

高等学校教学参考书

微生物学

樊 庆 笙 編
陈 华 癸

高等教育出版社

高等学校教学参考书



微 生 物 学

樊 庆 笙 編
陈 华 癸

高等教育出版社

本書系參照 1955 年高等教育部頒發的微生物學教學大綱編寫而成。全書包括緒論及微生物的形態學與生理學、微生物作用所引起的自然界物質轉化、土壤中的微生物學過程等三篇(共十五章)。編者嘗試能系統而又簡單扼要地闡明基本理論問題，並聯系農業生產的實踐；在很多章節中強調了自然界中微生物學過程的意義，以啟發學生的思考，理解這些現象的本質；每章後附列復習題，希望能幫助學生在自學中抓住主要內容，並作系統的聯系。

本書可作為高等農林學校教學參考書。

微 生 物 學

樊 庚 笙 陳 華 癸 編

高 等 教 育 出 版 社 出 版 北 京 玻 璃 廠 170 號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 054 號)

京 華 印 書 局 印 刷 新 華 書 店 總 經 售

統一書號 16010·109 開本 850×1168 1/32 印張 9 4/16 字數 214,000 印數 0001—2,700
1957 年 9 月第 1 版 1957 年 9 月北京第 1 次印刷 定價 (8) 華 1.10

序

微生物学在农学、植保、果蔬等專業教学计划中是生物学科組成的一部分，是一門專業基础課，要求建立農業生产实践中有关農業技术措施的微生物学理論基础。本書的編写，即以此为目的。

一九五五年高等教育部頒發的微生物学教学大綱，兩年來在教学中的实践，編者認為大綱的系統和内容，基本上都是合适的。这个大綱是在學習了苏联高等農業学校的微生物教学大綱，并且在很大程度上參照了苏联的大綱而訂定的。因此本書即按照这个大綱的系統，并首先參考了苏联季米里亞捷夫农学院斐多洛夫教授的生物學，确定内容的取材。在貫徹生物學的基本观点上，有着一個以微生物的生命活动規律与其周圍环境所發生的相互关系的中心体系。

几年来我国各高等農業院校在微生物学的教学中都已有了很多体会，累积了不少經驗，逐漸提高了這門課程的教学質量。因此我們在編写本書时，曾參考了南京农学院、华中农学院、北京農業大学、东北农学院、河南农学院等院校的微生物学講義，吸取大家的經驗，使本書的内容更适合于我国各高等農業院校教学的需要。

作为高等農業院校二年級学生學習的課本，課堂講授仅有三十多学时。因此本書的内容不宜过繁过深，要簡明扼要，能系統地从基本理論的闡明，联系農業生产的实践。并且在很多章节中，強調了許多自然現象中微生物学过程的意义，以啓發学生的思考，理解这些現象的本質，并能运用这些理論知識进一步解答一些实际問題。每章后列了几个复習題，希望能帮助学生在自学中抓住主要内容，并作系統的联系。

本書初稿，承华中农学院土壤微生物学教研組及南京农学院土壤微生物学教研組全体同志逐章討論修改，福建师范学院王嶽教授、北京农業大学婁隆后同志和西北农学院冀鶴鳴同志校正，并承南京农学院周湘泉同志繪制一部分圖表，謹致謝意。但本書中錯誤和不妥之处仍恐难免，尚希讀者指正。

樊庆笙

陈华癸

一九五七年三月

目 录

序	vii
緒論	1
第一編 微生物的形态学与生理学	
第一章 細菌的形态学	17
第一节 細菌細胞的形态和構造特征	17
第二节 細菌的繁殖和菌落的形成	30
第三节 細菌的个体發育和生活史	31
第四节 細菌的过滤性形态和超显微鏡微生物	34
第二章 細菌的分类	41
第一节 細菌类在生物界系統發育中的地位	41
第二节 細菌的种及其鑒定	43
第三节 細菌分类法	46
第三章 酵母菌及霉菌的形态和分类	53
第一节 酵母菌的形态	53
第二节 霉菌的形态特征	56
第三节 酵母菌和霉菌的系統分类地位和它們的主要屬	63
第四章 微生物的营养	71
第一节 微生物的組成和营养	71
第二节 微生物的碳素营养	76
第三节 微生物的氮素营养	79
第四节 微生物的矿物质元素营养	81
第五节 生長輔助素对微生物發育的影响	83
第五章 酶和酶的作用	85
第一节 酶的性質	85
第二节 酶的接触作用	88
第三节 酶的分类	90
第四节 酶的生物學意义	93
第六章 微生物的呼吸作用	95
第一节 呼吸作用的特性	95
第二节 微生物呼吸作用的类型	96
第三节 呼吸作用的生物學意义	100

