

土壤的物理性质与作物栽培的关系

土壤的物理性质是指土壤所具有的各种物理参数，例如硬度、耕作性、透水性、保水性、通气性、保肥力等。土壤的物理性质与作物根系的发育伸展和作物根系吸收养分，水分和氧气的的能力有密切的关系，是影响作物生长的非常重要的性质。土壤的物理性质在很大程度上是受到构成了土壤三相（固相、液相和气相）之间的平衡关系的影响。

本节主要讲述土壤的物理性质与作物栽培之间的关系。

一. 土壤三相

土壤是由土壤颗粒（固相）、土壤溶液（液相）和土壤空气（气相）这三相所构成的。

1. 土壤固相

土壤颗粒形成了土壤固相。土壤颗粒大致分为砾石状和砂状的原生矿物（由地壳表面岩石风化破碎形成）和细粉状的次生矿物（由原生矿物颗粒再经风化、变质作用形成）。原生矿物是岩石破碎后的碎片，其成分与母岩（原岩）几乎相同。次生矿物则是由原生矿物再经过风化和变质后分解产生的微细粘土矿物，在性质上可能会与母岩有显著的差异。

2. 土壤液相

土壤颗粒之间形成有许多孔隙。这些孔隙中充满了土壤溶液和土壤空气，形成了土壤液相和气相。作为土壤液相的土壤溶液，是溶解有各种无机盐类和微量可溶性有机物质的水溶液。土壤溶液中的无机盐种类和浓度因土壤中存在的无机盐的种类和数量以及有无施肥和施肥量的多少而有很大的差异，施肥过的土壤中土壤溶液的氮、磷和钾盐的浓度通常会比较高。另外，盐碱性土壤的溶液里含有高浓度钠盐和钙盐。

3. 土壤气相

土壤气相是指存在于土壤孔隙中的空气。土壤气相的主要成分是二氧化碳、氮气和水蒸气。因为作物根系的呼吸以及土壤微生物的活动，土壤气相中的氧气浓度要比大气中的低。

此外，许多微生物和小动物也生活在土壤孔隙中，参与土壤有机质的生成和分解。

二，与作物栽培有关的土壤物理性质的一些参数

土壤的物理性质几乎全由土壤固相、液相、气相之间的比例以及原生矿物和次生矿物（粘土矿物）的比例所决定。特别是形成土壤固相的原生矿物和次生矿物的比例对土壤物理性质影响最大。图 1 是有关土壤物理性质的主要参数以及对作物栽培的影响。

1. 土壤硬度

如果土壤坚硬，耕作效率就会降低，作物根系亦难以伸展发育，排水性也会变差。土壤硬度主要与土壤中次生矿物的粘土含量有关，粘土含量越高，干燥后土壤就会变得越坚硬。另外，

由于农业机械得到普及的原因，土壤也会因农业机械的多次碾压而变硬。

耕作的难易度（可耕性）与土壤硬度有密切的关联。坚硬的土壤难以耕耘，降低了耕作效率。此外，硬实的土壤会抑制种子发芽和幼苗新根的伸展，对大田作物的出苗率和早期生长有不良影响。对于作物生长来说，最理想的土壤是原生矿物和次生矿物保持在一个良好的平衡状态上，具有适当的硬度，既有利于根系生长，也有助于保持作物体的稳定。但是，土壤是经过大自然长年累月的影响而形成的，其硬度主要受到母岩的种类以及风化变质程度的影响，很难人为地对其进行改变。只能用掺和客土（别的土壤）的方法来进行一定的改善。

