

華南農學院

# 耕作学与作物栽培学讲义

作物栽培学教研组编印

1956年6月

# 耕作學與作物栽培學講義

## 第一編 土壤學原理

### I. 土壤及其肥力的概念：

威廉士指出“地球陸地上能够生長植物產品的疏鬆表層稱為土壤。

肥力是土壤不可缺少的屬性，是土壤在植物整個生育期中不斷地同時地供給植物水分和可給態養分的最大需要量的能力。沒有這種屬性的土壤，不能稱為土壤。

土壤肥力分天然肥力和人工肥力。

土壤的天然肥力是在各種自然作用的綜合影響下發育起來的純粹的天然肥力，祇能在人類未耕過的土壤中才存在。

土壤的人工肥力，是人類以自己的勞動，利用着並創造着的一種新肥力。人類通過勞動在土地上進行整地，施肥，灌溉等一系列的墾業措施後，土壤除了自然肥力外，同時還具有了人工肥力。但這兩種肥力在農地上是聯系着的，我們不可能把它們分開若干屬於自然肥力，若干屬於人工肥力。

肥力是墾業生產的基本資料，穩定和不斷提高土壤肥力是墾業技術的中心目標。

土壤肥力不是土壤的客觀屬性，而是必然地隨着人類的社會的發展而發展的。它不是受社會經濟條件的制約，受到人類社會發展的某一階段歷史的制約的，並且決定於生產力和生產關係的發展水平。

在資本主義國家的墾業條件下，土壤肥力的水平日益低落，土壤和勞動不僅是掠奪勞動者的技巧的進步，並且為掠奪土壤技巧的進步，在一定的時期內提高土壤肥力的方法每種進步，結晶都成為破壞肥力的源泉的進步。恩格斯的同輩曾經不止一次地指出，在資本主義社會制

度下對土壤進行掠奪性的利用。列寧的著作中經常強調提高墾業勞動生產率和提高土壤肥力之間的聯系，同時描寫資產階級科學家的所謂“土壤肥力遞減率”的虛偽性和反動性。例如在美國由於掠奪式的利用土壤和濫伐森林，土壤肥力已經劇烈下降，使全國範圍內的土壤遭受空前未有的破壞，直至目前美國

60,600 萬公頃耕地上有 67% 即 47,600 萬公頃被沖刷，內中已有 11,200 萬公頃達到目前無法再利用的地步。而在蘇聯由於先進的大規模的具有現代化高度技術水平與科學水平配合着集體化的優越的社會主義墾業企業組織，因此蘇聯墾業具有使土壤的人為肥力達到最高水平，使產量達到無限，高漲而穩定的階段。

總之，土壤有效肥力是與社會制度、社會經濟條件分不開的。社會進步，科學技術水平愈高，土壤的有效肥力也就愈高。解放幾年來，我國墾業生產的輝煌成就，墾產品之質及單位面積的不斷提高，就是土壤肥力不斷提高的很好證明，也就是優越的社會制度及社會經濟條件對土壤肥力的影響的很好證明。

这通末，由于土壤肥力的不断提高更促进农业生产的发达与社会的繁荣。科学技术的发达，故与土壤肥力作斗争，乃是农业科学工作者的天然任务。要完成和超额完成这项光荣任务，首先必需明瞭并掌握土壤肥力的发展规律，学习土壤学原理的主要目的和任务就在如此。

## II. 土壤在自然界中的位置：

土壤从人类生产活动来看是生产资料，是劳动的产物；而从它在自然界中的位置来看，它又是自然界中的一个成员，是一个独立的个体。居於陆地的表层，在岩石圈和圈壳之上，大气圈和生物圈之下，生物圈所包围的圈壳表层就是土壤。这个独立的个体在自然界其他成员密切相联互相影响的作用下随时间的演进有其发生和发展的过程，因此我们说土壤又是一个独立的历史自然个体。土壤做为一个历史体是怎样发生发展的呢？做为一个自然体又是怎样组成和具有何种特性呢？我们要分别说明於后。

## III. 岩石的風化及其風化後的產物：

### 一、礦物与岩石的一般概念：

大部化学元素在自然界中都不是以游离态存在的，而是以称为矿物的形式存在着。矿物是指任何存在于地壳内之具有一定物理特性及化学成分的物质自然体，由一种或若干种矿物所组成的占有相当空间集合体的称为岩石。

组成地壳的岩石主要分为三大类：

- 火成岩：是熔化的岩浆冷却形成的，如花岗岩。
- 水成岩或沉积岩：主要是火成岩破坏搬运和沉积形成的，如砂岩，頁岩，石灰岩等。
- 变质岩：是在地球深层受高温高压的作用变质而成的岩石，如大理石。

第一、第三类具有结晶的构造，并且呈大块状存在，又称为块状结晶岩。在地球最表层，沉积岩佔95%，而块状岩佔5%，因此形成土壤的直接岩石基础为水成岩。

### 二、岩石的風化：

岩石由於和周圍环境的接触就使其在構造成分和各種性質上發生深刻的改變，在岩石中所發生的這些變化的總體，即為風化過程。

岩石經過風化成為鬆碎的物品，這些風化產物就叫做母質或稱以土母質，所以風化過程也就是母質形成過程，同時在母質上由於生物的出現也就開始了成土過程產生了。

應該把地表的熱力條件，把水、氧氣、二氧化碳和微生物的作用列為主要的風化因素。所有這些因素都是同地同時地對岩石起着作用，其中每個因素的作用都是和其他因素相聯繫的，而按照主要因素的特點，目前將風化分為三個主要類型：物理風化，化學風化

