

File No. 70

土壤物理性和造土养地

土壤是由土壤粒子（固相），土壤溶液（液相）和土壤空气（气相）构成。土壤物理性是指土壤硬度，耕耘性，透水性，保水性，通气性，保肥力等物理方面的性质，与农作物的根系伸展扩张，向作物根系提供水分，养分和氧气等能力有密切的关系，对于农作物的生育来说是非常重要的性质。另外，土壤 3 相（固相，液相，气相）之间的比例对土壤物理性有很大的影响。本篇就土壤 3 相与土壤物理性的各个评价项目之间的关系，以及土壤分类进行简单的说明。

一， 土壤固相，液相和气相

1. 土壤固相

土壤固相由土壤粒子构成。土壤粒子可分为一次矿物和二次矿物 2 大种类。一次矿物是地壳表面的岩石风化崩坏形成的碎片，多呈小砾石状和砂状，其成分与原来的岩石（称作母岩）基本相同。二次矿物则是一次矿物经过变质作用和变成作用形成的微细的粘土矿物，多数具有羟基或结晶水。

2. 土壤液相

土壤粒子之间形成了许多空隙，在这些空隙里充满了土壤溶液和土壤空气，构成了土壤液相和气相。土壤溶液的主成分是水，其中溶解了各种无机盐类和有机物，还悬浮着许多微细的有机物。土壤溶液中的无机盐类的种类和浓度因土壤中的无机盐类种类和数量以及有无施肥而变动，施肥后的土壤溶液中氮磷钾盐类浓度会快速升高。盐碱地的土壤溶液中含有高浓度的钠盐和钙盐。

3. 土壤气相

土壤气相是指存在于土壤空隙中的气体，主要成分是二氧化碳，氮气和水蒸气。特点是水蒸气基本饱和，二氧化碳浓度较高，氧气浓度则比大气中的浓度要低很多。

此外，在土壤空隙中还生息着许多土壤小动物和微生物。这些土壤生物承担了土壤有机物的生成和分解。

二， 土壤物理性的评价项目

土壤物理性基本上是由土壤固相，液相和气相的所占比例以及一次矿物和二次矿物的比例来决定的。特别是构成土壤固相的一次矿物和二次矿物的比例对土壤物理性有极大的影响。

土壤物理性主要有以下的评价项目（图 1）

1. 土壤硬度

土壤硬度高不仅会使农作业的效率降低，最重要的是使得作物根系不易伸展，土壤透气和透水性不好，降雨后易涝。土壤硬度主要与粘土矿物量有关，二次矿物的粘土越多，土壤干燥后的硬度就越大。但是，最近常有因为农业机械的碾压而造成土壤硬度增大的现象。

土壤硬度直接影响到耕耘性。硬土不易翻耕，翻起的土块也难以粉碎，不仅降低了耕耘效率，还会使得耕耘质量差，对播下的种子发芽率和初期生长，根系发育伸展都有不良影响。

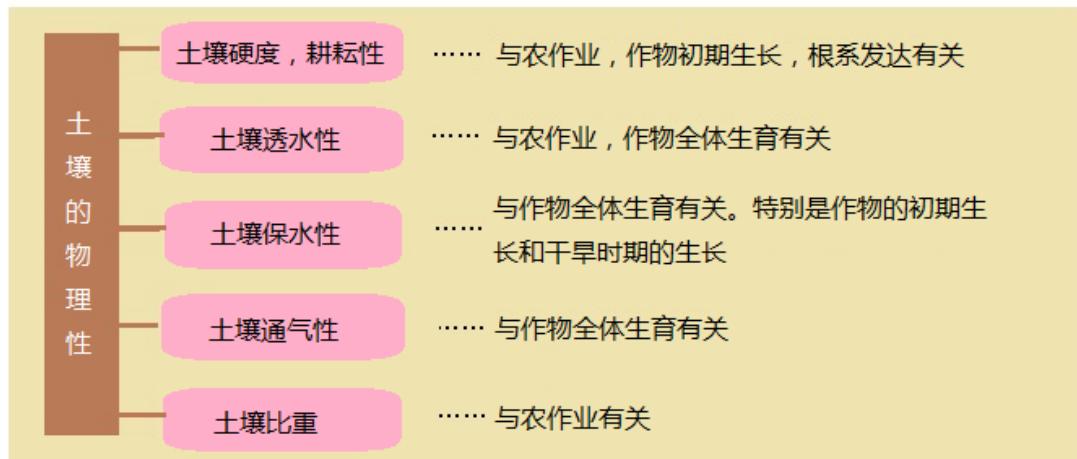


图 1. 土壤物理性与农作业，农作物生长的关系

2. 透水性和保水性

土壤的透水性和保水性主要与二次矿物（粘土矿物）的量有关。粘土矿物越多，土壤粘性越大，土壤粒子之间的空隙越小，透水性就越差。但土壤粒子间的空隙小的话，雨水不易渗透到地下，地下水则可以通过毛细管作用上升到表土层，保水性会变好。另外，透水性和保水性也受到地下水位的影响。地下水位高则透水性变差，但保水性会变好。土壤透水性和保水性是矛盾的两面，好的土壤应该是土壤透水性和保水性维持在良好的平衡状态上，降雨时能够将多余的雨水及时渗透到地下，少雨干旱时能够让地下水上升，保持一定的土壤水分来供应给农作物。

