

生物学基础知识丛书

郝余祥 编著

土壤微生物

科学出版社

54.3 =
27



土壤微生物

郝余祥 编著

科学出版社

1982

内 容 简 介

本书以介绍土壤微生物为基础，阐述了微生物在土壤肥力形成过程中的作用和土壤氮、磷、硫、铁等元素转化中的作用以及生物固氮等，并阐述了同这些内容有关的生产实际问题。附图56张。

本书科学概念明确，理论联系实际，文字简炼，深入浅出，通俗易懂。可供具有中等文化水平的广大农业技术员、农村知识青年、农业干部、农业中专以上的师生阅读。

土 壤 微 生 物

郝余祥 编著
责任编辑 王伟济

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1982年1月第一版 开本：787×1092 1/32

1982年1月第一次印刷 印张：5 1/2

印数：0001—6,900 字数：122,000

统一书号：13031·2068

本社书号：2862·13—12

定价：0.70元

序

勤劳勇敢的祖国各族人民，正怀着热切的心情和必胜的信念，团结在中国共产党的周围，为加速实现四个现代化而进行新的长征。在这个极不平凡的历史新时期，大力提高整个中华民族的科学文化水平具有重大的现实意义和深远的历史意义，是当前全党和全国人民的紧迫任务。为此，科学出版社组织编辑了各种自然科学基础学科的普及丛书，《生物学基础知识丛书》就是其中之一。

生物学是研究生命的科学。这一门规模宏伟、内容丰富的自然科学，近二三十年来得到了蓬勃的发展，使得它的位置越来越突出。生物学的许多新成就已经或正在引起农业、医疗卫生、工业和国防建设发生巨大的变革。由于生物学与其它一些科学互相结合、互相渗透和互相促进，衍生出许多新的分支学科，并已深入到分子和量子水平，探讨生命现象的内在规律，证明生命活动的物质性。因而，不难预料，生物学将成为认识自然、改造世界、推动国民经济和人类健康事业的强大武器，将为整个人类社会的进步作出更大的贡献。

我相信，《生物学基础知识丛书》的出版将有利于生物学知识的进一步普及和提高，将使更多同志掌握和利用生物科学，从而在自己工作中作出更大的贡献，也将有利于培育富有创造性的新一代生物学家。衷心希望这套丛书为加速实现祖国四个现代化增添应有的力量。

贝 时 璋

《生物学基础知识丛书》

微生物学编委

编委(按姓氏笔划排列)

门大鹏 方 纲 李季伦

周家炽 胡济生 秦含章 钱存柔

目 录

绪言	(1)
一、微生物的类别与特点	(1)
二、微生物在土壤中的作用	(2)
第一章 土壤里微生物的种类、数量与分布	(5)
一、土壤里微生物的种类	(5)
二、土壤微生物间的相互关系	(12)
三、土壤里微生物的数量与生物量	(16)
四、微生物在土壤中的分布	(20)
第二章 微生物在植物残体腐解中的作用	(29)
一、植物残体的化学组成和腐解中的微生物	(30)
二、植物残体各有机成分的分解	(34)
三、腐植质的形成与分解	(46)
四、影响植物残体腐解的条件	(53)
五、微生物腐解植物残体与土壤肥力	(60)
第三章 微生物在土壤氮素转变中的作用	(67)
一、氨化作用	(67)
二、硝化作用	(76)
三、反硝化作用	(83)
第四章 微生物的固氮作用——生物固氮	(92)
一、自生固氮与联合固氮	(93)
二、共生固氮(一)——根瘤细菌同豆科植物的共生固氮	(103)
三、共生固氮(二)——其它共生固氮	(123)
第五章 微生物在磷、硫、铁等营养元素转化中的作用	

.....	(127)
一、磷的转化	(127)
二、硫的转化	(133)
三、钾的转化	(141)
四、铁、锰的转化	(143)
第六章 微生物同植物间的相互关系	(148)
一、植物对空气和土壤中微生物的影响	(148)
二、附生微生物和菌根	(153)
三、微生物对植物的影响	(156)
四、植物病虫害的微生物防治	(163)

