

土壤固体物质组成



常见的土壤粒级制

- 中国制
- 卡钦斯基制
- 美国农业部制

国际上通行的粒级制是把小于0.002mm的称为黏粒

表 2-9 常见的土壤粒级制

| 当量粒径(mm) | 中国制(1987) | 卡钦斯基制(1957) | 美国农业部制(1951) | 国际制(1930) |
|---------------------|-----------|-------------|--------------|-----------|
| 3~2 | 石 砾 | 石 砾 | 石 砾 | 石 砾 |
| 2~1 | | | 极粗砂粒 | |
| 1~0.5 | 粗砂粒 | 粗砂粒 中砂粒 | 粗砂粒 | 粗 砂 |
| 0.5~0.25 | | | 中砂粒 | |
| 0.25~0.2 | 细砂粒 | 细砂粒 | 细砂粒 | 细 砂 |
| 0.2~0.1 | | | 极细砂粒 | |
| 0.1~0.05 | | | | |
| 0.05~0.02 | 粗粉粒 | 粗粉粒 | | |
| <u>0.02~0.01</u> | | | 粉 粒 | |
| 0.01~0.005 | 中粉粒 | 中粉粒 | | 粉 粒 |
| 0.005~0.002 | 细粉粒 | 细粉粒 | | |
| 0.002~0.001 | 粗黏粒 | | | |
| <u>0.001~0.0005</u> | | 粗黏粒 | 黏 粒 | 黏 粒 |
| 0.0005~0.0001 | 细黏粒 | | | |
| <0.0001 | | 胶质黏粒 | | |

(朱祖祥 1983)