和生物风化。

1. 物理风化：

就是岩石机械地破碎成大一些的碎片，而组成岩石的矿物的化学成分则当然不发生变化，但是随着物理破碎和总表面积的增加，岩石就越来地越容易进行化学风化。

在地表的条件下，一年中，特别是一晝夜间温度的变动是物理风化的主要条件。岩石由于这种温度的变动而交替地变热和变冷，因此就遭到了破坏。此外组成岩石各矿物的线胀系数之不同，矿物的色泽和热容量的不同，流动水以及水在岩石隙缝间的结冰，飞翔在空气中的塵沙等都使岩石遭到不同程度的破坏。

物理风化的特点是：(1) 岩石在破坏时不改变其化学成分，但同时却获得新的性质——对水和空气的透透性。(2) 风化产物总表面积的增加。这种情况有力地促进了化学风化。

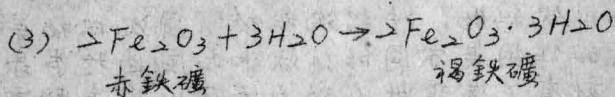
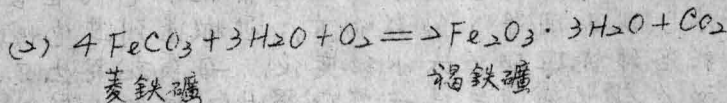
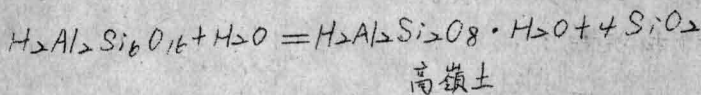
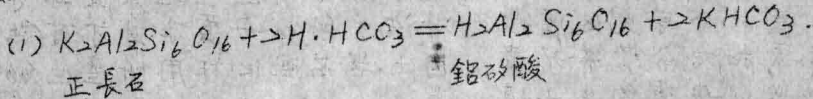
2. 化学风化：

是指岩石主要在化学作用影响下发生分解和变化。这种化学风化的作用，常使岩石成分起深刻的变化。

化学风化主要作用因素是大氣因素——水，二氧化碳和氧气。其中水是最主要的因素，因为只有在水的参与下二氧化碳和氧气才能显示出它们的作用，而水本身也是一个在岩石化学风化过程中极其活动的溶剂。

化学风化中主要的化学反应为：水解作用 ( $CO_2 + H_2O$  的作用)，氧化作用 ( $O_2$  的作用)，水化作用和溶解作用 ( $H_2O$  的作用)。

例如：



化学风化过程的程度和状况决定于环境条件，特别是酸碱反应 (PH) 值，盐的成分及溶液的浓度等。此外火成岩的风化决定于矿物成分，特别是岩石中  $SiO_2$  的含量，譬如酸性岩 (即含有很多  $SiO_2$  的岩石) 当风化时，产生砂土和砂壤土，中性岩产生壤土，碱性岩产生壤土和粘土。

3. 生物风化：

自然情况下很多没有生物因素参加的风化过程，微生物在岩石分解过程中起很大的作用，特别是原生细菌或称化能自养细菌——化学合成作用的主动者。例如硝酸盐微生物和丁酸微生物和蓝绿藻

有徹底分解硫酸鹽（主要的粘土礦物）和磷灰石的能力。又如改在岩石的風化過程中起着特別巨大的作用。此類微生物定居在岩石上，可以從高嶺土類的鋁硫酸鹽中取得它所需要的矽和鉀。其次像地衣，不用化學方法影響岩石，而且也用機械的方法，藉菌絲在最微細的岩石孔隙中穿透和生長來影響和破壞岩石。

由此可見，生物風化作用是岩石風化非常重要的環節。如果對這種作用估計不足，對於岩石的風化就不可能有正確的概念。

### 三、岩石風化產物的特點及其在水分和植物營養元素方面的變化。

風化作用結果使母質的化學成分有了改變，同時當大塊岩石變成鬆散的碎粒大之地增加了單位體積的表面積，亦即大之地增加了母質和周圍環境的接觸面，因而產生了一系列的新性狀，改變了和周圍環境的關係。

首先在母質繼續變小的過程中，粒子小到膠體的範圍——粘土細粒就開始表現強的吸收性和粘結性。此外由於母質的變細，細的粒子與碎粒之間就形成了表現毛細管現象的毛細管孔隙。在這種母質中水分按毛細管定律移動，而與水的重力無關，亦即母質開始具有了持水性。做為土壤肥力因素之一的水分在岩石開始有了蓄積。

但是植物所需要的大量氮素在火成岩中完全沒有，因此只是風化作用的結果永遠不會形成氮的化合物，氮化合物的形成和蓄積是活的生物體的特殊機能。除氮素外，在原生岩中雖含有其他營養元素像鉀、鈣、鎂和磷等，然而由於化學風化，這些元素變為可溶於水的化合物，因此不可避免地遭到沖洗，所以母質本身不可能為植物蓄積營養元素和灰分營養元素。因此岩石風化作用所產生的母質不具有土壤肥力，母質不是土壤。

### 四、母質的侵蝕和沉澱：

只有在很少的情況下，風化產物能保留在原地。它們在各種自然因素（像流動的水，冰和風等）的影響下，被搬運到其他地方。在搬運過程中，由於各種搬運動力大小的變化，母質就發生了分級作用，等到原搬運動力減少或消失時母質就產生了沉澱，形成各種沉澱岩或沉澱物。例如冰川沉澱物，沖積沉澱物，風沉澱物等。各種搬運力對於所搬運物質的作用是不同的，流水和風由於本身動力的不同對所攜帶的物質亦就有了選擇性（動力大可以攜走較重的物質，動力減少則只能攜帶較輕的物質）。因而由這些作用所造成的沉澱物機械組成較為均一並有層次性，而冰川的沉澱不具有選擇性，因此其沉澱物不具有層次或層次不明顯，機械組成也不一致。

