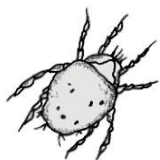


美国农业部《土壤健康指南》第三部分：

土壤细菌、真菌、原生动物



美国农业部

《土壤健康管理指南》



山东益禾箭生物技术有限公司 编译

文章支持转载，如需转载请标明出处。

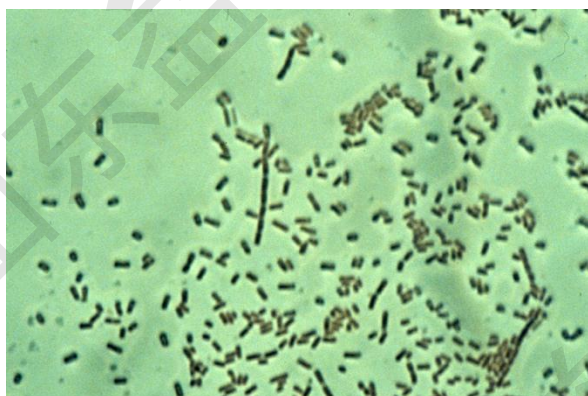
第 2 章 土壤生物学入门

第 4 节 土壤细菌

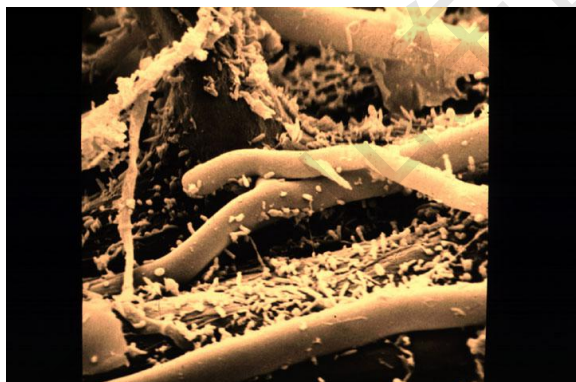
By Elaine R. Ingham

1. 活性土壤:细菌

细菌是微小的单细胞生物——通常宽 $4/100,000$ 英寸 ($1\mu\text{m}$)，长度稍长。细菌在体积上不足的东西，他们在数量上得到了弥补。一茶匙的肥沃土壤通常含有 1 亿到 10 亿个细菌。这相当于每英亩两头牛的重量。



每英亩土壤中可能活跃着一吨的微生物。



细菌散布在真菌菌丝的表面

细菌可分为四个功能组。大多数是分解者，消耗简单的碳化合物，如根分泌物和新鲜的植物凋落物。通过这个过程，细菌将土壤有机质中的能量转化为对土壤食物网中其他生物体有用的形式。许多分解者可以分解土壤中的杀虫剂和污染物。分解者在固定或保留营养至其细胞内方面特别重要，从而防止了营养物质如氮素在根区的流失。第二种细菌是与植物结成伙伴关系的共生菌，其中最著名的是固氮细菌。第三类细菌是病原体，细菌性病原菌包括木孢单胞菌和欧文斯菌，以及农杆菌的种类-导致冠瘿形成的植物。第四组被称为无机营养型或化能自养

型生物，它们从氮、硫、铁或氢的化合物中获取能量，而不是从碳化合物中获取能量。其中一些物种对氮循环和污染物的降解很重要。

2. 细菌会做什么？

这四组细菌在水动力学、营养循环和疾病抑制方面都发挥着重要作用。一些细菌通过产生一些物质来影响水的运动，这些物质有助于将土壤颗粒凝结成小的聚集体(直径为 1/10,000–1/100 英寸或 2–200 微米)。稳定的团聚体可以提高土壤的渗水性和保水能力。在一个多样化的细菌群落中，许多生物会与在根部和植物地上部分表面的致病生物展开竞争。

