

## 第一、二章

1. **土壤**：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能够生长植物的、具有生态环境调控功能、处于永恒变化中的矿物质与有机质的疏松混合物。简单地说，土壤就是地球表面能够生长植物的疏松表层。
2. **资源**：自然界能为人类利用的物质和能量基础，是可供人类开发利用并具有应用前景和价值的物质。
3. **土壤资源**：具有农、林、牧业生产力的各种类型土壤的总称。
4. **大农业生产**：包括种植业、林业和畜牧业，是由植物生产、动物生产和土壤管理三个环节组成的。
5. **土壤基质**：是指土壤的固体部分，它是保持和传导物质（水、空气、溶质）和能量（热量）的介质。它的作用主要取决于比表面积和孔隙状况，同时还取决于基模中三相物质的比例，特别是水的数量。
6. **土粒密度**：是单位容积（不包括土粒间孔隙容积）的土粒质量
7. **土壤容重**：指单位容积(包括孔隙在内)的原状土壤的干重
8. **土壤孔隙度**：即单位土壤容积内各种大小孔隙容积所占的百分数，它表示土壤中各种大小孔隙度的总和。
9. **土壤孔隙比**：土壤中孔隙的容积与土壤固相容积，亦即固体颗粒容积的比值。
10. **质量含水量**：即土壤中水分的质量与干土质量的比值，又称为重量含水量
11. **容积含水量**：即单位土壤总容积中水分所占的容积分数，又称土壤容积湿度、容积分数
12. **土壤颗粒**：是指在岩石、矿物的风化过程及土壤成土过程中形成的碎屑物质，它是构成土壤固相基本组成。
13. **粒级（粒组）**：根据土粒粒径的大小和性质上的差异，把矿物质土粒分成若干组，每组就是一个粒级
- 团粒结构**是指在腐殖质等多重因素作用下形成近似球形较疏松多孔的小土团。
14. **土壤质地**：土壤中各粒级占土壤重量的百分比组合，叫做土壤质地。
- 萎蔫系数**：当植物根系无法吸水而发生永久萎蔫时的土壤含水量
15. **土壤机械组成分析**：土壤的不同级别颗粒的含量分布称之为土壤颗粒分布，又叫做土壤机械组成。因此，土壤各粒级的相对含量（颗粒组成）的测定称为土壤的机械组成分析。
16. **土壤结构**一是指各种不同的结构体的形态特征，二是泛指具有调节土壤物理性质的“结构性”  
**土壤结构体**是各级土粒由于不同原因相互团聚成大小、形状和性质不同的土团、土块、土片等土壤实体。
17. **土壤结构性**反映了土壤的一种重要的物理性质的状态，主要指土壤中单粒和复粒(包括各种结构体)的数量、大小、形状，性质及其相互排列、相应的孔隙状况等综合特性。
18. **土壤孔隙**：在土粒与土粒，土团与土团，土团与土粒(单粒)之间相互支撑，构成弯弯曲曲、粗细不同和形状各异的各种间隙，通常把这些间隙称为土壤孔隙
19. **土壤孔隙度**：是指土壤孔隙的容积占土壤总容积的比例。
20. **当量孔径**：是指与一定的土壤水吸力相当的孔径，叫作当量孔径
21. **土壤吸湿水**：干土从空气中吸着水汽所保持的水称为吸湿水
22. **最大吸湿量**：干土在近于水汽饱和的大气中吸附水汽，并在土粒表面凝结成水的含量
23. **膜状水**：土壤颗粒表面上吸附的水分形成水膜，这部分水称为土壤膜状水
24. **土壤最大分子持水量**：土壤膜状水达到最大值时的土壤含水量称为土壤最大分子持水量
25. **土壤毛管水**：存在于土壤毛管孔隙中的水分，称为毛管水。包括毛管悬着水和毛管上升水。
26. **毛管悬着水**：借助于毛管力保持在上层土壤的毛管孔隙中的水分，它与来自地下水上升的毛管水并不相连，好像悬挂在上层土壤中一样，故称之为毛管悬着水
27. **田间持水量**：毛管悬着水达到最大值时的土壤含水量称为田间持水量。定义为：在一个地下水埋藏较深、排水条件良好的平地上，充分供水，地表覆盖避免蒸发，待水入渗完 1—2 天之后，测得土壤含水量的数值即为田间持水量。
28. **毛管持水量**：毛管上升水达到最大量的土壤含水量

29. 毛管水断裂量：当土壤含水量降低到一定程度时，较粗毛管中悬着水的连续状态出现断裂，蒸发速率明显降低，此时土壤含水量称为毛管水断裂量
30. 重力水：临时存在于土壤大孔隙（通气孔隙）中的水分，与土壤养分的淋失有关
31. 相对含水量：是指土壤含水量（ $\theta_m$ ）占田间持水量（ $\theta_f$ ）的百分数。
32. 萎蔫系数或萎蔫点：当植物根系无法吸水而发生永久萎蔫时的土壤含水量，称为萎蔫系数或萎蔫点
33. 土壤贮水量：是指一定面积和厚度土壤中含水的绝对数量。
34. 吸附力：主要是指土粒表面分子和水分子之间的分子引力，又称为范德华力
35. 毛管力：实质上是毛管内固、气、水界面上产生的负压力，也叫弯月面力
36. 土壤水能态：主要是指土壤水在受各种力的作用后其自由能的变化。
37. 土壤水势：土壤水在各种力的作用下其自由能与相同条件下自由纯水的自由能的差值，称为土壤水势，符号为  $\psi$
38. 基质势是由吸附力和毛管力所制约的土水势称为基质势
39. 压力势  $\psi_p$  是指在土壤水饱和的情况下，土壤中孔隙都充满水，并连续成水柱，土壤水由于受压力而产生土水势变化。
40. 溶质势  $\psi_s$  是指由土壤水中溶解的溶质而引起土水势的变化，也称渗透势，一般为负值。
41. 土壤水吸力是指土壤水在承受一定吸力的情况下所处的能态，简称吸力，但并不是指土壤对水的吸力。
42. 重力势是指由重力作用而引起的土水势变化。位于参考平面以上的各点的重力势为正值，而位于参考平面以下的各点的重力势为负值。
43. 总土水势  $\psi_t$  是以上各分势之和
44. 土壤水分特征曲线：土壤水的基质势或土壤水吸力是随土壤含水率而变化的，其关系曲线称为土壤水分特征曲线或土壤持水曲线
45. 土壤水分曲线的滞后现象：对于同一土壤，即使在恒温条件下，由土壤脱湿（由湿变干）过程和土壤吸湿（由干变湿）过程测得的水分特征曲线也是不同的。
- $pF = \log(\text{土壤水势转换成的水柱高度})$
46. 饱和流：土壤孔隙全部充满水时的水流
47. 达西定律：即单位时间内流经单位面积土壤的水量——土壤水通量——与土水势梯度成正比
48. 非饱和流：土壤只有部分孔隙中有水时的水流
49. 水分入渗：入渗是指地面供水期间，水进入土壤的运动和分布过程
- 透水率：最后入渗速率，表达土壤渗水强弱
50. 土壤水再分布：当入渗停止，由于土壤水入渗而进入土层内的水分在水势梯度作用下还将继续运动，这个过程称之为土壤水的再分布过程。
51. 土壤水的渗漏：在地下水埋深较浅时，土壤水通过剖面上的再分布可能达到地下水，从而补给地下水，促使地下水位抬高，或者随着地下水流侧向排到它处。这时人们将再分布进一步延续的过程称之为“内排水”。也叫土壤水的渗漏
52. 土面蒸发：土壤水不断以水气的形态由表土向大气扩散而逸失的现象称为土面蒸发。
- SPAC 系统：植物从土壤中吸水然后又经叶面蒸腾到大气中去，可以看作是一个统一物理过程的体系，称为土壤-植物-大气连续体，缩写 SPAC
53. 潜在蒸发强度：当土壤供水充分时，由大气蒸发能力决定的最大可能蒸发强
54. 土壤水分平衡：是指对于一定面积和厚度的土体，在一段时间内，其土壤含水量的变化应等于其来水项与去水项之差，正值表示土壤贮水增加，负值表示减少。
55. 土壤水的有效性：土壤水的有效性是指土壤水能否被植物吸收利用及其难易程度。

不能被植物吸收利用的水称为无效水，能被植物吸收利用的水称为有效水

56. **土壤气体对流**：土壤气体的对流是指土壤与大气间由总压力梯度推动的气体的整体流动，也称为质流。

57. **气体扩散**是指气体分子由浓度大（或分压大）处向浓度小（或分压小）处的运动，它是由气体分子的热运动（或称布朗运动）引起的。

58. **土壤呼吸**：土壤从大气中吸收  $O_2$ ，同时排出  $CO_2$  的气体扩散作用，称为土壤呼吸。

59. **土壤通气性**是指土壤气体与大气不断进行气体交换的能力。土壤通气性主要取决于通气孔隙的数量与大小。

60. **土壤热容量**：指单位质量（重量）或容积的土壤每升高（或降低） $1^{\circ}C$ 所需要（或放出的）热量。

61. **土壤导热性**：土壤具有对所吸热量传导到邻近土层性质，称为导热性。导热性大小用导热率表示。稳态下，土壤热传导符合傅立叶热定律。

62. **导热率**：在单位厚度（1 厘米）土层，温差为  $1^{\circ}C$ 时，每秒钟经单位断面（1 厘米<sup>2</sup>）通过的热量焦耳数。

63. **土壤热扩散率**：是指在标准状况下，在土层垂直方向上每厘米距离内， $1^{\circ}C$ 的温度梯度下，每秒流入 1cm<sup>2</sup> 土壤断面面积的热量，使单位体积（1cm<sup>3</sup>）土壤所发生的温度变化。

64. **土壤力学性质**（又称机械物理性质）包括粘结性，粘着性，可塑性和胀缩性，以及其它受外力作用而发生变形的性质，这些性质又称为土壤结持性。

65. **土壤粘结性**：土壤粘结性是指土粒与土粒之间由于分子引力而相互粘结在一起的性质。

66. **土壤粘着性**：土壤粘着性是指土壤在一定含水量的情况下，土粒粘着外物（如农具）表面的性能

**粘着点**：土壤开始不粘着于外物时的质量含水量，叫粘着点，又称**脱粘点**

67. **土壤塑性概念**：土壤可塑性是指土壤在一定含水量时，在外力作用下能成形，当外力去除后仍能保持塑形的性质。

68. **土壤胀缩性**：**土壤膨胀**是指粘质土壤在吸水时总容积增大的现象。

**土壤膨胀压**：土壤吸水膨胀时所产生的压力称为土壤膨胀压。

**土壤收缩**：是指粘质土壤随含水量减少而总容积减小的现象。

69. **土壤抵抗这种滑动的性能**，称为土壤的**抗剪性**

70. 土壤的位移阻力常用土壤的抗剪强度来表示，它是由土壤黏结力和内摩擦力所构成的强度。

71. **土壤压缩**是指土壤在荷载下总容积减小的现象。

72. **土壤压实**就是土壤在外力作用下密度增加和孔隙度降低的过程。

73. **土壤压缩指数**是指土壤孔隙比与压力对数的相关曲线上的斜率。

74. **土壤固结**就是指水饱和土壤在荷载下随着水的流出而土壤容积压缩的过程。

75. **抗压强度**是指原状土块或调制成一定形状的土坯抵抗外力使其破碎的阻力（千克/厘<sup>3</sup>）。抗压强度主要由土壤的粘结力决定，而土壤坚实度则除粘结力外还与土壤的孔性有关。

76. **土壤粘闭**：是由机械功引起土壤孔隙比下降的过程。

77. **土壤硬度**：是土壤质地、结构、含有机质与腐殖质和含水量等综合反映的一项土壤机械性状。通常以单位面积可以承受的不致变形的最大压力表示之。土壤硬度代表土壤的刚性，也可以用土壤的抗压强度来表示。

