

File No. 72

土壤生物性和「造土养地」

土壤中生息着许多小动物（昆虫，节肢动物，环形动物，线虫等）和微生物（细菌，放线菌，丝状菌，藻类等）。这些小动物和微生物以土壤中的动植物遗体等有机物为食物，将其进行分解和无机化，给植物提供养分的同时，还有抑制病原性微生物增殖的作用。土壤生物性是指这些土壤生物的存在状态，包括土壤生物的种类（生物相），数量和活性等，以及土壤生物对土壤及农作物生长的影响。通常，具有良好的生物性的土壤，都是大量生息着多种多样的生物。

肉眼只能观察到部分土壤小动物，其他的土壤生物不可能简单地对其种类和数量进行观察评价。这是因为土壤微生物和小动物的个体非常小，数量非常多，普通的耕地 1 克土壤里就约生息着 100 万~数千万的微生物，不可能将它们单独分离出来观察。另外，土壤微生物中相当多的种类难以人工分离培养，即使是用培养基进行培养分离后用显微镜进行观察也只能鉴定其中的极少种类。因此，关于土壤微生物基本上还没有合适的方法来进行培养观察鉴定。

表 1 是土壤生物的主要种类及其个体大小和土壤中的存在量。

表 1. 土壤生物的种类和个体大小以及土壤中的存在量

土壤生物种类		个体大小	土壤中的存在量 (kg/1000m ²)
土壤微生物	细菌	约 2~3 μ m	40~500
	放线菌	菌丝直径约 0.5~1.0 μ m	40~500
	丝状菌	菌丝直径约 3~8 μ m	100~1500
	藻类	从肉眼不能确认到数 mm	1~50
土壤小动物	线虫	0.2~2.0mm	1~15
	蚯蚓	0.2~数 cm	10~150

在农业领域，土壤生物性的好坏多采用对前茬作物的残渣和堆肥等有机物的分解能力和分解速度，土壤病原生物引起的作物病害和连作障碍的发生频度和被害程度，土壤团粒结构的比例等来进行评价。以下对这些土壤生物性的评价方法进行说明，同时介绍如何通过「造土养地」来提高土壤生物性。

1. 有机物分解活性

因为作物的根只能吸收离子态的养分，土壤中的有机物需要经过土壤生物分解成无机物之后才能被作物吸收利用。土壤微生物是有机物分解的主力。

土壤物理性和化学性的某些因素也会对有机物的分解产生影响，但有机物的分解关键在于

土壤生物对有机物的分解活性，支配有机物分解活性的最重要的因素是土壤微生物的种类和数量。通常的情况下，好气性细菌和丝状菌以糖和低分子量的蛋白质等易分解的有机物为食物，放线菌则以难分解性的有机物为食物，在分解有机物的同时以其分解产物为营养进行增殖，扩大种群。当有机物基本上分解完毕，大量增殖了的微生物失去营养和能源后就会开始死亡。死去的微生物遗体又被作为其他微生物的食物再次被分解，最终全部变成无机物。

土壤生物的有机物分解活性的测定方法是將土壤样品放入试验皿内后，添加各种有机物试料，定时观察测定有机物的分解速度和分解量来计算出土壤生物对有机物的分解活性。即在土壤样品中加入某些特定的有机物试料来计测有机物的分解状况，由此推断土壤生物的种类和数量。

具体的操作方法是，预先准备好放入了数 10 种不同有机物的试验皿，将土壤样品用纯水稀释，调整到中性后放入试验皿内保持恒温，每隔 15 或 20 分钟观察测定各种有机物的分解速度。整个测定需要花费 48~72 小时。土壤生物，特别是微生物都各有其特定的分解对象物，若发现某种有机物受到了分解，就证明土壤中生息着能分解该有机物的生物。特定有机物的分解速度越快，说明该生物的数量越多，分解活性越大。

