

农业微生物学

福建农学院微生物研究室编

一九七七、八

《农业微生物学》

目 录

前 言	1
第一章 绪 论	3
一. 什么是微生物	3
二. 微生物的分布	3
三. 微生物的一般特性	4
四. 微生物在农业生产中的作用	5
1. 微生物在土壤肥力方面的作用	5
2. 微生物在植物营养上的直接作用	6
3. 微生物与植物保护	6
4. 微生物与发酵饲料	6
第二章 微生物主要类群的形态	8
第一节 细菌的形态	8
一. 细菌的外形与大小	8
二. 细菌细胞的构造	10
三. 细菌的繁殖和培养特征	13
第二节 放线菌的形态	14
一. 放线菌的个体形态	15
二. 放线菌的繁殖	16
三. 放线菌的菌落特征	17
第三节 真菌的形态	17
一. 酵母菌的形态	18
二. 霉菌的形态	19

<一> 霉菌的营养体	19
<二> 霉菌的繁殖体	20
<三> 几种常见的霉菌	21
第四节 病菌和噬菌体	25
第三章 微生物是怎样生活的	27
第一节 微生物的营养	27
一. 微生物细胞的化学组成	27
二. 微生物的营养	28
<一> 水分	28
<二> 微生物的碳素营养	29
<三> 微生物的氮素营养	32
<四> 微生物的灰分元素营养	33
<五> 生长因素	34
三. 微生物的培养基	34
第二节 微生物的呼吸作用	37
一. 微生物呼吸作用的特点	37
二. 微生物呼吸作用的类型	38
三. 微生物呼吸热在农业实践中的应用	40
第三节 微生物的酶	41
一. 什么是酶	41
二. 酶在微生物生命活动中的意义	41
三. 微生物体内常见的酶类	41
第四节 微生物的生长发育	42
一. 影响微生物生长发育的环境条件	43
1. 温度	43
2. 湿度	44

3. 渗透压	44
4. 酸碱度	45
5. 光和射线	46
二. 微生物的生长曲线	47
三. 消毒和灭菌	49
第四章 微生物在植物养分转化中的作用	54
第一节 碳素的转化	54
一. 自然界中碳素生物循环在农业上的意义	54
二. 有机物质中各种不含氮成分的分解与作 用的微生物	55
<一> 纤维素的分解	55
<二> 果胶类物质的分解	58
<三> 半纤维素的分解	60
<四> 木质素的分解	60
<五> 脂肪的分解	61
三. 有机物质中碳氮含量比例对于无机质化 的影响	62
四. 微生物在有机物质的腐殖质化中的作用	64
五. 堆肥的制造及其微生物学过程	66
<一> 高温堆肥堆积法	66
<二> 堆肥的微生物学过程	68
<三> 堆肥的管理	70
<四> 堆肥的嫌气性堆积法	71
六. 沼气发酵	72
1. 沼气发酵的微生物学原理	72
2. 沼气池的修建及其管理	75

第二节 氮素的转化	78
一 氮素的生物循环在农业生产中的意义	78
二 氨化作用	79
三 硝化作用	81
四 反硝化作用	82
五 生物固氮作用	83
<一> 共生固氮微生物	84
<二> 自生固氮微生物	90
<三> 结合性共生固氮微生物	95
<四> 生物固氮作用过程	96
第三节 矿质元素的转化	97
一 磷的转化	97
二 硫的转化	99
三 钾的转化	101
四 铁的转化	101
第五章 农用微生物的土法生产和应用	103
第一节 根瘤菌肥料的生产 and 应用	103
一 根瘤菌的分离	103
二 紫云英根瘤菌肥料的生产	104
三 其它根瘤菌肥料的生产	115
四 根瘤菌肥料的应用	116
第二节 固氮菌肥料的生产 and 应用	119
一 固氮菌的分离	119
二 固氮菌剂的土法生产	124
三 固氮菌剂的应用	127
第三节 矽细菌肥料的生产 and 应用	129