重力的作用也可以使母質移動，但單純由重力使母質移動的情況較少，常之是與其他搬運力量相結合，此外湖水和海水也有一定的侵蝕和沉澱作用。

### 五、成土母質和土壤機械組成的概念：

所有成土母質都是大塊岩石的風化產物，它是由各種礦物和岩石的細粒或碎片（直徑由几厘米到微米和毫微米）所組成的。因而

在一定母质上所发育的土壤，其矿物质部分也完全由各种形状及大小的矿物细粒或碎片组成，科学上把各种大小的细粒分为若干粒级。砂粒这一级是土壤矿物质部分的骨架，最不活跃；粘粒是最小的粒级，具胶体性质，最为活跃。关于粒级有如下的分类法：

土粒分类法

单位：毫米

粒级 分类法	石砾	砾		砂					粉砂		粘粒
		粗砾	细砾	粗砂	中砂	细砂	极细砂	微砂	粗粉砂	细粉砂	
威廉斯法	>1.0	10-5	5-3	3-1	1-0.5	0.5-0.25	0.25-0.075	0.075-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001
国际法		>2		2-0.2	—	0.2-0.075	—	—	0.075-0.002		<0.002

各级细砂大小不同，在物理性状和化学组成上也就有了不同：

各主要粒级的主要性状

粒级名称	最主要的性状
砂粒	透水性高，毛管上升高度低（<33厘米），无可塑性和黏结性，遇湿涨或乾缩，乾时鬆散。
粉粒	透水性不大，毛管上升高度大（有弱可塑性，不湿涨和湿涨微弱，微粘结，乾时緊密。
粘粒	对水几乎不透，毛管上升高度大，湿涨乾缩皆很大。湿时可塑性強，具强粘强性，乾时成堅实体。

各土壤粒级的化学组成（百分率）

土粒粒级(毫米)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
砂 1-0.2	93.6	1.6	1.2	0.4	0.5	0.8	0.05
0.2-0.075	94.0	2.0	1.2	0.5	0.1	1.5	0.1
0.075-0.01	89.4	5.1	1.5	0.8	0.3	2.3	0.2
粉砂 0.01-0.002	74.2	13.2	5.1	1.6	0.3	4.2	0.1
粘 0.002	53.2	21.5	13.2	1.6	1.0	4.9	0.4

## 耕作学与作物栽培学讲义

由上列之表可見在土粒之中粘粒最活躍，而且在灰分營養元素（Ca, Mg, K, P 等）也比其他粒級為多。

实际在自然情况下，經常之是由不同粒級混合組成土壤的礦物質部分。各粒級的配合對土壤性質有很大的影響，這種在母質中或土壤中不同大小的粒級的配合用百分數表示稱為土壤或母質的機械組成。

國際土壤學會土壤機械組成分類表

類 別	粘粒 % 小於 0.002 毫米	砂粒 % 大於 0.2 毫米	粉砂 % 0.02 - 0.002	土 壤 名 稱
第一類	< 15	> 85	< 15	1. 壤質砂土
		55-85	< 45	2. 砂質壤土
		40-55	25-45	3. 壤土
		< 55	> 45	4. 粉砂質壤土
第二類	15 - 25	> 55	< 30	5. 砂質粘壤土
		30-50	20-45	6. 粘質壤土
		< 55	> 45	7. 粉砂質粘壤土
第三類	25 - 45	> 55	< 20	8. 砂質粘土
		10-15	< 45	9. 壤質粘土
		< 30	45-75	10. 粉砂質粘土
第四類	45 - 65	< 55	< 55	11. 粘土
	65 - 100	< 35	< 30	12. 重粘土

土壤的機械組成對成土過程和土壤肥力的發展有很大的影響，因為它直接關係着水和養料的狀況，從而它能加速或延緩成土過程的進行。任何具有某種機械組成的土壤都有其一定的物理性質和化學性質。可以分為三種類型來比較：砂質和砂壤質的土壤。透水性強，透氣性良好，耕作時阻力小，但砂質土壤有機質，N 素和灰分營養元素均較缺乏，而且土壤結構性差。粘質土壤恰相反，透水性差，排水不良，蓄水量大，土壤溫度較低，耕作時阻力很大，水時粘結在一起非常泥濘，乾燥時結成堅硬土塊，但是植物養料比較豐富。一般認為從這些方面看，最好的是壤土，它具有砂土

和粘土综合起来的良好性状，具有较优良的水分和养料状况，耕上也较容易。因此生产上价值较高。

然而在高度农业技术及土壤合理利用的情况下，任何机械组成的土壤都能进一步或根本地改变其物理性质和化学性质，都能成为栽培作物的优良土壤。威廉斯说“没有不良的土壤，祇有不良的耕作法”。

为了了解土壤的机械组成，就要进一步分析一个土壤其各级土粒的百分数，然后确定类别。这种操作过程称为土壤的机械分析。

#### IV. 土壤形成作用的概况

卓越的苏联土壤学家威廉斯在土壤形成的概念上给予了我们以辩证唯物的科学观点，土壤绝不是一个静止的个体，而是有其发生和发展的历史自然体。因此当我们研究土壤形成过程时必须掌握这一思想方法，并且以威廉斯关于土壤形成作用的学说为唯一的依据。