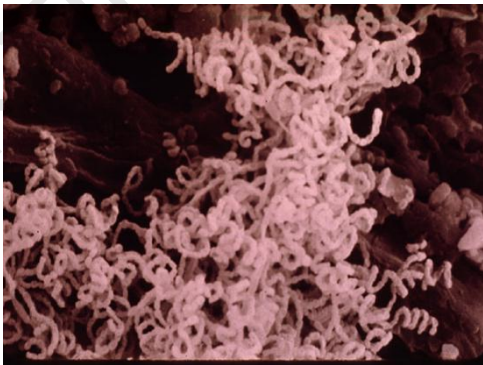


根瘤菌在感染大豆根系的地方形成结节

3. 一些重要的细菌

a 固氮细菌与豆科植物如三叶草和羽豆，以及桉木和蝗虫等树木的根形成共生关系。细菌感染生长的根毛，形成可见的结节。植物向细菌提供简单的碳化合物，而细菌则将空气中的氮(N_2)转化为寄主可以利用的一种氮形式。当寄主植物的叶子或根系分解时，周围土壤中的氮含量就会增加。

b 硝化细菌能将氨(NH_4^+)转化为亚硝酸盐(NO_2^-)，然后再转化为硝酸盐(NO_3^-)—这是草类和大多数行栽作物最喜欢的氮形式。硝酸盐更容易从土壤中淋



放线菌，如链霉菌，赋予土壤“泥土”的气味。

溶出来，因此一些农民使用硝化抑制剂来降低一种硝化细菌的活性。森林土壤中的硝化细菌受到抑制，因此大部分氮以铵的形式保留下来。

c 反硝化细菌将硝酸盐转化为氮气(N_2)或氧化亚氮(N_2O)气体。反硝化菌是厌氧的，这意味着它们在无氧的地方是活跃，如在饱和土壤或土壤聚集体内。

d 放线菌是一大类像菌丝一样生长的细菌。他们要为新开垦的健康土壤特有的“泥土”味负责。放线菌可以分解多种底物，但在降解难以分解的化合物(如几丁质和纤维素)方面尤为重要，放线菌在高 pH 值下具有活性。真菌在低 pH 值下降解这些化合物时更为重要。许多抗生素是由链霉菌等放线菌产生的。

4. 细菌生存在哪里？

不同种类的细菌在不同的食物来源和微环境中茁壮成长。一般来说，当存在不稳定的(易于代谢的)底物时，细菌更具竞争性。这包括新鲜的、年轻的植物残渣和在活根附近发现的化合物。细菌尤其集中在根际圈，即根附近和根内的狭窄区域。有证据表明，植物产生某些类型的根分泌物，以促进保护性细菌的生长。

细菌可很大程度上改变土壤环境，使土壤环境更有利于某些植物群落。在植物能在新鲜的沉积物上立足之前，细菌群落必须先定植，最开始的是光合细菌。它们固定大气中的氮和碳，产生有机质，并固定足够的氮和其他营养物质，以启动年轻土壤中的氮循环过程。然后，早期演替的植物物种可以生长。随着植物群落的建立，不同类型的有机质进入土壤，改变了细菌可利用的食物类型。反过来，被改变的细菌群落改变了土壤结构和植物生长的环境。一些研究人员认为，通过管理土壤细菌群落来控制一个地方的植物物种是可能的。

5. 小档案：促进植物生长的细菌

土壤细菌荧光假单胞菌的某些菌株具有抗真菌活性，抑制一些植物病原体。荧光单胞菌和其他假单胞菌和黄单胞菌可以通过几种方式促进植物生长。它们可以产生一种化合物，抑制病原体的生长或减少病原体对植物的入侵。它们还可以产生化合物(生长因子)，直接促进植物生长。

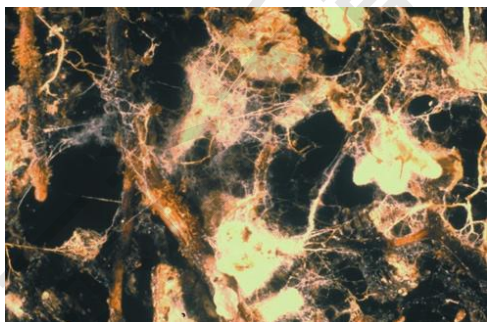
这些促进植物生长的细菌自然存在于土壤中，但其数量并不总是足以产生显著的影响。将来，农民可以在种子上接种抗真菌细菌，如荧光假单胞菌，以确保这些细菌减少种子和作物根部周围的病原体。