通常，经常被农业机械碾压的土壤容易出现耕作层下的心土硬化，透水性变差，降雨时因排水不良而易出现涝灾，干旱时则地下水的上升受到抑制，容易出现缺水。通过深耕可以打碎心土，增加透水性，还可以让地下水容易通过毛细管作用上升到耕作层。土壤的透水性和保水性具有容易受人工影响的特性。

3. 通气性

土壤的通气性与土壤气相有密切的关系，土壤粒子之间的大空隙越多，通气性就越好，与大气的气体交换就更容易。在一定范围内，土壤通气性好的话，作物根系也容易伸展，有助于提高根的水分养分吸收机能。土壤通气性与土壤透水性有正的相关关系，与土壤保水性有负的相关关系。通气性过好的话，保水性一般都不行，容易受到干旱的影响。

4. 土壤的比重

土壤的比重与构成土壤固相的一次矿物和二次矿物的种类和比例有关。腐殖质多的土壤和以火山灰为主的土壤较轻，粘土矿物多的土壤则较重。土壤液相和气相比例大的土壤也较轻。

通常，比重小的土壤硬度低，容易耕耘，透水性和通气性都好，适合于农作物的栽培。但是，土壤比重太轻的话，容易被风刮走(称作风蚀)，在降雨时也容易随雨水一起流失(称作水蚀)，反而会影响农作物的栽培。

三、根据土壤一次矿物和二次矿物的比例对土壤的分类

一次矿物颗粒的粒径在 2mm 以上的称作砾，粒径在 0.02~2mm 的称作砂。粘土矿物(二次矿物)的粒径都不满 0.02mm，大多数是在 10 μm 以下。根据土壤一次矿物和二次矿物的比例，以及土壤固相，液相和气相的所占比例的不同，可以将土壤分成以下 6 类。

1. 砾土

砾土的特征是土壤几乎都是由一次矿物组成，基本不含粘土矿物，而且一次矿物中砾占了 50%以上。砾土给人的感觉是整个土壤都是小石块，完全没有粘土。砾土的土壤 3 相分布的比例是固相 55%以上，液相 0%，气相 40~45%。砾土的耕耘性和保水性，保肥能力非常差，没有养分供给能力，完全不适合农作物的栽培，没有必要通过造土养地来改良土壤。

2. 砂土

砂含量在 85%以上，粘土含量 0~15%的土壤被分类为砂土。砂土给人的感觉是手感粗涩，基本上感觉不到粘土的存在。砂土的土壤 3 相分布的比例是固相约 50%，液相约 10%，气相约 40%。砂土的耕耘性，透水性和通气性好，但保水性和保肥力低，灌溉和施肥必须采用少量多次的方法来减少水肥的流失。肥料尽量使用缓释性氮肥和枸溶性磷肥以提高肥料利用率。若条件允许的话，最适合使用滴灌栽培。造土养地的重点在于使用粘土矿物，例如沸石，膨润土等以及腐殖酸资材来改良土壤，提高土壤的保水性和保肥能力。

3. 砂壤土

砂壤土是介于砂土和壤土之间的土壤。砂含量 65~85%，粘土含量 12.5~25%。砂壤土给人的手感是粗糙之中有些许粘滑细腻，减少了很多粗涩感。砂壤土的土壤 3 相分布的比例是固相约 45%，液相约 15%，气相约 40%。砂壤土的耕耘性，透水性和通气性好，但保水性和保肥力稍差，灌溉和施肥必须采用少量多次的方法来减少水肥的流失。造土养地的重点在于提高土壤的保水性和保肥能力。施用多量的粘土矿物，例如沸石，膨润土等以及腐殖酸资材来改良土壤是非常有效的办法。

4. 壤土

壤土是砂含量 40~65%，粘土含量 25~37.5%的土壤。壤土给人的手感是砂土的粗糙感和粘土的细腻感各占一半。壤土的土壤 3 相分布的比例是固相约 40%，液相约 20%，气相约 40%。耕耘性，透水性和通气性好，保水性和保肥力也高，是最合适旱地农作物栽培的土壤。通常施肥量和次数都是以壤土为标准来设计的。造土养地的重点在于施用堆肥和腐殖酸资材来增加土壤的团粒结构，维持地力。不需要施加粘土矿物或蛭石，珍珠岩等粗颗粒矿物来改良土

壤。

5. 粘质土（殖土）

粘质土是砂含量 40~45%，粘土含量超出 50% 的土壤。粘质土给人的手感是粘土的细腻感，基本上感觉不到砂的粗糙感。可以简单地搓成较粗的泥条，具有较强的粘性。土壤 3 相分布的比例是固相约 40%，液相约 30%，气相约 30%。保水性和保肥能力好，但透水性和通气性较差，干燥后会结成硬土块，不易破碎。耕耘性不好，不太适合栽培旱地作物。但湛水性好，漏水漏肥少，最适合用于水田栽培。

