用方面：

(1) 数量愈来愈多（纯养分由建国初 0.6 万吨增加 2005 年 4323.64 万吨）；

(2) 以有机肥为主变为以化肥为主（20 世纪 50 年代，有机肥占 95% 以上；20 世纪 90 年代，占 40% 或更少）；

(3) 肥料中养分结构更复杂（20 世纪 50 年代单施氮肥；20 世纪 60 年代增施磷肥；20 世纪 70 年代增施钾肥；现在增施微肥）。



绪

论



第一章 土壤矿物质

岩石风化形成的矿物质颗粒统称为土壤矿物质 (soil mineral matter)。土壤矿物质是土壤的主要组成物质, 一般占土壤固相部分重量的 95%~98%, 故土壤矿物质的组成、结构和性质对土壤性质影响极大。土壤是由岩石经过复杂的风化过程和成土过程形成的, 即岩石→母质→土壤, 所以土壤矿物质组成也是鉴定土壤类型、识别土壤形成过程的基础。

第一节 成土矿物、岩石及母质

一、主要成土矿物

(一) 矿物的定义及其分类

1. 矿物的定义

矿物是一类天然产生于地壳中且具有一定的化学组成、物理特性和内部构造的化合物或单质。

虽然在自然界发现的矿物有 3000 多种, 但是与土壤有关的不过十几种, 这些矿物称为成土矿物。

2. 矿物的分类

按照矿物的起源可分为原生矿物和次生矿物。

(1) 原生矿物: 来自母岩, 仅经物理机械作用、破碎变小, 没有改变化学组成和结晶结构的原始成岩矿物。

主要包括以下几类。

硅酸盐类: 橄榄石、辉石、角闪石、云母、长石;

氧化物类: 石英, 赤铁矿;

磷酸岩类: 磷灰石。

(2) 次生矿物: 由原生矿物分解转化而来, 其组成和性质发生改变而形成的新矿物。

主要包括以下几类。

次生层状硅酸盐: 高岭石、蒙脱石、水云母、蛭石、绿泥石;



氧化物及其水化物：氧化铁、氧化铝、氧化硅、氧化锰；

碳酸盐：方解石 (CaCO_3)、白云石 [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]。

其中，前两类次生矿物是粘粒的重要组成部分，所以又称粘土矿物。

(二) 成土矿物的化学组成

地壳中氧、硅、铝、铁、钙、镁、钠、钾、钛、碳等 10 种元素占土壤矿物质总量的 99% 以上，这些元素中以氧、硅、铝、铁四种元素含量较多，其中硅酸盐最多。

在地壳中，植物生长必须有的营养元素含量很低且分布很不平衡，远不能满足植物和微生物营养的需要。

土壤矿物质的化学组成很复杂，几乎包括地壳中所有的元素。土壤矿物的化学组成一方面继承了地壳中化学组成的遗传特点；另一方面，有的元素在成土过程中增加了（如氧、硅、碳和氮），有的元素则显著下降了（如钙、镁和钾），反映了成土过程中元素的分散、富集特性和生物积聚作用。

二、主要成土岩石

岩石是由一种或几种矿物构成的，是矿物的天然集合体。主要成土岩石包括岩浆岩、沉积岩、变质岩。

岩浆岩：指地球内部熔融岩浆上侵地壳的一定深度或喷出地表冷却凝固所形成的岩石。共性：非碎屑状的块状构造；没有规则的层次排列；不含化石。

沉积岩：地壳表面的岩石经风化、搬运、沉积等作用后，在一定条件下胶结硬化所形成的岩石，约占地表总面积的 75%。共性：有明显的层理构造；矿物成分复杂并呈碎屑状组织；有时含有化石。

变质岩：是沉积岩、岩浆岩经过高温高压或受岩浆侵入的影响，其矿物组成、结构、构造，以至化学成分发生剧烈改变后形成的。共性：一般具有片理及片麻构造；矿物质地致密，坚硬；不易风化。例如，片麻岩、石英岩、板岩、片岩、千枚岩、大理岩等。

三、风化作用

风化作用指地表矿物、岩石由于温度变化、水、大气以及生物的作用而发生机械破碎和化学变化的过程，所产生的疏松物质就是土壤母质。

矿物、岩石风化的程度和特点一方面决定于矿物、岩石本身的化学成分和结构；另一方面也取决于外界环境条件。

按照风化作用的因素和特点可分为物理风化、化学风化、生物风化三种类型。