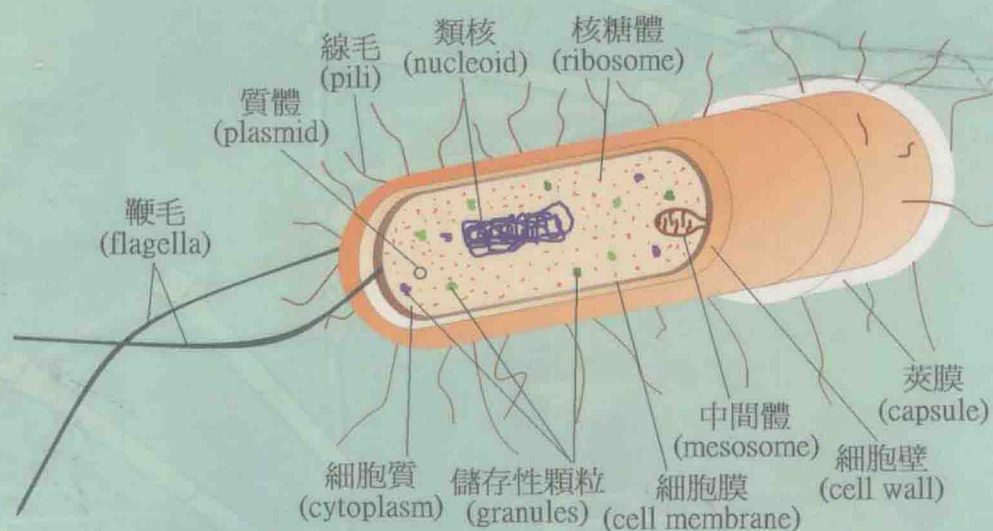


微生物學

第二版

楊美桂 編著



藝軒圖書出版社

微生物學

第二版

楊美桂 編著

藝軒圖書出版社

國家圖書館出版品預行編目資料

微生物學／楊美桂編著．--第二版．--臺北縣

新店市：藝軒， 2005[民 94]

面； 公分．

含索引

ISBN 957-616-813-9（精裝）

1. 微生物學

369

94002519

本書任何部份之文字或圖片，如未獲得本社書面同意，
不得以任何方式抄襲、節錄及翻印

新聞局出版事業登記證局版台業字第一六八七號

微生物學（第二版）

（精裝）特價新臺幣 675 元

編著者：楊 美 桂

發行所：藝軒圖書出版社

發行人：彭 賽 蓮

總公司：台北縣新店市寶高路 7 巷 1 號 5 樓

電話：(02)2918-2288

傳真：(02)2917-2266

網址：www.yihscient.com.tw

E-mail:yihscient@ms17.hinet.net

總經銷：藝軒圖書文具有限公司

台北市羅斯福路三段 316 巷 3 號

（台大校門對面，捷運新店線公館站）

電話：(02)2367-6824

傳真：(02)2365-0346

郵政劃撥：0106292-8

台大醫學院展售處

台北市仁愛路台大醫學院聯教館醫工室 B1

電話：(02)2397-5070

台中門市

台中市北區五常街 178 號

（健行路 445 號宏總加州大樓）

電話：(04)2206-8119

傳真：(04)2206-8120

大夫書局

高雄市三民區十全一路 107 號

（高雄醫學大學正對面）

電話：(07)311-8228

本公司常年法律顧問／魏千峰、邱錦添律師

二〇〇六年八月第二版再刷

ISBN 957-616-813-9

本書如有缺頁、破損或裝訂錯誤，請寄回本公司更換。

讀者訂購諮詢專線：(02) 2367-0122

第二版序

本書自出版以來，承蒙生命科學相關領域之學者專家極力推薦，作為各大學及技術學院學生修習微生物學之主要教科書，以及提供有興趣進入微小世界的先進們的參考，非常感恩。

本書的撰寫與出版，雖是本人多年實際教學經驗之結晶，但在資深前輩們面前班門弄斧還真有所心虛。尤其看到國立台灣大學化工系黃世佑教授，不但仔細閱讀了全書，還將所有錯誤一一列出，甚至提供我寶貴的建議，讓我內心非常感動與震撼。從他身上，我看到了學者治學嚴謹的風範，也顯現了我為學處世的粗放。何其有幸，本書在藝軒圖書公司全力支持下，蒙受眾多讀者的厚愛與肯定，遂將初版的內容重新審閱，希望將錯誤與遺漏之處減至最低，以提供誨人不倦的教師們一份正確的教材，能引導莘莘學子順利進入學術的殿堂。

感恩輔仁大學生命科學系（原生物系）與食品營養系，三十年來提供本人機會，能持續為學生講授微生物學。發現雖同樣的教材，但不同的時空，加上不同的學子，每次的講解與說法並非一成不變，因為磨練後的精進，方能獲得真髓。本書再版後，內容之缺失恐難避免，懇切期盼默默支持我的授課教師們，關愛照顧我的學界朋友們，以及認真熱心的讀者們，若發現本書有任何的錯誤，或需要修正的地方，不論以書信或 E-mail (mkyang@mails.fju.edu.tw)，煩請隨時提供給我，以作為未來再次出版時之修改資料，感恩不盡。