在日本，粘质土多见于低湿的冲积平原的水田和丘陵间的谷地以及泥炭地。团粒结构被破坏了的火山灰土壤也多属于粘质土。施肥标准按照壤土来设计。造土养地的重点在于改良土壤的透水性和通气性，实施农作物秸秆和稻壳还田，施用树皮等植物性堆肥，木炭以及蛭石，珍珠岩等多孔粗颗粒矿物是非常有效的办法。

6. 重粘土

重粘土是粘土矿物含量占 55% 以上的土壤。可塑性和粘性大，只要有适当的水分就可以简单地搓成 2mm 左右的泥条。重粘土的手感是粘性强，感觉不到有沙粒。土壤 3 相分布的比例是固相约 40~70%，液相 30% 以上，气相约 15% 以下。保水性和保肥力很强，但透水性和通气性很差，干燥后容易结成坚硬的泥块，不易破碎。

重粘土通常会在下层形成致密的难透水层，容易出现滞水。由于透水性不良，土壤会往返出现还原状态和氧化状态，导致下层土壤所含的铁因为还原而呈灰色和氧化形成的黄橙色同时存在，呈现出灰色和黄橙色间隔的大理石模样，成为重粘土的特征。因为透水性非常差，有机物的分解不好，农作物，特别是水田改旱地的农作物容易出现根的障碍，导致生育不良。土壤粘性过高，容易粘附在农机具上，耕耘性低，农作业效率低，属于不适宜农业生产的土壤。

重粘土广泛分布在日本北海道的台地上，大部分是起源于粘土质堆积物的格列土化而形成的土壤。造土养地的重点是改造土壤的透水性和通气性。主要手法是开挖明渠或暗渠来进行排水，施用木炭和蛭石，珍珠岩等多孔粗颗粒矿物来增加土壤粗颗粒成分。

土壤的通气性，保水性，透水性的好坏基本上是由土壤固相，液相和气相的比例来决定的。据认为固相占 40%，液相 20%，气相 40% 左右的土壤是最适合旱地农作物栽培的土壤。水田土壤则是固相占 40%，液相和气相各占 30% 为最适宜。另外，为了保持作物能够正常生育，除了降雨后的短时间外，旱地的土壤气相必须保持在 20% 以上。

在土壤物理性中，土壤团粒结构对液相和气相的比例有很大的影响。团粒结构是土壤腐殖质和微生物的菌体和遗体起着粘合剂的作用，将各种土壤粒子粘结形成较结实的小丸子状的结构（图 2）。

土壤团粒之间存在许多较大的空隙，团粒内部的小颗粒之间也存在许多小空隙。雨水可以

因重力而通过大空隙渗入地下，地下水也可以通过毛细管作用从大空隙上升后保持在小空隙里。通常，团粒内部的小空隙和部分团粒之间的大空隙构成了土壤液相，大部分团粒之间的大空隙则构成了土壤气相。通过毛细管作用，土壤液相给作物供应水分。土壤气相的气体可以通过大空隙与大气进行交换，给土壤生物和作物根系提供必需的氧气，排出二氧化碳。由于团粒的存在，土壤具有适度的松软性，可帮助作物根系伸张扩展。土壤团粒表面是好气性微生物，内部是厌气性微生物的生存基地，团粒间的空隙则成为土壤小动物的活动空间。因此，团粒结构多的土壤中腐殖质和微生物多，是生产性高的土壤。造土养地的目的之一就是尽量增加土壤的团粒结构。

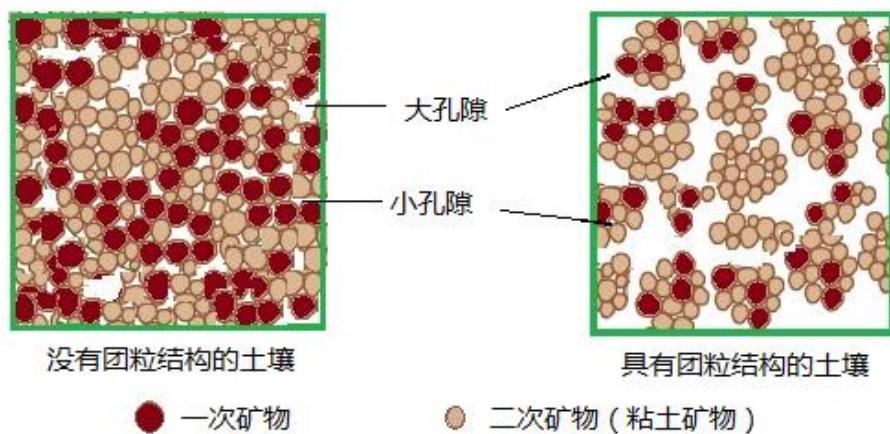


图 2. 土壤的团粒结构示意图

施用含有丰富的有机物的堆肥和腐殖酸资材是促进土壤团粒结构形成的有效手段。另外，通过深耕和破碎下层心土，开挖明渠或暗渠进行排水，掺入大量作物残渣和多孔性粗颗粒矿物是改造粘土含量高的粘质土和重粘土的有效方法。