
土壤健康与生物肥力 86 问

益禾箭生物技术公司编译组

目 录

第 1 节 概述-----	0
1. 1. 生物肥力-----	0
1. 2. 化学肥力-----	0
1. 3. 物理肥力-----	1
第 2 节 由土壤生物推动的过程-----	4
2. 1. 菌根真菌-----	4
2. 2. 固氮细菌-----	错误！未定义书签。
2. 3. 有毒物质降解-----	错误！未定义书签。
2. 4. 植物病害的发展和预防-----	错误！未定义书签。
2. 5. 土壤团聚体的形成-----	错误！未定义书签。
2. 6. 有机物分解-----	错误！未定义书签。
2. 7. 养分循环-----	错误！未定义书签。
第 3 节 土壤肥力-----	错误！未定义书签。
第 4 节 土壤生物管理-----	错误！未定义书签。
第 5 节 有机质-----	错误！未定义书签。
第 6 节 土壤生物-----	错误！未定义书签。
6. 1. 动物-----	错误！未定义书签。

6. 2. 细菌-----错误！未定义书签。

6. 3. 真菌-----错误！未定义书签。

6. 4. 细菌与真菌的比较-----错误！未定义书签。

6. 5. 土壤生物检测-----错误！未定义书签。

第 7 节 根-----错误！未定义书签。

第 1 节 概述

1.1. 生物肥力

土壤是活的!土壤中生活着各种各样的土壤生物。这些生物包括细菌、真菌、小
节肢动物、线虫、蚯蚓和昆虫。这些生物体以土壤有机质或其他土壤生物体为食，
并在土壤中执行许多生命过程。其他生物体也参与无机分子的转化。很少有土壤
生物是害虫。

土壤生物在土壤肥力方面的作用包括以下方面：

- 帮助土壤从原始的母岩材料中形成，
- 有助于土壤颗粒的聚集，
- 促进营养循环，
- 将营养物质从一种形式转化为另一种形式，
- 帮助植物从土壤中获取养分，
- 降解土壤中的有毒物质，
- 引起植物疾病，
- 减少植物的病害，
- 帮助或阻碍水分渗入土壤。

1.2. 化学肥力

土壤化学涉及植物吸收元素的有效性，以及土壤中可能对植物和土壤生物有害的
元素和化合物的存在。土壤中的一些元素是养分，是植物生长所必需的。其他元
素不是必需的，可能对植物有毒。植物吸收元素的有效性受土壤 pH 值，和元素
与土壤颗粒和有机质的反应影响。

土壤化学肥力受下列因素影响：

- 土壤的组成和母质，
- 土壤 pH 值，
- 粘土表面和有机物对元素的吸附，
- 土壤盐度。

1.3. 物理肥力

这部分包含六个问题。

- 1) 什么是土壤物理肥力?
- 2) 土壤的质地和结构是什么?
- 3) 土壤结构和质地如何影响土壤健康和肥力?
- 4) 土壤结构的主要类型是什么?
- 5) 管理如何影响土壤的质地和结构?
- 6) 管理如何改善土壤结构?

问题 1. 什么是土壤物理肥力?

土壤的物理性质和过程通过改变水分在土壤中的运动、土壤根系的渗透和涝渍来影响土壤肥力。影响肥力的重要物理特性包括：土壤结构和质地。**结构**是土壤中聚集和孔隙的数量，**质地**是土壤中粘土和砂粒的比例。两者都通过影响水分、土壤的运动、根系的渗透和涝渍来影响土壤肥力。**侵蚀**是降低土壤肥力的重要物理过程。当土壤结构和质地不利于土壤水分运动时，可能会增加水土流失和内涝。**土壤盐分**是一种化学性质，但可以通过减少水在土壤中的流动而影响土壤的物理肥力。

土壤物理肥力的重要土壤特征包括：

- 土壤结构,
- 土壤质地,
- 疏水性。

与土壤物理肥力有关的物理过程包括：

- 团聚体,
- 水渗透,
- 积水,
- 土壤侵蚀。

问题 2. 土壤的质地和结构是什么?

