

土 壤 学 目 录

绪论	1
一、土壤与农业生产	1
二、土壤的剖析	2
三、土被和自然界各圈的关系	2
四、研究土壤的历史	4
五、利用、改造土壤、为农业现代化服务	5
第一章 土壤母质	6
第一节 土壤母质的来源	6
一、主要成土矿物的组成和特征	6
二、几种主要岩石的性状和特征	7
第二节 土壤母质的形成过程	9
一、岩石的风化作用	9
二、风化作用的产物	13
第三节 沉积体的类型、分布以及它和地形的关系	13
一、常见的地貌单元	13
二、沉积体的类型及其分布规律	14
第二章 土壤矿物质	18
第一节 矿质土粒	18
一、矿质土粒的来源	18
二、矿质土粒的分级	19
三、矿质土粒的组成和性质	20
第二节 土壤质地	28
一、土壤质地的分类	29
二、各种质地土壤的生产性状	30
三、土壤质地的田间简测	31
四、对土壤质地的评价	32
五、不良土壤质地改良	32
第三章 土壤有机质	34
一、土壤有机质的来源、组成和存在状态	35
二、土壤有机质的转化过程及条件	36
三、土壤腐殖质的组分、性质和变异	43
四、土壤有机质在土壤性状和作物营养上的作用	46
五、增加土壤有机质是培肥土壤的重要环节	50

第四章 土壤的孔性、结构性和耕性.....	54
第一节 土壤的孔隙状况.....	54
一、土壤孔隙的数量.....	54
二、土壤孔隙的类型.....	57
三、不同孔隙在土体中的分布.....	59
四、影响土壤孔隙状况的因素.....	59
第二节 土壤结构.....	62
一、土壤结构体的类型、特征及其改良.....	62
二、团粒结构与土壤肥力.....	64
三、团粒结构的形成.....	66
第三节 土壤耕性.....	71
一、土壤耕性的含意及其类型.....	71
二、土壤耕性与土壤物理机械性质的关系.....	74
三、改良土壤耕性的措施.....	78
第四节 土壤的压板和免耕性.....	78
一、土壤的压板.....	78
二、免耕法和少耕法.....	80
第五章 土壤的水分、空气、热量和调节.....	84
第一节 土壤水的保持、类型和性质.....	84
一、土壤水的保持.....	84
二、土壤水的类型和性质.....	85
三、土壤水含量的测定和含水量的表示方法.....	91
第二节 土壤水的能态.....	94
一、土水势.....	94
二、土壤水吸力.....	95
三、土壤水吸力与土壤水含量的关系.....	95
四、土壤水能态的定量表示和测定方法.....	96
第三节 土壤水的运动和对植物的有效性.....	97
一、土壤水的运动.....	97
二、土壤——植物——大气之间的水分关系.....	103
三、土壤水的有效性.....	104
第四节 土壤水平衡和土壤水状况.....	105
一、土壤水平衡.....	106
二、土壤水状况.....	106
三、土壤墒情和田间验墒.....	112
第五节 土壤空气.....	115
一、土壤空气组成的特点.....	115
二、土壤与大气间的气体交换和通气性.....	116

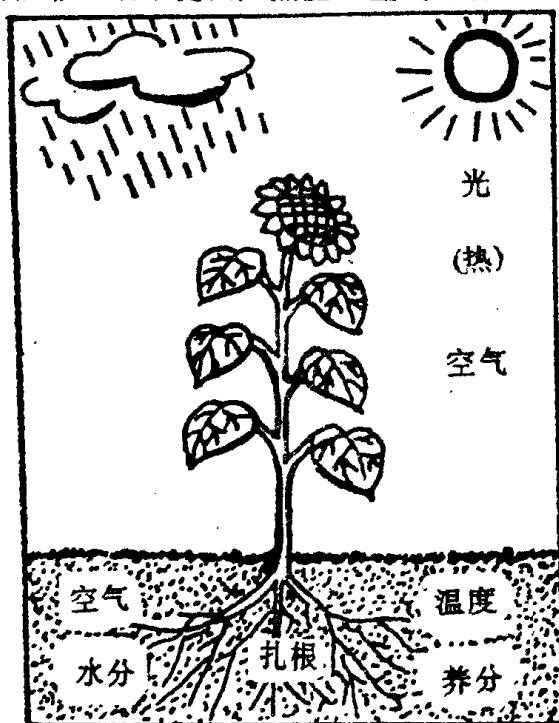
三、土壤空气对作物生长和土壤肥力的影响·····	117
第六节 土壤热量·····	119
一、土壤的热源及其影响因素·····	119
二、土壤的热性质·····	120
三、土壤温度变化的一般规律·····	122
四、土壤温度对土壤肥力及作物生长的影响·····	124
第七节 土壤水、气、热的调节·····	125
一、加强农田基本建设,改善土壤水、气、热条件·····	125
二、合理排灌、控制水分,调节气热·····	126
三、精耕细作,蓄水保墒,通气调温·····	127
四、抗旱播种·····	130
五、控制土壤水、气、热状况的其它措施·····	130
第六章 土壤胶体和土壤吸收(附)性能·····	132
第一节 土壤胶体的组成、构造和性质·····	132
一、土壤胶体是什么? ·····	132
二、土壤胶体的种类·····	133
三、土壤胶体的构造·····	135
四、土壤胶体的几个重要性质·····	136
第二节 土壤的吸收(附)性能·····	141
一、物理化学吸附·····	141
二、阴离子(交换)吸附·····	151
三、其它类型的吸附·····	152
第七章 土壤养分·····	155
一、作物所需要的营养元素·····	155
二、土壤中的氮素·····	157
三、土壤中的磷素·····	162
四、土壤中的钾素·····	168
五、土壤中的硫、钙和镁·····	170
第八章 土壤的化学污染·····	173
第一节 土壤污染物质的来源和种类·····	173
一、土壤污染物质的来源·····	173
二、土中污染物质的主要种类·····	174
三、土壤污染量的指示·····	175
第二节 重金属污染物在土壤中的变化·····	175
一、砷·····	176
二、镉·····	176
三、铬·····	178
四、汞·····	178

