

高等学校教学用书

微生物学

WEISHENGWUXUE

張元龙 編

人民教育出版社

高等学校教学用书



微生物学

WEISHENGWUXUE

張元龙 編



人民教育出版社

本书是根据1958年版本修訂的。修訂本在內容上較原版有很大的改变。不仅由原版的三篇十六章改为三篇二十章，而且还增加了微生物学实验指导和附录两大部分，使理論学习和实验室的实验連貫起来，相互配合。在附录中則提供了一些必要的补充資料。

本书可供高等农业院校农学系师生及有关农业学科工作者参考。

微 生 物 学

張元龙 編

人民教育出版社出版

高等学校数学用书編輯部
北京宣武門內承恩寺7号

北京市书刊出版业营业許可証出字第2号

工人日报印書厂印装 新华書店發行

統一書号 13010·497 开本 850×1168 $\frac{32}{32}$ 印張 12

字數 295,000 印數 8001—11,000 定价 (6) 半1.10

1958年12月第1版

1960年11月修訂本第2版 1960年11月北京第4次印刷

再 版 序

本书自从1958年出版后，經过我們繼續在教学上使用，感到內容在貫徹党的方針政策、介紹先进的科学技术、理論密切联系实际、以及在体现中国的和群众的創造发明等方面都很不够，为此作了进一步的修訂，力求能符合农学专业培养目标的要求，但由于編者水平所限，距要求仍然甚远。

为了便于进行以教学为主的三結合的参考，本书將教材与实验教程合并。在教学方法上，我們曾經本着实践——理論——再实践的原則，結合工农业生产和科学研究作了現場教学，效果比以往仅單純的在课堂上讲了然后在实验室中作一些验证为好。虽然如此，但还没有总结出一套完整的經驗，因而在本书編排上，仍与初版大致相同，并未彻底改編而另立系統。本书修訂時間短促，錯誤和不妥之处在所难免，希讀者指正。

張元龙謹識

1960年5月于河南农学院

目 录

再版序	vii
緒論	1
微生物学的研究对象及其在农业生产上的意义	1
微生物学发展簡史	1
第一篇 微生物的形态、生理、分类和分布	14
第一章 細菌和放綫菌的形态	14
細菌的大小	14
細菌的外部形态	14
細菌細胞的构造	16
細菌的繁殖和菌落的形成	25
細菌的个体发育和生活史	30
放綫菌的形态	31
第二章 酵母菌和霉菌及其他微生物的形态学	33
酵母菌的形态	33
霉菌的形态	36
真菌	41
土壤藻类	51
土壤原生动物	53
超显微鏡微生物	54
第三章 微生物的营养	58
微生物的化学組成	59
微生物的碳素营养	61
微生物的氮素营养	64
灰分元素	66
生长輔助因素	66
微生物对营养物质的吸收	67
第四章 酶及其在微生物生命活动中的意义	69
酶的性质	70
酶的化学本质	71
酶作用的化学	72
酶的分类	74

第五章 微生物的呼吸	76
呼吸作用	76
微生物呼吸作用的类型	78
环境的氧化还原电位对微生物呼吸作用的影响	81
呼吸时热的发散及其在农业实践中的应用	83
第六章 微生物与外界环境条件的关系	84
物理因素对微生物的影响	84
化学因素对微生物的影响	87
灭菌与消毒的原理	88
改变环境条件控制微生物的生命活动在农产品和食品保藏中的实际应用	96
外界环境条件对微生物遗传性的影响	98
第七章 细菌和放线菌的分类与鉴定法	99
种的概念和分类原则	99
细菌和放线菌的分类	100
细菌和放线菌的鉴定法	106
第八章 微生物在自然界的分布	111
土壤是适于微生物居住的环境	111
土壤中微生物的数量	116
土壤微生物的区系	119
第二篇 由微生物引起的自然界物质的转化	122
第九章 由微生物引起的生物体基本元素的转化(碳、氮、硫、磷等 元素的转化)	122
碳的转化	122
氮的转化	125
硫的转化	127
磷的转化	128
第十章 由微生物引起的不含氮有机物质的转化(发酵作用和 氧化作用)	130
酒精发酵	133
乳酸发酵	137
丁酸发酵和丁醇丙酮发酵	145
酒精氧化为醋酸(醋酸发酵)	148
脂肪与烃类的氧化	150
霉菌所引起的碳水化合物氧化	152
第十一章 由微生物引起的不含氮有机物质的转化 (纤维素与果胶质的分解)	154