第5节 土壤真菌

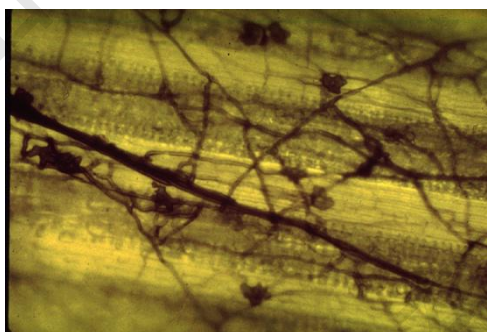
By Elaine R. Ingham

1. 活性土壤:真菌

真菌是一种微小的细胞，通常以叫做菌丝的长线或线的形式生长，在土壤颗粒、根和岩石之间开路。菌丝的直径通常只有千分之一英寸(几微米)。单个菌丝



许多植物依靠真菌帮助从土壤中提取养分。树根(棕色)与共生菌根结构(亮白色)和真菌菌丝(细白色线)相连，辐射到土壤中。



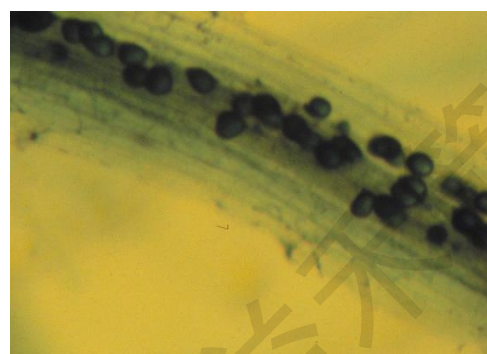
菌类开始分解剪下草的叶脉。



外生菌根是树木和葡萄根系吸收养分的重要物质。这种真菌实际上并没有侵入根细胞，而是在植物细胞之间形成鞘。鞘在这张照片是白色的，但他们可能是黑色、橙色、粉红色或黄色。

的长度可以从数个细胞延伸到数码。一些真菌，如酵母，是单细胞。

菌丝有时群聚成块状，称为菌丝体；或形成浓密的、绳状的、看起来象根的“根状菌索”。真菌的果实结构(蘑菇)是由菌丝、孢子和一些特殊的看起来象鳃



三叶草根细胞内的黑色圆形团是从枝菌根真菌(AM)的小泡囊。

一样的结构组成，孢子形成在鳃上。一个单独的真菌可以包括许多子实体它们散布在一个大的区域，如棒球场。

真菌在水动力学、营养循环和疾病抑制方面发挥着重要的作用。和细菌一样，真菌也是土壤食物网的重要分解者。它们将难以消化的有机物质转化为其他生物可以利用的形式。真菌菌丝将土壤颗粒结合在一起，形成稳定的团聚体，有助于增加水的渗透和土壤的保水性。

根据它们获取能量的方式，一般土壤真菌可以被分为三个功能组。

a 分解者-腐生真菌：将死亡的有机物转化为真菌生物质、二氧化碳(CO₂)和小分子，如有机酸。这些真菌通常使用复杂的基质，如木材中的纤维素和木质素，并且它们在分解某些有碳环结构的污染物时也是必不可少的。有一些真菌被称为“糖真菌”，因为它们与许多细菌使用相同的简单基质。和细菌一样，真菌在固定或保持土壤中的营养物质方面也很重要。此外，真菌的次生代谢物中有许多是有机酸，因此它们有助于增加富含腐殖酸的有机质的积累，这些有机质耐降解，可能在土壤中存留数百年。

b 共生菌根真菌在植物的根上繁衍。作为从植物中获得碳的交换，菌根真菌帮助溶解磷，并将土壤养分(磷、氮、微量元素，也许还有水)带到植物中。一种主要的菌根，外生菌根(见上面第三张照片)，生长在根的表层，通常与树木有关。第二大类菌根是内生菌根，生长在根细胞内，通常与草、行栽作物、蔬菜和灌木有关。丛枝菌根真菌是内生菌根真菌的一种。杜鹃花类菌根真菌既可以是外菌根菌，也可以是内菌根菌。

c 第三类真菌，即病原体或寄生虫，当它们在根系和其他生物体上扎根时，会导致产量下降或死亡。黄萎病、霉病、根霉病等根病真菌每年给农业造成重大经济损失。许多真菌有助于控制疾病，例如，寄生于致病线虫的捕捉线虫的真菌和以昆虫为食的真菌，可能是有用的生物防治剂。