一、矽细菌的生物学特性	130
二、矽细菌肥料的生产	131
三、矽细菌肥料的应用	136
第四节 硅酸盐细菌的生产和应用	136
一、硅酸盐细菌的生物学特性	137
二、硅酸盐细菌的分离	138
三、硅酸盐细菌的生产	139
四、硅酸盐细菌肥料的应用	143
附：复合肥料的生产和应用	145
第五节 “五四〇六” 抗生素肥的生产和应用	146
一、“五四〇六” 抗生素的生物学特性	146
二、“五四〇六” 抗生素的作用机制	147
三、“五四〇六” 抗生素肥的生产	149
<一> 菌种粉的制作和使用	149
<二> 砂种法生产“五四〇六” 抗生素肥	150
<三> 米饭砂孢子法生产	152
<四> 草纸种生产	153
四、“五四〇六” 菌种退化的防止和菌种复壮	155
五、“五四〇六” 抗生素肥的应用	159
第六节 杀螟杆菌的生产和应用	160
一、杀螟杆菌的生物学特性	161
二、杀螟杆菌的土法生产	163
三、杀螟杆菌的应用	168
第七节 井冈霉素的生产和应用	170
一、井冈霉素产生菌的特性	171
二、井冈霉素的理化性质和生物活性	171

三. 井冈霉素的上法生产	172
四. 井冈霉素的效价测定方法	175
五. 井冈霉素在农业上的应用	181
第八节 庆丰霉素的生产和应用	183
一. 庆丰霉素产生菌的特性	183
二. 庆丰霉素的理化特性和生物活性	183
三. 庆丰霉素的土法生产	184
四. 庆丰霉素的效价测定	188
五. 庆丰霉素的应用	192
第九节 白僵菌剂的生产和应用	193
一. 白僵菌的形态生理	193
二. 白僵菌剂的生产	195
三. 白僵菌剂的应用	200
第十节 “九二〇”的生产和应用	202
一. 赤霉菌的生物学特性	202
二. “九二〇”的生产工艺	203
三. “九二〇”土法产品测定法	209
四. “九二〇”的应用	215

农业微生物学讲义

前 言

毛主席教导我们：“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。”劳动人民的生产实践是科学发展的真正动力，农业微生物学也是在长期的生产实践中不断发展起来的。

我国微生物学有着悠久的历史，我们勤劳勇敢的祖先，在自己长期的生产实践过程中，就认识了微生物的生命活动，并且在应用微生物于工农业生产和医药卫生等方面积累了丰富的经验。如我国劳动人民早在4,000年前就懂得酿酒，以及以后的制醋，发现豆科植物有提高土壤肥力的作用，细菌冶金大规模应用于生产，“人痘”预防天花，以及中草药茯苓、灵芝、冬虫夏草的应用等等。但是由于几千年来长期残酷的封建统治和近百年来帝国主义的侵略掠夺，国民党反动派的压迫剥削，以及历代反动统治阶级极力宣扬唯心论和天命论来毒害和麻醉广大劳动人民，使我国生产力和科学技术的发展受到了很大的影响，既没有认真地总结丰富的生产斗争经验，也谈不上对科学技术的进一步研究。

解放后，我国社会主义制度为科学技术的发展开辟了广阔前途，特别是1958年以来，在党的三面红旗指引下，广大科技人员和人民群众破除迷信，解放思想，大搞群众运动，广泛开展了应用微生物的科学实验，并取得了可喜的成绩。但是由于刘少奇反革命修正主义路线的干扰和破坏，使刚刚掀起的群

