

中等农业学校

土壤微生物学

(试用本)

土壤肥料专业适用

河南省农林厅教材編輯委员会編
河南人民出版社

前 言

在党的建設社会主义总路綫的光輝照耀下，我省早已出現了工农业生产为中心的全面大跃进的新形势和已經掀起群众性的技术革命和文化革命的高潮，各地均先后开办了农业大学、中等农业技术学校、初級农校以及“紅专”学校。为适应这一新的革命形势的需要，我省农业教育工作必須从教学計划、教学大綱、教学内容、教学組織、教学方法等各方面进行根本的改革，才能保証貫徹实现党的“鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义的总路綫”，实现勤工俭学、勤俭办学、教育与生产相結合的教育方針，培养出又“紅”又“专”的技术队伍。

为此，我們于今年三月中旬組織了农业技术学校、农林干校的126名教职員分为14个专业小組到71个县(市)178个农业生产合作社，1307个生产单位进行了参观和調查研究工作，总結出340个先进生产經驗和高額丰产典型，收集了3193种参考資料。現已編写出十六种专业教学計划、155种教学大綱和教科書，陸續出版，供各地教学試用。由于我們水平不高，時間短，和有关方面研究的不够，难免有不妥之处。望各地在試用中多多提出意見，并可随着农业生产发展的需要加以修改。

河南省农林厅教材編輯委员会

1958年8月26日

目 录

緒 論

第一节 土壤微生物学对农业生产的意义.....	1
第二节 微生物学发展簡史.....	4
第三节 我国目前土壤微生物研究情况及今后在 建設社会主义中的任务.....	6
第一章 微生物的种类形态和生理特性	7
第一节 細菌的形态和分类.....	7
細菌的大小和外部形态.....	7
細菌內部构造.....	7
細菌的繁殖和菌落.....	11
細菌的个体发育和生长曲綫.....	12
細菌的分类.....	14
細菌鉴定法.....	17
第二节 細菌的营养.....	19
細菌的化学成份.....	19
細菌的細胞吸收养料.....	20
細菌的营养类型.....	21
細菌的灰分养料、微量元素和生长輔助因素.....	23
第三节 細菌的新陈代谢作用.....	23
酶和酶在生命活动中的意义.....	23
酶的性質及其接触作用.....	25
細菌的呼吸作用.....	25

微生物的好气性和嫌气性.....	26
外界环境因素对微生物的影响.....	27
第四节 其他微生物.....	35
放线菌的形态及其生化活动.....	35
真菌的一般特征和生理特性.....	38
藻类.....	41
第二章 土壤微生物的数量、分布和研究法.....	42
第一节 土壤微生物的分布.....	42
自然界中微生物的分布.....	42
土壤是微生物生活的良好环境.....	42
土壤微生物的生理群.....	44
第二节 微生物间的相互关系.....	46
共生关系.....	46
互生关系.....	47
寄生关系.....	48
对抗关系.....	48
第三节 微生物的研究法.....	50
菌种分离培养.....	50
微生物数量的计算.....	51
第三章 由于微生物的代谢作用所引起的物质转化.....	53
第一节 微生物的生命活动对自然界物质转化的意义.....	53
第二节 土壤中不含氮物质转化.....	55
发酵作用.....	55
氧化作用.....	57
纤维素的分解.....	59
第三节 土壤中含氮物质的转化.....	59
氨化作用.....	59
硝化作用.....	64

反硝化作用.....	66
生物氮素固定作用.....	67
固氮菌肥料.....	71
根瘤菌.....	78
第四节 土壤中矿物质营养的转化.....	84
硫的转化.....	84
磷素的转化和磷细菌肥料.....	87
硅酸盐细菌.....	89
铁素的生物转化和铁细菌.....	90
第四章 土壤微生物在有机质分解过程中及腐植质 的形成过程中所起的作用	91
第一节 植物体的成分及其分解过程.....	91
第二节 腐植质的形成过程和微生物作用.....	92
关于腐植质形成的理论.....	93
影响土壤有机质矿物质化和腐植化强度的主要因素.....	95
第三节 微生物在堆肥和厩肥腐熟过程中的作用.....	96
第五章 土壤微生物和植物营养.....	98
第一节 植物土壤营养的生物学路线.....	98
第二节 根际微生物群.....	100
第六章 农业技术对土壤中微生物生命活动的影响	102
第一节 先进耕作法的微生物学原理.....	103
第二节 土壤耕作对土壤微生物生命活动的影响.....	104
第三节 施肥对土壤微生物生命活动的影响.....	105
第四节 灌溉和排水对土壤微生物生命活动的影响.....	106
第五节 土壤的局部灭菌.....	107