楊 美 桂

輔仁大學生命科學系

中華民國九十四年二月

郭 序

生物科技為一結合物理、化學、醫藥、能源、農業、環境、與食品等領域之高科技產業，也是二十一世紀必要推動的重點科技。除了不斷引進國際最新技術外，還要有一流的卓越研究人才，才能助於我國科技實力的快速增進。尖端且紮實的基礎科學知識，是提供高科技產業發展的根基，微生物由於生長快速且容易培養，基因組成簡單又有各種突變種，可提供生化學、遺傳學、生理學、分子生物學、甚至分類學等各方向的研究。不論細菌、真菌、或病毒都是生物科技研發不可或缺的材料，例如大腸桿菌是研究最多也是了解最透徹的細菌之一，許多不同生物的基因，可利用基因操作技術送入大腸桿菌之內，並能大量的表現出基因產物來。所以細菌提供了一個小到看不見的工廠，卻有驚人的產物可不斷的製出。製出的生物產品，如生長激素、胰島素、以及各種病毒疫苗，可是小兵立大功，具有特定的醫療用途。

本書作者楊美桂博士，從事微生物的教學與研究工作，具有非常豐富的經驗。今將多年收集整理且不斷翻新之教材，編纂而成此一精彩且實用的專書，可提供生命科學相關領域之學子，或有心學習生物科技者，建立必要的基礎微生物概念，是一本非常適用之教材。本書內容之安排，除了厚植微生物學的基礎理論知識外，還強調微生物的實際應用，主要在突顯微生物的發展對生命科學的貢獻，以及帶動生物科技的躍進。對於國內生物科技人才的培育，必有助益。

雖然微生物的中文書已有多種不同版本，但能以全方位的考量，編排出現代化的基礎微生物教材實不多見。本書的出版，將為國內微生物教學提供另一種思維。認識作者已有三十年之久，相信楊博

士必仍本著認真負責的精神，持續努力於微生物學的教學與研究工作，並將本書不斷更新。特此爲序並極力推薦。

中央研究院院士
分子生物研究所特聘研究員

郭宇德

自序

隨著人類基因序列的解碼，以及複製技術的突破，生物科技的快速發展，我們面臨的是一個新的生命科學的時代。微生物由於特殊的構造與基因組成，加上快速的生長特性，是生命科學研究上很好的材料，更是生物技術發展中所必備的成員，所以生命科學相關的科系，都將微生物學列為基礎且必修的課程。如何將基礎的微生物學概念，有系統且深入的介紹，並以簡單易懂的方式，使學生能瞭解目前發展的趨勢，並激起學生學習的慾望與興趣，是我編寫本書的目的。

本書共分十二章，是本人近三十年來在輔仁大學生命科學系（原生物系）與食品營養系教微生物學的主要內容，為一學期三學分之課程。第一章介紹微生物的發現，種類與人類的關係，以及整個發展史與未來的展望。第二章由微生物（包括細菌、真菌與病毒）的構造與組成進行詳細的解說，主要在提供最基本的結構概念，做為微生物分辨的基礎。第三章至第六章著重於微生物生長的探討，包括養料的提供與培養方法的說明（第三章），生長的特性與測定（第四章），養料的代謝與生理反應（第五章）等的深入瞭解，以期達到如何掌控微生物生長的目的（第六章）。由於生理現象根本上是由基因所調控，故由分子層次探討微生物的遺傳機制，提供近代分子遺傳學很重要的資訊（第七章）。隨著豐富資訊的累積，加上技術上的突破，基因工程因應而生，並衍生出最新的生物技術（第八章）。事實上，微生物與人類的的生活息息相關，許多微生物會感染人類並引起疾病，但必能戰勝人類的免疫防禦系統，兩者之間的相互關係，在第九章有詳細的介紹。至於微生物所引起人類的疾病，以及各種診斷的方法，則接著安排第十章中。至於無所不在的微生物

物，在整個地球之生態系中，也扮演非常重要的角色，則放在第十一章中介紹。除外，微生物本身或其代謝產物，對人類也具有利用的價值，第十二章介紹了微生物在食品、醫藥、農業與環保上的應用，並強調微生物在未來生物技術發展上的重要性。整體而言，本書的規劃與編排，與傳統的編寫方式不同，除了注重前後章節的系統性連接與整體性外，更突顯微生物在免疫學、遺傳學與分子生物學發展之重要性，以及對最新生物科技的貢獻。