2. 真菌生活在哪里？

腐生真菌通常活跃在木本植物的残渣周围。真菌菌丝在某些土壤环境中比细菌有优势。在干燥的条件下，真菌能在水分空隙间架起桥梁，即使土壤水分过低，



在干旱的牧场系统，如西南沙漠，真菌输送稀缺的水和营养给植物。



蘑菇，在森林系统中很常见，是一群担子菌产生的子实体。蘑菇是庞大的地下菌丝网络的“冰山一角”。

大多数细菌无法活跃，真菌也能继续生存和生长。真菌能够利用土壤中的氮，使它们能够分解土壤表面通常含氮量低的残留物。

真菌是需氧生物。长期厌氧的土壤通常会失去其真菌成分。厌氧条件经常发生在涝渍土壤和压实土壤。

真菌在森林中尤其广泛。人们观察到，森林的生产力随着真菌生物量的增加而增加。

3. 农业中的菌根真菌

菌根是真菌和植物根系之间的一种共生关系，它既不像真菌，也不像根。大多数树木和农作物依赖菌根，或主要从菌根中获益。例外的是十字花科的许多成员(例如，花椰菜、芥菜)和藜科家族(例如，羊羔皮、菠菜、甜菜)，它们不形成菌根组织。对菌根的依赖程度在某些作物品种之间有很大差异，包括小麦和玉米。

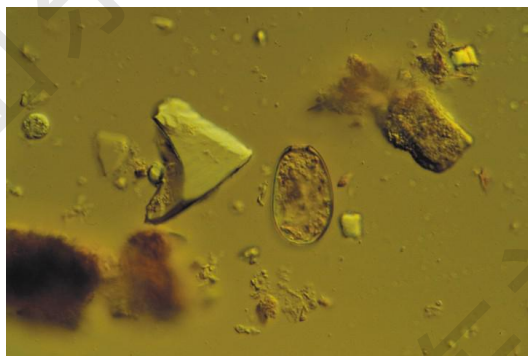
土地管理措施影响菌根的形成。在休耕或种植不形成菌根的作物的土壤中，菌根真菌的数量将减少。频繁耕作可减少菌根菌群，而广谱杀菌剂对菌根真菌是有毒的。极高水平的氮或磷肥可能会减少根系的接种。一些菌根真菌的菌种可以在商业上获得，可以在种植时添加到土壤中。

第 6 节 土壤原生动物

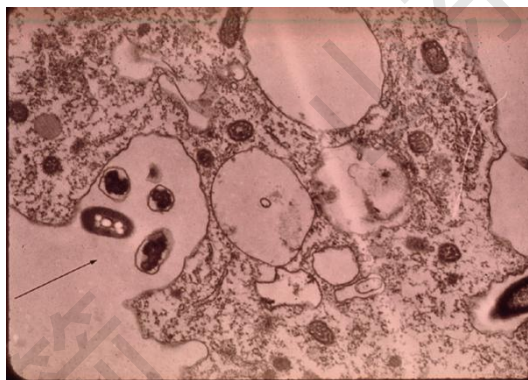
By Elaine R. Ingham

1. 活性土壤：原生动物

原生动物是主要以细菌为食的单细胞动物，但也吃其他原生动物、可溶性有机物，有时也吃真菌。它们比细菌大几倍-直径从 1/5000 到 1/50 英寸 (5 到 500