众性农业微生物实验运动被扼杀下去，微生物的研究和应用仍然为少数人所垄断。

“无产阶级文化大革命就是解放生产力。”史无前例的无产阶级文化大革命和批林批孔斗争，摧毁了刘少奇和林彪两个资产阶级司令部，粉碎了他们妄图颠覆无产阶级专政复辟资本主义的罪恶阴谋，批判了微生物学“神秘论”等黑货，批判了反动的孔孟之道。在毛主席革命路线的指引下，工农兵登上了科学技术舞台，广大工人、贫下中农、干部和技术人员实行革命三结合，遵照毛主席“自力更生，艰苦奋斗”的教导，土法上马、土洋结合，因地制宜地办起了大批的县、社、队的微生物工厂或车间，改变了微生物学掌握在少数人手里的局面，使微生物在农业生产上的应用越来越普及。

以华主席为首的党中央一举粉碎“四人帮”，大大激发了专业科技人员和广大革命群众的积极性，农业微生物学的普及和提高，和其他科学一样，将得到进一步的发展。

为了适应教育革命发展的需要，我们根据修读本课程的有关专业的情况和农业生产发展的需要，编写了这本讲义。盼能更好服务于生产，使微生物学在农业生产中发挥作用。由于我们政治思想水平低，时间匆促，错误和不当之处请同志们批评指正。

编者 1977.7

第一章 绪 论

一、什么是微生物

微生物是一群个体微小、结构简单，用肉眼分辨不清其个体的生物。必须借助于显微镜或电子显微镜放大几百倍、上千倍、甚至几十万倍才能看得到，其个体多为单细胞或简单的多细胞，有的甚至没有细胞结构。其主要类群包括细菌、放线菌、霉菌、酵母菌、病毒、噬菌体、单细胞藻类和原生动物。

二、微生物的分布：

在自然界中到处都有微生物的存在和活动。在大气中，从地表空气到两万多米的高空都有微生物的分布。在水里，江、河、湖、海，到处都有微生物存在，就是海洋深处、温泉以及工业废水也有微生物生活着。土壤更是微生物滋生的场所，一克耕作层的土壤就存在着几亿至几十亿个微生物。从热带的丛林，到冰封的极地，无论是城市的柏油马路，水泥建筑中，还是人烟稀少的高山、荒原上，以至地下几千米深的石油钻井里，都能找到各种微生物。在人体、动物体的内外，从皮肤、毛发、口腔、耳、鼻到消化道，排泄物都生活着不少微生物，某些致病微生物甚至可以侵入肌肉、内脏、血液。在植物的根、茎、叶、花、果实和种子表面也附生着大量微生物，有些微生物还可侵入植物组织，同植物相互提供营养或引起植物病害。这些微生物，虽然大量地生活在我们的周围，但是看不见，也摸不着，并且在不知不觉中产生了很多巨大的作用，这似乎使人感到很神秘，或者片面地以为微生物就是病菌，望而生畏，其实，在日常生活中我们几乎每时每刻都在同微生物见面、接触；大

多数微生物对人和动植物是有益的，对人和动植物有害的只是一部分。

三、微生物的一般特性

微生物具有不同于动植物的如下特点：

1. 体形微小、种类繁多：微生物个体很小，必须用显微镜或电子显微镜放大后才能看到，其大小通常用微米(μ)为单位来表示， $1\mu = \frac{1}{1000}mm$ (毫米)，细菌直径一般为 1μ ，霉菌直径约 5μ ，要几十根菌丝才有一根头发那样粗。病毒和噬菌体的形体更小，差不多几十个或几百个病毒或噬菌体才有一个细菌那么大，一般用毫微米($m\mu$)表示， $1m\mu = \frac{1}{1000}\mu$ 。由于微生物个体小，易受环境条件影响，随时都在适应新的环境中发生变异，因此种类特别多，现已发现的微生物就有四万多种，据估计已发现的种数只不过是整个微生物界的十分之一，所以更大量的微生物资源尚待我们去发掘。

2. 繁殖速度快、新陈代谢能力强：微生物的生长繁殖远较其他动植物为快，一般微生物每二十分钟就能繁殖一代，一昼夜就是七十二代，一个菌在充分适宜的条件下经二十四小时就能繁殖到四万亿亿个。为工业生产提供了有利件。微生物的新陈代谢能力是很强的，据推算，在适宜条件下，一昼夜合成的营养物质可相当于自身原来重量的三十倍——四十倍，这是动植物达不到的。