土壤质地是土壤中沙子、淤泥和粘土颗粒相对数量的近似值。土壤结构是衡量这些土壤颗粒的排列和它们之间的空间位置。土壤结构在某种程度上取决于土壤的质地。

问题 3. 土壤结构和质地如何影响土壤健康和肥力?

良好的土壤结构是土壤健康和土壤肥力可持续发展的主要因素之一。当土壤形成稳定的团聚体或具有粘性的颗粒群时，就表现出良好的土壤结构。这就产生了大量的空隙，有利于根系的渗透和水分、营养物质和空气的流通，也有利于微生物的生长。

问题 4. 土壤结构的主要类型是什么?

主要有两种类型无结构土壤和非结构化土壤：

- 单一粒状的沙，和
- 块状压实的粘土。

土壤结构主要有四种类型：

- 粒状结构-土壤颗粒组成的小而圆的团聚体，松散地毗邻着其他团聚体。因此，这种土壤是多孔而有渗透性，但可保持水分。它是最理想的土壤结构。
- 棱柱状结构-形成柱状结构的聚集体，柱状结构顶部平坦，柱之间由深裂缝分隔。聚合体通常会形成更大的单位，称为土块。渗透性是可变的，深裂缝周围的渗透性较好，柱内的渗透性较差。
- 块状结构-聚合体为块状，土壤具有中等渗透性。
- 平板结构-平坦的水平层状聚合体，像冲积洪泛平原的土壤。排水和渗透性差。

问题 5. 管理如何影响土壤的质地和结构?

土壤质地不易改变，而土壤结构可通过各种农业措施迅速降级或改善。土壤结构的不稳定倾向与土壤类型、质地、含水量和土壤化学性质有关。对土壤结构有不利影响的土壤化学因素包括：土壤的碱度、酸度和盐分。土壤结构的退化将加剧土壤健康和肥力的下降。土壤孔隙变小或减少，限制了水分、空气和养分的流动，因此，孔隙度、排水和植物根系生长都降低。这可能导致土壤密度或结构不稳定性或两者都增加，特别是在粘性土壤中。有时会形成表面结壳，抑制幼苗生长，阻止水分渗入，增加表面侵蚀。

问题 6. 管理如何改善土壤结构？

好消息是，所有这些变化都是可逆的。改善土壤结构所需的行动取决于独特的土壤条件，包括土壤结构的稳定性。改善土壤结构有多种选择，包括一些物理和化学技术，例如：

- 以适当的载畜率维持陆地上持续的植物覆盖，
- 利用栽培圆盘将分散的底土提升到地表，
- 深度疏松压实的土壤或土层，
- 采用最小耕作方式，特别是在土壤湿润的情况下，
- 留茬和施绿肥可增加有机质含量，减少压实和侵蚀，
- 在钠质土壤上施用石膏。

第 2 节 由土壤生物推动的过程

本部分包含了关于土壤生物执行的 6 个过程的问题和答案：

- 菌根真菌，固氮细菌，
- 有毒物质的降解，
- 植物病害的发展和预防，
- 土壤团聚体的形成，
- 有机物分解，
- 营养循环。

2.1. 菌根真菌

本主题包含 11 个问题：

- 1) 什么是菌根真菌？
- 2) 菌根的好处是什么？
- 3) 什么是四种类型的菌根菌，哪些植物与它们有关？
- 4) 什么是丛枝菌根？
- 5) 你能看到丛枝和囊泡吗？
- 6) 来自不同属的丛枝菌根真菌的特征是什么？
- 7) 当没有植物时，AM 真菌能在土壤中生存吗？
- 8) 田间农业操作对 AM 真菌有何影响？
- 9) 葡萄园的管理如何影响从菌根真菌获得的利益？
- 10) 外生菌根真菌的主要结构特征是什么？
- 11) 外生菌根真菌如何影响植物？