果胶物质的分解	154
纖維素的分解	157
木素和多縮戊糖的氧化	163
第十二章 由微生物引起的含氮物质的轉化 (氨化作用、硝化作用 及反硝化作用)	164
氨化作用	164
硝化作用	176
反硝化作用	181
第十三章 由微生物引起的含氮物质的轉化 (自生微生物的固氮作用)	184
自生固氮細菌及其生理特性	185
影响自生固氮細菌在土壤中活动强度的因素	188
自生固氮細菌在农业生产中的应用	191
自生固氮細菌固定天气氮素的化学机理	192
其他自生固氮微生物	193
第十四章 由微生物引起的含氮物质的轉化 (根瘤細菌的固氮作用)	196
根瘤細菌的特性	197
根瘤的形成	202
根瘤細菌和豆科植物的相互关系	203
根瘤細菌在农业实践中的应用	205
非豆科植物的共生固氮作用	211
第十五章 微生物在自然界矿质营养元素轉化中的作用	212
硫細菌和硫的轉化	212
磷細菌和磷的轉化	217
硅酸盐細菌和鈣的轉化	221
鉄細菌和鉄的轉化	223
第三篇 土壤微生物和土壤肥力	227
第十六章 土壤微生物間及与高等植物間的相互关系	227
土壤中微生物間的相互关系	227
微生物和高等植物間的相互关系	232
第十七章 土壤微生物在土壤有机质的分解及腐殖质形成过程中的作用	240
作用的一般方向及其在农业生产上的意义	240
土壤腐殖质的形成和累积及其决定条件	242
土壤腐殖质形成和分解的調节	245
第十八章 厩肥、堆肥及沼气发酵的微生物学	248
厩肥和堆肥制作的微生物学	248
沼气发酵的微生物学	253

第十九章 菌肥的制造及其在农业生产中的应用	260
菌肥的制造方法	261
菌肥质量的检查	269
菌肥的使用方法	271
第二十章 农业技术措施对土壤微生物的影响	274
土壤耕作和施肥对于微生物的影响	275
灌溉和排水对于土壤微生物的影响	277
局部灭菌及其在农业生产上的意义	279
微生物学实验指导	284
说明	284
实验一、利用油浸系物镜观察生活的和染色的细菌	286
实验二、细菌的简单染色法及形态观察	290
实验三、革兰氏染色法及细菌构造的观察	292
实验四、放线菌的形态及细菌与放线菌菌落的观察	294
实验五、酵母菌和霉菌的形态及菌落的观察	295
实验六、各种营养元素对微生物发育的影响	298
培养基的制备法与灭菌法	300
实验七、影响微生物生命活动的因素(物理因素)	310
实验八、影响微生物生命活动的因素(化学因素)	315
实验九、发酵作用	318
实验十、酒精氧化为醋酸、果胶质及纤维素的分解	321
土壤微生物分析法	323
测定植物对肥料需要的微生物学方法	333
菌肥质量检查法	336
附录	342
附录 I 培养基及培养法	342
附录 II 染料及染色法	355
附录 III 菌种筛选及保藏法	360
附录 IV 其他药剂	374

緒 論

微生物学的研究对象及其在农业生产上的意义

微生物学的研究对象是微生物,微生物是細小的、肉眼不可見的生物;主要除包括細菌外,尙有其他如放綫菌、酵母菌、霉菌,若干藻类与原生动物等。

微生物学〔由希腊字 $\mu\lambda\lambda\acute{o}\varsigma$ (細小的) 与 $\beta\acute{\iota}\omicron\varsigma$ (生命) 而来〕,是研究微生物的形态、分类、生理和影响微生物生命活动的环境条件,及其在自然界各种物质轉化过程中所起的作用,簡言之,微生物学是研究微生物生命活动的科学。