一、土壤形成是风化过程和土壤形成过程这两个对立过程的统一

##### ，土壤形成的实质。

上面我们谈到不管物理风化和化学风化进行到怎样程度，它仍不能在岩石中使土壤肥力主要条件之一的植物养料元素聚集起来，因而风化产物不是土壤。那么土壤是怎样形成的呢？首先先谈一下“地质的循环和植物营养元素生物小循环”这一概念。

根据威廉斯的观点，岩石由于非生物的因素的影响而风化的条件下发生了物质的地质大循环。落到岩石风化产物上的降水，淋洗了由风化产生的可溶性盐类，流入河海，大部分植物营养元素当在海里参加了沉积岩的形成，经过许多地质时代，直到这些岩石变成了大陆，这个过程称为物质的地质大循环。这个过程只能在非生物的条件下发生。但是有生物的出现和生物的存在，就引起相反的现象，当风化产物上开始有植物及微生物时，应当是土壤形成过程真正的开始。

首先是植物对于生物学重要元素的选择力。植物营养元素在母质中通常是极其分散的状态，植物根深入土层深处从底层将养料元素吸收，并固定于同化作用形成的有机质中。植物死亡后，养料物质又回到土壤，并累积于上层，这就为植物以后代创造了良好的养料条件，而植物后代仍然继续这一过程。这样由于有机质长期不断的形成和分解，在表层出现了土壤最重要的性质——植物需要的氮、磷、钾及氮素营养物质的累积，其次有机质在土壤中的累积就进一步改变土壤的物理性质。而有机质分解过程所产生的有机酸和根部分泌的各种酸与母质作用却加速母质的风化，使难溶的无机化合物部分变为可溶的即植物能吸收的形态。

可见生物的存在，就引起了植物营养元素在土壤中的累积。威廉斯把这一过程称为植物营养元素的生物累积过程。生物累积过程



就是土壤形成过程，而土壤形成过程的实质是有机物质在母质中的合成与分解，以及植物营养元素在土壤中的累积。

风化过程把灰分营养元素从岩石中解放出来，因此这些元素就进入地质的循环中。相反地，土壤形成过程把这些元素积存和集在母质里，使母质逐渐形成土壤，这样就产生了第二种在土壤里和生长在土壤上的植物之间进行植物的灰分营养元素和氮素营养元素的生物小循环。生物小循环是在自然界中物质的地质大循环的轨道上向相反的方向扩展着。因此土壤形成是由两个对立过程——地质淋溶的过程和植物的灰分营养元素和氮素营养元素的生物累积过程之间的斗争而发展起来的。

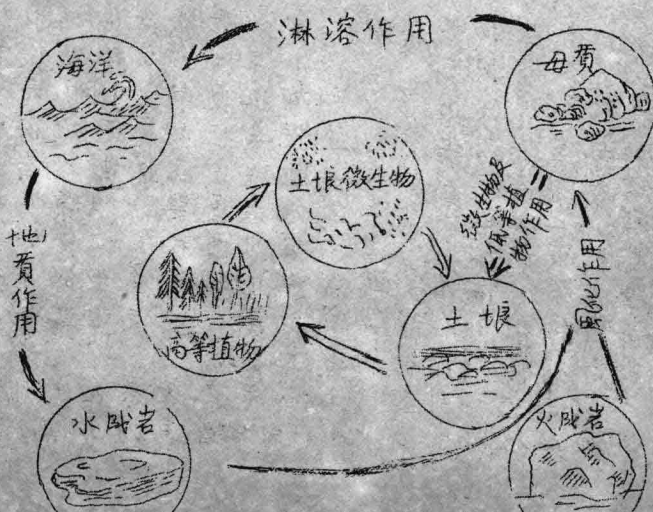
物质的地质大循环和植物营养元素的生物小循环，亦即风化过程和土壤形成过程是同时同地进行的。威廉斯认为土壤形成过程不能发生于风化过程之前，因为在那种情况下植物得不到它所需要的水分（因块状者即没有透水性也没有蓄水性），但是也不能发生于风化过程完结之后，因为风化完结之后，植物不可能获得营养元素。

威廉斯证明了植物灰分营养元素和氮素营养元素在土壤中的生物累积（这种累积是由于植物影响到母质才发生的）是所有的土壤不同于母质的唯一的极其重要的特征。

植物营养元素的生物小循环和地质大循环之相互关系可以归纳为以下几项：

1. 生物小循环是地球表面地质大循环的一部分。
2. 生物小循环与地质大循环的方向是相反的。生物小循环是通过一系列的生物学的方式把营养物累积起来形成土壤。
3. 地质大循环所佔的时间长空间大，而生物小循环的进行却是相当快的。
4. 生物小循环之所以具有极重要的意义，在于它在土壤形成过程中能保持和积累植物营养元素的能力。

### 生物小循环与地质大循环图解



## 二、土壤形成的因素：

土壤形成作用进行时所处的自然条件对土壤的形成作用发生直接的影响，任何土壤形成作用都是各种极不相同的土壤形成因素的综合作用的结果。在诸自然条件下，母质、生物、气候、地形和土壤年龄是土壤形成的最主要因素。其中由于生物所进行有机质的合成与分解是土壤形成过程的实质，所以生物因素（植物、动物和微生物）在土壤形成中就起着主导的作用。当然如此，所有其他因素对土壤形成作用的性质和方向均有很大的影响。因此我们必须考虑到这些因素的作用：

1. 植物和动物：

前面谈到有机质的合成与分解和植物营养在土壤中的累积是土壤形成过程的实质，而有机质的合成分解以及养料在土壤中的累积则决定于植物和微生物。关于植物与微生物这种重要的作用，我们将在下面谈到。