五、铅.....	178
六、氟.....	179
第三节 化肥农药在土壤中的残留及变化.....	179
一、化肥污染.....	179
二、农药污染.....	181
第四节 土壤化学污染的防治途径.....	182
一、控制和消除土壤污染源.....	182
二、防治土壤污染的措施.....	183
第九章 土壤的形成与分布.....	185
第一节 自然土壤的形成和分布.....	185
一、土壤形成是地质大循环和生物学小循环矛盾斗争的结果.....	185
二、土壤的形成因素.....	186
三、自然成土过程中的发生学层次.....	187
四、土壤分布规律性.....	188
第二节 我国的自然条件和土壤分布.....	189
一、我国的地形.....	190
二、我国的气候.....	190
三、我国土壤的分布.....	190
第三节 农业土壤的形成和熟化.....	191
第十章 我国的主要土壤类型.....	193
第一节 华北平原土壤.....	193
一、自然条件.....	193
二、华北平原的主要土壤类型.....	195
第二节 其它主要土壤类型.....	206
一、我国的黑钙土和黑土.....	206
二、我国的红壤.....	209
三、水稻土.....	213

绪 论

一、土壤与农业生产

1 (覆盖在地壳表面的土壤，是陆地植物和动物的主要生存基地。植物在土壤中扎根居住，吸收所需的水分、养分和空气的大部分或一部分；土壤温度的高低也直接和间接地影响着植物的生长发育。)因此植物生长所必需的五大因素（日光、热量、水分、养分、空气），除日光外，水分和养分主要依靠土壤来提供，热量和空气也有很大一部分来自土壤。大气虽然



图绪一1 植物的生活因子与土壤条件

是植物进行光合作用和呼吸作用时二氧化碳和氧气的提供者，但是土壤同样是植物生长重要的气体来源，此外，土壤通气不良，氧气供应不足时，植物根系的呼吸就会受到阻滞，甚至导致植株死亡。再者，有的土壤本身就含有对植物极为不利甚至致命的毒害物质，所以上述植物生长所必需的各个土壤因素就构成了“土壤肥力”。(土壤肥力就是土壤能经常适时地提供并协调植物生长所需的扎根条件、水分、养分、空气、温度和无毒害物质的性能)在各种自然条件作用下形成的土壤所具有的肥力称为“自然肥力”；在人为措施影响下(如各种技术措施)形成的土壤肥力称为“人工肥力”，它是在自然肥力的基础经过人类生产活动的改造而产生的。可以想见，随着社会政治经济制度、生产力及科学技术的发展，人工肥力也是在不断提高的。

生产力和生产关系的矛盾和统一是社会生产发展的动力。解放了的生产力对生产资料，尤其是作为基本生产资料的土壤进行了和进行着更无前例的改造，使农业生产获得了迅速的发展。解放以来，随农业社会主义改造的日益深化，亿万人民大力开展了规模空前的农田基本建设，劈山造田、围淤淤地、河滩造地、治理盐碱砂荒……。在此基础上，又进行建设高标准旱涝保收田的土壤改良和培肥工作，随着生产的发展，土壤肥力在不断提高；在土壤肥力日益提高的基础上，生产又进一步得到发展。以农业现代化为目标，以广大劳动人民的生产实践为主体，讲究科学种田，进行广泛而不断深入的科学实验，我国农业生产必将获得更大的发展，而土壤科学亦将在农业生产发展中作出应有的贡献和得到发展。

二、土壤的剖析

土壤是地球陆地表面疏松的覆盖层，以具有肥力并能生长植物为其特征。土壤是一种不均一体，它的形态、组成、性质和状况千变万化。就总体而言，土壤是由固相、液相和气相三相物质所组成。

固相物质包括矿物质和有机质两部分，矿物质是由岩石矿物风化而成，颗粒有粗有细，不同粗细颗粒的配合决定了土壤质地的砂粘。有机质主要是由植物残体转化而成，它不但单独存在，而且往往和矿物质结合成复合体。这些固相物质的排列决定了土壤的孔隙状况——大小、形状和连续性，而这些孔隙是土壤液相和气相保存的处所与运行的通道。

液相物质就是土壤溶液。进入到土壤孔隙中的水分，不断和周围的固相物质起作用，形成了稀浓不等的溶液，它不但是植物水分的给源，而且也是养分和其它可溶性物质运输的载体。土壤失去了水分，也就失去了支持生命的能力。

气相物质就是土壤空气，它与液相互为消长。一般情况下，土壤空气是与大气相连通的，它比后者含有较多的二氧化碳，以及多数是在水气饱和状态。随着温度的变化和分压的差异，土壤空气与大气进行着气体交换，一般称之为土壤呼吸。

土壤的形态，是各种物质的组成、成分、性质和状态的综合反映。岩石、矿物风化而成的土壤母质，在各种成土因素的综合作用下，形成了土壤，本来上下大致相同的风化产物，便逐渐分化出各种各样的层次来。一般而言，上层土壤在以植物为主的生物作用下，和耕种、施肥的农业措施影响下，颜色较深而且比较疏松；下层土壤由于受植物根系和农业措施的影响较少，而受重力作用的影响较大，因此都比较紧实，并且往往淀积了从上层淋溶下来的物质。所以土壤剖面，可以粗略地划分为表土层（淋溶层）、心土层（淀积层）和底土层（母质层）。实际上，在错综复杂的自然因素和人为因素影响下，有些层次可以进一步分化或缺失，例如森林覆盖的土壤，在表土层上面还可以有一层半腐解残落物层和新鲜残落物层；在水土流失严重的黄土地、黑土地和红土地，往往可以看到由于表土被冲刷而露出的心土层。

土壤这种自然界客观存在的物质，和其它自然体一样，有其独特的发生、发展和演化的过程及规律。土壤不是静止不变的，它无时无刻不在变化着：水分在运动、养分在转化迁移，温度在传导，气体在流通，微生物在使物质发生转化等等。所以认识土壤不但要在静态下加以检验，而且还要了解它在动态平衡中的变化。

