

5  
10

# 微生物学基础

山农生物系

微生物学教研组

1973.3.

# 微生物学基础

## 目录

|      |                  |       |
|------|------------------|-------|
| 第一章  | 学习微生物学应具有的基本观点   | 第一页   |
| "二"  | 微生物在自然界中的地位和重要作用 | "五"   |
| "三"  | 微生物的主要类群         | "十五"  |
| "四"  | 微生物的营养和生长        | "四十"  |
| "五"  | 微生物的呼吸和发酵        | "五十四" |
| "六"  | 微生物的酶和酶制剂        | "六十四" |
| "七"  | 外界环境条件对微生物的作用    | "七十五" |
| "八"  | 微生物的分类           | "九十"  |
| "九"  | 微生物在自然界物质循环中的作用  | "一一四" |
| "十"  | 微生物的遗传           | "一二六" |
| "十一" | 微生物的生态分布         | "一五五" |
| "十二" | 微生物彼此之间及与其它生物的关系 | "一六二" |
| 附录:  | 常用微生物学           | "一七七" |
| 正误表: |                  |       |

## 第一章 学习微生物学应具有的基本观点

- 一、人民群众的生产实践活动是微生物学发展的真正动力
- 二、为那个阶级服务是微生物工作中的根本问题
- 三、唯物辩证法是微生物学发展中的强大思想武器
- 四、毛主席革命路线的领导是我国微生物学不断前进的根本保证。

## 第一章 学习微生物学应具有的基本观点

### 一、人民群众的生产实践活动是微生物学发展的真正动力

“一切真知都是从直接经验发源的”。(实践论)“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的”(恩格斯：自然辩证法)微生物学和其他科学技术一样，也是随着人类生产实践活动的发展而产生和发展起来的，反过来它又推动着生产的前进。古代劳动人民在应用微生物技术方面，有着丰富的经验。但由于当时历史条件的限制，还不可能具体认识到微生物的作用，在农业、畜牧业中，在长期的生产实践活动中，和在向疾病做斗争中，人类就不断积累了这方面的经验。如我国远在四千多年前就已经会酿酒，二千五百多年前就知道用豆付上的霉菌治疗疮、疔。在长沙出土的二千一百多年前西汉古墓中尸体和水果能完整的保存下来，这说明当时对防腐已有相当丰富的经验，一千五百多年的北魏时代就知道种过豆科植物的田地比较肥沃，用轮作、套土等方法进行利用。九百多年前就使用了细菌炼铜的方法，八百多年前就用种牛痘来防天花……在自给自足的自然经济上占主要地位的封建社会中，在封建地主阶级的残酷剥削压迫下，社会经济和文化的发展十分迟缓，对微生物技术的应用也大都处于比较原始的状态，而形成了不系统的科学知识。“资产阶级在它的不到一百年的阶级统治中所创造的生产力，比过去一切世代创造的全部生产力还要多，还要大”。(共产党宣言)资本主义社会的出现，生产力的迅速发展，促进了科学的进步，同其它自然科学一样，近代微生物学的发展开始于十六世纪，即所谓欧洲的“文艺复兴”时期。十七世纪末，在最早的资本主义国家荷兰制造放大率为率200~300倍的显微镜，人们第一次在显微镜下看到了细菌。此后二百多年以来，陆续观察到了数百种微生物，但所做的工作也很限于对各种微生物形态的描叙，而对微生物生命活动规律性的研究仍然很少。十九世纪中叶，产业革命兴起，资本主义社会

生产力迅速发展，推动着科学的前进。“可以说，真正有系统的实验科学，这时候才第一次成为可能”（自然辩证法）。在社会生产的推动下，在化学、物理学和其它学科不断发展的促进下，微生物学进入了“生理学时期”，对葡萄酒、啤酒发酵变质的研究，使对酒精、醋酸发酵过程的基本机制得到了认识，逐渐由直感的经验上升到科学实验的总结阶段，促进了近代发酵工业的兴起。

在人类长期与传染病做斗争的基础上，在当时各科学所提供的技术、工具协助下，炭疽、结核、霍乱等主要传染病的病原菌，被分离成纯培养，免疫作用也得到了深入的研究，这使人类对传染病的防治也进入了一个逐渐能对症下药和进行预防的新阶段。各种各类的微生物相继被发现，被分离培养。在此基础上，分类系统相继建立。微生物实验技术也日趋完善。对微生物生理学的研究，又推动了生物化学和遗传学的发展，近代生物化学和遗传学上的重大发现，大都起始于对微生物生命活动过程的研究。本世纪四十年代抗菌素工业的建立、五十年代酶制剂工业的兴起，微生物制剂在工农业生产上越来越广泛的应用。对微生物细胞结构与功能和对微生物代谢活动控制的深入研究——显示着微生物学又发展到一个新的阶段。