绪 言

一、微生物的类别与特点

微小的用肉眼直接看不见的生物叫微生物。

微生物的个体很小，一般只有一个微米(一微米为千分之一毫米)左右至几个微米或更小，所以须借助显微镜放大几百倍或千倍以上才能看清。普通光学显微镜可见的最小物体是可见光波波长的一半，即0.2微米，比此更小的微生物须用电子显微镜才能看到。

迄今已知的微生物有十多万种，分属于细菌、放线菌、霉菌、酵母菌、藻类、原生动物、病毒和噬菌体等，它们的类属和有关特征如表1。

原核生物系单细胞生物，细胞里无真正的核，仅具由核物质构成的核区，无膜与细胞质隔开。真核生物是单细胞或多细胞生物，细胞里有真正的核，即具有核仁、核膜、核液和染色体等。

病毒是非细胞生物，无细胞结构，仅只是由核物质和蛋白质外壳构成的颗粒，其个体显然比细胞生物小得多，一般须借助电子显微镜放大几万倍以上方可看清。

微生物个体轻微，易随尘粒飞扬，到处传播；因之，无论是天空、海洋、高山、地面，或是各种物体上，无不有微生物的生存与分布。由于土壤里含有多种有机的和无机的养料物质，又具备较适宜的环境条件，所以它是微生物栖息的最大自然场所。

表1 微生物的类属和有关特征

类 属	微 生 物	真核生物 原核生物	细 胞生物 非细胞
细 菌	细 菌 蓝 细 菌 放 线 菌 枝 原 体	原核生物	细 胞 生 物
真 菌	霉 菌 酵 母 菌 蕈 子	真核生物	
藻 类	藻 类		
原 生 动 物	原 生 动 物		
病 毒	病 毒 噬 菌 体 类 病 毒	具核物质	非细胞生物

微生物的繁殖速度很快，于适宜情况下，细菌每20—30分钟便可繁殖一代，由一个细胞变为两个细胞；如无不良影响，经一昼夜，其繁殖数量将是个相当大的天文数字。因此，微生物的繁殖速度远比其它生物快得多。

微生物个体微小，表面积大，同外界环境条件的关系极为密切，生命活动十分旺盛，作用相当强大。如夏季，因细菌增殖很快，使牛奶迅速腐坏变质。

二、微生物在土壤中的作用

土壤里分布有上述各类微生物，至于存在的种类就更多了。土壤里微生物的数量也是很大的，经分析测定，一克土壤里的微生物就有几千万个、几亿个乃至几十亿个之多。不难设想，种类如此繁多，数量这样庞大的微生物的生命活

动，不能不对土壤和在土壤上生长的植物发生深刻影响。

一些微生物的活动能促进岩石、矿物的风化过程，使之形成土壤。固氮微生物的活动把空气中的氮气转变为氮素化合物，使土壤具有氮素养料，为后继生物的生存开创了良好条件。即使在现时的农田土壤里，微生物的固氮作用，也仍然是农业生产所需氮素的一个重要来源。因而生物固氮始终是土壤微生物学科的一项主要内容。近十多年来，生物固氮研究取得了巨大进展，可以预期，在不久的将来，微生物的这一有益作用对农业生产将会发生更大的作用。

进入土壤的各种废弃有机物质在土壤微生物的作用下，经过一系列分解、转变过程，形成腐植质——土壤特有的有机物质，它同粘土矿物结合成有机-无机复合体，进而再粘结为团聚体（即团粒结构），大大改善了土壤的水、肥、气、热条件，提高了土壤的肥沃性和生产力。微生物也分解腐植质，其矿化产物是植物可利用的有效养料。若形成腐植质的数量小于分解数量，则土壤有机质含量减少，最终会引致土壤肥力降低。

土壤里含有植物需要的各种养分，但是绝大部分却处于有机状态或难溶的无机状态，不易被植物吸收利用，而多种土壤微生物具有分解、转变这些无效养分的能力，它们能分解矿化有机物质和提高难溶性无机物的溶解性，增多土壤有效矿质养料，供植物吸收利用。