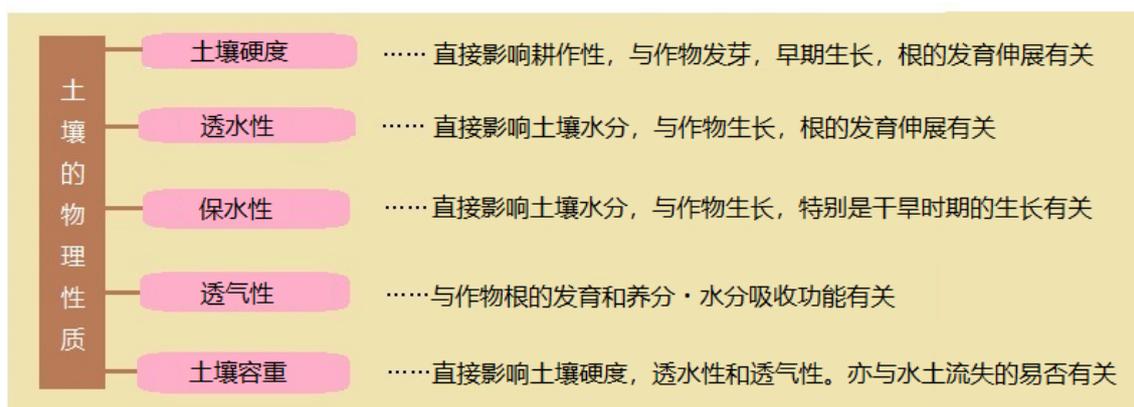


图 1. 土壤的物理性质与耕作和作物生长的关系

2、透水性和保水性

土壤的透水性和保水性主要与土壤中的粘土含量有关。粘土矿物含量越高，土壤的粘度越大，土壤中的孔隙就越小，水分通过孔隙渗透到地下的速度就越慢，表现为透水性不良。但是，由于土壤孔隙具有一定的毛细作用，可以保持较多的水分，所以粘土含量高的土壤其保水性能反而会较好。土壤的保水性还与地下水位的高度有关。土壤保水性与透水性为负相关的关系，好的土壤应该是透水性和保水性处于良好的平衡状态，可以在大雨时使多余的水分尽快地渗透到地下，在小雨时将水分尽量保留在土壤里，在干旱时通过毛细作用将地下水吸引到耕作土层供给作物根的吸收。

土壤的透水性和保水性容易受到人类活动的影响。例如农业机械的多次碾压，会压实耕作土层，使土层下面的底土变硬，透水性变差而导致排水不畅。压实了的土壤在干旱时亦妨碍地下水的上升。深耕可以破碎底土，既提高了透水性，改善排水，也使得地下水更容易因毛细作用而上升到耕作土层。

3. 透气性

土壤的透气性亦与土壤的原生矿物与次生矿物的比例有关，特别是与粘土矿物的含量和土壤团粒结构的数量有密切的关系。土壤的原生矿物比例较高，团粒结构多，则会存在较多的孔隙，容易通过空气，有利于与大气的交换，作物根系也容易通过这些孔隙向外和向下伸展。所以，透气性良好的土壤有助于作物根系的生长和伸展，增加根系的吸收养分和水分的能力。

力。但是，土壤的透气性和透水性呈正相关的关系。如果透气性过高，则透水性也高，保水性就会变差，不易保持土壤水分，容易出现旱情。

4. 土壤容重

土壤容重又被称为土壤容积的密度或土壤体积的重量，是指耕地土壤在自然状态下一定体积的干燥重量。土壤容重与土壤中的粘土含量，腐殖质含量，团粒结构有密切的关系。通常，含有大量腐殖质和火山灰的土壤其土壤容重偏轻，而含有大量粘土矿物的土壤其土壤容重则偏重。例如，富含腐殖质的疏松火山土的容重仅为粘土含量高达 55% 以上的重粘土的一半。此外，土壤孔隙多的土壤，液相和气相的比率高的土壤其土壤容重都会偏轻。

一般来说，土壤容重轻则土壤硬度低，土质疏松，容易耕作，透水性和透气性良好，适合种植农作物。然而，如果土壤容重太轻，则很容易被风吹跑（称为风蚀），在降雨时亦容易出现水土流失现象。

三、根据土壤的物理性质对土壤进行分类

土壤可以根据构成土壤固相的土壤颗粒大小及分布进行粗略的分类。通常，粒径在 2mm 以上的大颗粒称为砾石，粒径在 0.02~2mm 的小颗粒称为砂，它们都是母岩风化后形成的原生矿物。粒径为 0.2~20 μ 的颗粒称为粉砂和粗粘土，是原生矿物和次生矿物的混合物。粒径小于 0.2 μ 的颗粒被归为细粘土，属于原生矿物颗粒再经过风化变质生成的次生矿物。土壤可以根据这些不同粒径的颗粒的组成比例来进行分类。