毛主席在实践论里教导我们说：“马克思主义者认为人类社会的生产活动是一步又一步地由低级向高级发展，因此，人们的认识不论对自然界方面，对于社会方面，也都是一步一步地由低级向高级发展，即由浅入深，由片面到更多的方面”。微生物学的发展史，充分反映了这个真理，微生物学发展上的每一项成就，都是社会生产发展到一定水平的产物，都带有社会发展的必然性和历史的局限性，而绝不会超过社会发展的进程，被“发现”和“创造”出来。在历史上做出过贡献的科学家主要是由于他们能联系当时社会生产活动，对生产实践经验，进行理论概括，并反复实践，总结出规律来，他们的发现和发明“一方面要有现存的协作条件，一方面

又要有前人劳动的利用作为条件”。(马克思)而绝不可能是由他们个人的什么“天才”、“聪明”来决定。

## 二、为那个阶级服务是微生物工作中的根本问题。

在阶级社会中，微生物学总是为一定阶级服务的，在不同的社会制度下，它有着不同的发展方向。在资本主义社会中，资产阶级把微生物技术作为他们牟取利润的商品，为他们剥削劳动人民、发财致富服务。在帝国主义国家中，甚至成了垄断资本家发动侵略战争、推行侵略政策的杀人工具。在抗日战争和抗美援朝期间，日本军国主义和美帝国主义在朝鲜和我国东北地区都曾使用过细菌武器。美帝国主义现在还在进行大规模细菌战的研究。在我们无产阶级专政的社会主义社会里，全心全意为人民服务，为巩固无产阶级专政服务，是我国微生物学发展的根本方向。在全国大搞微生物的群众运动中，伟大的中国人民解放军发挥了先锋带头作用。模范饲养员叶洪海同志，遵照毛主席关于养猪“不一定要精料，尤其不一定要用很多的精料”的教导，在总结群众经验的基础上，经过反复实践，创造了“中曲”发酵饲料，为发展养猪事业做出了贡献。在微生物科学实验运动中，涌现出了很多“一不怕苦，二不怕死”全心全意为人民服务的先进集体和个人。石油脱蜡、细菌冶金、抗癌抗菌素的生产等，过去被认为不易攻克的难题，一一被攻克。但是在少数微生物工作人员中，为什么人的问题还没有得到真正的解决。他们往往计较个人得失，缺乏全心全意为人民服务的思想，轻视实践，看不起群众运动。这是刘少奇反革命修正主义路线余毒没有肃清的反映，是资产阶级世界观的表现。近年来刘少奇一类政治骗子所散布的唯心论的先验论，对微生物学工作也有影响。如有的缺乏实事求是的科学态度，甚至以主观愿望代替客观事实，弄虚作假等。这都妨碍了微生物学的发展。毛主席说：“世界观的转变是一个根

本的转变”。“为什么人的问题是一个根本的问题，原则的问题。”我们只有积极地改造思想，不断提高在无产阶级专政下继续革命的觉悟，在三大革命运动实践中，勇于实践，深入探索，敢于革命，才能正确的认识世界和改造世界，不断攀登微生物科学的高峰，为人类进步做出较大贡献。

### 三、唯物辩证法是微生物学发展中的强大思想武器

用唯心论和形而上学反对唯物论和辩证法是历史上反动阶级向革命阶级进攻的一个重要方面。在微生物学发展中也一直存在着这方面的尖锐斗争。在封建社会中，把由于微生物引起的传染病，归之于鬼神做怪，藉此宣扬宗教迷信，麻痹人民思想，以维护封建统治。微生物学发展史上出现的认为各种微生物不是由进化而来，而是突然“自然发生”的，和微生物的种是绝对不变的等唯心主义形而上学观点，都曾严重阻碍了微生物学的发展。十九世纪末，二十世纪初，微生物学技术的发展很快，但是由于历史局限性和阶级偏见的限制，这些资产阶级科学家们，对微生物生命活动规律性的认识上，往往陷入唯心论的目的论的泥坑，形而上学的观点也相当严重。他们一方面对微生物的形态结构，生理功能进行了详细的观察和研究，另一方面同时又把微生物界看成是“某种僵化的东西，某种不变的东西，而在他们中的大多数人的看来，则是某种一下子造成的东西。科学还深深地禁锢在神学之中”（恩格斯：自然辩证法）。例如：德国微生物学家柯赫（Robert Koch）他是炭疽、霍乱、肺结核、鼠疫等人类主要传染病病原菌的发现者，在传染病的预防和治疗上做出了贡献。但是他的关于病原菌学说的“柯赫三原则”只把传染病的发生看做病原菌的作用结果，完全忽视了机体的作用。突出地表现了用孤立的、片面的、静止的观点去观察分析问题的形而上学的观点。再如美国微生物学家斯坦尼（Stanley）在烟草花