除直接影响外，植物对土壤形成作用还有着间接的影响，例如森林能缓和风力，集聚雪、融化的雪水以及雨水，湿润空气，减少土壤水分的蒸发等。森林可以缓和大陆性气候，类似这些作用会造成土壤形成作用的差异和土壤性质的差异。

除了植物以外，在土壤形成中动物也起着重要的作用，尤其是蚯蚓。蚯蚓会使土壤疏松，通过蚯蚓的消化器官，将消化过的有机物和土粒等有机细粒一同排出体外，因而蚯蚓会引起土壤物理性状和化学性状的变化。达尔文曾经说过：“犁是人类最早最著名的发明之一，然而在合理耕作出现以前，蚯蚓就已经不停的在翻动土壤了。”其他如生活在土壤中的掘出动物，使土壤疏松，搅混和移动，因而就会促进有机物质的分解以及矿物质部分的风化。

### 2. 土壤年龄：

土壤形成过程——土壤的发育和发育是和时间的概念分不开的。任何土壤都有其本身的年龄——绝对年龄和相对年龄。

土壤的绝对年龄是指某土壤从发生时开始发育到现阶段的时间，由于某些地质原因，在母质上土壤形成作用开始较晚，在这种情况下形成的土壤亦较年青。例如在河流流域最新冲积上，浅滩上或其他岩层上由于周期性的冲刷与冲积形成的土壤，就是最年青的土壤。

然而绝对年龄相同的土壤，由于其他因素如母质的差异和地形的不同等往往发育的速度不一致，土壤表现的性状也就有了差别，而成为在不同发育阶段的土壤。如此，在绝对年龄相同的地域上，各种土壤发育阶段的差别就称之为土壤的相对年龄。

土壤是不断随时间因素发展着，所以土壤年龄成为土壤形成重要因素之一。

3. 母质：母质对土壤的相对年龄的影响是很明显的。母质的化学成分和物理性质能加速或延缓土壤的发育。例如在粘重的母质内化学风化进行很差，有机质分解缓慢，由于透水性很坏，在降水多的区域往往引起沼泽化。相反的，疏松的母质水分和空气

很容易渗入，有机物质易矿质化，化学风化进行旺盛；因此土壤形成作用的方式也必然不同。像含碳酸钙丰富的黄土，就常发育比较肥沃的土壤，而在砂质冲积物上形成的土壤其自然肥力就较低。

4. 气候：

气候对土壤形成作用的发展有着巨大的影响，温度及降水量是决定气候条件性质及特征的主要气象因素。而我国由于地区的辽阔，气候和降水量是极不相同，因而也就对土壤形成产生了一定的影响。例如在我国西北地区内雨量较少或相当少，温度变化剧烈，表现明显的大陆性气候，降水只能湿润上部土层，故土壤中易溶盐类向下移动的深度小，而有机质易分解，使土壤中有有机质的含量很少。又如在我国南部，年降雨量相当高，气候温暖，土壤中有有机质也容易分解，可溶性盐类常渗透至土壤下层，由于盐基的溶失，土壤呈酸性反应。这些都足以说明气候对土壤形成的影响。

5. 地形：

是指地表构造的形状和性质，是土壤形成作用的最重要因素之一。地形重新分配气候因素和地下水，像平坦地区降水量，温度及光线的分佈都差不多。然而在丘陵地和山地分佈则很不相同，低地和盆地总比坡地及高地湿润得多；南坡比北坡所获得的阳光和温度比北坡为多，因而也就决定着位于地形部位的土壤水分状况和植物养分营养元素状况的特点。而由于表土及植物养料沿地形各部分被面水及冰雪不同程度的搬运也都影响着土壤形成过程。

所以在丘陵地形地区可能见到各样的土壤，而在相当平坦的地区常在大片面积上只有一种土壤。

最必须指出，自然因素对土壤形成作用的影响不是孤立的而是紧密相互相系，相互影响着的。其中每一因素并非只对土壤有影响，而彼此间也相互影响的，另一方面土壤在形成过程中对所有土壤形成因素都有着一定的影响。而在土壤形成的诸因素中生物因素起着主导的作用，植物和土壤是一个统一不可分的体系，植物的更换必然引起土壤的改变，而土壤的改变也必然引起植物群落的更换。

这样，土壤在自然条件下渐之发育，同时也经常获得新的特性与特徵。

人类生产活动对土壤形成的影响：

自从人类在自然土壤上开始耕种以来，人类的生产活动在土壤形成方向及质量的改变中就佔首要的地位。

威廉斯指出“土壤是劳动的产物。”农业劳动大部分是施用于土壤方面，虽然在土壤上进行劳动的目标是丰作物而不是土壤，但丰作物产量是与土壤肥力分不开的。要提高农作物的产量，就必须首先提高土壤肥力。

人类对土壤影响的途径与方法各式各样。用机械耕作，播种作物和牧草，栽植防护林，施肥，排水，灌溉等措置对土壤发育方向及其质量都有巨大的影响。合理措施能使土壤肥力不断提，合理的措施能使土壤一旦变坏。但是必须指出：由于社会发展阶段

不同，人类对土壤形成的作用是不相同的。例如在资本主义时期，由于资本主义的生产关系阻碍着生产力，科学技术的發展以及掠夺式的使用土壤，迫使土壤肥力日益下降。

马克思指出“……合理的耕作与资本主义制度是相抵触的”。根据美国研究者的报导，每年从美国土地上冲去的养料数量足够美国全国农作物一年之用。由于万恶的社会制度的影响，这样大量的植物营养物质就这样无情地投入了地质大循环中。在英帝国主义统治的殖民地国家中，由于侵略者的掠夺式的经营，更引起土壤及其肥力的严重破坏作用。