1. 砾石土

风干土壤中粒径为 2 mm 以上的砾石含量达到 50% 以上，剩下的是粒径为 0.02~2mm 米的砂粒，不含粒径在 0.2 μ 以下的粘土矿物的土壤称之为砾石土。其中母岩破碎后未经受太多风化作用，仍保留有棱角状的砾石被称为角砾石。砾石土有种将粗糙的石子堆积在一起的感觉，完全感觉不到粘土的存在。砾石土的三相分布为固相 55% 以上，液相 0% 以上，气相 40-45%。砾石土的可耕性、保水性、保肥性极差，基本没有供给作物养分和水分的能力，不适合种植农作物。完全没有必要花费人力物力去改良这种土壤。

2. 砂土

风干土壤中粒径为 0.02~2mm 的砂含量达到 85% 以上，粒径为 0.2 μ 以下的粘土含量仅为 0~15%，其余是粒径为 0.2~20 μ 的粉砂和粗粘土的土壤称之为砂土。砂土触摸起来手感粗糙，几乎没有粘土的感觉。砂土的三相分布为固相约 50%、液相约 10%、气相约 40%，耕作性、透水性和透气性良好，但保水性、保肥力较低。砂土不适合种植水稻、小麦等多种作物，只适宜种植花生、西瓜等部分耐旱作物。在砂土上种植作物时，因保肥力低，肥料容易流失，所以肥料应少量多次施用。使用缓释性氮肥和可溶性磷肥有提高肥料利用率的作用。如果有条件的話，最好使用滴灌系统进行节水栽培。土壤改良的重点应放在使用沸石、膨润土等粘土矿物资材和腐植酸等来提高土壤的保水保肥能力。

3. 砂壤土

砂壤土的土性介于砂土和壤土之间。风干土壤中粒径为 0.02~2mm 的砂含量 65~85%，粒径为 0.2 μ 以下的粘土含量 12.5~25%，其余是粒径为 0.2~20 μ 的粉砂和粗粘土的土壤称为砂壤土。用手触摸砂壤土的感觉是粗糙的沙子，但带有一些滑润的粘土。虽然砂含量较高，但它本身并不是砂子，而是一种容易干燥的土壤。砂壤土的三相分布为固相约 45%、液相约 15%、气相约 40%。耕作性、透水性和透气性较好，但保水保肥能力较低。肥料要少量多次施用。适合种植多种农作物。可使用沸石、膨润土等粘土矿物质材和腐植酸、堆肥等来改良土壤，对提高土壤的保水保肥能力有较好的效果。

4. 壤土

壤土是位于砂土和重粘土之间的土壤。风干土壤中粒径为 0.02~2mm 的砂含量 40~65%，粒径为 0.2 μ 以下的粘土含量 25~37.5%，其余是粒径为 0.2~20 μ 之间的粉砂和粗粘土。壤土的手感是粗糙的砂子和滑润的粘土各占一半的感觉。壤土的三相分布为固相约 40%、液相约 20%和气相约 40%。它具有良好的透水性、保水性和透气性，以及较高的耕作性和保肥性，是最适合多种农作物生长的土壤。在作物栽培上，标准的施肥量和施肥时期通常都是按壤土来设计的。壤土无需特别进行改良，但需要通过施用堆肥和腐植酸等来增加土壤团粒结构，维持土壤肥力。

5. 粘土

风干土壤中粒径为 0.02~2mm 的砂含量 40~45%，粒径为 0.2 μ 以下的粘土含量 50%以上的土壤。粘土的手感是全都是滑润的粘土，几乎感觉不到沙粒，具有很大的塑性。用指尖揉捏时，可以将其搓成条状。粘土的三相分布为固相约 40%、液相约 30%、气相约 30%。粘土的保水性和保肥性好，但透水性、透气性较差，干燥后会结块，不易碎裂。这类土壤耕作性较差，容易板结，不适合种植大田作物，但最适合作为水田来栽培水稻。

在日本，粘土常见于低湿的冲积平原，沼泽地周围或高原地带的低地、泥炭地等。粘土粒子比较分散，没有形成大块泥团的火山灰土壤也多属于粘土。施肥量和施肥方法可按照壤土标准执行。粘土需要进行土壤改良，施用作物茎秆、稻壳、树皮等植物性堆肥、使用木炭粉、蛭石和珍珠岩等非粘土矿物颗粒作为土壤改良资材有较好的效果。