由于地表自然地理条件的多样性，各个自然地带有其特殊的土壤类型。换句话说，地球表面的土壤，其分布具有一定的地理规律性，所以我们在黑龙江和吉林两省可以看到大面积颜色暗黑的黑土和黑钙土；在广阔的西北黄土高原上则有着大片颜色棕黄的褐土和灰褐土；在南方和西南各省，红色的红壤则占据着主要的地位。土壤颜色上的差异，往往反映了土壤形成条件上和化学组成上的差异。

三、土被和自然界各圈的关系

覆盖在地球表面的土壤，和周围环境有着广泛而密切的联系，相互影响，相互制约，处在永不休止的动态平衡之中。

土壤与水圈：土壤所保持的水分，据估计只占地球全部水分的0.01%—0.001%，但是它有着十分重要的作用。自由水面的水分蒸发后，进入到大气中，再以雨、雪的形式降落到土壤上。土壤接受并保留一部分水，支持了植物的生长，并促进了土壤中的各种过程和岩石矿物的风化，同时也缓和了陆地的气候。

水分从土壤中排入河流和海洋时，往往淋洗了土壤的一部分可溶性和胶体状态的物质，甚至还带走了固相物质。海洋中积累的大量可溶盐、矿瘤以至土粒，都是从陆地（主要是从土壤）上带来的。

土壤与大气圈：土壤在自然界碳、氮、硫的循环中占有重要的位置。在地球表面，土壤有机碳的数量要超过其它结合形态碳的总和。土壤有机质腐解和根系呼吸而产生的二氧化碳，扩散到大气中，增加了大气二氧化碳的浓度，后者是植物光合作用的碳源，通过光合作用将使一部分碳又回归到土壤中。在氮素循环中，雨水中将 NO_3^- 和 NH_4^+ 带入土壤，被植物和微生物利用而构成有机物，或变成气态 N_2 、 N_2O 和 NH_3 再消失到大气中；共生和非共生固氮菌则可直接利用大气中的游离 N_2 。土壤可以吸收污染大气的硫化物如 SO_2 、 H_2S 等，但是当大气中 SO_2 污染严重，造成酸雨为害，则不但使土壤强烈酸化，而且会导致植物死亡。

土壤与岩石圈：土壤母质是岩石矿物的风化产物，地面上的岩石、矿物的组成和性状是多种多样的，它们的特点往往对所形成的土壤产生不同程度的影响，即使是风化程度很深的母质，也往往保留有原来岩石矿物的多种特征。例如砂岩风化物形成的母质比较疏松，花岗岩和正长岩等风化物含钾较多，石灰岩风化物含大量钙离子甚至游离石灰等等。

另一方面，水分通过土壤向下移动而达到下垫岩石时，淋溶下来的各种离子可以促进岩石的风化，尤其是 H^+ 。

土壤与生物圈：地球上最原始的土壤形成过程，是菌藻类和地衣类在岩石表面的生长。土壤是生物的重要生态因子之一，生物的进化离不开土壤环境的偕同发展——由肥力低向肥力高的方向发展；土壤的形成和发展，也离不开生物的生长发育和进化——由低级向高级进化。

只有在生物的作用下，土壤才产生了质的特征——肥力。

土壤分布的自然地理规律性，具体的说就是生物气候带的规律性，从这一点也可以说明土壤对于生物（主要是植物）和气候条件的重大依存关系。

从物质循环的观点看，土壤、生物、水体、岩石和大气等，都是自然界物质转运过程中的一个个“库”。举例来说，土壤库所保存的氮素，可以被植物利用而进入生物库，或随水流失而进入水体库或变成气态而散失到大气库中，植物腐解而释放出来的可溶性物质，或则被下一批植物再利用而保存在生物库中，或被土壤胶体吸附而保存在土壤库中，或亦进入水体库或大气库；水体库中的氮素，可以变成沉积岩的组成成分，经过造山运动暴露在地表，再通过风化或工业加工（如油页岩）将氮素释放出来，再回到土壤中；水中氮素也可以被水生植物所利用；大气库的氮素可以通过生物固氮或降水而回到土壤中。

上述的物质循环途径只是一个简单的轮廓，实际上循环途径还有许多分支和经过许多分库，所以远远要复杂得多。了解土壤与自然界各圈的关系，掌握物质循环的途径，是我们合理利用土壤，充分发挥土壤生产潜力，建立良性生态循环的基础。

四、研究土壤的历史

土壤科学是一门基础性生产科学，是在人类三大革命运动中发展和丰富起来的。

我国劳动人民在几千年的农业生产实践中，积累了极其丰富的用土、认土、改土的经验。记录我国古代农民关于土壤科学的著作，是世界土壤科学史上光辉的组成部分。如战国时期的“禹贡”一书就为适应当时国家统一的形势需要，根据土壤的颜色、质地和肥力状况对我国黄河、长江中下游的土壤进行了大体的分类，为当时按照土壤肥力收税提供了科学依据。这是世界上最早的一部讲土壤分类和地理分布的科学著作。管仲的“管子·地员篇”阐述了植物、地形、地下水与土壤形成和分布的关系，土壤的许多肥力性状以及各种土壤适宜栽培的作物种类。西汉的“汜胜之书”从群众经验中总结出比较完整的耕作原理和简明的测定宜耕期的方法以及区田法。后魏贾思勰的“齐民要术”更进一步对我国农民丰富的生产经验进行了系统总结，是世界上最早、最完整的科学著作。他提出“耕者且深”，“湿耕泽锄，不如归去”，“凡美田之法，绿豆为上，小豆、胡麻次之，”并列出了当时应用的二十多种轮作方式。这些结论在当前的农业生产中仍然是行之有效的。

在欧洲，十九世纪以来随着农业的发展产生了近代土壤学知识。它大量传入我国是在二十世纪以后，对我国土壤科学的发展产生了一定的影响。它的主要学派有农业化学派、农业地质学派和土壤发生学派。总的看来，它是中世纪的唯心主义不可知论进入到机械唯物论以至初步运用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点来阐明问题。它的发展是符合历史发展的总的规律的。

