

第六章 土壤

第一节 土壤圈的物质组成及特性

一、土壤及土壤肥力

1、**土壤**是地球陆地表面上具有一定肥力且、能够生长植物的疏松表层。它是岩石风化物（成土母质）在生物、气候、地形等因素的作用下形成的。土壤由矿物质、有机质、水分（土壤溶液）、空气和包含土壤微生物在内的土壤生物等组成。

①土壤所处的位置是地球陆地表面

②土壤在地球表面的存在状态是疏松层。土壤是一个疏松多孔的介质体系，可以保蓄水分、空气和养分，为植物生长提供水分和养分。如果不是疏松的，则根本不可能生长植物。

③土壤的特性是具有一定肥力且能够生长植物，这也就是说，不能够生长植物的地表疏松层不能被看作是土壤，例如，在流动沙漠地区，地表是疏松的沙土层，与土壤的位置和状态都相同，但它不能够生长植物，因而它不能被看作是土壤。

④土壤可以分为自然土壤和农业土壤

2、土壤的基本属性和本质特征是具有肥力。

土壤肥力是指土壤供应和协调植物生长发育所需的养分、水分、空气和热量的能力。这种能力是由土壤中一系列物理、化学、生物过程所引起的，是土壤物理、化学、生物性质的综合反映。一般将水、肥、气、热称为土壤肥力因素。

二、土壤在地理环境中的地位和作用

由于土壤位于四大圈层的交接地带，那么四大圈层之间的物质和能量转化必须通过土壤来进行，所以土壤就成了地理环境中物质和能量转化的重要活跃场所。

1、**土壤圈与生物圈**进行养分元素的循环，土壤支持和调节生物的生长发育过程，提供植物所需要的养分、水分与适宜的理化环境，决定自然植被的分布。

2、**土壤圈与水圈**水分平衡与循环，影响降水在陆地和水体的重新分配，影响元素的表生地球化学迁移过程及水平分布，影响水圈的化学组成。

3、**土壤圈与大气圈**进行大量及痕量气体交换，影响大气圈的化学组成、水分与热量平衡；吸收氧气，释放 CO_2 、 CH_4 、 H_2S 、氮氧化物和氨气，影响全球大气变化。

4、**土壤圈与岩石圈**进行着金属元素和微量元素的循环。

三、土壤形态

（一）概念

土壤形态是指土壤和土壤剖面的外部形态特征，如剖面构造、土壤颜色、质地结构、紧实度和孔隙状况等。

（二）主要土壤形态特征介绍

1、土壤剖面与土壤发生层

（1）自然土壤剖面：P316

19 世纪末道库恰耶夫划分：腐殖质层（A）、过渡层（B）、母质层（C）。

1967 年国际土壤学会划分：有机层（O）、腐殖质层（A）、淋溶层（E）、淀积层（B）、母质层（C）和母岩层（R）。

即土体构型。

（2）耕作土壤剖面 P317

耕作层（表土层、熟化层）：厚度一般大于 15cm，土质疏松，结构良好，有机质含量高，颜色较暗。

犁底层（亚表土层）：厚度 10~20cm，土壤呈层片状结构，紧实，腐殖质含量少。

生土层（心土层）：受耕作影响较小，淀积作用明显，颜色浅。

死土层（底土层）：几乎不受耕作影响，植物根系少，土壤不发育，仍保留母质特征。

2、土壤的一般形态

（1）. **土壤颜色**是土壤重要的形态特征之一。根据颜色的变化可以判断土壤的变异。许多土类用颜色来命名。

（2）. **土壤质地**是指土壤颗粒粗细的情况。准确的测定要在室内用机械分析方法来进行。但在野外常根据用手指研磨土壤的感觉近似的判断。

一般土壤质地分为砂土、壤土、粘土等。

（3）. **土壤结构**指土壤中的固体颗粒在胶结物质的作用下，所形成的不同大小、形状各异的团聚体的空间排列状况。有团粒结构、片状结构、块状结构、柱状结构等。

（4）. **松紧度**指土壤紧实或疏松的程度，一般用小刀插入土中所用力大小来衡量，分为紧实、稍紧实、疏松等。一般来说很松、散的土壤性质较好。

（5）. **孔隙**指土粒之间存在的空间。是土壤水分、空气的通道，影响土壤养分和温度状况。

（6）. **干湿度**指土壤含水多少，一般分出湿、潮、润、干四级。上（7）. **新生体**指土壤发育过程中物质重新淋溶沉积和聚积的生成物。如 Fe、Mn 物质溶解后淀积在土壤结构体表面，形成 Fe、Mn 胶膜，它也是一种新生体。