緒 論

第一节 土壤微生物学对农业生产的意义

中共中央提出了“1956年——1967年全国农业发展綱要(修正草案)”。这是一个多快好省地发展社会主义农业的綱領。它給全国农业生产指出了一个伟大的奋斗目标,并且也給一切农业生产有关的科学研究工作指出了一个正确的发展方向。因此,創造土壤高度的肥力,不断的、猛烈的提高各种农产品产量的实现。首先需要为作物营养創造良好的条件,并且也要为土壤及作物根系中的微生物生命活动創造良好的条件。因为农作物在土壤中主要是依靠微生物生命活动的产物来进行营养的。土壤不仅是微生物居住的良好环境,而且部分的是微生物活动的产物。

腐植質是土壤中有价值的一部分,它是決定土壤肥力的有力因素之一,土壤中腐植質含量愈高,土壤的肥沃性愈大。腐植質在土壤中的产生,是土壤微生物的功劳。

深翻土壤結合施入大量有机質肥料,显然的,不仅給予作物創造根系生长发育的良好条件,而且也給根系周围的微生物創造优越的生活环境。保証了植物营养元素的供应,改进了土壤結構的发展。也就是說,进一步提高了土壤的肥力。

土壤中的有机質和矿物質的轉化作用,是通过各种土壤微生物的生命活动来完成的,所以,在执行一些比較合理的农业技术措施时,土壤微生物学有着重大的意义。因为农作物能够很順利的生长发育决定着土壤物質的轉化过程的特点

和方向。所以，如果不去周密地考虑到轉化过程的方向，那末，生产問題不可能得到正确的解决。这些就是在农业的飞跃中，土壤微生物学在农业技术不断改善中，将起着愈来愈重大的作用的理由。苏联学者威廉斯指出：“土壤本身含有无数的微生物，它們的有益作用是毫无疑問的。我們也一定要供养这些微生物，否則，它們就会变成高等植物的拮抗者”。

从上面来看，便給土壤微生物学研究者提出了一个任务。这个任务的中心問題，就是在苏联先进的土壤生物学說的理論基础上，来控制土壤不断提高肥力的微生物学过程。在研究这个重大問題时，应当特别注意有关合理耕作制的运用及提高其效果的問題；有关合理施用有机肥料、矿質肥料和細菌肥料的問題；有关土壤耕作以及大量固定大气中氮气来丰富土壤氮素的問題。这些生产上的实际問題，就交給我們祖國的农业实际工作者。

究竟微生物在土壤中起着多么大的作用呢？我們从土壤中微生物的数目和重量就可以看出；一克耕作层土壤中含10—100亿个細菌。除細菌外，在土壤中还可見到大量的放綫菌，霉菌及各种其他的微生物。根据最粗放的統計，每亩土壤耕作层中，它們的总活重是300—1000多斤。这还是按照5寸深的耕作层来計算的。如果以我省深翻丰产地2尺的耕作层厚度来計算微生物的总活重，那末数量大有可观。这么多的活微生物，很可能对土壤发生巨大的影响。这些微小的有机体，并不是靜止状态存在于土壤中。它們經常在生长、繁殖和死亡，同时进行着极其完全的、有机質和矿物質的分解与合成过程。这些过程的作用結果，就把作物所需的养料积累在土壤中，土壤結構創造或恢复起来。

在有机質的礦物質化过程中有着重大的意义，它可以保証順利生长的植物，所必需的碳素营养和氮素营养的供应来源。而且在有机質的腐植質化过程中，有效腐植質的形成有着重大的意义，它可以促进土壤結構的形成。