问题 1. 什么是菌根真菌？

菌根真菌是与植物根系结合的真菌，对植物和真菌都有益。菌根真菌作为养分交换的媒介，把植物和土壤联系起来。真菌从宿主植物的根部吸收碳水化合物作为能量，真菌将土壤中的磷和锌等营养物质输送到植物的根部。菌根菌群还可以减少根系病原体的攻击，增加植物对重金属、干旱和盐度等不利条件的耐受性。一般来说，菌根在植物可持续生产力和维持土壤结构方面发挥着重要作用。

菌根组合几乎存在于所有的陆生植物上，并不像一些植物和细菌(如豆科植物和根瘤菌)之间形成的植物-微生物组合那样具有‘植物特异性’。

“有些植物品种，如十字花科植物(如花椰菜)是与众不同的，这些植物没有菌根共生体。具有很好细根毛和许多根毛的物种，不像有明显主根的物种那样依赖于菌根”。



问题 2. 菌根组合的好处是什么？

菌根能增加植物对磷和微量元素的吸收。他们通过扩大植物可探测到的土壤体积来做到这一点。菌根真菌的特点是菌丝很薄，宽度在千分之一到千分之十毫米之间。这些菌丝在土壤中寻找营养物质，将它们运送回寄主植物，并帮助将土壤颗粒结合成聚合体。

菌根真菌的这一特性对植物吸收磷特别重要，磷不像氮那样在土壤溶液中移动。当土壤中的磷缺乏时，在其根系上形成菌根的植物就能更容易地吸收磷，更多的吸收磷。微量元素、铜和锌在土壤中的表现与磷相似，植物的根系必须探测土壤，截留它们。

菌根真菌也能增加土壤的聚合。菌丝在相邻的土壤颗粒之间、根和土壤颗粒之间、同一植物的根之间、不同植物的根之间(甚至是不同类型的植物)形成网络。他们也在他们殖民的根内形成网络。



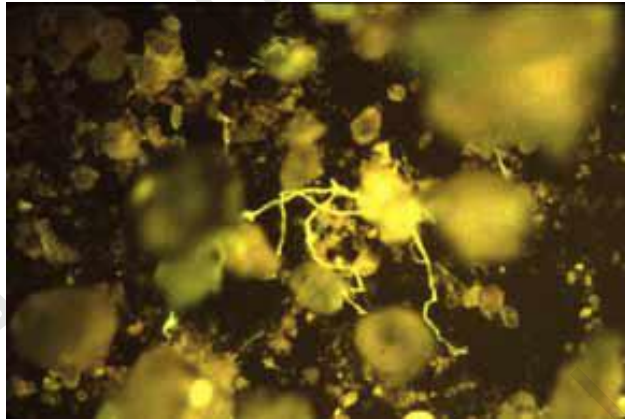
这些菌丝网络也被称为菌丝体。

也有一些证据表明真菌可以帮助植物耐受干旱。

问题 3. 什么是四种类型的菌根组合，哪些植物与它们有关？

这四种菌根组合是由四种不同类型的菌根真菌形成的：

-
- 1) 丛枝菌根
 - 2) 外生菌根
 - 3) 杜鹃类菌根
 - 4) 兰科菌根



大多数农业植物、蔬菜和果园植物形成丛枝菌根丛。外生菌根组合在受干扰的生态系统中不常见，在多年生植物上比一

年生植物更常见。观赏植物由这四组中的一个形成菌根组合，而兰花的菌根组合仅能由兰花菌根菌形成。

问题 4. 什么是丛枝菌根？

丛枝菌根是在其内部和周围土壤中含有特定类型真菌的根。这种菌根是由一组通常称为丛枝菌根真菌的真菌形成的。这些真菌的特征是，具有非常细的丝状结构，称为菌丝，其宽度在 $1/100$ – $10/1000$ 毫米之间。菌丝在相邻的土壤颗粒之间、根和土壤颗粒之间、同一株植物的根之间、不同植物的根之间（甚至不同种类植物）以及植物的根中形成网络。菌丝网络也被称为菌丝体。