在农业生产实践中，施用到土壤中的速效化肥，植物虽可直接吸收利用，但事实上，在土壤微生物生命活动影响下，被植物直接利用的部分不多，大部分都先被微生物同化为细胞物质，然后再分解矿化，供植物利用，或转化为另外一些化合物，以流失或挥发方式自土壤中损失，结果造成肥料利用率不高。如能根据这些微生物作用的生态条件，改进

施肥技术，减缓化肥的分解、转变过程，则可减少肥料损失，提高其利用率，降低农业生产成本。

高等植物通过根系对周围土壤产生深刻影响，形成所谓根际。在根际土壤里和根表面栖息有数量大和种类特异的微生物群，它们以直接或间接方式影响植物对养分的吸收利用和正常的生长发育，其中包括有利作用和有害作用两个方面。如微生物产生的某些物质对植物生长发育有刺激作用，另一些则有抑制作用，还有的微生物如植物病原菌能侵染植物机体发生病变。

从土壤里将有益微生物种类分离出来，经过选育，取得高效菌株，再经扩大培养，做成微生物制剂，施用到土壤里，可发挥其特定的有益效用，使农作物增产丰收。如用侵染力强的和固氮效能高的根瘤细菌菌株制成的菌剂，拌种豆科植物的种籽，常可收到预期的增产效果。

除上述各项以外，土壤微生物尚是微生物资源的宝库，如对国计民生有重要意义的链霉素等多种抗生素的产生菌都是从土壤筛选出来的。因此，对这方面的宝藏极待研究、发掘，为国民经济建设发挥应有的作用。

第一章 土壤里微生物的 种类、数量与分布

一、土壤里微生物的种类

(一) 细菌

细菌属原核单细胞生物，个体微小，一般为一微米左右，基本形态有球状的、杆状的与螺旋状的三种。土壤中的细菌杆状的多，球状的少，螺旋状的罕见。多数细菌需有机养料，属有机营养型或化能异养型菌；少数能行光合作用，同化 CO_2 为有机物质，属光能无机营养型或光能自养型菌；有的能氧化无机物，从中取得能量，同化 CO_2 为有机物质，属化

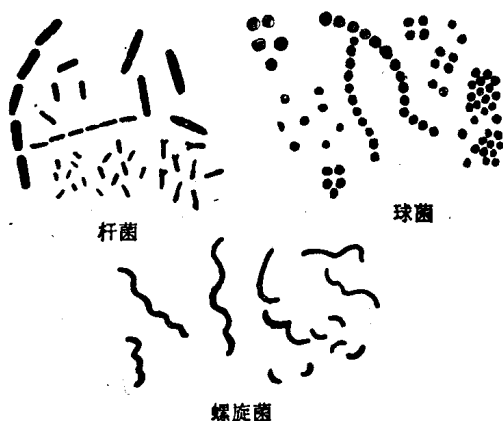


图1-1 细菌的基本形态

能无机营养型或化能自养型菌。土壤里绝大多数细菌都是有
机营养型的，无机营养型的少，化能的多，光能的少。但它
们在土壤里的作用都是很重要的。

一般细菌的细胞结构有细胞壁、细胞质膜、细胞质、内
含物和核物质等，有些细菌尚具有鞭毛(是细菌的运动器官)、
荚膜(包被在细胞壁外，对细菌有保护作用)和芽孢(是在细
胞内形成的休眠体，见图 1-2)。芽孢壁厚、质浓、通透性小，
能抗不良环境条件。芽孢细菌在土壤里可以以芽孢形态度
过不良时期，遇到适宜条件，芽孢又萌发为一个新的营养细
胞。大多数细菌是好气性的，即行呼吸时需空气中的氧；少
数细菌是厌气性的，呼吸时不需要空气中的氧。