第四节 微生物呼吸作用中發散的热量在生产实践中的作用	101
第七章 微生物和外界环境条件的关系	103
第一节 微生物的生命活动与外界环境的密切关系	103
第二节 物理因素的影响	104
第三节 化学性因素	111
第四节 生物因素	114
第五节 控制环境条件引起微生物的定向变异	114
第六节 微生物的生長曲綫	116
第七节 灭菌和消毒	120
第二編 微生物作用所引起的自然界物質轉化	
第八章 不含氮有机物質的轉化	128
第一节 复杂無氮有机物的分解	128
第二节 無氮有机物質的發酵	128
第三节 無氮有机物的氧化	146
第四节 纖維素与果膠物質的分解	151
第五节 自然界碳素物質轉化的意义	155
第九章 含氮物質的轉化	158
第一节 自然界氮素物質轉化的一般途徑	158
第二节 氨化作用	159
第三节 硝化作用	168
第四节 反硝化作用	173
第十章 含氮物質的轉化(續) 固氮作用	177
第一节 固氮作用的意义及土壤中的固氮微生物	177
第二节 自生性固氮菌的固氮作用	178
第三节 根瘤菌的固氮作用	192
第十一章 土壤中矿物質的轉化	212
第一节 土壤中矿物質轉化的一般途徑	212
第二节 硫的轉化	212
第三节 磷的轉化	220
第四节 鉄的轉化	224
第五节 鉀的轉化	226
第六节 其他矿物元素的轉化	227
第三編 土壤中的微生物学过程	
第十二章 土壤中的微生物	229
第一节 微生物在土壤中的分布	229
第二节 土壤中的細菌和放綫菌	234

第三节	土壤中的真菌	236
第四节	土壤中的藻类	237
第五节	土壤中的原虫	241
第六节	土壤中微生物间的相互关系	242
第十三章	土壤中有机质分解和腐殖质形成的微生物过程	249
第一节	土壤中有机质变化的两个方向	249
第二节	有机质的矿质化	250
第三节	有机质的腐殖化	259
第十四章	土壤微生物与植物生长	265
第一节	植物根系在土壤中影响着微生物的发育	265
第二节	根际微生物群对于植物生长的影响	269
第三节	微生物与植物根部进行的联合作用	271
第十五章	农业技术措施对于土壤微生物有效活动的影响	276
第一节	耕作对于土壤中微生物的影响	276
第二节	轮作对于土壤中微生物的影响	279
第三节	施肥对于土壤中微生物的影响	280
第四节	细菌肥料的应用	282
第五节	灌溉排水对于土壤微生物的影响	284
第六节	土壤局部灭菌及其在农业生产上的意义	286

緒 論

微生物學研究的對象和任務

微生物學是生物科學研究的一個部門，以自然界最微小的生物有機體（細菌及其近似的）——微生物——為研究對象。這些微小的生物，不是肉眼所能覺察，只有借助於顯微鏡的擴大作用，才能辨別、研究。它們大都是單細胞的，也包括了沒有細胞結構的生物體，形態和性能是多種多樣的。它們像高等生物一樣，可以按照形態學和生理學特徵而區別分類。有細胞結構的類型如細菌、放線菌、酵母菌、霉菌和藻類都屬於植物界，原蟲類則屬於動物界。沒有細胞結構的噬菌體和病毒，是最原始生物的代表，它們以更細小的微粒狀態而存在，超過現代光學顯微鏡的可見範圍，在電子顯微鏡下，才能被揭露出來。