农业化学派从化学的观点来研究土壤，创立了“矿质营养学说”，认为植物所需养分只是一些矿物质，只要维持住因植物吸收而失去的养分和用矿质肥料归还土壤二者之间的严格平衡，就可以保持土壤肥力不衰退。他们的观点在当时批判了以前错误的“腐殖质营养学说”，对化肥工业的发展都起到了促进作用。但是由于他们采取了形而上学的观点看问题，认为只能消极的依靠施用化肥去补偿土壤这个“营养仓库”的损耗，而看不到有机肥料和生物作用对提高土壤肥力的重大作用，也不认识土壤肥力变化和发展的规律。因此，在某些因施用大量化肥而作物产量反而下降的事例面前，就得出了“土壤肥力递减律”的错误结论，变成了反动的马尔萨斯“人口论”的支柱。

农业地质学派从地质学的观点来研究土壤，认为土壤是由岩石风化的碎屑组成的，因此

土壤形成的本质就是岩石矿物的风化过程和地质淋溶过程。由于在成土过程中植物所需的养分遭到了不断的淋溶，土壤发展的趋势就必然是肥力逐渐减退，甚至最终变成更为贫乏的不毛之地。他们既不了解生物对于提高土壤肥力的作用，更不认识在耕作土壤上人的因素对土壤肥力的变化起着主导作用。因此，他们也遭到了与农业化学派同样的命运。

土壤发生学派是在批判农业化学派和农业地质学派的过程中产生的。发生学派认为自然土壤的发生和发展是以生物为主导的，生物、气候、地形、母质和年龄各个自然因素相互作用的结果；也就是以生物小循环为主导的，地质大循环和生物小循环对立统一的结果。岩石风化过程和成土过程是同时同地进行的。土壤是一个历史自然体，由于生物气候带的不同，土壤在地球上的形成和分布有它自己的规律性：各类土壤之间在发生上有内在的联系，因为生物气候带也是逐渐过渡的。土壤发生学派揭示了自然土壤发生演变的规律，对农业生产也提供了一些有用的科学依据。但是，由于他们的研究对象主要是自然土壤，忽略了耕作土壤，也就不可能正确认识农业生产活动对耕作土壤的熟化和培肥的主导作用。

五、利用、改造土壤，为农业现代化服务

我们认识自然事物的目的，主要是掌握它的规律和特点，使之为生产服务，为人类的繁衍和生存服务。这是一切科学事业的最终目的。农业土壤是基本的农业生产资料，是人类对自然土壤进行改造而成的。社会的进步和科学的发展，使土壤在“自然肥力”的基础上，无止境地提高着“人工肥力”，因而作物产量亦不断增长。解放以前，在半封建半殖民地制度下，旧的生产关系束缚着生产力的发展，现代生产知识、生产技术都很落后，耕地不过三、五寸深，施肥只有少量农家肥料，水稻产量不过两三百斤一亩，小麦则只有百十来斤一亩，土地瘠薄，难以抗拒自然灾害。现在水稻亩产超千斤和小麦超八百斤已是常见的事，这是在耕地五六七八寸，施肥配合好，用良种，抓植保，发展灌溉等等一系列措施互相结合下取得的。党的十一届三中全会以来，农村改革取得了伟大的公认的成效，农业生产连年获得丰收，其中最主要的经验就是落实政策和科学种田。实现农业现代化，在本世纪末农业生产达到翻两番的宏伟目标，也离不开这两点经验。

合理利用土壤，并在利用过程中加以改造，即用养结合，是我国历史悠久的农业生产经验中总结出来的正确途径。土壤不同于水培或沙培，它在栽培作物过程中要和作物相互作用，发生一系列物理的、化学的和生物化学的过程，不断改造着自身。土壤并非消极地向作物提供养分和水分，起着单纯的仓库作用，而是无休止地在各种过程中发生变化。因此，在利用过程中合理种植、合理耕作、合理施肥、合理采用各项农业技术措施，土壤肥力是可以不断提高的，作物产量也可以不断地增长；反之，违反自然规律，盲目蛮干，便将受到自然的惩罚。严重的水土流失，就是最突出的事例之一。

如何合理利用土壤？首先是要因土种植，选择最能发挥土壤生产潜力的作物，并采用既能满足作物生长最大的要求，又能培肥土壤、保护自然资源的措施，而不是掠夺性的，只顾近期产量、不顾日后土壤遭受破坏的作法。后者如陡坡开荒、大量施用化肥而不施有机肥并掠走全部农产品等等。我们应该认识到，土壤和土壤肥力是人类的共同财富，是人类赖以生存的物质基础。世界人口不断增长，而可供利用的土地是有限的，只有使有限土地的土壤肥力不断提高，作物不断增产，方能满足人类日益增长的需要。

第一章 土壤母质

土壤是指处于地球陆地表面、具有肥力、在自然和栽培条件下，都能生长植物（或作物）的疏松物质层。土壤是由地表岩石的风化产物，经生物特别是高等绿色植物的作用而形成的。岩石的风化产物就是土壤母质（或成土母质，常简称为母质），它是形成土壤的物质基础，它既区别于土壤（有关土壤形成，见第九章），又对土壤形成和肥力发展有关键性的影响，母质的很多性状，都传给了由它所形成的土壤。

为此，在学习土壤学之前，有必要对土壤母质的形成、类型及分布规律等做一简要介绍。

第一节 土壤母质的来源

土壤母质的根本来源是岩石的风化产物。岩石，是指不同化学组成和结构形态的矿物集合体。矿物，是指具有一定化学组成（元素或化合物）和物理特征的自然体，在适宜的条件下，可形成一定的几何外形。通常，可将矿物分为两大类：一类是由岩浆直接冷却所形成的矿物，称为原生矿物，另一类是在地表的水热条件下原生矿物风化过程中所形成的，称次生矿物，一般颗粒较细，大多以胶体的分散状态存在。无论是原生矿物还是次生矿物它们都是形成土壤的物质基础。地壳中矿物有三千余种，常见的有五十多种，按其化学组成可分为三类：