土壤中生存着大量的微生物(在一般情况下,每克土壤中就有几亿微生物),它們能引起各种物质的轉化(如有机物质的矿物质化及无机物质的合成等),增加土壤的肥力,改善植物的营养条件,从而提高农作物的产量。因此,农学家必須知道微生物的特性及其与环境条件的关系(如耕作、施肥、灌溉、排水等农业技术措施和土壤理化性质对微生物的生命活动都有直接影响),并須学会支配微生物的生命活动,使其向着我們所需要的方向发展,以期达到提高农作物产量的目的。由此可知,微生物学不但与其他农业科学有着密切的关系,同时又是其他农业科学賴以解决一系列生产問題的重要基础之一。

微生物学发展簡史

祖国古代劳动人民的偉大貢獻 微生物的發現虽然是近代的事(細菌的發現是在十七世紀末叶),但我国古代劳动人民(远在两千年以

前的祖先)却在生产中、日常生活中及医药卫生方面,发现了不少关于微生物作用的规律,并掌握和利用这些规律,给人类创造了不少的财富和幸福。

积肥、漚粪、翻土、压青,是有意識創造有机质的腐熟条件。我国古代农书“齐民要术”(賈思勰著)記載着:“凡谷田綠豆小豆底为土”;“谷田必須岁易”。农諺有云:“換茬不換土,一亩一石五”;“种瓜不重茬,重茬把心挖”。这說明劳动人民是有意識地以輪栽制来改善土壤的环境条件并防止病虫害的发生,也是劳动人民在农业生产中,掌握和控制微生物生命活动規律的实践。

酒之酿造,我国古书早有記載。玉篇(梁顾野王撰)云:“酒、杜康所作”。陶潜(晋潯阳人)集述酒詩序云:“仪狄(夏人)造酒,杜康(周人)潤色之。”除此之外,发面和制造麦芽糖,都是劳动人民在食品工业中控制和掌握微生物生命活动規律的实践。

种痘預防天花,西洋人将此功績归之于眞納(Jenner, 1749—1823),而眞納本人則將此种偉大的創造,归功于东方的(中国的)医药术士;可見种痘預防天花,是我国劳动人民早在医药卫生方面,掌握并控制病毒(滤过性毒)的傳染和免疫作用規律的实践。

祖国历代的典籍中,記載了不少的关于微生物生命活动的規律及其利用的知識;而书之于典籍的,亦仅历代劳动人民所累积的极少一部分,因为在封建社会中,文字傳記,主要掌握在統治階級手里,統治階級的士大夫(知識分子),是脫离人民的和輕視劳动的,因此,在他們的笔下,也就不可能充分地写出劳动人民的丰富生产知識和經驗。

微生物的形态学发展阶段 微生物形体甚小,非肉眼所能窺視,故其发现,必有賴于扩大鏡之助。在十七世紀末叶,是資本主义开始发展的时代,由于农业、工业、航海业的实际需要而刺激了科学研究的发展,其中以物理学的光学部分获得了突飞猛进,当时除发明了供航海与天体观测的望远鏡外,更发明了复式显微鏡。