3. 容易发生变异：这个特点，对人类利用微生物来说，既是优点，又是缺点。在某些微生物生产应用方面，如条件控制不好，菌种就易变异退化，影响生产和产品质量。但是人们又可利用此特点，有目的的进行人工诱变育种，迅速选育出更优良的菌种。

4. 易于人工培养：微生物中的绝大多数种类，都能用人工的方法进行培养，只要掌握微生物生命活动的规律，为其生长发育创造一定的条件，就可以使它们不受地区、气候季节的限制，进行大量的繁殖，制造各种产品应用于工农业生产和满足人民的生活需要。

四. 微生物在农业生产中的作用

要想充分利用微生物为农业生产服务，首先必须了解微生物在农业生产中的作用。微生物在农业生产中的作用可归纳为下列五个方面：

1. 微生物在土壤肥力方面的作用：

土壤是农业的基本生产条件之一，农业生产要求土壤为作物的生长发育提供大量的水分和各种养分，以便作物吸收利用。土壤源源不断地供给植物养料，与土壤中生活着的亿万微生物有着极其密切的联系。(1) 在土壤中一年四季都有着大量的有机质，如植物的枯枝落叶、残根、动物的排泄物和尸体，微生物遗体以及施入土壤的有机肥料等，通过微生物的分解作用，可以逐步释放出大量可给态养分，如铵盐、硝酸盐、磷酸盐、磷酸盐、硫酸盐、钾盐、铁盐以及各种微量元素供植物吸收利用。(2) 微生物可以合成土壤腐殖质。腐殖质能将土粒胶结起来使土壤形成“团粒结构”，使土壤疏松，便于透气和耕作，又能很好保持水分和养分，同时有利于土壤中有益微生物的活动，腐殖质包含的丰富养分又能被微生物再分解释放供植物吸收。微生物从中对土壤肥力起了较好的调节作用。(3) 土壤中的根瘤菌、固氮菌、固氮蓝藻等固氮微生物可直接利用空气中分子态氮转化为作物可以吸收的氮化物。(4) 存在于土壤或肥料的有机质中的植物所需的硫和磷，可以通过微生物对有机质的分解作用被释放出来。其他土壤母质、化肥以及许多次生元

机盐中的硫、磷、钾、钙、镁、铁以及一些微量元素，则可因微生物生命活动中产生的酸类进行溶解而被植物吸收利用。

(5) 农村的人畜粪尿、厩肥、堆肥、草塘泥、绿肥等有机肥料的腐熟分解都是微生物作用的结果。

2. 微生物在植物营养上的直接作用：

微生物除了对土壤、肥料的影响以外，还有直接营养植物的作用。由于分布于植物根系的根际微生物的强盛活动，形成了各种产物，如二氧化碳、各种有机酸、氨基酸、醇、抗菌素、维生素和刺激素等，这些物质改善了作物的营养，刺激了农作物的生长，抑制了为害作物的病原菌，有些真菌也能和某些植物建立共生关系，把它们的菌丝体包围在植物根外或进入根内和根组织共同发育形成菌根，这种菌根不仅扩大了根的吸收面，同时也成为分解周围土壤中的有机质和有效转化矿质营养分的强大活动面，提高了根部吸收水分和养分的效率，对促进植物生长发育有良好的作用。

3. 微生物与植物保护：

有些微生物可以产生具有抑制或杀死植物病原菌的抗菌物质如春雷霉素、内疗素、井冈霉素等，它们都可以被用作防治植物病害的药剂，具有选择性强、使用浓度低、有效期长，对人畜毒性低的优点。有些微生物可以引起昆虫致病而死亡，近年来已将这些微生物制成农药用来防治多种作物、蔬菜和森林的害虫，如杀螟杆菌、白僵菌、多角体病毒等。某些微生物可以寄生在杂草上，引起杂草发病死亡，这些微生物已被用来防治田间的某些杂草如鲁保一号制剂。