丛枝菌根之所以这样称呼，是因为它们形成了一种特殊的结构，称为“丛枝”。虽然有些土壤真菌可能与植物和动物疾病有关，但形成丛枝菌根的真菌属于一组可以是非常有益的土壤真菌。“菌根”这个名字的意思是“真菌性根”，这源于真菌与植物根系的紧密联系—事实上，丛枝菌根真菌不能独立完成它们的生命周期，除非它们与植物根系相连。一般来说，没有植物的支持，这些真菌是不可能生长的。其原因在很大程度上仍不为人所知。

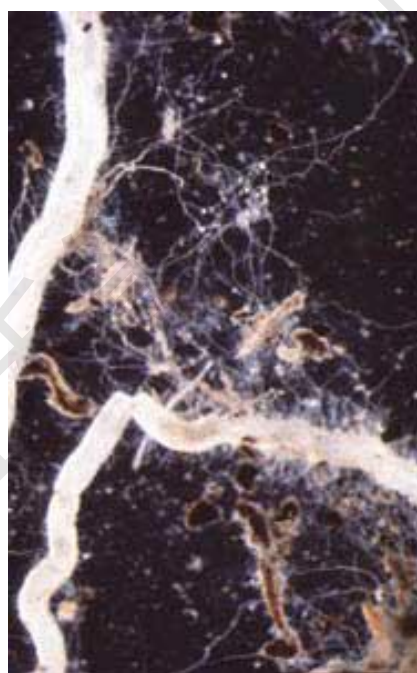
菌根从它们所生活的植物根部获取碳水化合物（用来提供能量），它们通常通过将土壤中的磷转移到根部来帮助植物。

这意味着它们在没有足够磷（相对于其他营养物质而言）为植物生长的土壤中很重要。菌根对磷的吸收特别重要，因为磷不容易向植物根系移动。有些营养物质（比如氮）随土壤水分的流动而迁移，但磷却不是这样。因此，在磷被吸收到植物

体内之前，根系必须截留土壤中的磷。真菌所做的就是扩大土壤的体积，让植物可以探索土壤中的磷。

因此，当磷缺乏时，在根系上形成菌根的植物比没有或只有少量菌根的植物能吸收更多的磷。虽然丛枝菌根在大多数植物上形成，但也有一些植物不形成这种类型的菌根。两个例子是油菜(油菜)和羽扇豆。丛枝菌根在自然生态系统和农业地区都有发现。它们在多年生和一年生植物上都很常见。丛枝菌根真菌也有利于土壤的物理特性，因为它们的菌丝形成一个网格，可以帮助稳定土壤团聚体。

丛枝菌根真菌还可以帮助保护植物免于土壤中的根部病害，在某些情况下还可以帮助植物从土壤中吸收铜和锌。这些植物营养物质的行为方式与土壤中的磷类似，植物的根系需要探索土壤以拦截它们。丛枝菌根真菌只有 5 组(称为属)，分布在世界各地。它们的拉丁名称是它们所属的属: *Acaulospora*, *Entrophosphora*, *Gigaspora*, *Glomus*, 和 *Scutelospora*。



问题 5. 什么是丛枝和囊泡?

丛枝是由植物根细胞内的菌根真菌形成的。

它们是植物和真菌互相交换食物和营养的地方。碳、磷和其他营养物质也可以通过在根内分枝的菌丝进行交换，但很可能丛枝是营养交换的主要场所。丛枝看起来有点像微小的海葵，因为它们有许多延伸到植物细胞内部的小突起。它们是由菌丝进入细胞后反复分枝形成的。

囊泡也是植物根内形成的结构。它们看起来像一个椭圆形的袋子，大多数人认为它们是用来储存营养的。在五属丛枝菌根中，只有三属形成囊泡 (*Glomus*, *Acaulospora* and *Entrophosphora*)。

问题 6. 来自不同属的丛枝菌根真菌的特征是什么?