图 1. 安东·吕文虎克(1632—1723)。

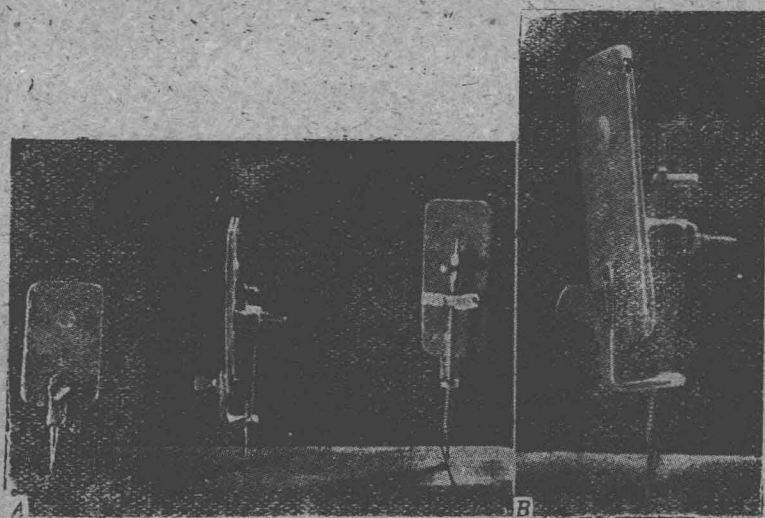


图 2. 吕文虎克显微镜。



图3. 1863年吕文虎克首先繪制的細菌图。

首先发现微生物而并有記載者,当推吕文虎克 (Antony van Leeuwenhoek, 荷人)。他于1676—1683年間用自制的显微镜 (如图2, 最高可达300倍), 由污水、动物的粪便、胡椒水、啤酒和自己的牙垢中, 曾发现各种不同的微生物, 如細菌 (图3)、酵母菌和原生动物等。此等发现, 記載于1695年发表的“自然界之秘密”一书中。自該书出版后, 学者們均集中于微生物的研究, 发现日多, 記載日丰, 于是, 积累了許多形态的描述, 是为微生物学的形态学发展阶段。

微生物的生理学发展阶段 自从吕文虎克发现微生物以后, 閱百余年中, 概为微生物形态的观察, 未尝能接触微生物生命活动的研究; 能将微生物之生命活动和自然界的現象联系起来而进一步闡明微生物与人类生活間具有密切关系者, 当自巴斯德 (Louis Pasteur, 法人) 的研究始。在十九世紀六十年代, 欧洲資本主义工业正在蓬勃发展, 尤以农业产品加工 (如葡萄酒的生产、啤酒的酿造、蚕絲业等), 品质要求优良, 因而, 在科学面前就提出了一系列的問題。

巴氏由1857年轉入葡萄酒与啤酒变质的研究, 首先发现了酵母菌

为酒精发酵的原因，并創立巴氏灭菌法(加热至 $60-65^{\circ}\text{C}$ ，历 $20-30$ 分钟)，将葡萄汁灭菌后，接入优良純种酵母菌，经过发酵，可得品质极佳的葡萄酒。

1870 年，巴氏从事研究蚕的微粒子病成功后，随即建立檢疫和隔离制度。

1877 年，巴氏又开始研究鸡霍乱，后又研究动物的炭疽病，先后制成菌苗，施行預防注射，使鸡与綿羊皆获得免疫的效果。然后，巴氏又轉入研究狂犬病，将病毒通过家兔脑髓，而使其毒力

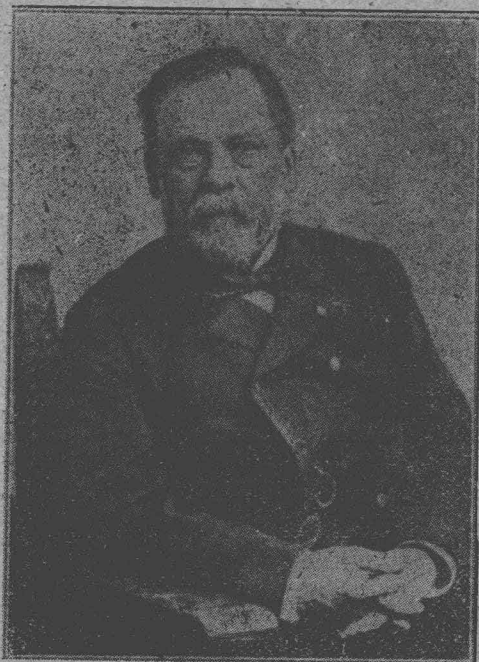


图 4. 路易·巴斯德(1822—1895)。

减弱，得以制成狂犬病毒疫苗，对于狂犬病之防治，收效頗宏。

由上述觀之，巴氏的工作，不但开始了微生物学的生理学研究阶段，同时，又为工业、农业及医学微生物学打下了良好的基础。

在巴斯德的同时或稍后，涌现出許多卓越的微生物学家。柯赫(R. Koch, 德人)首先創用可液化的固体培养基，而得到細菌的純培养，在微生物学技术上，貢獻甚巨。在形态学和分类学方面，由于学者的研究和論辯，内容更为充实和明确(到現在截止，实际上还没有一个可以称为基本上完整的細菌分类系統)；在生理学方面，与生物化学的发展有密切联系，且起着互相推动的作用(酵母菌的生理学和酶化学就是这样)，直到現在为止，关于微生物的代謝作用，已經累积了不少宝贵的知識，且大部已应用到生产上。