叶病毒结构的研究上做出过重大的发现，对分子生物学的研究发挥过推动作用，然而他却把病毒的有规则精密结构归之为“造物主的智慧”跌进了唯心的泥坑！

毛主席指出：“共产党人的任务就在于揭露反动派和形而上学的错误思想，宣传事物本来的辩证法，促成事物的转化，达到革命的目的”。无产阶级文化大革命以来，广大工农兵群众和革命知识分子在这方面做出了可喜的成绩。“九二〇”的应用，就是一个很好的例子。赤霉病菌寄生在水稻上，会引起水稻茎秆病长而减产；经过反复实验，发现这种菌的提取物即“九二〇”，却对水稻、棉花等多种作物有利，能增产。为了得到“九二〇”，就要大量培养繁殖赤霉菌，但为了防止这种菌为害水稻，在喷射“九二〇”时就要严格消灭这种菌。既要繁殖，又要消灭，相反相成，体现了我们对“九二〇”这个客观事物规律性的认识，利用这个认识兴利去弊，就可以能动地改造自然。

在应用微生物的科学实验中，我们还可以发现，持有形而上学观点的人，在对待人和物的关系上，往往迷信技术、设备条件，忽视人的因素。只想伸手要“大、洋、全”，不愿自力更生，看不起“小土、群”，这是主观地和片面地看问题的结果，是机械唯物论的观点。我们要坚持“人的因素第一”的辩证唯物论的观点，又要反对唯心主义的“无条件论”要既有革命干劲，又要有科学态度，充分发挥人的积极主动性的基础上，努力创造物质设备条件。

在微生物科学实验运动中，唯物辩证法与唯心论形而上学两种思想体系的斗争，和其他战线一样，实质上也是过渡时期两个阶级两条道路，两条路线斗争的反映。刘少奇一类政治骗子，长期以来不断从右的或形“左”实右的两个方面，干扰破坏毛主席革命路线在科学实验运动中的贯彻执行。他们忽而捏造“政治可以冲击其他”，鼓吹空头政治，破坏“抓革命，促生产”的方针，忽而提出“生产为科研服务”、“自然科学家就是当然的唯物论者”，本末倒置，



围绕我们学习毛泽东思想。

我们必须认真学习马列主义、毛泽东思想，自觉地运用唯物辩证法去认识世界和改造世界，认识自己和改造自己，把理论学习和现实斗争与具体工作结合起来，进一步提高路线斗争觉悟，戳穿刘少奇一类政治骗子的谎言和诡辩，为进一步巩固无产阶级专政而努力学习。

#### 四、毛主席革命路线的领导是我国微生物学不断前进的根本保证。

毛主席指出：“中国是世界文明发达最早的国家之一，中国已有将近四千年有文字可考的历史”。我国劳动人民在生产实践中应用微生物技术，具有悠久的历史和丰富的经验。

三千多年的封建统治和近百年来帝国主义的统治和压迫，使我国的政治、经济、文化长期处于发展迟缓的状态。解放以来，特别是在1948年以后，在毛主席关于破除迷信，解放思想的指示和党的社会主义建设总路线的指引下，我国在工农业生产和医药卫生工作上应用微生物技术，取得了显著成绩。但是，“正确的政治路线和军事路线不是自然地平安地产生和发展起来的”。由于刘少奇反革命修正主义路线的干扰破坏，微生物的研究和应用一度被神秘化，参加工作的往往只是少数专家，理论脱离实际，洋奴哲学和爬行主义等错误倾向也相当严重，这都阻碍了这门科学的发展。在无产阶级文化大革命伟大胜利的推动下，通过开展革命大批判，破除了神秘观点，实行了领导干部、工农群众和技术人员三结合，密切结合生产实际，积极开展了微生物学科学实验活动，在短短的几年之中，就取得了可喜的成果，展示出十分广阔的前景。我国已有二十多个省、市、自治区开展了应用微生物的科学实验活动。山东省在一九七一年就在一千多万亩作物上使用了微生物制剂。发酵饲料和