原生动物主要以细菌为食，在营养循环中起重要作用。注意椭圆形原生动物旁边的斑点状细菌和有角的大沙粒的大小。



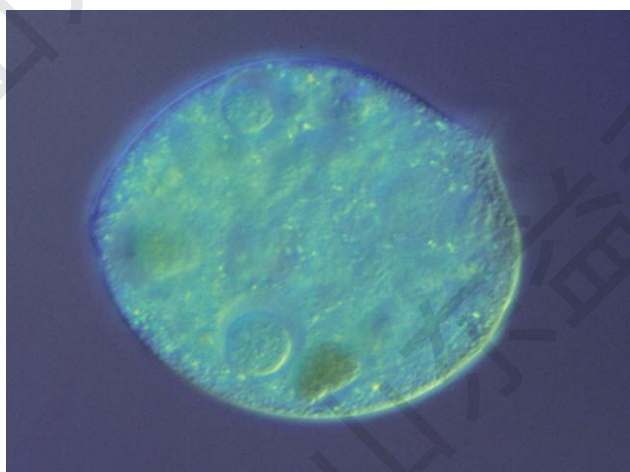
变形虫吸收的细菌

微米) 不等。原生动物吃细菌时，会释放出多余的氮，供植物和食物网的其他成员使用。

原生动物根据形状可分为三大类:纤毛虫最大,靠毛发状的纤毛移动。它们吃另外两种原生动物和细菌。变形虫也可以非常大,通过临时的脚或“假足”移动。阿米巴变形虫进一步分为 testate 变形虫(带有壳状覆盖物)和 naked 变形虫(没有覆盖物)。鞭毛虫是原生动物中最小的,它们用一些鞭毛来移动。



鞭毛类有一个或两个鞭毛,它们利用它们的鞭毛在土壤中前进或后退。从左边的原生动物身上可以看到鞭毛。这些小斑点就是细菌。



纤毛虫是原生动物中最大的,数量最少的。它们每天消耗多达1万个细菌,并释放植物可利用的氮。纤毛虫利用身体上纤细的纤毛像船桨一样在土壤中快速移动。

原生动物主要以细菌为食,在营养循环中起重要作用。注意椭圆形原生动物旁边的斑点状细菌和有角的大沙粒的大小。

鞭毛虫有一个或两个鞭毛,它们利用它们的鞭毛在土壤中前进或后退。从左边的原生动物身上可以看到鞭毛。这些小斑点就是细菌。

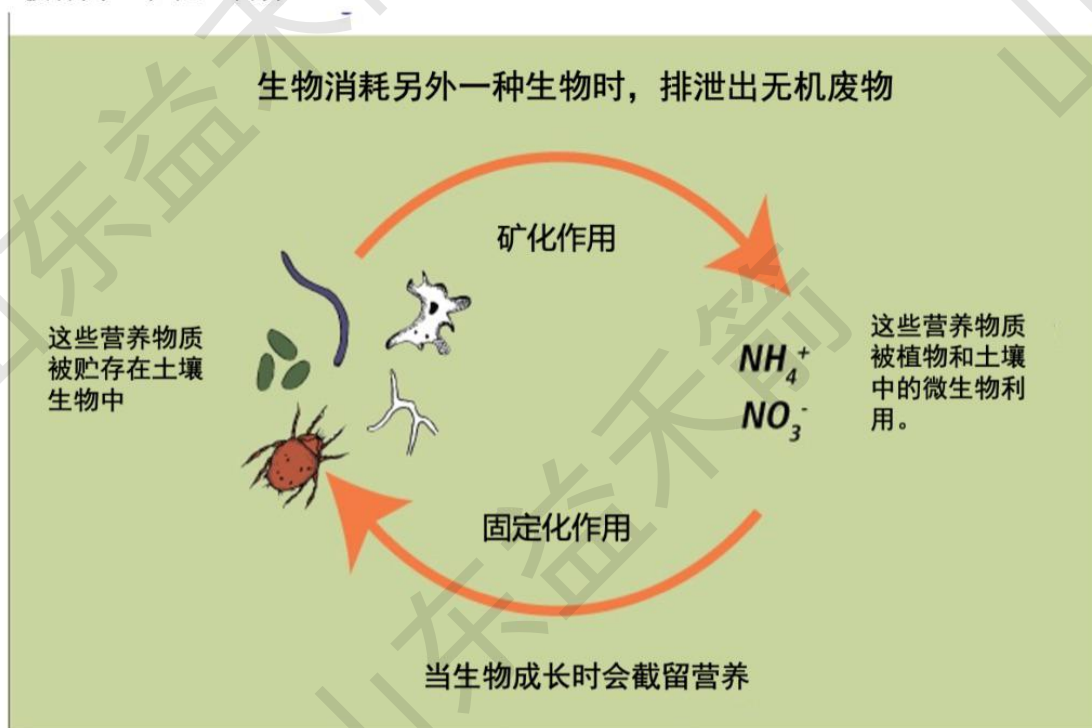
纤毛虫是原生动物中最大的,数量最少的。它们每天消耗多达1万个细菌,并释放植物可利用的氮。纤毛虫利用身体上纤细的纤毛像船桨一样在土壤中快速移动。