78. **土壤紧实度**：是指外物楔入（或）挤入时与垂直应力相当的土壤阻力，可用穿入阻力表示。

79. **土壤颜色**是土壤对太阳辐射能在视觉器官能够感受到的光谱范围内（280-760nm 之间）的选择吸收和漫射的结果

80. **土壤矿物的磁性**：土壤磁性常以磁化率、自然剩磁等来表示，是土壤中各种成分，尤其是含铁矿物的磁性的综合表述。

81. **反磁质**也叫**抗磁质**，他们在外磁场中磁化显示反磁性，即所产生的磁化强度与外磁场的方向相反，磁化率为负值而且很微小。

82. **顺磁质**只在外磁场中显示顺磁性，即所产生的磁化强度与外磁场的方向相同，磁化率为正值，也很小

83. **铁磁质**在外磁场中显示铁磁性，即磁化强度的方向与外磁场强度相同，但数值与后者相近或远远超过后者

84. 在外磁场撤离后，铁磁质可保留一部分磁性，叫做剩余磁化强度。

### 第三章

**土壤胶体：**土壤胶体是指土壤中颗粒直径在 1~100nm 之间（在长、宽、高三个方向上，至少有一个方向在次方位内）的土壤固体颗粒。

**硅氧四面体和硅氧片：**一个硅原子，四个氧原子，在水平方向上四面体通过共用底部氧的方式在平面两维方向上无限延伸，排列成近似六边形蜂窝状的四面体片（简称硅片）硅片顶端的氧仍然带负电荷。

**铝氧八面体和铝氧片：**一个铝原子，六个氧原子，在水平方向上相邻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，排列成八面体片（简称铝片），铝片两层氧都有剩余的负电荷。在八面体片中有二八面体片和三八面体之分

**单元晶层：**四面体片顶端的活性氧离子取代八面体片上相应位置的 OH 与八面体片相叠加结合构成层状硅酸盐的单元晶层。

**同晶替代作用：**在粘土矿物晶体结构中，位于四面体或八面体中心阳离子（ $\text{Si}^{4+}$ 或 $\text{Al}^{3+}$ ）可以被电性相同、大小相近的阳离子替代而保持晶体构造类型不发生改变。这种现象叫做同晶替代。

**腐殖质：**土壤有机物质在微生物的作用下，形成的一类结构复杂、性质稳定的特殊性质的高分子化合物。

**土壤有机无机复合体：**有机胶体与矿质胶体通过表面分子缩聚、阳离子桥接及氢键合等作用连结在一起的复合体

**复合度：**通常把土壤有机无机复合体中的有机碳数量占土壤全碳的百分比

**颗粒有机质**

**比表面积：**比表面积指单位质量土壤颗粒所具有的表面，单位是  $\text{m}^2/\text{g}$ 。土壤的比表面积主要是由土壤中的胶体类型和数量决定的。

**永久电荷：**永久电荷是在粘土矿物的形成过程产生的伴随着同晶替代作用产生的电荷（内电荷）。

**可变电荷：**当土壤 pH 值发生变化时，土壤胶体固相表面从介质中吸收或释放离子，从而使土壤电荷数量和性质发生变化，这部分随土壤 pH 值变化而变化的电荷，称为可变电荷。

**土壤吸附作用：**是指分子或离子在土壤固相表面富集的过程

**物理吸附：**土壤固相表面利用分子引力将土壤溶液中的物质吸附到其表面上的现象

**交换吸附：**靠静电引力从溶液中吸附带反号电荷的离子或极性分子，并与土壤固相表面吸附的其他离子进行交换。

该吸附是一个物理化学过程，又称为物理化学吸附

**专性吸附：**是指离子与土壤固相表面形成化学键而被固定在胶体表面的吸附作用。

**负吸附：**负吸附是指土壤胶体表面的离子浓度低于整体溶液中该离子的浓度现象。

**致酸离子：** $\text{H}^+$ 和 $\text{Al}^{3+}$ 类

**盐基离子：**指 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 等阳离子

**盐基饱和土壤：**土壤胶体吸附的阳离子都属于盐基离子，具有中性或碱性反应

**盐基不饱和土壤：**土壤胶体吸附的阳离子部分属于盐基离子，其余一部分为 $\text{Al}^{3+}$ 和 $\text{H}^+$ ，呈酸性反应。

**盐基饱和度：**土壤胶体上交换性盐基离子占全部交换性离子的百分数

**离子交换作用：**土壤胶体表面吸附的离子与溶液中离子相互交换空间位置，胶体上被吸附的离子解吸后进入溶液，而溶液中的某离子则被吸附到土壤胶体表面，这一过程称之为土壤的离子交换过程

**阳离子交换量：**土壤阳离子交换量是指土壤所能吸附的可交换性阳离子的总量。

**活性酸度：**指与土壤固相处于平衡状态的土壤溶液中的 $\text{H}^+$ 离子。

**潜在性酸度：**指吸附在土壤胶体表面的交换性致酸离子（ $\text{H}^+$ 和 $\text{Al}^{3+}$ ），这些交换性致酸离子只有转移到溶液中转变

成溶液中的氢离子时，才会显示酸性，故称潜性酸

总碱度：总碱度是指土壤溶液或灌溉水中碳酸根、重碳酸根的总量。

ESP：土壤胶体上吸附的交换性钠离子占阳离子交换量的百分比称为钠碱化度

$ESP(\%) = [Na_x] \times 100 / CEC$  式中  $[Na_x]$  为交换性钠离子的数量 (cmol/kg)

SAR：是指土壤溶液中  $Na^+$  与  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  浓度平均值的平方根的比值

ESR：是指土壤胶体上吸附的交换性  $Na^+$  与交换性  $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  浓度之和的比值

石灰性物质： $CaCO_3$  和  $MgCO_3$ ，在正常的  $CO_2$  偏压下，它们在土壤溶液中的浓度很低。

石灰性反应：因石灰性物质所引起的弱碱性反应 (pH7.5~8.5)，在土壤学中称为石灰性反应

石灰性土壤：这种土壤称为石灰性土壤。

盐酸反应：石灰性土壤用 10% 的 HCl 检验，有  $CO_2$  气泡冒出，称为盐酸反应

氧化还原电位：由于溶液氧化态物质和还原态物质的浓度关系而产生的电位称为氧化还原电位 (Eh)

电子活度负对数：在氧化还原过程中溶液内自由电子活度的负对数值

土壤缓冲性：

狭义：是指将酸或酸性盐，碱或碱性盐施入土壤后，在一定限度内，土壤具有抵抗这些物质改变土壤酸碱反应的能力。

广义：土壤是一个巨大、复杂的缓冲体系，不仅对酸碱具有缓冲性，对营养元素、污染物质、氧化还原物质同样具有缓冲性，具有抗衡外界环境变化的能力。

土壤酸碱缓冲容量：

狭义的缓冲容量是指酸碱缓冲容量，是指使单位质量的土壤改变一个单位 pH 所需要的酸或碱量。

广义上的缓冲容量可指单位质量的土壤其性质改变一个单位或等级所需要添加的外源物质（酸、碱、氧化剂、还原剂、养分、污染物等）的数量。

土壤氧化还原缓冲性：土壤氧化还原缓冲性是指当少量的氧化剂或还原剂加入土壤后，其氧化还原电位 (Eh) 不会发生剧烈变化，即土壤所具有的阻碍 Eh 变化的能力。

## 第四章

**土壤生物：**土壤生物包括微生物、动物和植物根系，这些不同的有机体构成了土壤生物群落

**土壤动物：**指一段时间内定期在土壤中度过，而对土壤具有一定影响的动物

**根际和根际效应：**存活的植物根系显著影响的土壤区域称为根际；

根际土壤与非根际土壤在物理、化学和生物学特征上有明显的不同，这些特性在根际土壤和非根际土壤上的比值称为根土比，即根基效应。

**菌根：**某些高等植物的根可与一些土壤真菌形成互惠共生体称为菌根

**土壤酶：**是指土壤中的聚积酶，包括游离酶、胞内酶和胞外酶，主要来源于土壤微生物的活动、植物根系分泌物和动植物残体腐解过程中释放的酶，是一类具有催化能力的生物活性物质。

**土壤有机质：**进入土壤中的各种有机物质，在土壤微生物作用下形成的一系列有机化合物的总称

**有机质的矿化过程和腐殖质化过程**

矿化作用：有机物质进入土壤后，在微生物的作用分解成水和  $CO_2$ ，并释放出其中的矿质养分和能量的过程。

腐殖化过程：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。

**矿化率：**每年因矿化作用而消耗的有机质量占土壤有机质总量的百分数

**激发效应：**土壤中加入新鲜有机物质会促进（正效应）或抑制（负效应）土壤原有有机质的降解，这种矿化作用称激发效应。

**土壤腐殖质：**土壤有机物质在微生物的作用下形成的一类结构复杂、性质稳定的特殊性质的高分子化合物。

**腐殖化系数：**有机物料经历一年的腐解后残留的腐殖质数量，与一年前施入土壤的有机物质数量的比值。

## 简答题

### 绪论

#### 土壤的重要性

土壤是地球上最宝贵的自然资源

土壤是农业的最基本的生产资料，是农业可持续发展的基础

土壤是生态系统的重要组成部分

#### 土壤资源的特点

土壤资源是再生资源

土壤资源数量的有限性

土壤资源质量的可变性

土壤资源空间分布上的固定性

#### 土壤的特性

（1）土壤是独立的历史自然体

独立性：具有自身发生发展、长期演变的历史过程和不同于其他物质实体的本质特性

历史性：土壤不是从来就有的，而是千百万年逐渐形成的。

自然性：土壤的形成是自然因素和时间长期综合作用的产物

（2）土壤的组成——多孔多相性

土壤是一个多孔体系。土壤是多相体系，一般可分为固、液、气三相

（3）垂直分层性

（4）肥力特性

## 第二章：土壤的物理性质

### 土壤容重的用途

1、反映土壤的孔隙度，判断土壤的松紧程度

2、计算土壤质量和各组分的含量

### 土壤孔隙的类型

非活性孔隙（noneffectivepore）又叫无效孔，束缚水孔或微孔，是土壤中最细的孔隙，当量孔径 $<0.002\text{mm}$ ，大致以土壤水吸力  $0.15\text{MPa}$ （ $1.5\text{bar}$ ）为界限。土粒表面的吸附力。

毛细孔隙（capillarypore）当量孔径  $0.02\sim 0.002\text{mm}$ ，毛管力（弯月面力）。

通气孔隙（airfilledpore）当量孔径 $>0.02\text{mm}$ ，土壤水吸力 $<0.015\text{MPa}$ （ $0.15\text{bar}$ ）

### 当量孔径和茹林公式

当量孔径：是指与一定的土壤水吸力相当的孔径，叫作当量孔径（equivalentporediameter）。

茹林公式

当测定时水的温度为 20℃时，茹林公式：（手写补充）

式中：d—当量孔隙直径（毫米）；h—土壤水分吸力（以厘米水柱高，hPa,mbar 表示）。根据这一公式，可计算出不同大小当量孔隙的分布。

影响土壤孔隙状况的因素

----土壤质地

----土壤结构

----土壤有机质含量

土壤有机质含量愈高，特别是对粘质土壤，则孔隙状况得到的改善愈明显。

--土壤耕作和土层深度

耕作措施使土壤疏松并形成大小适宜的土团，从而改善土壤结构状况，降低土壤容重，增加孔隙度，尤其是通气孔隙度。

土壤结构体的类型

——片状结构体：犁底层，在旱地表层常出现土壤结皮和板结现象。

——块状结构体：农民俗称为“土坷垃”

——柱状结构体：大多出现在粘重的底土层，心土层和柱状碱土的碱化层。

——团粒结构体：团粒结构体包括团粒和微团粒。

常见的土壤粒级制及划分标准（石砾、砂粒、粉粒和粘粒）

土壤颗粒分级：(mm)				
直径	国际制	美国制	卡庆斯制	中国制
石砾 cobble,gravel	>2	>2	>1	>1
砂粒 sand	2-0.02	2-0.05	1-0.05	1-0.05
粉粒 silt	0.02-0.002	0.05-0.002	0.05-0.001	0.05-0.002
粘粒 clay	<0.002	<0.002	<0.001	<0.002