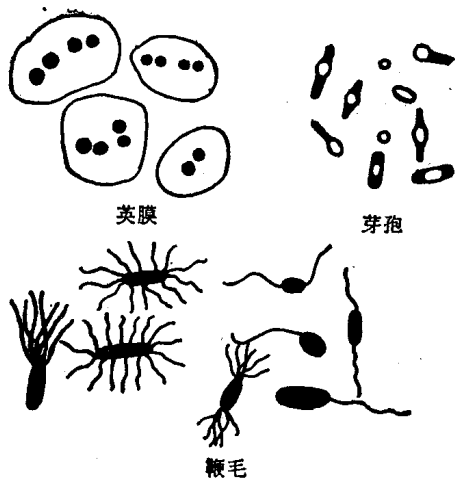


图1-2 细菌的荚膜、芽孢、鞭毛

细菌在土壤里的数量最多，约占土壤微生物总数量的
70—80%。一克土中的细菌数量有几千万至几亿个之多。现
已知土壤细菌有几百种，常见到的优势属类有：节细菌(*Arth-*

robacter)、芽孢杆菌 (*Bacillus*)、梭状芽孢杆菌 (*Clostridium*)、固氮菌 (*Azotobacter*)、假单胞菌 (*Pseudomonas*)、根瘤细菌 (*Rhizobium*)、硝化杆菌 (*Nitrobacter*)、蚀纤维菌 (*Cytophaga*) 和纤维弧菌 (*Cellvibrio*) 等。

生活于土壤中的细菌个体均较培养的小，有些在光学显微镜下都不易看到，形态也有变化。养料不足和环境条件不适宜时，大多数细菌处于不活跃状态，例如形成芽孢，变为包囊，或附着于粘土颗粒表面等，有些则竟死亡。

(二) 放线菌

放线菌属原核微生物，菌体分枝丝状，个体比细菌大，细胞内不含光合色素，需有机物做养料，多以孢子生殖，无有性生殖过程。放线菌的菌丝纤细，直径约与细菌同，但可延伸很长。交织错综的分枝菌丝构成的菌体称为菌丝体。自菌丝体上伸向空气的菌丝部分可产生孢子，孢子多呈链状排列，有的单个存在。孢子成熟后，散落传布各处，遇适宜条件萌发出芽管，伸长为菌丝，经多次分枝，发育为一个新的菌丝体(图 1-3)。

放线菌多属好气性微生物，需有机养料，分解利用有机物的能力强，能适应干旱环境。多数种类特别是链霉菌属的

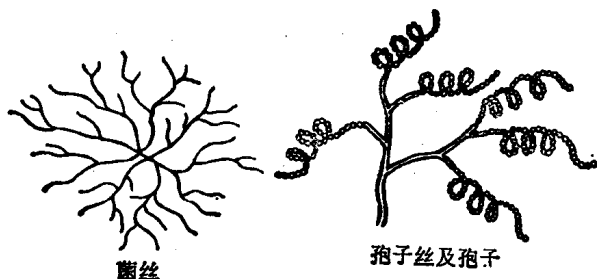


图1-3 “5406”放线菌

放线菌能产生抗生素，现时许多医用与农用抗生素均是它们的发酵产物。

放线菌在土壤里的数量仅次于细菌，一克土里约有几十万、几千万乃至上亿个之多。土壤里放线菌的重要属类有：链霉菌 (*Streptomyces*)，约占放线菌总数的70—90%；诺卡氏菌 (*Nocardia*)，约占10—30%；小单孢菌 (*Micromonospora*)，小于1—15%；放线菌属 (*Actinomyces*) 的菌类很少见到。

土壤中放线菌的菌丝不发达，且多以孢子状态存在，能萌发为菌丝体的仅占孢子总数量的1—10%。因为放线菌较耐干燥，所以在干旱或荒漠土壤中，放线菌占微生物总数量的百分比显著上升。

(三) 真菌

真菌是多细胞或单细胞的真核微生物，个体比细菌大得多，组织结构较复杂，不含光合色素，需有机养料，有无性生殖与有性生殖，生殖时多产生孢子，生活史复杂。习惯上将真菌分为霉菌与酵母菌两类。一般土壤里酵母菌甚少，主要的是霉菌。