同级土粒的大小相近，其成分和性质基本一致；不同粒级的矿物其组成有很大差别，因而其化学成分也有所不同。

各级土粒的主要特性：

➤石块：不利耕作和作物生长

➤石砾：其大小和含量直接影响耕作难易

➤砂粒：通气性好，无胀缩性

➤粉粒：有微弱的黏结性、可塑性、吸湿性和胀缩性

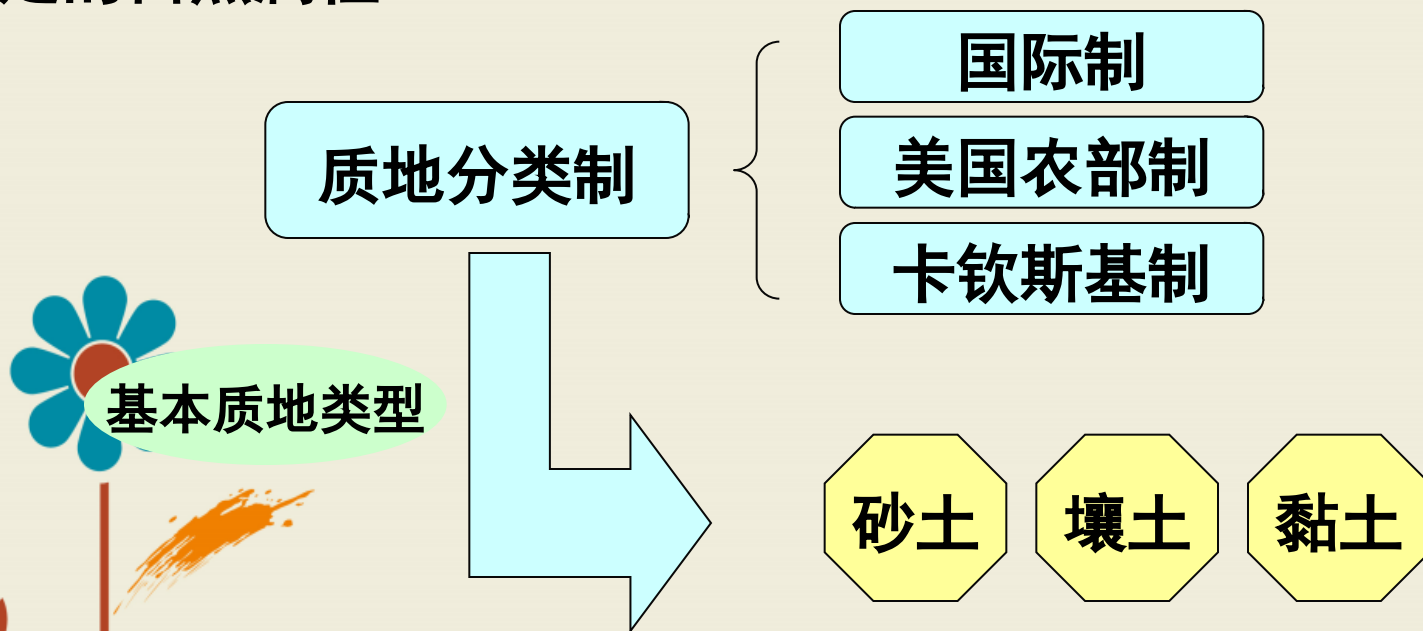
➤黏粒：颗粒小，比表面积大，吸附能力强，通气和透水性较差

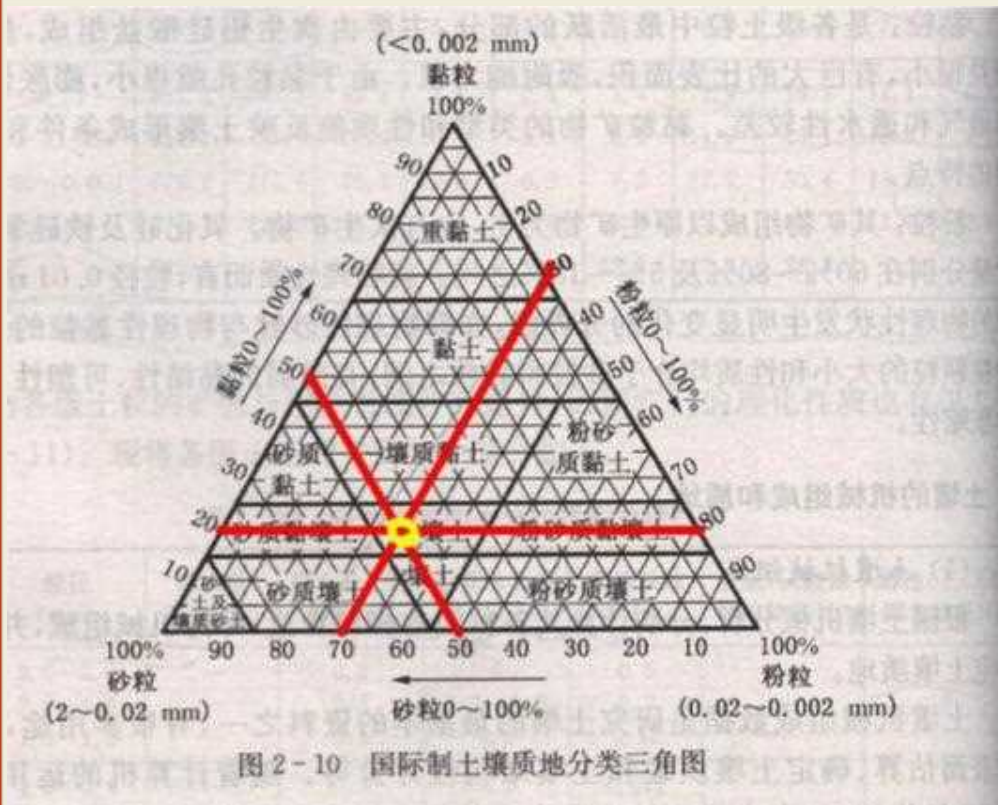
土壤机械组成

概念：根据土壤机械分析，分别计算其各粒级的相对含量，即为机械组成。

土壤质地

概念：土壤质地是根据机械组成划分的土壤类型，其反映了母质来源及成土过程的某些特征，是土壤的一种十分稳定的自然属性。



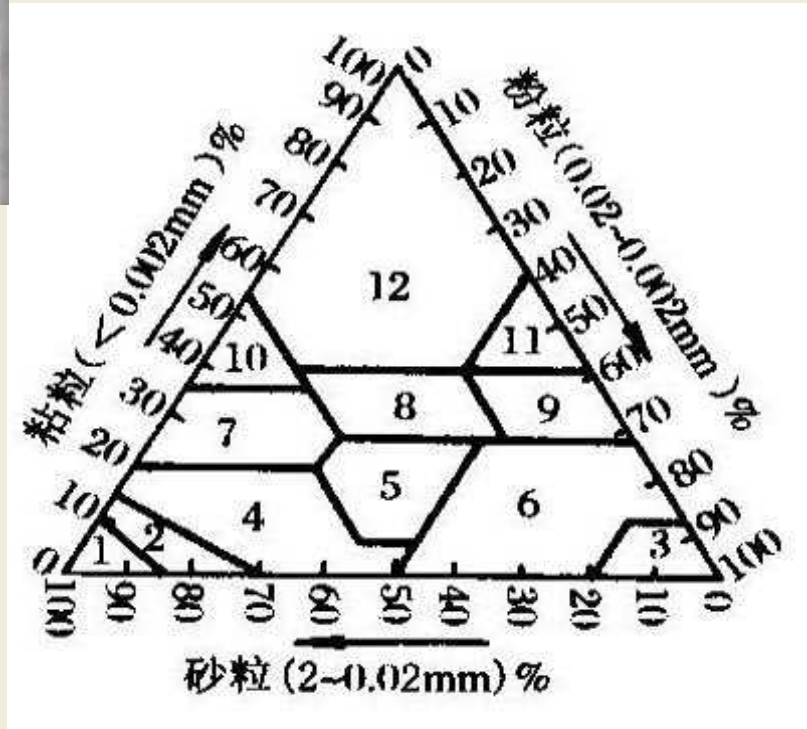


国际制土壤质地三角图

国际质地制根据砂粒(2 - 0.02 mm)、粉粒(0.02 - 0.002 mm)和粘粒(< 0.002 mm)三粒级含量的比例，划定12个质地名称

美国农业部制土壤质地三角图

根据砂粒(2 - 0.05 mm)、粉粒(0.05 - 0.002 mm)和粘粒(< 0.002 mm)3个粒级的比例，划定12个质地名称



土壤质地肥力特征

砂质土

黏质土

壤质土

A decorative graphic in the bottom-left corner of the slide. It features a stylized blue flower with five petals and a brown stem. The stem has a brown brushstroke-like effect at the bottom. To the left of the stem, there are stylized white and brown floral patterns.