“九二〇”、“七〇三”、“五四〇六”等植物生长刺激素、菌肥，和青虫菌、春雷霉素“〇”等细菌农药，抗菌素工业和酶制剂工业在全省已初具规模，传统的发酵酿造工业生产技术不断革新。各地还试制出很多新品种，如我省制成的防治大豆兔丝子的微生物农药“鲁保一号”。在食品、酿造、纺织、制革等轻工业以及石油、化工和探矿、冶金等重工业中，微生物技术的应用也是越来越广泛。在医药卫生方面，我国已利用微生物制成了几十种抗菌素和对某些疾病有特殊疗效的药品。各地还举办了微生物学习班、训练班，各种类型高等学校的微生物专业也都招收了工农兵学员。亿万工农兵群众参加科学实验运动，为科学技术的发展开创了无限广阔的道路，一个用毛泽东思想统帅的微生物应用群众运动，正在我国蓬勃兴起，这是毛主席革命路线的伟大胜利，这是毛泽东思想的伟大胜利！

从当前情况来看，在微生物学工作上特别是在很多业务领域中，一方面封、资、修的流毒仍然未得到彻底肃清；而同时又受到刘少奇一类政治骗子所散布的形“左”实右，实用主义等反动路线的干扰和破坏。我们必需努力学习马列主义、毛泽东思想，认真总结经验，排除“左”右干扰，坚持在毛主席无产阶级革命路线的领导下，努力使我国微生物科学实验运动，不断前进，争取更大的胜利！

## 第三章 微生物在生物界中的地位和重要作用

### 一、什么是微生物

### 二、微生物的重要作用

#### 1、自然界物质循环的重要环节

#### 2、农业增产的有效措施

#### 3、工业生产的新途径

#### 4、防治疾病的有力武器

#### 5、科学实验工作中的兴兵

## 第二章 微生物在生物界中的地位和重要作用

### 一、什么是微生物

毛主席指出：“无论何人要认识什么事物，除了要同那事物接触，即生活于（实践于）那个事物的环境，是没有法子解决的”。我们要认识微生物，也必须这样。实际上我们是生活在一个充满着微生物的世界里，但由于它们的个体微小，我们的肉眼看不见，因而往往感觉不到它们的存在和它们所起的巨大的作用。我们首先从日常生活和生产实践中常见的由微生物的生命活动所引起的各种现象开始，来认识微生物。麦穗变成了黑粉（乌麦）、地瓜上出现了一块凹陷的黑斑、苹果树干上发生了红褐色的腐烂，这都是由于微生物的侵害它们的结果。漏水的草垛，受潮的粮仓会生霉发热腐烂，是微生物在其中大量繁殖造成的，杂草、作物的稻秆和牲畜的粪混在一起堆积能沤成肥料，这个转化过程也是微生物来实现的；伤口化脓，手脚生癣、伤风感冒，是它们对我们身体的危害，青霉素、链霉素等各种抗菌素是微生物的代谢产物；酒精、醋、乳酸、丙酮丁醇是它们的发酵产品。由微生物的活动造成的现象是这样普遍，但是由于它们的个体很小，必须用显微镜把它们放大几百倍、几千倍、甚至万倍以上才能看到，因此，我们对微生物的认识就不如对常见的动植物那样熟悉。而且，往往还认识不到很多常见的重要现象都是它们引起的。

“有比较才能有鉴别”，与我们常见的动植物相比较，微生物有那些特点呢？

在形态构造和生理机能上，高等动植物之间有着清楚的区别，（见表2-1），但对愈是低等的动植物来说，进行这种区分，则愈为困难，对最低等的单细胞动物和植物来说，它们除各具有动物和植物的特点之外，便又都具有一些与高等动植物迥然不同的一些特点，因此，我们把这些单细胞的动植物，以及也具有和它们相

似的特点，而不属于动植物界的一些原始类型的生物，合称为微生物。它们主要包括动物界中的原生动物，植物界中的单细胞藻类和细菌、酵母菌、霉菌、放线菌等几大类。

表 2-1 高等动物和高等植物的主要区别

|          |          | 植 物      | 动 物       |
|----------|----------|----------|-----------|
| 生理功能上的区别 | 能源来源     | 日光       | 有机物质的氧化   |
|          | 食物来源     | 光合作用的产物  | 植物或其他动物   |
|          | 体内主要贮存物质 | 淀粉       | 蛋白质、脂肪、肝糖 |
|          | 活动方式     | 不能运动     | 能运动       |
| 形态构造上的区别 | 细胞壁      | 有        | 无         |
|          | 生长方式     | "开放式"的生长 | 有"限制性"的生长 |