作物所需要的碳素养分是通过微生物分解有机質时所产生的 CO_2 。很多研究工作所証明：不施肥的每一公斤的土壤中，在作物生长期內，可以放出2.5升的 CO_2 。計算起每亩耕作层（5寸）土壤中可放出一吨的 CO_2 。根据这点可得出結論：在每亩土壤中所放出来的1吨 CO_2 全被綠色植物所利用，就可以形成将近0.66吨干重的收获物，或3.33吨的作物綠色体。如果土壤中施入了有机肥料，至少还要增加两倍，并且可以满足植物碳素养分，使植物获得高额的产量。

土壤中的氮素养分，在一般土壤耕作层中的含量也不算少，但作物对氮素的需要量是随着質量而增加的。在比較富于有机質的土壤中所含有的氮素，作物实际吸收利用的并不多，余剩的大部是有机态氮素。因此，为了保証作物对氮素养分的利用，也必要通过土壤微生物的礦物質化活动，使有机态氮轉化为可吸收的无机化合态的氮。但微生物轉化有机态氮是有一定的規律的，当满足于微生物的要求，即使 C:N 比小于25:1，才能轉化为可吸收的氮素。

土壤上空大气中的氮素含量是取之不尽，用之不竭的，大約每亩地上空气柱中含有約5000多吨的氮，比起土壤中的氮要多万多倍。因此，如果作物能够利用的話，用上几百万年也不成問題。可惜作物不能吸收利用。能够利用的植物只有豆科植物，它們借助根瘤菌的共生关系，可以利用空气中的氮。还有一些植物可通过土壤中的自生固氮菌所固定下来的空气中的氮素，間接的吸收利用。根据实验研究，多数学者

認為自生固氮菌在每亩土地上每年平均能够积聚4—6市斤的氮素。如果土壤中自生固氮菌数量多而且很活跃的話，那末所积聚的氮素可能更多些。豆料植物在根瘤菌的帮助下，大約每亩地上可吸收6—52市斤的氮素，这不仅能保証植物的需要，还可以提高土壤中氮素的含量。

但是，生物的固氮作用，并不是在任何土壤条件下都能起到效果，因为这类微生物也需要一定的生活环境和营养物质。應該注意到它們的选择性及其适宜的环境条件，也就是說，除去施用相应的細菌肥料以外，还必須来創造植物和固氮微生物所要求的良好环境，如土壤水分、空气、养料和反应等等。

以上这几个例子也能够說明，土壤微生物学过程，按照一定的規律影响着植物的生长发育和收获量。通过学习土壤微生物不仅是能够揭发和認識这些規律，更重要的是掌握和运用这种規律，来建立先进的合理的耕作制度，灌溉技术，調节土壤反应，并有效地創造性的施用有机肥料，化学肥料和細菌肥料，更好的促进作物的生育，增强对外界不良因素的抵抗力，从而有把握有信心的不断地提高祖国各地区单位面积产量。为多快好省地建設社会主义，創造人民的幸福生活。

第二节 微生物学发展簡史

人类在17世紀末期，由于呂文虎克創造了第一架显微镜之后，开始揭穿了微生物世界的秘密，奠定了微生物学的基础。但是，在这以前，人們虽然看不到世界上的微生物，而对微生物的作用規律却已經知道的不少。我們的祖先在生产中，在日常生活中累积了不少关于微生物作用規律的經驗，

并且掌握这些规律，創造了社会的财富。

就如，漚粪、积肥和施用绿肥等，都是有意識的給予有机物質創造腐熟的条件。这是控制微生物的生命活动的规律，应用在农业生产方面的初期。

随着人类社会的发展，农业和农产品加工工业也蓬勃的发展起来。就如酿酒、制造麦芽糖、淹盐菜和酸面等等。

因此，祖国农业生产中累积了丰富的科学遗产，是祖先給我們留下的宝贵的财富。

到19世紀中期时，由于巴斯德等科学家的研究，微生物学进入到研究生理学阶段。从此，对于微生物生活条件和生命活动的规律，较为广泛的应用到生产上去。而且进一步推动了微生物学的迅速发展。

自从，走上了现代化科学研究的道路之后，微生物学获得了丰富的理論和实践方面的成就，以至到了現在，微生物学不仅成为独立的学科，而且成立分科。如普通微生物学，医用微生物学、工业微生物和土壤微生物学。