黏粒矿物

硅四面体及硅片

硅氧四面体的基本结构由1个硅离子 (Si^{4+}) 和4个氧离子 (O^{2-}) 组成，砌成一个三角锥形的晶格单元，共有四个面，故称为硅氧四面体

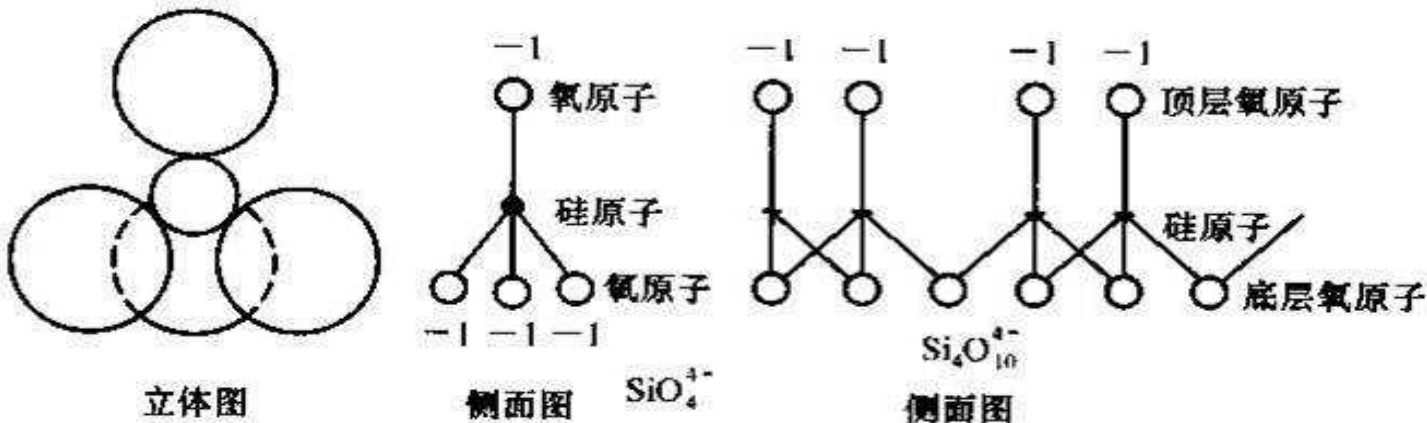
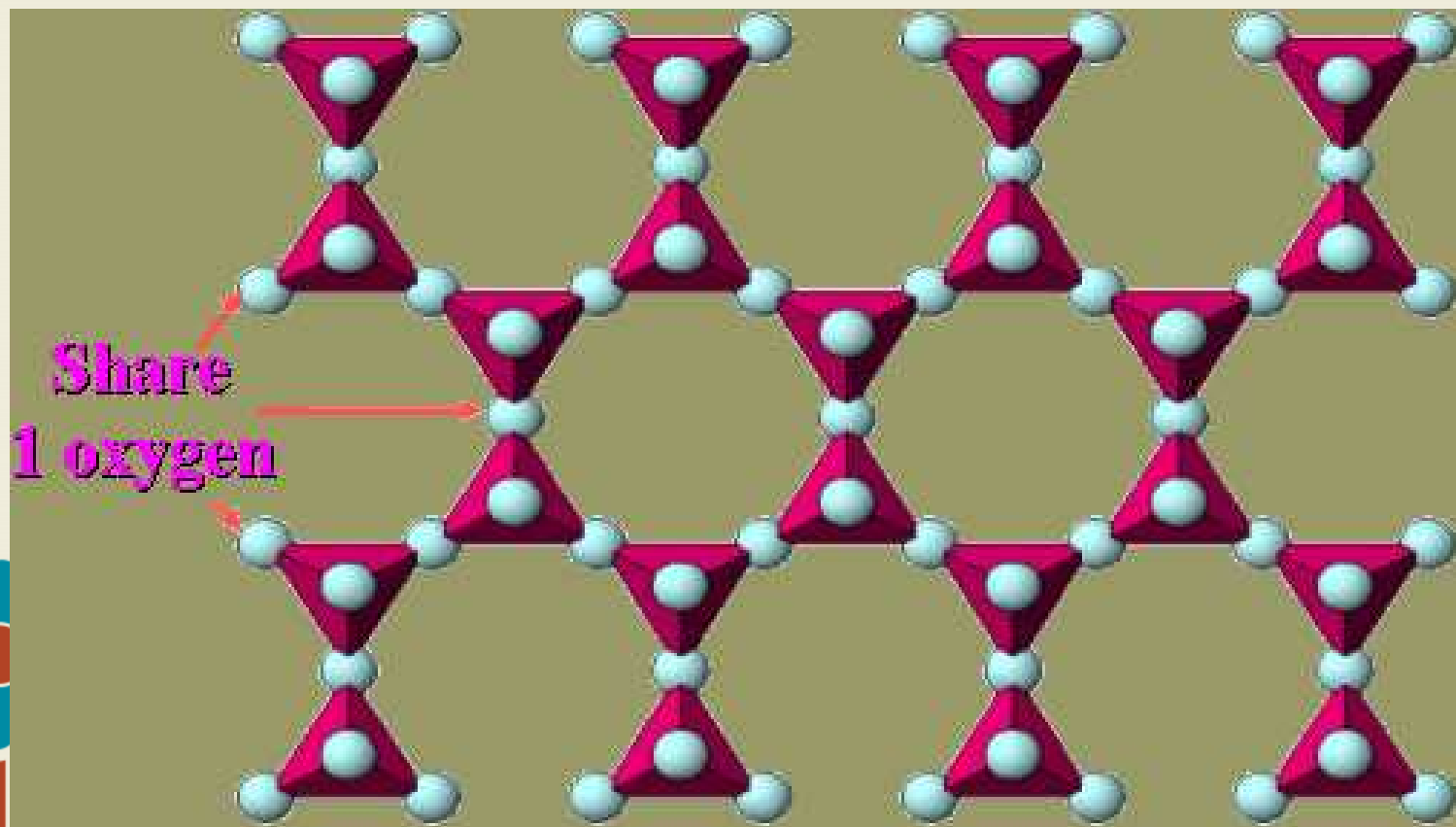


图 3-5 硅四面体构造图及硅氧片连接方式

四面体 $(\text{SiO}_4)^{4-}$ 可自聚合，在水平方向上四面体通过共用底部氧的方式在平面二维方向上无限延伸，排列成近似六边形蜂窝状的四面体片，这就是硅片。可用 $n(\text{Si}_4\text{O}_{10})^{4-}$ 表示



铝氧八面体及铝片

铝氧八面体的基本结构由1个铝离子 (Al^{3+}) 和6个氧离子 (O^{2-}) (或氢氧离子) 所构成, 其晶格单元具有八个面, 故称为铝氧八面体

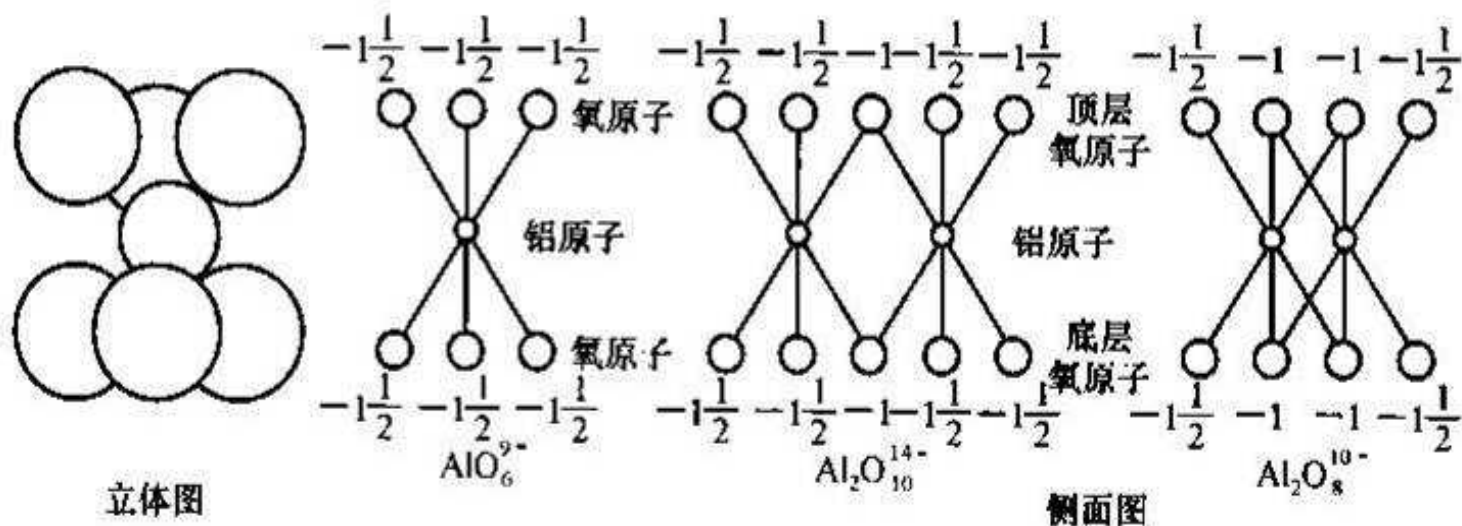
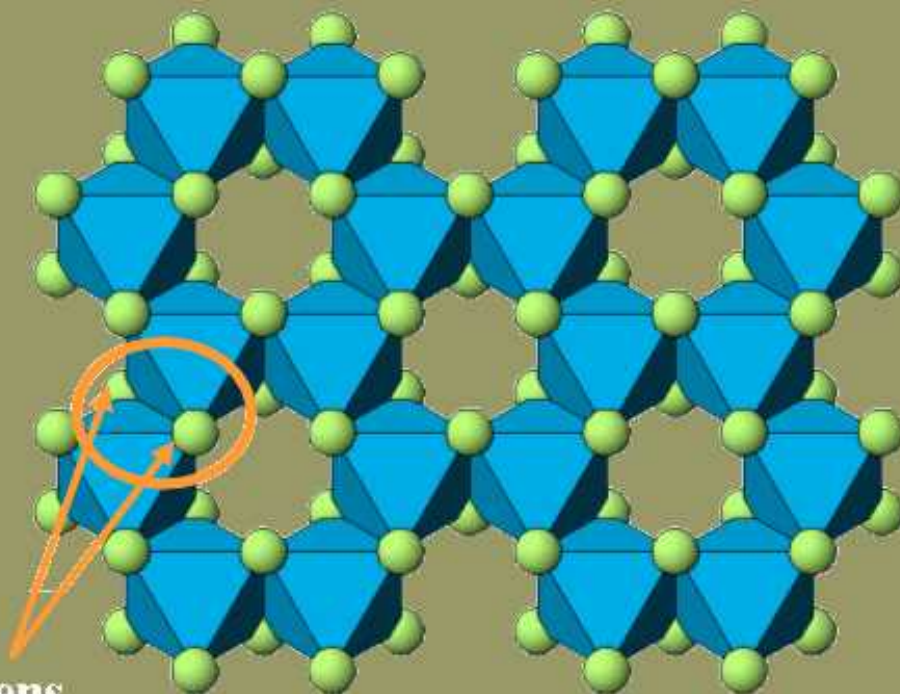