（8）. **侵入体**由外界进入到土壤中的物质。如：碎石、砾石、瓦片、碎砖块、动植物化石等。

四、土壤的物质组成

土壤是由三相物质四种成分组成的：三相：土壤由固相、液相、气相物质组成。四种成分：土壤矿物质、土壤有机质、土壤水分和土壤空气。按重量计，矿物质占固相部分的 95%，有机质占 5% 左右。按容积计，矿物质占 38%，有机质占 12%，液相和气相占 50%。

（一）土壤矿物质 土壤矿物质是土壤的主要组成成分，约占土壤固相部分的 90-95%，在土壤中起着支持作用，所以人们形象地称之为“土壤的骨骼”。按成因分为原生矿物和次生矿物。

原生矿物：指岩石受到物理风作用，而未受到化学风化的碎屑物。土壤中原生矿物主要有硅酸盐、铝硅酸盐矿物，氧化类矿物，硫化类矿物和磷酸盐类矿物。

次生矿物：由原生矿物经风化后重新形成的新矿物，它的化学组成和结晶构造与原生矿物明显不同，属于一类独立的矿物。次生矿物是土壤物质中最细小的部分，如简单盐类、次生氧化铁、铝、粘土矿物等。其中最主要的是粘土矿物。粘土矿物又包括高岭石、蒙脱石和伊利石（水化云母）等。

（二）土壤有机质

1、 土壤有机质：指土壤中动植物残体、微生物体及其分解和合成的物质。是土壤固体物质的组成成分，被称之为土壤的“肌肉”。它在土壤中的含量并不高，充其量不超过 10%，但它是土壤肥力的重要物质基础。

土壤有机质包括两类：P319

2、土壤有机质的转化过程

（1）. 矿质化过程是指土壤复杂有机质在微生物的作用下，分解成简单的有机化合物，最终被彻底分解为简单的矿物盐类和 CO_2 、 NO_2 、 N_2 、 NH_3 、 CH_4 、 H_2O 等物质的从复杂到简单的转化过程。

（2.）腐殖化过程 指土壤有机质在微生物的作用下，一些分解的中间产物重新缩合成复杂腐殖质的过程。土壤腐殖化过程是一个由简单到复杂的转化过程。

（三）土壤水分

土壤水分是影响土壤肥力的重要因素，被称之为土壤的“血液”。

1、土壤水分的来源及消耗 P320

2、土壤水分平衡 P320

3、土壤水分类型：吸湿水、毛管水、重力水。

吸湿水：指土壤颗粒表面张力所吸附的水汽分子。不能移动，植物不能吸收。

毛管水：指毛管孔隙中毛管力吸附保存的水分。植物可以顺利吸收利用。分为毛管上升水和毛管悬着水。最大毛管悬着水称为田间持水量（它是田间土壤能够保持的最大土壤水分含量，超过这个土壤含水量，土壤水则向下渗流，排出土体。）。