1. 硅酸盐矿物：正长石、斜长石、辉石、角闪石、白云母、黑云母、橄榄石、蛇纹石、高岭石和蒙脱石（微晶高岭石）、滑石、石榴子石等。

2. 碳酸盐类矿物：方解石、白云石等。

3. 氧化物和氢氧化物类矿物：石英、磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿等。

其他如石膏是硫酸盐类矿物；磷灰石是磷酸盐类矿物；氟石是卤化物类矿物；黄铁矿和黄铜矿是硫化物类矿物等。其中，和土壤有关的矿物叫做成土矿物。主要是长石、角闪石、辉石、石英、云母、方解石、赤铁矿以及粘粒矿物等，这些矿物的化学组成和物理特征不同，风化的难易和产物的性质不同，因此，它们对土壤性质的影响也各不相同。

一、主要成土矿物的组成和特征

长石类，是地壳中分布最广的矿物，以岩浆岩和变质岩中含量较多，按化学组成属钠、钾和钙的铝硅酸盐类。根据其成分的不同，又可分为正长石（ KAlSi_3O_8 ）、钠长石（ $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ）及钙长石（ $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ）三种。

长石属浅色矿物，色白、灰或肉红。斜方柱状结晶体，条痕白色，比重2.5—2.7，硬度大，为6.0—6.5，所以在土壤中有时可见残存的长石小颗粒。正长石含有氧化钾16.9%，是土壤中钾素的主要来源。

角闪石 $[\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg} \cdot \text{Fe})_4(\text{Al} \cdot \text{Fe})(\text{Si} \cdot \text{Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$ 和辉石 $[\text{Ca}(\text{Mg} \cdot \text{Fe} \cdot \text{Al})_2(\text{Si} \cdot \text{Al})_2\text{O}_6]$ ：主要存在于岩浆岩中，特别是基性岩中，片岩和片麻岩中也有分布，均属硅酸盐类，是暗色矿物，黑或绿色，细柱状或针状结晶，比重3—3.3，硬度5.5—6.0，由于含盐基丰富，所以化学稳定性低，土壤很少见到该原生矿物。

云母类：广泛分布于酸性岩浆岩和结晶质云母片中，物理性质很一致，呈片状，有弹性，硬度2—3，玻璃光泽或珍珠光泽。主要有黑白云母两种，化学成分变化较大，黑云母 $[\text{K}(\text{Mg} \cdot \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH} \cdot \text{F})_2]$ ，呈不同程度的黑色、深褐色或深棕色，易风化，产物是粘粒矿物和氢氧化铁，并游离出钾；白云母 $[\text{KAl}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$ ，也称钾云母，无色或微带浅的黄、绿、灰色，较抗风化，常在漂沙中出现。

石英 $[\text{SiO}_2]$ ：在地壳中分布广，参与各岩石的组成。纯石英为无色，含杂质时呈白、灰、黄、红、绿、天蓝及紫色。完整的晶形为两端锥形的六方柱状晶体或呈不规则块状，具有贝壳状断口，比重2.65，硬度7，除氟酸外，不与任何酸类起作用，物理和化学性质均较稳定，不易风化，常以颗粒状残留土中，是土壤中砂粒的主要来源。

方解石 $[\text{CaCO}_3]$ ：是石灰岩大理岩的主要组成矿物，若干中性或基性岩中也有，晶体呈菱面形，具明显的解理面，多乳白色，含杂质时呈灰、玫瑰或黑色，玻璃光泽，硬度3，透明或不透明，易溶于酸，化学性质不稳定，是土壤或母质中碳酸钙的主要来源。

磷灰石 $[\text{Ca}_5(\text{F} \cdot \text{Cl})(\text{PO}_4)_3]$ ：在火成岩中约占1%，呈绿或褐色，比重3.17—3.23，硬度5，玻璃光泽，解理不完全，断口贝壳状呈脂肪光泽，是制磷肥的主要原料，高品位的磷灰石含 P_2O_5 42.3%。一般 P_2O_5 含量超过28—30%时，即可制造过磷酸钙肥料；超过18%，可以粉碎为磷矿粉肥料；如含量再低则不宜直接制造磷肥，可掺入无机磷细菌，以促进磷的分解，就地使用。由于磷灰石含氟，在制磷肥时，常因脱氟作用产生氟的污染。磷灰石风化后可产生游离的磷酸，是植物的磷素来源。

赤铁矿 $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ ：致密块状或鲕状，红至黑色，条痕樱红色，比重5.6，硬度5.5—6.5，常使土壤染成红色，在潮湿条件下，赤铁矿可水化成褐铁矿，使土壤或风化体染成黄色。

褐铁矿 $[\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}]$ ：质多不纯，常混有粘粒、二氧化硅、碳酸钙、有机物等杂质，成为块状或土块，呈黑、棕或黄褐色，条痕为黄褐色，主要是由含低价铁的矿物分解后生成的氢氧化铁沉积而形成，硬度5，较氧化铁为低。这种矿物在湿润的热带地区可以大量产生，黄土的黄棕色，就是因为土粒表面包被了褐铁矿胶膜之故。

粘粒矿物：是原生矿物经风化作用后产生的次生矿物。因为颗粒粒径 <0.001 毫米，具有粘粒性质，是土壤中无机胶体的来源。主要有高岭石、蒙脱石及伊利石，它们对土壤的物理、物理化学过程有极深刻的影响。

二、几种主要岩石的性状和特征

岩石是矿物的天然集合体，是构成地壳的主要物质，岩石的种类很多，根据其生成的方式可分岩浆岩，沉积岩和变质岩三大类，鉴别它们常以组织状态，矿物组成和化学成分做为主要根据。