图 3-6 铝八面体构造图及铝八面体相互连接方式

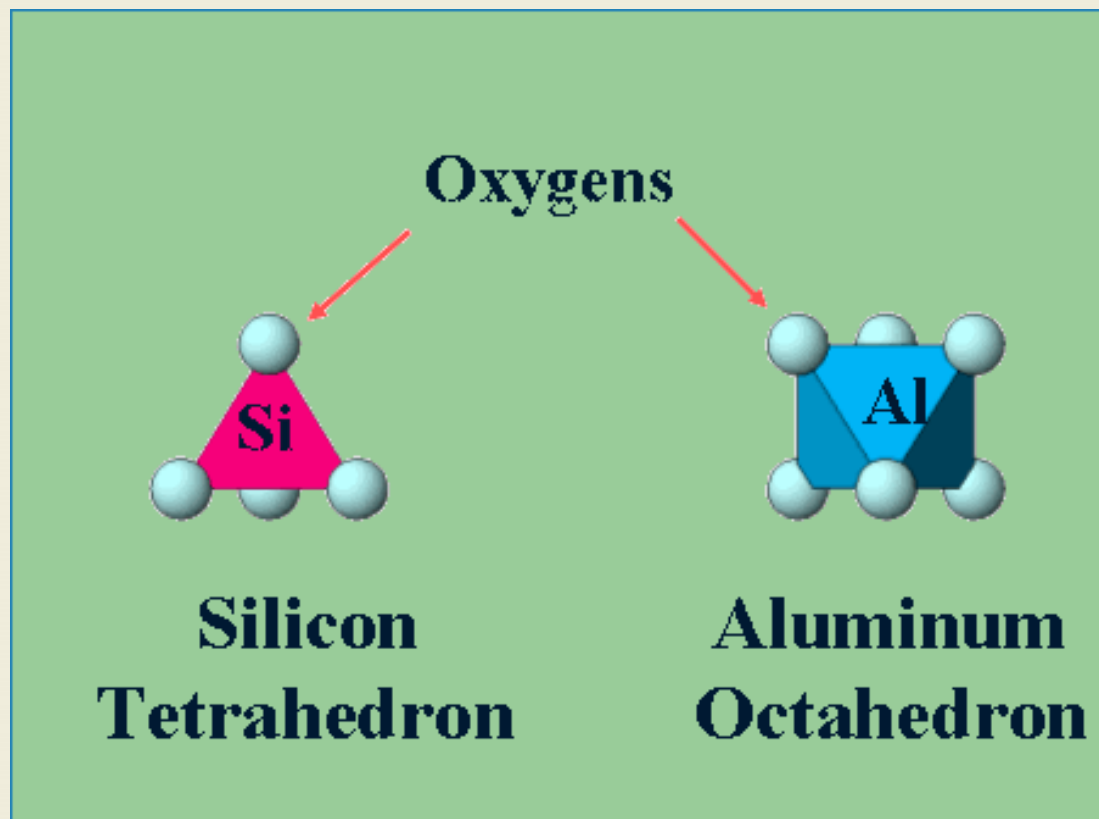
在水平方向上，，相邻的八面体通过共用两个氧离子的方式，在平面两维方向上无限延伸，排列成八面体，从而构成铝片，铝片两层氧都有剩余的负电荷。可用 $n(\text{Al}_4\text{O}_{12})^{12-}$ 表示