6. 重粘土

风干土壤中粒径为 0.2 μ 以下的粘土含量达到 55%以上的土壤。它的可塑性和粘性很强，如果水分充足，用指尖揉捏就可以搓成直径 2mm 左右的细泥条。重粘土的手感是粘滑，感觉不到有任何砂质硬颗粒的存在。重粘土的三相分布是固相约 40~70%，液相 30%以上，气相 15%以下。重粘土的底层为细密性的不透水土层，很容易产生积水。由于透水性很差以及因反复出现积水和干燥而导致土壤频繁在还原状态和氧化状态之间进行转变，底土会出现因铁被还原后形成的灰色区域和铁被氧化后形成的黄橙色区域，出现斑纹状的图案。虽然重粘土的保

水保肥能力很强，但透水性和透气性却很差。干燥后会出现板结，不易破碎。由于排水不畅，有机质分解缓慢，农作物特别是由水田改成旱地后栽培的大田作物容易出现根的生长障害。由于粘土含量高，板结后的土块坚硬，湿润时则粘性很强，所以可耕性很低。此外，由于重粘土的土壤承载力低，粘着力强而导致农业机械的行走困难，降低了耕作效率。重粘土完全不适合种植旱地作物，作为水田也因犁底层的缺氧环境容易还原产生硫化氢而伤害水稻根系，造成水稻早衰。

重粘土广泛分布在日本北海道北部的高原地区，大部分起源于粘土堆积物的拟强潜育灰壤土。需要进行明渠或暗渠进行排水，并使用木炭、蛭石、珍珠岩和砂子等非粘土矿物颗粒作为资材对土壤进行改良。

土壤的透气性、保水性、透水性基本上是由土壤三相（固相、液相、气相）的比例所决定。适合种植旱地大田作物的土壤要求固相和气相各占 40%，液相占 20% 左右。对于种植水稻等水生作物的水田，固相比比例占 40~50%，液相和气相比比例各占 25~30% 的土壤为最佳。此外，为了使作物能够正常生长，除了下雨之外的特殊情况，土壤的气相比比例至少需要在 20% 以上。

土壤三相中的液相与气相所占的比例除了受到原生矿物与次生矿物的比例影响之外，在很大程度上也受到土壤团粒结构的影响。团粒结构是由粘土矿物和土壤腐殖质等细小的土壤粒子作为粘结点，与部分原生矿物聚合形成的各种不规矩状的颗粒，在团粒内部和团粒之间可以形成许多大大小小的孔隙（图 2）。水分可以通过毛细作用保留在团粒内的小孔隙中，多余的水则因重力关系而通过团粒之间的大孔隙迅速向下渗透到地下水里，并且团粒之间的大孔隙通常充满着空气。就是说，团粒结构发达的土壤孔隙多，保水性和透气性高，容重低，土质松软。团粒结构还可以作为土壤微生物的栖息场所，增加土壤微生物的多样性和活性。这种土壤容易耕作，作物根系容易伸展，养分和水分吸收能力好，生产性能高。

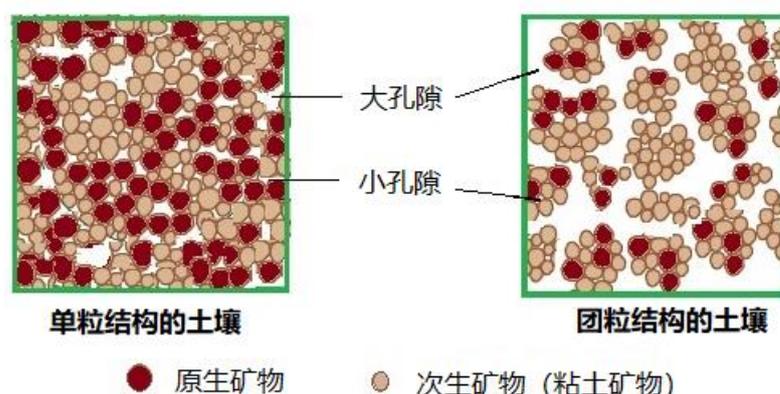


图 2. 土壤的团粒结构模式图

施加富含有机物的堆肥和腐殖酸对于促进团粒结构的形成相当有效。此外，在砂土质的耕地里通过掺入大量的粘土矿物资材，可促进团粒结构的形成，提高土壤的保水性和保肥能力。在粘土土质和部分重粘土土质的耕地上，通过深耕、破碎底层土、修建明渠和暗渠等进行排水，

掺入细砂或粉砂等非粘土质的颗粒状资材可有效提高土壤的透水性和透气性。