通过观察和测定被分解的有机物种类和分解速度，就可以计算出土壤生物对有机物的分解活性。

该测定方法还可以用于检测人工不能分离培养的微生物和未知微生物的存在和活性，能够客观地正确评价土壤生物的综合分解能力，是最常用的评价土壤生物性的手法。

此外还可以通过计测土壤 ATP 量，计测土壤呼吸活性，土壤的酶活性等来推算土壤现存微生物的有机物分解活性。这些方法虽然不能直接观察到有机物的分解状况和分解速度，但作为简易方法来推算土壤生物的有机物分解活性还是有一定实用价值的。

2. 土壤生物相

土壤生物中的小动物可以使用显微镜等来鉴别计测，但微生物的种类繁多，数量也多，难以进行分离培养鉴定，不可能象其他生物一样分别计测后进行统计，得出土壤生物相的组成。20 世纪后期开发出了 eDNA 解析方法来计测土壤生物相的组成。eDNA 解析方法是將土壤生物作为一个集合体，不经培养，直接抽提 DNA 进行解析，从获得的 DNA 数据来推测出土壤生物相的构成和机能，解析推算出土壤生物性和农作物生产性的关系。

土壤生物相的 eDNA 解析方法是，采集土壤样品，直接抽提出 DNA，利用 PCR（聚合酶链式反应）来增殖 DNA 后进行遗传基因解析，推断出土壤中的细菌，放线菌和丝状菌等生物相的组成。

eDNA 解析方法是基因解析技术发展的产物，进入 21 世纪后得到了飞跃性的发展。在理论上这项技术可以评价生息在土壤中的全部生物，能够较客观地评价土壤生物性。

现在，土壤细菌和丝状菌，土壤线虫的生物相解析技术基本确定了，但如何将土壤生物相与农作物的生产性联系起来的方法尚在研究开发中。

3. 农作物的土壤病害和连作障碍的抑制效果

若多种微生物一起生存的话，微生物会各自占领场所，分捕营养，相互拮抗来增殖扩大自己的地盘。土壤微生物也不例外，能够适合自己所在的土壤物理性和化学性的种类会得到增殖，而不适应所在土壤物理性和化学性的种类则会减少衰退。但是耕地土壤的物理性和化学性会因耕作，施肥和灌溉，季节变迁引起的温湿度变化，栽培的作物种类和生长阶段而有改变，土壤微生物的种类和数量也会随着这些变化而发生增减和改变，维持在一个动态平衡上。

多数农作物的病害是由生息在土壤里的传染性病原微生物引起的。土壤传染病害发生的主要原因是土壤微生物失去了多样性，生物相之间的平衡受到破坏，能够拮抗病原微生物增殖的其他微生物群体弱势衰退，导致病原微生物占据了优势地位。

同一耕地反复栽培同一种作物（连作）的话，容易出现连作障碍。其症状是作物病虫害频发，生长不良收获减少。这是因为连作会导致土壤中的特定病原微生物和线虫大量增殖，在种群和数量上压倒其他土壤生物，破坏了土壤生物的多样性，改变了土壤生物相。

多数研究证明土壤病害和连作障碍的发生程度与土壤生物相有很强的关联性。土壤生物，特别是土壤微生物多样性和活性高的耕地，即使是不进行土壤消毒也不易发生作物病害和出现连作障碍。因此，农作物的土壤病害少，不出现连作障碍的土壤是土壤生物性好的土壤。

4. 土壤的团粒结构

土壤的团粒结构是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颗粒的现象。土壤团粒之间存在许多微小空隙，雨水可以通过这些空隙渗入地下，地下水也可以通过毛细管作用上升保持在这些空隙里。团粒间的空隙中的气体可以通过空隙与大气进行交换，给土壤生物和作物根提供必需的氧气，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。所以，土壤的团粒结构在透气性，透水性和保水性上起着非常重要的作用（图 1）。