埃及、印度及旧中国的土地上，曾经留下无数的巨大的被帝国主义反动派掠夺和破坏自然资源的疮痕，引起过无数次的严重的自然灾害，迫使千百万劳动人民遭受破产、贫困、饥饿和死亡。

有计划的改良土壤工作只有在社会主义的制度下才能实现。伟大的苏联改造大自然的计划，以及我国的根治淮河、根治黄河、全国绿化规划工作，就是在这样优越的社会制度下，人类为了更好的进行农业生产而鞠躬自然的光辉例证。

人类的生產活动，是土壤形成的一个强有力的因素，而国家的社会制度及社会生产力的發展水平，又决定了这种重要因素的作用和意义。

### 三、土壤的吸收能力

#### (一) 土壤胶体

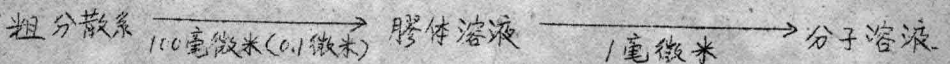
##### 1. 概念：

土壤的吸收能力是土壤内部能保持和吸收溶解悬浮于水中的固体吸气体的能力。这种能力直接决定于土壤内的细小粒子。这部分粒子愈多的土壤，则其吸收能力也愈强。

科学上把这部分粒子称为胶体粒子。

胶体粒子所组成的分散状态称为胶体。

胶体粒子的大小是介于土壤粗粒子及真分子溶液之间，其间保可表示如下：



##### 2. 胶体的性质：

(1) 胶体粒子愈小，胶体的表面能也愈大，胶体也愈活跃，吸收或被吸收的能力也愈大。

(2) 带电性和布朗运动：胶体溶液中的胶体粒子都带有一定的电荷，一般胶体粒子都荷阴电，同时胶体粒子都能产生布朗运动。

##### 3. 胶体的种类：

(1) 以粒子的質地：分无机胶体——小于 $0.001\text{mm}$ 的粘粒。  
有机胶体——有机质经过微生物腐植化作用所成的腐植质有机与无机胶体的复合物。

(2) 以与水的關係分：疏水胶体——与水不亲和，遇水膨胀

不顯著

親水膠體 —— 對水極親和，遇水膨脹極顯著。

(3) 以結合狀態分：溶膠 —— 帶電荷，呈均勻分散狀態的膠體。

凝膠 —— 失去電荷，呈不均勻分散狀態的凝合體。凝膠對於植物營養物的保存有非常重要的意義。

(二) 土壤吸收能力的種類：

植物營養物質之被土壤吸收是一種極其複雜的現象。

蘇聯哈德維依次院士確定土壤吸收能力分為下述五種。

1. 機械吸收作用：

土壤是多孔體。它能使小於孔隙的粒子通過，但不能使大於孔隙的粒子通過而保留在土壤中，這種作用就叫土壤的機械吸收作用。作用的大小決定於土壤的機械組成和結構，例如粘土和粘壤土的機械吸收作用比砂土及砂壤大。

2. 分子吸收作用：

這種現象主要是由土壤粒子的表面能所引起的。例如土壤細粒及其吸着水間的吸引力有時可達10000大氣壓或更高。

由於土壤粒子大小不同，對水分子的吸引力(壓力)也產生了差異。各種不同壓力的土壤水分能有各種不同濃度，也就是說壓力大的一般對溶質的溶解度也大，壓力小的對溶質的溶解度也小。由於這種緣故，植物可以在土壤中找到各種不同濃度的營養溶液。

但是必須指出，有些溶質的溶解度與壓力成反比，如硝酸鹽就是一樣。因此在施肥上必須注意，否則容易被淋溶流失。

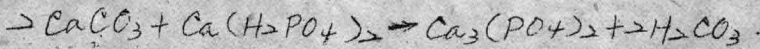
3. 化學吸收作用：

土壤中易溶解的物質相互化合或與難溶解的物質化合成為不溶解的化合物，保存於土壤中，叫做化學吸收作用。這是一種純化學的作用。

這種作用在農業上具有兩種意義。

一方面能使易溶解的物質變為難溶的物質保存在土壤中，一方面卻又使植物易吸收利用的營養物成為不能吸收利用。

例如：



所以農業上時常以過磷酸石灰做成混合肥料或粒狀肥料來減低這方面的作用。

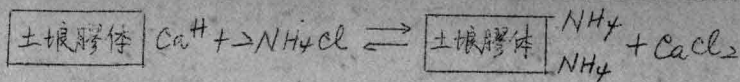
另外，如所有硝酸鹽都是易溶解的，故硝酸鹽不能為土壤的化學方式所吸收。

4. 代換吸收作用或物理化學吸收作用：

由於土壤膠體粒子一般都有電荷，而且大都荷陰電，因此土壤中的物理化學的吸收作用，包括：

(1) 土壤膠體粒子吸附陽離子的作用

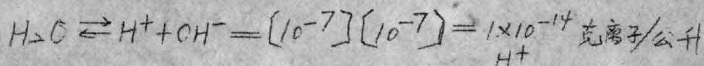
(2) 不同陽離子間的代換作用，如：



前者决定于土壤膠体粒子的数量，膠体粒子愈多，吸收量也愈大。后者一般决定于陽离子倍数的高低及不同种类陽离子的浓度，倍数愈高代換能力也愈强。

所谓 PH 等于氢离子浓度的负对数

$$\text{PH} = \frac{1}{\text{H}^+}$$



在  $20^\circ\text{C}$  时每 1000 c.c. 纯水中含有  $10^{-7}$  克离子量及  $10^{-7}$  克的  $\text{OH}^-$  离子量，因为二者相等，故呈中性。通常的  $\text{PH} = 7$  ( $= -\log 10^{-7}$ ) 表示如  $\text{PH} > 7$  即呈鹼性， $\text{PH} < 7$  则呈酸性。