4. 微生物与发酵饲料：

有些微生物可以将秸秆、秕壳、树叶、青草等粗饲料转化

为营养价值较高的饲料，有些微生物其细胞具有丰富的营养可作为家畜精料，有些微生物产生的抗菌素对雏禽和幼畜有防病和刺激生长的作用。另外青草、多汁饲料等通过微生物发酵作用可延长保藏时间。

此外，农村产品加工都与微生物有密切的关系，如酱、醋、酒、味精的制作；麻类的脱胶；蘑菇、草菇、木耳等的培育都是微生物参与作用的结果。

第二章 微生物主要类群的形态

第一节 细菌的形态

一、细菌的外形与大小

细菌是单细胞的微生物，每个细胞就是一个独立的生活单位，许多细菌细胞的个体往往可以聚集在一起成为群体，但群体中的每一个细菌细胞仍然进行各自的生命活动。通常以简单的横分裂法进行繁殖。从进化上来说细菌属于比较原始的原核生物，细菌结构中没有分化明显，结构完整的细胞核。

细菌在一定条件下，每一种细菌都能保持一定的形状，细菌的基本形态可分为球状、桿状和螺旋状三种类型，或分别称为球菌、桿菌、螺旋菌。

(一) 球菌：菌体圆球形，若几个菌体联合在一起，其接触面常呈扁平状态。

按其分裂方向和聚散排列的不同，可分为单球菌、双球菌、链球菌、四联球菌、八叠球菌、葡萄球菌等（见图1）。球菌的大小随种类不同而异，并以细胞直径来表

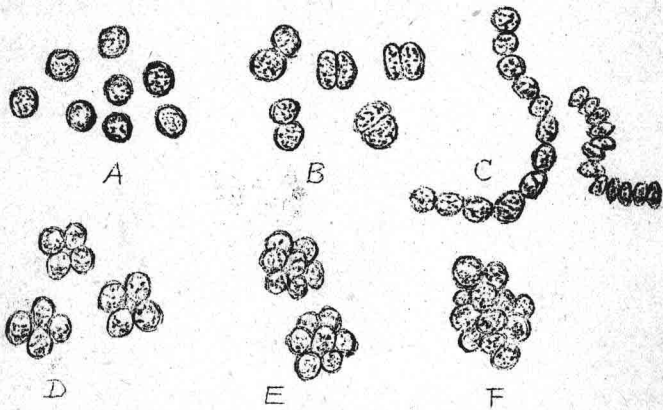


图1 球菌的各种形态

- A. 单球菌； B. 双球菌； C. 链球菌；
D. 四联球菌； E. 八叠球菌； F. 葡萄球菌。

示。一般以微米(μ)作为测量微生物大小的单位。1微米(μ) = $\frac{1}{1000}$ 毫米($m.m$)。一般球菌的直径是0.5-1.0 μ 。

(二) 桿菌：菌体圆柱形或长椭圆形，两端通常钝圆(如枯草桿菌)亦有平截的(如炭疽桿菌)或稍尖的(如纤维分解菌)。按其菌体排列方式

分为单桿菌、双桿菌和链桿菌。其长与宽比例、长短、粗细、顶端形状因种类不同而异。桿菌是自然界中种类

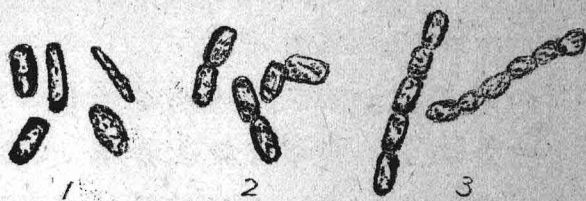


图2 桿菌的各种形态

1. 单桿菌； 2. 双桿菌； 3. 链桿菌。

最多的细菌(图2)。其大小以宽 \times 长来表示，常见桿菌宽0.5-1.0 μ ，长1-4 μ ，可写作0.5-1.0 \times 1-4 μ 。

(三) 螺旋菌：细胞呈弯曲状，菌体弯曲呈弧状者称弧菌，菌体弯曲超过一圈以上者，称为螺旋菌，菌体弯曲度多而柔软可以改变形状的螺旋菌称为螺旋体。纵裂繁殖分裂后即分散。其菌体大小，宽0.5-2 μ ，长度只测其弯曲可见度，其长度因种类不同而有较大的差异。(图3)