微生物在自然界中分布很廣，土壤、食物、污水和一切有機物質存在的地方，都是它們滋生繁殖之處。在地球表面的綠野中，隱藏着無涯的微生物世界，除了火山噴發口附近以外，隨處都有它們的存在，而且它們的數量是很巨大的。一滴污水中，可以有幾千萬個細菌，一克土壤中有幾百萬以至幾億個微生物，空氣中塵埃微粒上，也附着有很多細菌和霉菌的孢子。這些微生物在進行它們特徵的生命活動時，廣泛地引起了它們所處環境中物質的轉化，因此人類在日常生活和生產勞動中，也就無時無刻不與這些巨大數量的微小生物接觸着，而發生着密切的關係。

成為一門獨立的學科、微生物學的內容，包括了研究微生物的形態和構造（形態學）、分類（分類學）、生活機能 and 環境條件對於它

們生命活動的影響(生理學)、遺傳和變異(遺傳學)以及它們在自然界的生存適應(生態學)，並從它們在各種物質轉化過程中所起的作用，闡明控制它們的活動、使朝着有利於人類的发展方向發展的法則。微生物學的任务，一方面從揭發生命活動的規律，在生物學的理論上建立統一的生物學體系，另一方面將成為醫學、工業和農業科學的理論基礎知識，豐富人類生活的實踐。

微生物學發展簡史

十七世紀後半期，在顯微鏡下揭露出細菌以後，微生物學才有了開端。但是微生物在人類日常生活實踐中的應用，則在人類農業一開始就有這類的事實。我們的祖先在上古時代就會制麴造酒。呂氏春秋(公元前二世紀)記載着夏禹時“儀狄作酒”。商周兩朝農業生產發達，用穀物釀酒已很普遍，甲骨文里遺留有許多殷商帝王用酒饗祭祀祖先的記載。禮記月令篇中就有詳細的釀酒技術。北魏賈思勰(五世紀)的齊民要術中，有造麴釀酒的專篇，其中記載了十二種造麴法以及用這些麴做成二十多種酒的方法。造麴法中有“黃衣”、“黃蒸”等麴種，證明當時人們已經認識霉菌，並且知道這些霉菌在釀酒中的作用，創造了培養和利用它們的方法。另外也記載了制醬、造醋、作豆豉、腌酸菜等方法。這些都是我國勞動人民生活實踐中的創造，也都是我們祖先利用微生物的作用在發酵工藝方面的發明。在歐洲，古希臘遺留下來的石刻上也刻划着釀酒的技術過程。至於制作麵包，制造牛乳酒等方法，也是很早以前就在許多民族中世代傳授着。在與疾病鬥爭方面，我國古醫學累積了很豐富的科學論據來克制傳染病的病原體，種痘預防天花，更是祖國古代醫學的偉大貢獻。因此，可以說，人類在很早以前，已經知道了如何應用某些微生物的作用來豐富生活上的需要，以及如何

控制微生物来防治疾病。虽然在很长的一段时期中，人类还不知道引起这些作用的微生物。

微生物所以迟迟才被發現，是由于它們个体微小，只有在光学仪器制造技术相当完善、能扩大到相当倍数时，才能發現它們的存在，識別它們的形体。欧洲在十七世紀，資本主义發展，集約农业已經产生，工业也在城市中



圖 1. 安东·列文虎克

Antoni van Leeuwenhoek (1632—1723)。

出現，航海事業的發展，打开了海路，扩展了貿易，所有这些新的經濟發展，在自然科学面前，提出了一系列的新任务。許多科学部門就在这个时期开始發展起来，而航海事業与天体观测的实际要求，推动了对光学器械新結構的研究，約在 1617—1619 年間，簡單的顯微鏡首先在荷蘭作为制造望遠鏡时的一种附帶結構而問世，于是开始了对肉眼所不能看到的物質世界的观察和認識。