(一) 岩浆岩

是由地下熔融的岩浆直接冷凝而成，是地表中最原始的岩石，在地壳深处冷凝的叫侵入

岩；岩浆流出地表而冷凝的称喷出岩。由于冷却时速度不同，岩石中矿物的结晶程度、形状大小以及相互结合的关系也不同。

常见的岩浆岩有花岗岩、流纹岩、正长岩、粗面岩、闪长岩、安山岩、辉长岩、辉绿岩、玄武岩及凝灰岩等，它们的共性是呈非碎屑状组织，无层次，无化石。

花岗岩：属深成岩或侵入岩，为粗粒、中粒或细粒的全晶质岩石。色肉红、灰或浅灰。其主要矿物为石英、正长石、黑云母，也可有斜长石、角闪石、由于矿物颗粒较大，组成比较复杂，容易发生物理风化。在干旱地区常崩解为砂粒；在湿润地区，其中暗色矿物分解为含水氧化铁及其他粘粒矿物，长石类矿物则分解为高岭石，石英则以砂粒的形式残留于风化物中。

流纹岩：它是矿物成分与花岗岩相同的喷出岩，白灰、淡黄或浅红色。斑状结构，其斑晶有园柱状的石英和长方形透长石。透长石无色，透明，玻璃光泽，完全解理。石基为隐晶质或玻璃质。有时有流纹状和气孔状构造。因结晶颗粒细小，不易发生物理风化。

正长岩：属深成岩，其矿物组成以正长石和角闪石为主，不含石英，色浅红，呈块状构造和粒状构造。

粗面岩：是成分与正长岩相同的喷出岩，斑状结构，斑晶以正长石为主，有时为透长石，不含石英，石基为灰色，淡红或浅黄。

闪长岩：属深成岩类，其矿物组成以斜长石为主，约占70%。暗色矿物为角闪石和黑云母。不含石英，呈块状构造和粒状结构，颗粒较大。

安山岩：是成分与闪长岩相同的喷出岩，斑状结构，斑晶中以斜长石为主，暗色矿物为角闪石，石基呈灰色，紫色甚至黑色，分布较闪长岩为广。

辉长岩：属深成岩类，暗色矿物约占一半，主要为辉岩，其他为角闪石和黑云母，有时有少量的橄榄石。浅色矿物为斜长石。呈全晶质，粒状构造和块状构造。

辉绿岩：主要由斜长石及辉石组成，呈灰黑色，绿色或紫色。

玄武岩：是地壳中分布最广的喷出岩。化学成分与辉长岩相当。色暗，近黑色。隐晶结构或细粒结构，常有气孔状构造，风化后质地较粘，含盐基物质较多。

凝灰岩：为火山喷出岩。是由火山灰凝成的，色灰或紫，表面粗糙，有时含有少量的、棱角锐利的火山玻璃质碎块。

（二）沉积岩

地壳表面的岩石、经风化、搬运、沉积等作用后，在一定的条件下胶结硬化，即成沉积岩。沉积岩在地表分布的面积很广，约占75%。沉积岩的共同特点是：有明显的层理，呈碎屑状组织，有时含有化石。由于沉积物质的来源很广，不同时期被搬运的沉积物性质不同，大小不一，所以它的层理性和矿物成分均很复杂。

在地表常见的沉积岩有砾岩、砂岩、页岩、石灰岩等，它们的特性如下：

砾岩：常见的砾岩是岩石风化碎屑，经河水的长途搬运和海水的冲蚀，棱角被磨园的砾石经胶结而成砾岩。砾石的直径一般大于2毫米，因之，其间常有孔隙，易透水，风化后土质含砂砾。

砂岩：为直径0.1—2毫米的砂粒被胶结而成，主要成分为石英，其次为长石、白云母、磁铁矿，石榴子石等。石英含量>95%的，为石英砂岩；长石含量达25—60%的，为长

石砂岩。以氧化硅为胶结剂的称硅质砂岩；以氧化铁为胶结剂的称铁质砂岩；以石灰为胶结剂的称钙质砂岩；以粘土为胶结剂的称泥质砂岩。胶结紧实的砂岩因抗风化，形成的产物厚度较薄，砂性较强，尤以石英砂岩最为明显。

页岩：粘粒经压实，脱水和胶结作用后，即固化成页岩。它较砂岩易风化，所形成的土质较粘，或含片状碎屑多，养分含量较多。

石灰岩：主要由方解石组成，也常混有砂粒、粘土、白云石及二氧化硅，色白、灰、黄红等不一，有机质含量高时呈黑色。石灰岩的风化主要是化学溶解作用，风化产物的厚度较薄，稍粘、钙质丰富，抗酸力强。

(三) 变质岩

变质岩是沉积岩和岩浆岩经过高温高压，或受岩浆接触的影响，其矿物组成、结构、构造，甚至化学成分发生剧烈改变后形成的。

在高温缓慢下降的条件下，矿物的结晶可以变大，产生粗晶粒结构，这种现象称为重结晶，如石灰岩经过重结晶可以变为大理岩。高温变质时，有的可以产生新的矿物。在高压变质过程中，矿物颗粒可以由大变小，并可重新排列，即片状或柱状矿物呈定向排列，所以变质岩一般都具有片理及片麻状构造，且较变质前致密、坚硬，不易风化，一般多见于岩浆岩的接触带上，常见的有：

片麻岩：由花岗岩或砂岩变质而成。成分近于花岗岩，矿物组成为石英、长石、云母等。因受高温高压，矿物结晶呈片状排列，风化产物对土壤的影响与花岗岩相似。

板岩：由泥质页岩变质而成。变质程度不深，较泥质页岩硬且脆，风化产物较粘或含片状碎屑多。

石英岩：由石英砂岩变质而成。极为坚硬，机械稳定性和化学稳定性较强，较抗风化，产物属砂质或砾质。

千枚岩：由页岩变质而成。含云母较多，绢丝光泽，风化产物较粘，或含片状碎屑多，含钾亦较多。

综上所述，土壤矿物质来源于岩石、矿物的风化产物。岩石、矿物的组成和特性对土壤的化学组成和物理性质影响很大，这种影响主要表现在土壤颗粒的粗细、土壤的物理性质、土壤的酸碱反应和土壤养分含量等方面（详有关章节）。