Octahedral Sheet



Share
2 oxygens



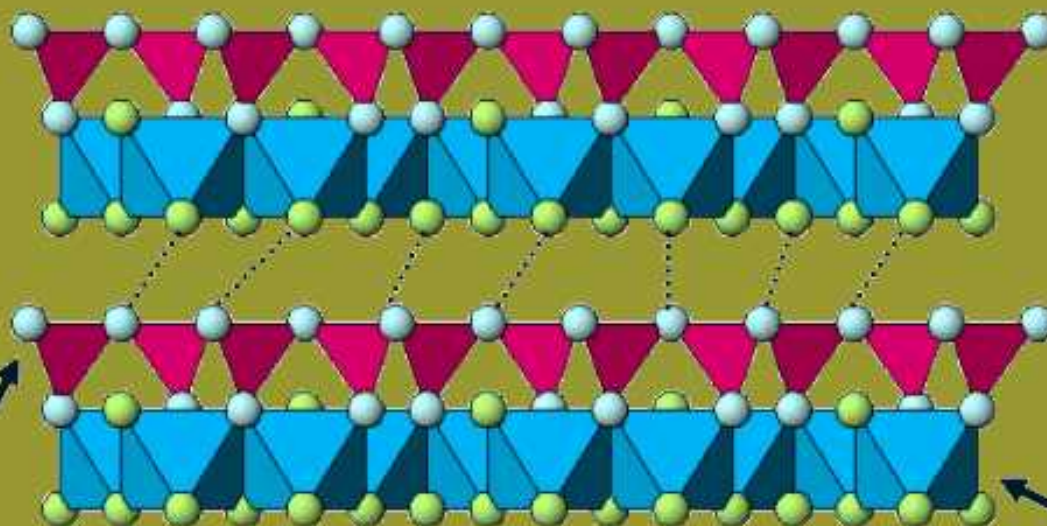


硅四面体和铝八面体的构造图

Kaolinite

Non-Expanding

10 cmol(+)/kg

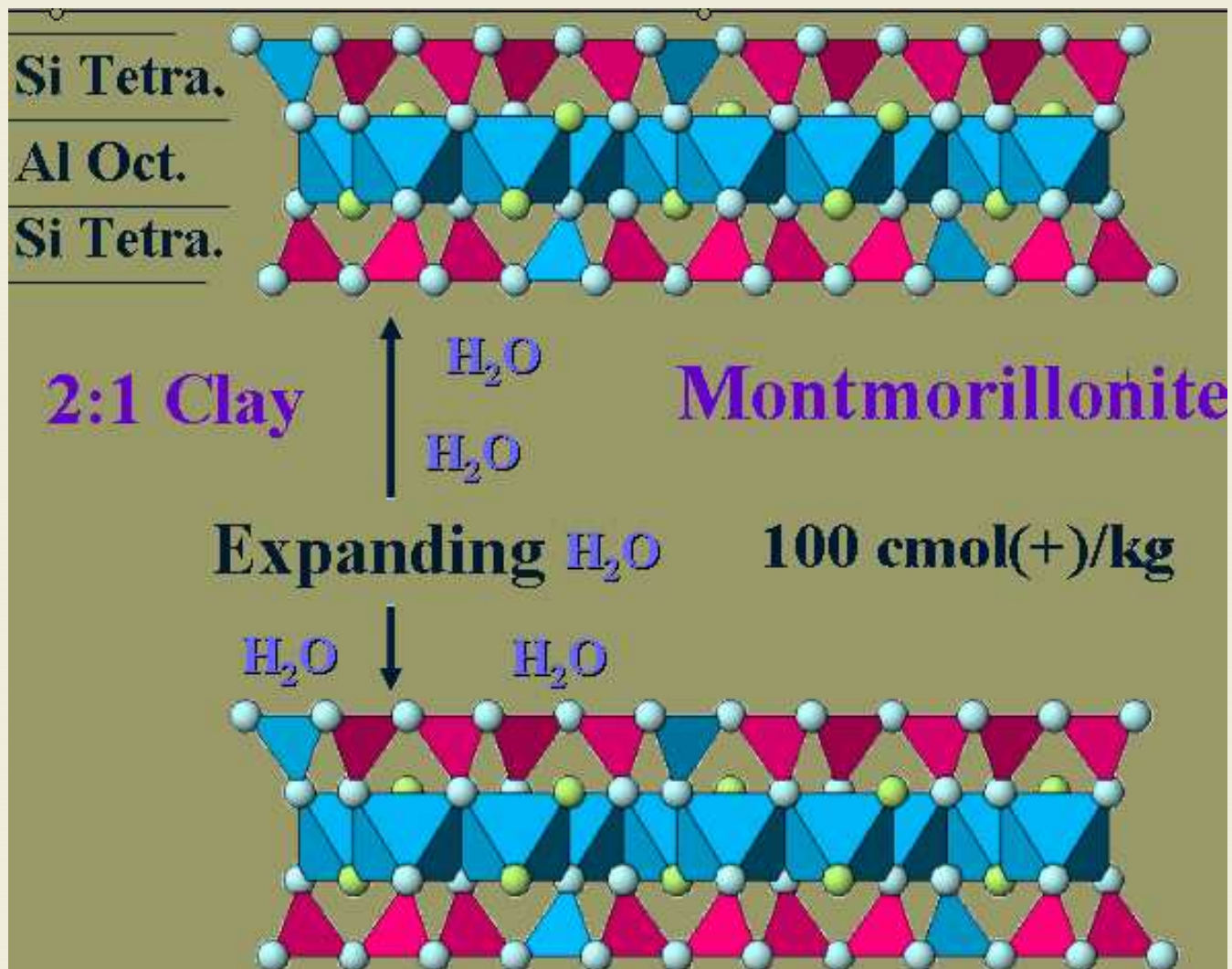


Aluminum Octahedral Sheet

Silica Tetrahedral Sheet

1:1 Clay

1: 1型层状硅酸盐（高岭石）晶体结构示意图



2: 1型层状硅酸盐（蒙脱石）晶体结构示意图

同晶置换

矿物形成时，性质相近的元素，在矿物晶格中相互替换而不破坏晶体结构的现象，称之为同晶置换。

同晶置换现象在2: 1和2: 1: 1型的黏粒矿物中较普遍，而1: 1型的黏粒矿物中则相对较少

同晶置换的结果：

影响层间结合状态和矿物特性

被吸附的阳离子通过静电引力被束缚在黏粒矿物表面而不易随水流失

从环境角度看，同晶置换可能导致某些重金属等污染元素在土壤中的不断累积，以致超过环境容量而引发土壤污染。

黏粒矿物的种类及一般特性

高岭组

单位晶胞分子式可用 $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}\cdot(\text{OH})_8$ 表示，是水铝片和硅氧片相间重叠组成的1:1型矿物。包括高岭石、珍珠陶土及埃洛石等

蒙蛭组

2:1型膨胀性矿物，由两片硅氧片中间夹一水铝片组成，其单位晶胞分子式可用 $(\text{Al, Fe, Mg})_4(\text{Si, Al})_8\text{O}_{20}\cdot n\text{H}_2\text{O}$ 表示。包括蒙脱石、绿脱石、拜来石、蛭石等