微生物是整个生物界的一部分，和高等动物一样，它们都能进行新陈代谢，生长繁殖，都有遗传变异的能力。它们与高等动植物显著不同的特点，可以用两句话来概括：个体小，分化少，代谢强；繁殖快，种类多，分布广。

1、个体小，分化少，代谢强 微生物的个体比常见的动植物的个体要小的多，用几尺、几寸来表示它们的大小，记忆、书写时就很不方便了。通常用一公尺的百万分之一（一毫米的千分之一）做单位，叫“一微米” $\mu$ ，来衡量它们的大小。一般微生物的个体只有几个微米大，生活在土壤中有固氮能力的圆褐固氮菌像一个直径3~4微米的小球，一粒小米（直径大约1毫米）就能装下二千万个圆褐固氮菌。一亿个酵母菌大约才有一克重（即一公斤的千分之一）。

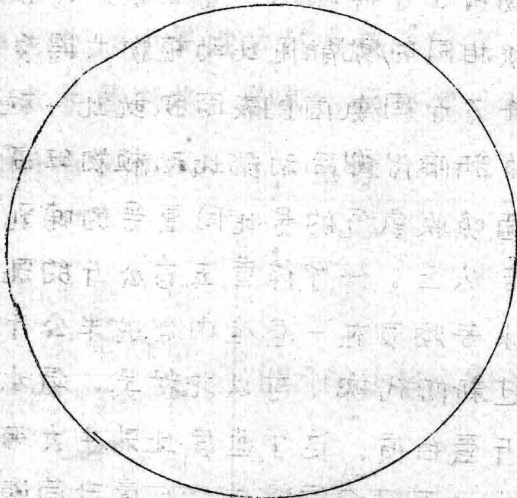
高等动植物体都是由亿万种各种类型的细胞组成的，有着很复杂的形态结构和生理上的分工，而微生物则往往只由一个细胞构成，而很少有分化的体制。

与外界环境不断进行物质交换（吐故纳新）是一切生物的共性。

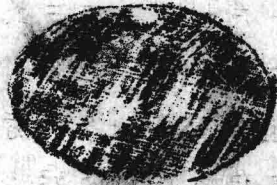
微生物种类 直径或宽×长

$\mu$

(人红血球) 15



啤酒酵母菌 6×9



枯草杆菌 0.8×2.5



大肠杆菌 0.5×1.5



葡萄球菌 0.8



牛痘病毒 0.2×0.6



菸草花叶病毒 0.15×0.30



乙型脑炎病毒 0.018

10  $\mu$

图2-1 微生物的大小 (与红血球相比)

微生物由于个体微小，表面积/体积的比率较动植物大的多，因而在体积相同时就能用比动植物大得多的表面积与外界环境直接接触，如二千万个固氮菌的表面积就比一粒小米的表面积大200多倍，所以它的新陈代谢活动就比动植物旺盛强烈的多。在相同时间内固氮菌吸收氧气的量比同重量的哺乳动物肝脏细胞吸收氧气的量要大千倍以上。一个体重五百公斤的乳牛通过新陈代谢，只能利用饲料、水等物质在一昼夜内合成半公斤蛋白质，而五百公斤重的圆酵母通过新陈代谢，可以把糖类、氨水等物质在一昼夜内合成一千五百公斤蛋白质。这个速度比乳牛大两千多倍。再如某酒厂培养酒精酵母，四天时间便能由25毫升菌液扩大为1,314斤，这些酵母菌可使1万5千斤地瓜干在三天内发酵产生五千七百多斤95%酒精。正确利用微生物这个特性，大量培养微生物时，就可能取得比饲养动物和栽培植物更高的劳动生产率。

微生物不仅代谢速度快，而且“食性杂”，各种各样的物质都能作为它们的食物。动物的粪便、植物的秸秆，几乎地球上任何一种有机物质包括石油、天然气、煤炭等都能为它们利用。甚至钢铁、岩石也能为微生物所分解。它的代谢产物也是多种多样。据十多年前的统计微生物的产物已超过1300种。这些特性，给我们利用廉价的原料大量培养它们，制备各种产物提供了很有利的条件。