重力水：指土壤水分含量超过田间持水量是沿土壤非毛管孔隙向下移动的多余水分。土壤不能吸收利用。

（四）土壤空气

指土壤孔隙中存在的各种气体混合物。以 O_2 、 N_2 、 CO_2 及水汽为主。

五、土壤组成物质之间的相互作用

(一)、土壤机械组成 P323

(二)、土壤胶体 P326

(三)、土壤溶液

土壤水并不是纯水，里边含有许多气体、溶质和悬浮物质，所以，土壤水实质上是以土壤溶液状态存在的。

1. 含义：**土壤溶液**指土壤水分及其所含的气体、溶质和悬浮物质的总称。

2. 变化 ①土壤间变异，不同土壤其溶液的浓度和组成不同，如盐土溶液中主要是易溶性盐，而浓度较高，而森林下土壤，有机酸含量较高，易溶盐含量较低。

②土层间变异，就是同一土壤、同一时间、不同土层之间土壤溶液的组成和性质不同。如盐土，盐分主要集中在土壤表层，组成比较复杂，下层浓度低（组成简单）。

③季节性变异，就是指土壤溶液的组成和浓度在年周期内不同季节不同。

3. 土壤溶液与作物生长的关系

当土壤溶液浓度在 $3-6g/l$ 时，大多数作物生物良好，因为植物有充足的养分。当土壤溶液浓度在 $1-2g/l$ 以下， $10-12g/l$ 以上时，大多数作物受抑制。当土壤溶液浓度达 $20-25g/l$ 时，大多数作物发育不正常，甚至死亡。

第二节 土壤形成与地理环境之间的关系

一、成土因素学说

土壤发生学派的主要创始人道库恰耶夫提出了其成土因素学说，基本观点有以下四点：：

1、土壤是母质、气候、生物、地形和时间五大自然因素综合作用的产物。

2、所有的成土因素始终是同时存在、同等重要和相互不可替代。

3、土壤永远受制于成土因素的发展变化而不断地形成和演化。

4、成土因素存在地理分布规律。

过渡：总之，成土因素是相当复杂的，共有五大自然成土因素，即母质、气候、生物、地形、时间和一个人为因素。那么这些成土因素在土壤形成中到底起什么样的作用呢？下边我们就分别介绍。

二、成土因素在成土过程中的作用

(一) **母质因素** 岩石的风化后形成的疏松碎屑物质称为成土母质。按照母质的搬运情况可将其分为残积母质和运积母质两大类：残积母质：指风化岩石基本上未搬运而残留原地的物质。运积母质：指母质风化后经外力作用而迁移到其它地区是物质。

1. 不同成土母质所形成的土壤，其养分状况有所不同 P331;

2. 成土母质与土壤质地关系极为密切;

气候对土壤形成影响主要体现在以下几个方面:

1. 控制着土壤形成的方向及地理分布

于气候控制着土壤形成的方向，因此，在不同的气候就形成不同的土壤类型，使土壤也呈现出一定的水平和垂直分布规律。

2. 影响风化壳类型及其厚度 水热条件不同，土壤矿物质的风化方式和程度不同，因而形成的风化壳类型和厚度必然不同。

3. 影响着土壤有机质的积累与分解

4. 影响土壤内部物质迁移过程

(三)、生物因素

生物也是土壤形成中的最活跃因素之一。因为生物的出现使土壤具有了肥力，使其成为一个独立的自然体。生物作用在土壤中的作用包括植物、动物和微生物在土壤形成中的作用。

1、植物在土壤形成中的作用

1. 富积亲生物性元素，利用太阳能合成土壤有机层。

2. 不同植被类型对土壤形成的影响不同，如①木本植物在成土作用的特点 A. 年凋落物总量大，且热带常绿林>温带夏绿林>寒带针叶林 B. 有机残体以枯枝落叶为主 C. 土壤有机质表聚化，由于木本植物主要以枯枝落叶的形式积累于土壤表层。在这一层，有机质含量相当高，但它的厚度不大，这种情况称为土壤有机质表聚化。

2、土壤动物在土壤形成中的作用 P333

3、土壤微生物在土壤形成中的作用 P333

(四) 地形因素

1、影响成土母质的地表分异 成土母质在地表的分异在很大程度上决定于地貌状况。在不同地貌部位上常常出现不同的母质类型。如在风化产物迁移过程中，由于重力分异作用，首先沉淀下来的是较粗的砂砾，最后是较细的粘土质。

2、影响地表水热条件的再分配 在不同地貌部位（如不同高度、不同坡度、不同坡向）上，虽然处于同一气候带，其水热条件是不同的。

3、地形影响土壤发育和分布。由于不同地形部位影响母质类型和水热条件，在不同母质类型和水热条件下可形成不同的土壤类型，所以，地形也影响土壤的发育和分布，在不同的地貌部位出现不同的土壤。