因此，学习与成土有关的岩石和矿物的基本特性，有助于我们认识土壤和改造土壤，特别是山区土壤的改良与利用，更应注意岩石和矿物的组成和特性。

第二节 土壤母质的形成过程

一、岩石的风化作用

岩石露出地表后，在温度、水、生物等等外力的作用下，逐渐破碎变为疏松物质。这一过程就是风化过程，温度、水、生物对岩石的分解破碎作用，就是风化作用。所产生的疏松物质，就是土壤母质。

大部分的岩石都是在高温、高压和缺水、缺氧的环境条件下形成的，它们一旦露出地表，就处于常温、常压和有水、有氧及有生物活动的环境之中，在新的环境条件下，它们经

受干湿、冷热的变迁，受到流水，空气和生物活动的影响，这样它们必然改变本身原有的结构和性质，以趋于稳定。这就是岩石、矿物产生风化的根本原因。

(一) 影响风化作用强度的因素

岩石风化的强度，一方面决定于岩石本身的成分和性质（内因），同时也受外界的环境条件，如温度、水分、氧气、二氧化碳和微生物等（外因）的影响。

风化作用的强度，和岩石的结构和构造，矿物的颜色和成分有关，结构和构造影响水分的进入和受热程度，一般结构小的，颗粒均匀和坚硬致密的构造，因受热程度小而均匀，所以较抗物理风化，而结构大的颗粒大小不匀的以及疏松多孔的则反之，具有层理或片理构造的矿物，裂隙多，渗入其间的水冻结后，由于冰的挤压作用也易遭风化。矿物的颜色不同，吸热力不同，因此，深色矿物吸热多；杂色矿物吸热不匀，常较浅色的或单一颜色的矿物风化作用强度大，如花岗岩的物理风化作用强度大于石灰岩。矿物的化学成分影响化学风化的强度，硅质胶结的砂岩和石灰质胶结的砂岩相比，其化学风化强度以后者较小。一般说，矿物抵抗化学风化的顺序是：

石英 > 白云母 > 钾长石 > 钠长石 > 黑云母 > 钠钙斜长石；角闪石 > 钠钙斜长石，橄榄石最易风化。基性矿物的分解顺序为：含钙矿物 > 含钠矿物 > 含镁矿物 > 含钾矿物。

根据外界因素的性质，可将风化作用分为物理风化、化学风化和生物风化三类，由于不同气候区有着不同的温度和水分条件，所以不同气候区的风化特点也不同，一般极地区主要是水的冻结作用产生的物理风化；沙漠干旱气候区主要是由于温度剧变而产生物理风化；湿润温带气候区温和多雨，植物生长茂盛，生物及化学风化占重要地位；湿润热带气候区因高温、水足、植物茂盛，生物及化学风化迅速而强烈。

(二) 风化作用的类型

1. 物理风化作用：又称机械崩解作用。其特点是岩石可以被机械破碎为大小不等的碎屑，其成分不变，但却使岩石获得了通气透水的性能。

影响物理风化的因素主要是温度、结冰、盐晶、风力及流水等。

温度主要通过影响岩石的膨胀和收缩而起作用的。

由于组成岩石的各种矿物具有不同的吸热力和膨胀系数，同时，由于岩石的导热率小，热量不易传导，因之，白天岩石表面受热增温的强度大于内部，夜间则相反。由于岩石的表面和内部因膨胀收缩不均一，就产生了上下交错的裂隙，天长日久，岩石即破碎崩解。在昼夜温差很大的沙漠地区表现得最为强烈。

冻结使水的体积增大，产生巨大的力量使岩石裂成大小不同的，多角形碎块。一旦岩石有了裂隙，水分便可进入其中促使裂隙扩大加速崩解作用，水在冻结后体积，可增大 $1/11$ ，对岩石中裂隙四壁的压力可达6000千克/平方厘米。在温度经常接近 0°C 的极地和高山地区的雪线附近这种作用具有很大的意义。

此外，干旱沙漠地区，在岩石裂隙中，因盐类结晶的胀裂作用；大气中雷电的闪击作用；风力，流水及冰川对岩石的破坏作用等，均可促进岩石的物理风化。

随着岩石的崩裂，破碎的程度愈来愈高。碎屑愈小时，温度就愈均，热力学状况的内在矛盾就愈小，在地表物理条件下就愈稳定，物理风化过程就变得非常缓慢。

岩石破碎到粒径为0.01毫米时，物理风化过程就很缓慢了。

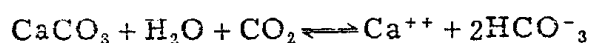
物理风化产物较粗，形成的母质常偏砂，石砾多，养分不易释放。

2. 化学风化作用：

化学风化是指岩石在水和空气（主要是 CO_2 、 O_2 ）的参与下进行的溶解作用、水化作用、水解作用、氧化作用等的总称。其特点是：岩石可进一步破碎成胶体微粒，原生矿物可以发生成分的改变，产生在地表条件下比较稳定的次生矿物。

（1）溶解作用：岩石与水长期接触以后，其中某些矿物就被溶解，岩石也就随之崩解。

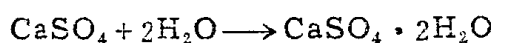
自然的水中都或多或少地含有二氧化碳，这就增强了水对矿物的溶解能力。例如方解石 CaCO_3 在纯水中的溶解度为10.75克/升，但在含二氧化碳的水中，就增加到16.75/升。而地壳表面的生物圈中，二氧化碳的总量是非常巨大的，所以，这种碳酸化的风化作用也很强烈。方解石的碳酸化反应式如下：