水化云母组

2:1型非膨胀性矿物，以伊利石为主要代表，故又称伊利组矿物，特征近似于蒙脱石

绿泥石组

以绿泥石为代表，具有2:1:1型晶层结构、同晶置换较普遍和颗粒较小等特征

氧化物组

包括水化程度不等的各种铁、铝氧化物及硅的水化氧化物。分为结晶型和非晶质无定型物质型

土壤有机质

概念

土壤有机质是土壤中各种含碳有机化合物的总称。

来源

高等植物（地上部和地下部）

土壤中的动物

土壤中的微生物

施用的有机肥

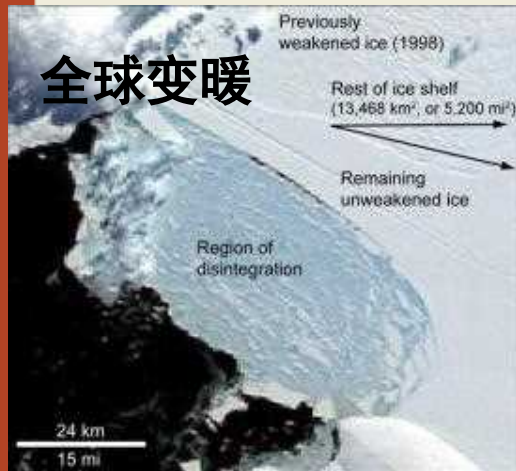
形态

新鲜有机质（未分解有机质）

半分解有机质

腐殖质

全球变暖



气候变化

农业生产



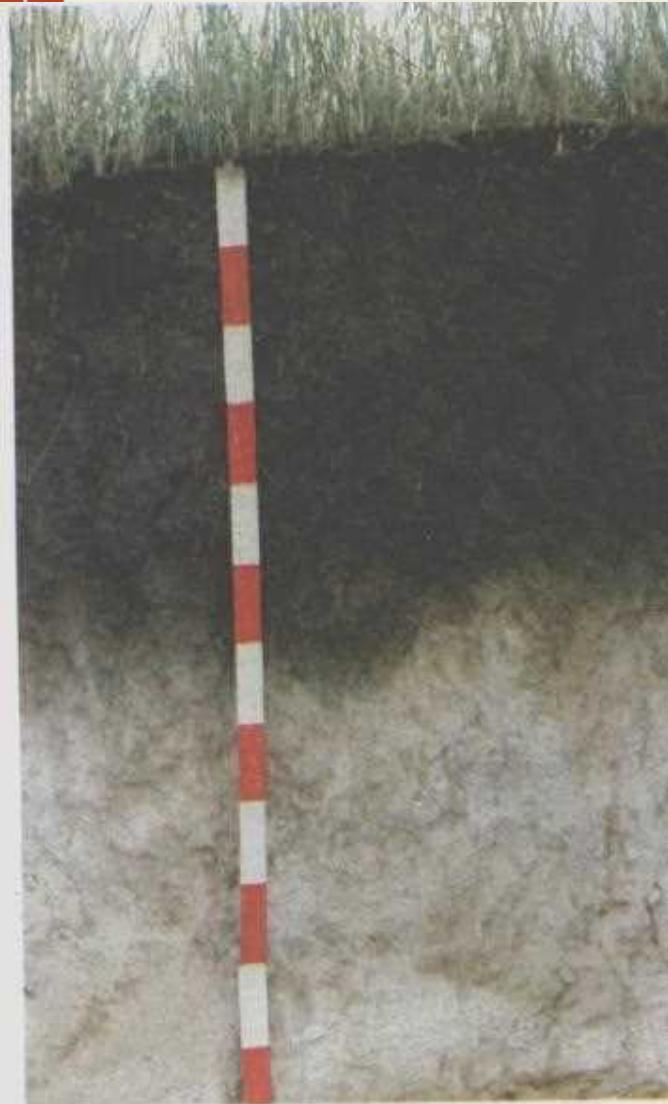
环境



粮食安全



不同土壤有机质含量差异明显



有机质的含量及其组成

含量

有机质的含量在不同土壤中差异很大，高的可达20%或30%以上(如泥炭土、一些森林土壤等)，低的不足0.5%(如一些漠境土和砂质土壤)。在土壤学中，一般把耕层含有机质20%以上的土壤，称为有机质土壤，含有机质在20%以下的土壤，称为矿质土壤