物理性砂粒： 1-0.01mm

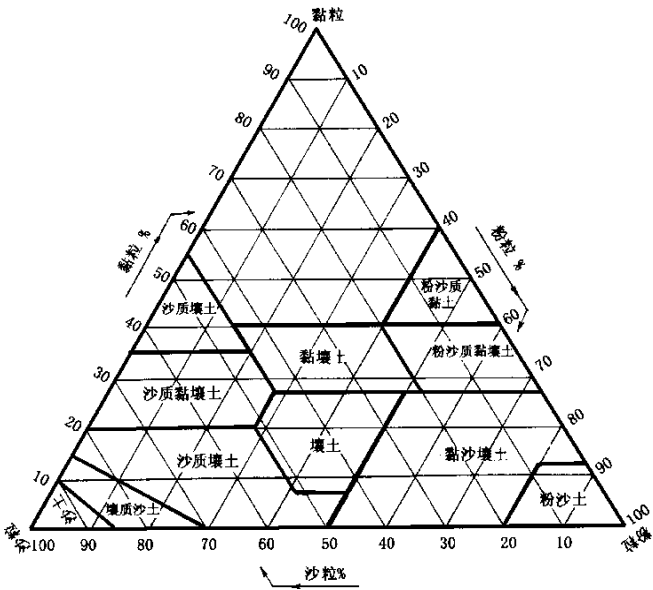
物理性粘粒： <0.01mm

不同粒级土粒的基本特征

土粒名称	粒径（毫米）	最大吸湿量（%）	最大分子持水量*（%）	毛管水上升高度（厘米）	渗透系数（厘米/秒）	湿胀%（按最初的体积计）	塑性(上、下塑限含水量%)
------	--------	----------	-------------	-------------	------------	--------------	---------------

石砾	3.0-2.0	-	0.2	0	0.5	-	不可塑
	2.0-1.5	-	0.7	1.5-3.0	0.3	-	
	1.5-1.0	-	0.8	4.5	0.12	-	
粗砂粒	1.0-0.5	-	0.9	8.7	0.072	-	
	0.5-0.25	-	1.0	20-27	0.056	-	
细砂粒	0.25-0.10	-	1.1	50	0.030	5	可塑 (28-40)
	0.10-0.05	-	1.2	91	0.005	6	
粗粉粒	0.05-0.01	<0.5	3.1	200	0.004	16	
中粉粒	0.01-0.005	1.0-3.0	15.9	-	-	105	可塑 (28-40)
细粉粒	0.005-0.001	-	31.0	-	-	160	塑性较强 (30-48)
粗粘粒							
细粘粒	<0.001	15-20	-	-	-	405	塑性强 (34-87)

土壤质地分类制度，主要是三角图的使用（自己看 ppt 吧太难粘了）



土壤含水量的表示方法和计算

- 质量含水量：土壤中水分质量与干土质量的比值
- 容积含水量：单位土壤总容积中水分所占的容积分数
- 田间持水量，萎蔫系数与相对含水量

土壤水分含量的测定方法

- 重量法
  - 经典烘干法
  - 快速烘干法
- 中子法
- TDR 法时域反射仪
- TDT 法时域传输仪



-----宇宙射线仪法

### 用土水势研究土壤水的优点

首先可以作为判断各种土壤水能态的统一标准和尺度。

其次水势的数值可以在土壤—植物—大气之间统一使用，把土水势、根水势、叶水势等统一比较，判断它们之间的水流方向、速度和土壤水有效性。

三是对土水势的研究能提供—些更为精确的测定手段。

### 土壤水势各分势的数值变化

(1) 溶质势的计算

$$\pi_s = RT C_{iii}$$

R-气体常数 ( $82\text{ba}/\text{cm}^3/\text{mol}\cdot\text{K}$ ) T-绝对温度 (K)

$C_{iii}$ -溶质各组分的浓度 (mol)

(2) 对于水分饱和的土壤，在水面以下深度为 h 处，压力势 ( $p$ ) 为： $p=wgh$

式中 w 为水的密度，g 为重力加速度。

(3) 假定纯水的势能为零，则基质势为负值。

土壤含水量愈低，基质势也就愈低。反之，土壤含水量愈高，则基质势愈高；至土壤水完全饱和，基质势达最大值，与参比标准相等，即等于零。

(4) 重力势 ( $g$ ) 是指由重力作用而引起的土水势变化。位于参考平面以上的各点的重力势为正值，而位于参考平面以下的各点的重力势为负值。

### 土壤水分特征曲线的用途

- 1、可利用它进行土壤水吸力 S 和含水率  $\theta$  之间的换算。
- 2、土壤水分特征曲线可以间接地反映出土壤孔隙大小的分布。
- 3、水分特征曲线可用来分析不同质地土壤的持水性和土壤水分的有效性。
- 4、应用数学物理方法对土壤中的水运动进行定量分析时，水分特征曲线是必不可少的重要参数。

### 土壤水势的测定方法

-----热电偶湿度计法

-----张力计法

-----压力膜法

-----电阻块法

-----其他水势的测定（重力势和压力势）

### 区分饱和流和非饱和流

饱和流：土壤孔隙全部充满水时的水流

非饱和流：土壤只有部分孔隙中有水时的水流

出现饱和流情况

大量持续降水和稻田淹灌

地下水涌出

水库库底等

### 影响饱和导水率的因素

土壤饱和导水率反映了土壤的饱和渗透性能，任何影响土壤孔隙大小和形状的因素都会影响导水率。

土壤质地和结构：砂质土壤通常比细质土壤具有更高的饱和导水率。同样，具有稳定性（水稳性、力稳性）强的团粒结构的土壤，比具有稳定性差的团粒结构的土壤传导水分要快得多。

有机质含量和无机胶体性质：有机质有助于维持大孔隙高的比例，有些类型的粘粒特别有助于小孔隙的增加，这就会降低土壤导水率。

#### **\*入渗和再分布的剖面土壤水分分布的区别**

入渗是指地面供水期间，水进入土壤的运动和分布过程。土壤的入渗由供水速率和土壤的入渗能力决定。当入渗停止，由于土壤水入渗而进入土层内的水分在水势梯度作用下还将继续运动，这个过程称之为土壤水的再分布过程。土壤水的再分布是土壤水的不饱和流。

#### **水汽运动的表现和推动力**

外部运动发生在土壤表面，称为土面蒸发；内部运动发生在土壤内部，其运动表现为水汽扩散和水汽凝结两种现象。温度梯度是水汽运动的主要推动力。水汽扩散推动力是水汽压梯度，这是由土壤水势梯度或土壤水吸力梯度和温度梯度所引起的。水汽凝结有两种现象值得注意，一是“夜潮”现象，二是“冻后聚墒”现象。

#### **影响蒸发强度的因素**

一是大气蒸发力。这是蒸发的外界条件，通常用单位时间，单位自由水面所蒸发的水量表示。

二是土壤的导水性质和水分状况。这是土壤水分向上输送的条件，也即土壤的供水能力

#### **蒸发过程持续进行的条件和阶段划分**

①不断有热能到达土壤表面，以满足水的汽化热需要（15℃时 1g 水的汽化热约为 3.47KJ）；

②土壤表面的水汽压须高于大气的水汽压，以保证水汽不断进入大气；

③表层土壤须能不断地从下层得到水的补给。

#### **土面蒸发过程区分为三个阶段：**

- 1) 稳定蒸发阶段（大气蒸发力控制）
- 2) 蒸发率降低阶段
- 3) 扩散控制阶段

#### **土壤水有效性的理解和计算**

土壤水的有效性是指土壤水能否被植物吸收利用及其难易程度。

不能被植物吸收利用的水称为无效水，能被植物吸收利用的水称为有效水

通常把土壤萎蔫系数看作土壤有效水的下限，一般把田间持水量视为土壤有效水的上限。

土壤有效水含量 = 土壤含水量 - 萎蔫系数

#### **土壤空气和大气组成的差别**

- 1、土壤气体中的 CO<sub>2</sub> 含量高于大气
- 2、土壤气体中的 O<sub>2</sub> 含量低于大气
- 3、土壤气体中水汽含量一般高于大气
- 4、土壤气体中还原性气体可能高于大气
- 5、土壤气体成分随时空而变化

#### **土壤空气的运动形式及其原因**

土壤气体的对流是指土壤与大气间由总压力梯度推动的气体的整体流动，也称为质流。土壤与大气间的对流总是由高压区流向低压区

气体扩散是指气体分子由浓度大（或分压大）处向浓度小（或分压小）处的运动，它是由气体分子的热运动（或称布朗运动）引起的。

土壤从大气中吸收  $O_2$ ，同时排出  $CO_2$  的气体扩散作用，称为土壤呼吸。

### 调节土壤通气性的措施

土壤通气性主要取决于通气孔隙的数量与大小

### 土壤空气与土壤肥力的关系

- 1、缺  $O_2$  缺  $O_2$  会导致土壤中有机质分解，产生醛类和有机酸，抑制多种植物种子的发芽，影响种子内物质的转化和代谢活动
- 2、通气不良 影响根系生长和吸收功能，根系呼吸作用减弱，吸收养分和水分的功能降低，特别是对 K 的吸收，其次是 Ca、Mg、N、P
- 3、影响土壤微生物活性和养分状况 主要影响土壤的氧化还原状况和土壤中有毒物质的含量状况

### 土壤热量的来源

太阳辐射能——最基本的来源

太阳常数： $1.9K/(cm^2 \cdot min)$

短波辐射：0.3-0.4 微米

生物热

有机质分解：产生的热量巨大——植物组织：16.7-20.9kJ/kg

地球内热：局部有作用，一般作用不大

### 土壤热特性及其影响因素

土壤导热性：土壤具有对所吸热量传导到邻近土层性质，称为导热性

影响土壤导热率的因素：土壤的松紧、土壤含水状况和土壤质地

### 土壤温度变化的特点

土壤温度具有明显的时、空特点。全年表层 15cm 土层平均温度较气温为高；心土则秋冬比气温高，而春夏较冷。；在晚秋-冬天-早春，表土层温度低于心土层，在晚春-夏天-早秋，则表土层温度高于心土层。

### 影响土壤粘着性和粘结性的因素

土壤质地：土壤愈细，接触面大，粘结性粘着性强。

土壤腐殖质含量：腐殖质含量增加可减弱粘土或增强砂土的粘结性。

土壤含水量：土壤含水量的多少，对粘结性的强弱的影响很大，在适度的含水量时土壤粘结性最强。土壤粘着性也是在一定含水量范围内表现的性质。使土壤出现粘着性的含水量称为粘着点。而土壤因含水量增加不再粘沾在外物上，失去粘着性时的土壤含水量称为脱粘点。

土壤结构：团粒结构和使土团接触面减少，因而其粘结性和粘着性降低，土壤疏松易耕。据试验，在相同质地条件下，团粒结构土壤的粘结性比无团粒结构土壤小 2~6 倍。

土壤代换性阳离子的组成：钠、钾一价阳离子，可使土粒分散，粘结性粘着性增大，二价钙、镁离子能促进土壤胶体凝聚，土壤接触面减少，从而降低土壤粘结性粘着性。

### 影响土壤可塑性的因素

水分含量：土壤只有在一定含水量范围内才具有塑性。土壤开始呈现可塑状态时的水分含量称为下塑限；土壤失去可塑性而开始流动时的土壤含水量，称为上塑限，。上塑限与下塑限含水量之差称为塑性值，也叫塑性指数。塑性值大的土壤可塑性范围大、可塑性强。

土壤质地：土壤质地愈细，粘粒含量愈多，可塑性愈强。砂质土中由于含粘粒很少，因而不具可塑性或可塑性极不明显。

代换性阳离子：代换性钠离子因水化度大，使土壤分散，因此可塑性增大，相反，钙离子因具有凝聚作用减少土壤可塑性。代换性阳离子对粘粒矿物塑性强弱的影响很大。钠离子使蒙脱石的上下塑限和塑性值大大增加，而对高岭石影响较小。

土壤有机质：有机质能提高土壤上、下塑限，但一般不改变其塑性值

### 土壤收缩的类型

土壤收缩可分为结构收缩、常态收缩和剩余收缩。结构收缩是指粘质土壤在含水量减少过程中，首先出现的土壤总容积减少低于失水容积减少的阶段；常态收缩是指粘质土壤在含水量减少的过程中，土壤总容积的减少与失水容积的减少相等的阶段；剩余收缩是指粘质土壤在含水量减少的过程中，土壤总容积的减少大于失水容积的减少阶段。

### 影响土壤胀缩性的因素

阳离子类型：当土壤胶体被强烈解离的阳离子（如钠）饱和时，膨胀性最强，如交换性  $\text{Na}^+$  被  $\text{Ca}^{2+}$  置换则膨胀性变弱。各种阳离子对膨胀的作用次序如下。

$\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  >  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  >  $\text{H}^+$

质地：土壤质地愈粘重，即粘粒含量愈高，尤其是扩展型粘粒矿物（蒙脱石、蛭石等）含量愈高，则胀缩性愈强。砂性土壤无胀缩性。

腐殖质：腐殖质本身吸水性强，但它能促使土壤结构的形成而保持疏松，因而土体胀缩不明显。

### 土壤颜色的种类

单一颜色、非单一颜色、斑块状颜色、斑点状颜色、条纹状颜色、大理石纹状颜色

### 芒塞尔记色法

芒塞尔记色法是对颜色的三种易变性质的每一种系统的数量化和文字的标记。这三种性质是色彩（特殊的颜色）、亮值（亮和暗）和色度（色彩强度），并将这三个指标按顺序标出。将土壤样品与带有标准色阶的色卡进行颜色对比，可以很快地按照 Munsell 记色法定出颜色