霉菌是由分枝菌丝构成的菌丝体。菌丝比细菌及放线菌粗大，有的用肉眼即可看到；长度可延伸很长，能多次分枝形成如棉絮状的菌丝体，有的较致密呈茸毛状。常以孢子进行生殖，孢子有有性的与无性的两类；此外，每段菌丝也有繁殖能力。菌丝体的颜色有无色的、白色的、灰色的、黄绿色的或绿色的等，随菌种不同而异。霉菌是好气性微生物，需有机养料，能分解利用多种有机物质，常着生于各种霉腐物体上，适应性能强，无论在干旱或湿润环境，或是通常土壤的酸、碱条件下，它们都可生活。

霉菌是土壤中第三大类微生物。一克土中的数量有几个、几个、几万个至几十万个之多。重要的霉菌属类有：根霉(*Rhizopus*)、毛霉(*Mucor*)、曲霉(*Aspergillus*)、青霉(*Penicillium*)、木霉(*Trichoderma*)、镰刀霉(*Fusarium*)、链孢霉(*Alternaria*)和毛壳霉(*Chaetomium*)等，其中青霉、曲霉、毛霉和根霉等尤为常见。

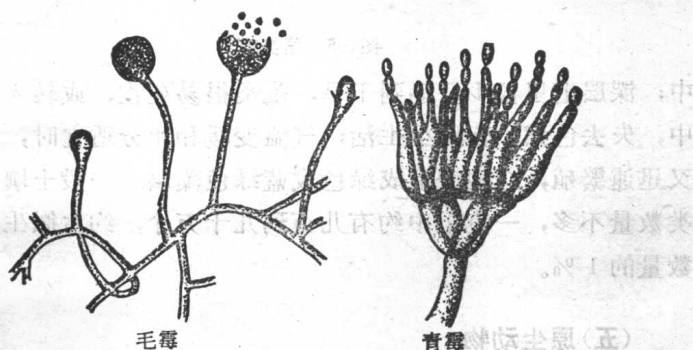


图1-4 毛霉与青霉构造图

土壤中霉菌的菌丝体亦不发达，仅在施新鲜有机物质后，才有旺盛菌丝。一般存在于土中的霉菌个体多为孢子。霉菌较耐酸，在酸性森林土中，霉菌占微生物总量的百分比大大提高。

(四)藻类

除蓝细菌(又叫蓝藻)外，土壤中的藻类尚有鞭毛藻、绿藻和硅藻等(图1-5)。它们是真核单细胞或多细胞生物，含有光合色素，利用矿质养料合成细胞物质，增多土壤有机物质。有些蓝细菌还有固氮功能，丰富土壤的氮素养料。

藻类喜水，多分布在湿润土壤表面和浸水土壤的水层

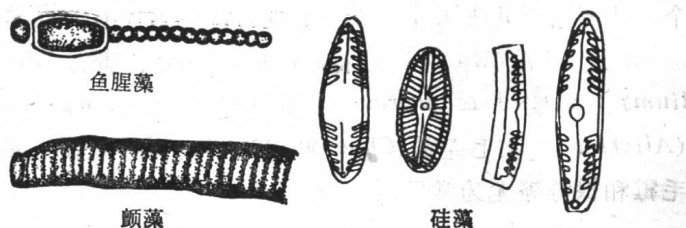


图1-5 藻类图

中；深层土里很少。遇到干旱，藻类很易死亡，或转入土层中，失去色素，营腐生生活；气温变暖和水分适宜时，它们又迅速繁殖，在地表形成绿色或蓝绿色藻层。一般土壤中藻类数量不多，一克土中约有几万到几十万个，约占微生物总数的1%。

(五) 原生动物

土壤中的原生动物有纤毛虫、鞭毛虫和根足虫类等。它们是真核单细胞生物，除极少数外，都不含光合色素，以菌体和有机物质为食料；所以在有机物丰富土壤中的数量特别多。原生动物以微生物为食料时，两者的数量成反相关；原生动物以有机物质为食料时，有助于有机物质的腐解与转变。

一克农田土中原生动物的数量常达几十万个。主要分布在耕层土中，深层土里很少；贫瘠沙质土中的数量有限，有时很难遇到。

(六) 病毒与噬菌体

病毒与噬菌体是非细胞生物。个体很小，在电子显微镜下方可见到；结构简单，内部为核酸芯子，外被蛋白质壳