卓越的俄国科学家、維諾格拉斯基可以被認為是把土壤微生物学奠定为独立科学的首創人之一。他从1887年起陸續发现了硫細菌、鉄細菌和硝化細菌，以及培养分离出嫌气性固氮梭菌，并指出了它們的生活特性。为土壤微生物学打下发展的基础。

十月社会主义革命胜利之后，人类科学更加迅速的发展。在馬列主义的思想指导下，苏联学者米丘林創造了农业生物学和威廉斯建立了农业原理和土壤肥沃性学說。在先进的土壤学和生物学的理論指导下，土壤微生物学丰富了新的内容，并成为指导农业生产的重要技术科学。

第三节 我国目前土壤微生物研究情况

及今后在建设社会主义中的任务

近代土壤微生物学传入我国已经二十多年。在反动统治时代，长期的处于断断续续自生自灭的状态中，解放后在党和政府的领导下，土壤微生物得到了大发展，几年来获得了一些成绩。对于祖国的经济建设有一定的贡献。

在全国农业发展纲要中规定了土壤微生物学的具体任务。因此，土壤微生物的科学研究工作，已经在我国科学研究机构 and 高等学校以及专业学校中发展起来，并且已经在农业生产上起了一定的作用。目前的研究工作可分为下列几个方面：

1. 土壤微生物的生态学的研究：研究不同土壤类型，气候条件，植被状态下的微生物的生态学，研究土壤生成发育过程中微生物的作用，以便尽快的运用合理的农业技术措施来改善土壤微生物群的活动，提高土壤肥力。

2. 植物根际微生物群的研究：研究植物根系范围内的微生物群落，研究它们的生命活动对于植物根部营养的作用，建立有效的施肥制度，提高农产品产量。

3. 土壤微生物种间关系的研究：研究土壤微生物间的互助与对抗关系，以便有效的控制它们，发挥有益微生物对农业生产上的作用，抑止有害于生产的不良作用。

4. 细菌肥料的研究：选育有效的当地的菌种，研究多、快、好、省地制造细菌肥料的方法，普遍大田都能使用细菌肥料，并研究使用细菌肥料的保证效果的有效条件，提高农业生产量。根瘤菌、固氮菌、磷细菌、硅酸盐细菌、综合性细菌肥料以及抗生菌混合肥料等，也在积极的发展中。

虽然土壤微生物学是我国农业生物科学中的一个薄弱环节。目前的发展水平远远不能满足建设社会主义事业的需要，但是在鼓足干劲、力争上游、多、快、好、省地建设社会主义总路线的光辉照耀下，我国的土壤微生物科学，一方面学习苏联及其它社会主义国家的先进理论和技术，另一方面大力的培养人材，在为期不长的时间内，要赶上或超过国际水平。并保证社会主义农业生产不断的上升。

第一章 微生物的种类形态和生理特性

第一节 细菌的形态和分类

细菌的大小和外部形态 细菌广泛分布于土壤中，它们的个体很细小，要在显微镜下才能看见。按中轴线的长度来讲它们的变化范围也很小，从十分之几微米至数十微米。它们的外部形态也很单调。最常见有球形细菌，大都在0.5—1微米大小(1微米=1/1000毫米)。和杆状细菌大都是0.5—1微米宽，1—4微米长。