组成

土壤有机质的主要元素组成是C、O、H、N，其次是P和S，C/N大约在10左右。主要有五类有机化合物和灰分物质

➤糖类化合物

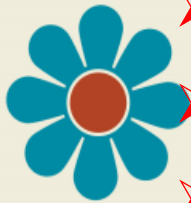
➤纤维素、半纤维素

➤木质素

➤含N化合物

➤脂肪、树脂、蜡质和单宁

➤灰分物质：Ca、Mg、K、Na、Si、P、S、Fe、Al、Mn



土壤腐殖质：是除未分解和半分解动、植物残体及微生物体以外的有机物质的总称。

土壤腐殖质

非腐殖物质

No-humic substances

为有特定物理化学性质、结构已知的有机化合物，约占土壤腐殖质的20~30%。
作用：增加土壤团聚体稳定性

腐殖物质

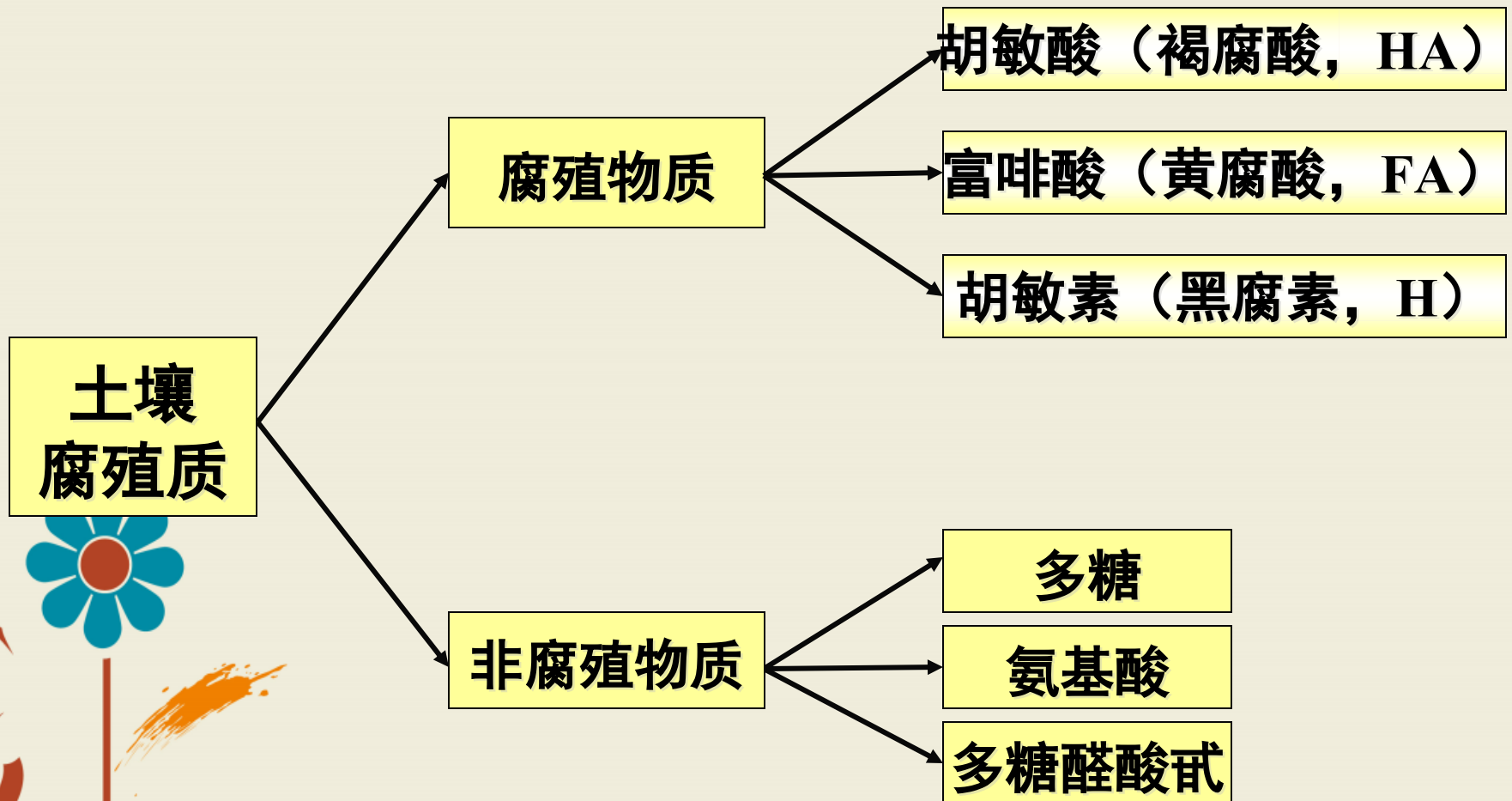
Humic substances

是经土壤微生物作用后，由多酚和多醌类物质聚合而成的含芳香环结构的、新形成的黄色至棕黑色的非晶形高分子有机化合物，一般占土壤有机质的60~80%

是土壤有机质的主体，也是土壤有机质中最难分解的组分

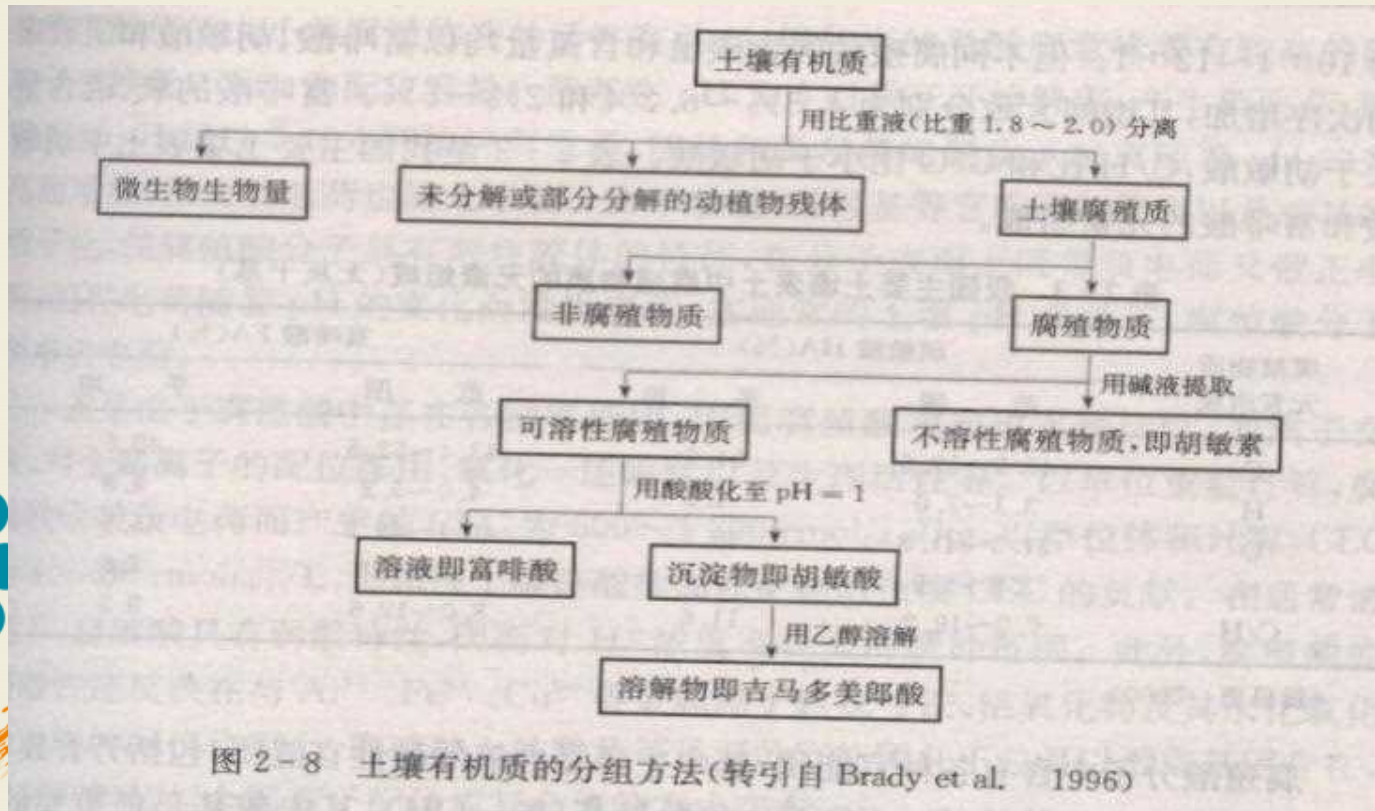
土壤腐殖物质的组分及其分离

○土壤腐殖物质的组分



土壤腐殖酸

腐殖物质是一类组成和结构都很复杂的天然高分子聚合物，其主体是各种腐殖酸及其与金属离子相结合的盐类，它与土壤矿物质部分密切结合形成有机无机复合体，因而难溶于水。



土壤腐殖酸的性质

一、物理性质

腐殖酸在土壤中的功能与分子的形状和大小有密切的关系。据报道，腐殖酸分子量的变动范围为几至几百万之间。

在同一土壤中，分子量：胡敏素 > 胡敏酸 > 富啡酸

特征：短棒形；具有非晶质特征；较大的比表面积；亲水胶体

二、化学性质

腐殖酸的主要组成元素是C、H、O、N、S，此外还含有少量的Ca、Mg、Fe、Si等灰分元素。

含碳量和含氮量：胡敏素 > 胡敏酸 > 富啡酸

腐殖酸分子中含有各种官能团

1) 含氧的酸性官能团：包括芳香族和脂肪族化合物上的羧基（R-COOH）和酚羟基（酚-OH）

2) 中性官能团：醇羟基（R-OH）、醚基（-O-）、酮基（C=O）、醛基（-CHO）和酯（ROOC-）

3) 碱性官能团：胺（-NH₂）、酰胺（-CONH₂）

腐殖酸总酸度：富啡酸 > 胡敏酸 > 胡敏素

土壤有机质的转化

有机残体进入土壤后，在以土壤微生物为主导的各种作用综合影响下，向着两个方向转化：

一是在微生物酶的作用下发生氧化反应，彻底分解而最终释放出CO₂、H₂O和能量；所含N、S、P等营养元素在一系列特定反应后，释放成为植物可利用的矿质养料，这一过程称为有机质的矿化过程。



另一个转化方向则是各种有机化合物通过微生物的合成或在原植物组织中的聚合转变为组成和结构比原来有机化合物更为复杂的新的有机化合物，这一过程称为腐殖化过程。

有机残体的矿化和腐殖化是同时发生的两个过程，矿化过程是进行腐殖化过程的前提，而腐殖化过程是有机残体矿化过程的部分结果。矿化和腐殖化在土壤形成中是对立统一的两个过程。