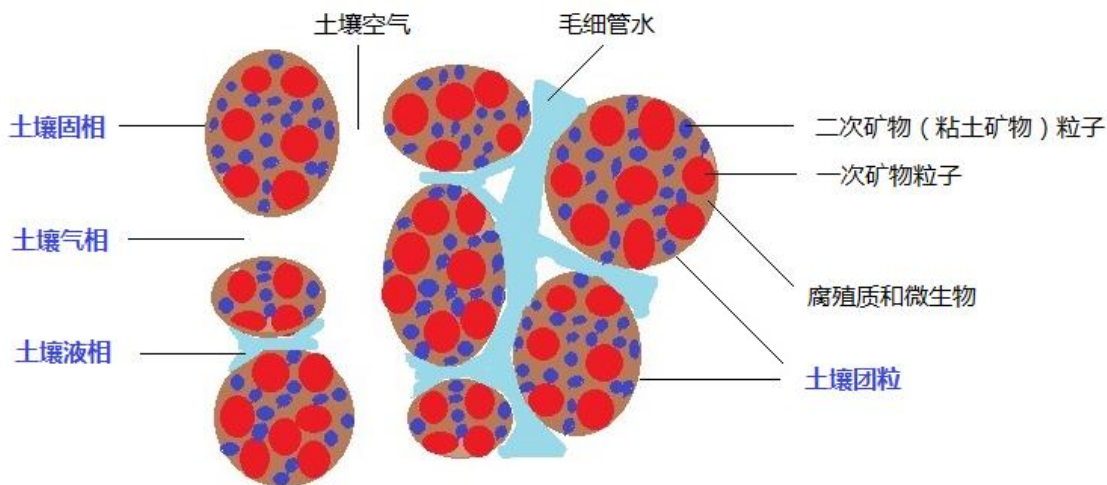


图 1. 土壤团粒构造模式图

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，是土壤生物性好的土壤。

土壤生物性是在土壤物理性和化学性的基础上形成的，与物理性和化学性相比其重要度稍微低一些。与通常的土壤栽培方式相比，水耕栽培（包括土耕营养液栽培）的作物生长快，收获量也有所增加就是证据。但是，土壤栽培仍是农业生产的主流这一现状来看，实施「造土养地」，在改良土壤物理性和化学性的同时，改善土壤生物性是使农作物有更好的生育环境，提高收获量的有效手法。

改善土壤生物性的最有效方法是施用堆肥等有机物。土壤中掺入丰富的有机物可以大量增殖以有机物为食物的小动物和微生物，使得土壤生物，特别是土壤微生物种类多样化，改善土壤生物相。土壤微生物种类多样化的好处是可以强化微生物之间的相互作用（静菌作用和拮抗作用等）来抑制病原微生物的增殖，防止或减轻农作物的土壤传染病害和连作障害。另外，有机物分解后生成的腐殖质和增殖的微生物也会促进土壤团粒结构的形成，给作物根系的发育创造出良好的土壤环境。

有这样一种理论，说是为了改善土壤生物性，最好的方法是將有益微生物菌种施加到土壤里，让它们在土壤中增殖扩大。根据这个理论，微生物肥料受到了某些厂家和组织的吹捧。但是，土壤微生物相是在该土壤的物理性和化学性上成立的，特别是土壤种类和组成，土壤含水量，土壤 pH，土壤有机物量等对土壤微生物相有很大的影响。不适应所在土壤的物理性和化学性的微生物会死亡淘汰，只有能够适应的微生物才能存活下来，最终在土壤中维持着相对稳定的微生物相。不改变土壤的物理性和化学性，外部投入的微生物要在竞争中赢出本土的微生物是非常困难的。因此，希望靠施入少量的微生物菌肥就能改造土壤微生物相的想法，是不可能达到「造土养地」的目的。另外，微生物菌肥中的微生物不是作物生长必须的营养，代替不了普通的肥料。

因此，通过深耕和破碎下层心土来改良耕作层的土壤物理性，通过土壤诊断和施用土壤改良资材，调节施肥量和肥料种类等来改良土壤化学性，施用堆肥和腐殖酸肥料等有机物来改善土壤生物性是「造土养地」的基本手段。