总之，地形因素对土壤形成的影响不象气候、生物和母质因素，这些因素对土壤发生作用时，都有物质和能量的交换发生。而地形因素不同，它与土壤之间不存在物质和能量的交换，

而只是通过影响母质和水热条件的再分配对土壤发生影响。因此它是一个条件因素。

(五) 时间因素 过渡：以上我们讨论了五大自然成土因素的前四个，都是从空间概念讨论的，而土壤形成不仅与空间因素有关，而且随时间的增长而土壤性质也发生相应的变化。下边我们就来讨论最后一个自然成土因素时间因素。

(六) 人类活动对土壤形成演化的影响

土壤影响因素	母质	提供矿物质，决定质地、孔隙、养分和酸度等理化性质	提供物质和能量 ——物理因素
	生物	加入有机质，促进结构形成，增强水分和养分的保持能力	
	气候	输入水分和热量，控制母质风化和植物生长，影响物质的迁移和转化	
	地形	影响母质、生物和气候因素，控制物质和能量在不同地形部位的分异	分配物质和能量 ——空间因素
	时间	影响母质、生物、气候和地形因素的作用强度和深度，产生内部层次的分类	控制影响的历程 ——时间因素

三、主要成土过程

过渡：以上我讨论了影响土壤形成的五大自然成土因素和人类活动对土壤形成的影响。但是，不管怎么说，成土因素只是土壤形成的外因，而土壤形成的内因则是发生在土壤中的一系列物理化学和生物反应，即土壤形成过程。在不同环境条件下，成土因素是不同的，那么成土过程也必然不同，因而形成了不同的土壤类型。下边我们就来了解土壤的形成过程。

(一) 土壤形成过程的基本规律

土壤形成过程的基本规律是地表物质地质大循环和生物小循环的对立统一规律。

1. 地表物质的地质大循环 指地表岩石经风化、搬运、堆积，在海洋底部固结成岩，再经地壳运动抬升出露地表，重新开始另一循环，这个循环过程称为地质大循环。
2. 生物小循环 植物从土壤中选择吸收养分和水分并存储在活的生物体（植物、动物和微生物）内，再以有机残体的形式归还给地表，并经过微生物分解，将其所含的养分和水分重新释放出来进入土壤，开始新的另一循环。这个循环过程称为生物小循环。

过渡：总起来说，地质大循环和生物小循环的对立统一决定着土壤的发生发展状况，这是土壤形成过程的实质。这两个过程的相互作用在土壤中的具体表现是一系列物理、化学和生物过程。在不同地区自然条件（成土条件）不同，地质大循环和生物小循环的对比关系不同，土壤中的物理、化学和生物过程也必然不同，因此出现了许许多多的具体的成土过程。要想

真正了解地球表面各种土壤的发生和发展，但了解地质大循环和生物小循环是不够的，更重要的是深入研究各个具体的成土过程。所以下边我们就来讨论土壤中发生的主要成土过程。

（二）主要的成土过程

1、原始成土过程

2. 有机质积聚过程：是生物因素在土壤形成过程中的具体表现。

3. 粘化过程：是指土体中的矿质颗粒由粗变细而成粘粒，以及粘粒在剖面中积聚的过程

4. 钙化过程：在土壤母质的基岩风化物或地表沉积体，在土壤形成过程中淋溶脱钙和淀积积钙，以及复钙过程等, 是一种比较普遍的现象。

5. 盐化、碱化、脱盐与脱碱化过程：盐化过程主要是干旱、半干旱气候条件下，地下水中的盐分通过毛管蒸发而在土壤表层和土体上部进行积累的过程。

6. 灰化过程：在冷湿的纯针叶林的生物气候条件下产生酸性淋溶的一系列过程。

7. 白浆化过程：是指土体中出现还原离铁离锰作用而使某一土层漂白的过程。在较冷凉湿润地区，由于质地粘重、冻层顶托等原因，易使大气降水或融冻水在土壤表层阻滞，造成上层土壤还原条件，使铁锰还原并随下渗水而漂洗出上层土体。土壤表层逐渐脱色，形成一白色土层——白浆层。