### 土壤颜色的影响因素

土壤颜色受很多因素的影响，主要影响因素有土壤有机质含量、矿物组成、土壤湿度、土壤结构状况以及光线状况等。

土壤有机质含量的高低直接影响土壤颜色的明暗程度。土壤有机质含量高的土壤颜色较深，一般有机质含量 < 1% 的土壤颜色较浅，1%~2% 呈灰色，而 2%~3% 之间呈灰黑色，>4% 以上的土壤颜色呈黑色或深黑色。

土壤矿物的颜色也直接影响土壤的颜色。

土壤的湿度对土壤颜色有重大的影响。土壤干时颜色往往较浅，而湿润时往往颜色较深。

土壤结构体状况也影响土壤的颜色。在粘化的土层土壤表面由于粘粒定向排列产生的明亮胶膜，其颜色可能跟结构体内部颜色根本不同。同一种土壤处在团聚状态和研碎成粉末状态时，其颜色也是不一样的。

### 土壤磁性的类型

反磁性，即所产生的磁化强度与外磁场的方向相反，磁化率为负值而且很微小

顺磁性，即所产生的磁化强度与外磁场的方向相同，磁化率为正值，也很小

铁磁性，即磁化强度的方向与外磁场强度相同，但数值与后者相近或远远超过后者。

### 土壤磁性的影响因素

岩石和成土母质：岩石和成土母质对土壤的影响有两个方面，第一是含铁矿物含量，这是产生土壤中次生磁性矿物的材料，第二是磁性矿物质的含量，决定着其本身的磁化率的大小，是形成未来土壤磁性的“本底”。

土壤水分状况：由相同母质发育的土壤，其比磁化率是自型土 > 半水成土 > 水成土，因为土壤中水分状况对含铁矿物形态转化有决定性的影响。土壤有机质：关于土壤有机质对磁化率的影响可能是因为土壤有机质是

磁性矿物形成的接触剂，以及有机质的分解造成缺氧条件使铁化合物还原，随后在有空气供应时发生氧化，形成磁铁矿或磁赤铁矿，此外，还受到土壤颗粒组成、矿物组成和水分状况的制约。

土壤颗粒组成：土壤颗粒是有岩石风化而来的，0.11~1mm 物理性砂粒以及大于 1mm 石砾的磁性决定于其中残留的磁铁矿含量。因为磁铁矿抗风化能力较强，残留在石砾和土壤粗粒组中。次生磁性矿物是化学风化的产物，所以集中在粘粒中。

## 第三章

### 土壤胶体的种类

#### (1) 土壤无机胶体—粘土矿物

主要是指土壤粘土矿物，它包括次生的铝硅酸盐粘土矿物和水合氧化物，前者是晶体结构，后者一般呈非晶体结构，其中次生铝硅酸盐粘土矿物是组成土壤无机胶体的主要成分。

##### —层状铝硅酸盐粘土矿物

硅酸盐粘土矿物一般都是层状结构。其基本结构单元有两个：**硅氧四面体（硅氧片）**和**铝氧八面体（铝氧片）**。

##### 高岭石组

在南方热带和亚热带土壤，如红黄壤、砖红壤中分布较广，北方较少。由长石、普通辉石等铝硅酸盐类矿物在风化过程中形成。

硅氧片和水铝片的比例为 1：1

不易膨胀

极少同晶代换，电荷数量少

属颗粒较粗的胶体，但胶体特性（可塑性、粘结性和吸湿性）较弱

##### 蒙脱石组和蛭石组

蒙脱石组在我国东北、华北和西北地区的土壤中分布较广。蛭石广泛分布于各大土类中，但以分化不太强的温带和亚热带排水良好的土壤中最多。主要矿物种类有蒙脱石、拜来石、绿脱石、蛭石、皂石等，以蒙脱石是最为典型。

硅氧片和水铝片的比例为 2：1

胀缩性大：蛭石的膨胀性比蒙脱石小

同晶替代现象普遍，电荷数量大：蒙脱石主要发生在铝片中，蛭石主要发生在硅片中

颗粒细微，胶体特性突出：蛭石的颗粒比蒙脱石大，表面积较小

##### 伊利石组(水化云母组)

含大量钾素，是土壤钾素来源之一，包括伊利石、海绿石等。在我国伊利石主要出现在北方半干旱和干旱地区的土壤中，但南方的燥红壤中和含云母多的母质发育的土壤中也有较多的伊利石出现。

硅氧片和水铝片的比例为 2：1

无膨胀性

同晶替代较普遍，电荷数量较大

颗粒大小和胶体特性介于高岭石和蒙脱石之间

##### 绿泥石组

沉积物和河流冲积物中含量较多，在我国高寒地区土壤中含量较多，石灰性土壤中也有少量分布，说明这些土壤风化程度很弱。

硅氧片和水铝片的比例为 2:1:1

同晶替代较普遍，元素组成变化大

颗粒较小，胶体特性居中

##### —非硅酸盐粘土矿物——土壤氧化物

土壤中的氧化物主要是铁、铝、锰、硅等氧化物及其水合氧化物类。土壤氧化物有的是**晶型矿物**，如三水铝石、水铝石、针铁矿、赤铁矿、 $\alpha$ -石英等。**非晶型的氧化物**如蛋白石、水铝英石等。土壤氧化物的表面积较大，表面活

性高，其电荷数量随土壤酸碱度而变化，对土壤的理化性质影响很大，尤其在南方的红色土壤中对土壤养分、重金属元素的形态、活性、迁移和有效性都重大的影响。这些矿物都是在高温多湿条件下形成的，南方土壤呈红色主要是由于土壤中赤铁矿染色的结果。

#### 三水铝石

土壤中三水铝石的含量可作为脱硅作用和富铝作用的指标。

大致在北纬 30° 以南地区的土壤中才出现三水铝石。

主要分布在热带和亚热带高度风化的酸性土壤中

### (2) 土壤有机胶体—腐殖质

土壤有机胶体主要是指土壤中具有明显胶体特性的高分子有机化合物。

腐殖质是土壤有机物质在微生物的作用下，形成的一类结构复杂、性质稳定的特殊性质的高分子化合物。这类化合物都具有三种基本成份，即芳核结构、含 N 有机化合物及复环形式碳水化合物，它是土壤有机质的主体，一般占土壤有机质的 60-80%。

### (3) 有机无机复合体

土壤腐殖物质按其存在状态不同，可分为游离态和结合态腐殖质。土壤中游离态腐殖质很少，绝大多数是结合态腐殖质，即与土壤无机组成，尤其是粘粒矿物和阳离子紧密结合以有机无机复合体的方式存在的。通常 52-98% 的土壤有机质集中在粘粒部分。

**土壤有机无机复合体：**有机胶体与矿质胶体通过表面分子缩聚、阳离子桥接及氢键合等作用连结在一起的复合体。

**复合度：**通常把土壤有机无机复合体中的有机碳数量占土壤全碳的百分比。

**主要机理：**范德华力、氢键、静电吸附、阳离子键桥等是土壤有机-无机复合体键合的主要机理。

#### 腐殖物质的分组

①**富里酸 (FA)**是可用 NaOH 提取且溶于 pH 为 2 的酸性溶液、分子量较低 (1,000~3,000) 的物质。富里酸由一系列带有大量侧键的高度氧化的芳香环组成，构造单元是苯羧酸和酚酸，构造单元之间靠氢键或分子间力和离子键连结在一起。

②**胡敏酸 (HA)**是可用 NaOH 提取但不溶于 pH 为 2 的酸性溶液、分子量在 10,000~100,000 的物质。胡敏酸由芳香环、环状 N 的肽键组成。

③**胡敏素 (humins)**是稀碱溶解提不出来的那部分腐殖物质，它与粘粒矿物结合得十分紧密，是胡敏酸类物质进入粘粒矿物晶格后经冰冻和干燥作用，与矿质土粒十分牢固的结合起来的，活性很低，可以认为是胡敏酸的同素异构体，因为其化学性质是与胡敏酸没有什么差别的，只是存在状态不同。

④**土壤腐殖物质的 HA/FA 比值**，往往说明它的形成条件和分子量的复杂程度，HA/FA 比值越大，说明胡敏酸的含量越多，且胡敏酸结构愈复杂；相反，富里酸则愈少，结构越简单。一般而言，我国北方，大多数土壤，其腐殖酸以胡敏酸占优势，HA/FA > 1，如暗棕壤的 HA/FA 一般在 1~2 之间；而我国南方土壤，其腐殖一般以富里酸占优势，HA/FA 值常小于 1，如黄棕壤为 0.45~0.75，砖红壤则小于 0.45

#### 土壤腐殖质的基本性质

##### A——物理性质

①**分子量大小与形状** 腐殖酸分子量的变动范围为几至几百万之间。同一土壤中，富里酸的平均分子量 (670-1450) < 胡敏酸 (890-2270) < 胡敏素。土壤胡敏酸的直径范围在 1-0.001 μm 之间 > 富里酸。

腐殖酸分子可能均为短棒形。腐殖酸的整体结构并不紧密，核心结构为芳香化羟基化合物和含氮化合物，外围为取代基——功能团，整个分子表现出非晶质特征，具有大量的微细孔隙，较大的比表面积。

②**吸水性和溶解度** 腐殖酸是一种亲水胶体，有强大的吸水能力，单位重量腐殖质的持水量是硅酸盐粘土矿物的 4-5 倍，最大吸水量可以超过其本身重量的 500%。

腐殖酸是一种弱酸，可溶于碱性溶液形成腐殖酸盐。胡敏酸与一价离子形成的盐溶于水，与二价离子的盐溶解度很低；富里酸的一二价的盐类均溶于水，三价盐只溶于酸性溶液。

③**颜色和光学性质** 腐殖物质的整体呈黑色，而其不同组分腐殖酸的颜色则略有深浅之别。胡敏酸颜色较深，呈棕褐色；富里酸颜色较浅，呈淡黄色。用不同波长的光来测各组分的吸光度，表明它与腐殖酸分子量的大小及其芳化度呈正相关。不同腐殖酸具有各自的红外光谱，从红外光谱上可以看出腐殖酸在结构上，尤其是官能团的变化。另外，多数腐殖酸都具有荧光效应，不同组分的荧光效应不同。腐殖质在 425nm 和 625nm 处的吸光值的比通常称为

E4/E6 比值，该值越高，一般说明腐殖质中芳香结构的比例（芳化度）也越高，提示了腐殖质的部分结构特征。腐殖质的红外光谱、核磁共振谱、质谱等可以很好地揭示腐殖质的结构信息。

B——化学性质

①元素及化合物组成

腐殖酸的主要元素组成是碳、氢、氧、氮、硫，此外还含有少量的钙、镁、铁、硅等灰分元素。其 C/N 比值为 10: 1-12: 1。不同腐殖酸的含碳量和含氮量富啡酸<胡敏酸<胡敏素。腐殖酸的主要由芳香族的酚、醌化合物、含氮化合物组成，还有一些碳水化合物、脂肪酸等。

②功能团、络合性、带电性及交换量

功能团

表2-4 我国主要土壤表土中腐殖物质的含氧功能基 (cmol (p <sup>+</sup> ) /kg)		
含氧功能基	胡敏酸	富啡酸
羧基	275-481	639-845
酚羟基	221-347	143-257
醇羟基	224-426	515-581
酯基	90-181	54-058
酮基	32-206	143-254
甲氧基	32-95	39



**酸度：**腐殖物质的总酸度通常是指羧基和酚羟基的总和。总酸度以胡敏素、胡敏酸和富啡酸的次序增加

络合性

腐殖酸具有一定的络合性。可与铁、铝、铜、锌等金属离子形成络合物，**酚羟基**是参与络合的主要官能团。络合物的稳定性随 pH 值的升高而增大。在 pH4.8 时能与 Fe、Al、Ca 等离子形成可溶性络合物，但在中性或碱性条件下会产生沉淀

带电性

腐殖酸分子具有两性胶体的特征，在分子表面上既带负电荷 又带正电荷。一般情况下，腐殖酸带负电。

交换性

腐殖酸可吸附盐基离子，有较大的阳离子交换量，在 2000~5000mmolM<sup>+</sup>/kg 之间 平均为 3500mmolM<sup>+</sup>/kg