杆状的细菌可以是直的，也可以是弯曲的。弯曲的杆状细菌成为螺旋形或弧形。有些弯曲的细菌形状是僵硬的，不能改变，而另一些弯曲的细菌弯曲形状则可以改变，如粘液菌，



图1 各种细菌的形态

A. 小球菌； B. 双球菌； C. 葡萄状球菌； D. 链球菌； E. 八叠球菌； F. 球杆菌； G. H. 杆菌； I. 梭状杆菌； J. 弯曲杆菌； K. L. 螺旋状菌。

并且依靠这种变形来运动。

杆状的細菌可长可短，特別长的細菌則成为絲状体。絲状体有分枝的，也有不分枝的。



图2 分枝絲状的放線菌

細菌的形状和大小常因环境影响（如培养基的性質，培养時間的长短）而有某些程度上的差异。在不很适宜的环境条件下（如陈旧的培养体）有时会形成畸形。

細菌內部构造 一般的細菌个体是由一个細胞所組成的。細菌細胞和高等动植物的細胞有些共同的和不同的性質。

1. 細胞壁和荚膜 細菌細胞在原生質膜外有一层細胞壁，这是它和高等植物的細胞共同的特性。由于細菌个体很小，細胞壁很薄，在光学显微镜下不能直接观察，但可以用电子显微镜辨認。用大一些的細菌（如大孢子杆菌（*Bacillus megatherium*）做試驗，可以見到它在过浓的盐溶液中产生質壁分离現象，这是細菌細胞具有細胞壁的实証。細菌細胞壁的化学成分和高等植物細胞的細胞壁不一样，后者主要是由纖維素所組成的，而細菌的細胞壁則是由非纖維素的一些不含氮和含氮化合物所組成的（多糖、拟脂和几丁質类物質）。有些細菌在它們的生命活动过程中分泌粘性物質，积累在細胞壁外，使細胞壁粘液化，形成很厚的荚膜，在显微镜下可以清楚

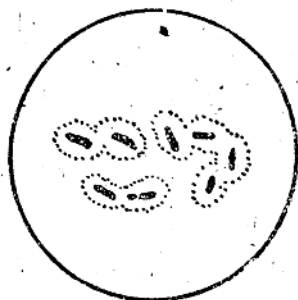


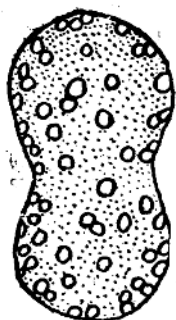
图3 硅酸盐的細菌荚膜

地看到。

細菌細胞產生莢膜物質，受着環境和培養條件的影響。例如炭疽桿菌在寄主體內生活時形成莢膜，而在人工培養基中生活時則很難形成莢膜。許多形成莢膜的細菌在碳素養料豐富而氮素養料較缺乏的培養基中生活時，容易形成較厚的莢膜（如好氣自生固氮菌）。

2. 原生質 原生質染色後在顯微鏡下觀察，質地均勻或不均勻。隨細菌種類不同，染色反應可以不一樣，用格蘭氏染色法染色，有些種類染成紫色，是為正反應的（也謂之陽性反應）。有些種類不能染成紫色，是負反應（也謂之陰性反應）。這種染色反應的不同表明了各種細菌細胞理化構成的差異。在幼年的細胞中，原生質一般質地稠密均勻，在較老的細胞中多含顆粒狀物體，有時還含有液胞。一般的細菌細胞和高等生物的細胞不同；高等生物的原生質有明顯的細胞漿和細胞核的形態上的分化，而在一般的細菌細胞中則看不到細胞核。根據蘇聯學者，伊母歇涅茲基的意見，一般細菌具有不成體形的細胞核質，擴散到細胞漿中，有些細菌則具有細胞核粒，以小核形狀存在於細胞漿中。有些粘液菌則具有原始細胞核。

3. 細胞中的內含物 細菌的原生質除含有核質以外，還含有其它的內含物，因而使細菌的原生質成為染色性質上表現得不均勻一致。內含物有些是貯藏養料，有些是代謝產物。貯藏物質中有貯藏蛋白質粒、淀粉粒、肝糖粒、油脂粒等。這些內含物都可以分別用染色反應顯示出來。它們在細菌細胞內的累積和生活環境中碳素或氮素養料的供應量有很大的關係。當外界環境中缺乏這些養料時，細菌就消化這些貯藏物質，逐漸減少，乃至於消滅。



在硫磺細菌細胞內可以看得見硫磺小滴，這是它們氧化硫化氫為硫酸過程中的中間產物，如果環境中的硫化氫用盡了，體內的硫磺小滴會很快地消失（氧化為硫酸）。

由於各種細菌代謝特性的差別，細胞內所含的內含物的種類也有所不同，可以作為鑒別各種細菌的參考。例如丁酸細菌

圖4 一種硫磺細菌 體內有淀粉粒，可用碘液染色顯示，大孢子桿菌體內含有蛋白質粒，染色不均勻等。

4. 細菌的孢子 有些細菌生孢子（或稱為內孢子或芽孢），稱為孢子細菌。沒有生孢子的細菌體或非孢子體部分稱為營養體。大多數孢子細菌的孢子只占細菌的一部分。孢子多為圓形或橢圓形，有些細菌的孢子的直徑大於營養體的寬度。有些孢子直徑小於營養體的寬度，如果這樣，孢子在中間則菌體成紡錘形，孢子在頂端則成為錘形。