8. 富铁铝化过程：是指在湿热的生物气候条件下进行的脱硅作用和铁铝相对富集的作用。

9. 水成土壤过程：潜育化、潜育化过程、泥碳化。是在潜水位较高的影响下，在底土中进行的以还原或以氧化还原交替进行为主的成土过程。

10. 熟化过程：是指在人为干预下，土壤兼受自然因素和人为因素的综合影响下进行的土壤发育过程。

第三节 土壤空间分布规律

一、 土壤空间分布规律

土壤在地球陆地表面的分布并非杂乱无章，而是有一定分布规律的。

1. 纬向地带性

如： i 如高纬的冰沼土和低纬的砖红壤大致与纬线平行而且横跨各大陆呈全球带状分布。

ii 在中纬地区土壤分布表现比较复杂，往往大陆东岸和西岸地带性分布被中部干旱区地带性分隔。

原因：主要是因为在不同纬度带，地表接受的太阳辐射能数量不同，从而导致气候、生物等其他自然地理要素发生纬度地带性分异，致使土壤也现出相应的分布规律。

2. 经向地带性

均为区域性或地方性土壤。如我国中纬度由东部沿海向西部内陆，依次为：棕壤（东北）—

黑钙土、栗钙土—棕钙土、灰漠土、棕漠土。

产生原因：海陆分布大势不同，造成水分条件和生物因素从沿海至内陆发生有规律的变化，土壤带谱也从沿海至内陆大致平行于经线方向的带状分布规律。

3、垂直分布规律

土壤类型随海拔高度的升高依次地、有规律地、相应于生物气候的变化而变化的规律。

原因：主要是由于随山体高度的增加，水热条件组合状况发生变化，出现不同的山地气候类型，生物也出现垂直分异，相应地土壤也出现垂直分异。

分布规律性： A. 山地土壤由基带开始，自下向上依次出现一系列不同土壤类型，构成山地垂直带谱。

气候带	植被带	风化壳	土壤带
寒温带	针叶林	不饱和硅铝风化壳	灰化土.漂灰土
中温带	针阔混交林	不饱和硅铝风化壳	暗棕壤
暖温带	落叶阔叶林	不饱和硅铝风化壳	棕壤
北亚热带	常绿.落叶阔叶混交林	弱富铝硅铝风化壳	黄棕壤
中亚热带	常绿阔叶林	富铝风化壳	红壤.黄壤
南亚热带	常绿阔叶林.季雨林	富铝风化壳	赤红壤
热带	雨林.季雨林	富铝风化壳	砖红壤

我国土壤的经度地带性分布规律

- 温带地区的经度地带性由东往西为：黑土、黑钙土、栗钙土、棕钙土、灰漠土。
- 暖温带地区的经度地带性由东往西为：棕壤、褐土、黑垆土、灰钙土、棕漠土。

我国湿润区土壤的纬度地带性分布规律

第四节 土壤资源的合理利用与保护

一、概念

土壤：地球表面陆地上能够生长植物的疏松表层，其基本属性是具有肥力。

土壤资源：是指具有农林牧业生产性能的土壤类型的总称，以土壤的发生类型和性状、肥力水平、利用改良的难易程度、土地利用方向等为中心。

二、 土壤资源的分布概况

可耕地：23%；已耕地：10.7%；但剩余的可耕地开发利用难度大

世界上的土地分布不平衡

我国土地资源的概况 我国耕地 99 万 km²，人均 1.6-1.7 亩，仅及世界 1/4，人均土地为世界的 1/3；森林覆盖率为世界 1/6，草地为 1/3。土地分布与人口分布失衡。

三、土地资源开发利用中存在的问题

1. 耕地逐年减少，人地矛盾突出
2. 土壤侵蚀危害加剧 风蚀—沙漠化现象逐年加剧；水蚀—水土流失
3. 土壤退化生产力下降 4. 土壤盐碱化
5. 土地沙化
6. 土壤污染

四、土地资源的合理利用与保护

1. 扩大耕地面积，盘活存量土地
2. 综合治理，合理布局……P374