③稳定性

化学稳定性高，抗微生物分解的能力较强，分解速率非常缓慢。年矿化速率平均 1%-2%。

温带条件下——

植物残体半分解期<3 个月

新腐殖质半分解期 4.7-9 年

富里酸的平均停留时间 200-630 年

胡敏酸的平均停留时间 780-3000 年

土壤胶体的表面类型

土壤胶体表面的类型可分为**内表面**与**外表面**。

**内表面**一般指膨胀性粘土矿物的晶层之间的表面积和腐殖质分子内部的表面积。

**外表面**指粘土矿物、氧化物和腐殖质分子暴露在外表面。土壤中胶体的表面大致也可分为三类：

①**硅氧烷表面：**硅氧片的基面氧原子 (Si-O-Si)，为非活性原子，其表面成为非极性的疏水表面，不易解离，表面活性较弱，其电荷来源主要是同晶替代，这些电荷一般不随 pH 值、阳离子和电解质浓度的变化而改变。

②**羟基表面：**表面上 OH 基暴露在外，形成极性表面，是亲水性的表面，其表面的 OH 可以解离产生电荷，产生电荷的数量随着土壤 pH 值改变而改变。

③**有机胶体表面：**海绵状或蜂窝状，具有较大的内表面积和外表面积，其表面上存在着大量的含氧官能团。

土壤胶体的比表面积

比表面积指单位质量土壤颗粒所具有的表面，单位是 m<sup>2</sup>/g<sup>-1</sup>。土壤的比表面积主要是由土壤中的胶体类型和数量决定的。2:1 型粘土矿物和腐殖质多的比表面积很大，而 1:1 型粘土矿物和氧化物的比表面积很小。

## 土壤吸附性的类型

### 土壤吸附作用

指分子或离子在土壤固相表面富集的过程。土壤固相和液相界面上的离子或分子浓度大于整体溶液中该离子或分子的浓度的现象，称为正吸附。反之则为负吸附。吸附在土壤固相表面上的物质从固相表面解离进入溶液的过程，则称为解吸过程。

土壤吸附作用可分为物理吸附、交换性吸附、专性吸附和负吸附。

**物理吸附：**土壤固相表面利用分子引力将土壤溶液中的物质吸附到其表面上的现象。物理吸附的强弱与土壤的比表面积大小呈正比。

**交换吸附：**靠静电引力从溶液中吸附带反号电荷的离子或极性分子，并与土壤固相表面吸附的其他离子进行交换。该吸附是一个物理化学过程，又称为物理化学吸附。

**专性吸附：**是指离子与土壤固相表面形成化学键而被固定在胶体表面的吸附作用。

**负吸附：**负吸附是指土壤胶体表面的离子浓度低于整体溶液中该离子的浓度现象。

## 阳离子交换作用的特征及其影响因素

### 影响阳离子交换量的因素

#### ①土壤胶体类型

1、阳离子的价数——一般是  $M^{3+} > M^{2+} > M^{+}$ 。

土壤中常见的阳离子的交换能力顺序是： $Fe^{3+} > Al^{3+} > H^{+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > NH_4^{+} \geq K^{+} > Na^{+}$

2、离子的水化半径与水化度——一般情况下，对于化合价相同的离子而言，离子半径增大使单位面积的电荷密度减小，对极性水分子的吸引力减弱，水合半径减小，其交换能力较强。

3、离子浓度

#### ②土壤质地——质地越粘的土壤，一般CEC也越大。

土壤CEC也是土壤分类的重要参考指标。一般认为CEC小于10cmol/kg的土壤保肥力较低；10~20cmol/kg之间的土壤保肥力中等；大于20cmol/kg的土壤保肥力高

③土壤pH值——随着土壤pH值的升高，土壤可变电荷增加，土壤阳离子交换量增大

## 土壤酸性的来源

①水的解离  $H_2O <---> H^{+} + OH^{-}$

②碳酸解离  $CO_2 + H_2O <---> H_2CO_3 <---> H^{+} + HCO_3^{-}$

③有机酸的解离如草酸、柠檬酸、胡敏酸、富非酸

有机酸  $<---> H^{+} + R-COO^{-}$

#### ④土壤中铝的活化与交换性 $Al^{3+}$ 和 $H^{+}$ 解离

土壤胶体吸附的  $H^{+}$  饱和度增加  $\rightarrow$  破坏胶粒的晶体结构  $\rightarrow$  铝氧八面体被解体  $\rightarrow$  铝离子变为活性铝离子  $\rightarrow$  交换性铝离子  $\rightarrow$  铝离子水解，产生强酸  $Al^{3+} + 3H_2O <---> Al(OH)_3 + 3H^{+}$

## 土壤碱性的形成机理

### ①碳酸钙水解

土壤空气中  $CO_2$  分压控制

$CaCO_3 + H_2O <---> Ca^{2+} + HCO_3^{-} + OH^{-}$

$CO_2 + H_2O <---> HCO_3^{-} + H^{+}$

### ②碳酸钠的水解

碳酸钠（苏打）在水中能发生碱性水解，使土壤呈强碱性反应。

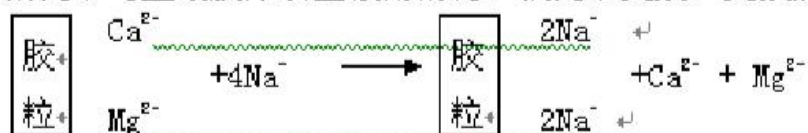
碳酸钠来源： $NaHCO_3$ 、 $NaSiO_3 + H_2CO_3$ 、 $CaCO_3 + NaCl/Na_2SO_4$

### ③交换性钠的水解

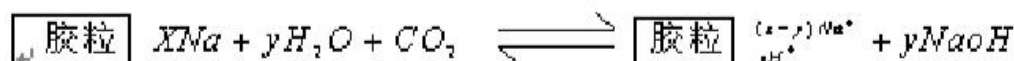
交换性钠水解呈强碱性反应，是碱化土的重要特征。



①有足够数量的钠离子与土壤胶体表面吸附的钙、镁离子交换。交换反应为：



②土壤胶体上交换性钠解吸并产生苏打盐类。



土壤中的主要氧化还原体系

体 系	$E_0(\text{V})$		$\text{Pe}^0 = \lg K$
	$\text{pH}=0$	$\text{pH}=7$	
氧体系 $\frac{1}{4}\text{O}_2 + \text{H}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	1.23	0.84	20.8
锰体系 $\frac{1}{2}\text{MnO}_2 + 2\text{H}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{Mn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	1.23	0.40	20.8
铁体系 $\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ + e \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	1.06	-0.16	17.9
氮体系 $\frac{1}{2}\text{NO}_3^- + \text{H}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{NO}_2^- + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ $\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8e \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	0.85	0.54	14.1
	0.88	0.36	14.9
硫体系 $\frac{1}{8}\text{SO}_4^{2-} + \frac{5}{4}\text{H}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{8}\text{H}_2\text{S} + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$	0.30	-0.21	5.1
有机硫体系 $\frac{1}{8}\text{CO}_2 + \text{H}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{8}\text{CH}_4 + \frac{1}{4}\text{H}_2\text{O}$	0.17	-0.24	2.9
氢体系 $\text{H}^+ + e \rightleftharpoons \frac{1}{2}\text{H}_2$	0	-0.41	0

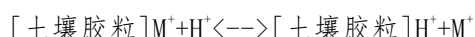
土壤酸碱缓冲的机理

土壤对酸、碱物质的缓冲作用机制主要有土壤溶液中的弱酸及其弱酸盐缓冲作用和土壤胶体固液界面上的离子交换机制。

1、土壤溶液中的弱酸（如碳酸、硅酸、磷酸、腐殖酸和许多有机酸）及其盐类缓冲作用



2、阳离子交换的缓冲机制



（M 代表盐基离子，主要是  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$  等）

土壤产生缓冲作用的主要机制。土壤阳离子交换量愈大，缓冲能力愈大。对两种阳离子交换量相同的土壤，则盐基饱和度愈大的土壤，对酸的缓冲性愈强。

3、活性铝离子的缓冲作用

4、两性胶体的缓冲作用

## 第四章

土壤微生物的主要功能

分解有机物质，释放营养元素

土壤腐殖质的合成及土壤团聚体形成

生物固氮，增加土壤氮含量在 N、P、S 等元素的转化中起主导作用

刺激植物生长

土传病害的防除

土壤有机污染物的解除

## 土壤中细菌、放线菌和真菌的主要特点

### 细菌：

数量：数量大，占土壤微生物总量的 70%-90%，具有个体小、比表面积大、代谢强、繁殖快的特点。每克有几亿到 30 亿个，10g 肥沃土壤的细菌总数相当于全球人口的总数

种类：单细胞原核生物，不具备真正的细胞核和膜包裹的细胞器。杆菌为主，其次为球菌，有的为螺旋菌

营养型：大部分腐生型

影响细菌生长的条件：湿度；有机物质（细菌数量——根际：非根际=10：1）；温度和 pH 值（最适 20-40℃，pH 值 6.0-8.0）。

### 放线菌：

分布：肥沃土壤比瘠薄土壤多，农田土壤比森林土壤多

种类：属于原核生物，链霉菌属为主，其次为诺卡氏菌属，小单胞菌属

营养型：大部分好氧腐生型，少数是寄生菌，有的还可以和植物共生，固定大气氮

放线菌生长的较好条件：中性、偏碱性；通气良好

### 真菌：

数量：森林土壤和酸性土壤中，往往真菌占优势或起主要作用；多数土壤中总生物量和生物活性占优势

种类：种类繁多，分布最广的为霉菌（青霉属、曲霉属、镰刀菌属、木霉属、毛霉属、根霉属）；酵母；伞菌

影响真菌生长的条件：霉菌在酸性土壤中较多；酵母在淹水及厌气环境中；伞菌主要分布在湿润、富含有机物质的森林和草场土壤中。

## 土壤动物的作用

### 原生动物的作用

捕食细菌和其它微生物，调节土壤中细菌的数量；

增进某些土壤生物的活性；

摄取可溶性有机和无机物，吞食有机微粒物质。参与土壤中有机残体的分解，促进营养元素的转化和能量传递。

### 线虫作用

线虫是土壤后生动物中最多的种类，每平方米可达几百万个，许多种寄生于高等植物和动物体上，常常引起多种植物根部的线虫病。

食真菌线虫在取食真菌原生质体过程中，可将空菌丝 细胞壁中的养分释放出来。秸秆翻压耕作土壤中的线虫群体一般较高，可达秸秆覆盖免耕土壤的 2~3 倍。

线虫影响秸秆分解和养分释放的方式主要有：

- 1) 机械破碎作用；
- 2) 适度取食刺激微生物活动；
- 3) 传播真菌和细菌的繁殖体；

4) 选择取食改变微生物群体的组成

## 蚯蚓的类型、对土壤肥力的影响及其生长条件

### 蚯蚓的生态类型

表居型

上食下居型

土居型

### 对肥力的影响：

土层混合作用

促进土壤有机物质分解

活化和富集土壤养分

改善土壤物理性质

### 生长条件：

潮湿但排水通气良好；

耐酸，最适 pH 5.5-8.5；

最适土壤温度 10-25℃；

免耕、少耕，增施有机肥、秸秆还田或覆盖有利于农田中蚯蚓种群增大；

较少的天敌，如鼯鼠、老鼠、蜈蚣和某些螨

## 土壤生物对土壤和植物的作用

咀嚼、破碎植物残体矿化养分

搬运植物残体，混合土壤有机质

控制病原菌的数量

提高和维持土壤结构

在肠道内提供微生物特殊的生存环境，加速有机物质的分解。

## 植物残体与土壤有机质的组成区别

土壤有机物存在状态分为三部分

(1) 新鲜的有机物质

保持原来生物体解剖学特征的动植物残体

(2) 半腐解的有机物质

失去解剖学特征，多为暗褐色碎屑和小块，如泥炭（草炭）

(3) 腐殖质

一类特殊的有机化合物

## 影响含氮有机质转化的因素

条件：酸碱度,湿度，土壤水分含量占田间持水量的比例、通气性，温度，C/N 比、土壤肥力水平；

## 土壤氮素的来源和形态

### 来源：

(一) 生物固氮作用

共生固氮菌: 75-150kg/ha

自生固氮菌: 7.5-45kg/ha

联合固氮菌

(二) 大气降水及雷电现象: 1.5——10.5kg N/ha/1000mm

(三) 由灌溉水带入土壤中的氮——有时高达 10mgkg<sup>-1</sup>, 群众称为“肥水”