图 5. 柯赫(1843—1910)。



图 6. 别依也林克(1851—1931, 荷人)。

农业和土壤微生物学的发展概况 巴斯德虽然没有直接研究过农业和土壤微生物学过程,但在发酵和尿素分解等方面的研究工作,已指出了研究土壤微生物的新方法,因而,对于农业和土壤微生物学的发展,起着极其重大的作用。

远在十九世纪七十年代,微生物学家和农学家们就开始注意到,微生物在土壤中的特殊作用。

首先从豆科植物(羽扇豆和桤木)根瘤中观察到呈杆状的根瘤细菌细胞和呈分枝状的假菌体的是沃罗宁(Woronin, 1866)。他认为,这种细菌与根瘤的形成有直接关系。至于根瘤细菌的纯培养,则是别依也林克(Beijerinck, 1888)首先作出的,并命名为 *Bacterium radicicola*。

赫尔利格尔(H. Hellriegel, 德人)于1888年提出关于共生性氮素固定作用的

論文，証明根瘤細菌与豆科植物在营养上的联系，并指出微生物学对于农业生产的重要意义。

根瘤細菌的研究，仅仅是土壤微生物和高等植物共生的一个例子。此外，在1880年，Ф. М. 卡明斯基首先由水晶兰根的切片中，观察到根尖为真菌的菌絲所包被；他认为这种真菌和水晶兰必有营养上的联系，这种联系，为后来研究工作者所証实。由此可以說明，高等植物和菌根真菌的共生現象，无疑是卡明斯基首先发现的。

关于微生物参与腐殖质形成作用的研究，是在1882—1885年間，由柯斯特切夫 (П. А. Костычев) 首先进行的，他用真菌培养所作的接种試驗，曾使得植物殘体在生长出菌絲的周圍变成暗褐色，因而，作出結論說：“土壤真菌积极参加暗褐色产物在土壤中的形成。”除此之外，他还研究过蛋白质在土壤中的再生过程。这些研究，虽然仅可用来解决純土壤学問題所采用的方法，而其研究工作，确为理解微生物在土壤中的作用提供了极其宝贵的結果。

由以上各学者对根瘤細菌、菌根真菌及参与腐殖质形成的微生物之观察而奠定了土壤生物的研究基础。

維諾格拉斯基 (С. Н. Виноградский) 的研究工作，对农业和土壤微生物学的发展，起了极其重要的推动作用。他开始研究

硫細菌(1887年)，其次研究鉄細菌(1888年)，然后进行研究硫化細菌(1890)。他創用了選擇培养基，首先获得硝化細菌的純培养，証明硝化



图7. 維諾格拉斯基(1856—1953)。

作用是由两群不同种的微生物所完成;更进一步証明,硝化細菌能直接同化 CO_2 , 利用 CO_2 合成有机质的过程称为化学合成作用。这是近六十年来,在植物生理学方面最杰出的发现之一。

1892年,維諾格拉斯基又进行了固氮菌的研究,他于丁酸細菌群中,获得一种嫌气性自生固氮細菌,名为巴氏固氮梭菌 (*Clostridium pasteurianum*)。

在維諾格拉斯基分出巴氏固氮梭菌后数年中,別依也林克(1901年)也由土壤中分出好气性自生固氮細菌,并名之为 *Azotobacter*。

由于維諾格拉斯基制訂的土壤微生物研究法,而决定了最近60年来农业和土壤微生物学飞速发展的成就。

在十九世紀末叶,对于土壤中蛋白质的分解(含氮有机质的轉化)和纖維素的分解(不含氮有机质的轉化),都作了詳細的研究。布特开

維奇(В. С. Буткевич)曾用霉菌培养进行蛋白质的研究,不但发现了氨是蛋白质分解的最終产物,而且还对这个事实作了十分精确的解釋,于是便成为理解土壤中氨化作用的基础。