丛枝菌根真菌只有 5 类(称为属):

- *Glomus*

-
- *Acaulospora*
 - *Entrophosphora*
 - *Gigaspora*
 - *Scutelospora*

真菌根据孢子的大小、形状和壁结构进行分类。孢子的形状近似球形或卵球形，通常有厚壁，因此它们能在恶劣的环境条件下生存。当土壤条件有利时孢子萌发，菌丝从孢子中生长出来。这些菌丝然后进入根，建立菌根组合。

孢子的大小在 30 到 500 微米之间——也就是 0.03 毫米到 0.5 毫米之间。因此，必须借助显微镜对孢子进行鉴别和分类。

此外，真菌在根中生长的方式也不同，这取决于真菌的类型和根本身的生长习性。

问题 7. 当不存在植物时，丛枝菌根真菌能在土壤中生存吗？

丛枝菌根真菌可以在土壤中存活很长时间，即使是在土壤干燥或冻结的情况下。有些真菌以菌丝的形式在死根或土壤中存活。然而，丛枝菌根真菌在没有寄主植物的情况下不能在土壤中长期活跃生长。当条件合适时，菌丝从孢子或土壤中的根碎片中生长，但它们必须与寄主植物接触，以获得长期生长所需的碳和能量。

问题 8. 大田农业管理措施如何影响丛枝菌根真菌？

■ 磷肥。GRDC 资助了一项对澳大利亚西部小麦作物的广泛调查，以确定苗期早期和春季丛枝菌根真菌的存在。大多数植物的菌根含量较低，这与土壤中的高磷含量有关(用碳酸氢钠法测定)。一般来说，菌根的数量不足以促进小麦的磷酸盐营养。

■ 种植。在西澳大利亚西南部的农业土壤中，栽培通常不会影响丛枝菌根的形成。然而在加拿大，由于丛枝菌根真菌形成的菌丝网络被破坏，一些农业植物的生长受到栽培的明显限制。

■ 除草剂和杀菌剂。一般来说，在推荐的水平上施用除草剂不会直接影响丛枝菌根真菌。如果土壤中的植物根系类型发生了变化，例如杂草被清除，那么除草剂可能会产生其他影响。此外，残留的除草剂会限制根的生长，从而改变菌根形成的长度。一些杀菌剂减少了菌根的形成。

■ 作物轮作。在西澳大利亚西南部的土壤中，轮作对丛枝菌根真菌存在的最显著影响发生在牧草期。这是因为牧草期包括高菌根化植物，如草、三叶草和其他豆科植物，也因为磷肥的使用较少。此外，在轮作中包括羽扇豆和油菜的常见做法减少了土壤中丛枝菌根真菌的数量。在轮作中增加一个放牧阶段有助于恢复菌根功能，提高磷肥利用率，改善土壤结构。

问题 9. 葡萄园管理如何影响从菌根真菌获得的利益？

葡萄园管理实践对葡萄从菌根中获得的利益有显著影响。然而，利益很难衡量。当施磷量不太大时，丛枝菌根真菌对寄主植物最有利。土壤施用高水平磷肥会降低丛枝菌根真菌的有益作用。这是因为形成的菌根数量减少了。局部施用磷肥或使用缓释磷可能有助于植物从菌根中获得最大效益。

此外，在葡萄园中生根阶段接种丛枝菌根真菌可能是有用的。然而，需要更多关于接种真菌存活的信息来确定是否有必要。

问题 10. 外生菌根真菌的主要结构特征是什么？

外生菌根真菌有三个主要的结构特征。

- 菌丝从根延伸到根周围的土壤中。
- 菌丝垫不同程度地覆盖根的表面。
- 哈蒂格网是存在于根的外部(表皮)细胞之间的菌丝网。

问题 11. 外生菌根真菌如何影响植物？

外生菌根真菌也有积极影响植物生长的潜力。外生菌根真菌通过促进根系分枝和限制根系伸长来改变植物根系的生长形态。外生菌根真菌能增加植物根系对磷的吸收，某些种类的真菌也能促进氮的吸收。它们可以降低植物对疾病和干旱的敏感性。根表面的菌丝覆盖物可以防止土壤真菌的入侵，根周围土壤中的菌丝网络可以从更多的土壤中吸收水分。这些对植物生长的影响结合起来，使相关植物更健壮，增加其生存机会。