(四) 人为施用肥料: 2200 万吨/ha

#### 形态:

(一) 无机态氮——很少, 全氮的 1.0-2.0%

(二) 有机态氮——一般约占全氮量的 95% 以上

(三) 气态氮——土壤空气中, 一般不计算在土壤氮素内

### 土壤氮素的转化过程及其影响因素

#### (一) 有机氮的氨化作用

##### 水解作用、氨基化作用

把复杂的含氮有机物质经过微生物酶的一系列作用逐级水解(降解)成简单的含氨基的有机化合物

##### 氨化作用

在微生物的作用下, 把水解所形成的各种简单氨基酸进一步分解成氨, 故称为氨化作用(或称脱氨基作用)。条件: 中性, 田持的 60%, 通气良好, 20-35℃, C/N<20: 1

##### 硝化作用

氨在亚硝酸细菌作用下氧化为亚硝酸, 再经硝化细菌氧化成硝酸。条件: pH6.6-8.0, 田持的 50%—70%, 通气良好, 30-35℃, SOM 高, C/N<20: 1

#### (二) 铵态氮的晶穴固定作用

指铵离子(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)陷入 2: 1 型粘粒矿物晶架表面的孔穴内, 暂时失去了生物有效性, 转为固定态铵的过程。这种固定作用主要存在于蒙脱石, 伊利石和蛭石为主的土壤中。

#### (三) 无机态氮的生物固定

矿化作用生成的铵态氮、硝态氮和一些简单的氨基态氮(NH<sub>2</sub>), 通过微生物和植物吸收同化, 成为生物有机体的组成部分, 称为无机氮的生物固定。

#### (四) 土壤氮的损失

##### 1) 硝酸盐的淋失

##### 2) 反硝化作用

硝酸根在反硝化微生物作用下还原为氮气、氧化亚氮或氧化氮的过程。条件: 在亚硝酸细菌作用下氧化为亚硝酸, 再经硝化细菌氧化成硝酸。条件: 厌气, pH 值较高, C/N 比较大



##### 3) 氨挥发

##### 4) 化学脱氮作用

是指土壤中的含氮化合物通过纯化学反应生成气态 N 的过程。

(1) 铵态氮与亚硝态氮同时大量并存于土壤溶液中, 生成亚硝酸铵(NH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), 易产生双分解反应。如:  $NH_4NO_2 \rightarrow 2H_2O + N_2 \uparrow + 3006.12kJ$

---在高温、干旱及 pH5~6.5 较酸的土壤环境

(2) 亚硝酸与阿尔法氨基化合物之间互为氧化还原产生范德莱克作用, 如:



在很酸的环境下才有可能发生, 这种反应的机会甚微。

(3) 亚硝酸分解亚硝酸态氮(HNO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 在酸性土壤中很不稳定, 而发生自动分解作用。

如： $3\text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2\text{O} \uparrow$ ，产生的  $\text{N}_2\text{O}$  大部分能被土壤吸附，或被氧化成  $\text{NO}^-$ ，最后生成  $\text{NO}^-$ 。

## 土壤磷素的形态

### （一）土壤中的有机磷化合物(简称有机磷)

一般耕作土壤中，有机磷含量约占全磷量的 25%~56%。

- 1、植素类
- 2、核酸类
- 3、磷脂类
- 4、不清楚的有机态磷

### （二）土壤中的无机磷化合物(简称无机磷)

多为正磷酸盐存在。其数量占土壤中全磷量的  $\frac{2}{3} \sim \frac{3}{4}$  以上。按其溶解度可分两大类：

#### 1. 难溶性磷酸盐

1) 磷酸钙(镁)类化合物(以  $\text{Ca-P}$  表示)

石灰性或钙质土壤中磷酸盐的主要形态。

2) 磷酸铁和磷酸铝化合物(以  $\text{Fe-P}$ ， $\text{Al-P}$  表示) 在酸性土壤中常见

3) 闭蓄态磷(以  $\text{O-P}$  表示)

在酸性土壤中，这种磷是由于氧化铁或氢氧化铁胶膜包被的磷酸盐，比例很大，在石灰性土壤中钙质的不溶性化合物。

4) 磷酸铁铝和碱金属、碱土金属复合而成的磷酸盐

由化学磷肥作用于土壤成分后转化而成的，对植物的营养作用不大。

一般分布有以下规律。在风化程度较高的南方砖红壤、红壤中，以  $\text{O-P}$  占的比重最大，最高可达 90% 以上，其次是  $\text{Fe-P}$ ， $\text{Al-P}$  和  $\text{Ca-P}$  很少。在风化程度较低的北方石灰性土壤中， $\text{Ca-P}$  所占比例大，约在 60% 以上，其次是  $\text{O-P}$ ， $\text{Al-P}$  和  $\text{Fe-P}$  极少。

#### 2. 易溶性磷酸盐 占总磷量的 10-15%

水溶性磷酸盐——一价磷酸的盐类，为速效态，易被植物吸收。

弱酸溶性磷酸盐( $\text{CaHPO}_4$ )多存在于中性至弱酸性土壤环境中，属于有效态磷酸盐，只不过它不如水溶性磷酸盐的有效程度高。

它们在土壤存在的数量一般很少

## 土壤中磷的转化，重点是化学固定

### （一）磷酸盐的有效化过程

土壤中的有机态磷和难溶性磷酸盐，在一定条件下，转化成植物吸收利用的水溶性的一价磷酸( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )或弱酸溶性的二价磷酸( $\text{HPO}_4^{2-}$ )的过程，称为磷的有效化过程，也就是磷的释放过程。

1、有机磷化合物的分解作用

经过磷细菌的作用，逐步水解释放出磷酸

2、无机磷酸盐的有效化过程

由无机态难溶性的磷酸盐转化为易溶性磷酸盐的过程。

北方石灰性土壤中难溶性磷酸盐如磷灰石与土壤中存在的各种有机酸、无机酸作用，逐渐脱钙转化为易溶性磷酸盐类。

南方酸性土壤中难溶性的磷酸盐主要是  $\text{O-P}$ 、 $\text{Fe-P}$  及  $\text{Al-P}$ ，转化为有效磷的难度较大

### （二）磷酸盐的无效化过程——化学固定

易溶性或速效态磷酸盐转化为难溶性磷酸盐的过程,叫做磷的化学固定。土壤中磷的固定作用十分普遍,这是磷肥利用率低的主要原因。

#### 1、在强酸性条件下 (pH 5.5)

在强酸性土壤环境中,由于土壤中游离铁铝数量多,形成粉红磷酸铁。另外,土壤中存在的无定形胶体  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , 可以在粉红磷铁矿的表面形成  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶膜,将  $\text{Fe}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{PO}_4$  包被于其内,形成闭蓄态磷酸盐,使其更加无效。

#### 2、在弱酸性条件下 (pH 5.5~6.5)

$\text{H}_2\text{PO}_4^-$  与土壤矿物质表面上的  $\text{OH}^-$  进行交换,使水溶性磷酸固定于土壤固相表面或胶体表面。

#### 3、在中性条件下 (pH 6.5~7.5)

土壤胶体通过其表面的交换性阳离子将  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  及其伴随阳离子同时吸附过来

#### 4、在碱性条件下 (pH 7.5)

土壤中有大量的  $\text{Ca}^{2+}$ , 它和溶液中的  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  进行化学反应,

磷酸二钙——磷酸三钙——磷酸八钙、磷酸十钙和羟基磷灰石等,其溶解度变得更小。

### 土壤中钾的形态

从植物营养角度则可分为速效性钾(含水溶性 K 和交换性 K)、缓效钾和矿物钾。

(一)水溶性钾——存在于土壤水溶液中的 K 离子,是植物钾素营养的直接来源。一般情况下,土壤溶液中的 K 在  $0.2 \sim 10 \text{ mmol L}^{-1}$  范围内

(二)交换态钾——土壤胶体表面所吸附的钾,土壤交换性 K 占全 K 的  $0.1\% \sim 2\%$ ,是土壤速效 K 的主体。

(三)非交换态钾——也称缓效态 K,是存在于层状硅酸盐矿物层间和颗粒边缘上的 K,数量约占土壤全 K 的  $2 \sim 8\%$ 。

(四)原生矿物中的钾——存在于原生矿物或次生矿物结晶构造中的 K。矿物 K 约占土壤全 K 量的  $90\% \sim 98\%$ 。

含 K 矿物风化的容易程度依次为:黑云母(三八面体云母) > 白云母(二八面体云母) > 正长石 > 微斜长石。

### 土壤中钾的转化及其影响因素

#### (一)土壤钾的释放

影响因素:速效性钾含量;一些细菌、微生物;无机酸有机酸(书上看的)

#### (二)土壤钾的固定

钾的固定作用是指速效性钾转化成缓效性钾的过程。

影响土壤固钾的因素:

1、粘粒矿物类型——粘粒矿物固钾能力排列顺序为  $2:1$  型 >  $1:1$  型 > 水化氧化物  $\text{R}_2\text{O}_3$  型。其固钾能力顺序为:蛭石 > 拜来石 > 伊利石 > 蒙脱石 > 高岭石 > 水化氧化物  $\text{R}_2\text{O}_3$ 。此外,水铝英石、沸石和风化长石的表面也能固定少量的钾。

2、土壤水分条件——土壤干湿交替可导致固定态钾增多。

3、土壤酸碱度——土壤 pH 降低或用酸处理土壤后,其固钾能力大大降低。

4、铵离子的影响——施铵态氮肥可使固钾量显著减少

### 土壤中钾调节的途径

钾的转化和固定?这个书上没有明确说

## 第八章

### 土壤肥力:(土壤肥力是土壤 Th 产力的基础,但不是全部。)

土壤能经常适时适量地供给并协调植物 Th 长发育所需要的水分、养分、空气、温度、支撑条件和有无毒害物质的能力。

四大肥力因子：水、肥、气，热      营养因素：水分、养分  
环境因素：温度、空气、水分      物质基础：水分、养分、空气      能量基础：热量  
自然肥力、人工肥力、有效肥力或经济肥力、潜在肥力

土壤肥力评价

土壤营养(化学)指标	土壤物理性状指标	土壤生物学指标	土壤环境指标
1.全氮 2.全磷 3.全钾 4.碱解氮 5.有效磷 6.有效钾 7.阳离子交换量 8.碳氮比	1.质地 2.容重 3.水稳性团聚体 4.孔隙度（总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度） 5.土壤耕层温度变幅 6.土层厚度 7.土壤含水量 8.粘粒含量	1.有机质 2.腐殖酸（富里酸、胡敏酸） 3.微生物态碳 4.微生物态氮 5.土壤酶活性（脲酶、蛋白酶、过氧化氢酶、转化酶、磷酸酶等）	1.土壤pH 2.地下水深度 3.坡度 4.林网化水平 5.气候 6.地形地貌 7.水文地质 8.土壤管理。

方法：  
因子分析法、聚类分析法、判别分析法、主分量分析法（主成分分析法、主因素分析法）、因子加权综合法等。

土壤耕性：  
指在耕作过程中土壤各种性质的综合反映及在耕作后土壤外在形态的表现。它包括以下三个方面：耕作难易程度；耕作质量好坏；土壤宜耕期长短

方法：  
施用有机肥料，改变土壤的结持性（慢而持久）；  
改良土壤质地，主要是掺砂改粘（快而成本高）；  
培育良好的土壤结构（慢而持久）。  
提高耕作技术，适时耕作。（快而但不持久）

土壤质地和结构改良  
农业生产性状及内容

农业生产性状是指土壤质地的差异在农业生产中的反应

- 1、土壤的肥力性状  
作物在生长过程中，土壤的水、肥、气、热、扎根条件以及有无产生毒害 物质的协调程度。
- 2、耕作性状  
耕作时的难易程度、阻力大小、耕作质量好坏以及宜耕期的长短等。
- 3、作物反应  
出苗难易、快慢、整齐度、早发苗或晚发苗以及成熟早晚等。