其顺序为  $\text{Na}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}^{++} < \text{Ca}^{++} < \text{Al}^{+++} < \text{Fe}^{+++}$

只有氢离子例外， $\text{H}^+$  的代換能力高过二倍陽离子。

土壤溶液中某种陽离子的数量，对土壤代換吸收也有很大的影响，浓度愈高代換能力也愈强，被吸收的机会愈多。带有代換性陽离子的土壤粒子称土壤吸收複合体。在農業土壤上祇含有金属陽离子，如  $\text{Ca}^{++}$ ， $\text{Mg}^{++}$ ， $\text{Na}$  等的土壤吸收複合体叫盐基飽和土壤。除金属陽离子外，尚含有  $\text{H}^+$  的称为盐基未飽和土壤。

这种盐基未飽和土壤常呈酸性反应，结构不良，对作物生長发育表现不良的性状。

被  $\text{Na}^+$  离子飽和的土壤，则呈强碱性反应，乾缩湿涨对作物生長有害。

被  $\text{Ca}^{++}$  离子飽和的土壤，表现优良的物理、化学和生物学性状，是農業上肥力最高的土壤。在酸性土壤中施用石灰和在碱性土壤上施用石膏，以改良土壤，在農業生產上意义重大。另外，谈到土壤的代換吸收作用，也必须谈一谈由土壤的緩衝能力。这种能力是指土壤中加入酸和酸性盐，或碱和碱性酸液，土壤本身抵抗酸化或碱化的能力。这种作用以生物蛋白质表现最明显。它具有双重性能，无论遇酸或遇碱，均能降低其酸碱度。故有机质丰富的土壤其緩衝能力也较强。

### 5. 生物吸收作用：

上面土壤形成因素中，谈到生物起主导作用，同样也谈到生物的选择吸收作用对营养物质的吸收和固定有极重要的意义。

生物吸收作用是居住在土壤中的植物和微生物的生命活动所引起的。植物和微生物在其生命过程中，选择吸收土壤中的可溶性盐类，同化成为本身的组织，成为不溶于水的有机体。

绿色植物的吸收作用，不仅使土壤中无机可溶营养物质，成为有机体保存下来，而且能把土壤深层的分散在土壤中的营养物质逐渐积累到土壤表层上来，也就是在土壤表层上創造了下一代植物更好的营养条件。

微生物在土壤吸收作用中也有非常重要的意义。其中最得注意的是氮素固定作用。

我们知道母质中根本不含氮素，而土壤中最适宜植物利用的氮素营养——硝酸又最不利于上述非生物吸收作用所吸收。因此氮素是土壤中营养物质最易流失的部分，也是土壤中最缺乏的部分。这种氮素固定作用的实质，是各种固氮细菌利用空气中的游离氮，使其变成细菌体内的有机化合物，固定下来。细菌的氮素固定作用，是在细菌所独有的特殊表面上进行的。这是固氮细菌的一种特殊机能。

通常土壤中有两种氮素固定的微生物群。一种就是共生固氮细菌，即根瘤菌，是与豆科植物共生的细菌。一种就是自生的固氮细菌。

自生固氮细菌中，又可分为好氧固氮细菌和嫌氧固氮细菌两个群落。

根瘤菌固氮作用的大小，决定于共生豆科植物的种类，土壤性质与农业技术的性质。苏联资料证明适宜条件下，根瘤菌所固定的氮素在豆科植物的一个生长期中，每公顷可达150公斤或更多。

土壤有机质是好氧固氮细菌生存的必需条件。此外土壤疏松，反应中性或微碱性是好氧固氮细菌的适宜环境。苏联研究在适宜条件下，整个夏季在土壤中被自生好氧固氮细菌所固定的氮量，每公顷平均可达20—35公斤。

以上这些数字，都是以证明土壤微生物对于营养物质的吸收作用，尤其是氮素固定作用在农业上的意义是非常重大的。

目前农业上大量推广豆科绿肥，进行豆科作物轮作，积极发展细菌肥料的主要目的，就是增强微生物在土壤中的生物吸收作用，主要是积聚土壤最缺乏的和最容易流失的氮素营养物质。

土壤吸收能力是土壤形成作用中有别于植物营养元素积聚的土壤的内部因素。这种作用的大小，决定于土壤中胶体粒子的数量和性质。各种吸收作用中生物因素佔极重要的地位。

#### 四、决定土壤形成作用的高等绿色植物与低等微生物的自然群落：

上面土壤形成因素中和土壤吸收作用中，都谈到绿色植物与微生物在土壤形成中的作用。同时也指出了土壤形成的实质，即是土壤中有有机物的形成与分解过程也就是植物营养物质，反对地壳大循环进行生物小循环的积聚过程。到底绿色植物和微生物的关联如何，就必须在这里加以说明。

所有地球上的植物都可分为两类。以合成有机物为主的绿色植物及以分解有机物为主的微生物。

绿色植物：  
可分为两大类：木本植物和草本植物。这两类植物有着本质上区别，主要可以归纳为以下几方面。木本植物的寿命可达数十年甚至千百年，有机残体，富弹性，富含单宁，不易为细菌分解，同时每年将其死亡的残体，如树枝等主要堆积在土壤表面、地下部