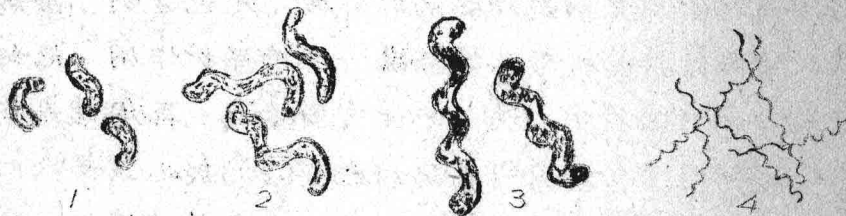


图3 弧菌和螺旋菌的形态

1. 弧菌； 2, 3, 4. 螺旋菌。

细菌的形状和大小与生活的环境因子有密切关系，如温度。

培养基性质、菌龄等，各种细菌在幼嫩时期和适宜的环境条件下表现为正常的形态和大小。培养条件改变，菌体衰老时常会出现变形体，高渗透压条件生长的细菌一般较小，镜检时可因染色方法不同菌体大小而有差异，因此在描述菌体形态特征时应说明培养基种类、培养时间、培养温度等。

二、细菌细胞的构造：

细菌细胞虽小，但其构造的复杂性并不亚于高等植物的细胞，主要是由细胞壁、原生质膜、原生质、细胞核等组成。有些细菌还具有荚膜、鞭毛和芽孢等特殊构造。（图4）

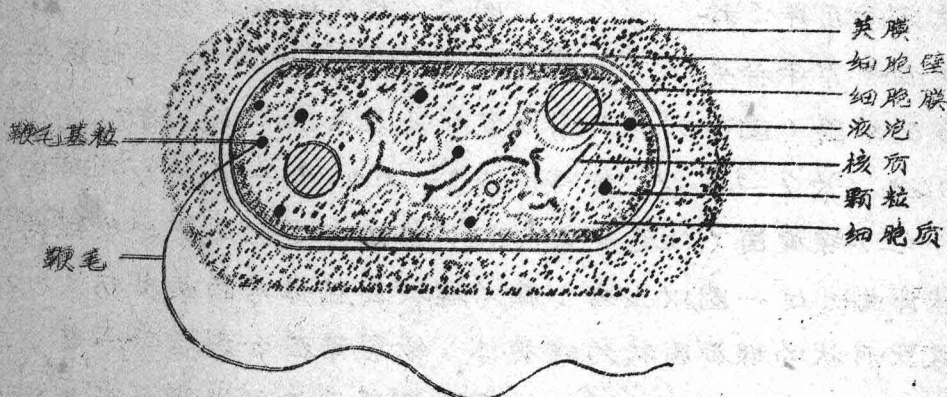


图4 细菌细胞结构示意图

1. 细胞壁：是细菌细胞的最外层，无色透明，坚韧而有弹性，是细菌保持固有形态的基础，并有保护作用。把细菌浸于1-5%的盐溶液中，使其产生质壁分离，再用结晶紫染色，可看到细胞壁。革兰氏阴性菌的细胞壁一般比革兰氏阳性菌薄。细胞壁的主要成分是粘质複合物，由氨基葡萄糖、粘质酸及包含有3-5个氨酸的肽所组成。革兰氏阴性菌还含有蛋白质类脂和多糖等成分。

2. 原生质膜：是紧贴细胞壁的原生质外膜，是一层薄而