团粒结构的作用  
主要为对土壤肥力的调节作用

- 1、能调节土壤水分与空气的矛盾
- 2、能协调土壤养分的消耗和积累的矛盾
- 3、稳定土温，调节土壤热状况
- 4、改善土壤耕性和有利于作物根系伸展

改良措施

- 1、客土法：掺砂掺粘，客土调剂。  
引洪漫淤或引洪漫砂。“一年洪水三年肥” 漫砂畦口开低，漫淤畦口抬高
- 2、深耕、深翻、人造塌

翻淤压砂或翻砂压淤。

人造埭：可以是粘土，也可以是薄膜如沙地水稻种植

3、增施有机肥，改良土性。

4、种树种草，培肥改土。

5、因土制宜，加强土壤管理。

### 土壤水气热调控

水分调控是中心

**调控措施：**

1、灌溉排水，调节土壤水分含量

2、翻耕松土，改良土壤结构

3、通过各种耕作手段来调节土壤通性

——对旱作土壤，有中耕松土，深耙勤锄，打破土表结壳，疏松耕层等措施。

——对于水田土壤，可通过落水晒田、晒垡，搁田及合理的下渗速率等措施。

4、广泛采用如塑料地膜、温室栽培、阳畦、遮阴、风障、

镇压等多种措施来调控土温，以利提早播种，提高土温，充分利用日光能，增加蔬菜产量，提高经济效益。

5、喷洒土面保墒增温剂（土面增温剂）

### 土传病害

**病害防治措施**

农业措施——抗病品种；合理轮作换茬；深翻；堆沤。

物理措施——蒸汽消毒、灭菌；夏季高温闷棚消毒。

化学防治——化学药品土壤消毒；调节 pH 等。

生物防治——生物肥料等增加有益微生物

**连作障碍的原因及措施**

（亚麻、大豆、甜菜、西瓜等、设施蔬菜）

**五大原因：**养分亏缺；土壤反应异常；物理性状恶化；来自植物的有害物质；病原微生物增加。

**防治措施：**轮作；培肥改土；种子包衣；农艺措施等。

### 土壤酸碱性的调节

石灰和石膏施用量的计算

**石灰需用量的计算（酸性调节）：**

石灰需要量=土壤体积×容重×潜在酸量×摩尔质量

石灰需要量=土壤体积×容重×CEC×(1-盐基饱和度)×摩尔质量

！注意单位，注意等当量

Eg: 假设某红壤的 pH 为 5.0, 耕层土壤为 2250000 公斤/公顷，土壤含水量为 20%，阳离子交换量为 10cmol/kg 土, 盐基饱和度为 60%, 试计算达到 pH=7 时, 中和活性酸和潜性酸的石灰需要量(理论值)。

**中和活性酸** pH=5 时, 土壤溶液中  $[H^+] = 10^{-5} \text{ mol/L}$  土, 则每公顷耕层土壤含  $H^+$  离子为

$$2250000 \times 20\% \times 10^{-5} = 4.5 \text{ mol } H^+ / \text{公顷}$$

同理: pH=7 时, 每公顷土壤中含  $H^+$  离子为

$$2250000 \times 20\% \times 10^{-7} = 0.045 \text{ mol } H^+ / \text{公顷}$$

所以需要中和活性酸量为  $4.5 - 0.045 = 4.455 \text{ mol } H^+ / \text{公顷}$

若以  $CaO$  中和: 其需要量  $4.455 / 2 \times 56 = 127.74 \text{ 克}$

**中和潜性酸:**  $2250000 \times 10 / 100 \times (1 - 0.6) = 90000 \text{ mol } H^+ / \text{公顷}$

$$90000 / 2 \times 56 = 2520000 \text{ 克} = 2520 \text{ 公斤} / \text{公顷}$$

**石膏需用量的计算（碱性调节）：**

钠碱化度（ESP）的临界指标一般为 10，即认为 ESP 小于 10 的土壤可不发生明显不良作用。石膏用量 R 可按下式计算：

$$R = [(ESP_{\text{初}} - ESP_{\text{末}}) / 100] \times CEC$$



Eg: 某土壤以 20cm 土层厚度, 容重为 1.3 计算。初始的 ESP 为 35%, CEC 为 25cmol/kg。每公顷需用石膏为 t?

天然生石膏  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  [172] 建筑熟石膏  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$  [145]

$$R = [(35 - 10) / 100] \times 25 = 6.25 \text{ cmol/kg}$$

$$0.2 \times 10000 \times 10^6 \times 1.3 \times 10^{-3} \times 0.0625 \times 172 / 2 \times 10^{-3}$$

$$= 13975 \text{ kg/hm}^2 = 14 \text{ t/hm}^2$$

## 土壤有机质的管理

有机质的作用:

土壤肥力上:

(一) 提供植物需要的养分

直接提供、间接作用

(二) 改善土壤性质

### 1、物理性质

在土壤团聚体的形成过程和稳定性方面起着重要作用。改善土壤结构, 使土壤的透水性、蓄水性、通气性以及根系的生长环境有所改善。

腐殖物质具有巨大的比表面积和亲水基团, 吸水量是粘土矿物的 5 倍, 能改善土壤有效持水量, 使得更多的水能为作物所利用。

颜色与热性质: 由于腐殖质是一种深色的物质, 深色土壤吸热快, 在同样日照条件下, 其土温相对较高。

### 2、化学性质

土壤中养料含量与保肥能力

在酸性土壤中, 有机质通过与单体铝的复合, 降低土壤交换性铝的含量, 从而减轻铝的毒害。

养分的有效性: 如增加土壤中磷的有效性和提高磷肥的利用率、增加土壤微量元素的有效性。

提高土壤腐殖物质含量, 就增强土壤对酸碱度变化的缓冲性能。

### 3、生物性质

含有机质多的土壤, 肥力平稳而持久, 不易产生作物猛发或脱肥现象。

蚯蚓通过掘洞、消化有机质、排泄粪便等直接改变土壤微生物和植物的生存环境。

通过刺激微生物和动物的活动还能增加土壤酶的活性, 从而直接影响土壤养分转化的生物化学过程。

腐殖酸被证明是一类生理活性物质, 它能加速种子发芽, 增强根系活力, 促进作物生长。对土壤微生物而言, 腐殖酸也是一种促进其生长发育的生理活性物质。

生态环境上:

(一) 有机质与重金属离子的作用

土壤腐殖物质含有多种功能基, 这些功能基对重金属离子有较强络合和富集能力。

腐殖酸对无机矿物也有一定的溶解作用。

(二) 有机物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

可溶性腐殖物质能增加农药从土壤向地下水的迁移

腐殖物质还能作为还原剂而改变农药的结构、活性

### 提高的原则和途径

原则: 生态平衡原则、经济原则

超量施用有机肥或其他大量的有机物质是不现实的, 也是不经济的。

途径:

1、施用有机肥

2、种植绿肥

华北——休闲绿肥; 粮肥间套。如草木樨, 田菁

南方——水稻- 紫云英轮作

原则: 因地制宜, 充分用地, 积极养地, 养用结合, 兼顾经济效益

3、秸秆还田

- 4、施用河泥、塘泥、垃圾肥、废渣、废液等
- 5、旱地改成水田、免耕
- 6、调节土壤温度、湿度、通气状况

## 土壤养分状况调控

### 必需营养元素

高等植物所必需的营养元素，16种：

大量营养元素(0.1%以上者):碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、硫、镁，共9种

微量营养元素(0.1%以下):铁、硼、锰、铜、钼、锌和氯共7种。

必需的、不能代替的、直接参与植物体的新陈代谢，起直接营养作用

### 养分调节措施

#### (一) 调节土壤供肥性和有效性

增施肥；耕作和灌溉；酸碱性；氧化还原；质地等。

#### (二) 合理施肥(平衡施肥)

肥料种类、量、配比、时期、方法和位置。

## 第九章

### 土壤质量

**概念：**土壤在生态系统界面内维持生产，保障环境质量，促进动物与人类健康行为的能力

**评价指标：**物理、化学、生物

### 土壤退化

**概念：**指因自然环境不利因素和人为利用不当所引起的土壤肥力下降、植物生长环境条件恶化和土壤生产力减退的过程。主要表现数量减少和质量降低。

### 我国土壤的退化

#### 现状：

- (一) 土壤退化的面积广、强度大和类型复杂
- (二) 发展快、影响巨大

**原因：**自然因素是基础和潜在因子，人类活动是诱发因子和主要因子。

- 1、人地因素十分尖锐
- 2、生态脆弱区范围大
- 3、对土地掠夺式经营
- 4、水资源短缺

### 退化的主要类型与防治

**沙化：**因风蚀、土壤颗粒物丧失或外来沙粒覆盖原有土壤表层，造成土壤质地变粗的过程

**荒漠化：**在气候变化和人类活动等各种因素作用下，干旱、半干旱和亚湿润地区的土壤退化

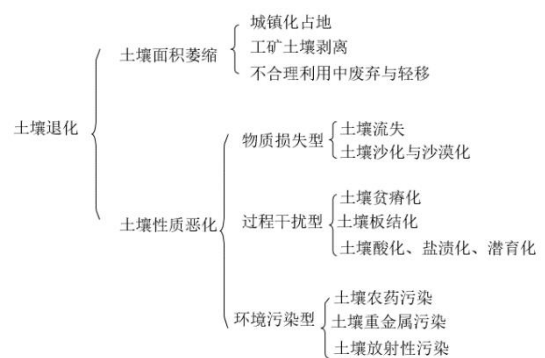
**沙漠化：**荒漠化的一种，在极端干旱、干旱、半干旱和部分半湿润地区的沙质地表条件下，由于自然因素或人为活动的印象，破坏了自然脆弱的生态系统平衡，出现了以风沙活动为主要标志，并逐步形成风蚀风积地貌景观的土地退化过程，也称沙质荒漠化

#### 影响土地沙漠化的因素

自然因素——主要与气候干燥程度、植物疏密状况和风蚀强弱等 生物气候特征有关，此外与地形、地貌特点及地面物质来源也有密切关系。

人为活动——土壤沙化的主导因子 干旱化、不合理的放牧、采樵和开垦

#### 防治原则及方法



### 原则：

统一规划、防治并重、治用结合、综合治理、注重效益。

以防为主，加强法制建设，增强环保意识，同时应积极采取各种治沙措施。

### 主要防沙治沙技术：

- 1、**“五带一体”的防沙治沙技术**——建立封沙育草带、前沿阻沙带、草障植物带、灌溉造林带、固沙防火带。
- 2、**活沙障技术**——用植物成活和生长形成植被，较为长期的固定和改造流沙
- 3、**机械固沙技术**。采用各种形式的障碍物来加固沙表和削弱沙丘近地表层风力
- 4、**化学固沙技术**。主要采用各种胶结物增加沙粒之间的胶结力来防止风蚀，以加固沙表的方法来达到固定流沙的目的。
- 5、**引水拉沙技术**。主要是利用水流冲拉沙丘
- 6、**建设小型水利设施**

### 土壤侵蚀

#### 概念：

土壤或其他地面组成物质在外营力作用下，剥蚀、破坏、分散、分离、搬运和沉积的过程。

**类型：**水力、重力、风力、冻融、冰川、生物、混合（多种营力作用下的侵蚀）

**土壤侵蚀强度：**单位面积上土壤流失量的大小（区别于土壤侵蚀程度）

**土壤侵蚀模数：**即每年每平方公里范围内的土壤侵蚀量（吨数）。其单位用吨/平方公里·年，或用每年侵蚀掉的土层厚度（毫米）表示。

#### 侵蚀状况：

水蚀主要分布在山区、丘陵区；（西北黄土高原、南方丘陵地区、北方土石山区、东北黑土区）

风蚀主要分布在长城以北，东南沿海地区；

冻融侵蚀主要分布在高寒地区。

#### 危害：

- 1、人类赖以生存的土壤大量流失。
- 2、土壤侵蚀给人们带来日益恶化的生态环境和贫困。
- 3、江河防洪能力降低，水库效益衰减。
- 4、土壤侵蚀使河道淤塞影响航运，随同泥沙携带的农药和化肥中的污染物质，影响水质以至鱼类等水生生物的生存。水土流失与土地沙漠化的发展还会激发自然灾害的发生频率，或加重灾情。

#### 控制：

（一）进行土壤侵蚀监测与预报

（二）标本兼顾、综合治理

- 1、无明显土壤侵蚀地区在利用中应加强保护。
- 2、轻度和中度土壤侵蚀区在保护中利用。
- 3、在土壤侵蚀严重地区应先保护后利用。
- 4、选择适宜的管理措施，包括作物的种植安排和耕作施肥、作物品种的搭配、轮套种方式，