I、微生物学的形态学阶段

安东·列文虎克 (Antoni van Leeuwenhoek 1632—1723) 是最先發現細菌的荷蘭自然科学家。他自磨透鏡，設計制成的簡單顯微鏡，可以放大 160 倍至 260 倍。在这些顯微鏡下，他观察过牙垢、雨水、井水、以及各种有机物的浸液，發現其中都有許多微小的“活的小动物”，按照他的比喻來說，它們像水中的梭魚一样地运动。他于 1683 年繪制的口腔內的細菌及其运动路綫圖，可以知道

他已觀察到細菌，并識別了它們的主要形態：球狀、杆狀和螺旋狀。1695年，他發表了“安東·列文虎克發現的自然界的秘密”一書，在人類歷史上第一次用文字和圖畫科學地記載了微生物，標志着微生物學的開端。

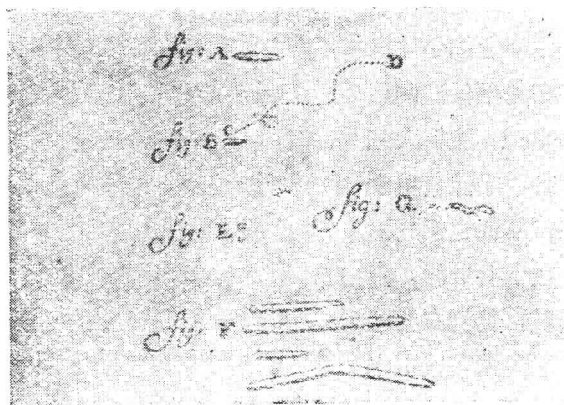


圖 2. 列文虎克所繪的細菌圖。

此後，許多生物學家，在逐漸改進的顯微鏡幫助下，觀察到了各種微生物的形態，并根据形態觀察，進行了分類。繆勒(O. G. Müller)最先(1773)將顯微鏡下的生物歸為一群，稱為“纖毛蟲”(“*Infusoria Animalcula*”)。1827年阿·洛維茨基發表“顯微鏡下的動物”，定出了杆菌、弧菌和變形杆菌等屬的名稱，也描述了其他許多細菌類的微生物。愛倫堡(G. C. Ehrenberg 1792—1876)應用了生物科學發展中形成的比較研究法的理論，進行了微生物的分類研究，于1838年發表他的著述“纖毛蟲是真正的有機體”，把纖毛蟲類分為22科，按照現代分類學，其中三科應屬於細菌類。這一部分細菌分類的材料，以及他對於細菌、螺旋菌和螺旋體所下的定義，直到現在，仍被採用。康恩(F. Cohn)在細菌形態研究中，指出細菌應歸屬植物界；細菌分類除根據其形態特征外，也需應用其

生理特性。他在炭疽杆菌中，發現了芽孢的形成，并定了芽孢杆菌屬(*Bacillus*)的屬名。自十七世紀至十九世紀中叶，微生物学在形态的描述和簡單的分类法方面，积累了許多材料。

II、微生物学的 生理学阶段

十九世紀六十年代，微生物学开始了新的發展。在研究微生物的方法上，有了很多發明，使微生物的研究，由外部形态以



圖 3. 巴斯德
Louis Pasteur(1822—1895)。

及个别微生物的構造特征，轉移到生理机能以及它們在自然环境中活动的研究，密切地联系着人类生活的实际。这一个微生物学的生理学阶段是从巴斯德的不朽功績所奠基的，而微生物学也就从这个时期开始，發展成为一門独立的科学。

微生物学走上生理特性的研究，不是偶然的，是有其一定的社会历史条件的。在这时期中，欧洲資本主义工業蓬勃發展，特別是农产品加工業如葡萄酒生产和啤酒釀造以及蚕絲業的巨大發展，迫切地提出了合理生产法的問題以保証最大效率与最大利潤，微生物已成为这些工業生产的主要因素之一。在这时期，微生物也被發現和証实为人类和牲畜疾病的傳染者，在要了解它們所發生的作用的要求下，推进了微生物学的生理研究。