分的根系由于是多年生的，故在土层内积累有机质较少，而草本植物多半为一年生植物，或虽属多年生，但每年都有新的世代，根是每年死亡。有机质，弹性弱，除少数外一般草本植物不含单宁，易到为细菌分解；同时，每年植物，营养部分的死亡，将有机质可的堆积到土壤表面上和堆积在土层中各不同深度。这样一些本质的差异，就造成了对土壤形成作用的巨大不同。

此外，就是不同的木本植物和不同的草本植物，由于它们的各自对土壤的需要，在质和量上的差异。譬如木本植物的灰分中富含钙质，而草本植物的灰分中富含钾质。它们在土壤中累积有机质上的差异，也就造成了它们对土壤形成的影响的不同。

然而尽管绿色植物彼此间有着很大的差异，但在土壤形成作用的基本意义永远在于一点——即有机质的合成，绿色植物在土壤形成作用过程中作用是不能被代替的。

### 二、低等微生物：

在土壤中低等微生物是破坏有机质的基本参与者。绝大部分，这些微生物是分解绿色植物已合成的有机质来取得它们生活所必需的能量。由于微生物在土壤中为数极夥；数以亿万计，同时种类繁多，各微生物的生物学特性不同，对外界环境条件要求不同，所以在不同的条件下都可进行有机质的分解，而分解产物也不同，因此对土壤的影响也就有了不同。

在土壤中的微生物主要可分为细菌，真菌（包括放线菌）和原生动物三种。其中主要的是细菌和真菌。细菌中就营养方式又分（1）自养细菌（利用化学能为其生活能的来源，不需要现成的有机质），如硝化细菌和硫磺细菌。（2）腐生细菌（需要现成的有机质为其生活能的来源），包括土壤中的绝大部分的细菌。（3）寄生细菌，寄生于活有机体上，致于土壤中的真菌则绝大部分为腐生的。其次，在细菌和真菌对环境条件要求方面，也是各有一定的要求。其在无机营养方面的要求虽不严格，只要有少量的无机化合物就能满足。但是对温度、湿度和环境反应方面则完全不同。各种微生物只能在一定的温度范围内才能进行其生活之活动，试验证明最适宜于土壤微生物生活的温度为  $20^{\circ}\text{C}$ — $35^{\circ}\text{C}$  间，最高最低的范围为  $3^{\circ}\text{C}$ — $45^{\circ}\text{C}$ 。而微生物对环境反应（酸碱度）最为敏感，大部分细菌是在中性或弱酸性及弱碱性环境发育最好，放线菌适于碱性的环境而真菌适于酸性环境。

细菌  $\text{pH } 6.5 - 7.0$

（酸性反应对细菌起抑制作用）。

放线菌  $\text{pH } 7.0 - 7.5$

（酸性反应对放线菌也有抑制作用）

真菌  $\text{pH } 4$

### 3. 从土壤学的观点上看植物群社：

各种绿色植物和土壤微生物，由于它们之间紧密的联系和相互影响，所以在自然界形成一定的自然组合，称植物群社。根据威康斯的意见，主要有四种植物群社：

(1) 木本植物群社：



由木本植物和真菌(放线菌和嫌气细菌是次要的)所组成,使土壤成为灰化类型。

(2) 草地草本植物群社:

由草地草本(或称湿草原)植物和显著优势的嫌气细菌所组成,使土壤成为生草类型。

(3) 草原草本植物群社:

白草原草本植物和好氧细菌所组成,使土壤成为草原类型。

(4) 沙漠植物群社:

由化能自养细菌和藻类等所组成使土壤成为沙漠类型。但对这一类群社研究极少。

各种植物群社不同,它们在有机质含量的量与质上及有机质的分解上亦各异,因而就产生了对土壤形成过程一系列的影响。任何一种植物的改变和更替,必然引起土壤的改变;反之改变了的土壤(特别是水分,通气状况和盐类状况等的变化),必然又转而引起植物的更替。因此植物群社和土壤环境间的关系是相互影响的而不是单方面的,二者都是经常处于不断发展与变化之中。

五、土壤有机质的分解和腐植质的形成

土壤中有有机残物,由于外界环境及各种土壤微生物的作用,一方面可产生新的有机物即腐植质,一方面也由复杂的有机物分解为简单的无机物。前者称为腐植化过程,后者称为无机化过程。

在有机物无机化过程中,又由于外界环境条件及土壤微生物种类的不同又产生不同的分解作用。一般分为:

(1) 好氧性分解作用,是土壤在通气状况良好的情况下,由于好氧性细菌和真菌生命活动所引起的。

(2) 嫌气性分解作用,则是土壤在嫌气状态下,由嫌气性细菌的生命活动所引起的。虽在土壤中,这两种作用经常同时同地进行。但由于土壤通气状况的不同,两种作用就互有优劣。譬如土壤上层经常是好氧分解作用占优势,而在土壤底层就经常是嫌气作用占优势。

由于作用不同,对有机物分解的速度及分解的产物也就不同。

在好氧条件下,有机物分解快,分解结果产生完全的氧化物如水,  $CO_2$  及硝酸,磷酸,硫酸等盐类,这些无机盐类易被植物吸收,同时也易受雨水淋溶。

而在嫌气条件下,有机物分解就很缓慢,分解结果产生还原态的化合物,如  $CH_4$ ,  $PH_3$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $FeO$  及游离  $N$ 。这些化合物多数对植物有害。故在农业生产上如何配合这两种条件,调节这两种作用,发挥其有利方面而克服其有害方面,是土壤耕作措施的重要任务。

土壤有机物的分解过程是非常复杂的,尤其是有氮植物营养物质如  $N$ ,  $P$ ,  $S$ ,  $K$  等的转化和分解更为复杂。为了说明这一问题,现以氮的转化为例说明于后。

氮的转化