土壤有机质的转化过程

土壤有机质

微生物

矿化作用

好氧分解

CO_2 、 H_2O
矿质养分

嫌气、厌氧分解

CH_4 、 H_2S
有机酸等

腐殖化作用

分解作用

多元酚, 氨基酸、醌

缩合

胡敏酸



动物



微生物



堆肥发酵与堆肥

几个概念

- 1) 有机质的矿化作用：有机质在生物作用下分解为简单的无机化合物的过程。
- 2) 有机质的腐殖化作用：有机质在分解的同时，形成腐殖质的过程。
- 3) 通常把每克干重的有机质经过一年分解后转化为腐殖质（干重）的克数，称为腐殖化系数。

腐殖质形成的机理

- 1) 30年代：木质素和微生物原生质中的蛋白质相互作用形成木质素-蛋白质复合体。
- 2) 60年代：木质素不能参与腐殖质的形成，而是通过降解产生酚、醌型化合物，再与氨基酸缩合而成。
- 3) 80年代及以后：
 - 细胞自溶假说：死亡细胞释放自溶酶，使细胞成分（糖、氨基酸、酚和其他芳香族化合物）形成自由基而迅速缩合成腐殖质。
 - 微生物合成学说：微生物利用植物物质作碳源和能源，在细胞内合成各种腐殖质的高分子化合物，微生物死亡后再释放到土壤中，在细胞外降解为腐殖质。

影响土壤有机质转化的因素

有机质是土壤中最活跃的物质组成。一方面，外来有机物质不断地输入土壤，并经微生物的分解和转化形成新的腐殖质；另一方面，土壤原有有机质不断地被分解和矿化，离开土壤。

有机物质进入土壤后由其一系列转化和矿化过程所构成的物质流通称为土壤有机质的周转。

由于微生物是土壤有机质分解和周转的主要驱动力，因此，凡是能影响微生物活动及其生理作用的因素都会影响有机物质的转化。





1、温度

温度影响到植物的生长和有机质的微生物降解。一般说来，在 0°C 以下，土壤有机质的分解速率很小。在 $0-35^{\circ}\text{C}$ 温度范围内，提高温度能促进有机物质的分解，加速土壤微生物的生物周转。温度每升高 10°C ，土壤有机质的最大分解速率提高2-3倍。一般土壤微生物活动的最适宜温度范围约为 $25-35^{\circ}\text{C}$ ，超出这个范围，微生物的活动就受到明显的抑制。





2、土壤水分和通气

土壤水分对有机质分解和转化的影响是复杂的。土壤中微生物的活动需要适宜的土壤含水量，但过多的水分导致进入土壤的氧气减少，从而改变土壤有机物质的分解过程和产物。当土壤处于嫌气状态时，大多数分解有机质的好氧微生物停止活动，从而导致未分解有机质的累积。

土壤有机质的转化也受土壤干湿交替作用的影响。

3、植物残体的特性

- 新鲜多汁的有机物质比干枯稿秆易于分解
- 有机物质的细碎程度影响其与外界因素的接触面，从而影响其矿化速率
- 密实有机物质的分解速率比疏松有机物质缓慢
- 有机物质组成的碳氮比（C/N）对其分解速度影响很大




土壤中加入新鲜有机物质会促进土壤原有有机质的降解，这种矿化作用称之为新鲜有机物质对土壤有机质分解的激发效应

4、土壤特性

气候和植被在较大范围内影响土壤有机质的分解和积累，而土壤质地 in 局部范围内影响土壤有机质的含量。土壤有机质的含量与其黏粒含量存在极显著的正相关。

土壤pH也通过影响微生物的活性而影响有机质的降解。



各种微生物都有其最适宜于活动的pH范围，大多数细菌活动的最适pH在中性附近(pH 6.5-7.5)，放线菌的最适pH略偏向碱性一侧，而真菌则最适于酸性条件下(pH 3-6)活动。pH过低(<5.5)或过高(>8.5)对一般的微生物都不大适宜。

土壤有机质的作用及其生态与环境意义

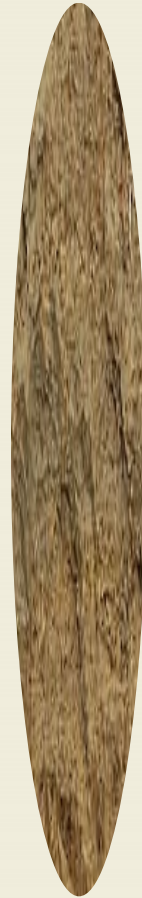
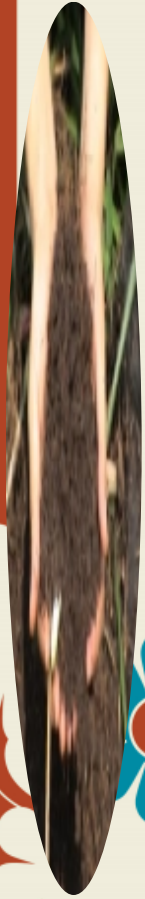
基础土壤学

有机质在土壤肥力上的作用

- 1、提供植物需要的养分。
土壤有机质是作物所需的氮、磷、硫、微量元素等各种养分的主要来源
- 2、改善土壤肥力特性。
有机质通过影响土壤物理、化学和生物学性质而改善土壤肥力特性



疏松与紧实的土壤

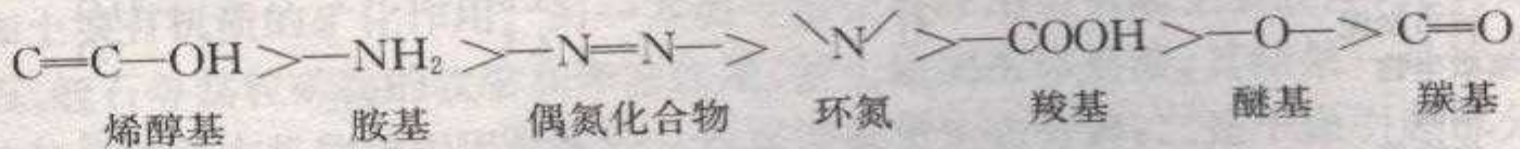



环境土壤学

1、有机质与重金属离子的作用

土壤腐殖物质含有多种官能团，这些官能团对重金属离子有较强配位和富集能力。土壤有机质与重金属离子的配位作用对土壤和水体中重金属离子的固定和迁移有极其重要的影响。

各种官能团对金属离子的亲合力为：



 重金属离子的存在形态也受腐殖物质的配位反应和氧化还原作用的影响；

腐殖质对无机矿物也有一定的溶解作用

2、有机质对农药等有机污染物的固定作用

土壤有机质对农药等有机污染物有强烈的亲和力，对有机污染物在土壤中的生物活性、残留、生物降解、迁移和蒸发等过程有重要的影响。

土壤有机质对农药的固定与腐殖物质官能团的数量、类型和空间排列密切相关，也与农药本身的性质相关。

3、土壤有机质对全球碳平衡的影响

土壤有机质是全球碳平衡过程中非常重要的碳库。土壤有机碳的损失对地球自然环境具有重大影响。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/625012101110011110>