巴斯德 (Louis Pasteur 1822—1895) 是現代微生物学的創始

人，是法國、也是世界歷史上一位杰出的科學家。他原來從事化學研究，發現了酒石酸結晶、旋光性能。後來因接受解決釀酒生產上的問題而致力於微生物學的研究。在 1857—1868 年間，他首先研究葡萄酒和啤酒的酵母菌發酵過程，並證明這些酒類的變質原因是和活的媒介物即其他微生物的發育有關，提出了有名的巴斯德滅菌法，使工業部門在葡萄酒和啤酒的產品質量上得到了保證。接着他發現了乳酸發酵和醋酸發酵等的微生物作用的實質，證明了引起各種發酵的微生物有它們各自獨特的代謝作用，需要不同的生活條件，因此控制這些微生物的環境條件就成為釀造工藝的基本任務。就使人類有可能掌握了微生物生命活動的規律來創造財富。微生物學在工業方面的實踐，就在這時期奠定了理論的基礎。

巴斯德研究蠶的病害，於 1868 年找到了引起蠶病的微生物，提出了防除蠶的細菌病的方法以後，又以一系列新的工作，廣泛地研究人畜的傳染病，創立了傳染病病原菌病因的正確理論。他確定了細菌是炭疽病的病原菌，並從病體上分離了這種細菌，獲得在人工培養基上的生長繁殖，進而證明了該病的傳染方法。同時，他也在實驗室培養病原菌的過程中找到了減弱它們毒力的方法，並發現應用減弱了毒力的病原菌可以使生物體免受傳染，創立了預防傳染病的菌苗接種法，創立了免疫學的基礎。在他的晚年中，又研究了狂犬病，用縮短潛伏期的減弱病原體，發現和治療真正的狂犬病。可怕的疫病被戰勝了，引起疾病的病原菌，在人類掌握中又成為防治這疾病的有效武器。巴斯德的抗炭疽病接種和抗狂犬病接種將永遠記載在微生物學的史冊中。他的工作對人類保健事業的貢獻是偉大的，他教導我們和那些最危險的、所見皆是的微生物進行鬥爭。

他在研究丁酸發酵時，證明丁酸細菌需要在沒有氧氣的環境

中才能生長，氧气对于这种細菌是有害的，發現了嫌气性的生活現象。

巴斯德在微生物学實踐中，曾运用了高溫灭菌法以控制微生物的生存，他的高压灭菌器可以用来杀死最耐热的芽孢杆菌，他并創制了頸部呈 S 形的燒瓶，使空气中含有的微生物在通过 S 形細管时，受到阻擋不能进入瓶內，使瓶內曾經高溫灭菌的培养基因無細菌污染而保持無菌状态，这些比較完善的灭菌技术無疑有着很大的科学意义和实用价值。但是巴斯德就根据高溫灭菌法的試驗来否認自然發生的可能性，是不符合生命起源的客觀規律，因为他忽略了他杀死微生物的同时，也破坏了可以發生最簡單生物体的生活物質，在这种条件下，生活物質已被破坏，微生物也就不再可能在短时期內由其他物質产生。恩格斯曾經在評論时写道：“巴斯德在这方面的实验是沒有結果的，因为对于那些相信自然發生的可能性的人，他决不能單用这些实验来証明它的不可能性；但这些試驗是很重要的，因为这些实验把这些有机体、它們的生命、它們的胚种等等都弄得相当清楚了”^①。

巴斯德在微生物学的各方面的实际工作，奠定了微生物学迅速發展的基础，季米里亞捷夫在紀念他的文章中曾給予崇高的評價——“他的一生給人类的生活帶來了史無前例的影响，他的工作在人类最早的三門应用科学——医学、工艺学、农学——中，都引起了变革”。

柯赫(Robert Koch 1843—1910)，德国杰出的微生物学家，他走上巴斯德所指出的研究微生物病原体的道路，在医用微生物学方面，作出了很大的貢獻。他也研究了炭疽杆菌，确定为炭疽病的病因，并在这种杆菌中發現了細菌的芽孢，于 1876 年發表了关于炭疽杆菌芽孢形成的論著。他进行了人和牛的結核病的研究，發現