1899年,奥梅梁斯基(В. Л. Омелянский)在波波夫(Л. Попов, 1873)的研究基础上,曾經获得纖維素的氢发酵和甲烷发酵細菌的純培养,这种細菌,能把纖維素分解成简单的产物(醋酸、丁酸、二氧化碳、氢、甲烷)。

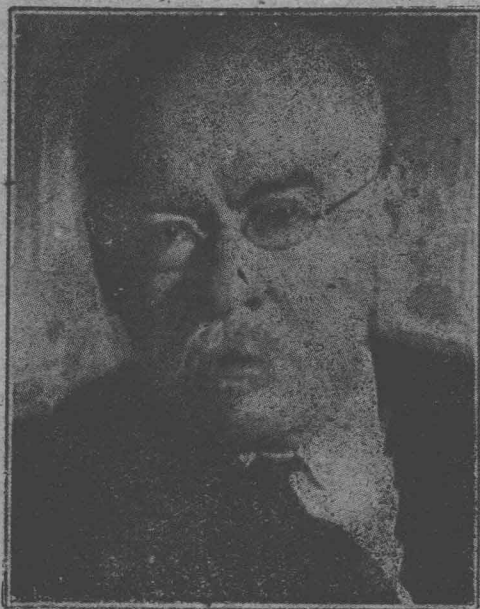


图8. 奥梅梁斯基(1867—1928)。

奧梅梁斯基還詳細研究過，使果膠物質及各種有機酸鹽發酵的細菌、硝化細菌、固氮細菌及其他許多細菌。這些研究工作，不但擴大了對土壤中發酵過程的概念，同時，也提供了這些細菌在自然界廣泛分布的新資料。

威廉斯(В. Р. Вильямс, 1863—1939)關於農業原理和土壤肥沃性的學說，不僅規定了土壤學和耕作學的任務，同時也規定了土壤學和農業微生物學的任務。在威廉斯學說指導下，蘇聯的微生物學家對於微生物生態學(微生物區系和根際細菌等方面的研究工作)、土壤腐殖質的形成過程、土壤中各類微生物及其活動等主要問題上，都提出了非常重要的科學理論，創造了不少有實踐

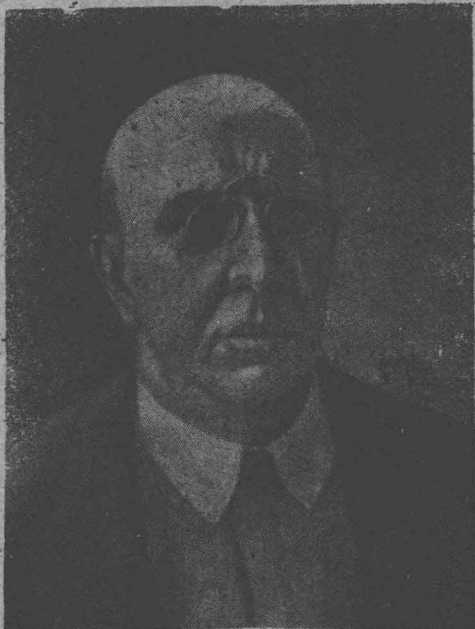


圖 9. 威廉斯(1863—1939)。

意義的應用技術，豐富了農業和土壤微生物學的內容，不斷地貢獻給社會主義農業建設。

由上述可知，農業和土壤微生物學是在 1861—1890 年間奠定了基礎的，至 1891—1910 年間，即得到了迅速的發展，特別地豐富了內容，從 1911 年起已正式成為一門與農業科學關係最密切的農業和土壤微生物學。

我國農業和土壤微生物學的發展概況 農業和土壤微生物學在我國已有幾十年的歷史，解放前我國是處在帝國主義、封建主義和官僚資本主義的反動統治下，這門科學始終找不到健康發展的條件。當時