### 土壤盐渍化：

指易溶性盐在土壤表层积累的现象或过程。土壤盐渍化过程分为盐化和碱化两个过程。主要发生在干旱、半干旱和半湿润地区。

**类型：**现代盐渍化；残余盐渍化；潜在盐渍化

#### 成因：

- 1、**气候**。除海滨地区以外，盐渍土分布区的气候多为干旱、半干旱和半湿润气候，这些地区的降水量小于蒸发量。
- 2、**地形**。盐渍土所处地形多为低平地、内陆盆地、局部洼地及沿海地区。但从小地形看，积盐中心则是积水区的边缘或局部高处。
- 3、**水文地质**。盐渍土中的盐分主要来源于地下水。地下水埋越浅和矿化度越高，土壤积盐就越强。
- 4、**母质**。母质对盐渍土形成的影响，主要决定于母质本身的含盐程度。

- 5、**生物**。干旱地区深根性或耐盐植物从土层深处及地下水吸取大量的水溶性盐，吸收积聚的盐分可达植物干重的 20%~30%，甚至达 40%~50%，当植物死亡后，就把盐分留在土壤中，从而加速土壤的盐渍化。
- 6、**人类活动**。由于不合理的生产活动引起土壤盐渍化，称为次生盐渍化。主要发生在干旱或半干旱地带的灌区，因盲目引水漫灌，不注意排水措施，渠道渗漏，耕作管理粗放，无计划地种植水稻等，引起大面积的地下水位抬高到临界深度以上，从而使土壤产生积盐。

### 区分盐化和碱化

#### 盐化：

**盐化土壤**：当表层土壤中的可溶性盐类质量分数超过 0.1%时，便开始对作物生长有抑制作用，从而影响作物的产量，这样的土壤称为盐化土壤。

**盐土**：盐化过程形成的中性可溶盐类大量积累含量高到使作物不能生长的土壤。当总盐量超过 1%时，对作物危害极大，只有少数耐盐植物能生长，严重时会成为光板地。

#### 碱化：

**碱化土壤**：当表层土壤中含有较多的苏打 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 时，使土壤呈强碱性 ( $\text{pH}>9$ )，交换性钠离子占阳离子交换量的百分数称碱化度 (ESP 或纳饱和度)，超过 5%时称为碱化土壤。

**碱土**：当碱化度超过 15%时，便形成碱土。

### 土壤潜育化

土壤处于地下水饱和、过饱和水长期浸润状态下，在 1m 内的土体中某些层段  $\text{Eh}<200\text{mV}$ ，并出现 Fe、Mn 还原而生成灰色斑纹层，或腐泥层，或青泥层，或泥炭层的土壤形成过程。

**特点**：地下水位高，经常受水浸渍，土体被水饱和，处于缺氧还原状态。在土表至 50cm 深度范围内部分土层 ( $\geq 10\text{cm}$ ) 有潜育特征，呈  $\text{Ap}_1$  (耕作层)— $\text{Ap}_2$  (犁底层)—Br (水耕氧化还原层)—BG (斑纹潜育层)—G (潜育层) 或  $\text{Ap}_1$ — $\text{Ap}_2$ —BG—G 剖面构型。

其中潜育层 (或青泥层) 反映着潜育化发育的特征，指在潜水长期浸渍下土壤发生潜育化作用，高价铁锰化合物还原成低价铁锰化合物，颜色呈蓝绿色或青灰色的土层。

### 土壤次生潜育化

因耕作或灌溉等人为原因，土壤 (主要指水稻土) 从非潜育型转变为高潜育型的过程。常表现为 50cm 土体内出现青泥层。

我国南方有潜育化或次生潜育化稻田 400 多万  $\text{hm}^2$ ，约有一半为冷浸田。广泛分布于江湖、平原。如鄱阳平原、珠江三角洲平原、太湖流域、洪泽湖以东的里下河地区，以及江南丘陵地区的山间构造盆地、古海湾地区等。

### 潜育化土壤障碍

- ① **还原性物质较多** 由于渍水和地下水位高，排水不良，通气性差， $\text{Eh}$  值  $<200\text{mV}$ ，土壤中  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等还原性物质聚积，对水稻植株及根系有毒害作用，水稻生长慢，分蘖少，黑根多。
- ② **土性冷** 在早稻生产的 3~5 月间，潜育化稻田比非潜育化稻田的水温、土温分别低 3~8℃ 和 2~3℃，是稻田僵苗不发、迟熟低产的原因。
- ③ **养分有效性低** 土壤的生物活动较弱，有机物矿化作用受抑制，有机氮矿化率只有正常稻田的 50%~80%。土壤中磷、钾的有效性低。土壤中嫌气条件占优势，还原作用强，有较高的  $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  源。
- ④ **结构不良** 土壤耕作层一般较为深厚，除发育于花岗岩地区的土壤质地较粗之外，一般较为粘重，耕作层中  $<2\mu\text{m}$  粘粒可达 40g/kg，土粒分散，结构不良，由于部分土壤长期淹水，耕作层糊烂，犁底层发育不良。

### 防治

① **排水除渍** 潜育化土壤存在的主要问题是土壤中水多气少，嫌气还原性强烈作用，有毒物质多。可采取在稻田周围开沟，排灌分离、防治串灌的办法排除渍水，降低地下水位。

② **合理轮作** 改单 (连) 作为轮作，进行水旱轮作，把种禾本科作物和豆科或十字花科作物结合起来。如早稻—晚稻—油菜、早稻—晚稻—绿肥、早稻—蔬菜等。

③ **多种经营** 采取稻田—养殖系统，实行多种经营，如稻田—鱼塘、稻田—鸭—鱼系统，或者开辟为浅水藕、荸荠等经济作物田。

④**合理耕作** 在开沟排除积水和降低地下水位后，在冬季把耕作层犁翻晒白，并且要早耕早晒，晒白晒透。晒田后土块遇水即崩为最好。采取这一措施有利于土壤结构的形成，改善土壤通透性，促使还原物质氧化，减轻其毒性，促进土壤有机质的分解和养分转化。

⑤**合理施肥** 潜育化稻田氮肥的效益差，宜施磷、钾、硅肥以获增产。

### 土壤酸化

土壤变酸的过程。按其形成原因可分成两类，一是土壤形成过程本身，由其所处的特点或成土条件而形成酸性土壤；另一个主要是酸雨（酸性沉降物，pH 值小于 5.6 的雨、雪或其它形成的大气降水）导致土壤酸化。土壤环境科学中的酸化指的是后者。

#### 我国土壤酸化概况：

主要出现在长江以南地区，土壤 pH 等直线在 5~6 之间，东北地区东部也有部分土壤酸化现象，pH 在 6~7，与酸雨的分布区域大致相同。

#### 我国的酸雨分布区域：

主要在长江以南地区，酸雨呈以城市为核心的多中心分布，冬季降水酸度强而夏季降水酸度弱，我国的酸性降水主要以硫酸盐占优势。

#### 危害：

土壤酸化；促进活性铝的溶出；盐基离子大量淋失；

活化土壤有毒金属元素；降低土壤酶活性；阻碍作物生长

#### 酸雨的监测及其预防措施

- 1、采取有效措施控制 SO<sub>2</sub> 的排放是防止酸雨发展的根本对策
- 2、对已经酸化的土壤可以添加一定的土壤改良剂
- 3、加速城市绿化和恢复植被

### 土壤污染

人为活动将对人类本身和其它生命体有害的物质施加到土壤中，致使某种有害成份的含量明显高于土壤原有含量，而引起土壤环境恶化的现象。

#### 土壤环境容量

在一定环境单元和时段内，土壤生态系统进行物质循环过程中，在遵循环境质量标准，保证农产品产量和生物学质量基础上，土壤能容纳污染物的最大允许负荷量。

#### 土壤自净作用（缓冲性）

在环境容量内，当污染物进入土壤后，在土壤矿物质、有机质和土壤微生物的作用下，经过一系列物理、化学及生物化学反应过程，降低其浓度或改变其形态，从而消除污染物毒性。这种现象称土壤自净作用，自净作用对维持土壤生态平衡起重要的作用。

#### 土壤环境背景值

土壤环境背景值又称本底值，在理论上应该是土壤在自然成土过程中，构成土壤本身的化学元素的组成和含量，即未受人类活动影响的土壤本身的化学元素组成和含量，当化学元素含量超过环境背景值，表明土壤环境可能已受到污染。

#### 土壤污染的特点

- 1、隐蔽性和潜伏性
- 2、不可逆性和长期性
- 3、特殊性（主要是人为活动造成）
- 4、复杂性（与大气和水污染相互影响）

### 土壤污染源种类

按污染物进入土壤的途径所划分的土壤污染源，可分为：

污水灌溉；固体废弃物利用；农药；化肥；大气沉降物

根据污染物的属性，一般可分为：

有机物污染、无机物污染、生物污染和放射性物质污染等。

### 污染土壤的治理措施

### （一）重金属土壤污染

- 1、通过农田的水分调控，调节水田土壤 Eh 值；
- 2、施用石灰、有机物等改良剂。
- 3、客土、换土法。
- 4、生物修复法。（蚯蚓、老鼠、羊齿类/铁角蕨类植物 镉；百喜草 铝；蜈蚣草 砷）

### （二）化学肥料土壤污染

- 1、防止肥料流失和土壤侵蚀。
- 2、改进氮肥施用技术。
- 3、应用硝化抑制剂
- 4、合理灌溉排水，减少化肥流失。

### （三）农药土壤污染

对有机物、农药染污的土壤，除合理施用农药、采用病虫害综合防治，改进农药剂型等以预防为主的系列技术措施外，对污染土壤的治理应从加速土壤中农药的降解入手。

- ①增施有机肥料；
- ②调控土壤 pH 和 Eh；
- ③“无污染”农药的研究和生产；
- ④降低农药施用量与生物防治相结合；
- ⑤旱作改水田或水旱轮作，或施石灰提高 pH 以及多浇水增加土壤湿度

## 第十章

### 各种土壤资源的特点及管理策略

#### 农田土壤：

人工培肥过程加强，熟化程度提高

土壤中能量流和物质流转化与交换过程加快

土壤剖面层次中形成特殊的耕作层、犁底层和心土层

土壤质量的稳定性易发生变化

#### 园艺土壤：

复种指数高，病虫害多，易发生连作障碍。

土壤升温快，土壤空气交换弱。

土壤水分运动变缓，土壤物质移动速度慢。淋溶强度低。

土壤溶液浓度较高，易发生次生盐渍化。

肥力高，养分供应充足，土壤熟化度高。

**管理：**有机肥为主，化肥为辅；防盐害，换土；土壤消毒，防污染。

#### 草原土壤：

土壤资源丰富，类型多样

主要有黑土、黑钙土、栗钙土、棕钙土、灰钙土、草甸土、f t 地草甸土、草毡土、黑垆土等

土壤水热条件不协调，肥力差异较大且不稳定 土壤肥力水平从东到西，从南到北逐渐降低。

分布在温带、暖温带半干旱、半湿润和干旱气候区。

**管理：**坚持以牧为主，保护生态平衡，建立科学的放牧制度。

#### 森林土壤：

气候湿润，土壤水分条件好。

土壤表层有机营养丰富。

土壤偏酸性。

受动物影响大。

高产田：比当地平均产量高20%，土壤条件优良

中产田：相当与当地平均产量，没有障碍

低产田：比当地平均产量低20%，有障碍。

中低产田类型：（农业部有关标准NY/T310-1996）

- |         |        |
|---------|--------|
| ①干旱灌溉型  | ⑤渍涝排水型 |
| ②渍涝潜育型： | ⑥沙化耕地型 |
| ③盐碱耕地型  | ⑦障碍层次型 |
| ④坡地梯改型  | ⑧瘠薄培育型 |

**管理：**加强森林保护，加强地面掉落物保护，加强抚育管理。

**城市土壤：**

土壤肥力性状发生变化

微生物数量少，生物多样性下降，腐殖质减少，结构交叉，紧实度增加，肥力低。

土壤污染严重

土壤净化功能明显降低

**我国土壤资源的特点和问题**

**特点：**

国土面积大而耕地少

分布不均衡且优质土壤少

人均水平低且后备资源少

**问题：**

土地大量的“农转非”，耕地面积锐减。

土壤退化严重

土壤的过度利用与利用不足

**解决我国土壤资源问题的思路 and 措施**

**思路：**增加耕地面积，提高现有资源的利用率，实现可持续利用。

**措施：**

- 1、加强土壤资源意识教育
- 2、加强土壤资源科学利用规划
- 3、建立耕地占用补偿制度
- 4、制定土壤培肥保护质量法规
- 5、建立土壤资源保护制度

**Attention：**3 个特点，3 大问题，1 个思想