2. 原生动物能做什么?

原生动动物在营养物矿化方面发挥着重要作用，使营养物能够被植物和其他土壤生物利用。原生动物(和线虫)的细胞中氮的浓度比它们吃的细菌低。(原生动

什么是矿化和固定化?

土壤营养一般以二种形式存在：溶于水中或粘附于矿物粒上的无机化合物，活的生物体和死的有机质的有机化合物。细菌、真菌、线虫、原生动物和节肢动物经常在这二种形式之间转换营养。当它们消耗无机物构建生长所需的细胞、酶和其他有机物时，他们被称为“固定化”营养。当生物向外排泄无机化合物时，它们被称为“矿化”营养。



物的碳氮比例是 10:1 或更多，细菌是 3:1 比 10:1。)被原生动物吃掉的细菌中含有过多的氮，无法满足原生动物所需的碳量。它们以铵(NH_4^+)的形式释放多余的氮。这通常发生在植物的根系附近。细菌和其他生物迅速地吸收了大部分铵，但也有一些被植物利用。(矿化和固定化说明见上图。)

原生动物的另一个作用是调节细菌的数量。当原生动物以细菌为食时，它们会刺激细菌种群的增长(进而促进分解速率和土壤聚集)。这种情况发生的确切原因还存在争议，但是牧食也可以认为像修剪树木一样—少量的会促进生长，过多的会减弱生长，或者会改变细菌群落的物种组合。

原生动物也是其他土壤生物的重要食物来源，并通过与病原体竞争或捕食病原体来帮助抑制疾病。

3. 原生动物生存在哪里？

原生动物需要细菌来吃，需要水来移动，所以湿度在决定哪种原生动物存在和活动方面起着重要作用。原生动物和细菌一样，在根际中特别活跃。

土壤中原生动物的典型数量差异很大-从低肥力土壤中的每茶匙 1000 个到一些高肥力土壤中的每茶匙 100 万个。以真菌为主的土壤(如森林)比其他类型有更多的阿米巴原虫和纤毛虫。在以细菌为主的土壤中，以鞭毛虫和裸阿米巴虫为主。一般来说，高粘土含量的土壤含有较多的小型原生动物(鞭毛类和裸变形虫)，而粗糙的纹理土壤含有较多的大型鞭毛类、两种变形虫和纤毛虫。

4. 线虫和原生动物。

原生动物和以细菌为食的线虫争夺它们共同的食物资源:细菌。有些土壤中线虫或原生动物的数量都很高，有的两者都不高。这种差异对植物的意义尚不清楚。两组都消耗细菌并释放 NH_4^+ 。

5. 小传记:土居吸血鬼

大多数原生动物以细菌为食，但有一群变形虫，即吸血虫，以真菌为食。在真菌细胞壁上钻出的完美的圆孔，就像传说中吸血鬼受害者脖子上的穿刺痕迹一



样，是吸血虫变形虫存在的证据。变形虫附着在真菌菌丝的表面并产生酶，吞噬真菌的细胞壁。然后，变形虫吸干或吞噬真菌细胞内的细胞质，然后转移到下一个受害者。吸血虫会攻击很多真菌，包括根部病原体，如图中所示的 *Gaeumannomyces graminis*。这种真菌攻击小麦的根，引起全蚀病。

(未完待续)