^① 恩格斯：自然辯証法（曹葆华等譯），人民出版社，1955，第 252 頁。

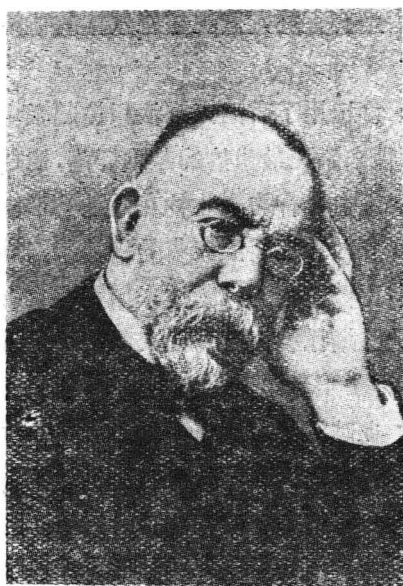


圖 4. 柯赫

Robert Koch(1843—1910)。

較明晰地觀察細菌的形態和一部分構造。他用凝固培養基培養細菌，由分離孤獨菌落而獲得純種培養後，使微生物學者才真正掌握了微生物，不僅糾正了當時對於細菌形態變化無定的錯誤見解，也使進一步仔細研究各個種的生理特性成為可能。在這純種培養的技術基礎上，柯赫規定了病原細菌鑒定的方法和步驟，即所謂柯赫法則。

了結核病的病原菌，接着又發現了霍亂的病原菌，創制了防止這些疾病傳播的消毒方法。以後他的學生們又陸續發現了白喉、傷寒、破傷風等病原菌。在十九世紀的八十年代中，使醫用微生物學得到了燦爛的發展。

柯赫在研究這些病原菌時獲得的成就，是和他在研究方法上的許多創造分不開的，他應用了苯胺類染料進行細菌的染色方法，使能比

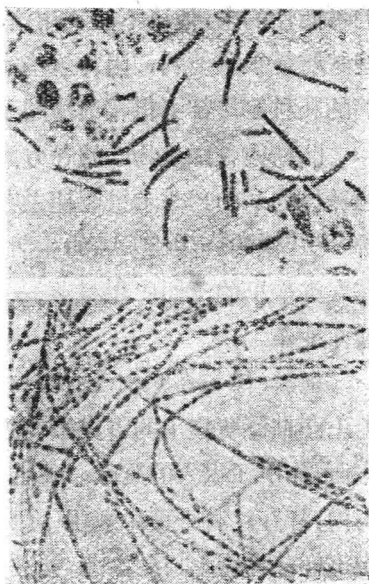


圖 5. 柯赫攝制的炭疽桿菌圖。

俄国生物学家伊凡諾夫斯基(Д. И. Ивановский 1864—1920)于1892年發現烟草花叶病的病原体是一种比細菌还小而为光学显微镜所不能看見的生物,称为濾过性病毒,創立了傳染病的病毒学說。他的發現,扩大了微生物界的領域,使有細胞形态的微生物和無構造的活蛋白質間的联系得到了实証。



圖6. 維諾格拉特斯基
С. Н. Виноградский(1856—1953)。

III、微生物学在农 業方面的發展

研究土壤中有機物和無機物的各种轉化作用,从而闡明土壤的肥力以及对于农業生产的影响,是在研究各种微生物的生命活动的基础上展开的。微生物学在农業方面的發展,在1890年以后,俄国和欧美的学者們作出了巨大的和卓越的貢獻。

維諾格拉特斯基(С. Н. Виноградский 1856—1953),是俄国杰出的微生物学家,农業微生物学的奠基者。他証明了土壤中硝化作用和硫化作用是微生物的作用,發現了这些微生物各有其特殊的自營生活——化能营养,因而揭露了生物界的特殊生理类型,是近代生理学上的重大發現之一。土壤中的自生性固氮作用是从他研究了嫌气性固氮菌所揭露出来的,后来他又研究了好气性固氮菌,提供了固氮作用的理論。他也創造了一系列研究土壤中微生物的特殊方法,应用选择培养的原則,来研究土壤微生物的各个生理群,用硅膠培养基研究自營性細菌,并在仿效土壤中自然状态而