## 2、繁殖快、种类多、分布广。

微生物大都用简单的无性繁殖的方法（分裂、出芽……）进行繁殖。其速度要比高等动物<sup>植</sup>快的多。像能产生淀粉酶的枯草杆菌和有杀虫作用的青虫菌、杀螟杆菌等好气性芽孢杆菌在适合的条件下，20—30分钟，便能由一个分裂二个，持续下去，八小时后便能由一个细菌增加成为二千万个，二十四小时后约可达到四千万亿个（即为 $2^{22}$ ）。这个特性也给我们大量培养微生物提供了有利的条件。但世界上的事物无不具有“二重性”，致病菌能够大量迅速的繁殖增生，传播为害，也给我们消灭它们增加了很多困难。

几乎地球上每一个角落都有微生物的存在。土壤被称为微生物的大本营，那里，微生物的种类最多。自然界中绝大部分微生物都生活在地球表面的土壤中。一克耕作土中就含有几十亿、几百亿个微生物。水和空气中也有微生物的大量分布，人和动物体内也有各种微生物的大量存在，人的粪便中重量的 $\frac{1}{3}$ 是细菌。有些种类甚至成了动物正常生活不可缺少的条件。例如牛和羊之所有能吃草（消化纤维素）的本领，是由于生活在它们胃里的纤维素分解细菌的作用。在几千公尺的深海和几十公里的高空，这些其它生物少有之处，也常有微生物的存在。在 $80^{\circ}\text{C}$ 的温泉和常年低温的冰库里也有特殊类型微生物的生长。微生物之所以能有这样广泛的分布，是上面讲过的它们个体小，易于散布、食性杂、代谢强不易死亡等特点分不开的。

已被初步研究过的微生物已有几万种之多，其中细菌一千五百多种，放线菌五百多种，真菌十万多种。由于它们个体小，不易被发现，因此估计这不过是已有微生物中很少的一部分。而且“自然界总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上”。经过自然变异和人工诱变而产生的微生物的新种，肯定是层出不穷的。所以微生物资源的潜力是很大的。

“感觉到了的东西，我们不能立刻理解它。只有理解了的东西才能深刻感觉到”。上面对微生物一些特性的简略介绍，只能给我们一个初步的印象，只有经过“实践、认识、再实践、再认识”这样多次的反复，我们对微生物的特性才能有实际的、比较深入的了解和掌握它们的一些规律性。才能因势利导，兴利除弊，使它们更好的为我们服务！

## 一、自然界物质循环的重要环节

世界是物质的，一切客观存在都是运动着的物质的不同形式。“运动是物质存在的形式”（列宁），各种物质，生物和非生物都



遵循着“物质不灭定律”是既不能被创造，也不能被消灭，只是不同存在形式之间彼此转化着。这是辩证唯物论的基本观点，也是许多世纪以来自然科学的发展历史所证实的。微生物在自然界的物质转化中有着重要的作用。

绿色植物从土壤中吸收氮、磷、钾等养分，从空气中吸收二氧化碳进行光合作用，制造淀粉、蛋白质等有机物质，这是动物和人类食物的来源。这个过程已进行了30亿年，每年约合成500—1000亿吨有机物质，为什么氮、磷、钾和二氧化碳等会“取之不尽，用之不竭”呢？这是因为动植物的残体在土壤中被各种微生物分解之后，又转化成为植物吸收利用的形式。氮、磷、钾和二氧化碳又回到土壤和空气中去，如果没有微生物的分解作用，动植物的残体便会在地球上大量堆积，而植物的光合作用也会因原料的缺乏而停止了。

物质的不断转化使得分解、合成这两个相互对立的过程能够统一，自然界的进化发展正是建立在这个基础上。微生物正是这个转化过程中不可缺少的重要环节。

## 2、农业增产的有效措施

全国农业发展纲要中的十二项增产措施和农业“八字宪法”的实施，都与微生物的技术有密切的关系。

施用有机肥料是土壤肥效的基础，是化学肥料不能代替的。施入土壤中的有机肥料只有经过微生物分解，转化成无机状态后，才能为作物吸收利用。而根瘤菌和固氮菌还有固定而不被作物利用的空气中氮气的本领。通过土壤改良，创造适合于微生物生活的环境和正确地施用微生物肥料都能促进这个转化作用的进行。如原中国农科院土肥所试验，在十五类土壤中施用“5406”并肥后，土壤中有效磷可增加56.6%，有效氮可增加9.36倍。山东省十多年来施用花生根瘤菌的结果，是平均增产12%，其他如钾细菌和磷细菌肥