除了二氧化碳以外，水中如含有硫酸、硝酸或有机酸时，都可增加溶解矿物的能力。

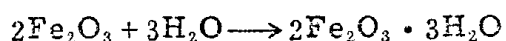
（2）水化作用：

无水的矿物与水接触后，生成含水矿物的作用称水化作用，是水分与矿物分子相结合的化学过程。例如：



（硬石膏）

（石膏）



（赤铁矿）

（褐铁矿）

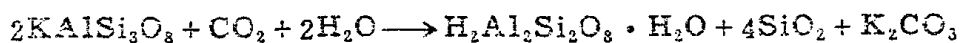
实际上，赤铁矿（ Fe_2O_3 ）经过不同程度的水化，可以形成不同的水化物，并表现出不同的颜色；如含 $1/2 \text{H}_2\text{O}$ ，为赤褐铁矿（ $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ），红棕色；含 $1 \text{H}_2\text{O}$ 为针铁矿（ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ），棕色或棕黄色；含 $1\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ 为褐铁矿（ $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ），棕黄色；含 $2 \text{H}_2\text{O}$ 亦为褐铁矿（ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ），黄色等。各种颜色的铁的化合物，均可使土粒呈现不同的颜色，如干旱时，脱水呈红色，湿润时，水化为黄色。

一般矿物经水化作用后，其硬度降低，体积增大，溶解度增加，所以更易于崩散。

（3）水解作用：

是化学风化过程中最基本的，也是最重要的作用。当水中含有二氧化碳或其他酸类时，由于水的解离作用而产生氢离子（ $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{--}$ ），氢离子将硅酸盐中的碱金属离子或碱土金属离子代换出来，从而破坏了硅酸盐的结晶构造。在放出可溶性养分的同时，随之生成复杂的铝硅酸盐矿物的胶体（粘粒矿物）。由于不同的粘粒矿物在结构上和理化性状上有很大的差异，它们对土壤的性质就产生不同的影响。

含钾矿物的水解作用：土壤中含钾矿物主要有长石、云母和含钾的粘粒矿物，水解作用后，生成的可溶性钾盐能被作物吸收利用：



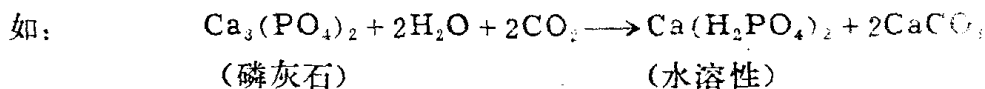
（正长石）

（高岭石）

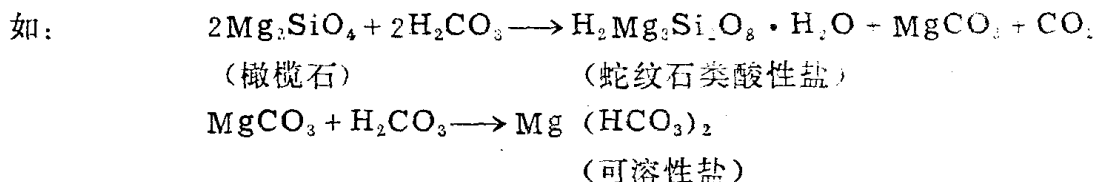
（胶状二氧化硅）

含磷矿物的水解作用：土壤中含磷矿物主要是磷灰石，经水解作用可转化为易溶解的酸

式磷酸盐，能为作物吸收利用。



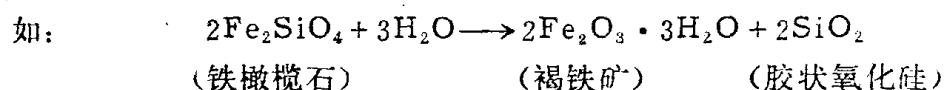
含钙镁矿物的水解作用：土壤中含钙镁的矿物主要有橄榄石、角闪石、辉石、方解石、石灰石及白云石等，经水解作用，可生成可溶性的盐类。



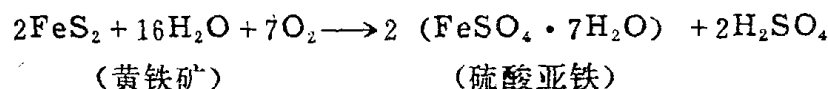
蛇纹石类的酸性盐，还可进一步分解为硅酸及碳酸镁。

(4) 氧化作用:

通常氧化作用都是在有水的情况下进行的，如岩浆岩中的铁，多为低价铁，可被氧化成高价铁，从而使晶格破坏。



再如，硫化物被氧化后，生成硫酸盐及硫酸。硫酸盐易溶于水，硫酸及酸性硫酸盐可以促使其它矿物产生化学风化。



自然界里，在溶解、水化、水解、氧化等作用进行的同时，还进行着相反的沉淀、脱水、中和及还原等过程，这些过程相互结合的结果，使得原来的矿物遭到破坏，并且在地表产生了较稳定的新矿物。

上述的化学风化作用都是理论上的化学过程，但是在自然界里，往往综合在一起，不易区分，而且无论任何地方所进行的化学风化作用，都不可能没有生物参加。在各种化学风化过程中，生物因素起着极为重要的作用。

3. **生物风化作用**：生物风化作用是指动物、植物、微生物的生命活动及其分解产物对岩石的风化作用。

当植物的根系伸入岩石矿物的裂隙时，可以挤压岩石裂隙使之破碎；生长在岩石表面的地衣和苔藓可以保蓄水分，也就加强了水对岩石的作用，使岩石表面变得疏松。另外，生物的呼吸作用所放出的二氧化碳和所产生的有机酸，能不断引起矿物的分解。如硅藻能分解高岭石，地衣分泌的碳酸和特殊的地衣酸也能破坏岩石，硅酸盐细菌能分解硅酸盐矿物，磷细菌能分解磷灰石等。

生物风化作用具有重要的意义。首先，没有生物的生命活动，大气成分中就不可能补充由光合作用所消耗的大量的二氧化碳；没有二氧化碳，化学风化作用就不能迅速地进行。由于土壤中为数巨大的微生物生命活动，每年可产生大量二氧化碳，这样就加强了岩石的化学风化作用；其次，更重要的是，生物的风化作用不仅使岩石破碎、分解，而且还能积聚养分，创造有机质，发展土壤肥力。