大多數的孢子是由營養體的一部分原生質濃縮而成，外面有一層很厚而滲透性很小的厚膜。

孢子可以看作是細菌抵抗不良生活條件下的休眠狀態，孢子形成以後，營養體部分要死亡自解（死亡的菌體破壞，失去細菌形態，稱為自解現象）。但也有生孢子的營養體仍



圖5 細菌的內孢子

A. 生在中間不膨脹； B. 不生在中間不膨脹； C. 梭形； D. 棒槌形。

旧正常生活的。在适宜条件下孢子发芽，形成新的营养体（图6）。

5. 细菌鞭毛 有的细菌不能运动，有的细菌能运动。一般细菌依靠鞭毛运动。鞭毛是从细菌体向外伸出的原生质细丝。由于鞭毛的摇动，细菌借此游动。细菌鞭毛的数目和在菌体上的分布情形可分为下列三种：

单生——只生一根鞭毛。

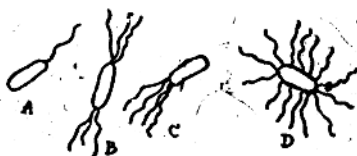


图7 细菌鞭毛类型

A. 单生； B. 两端丛生；
C. 一端丛生； D. 周生。

丛生——在细菌体的一端或两端生一丛鞭毛。
周生——在细菌体的周围生几根或很多鞭毛。

细菌的繁殖和菌落

细菌主要繁殖方法是简单的裂殖法，一个母细胞分成两个近乎相同的子细胞。如果分成两个子细胞后，有相当时期联在一起不分开，则表现成对现象。如果几次分裂都不拆开，则表现群体现象。对球菌来说，群体可以成链状（链球菌），成正齐的四叠，八叠体（如八叠球菌），或成不整齐的葡萄状（葡萄球菌）。杆菌则只能形成链状。

在适宜条件下，细菌繁殖速度很大，每半小时就能分裂一次。生活力旺盛的细菌在适宜条件下，24小时内，就可以一个繁殖成为几亿个。

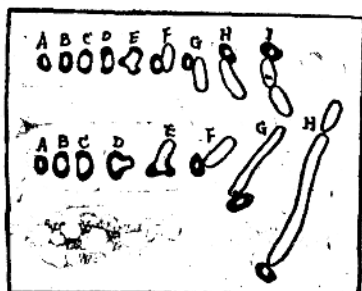


图6 枯草菌的孢子发芽情况

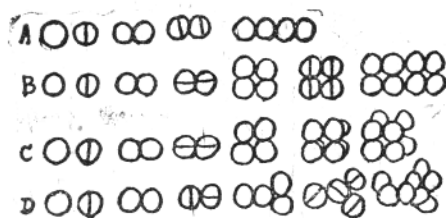


图8 球菌的分裂繁殖

A. 链球菌 B.C. 平面成立体的正齐群体 D. 葡萄球菌。

细菌大量繁殖，形成肉眼可以看见的菌落。在固体培养基中，细菌的游动性和分散性受到限制，一般形成聚集在一起的菌落。在表面上生长的菌落称为表面菌落。各种细菌形成不同的菌落形态。

在表面以下生长的称为深层菌落。在液体培养基中，细菌的游动性大，分散性大，一般弥散在培养基全部，但由于各种细菌的生活习性不同也会表现不同的形态。

在一定培养条件下，一种细菌所形成的菌落形态一般是一样的，可以做为鉴定种类的参考。然而由于细菌本身的变



图9 A. 细菌表面菌落形状；
B. 边缘； C. 断面。

异，同一种的细菌会形成不同的菌落形态。

细菌的个体发育和生长曲线 有些细菌的形态很简单而且固定。在繁殖后代当中，形态和大小不起什么变