本書也參閱了 Fundamentals of Microbiology (Alcamo, 6th ed.) 的精華部份，並由輔大生命科學系張嘉宏、李秉勳、鄭有良、鄭雅珊與卓青楓等同學幫忙電腦繪圖，讓本書更加生動與活潑，在此致上由衷的謝意。藝軒圖書公司對本書的編寫與出版，給予熱誠的鼓勵與全力的支持，更要獻上誠摯的感謝。雖然本書的撰寫，是多年實際教學經驗累積的結晶，內容也經過一再的修飾與校閱，但難免仍有不足與遺漏之處，懇請學者專家多加批評與指正，非常感激。

楊 美 桂

輔仁大學生命科學系

中華民國九十二年一月

目 次

第一章	緒 論	1
第一節	微生物學研究的對象	2
第二節	微生物的種類與存在範圍	3
第三節	微生物與人類的關係	5
第四節	微生物的發現與發展史	6
第五節	二十世紀的微生物學	10
第六節	二十一世紀微生物學的展望	16
第二章	微生物的構造	19
第一節	顯微鏡下的微小世界	20
第二節	微生物形狀的觀察與大小的測量	22
第三節	細菌的超微構造	27
第四節	真菌的形態特性	41
第五節	病毒的分子結構	44
第三章	微生物的培養	55
第一節	細菌的培養	56
第二節	真菌的培養	75
第三節	病毒的培養	77
第四章	微生物的生長	85
第一節	細菌的生長	86
第二節	真菌的生長特性	97
第三節	病毒的生長週期	104

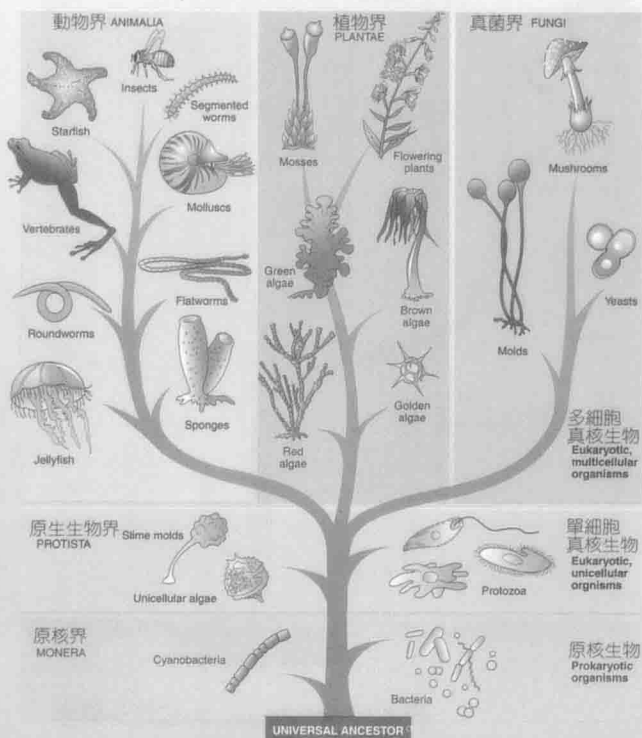
第五章	細菌的代謝	113
第一節	代謝反應	114
第二節	能量的產生	118
第三節	有機物的分解	127
第四節	無機物的氧化	139
第五節	能量的利用	140
第六章	微生物的控制	149
第一節	控制的原理與效果	150
第二節	物理控制法	153
第三節	化學控制法	163
第四節	化學治療法	172
第七章	微生物的遺傳	189
第一節	細菌的遺傳特性	191
第二節	真菌的遺傳特性	221
第三節	病毒的遺傳特性	222
第八章	基因工程與生物技術	227
第一節	基因工程的起源	228
第二節	基因的選殖	232
第三節	基因操作技術	252
第四節	何謂生物技術	260
第九章	微生物的感染與疾病的發生	271
第一節	傳染性疾病的發生	272
第二節	宿主的非特異性抵抗力	277
第三節	宿主的特異性免疫力	286

第十章	微生物引起人類的疾病	307
第一節	致病性細菌.....	308
第二節	致病性病毒.....	323
第三節	致病性真菌.....	338
第四節	病原體的實驗室診斷	342
第十一章	環境中的微生物	371
第一節	微生物在生態系中所扮演的角色	372
第二節	微生物與各元素的循環	378
第三節	不同環境中之微生物	390
第十二章	微生物的應用.....	405
第一節	微生物在食品工業上的應用	406
第二節	微生物在醫藥工業上的應用	412
第三節	微生物在環境生技上的應用	419
第四節	微生物在農業上的應用	424
第五節	微生物與最新生物技術產業	431
索引		443

第一章 緒論

本章大綱

- 微生物學研究的對象 2
- 微生物的種類與存在的範圍 3
- 微生物與人類的關係 5
- 微生物的發現與發展史 6
- 二十世紀的微生物學 10
- 二十一世紀微生物學的展望 16



第一節

微生物學研究的對象

微生物 (microorganism) 是指無法以肉眼看到的微小生物，種類很多，分佈範圍極廣。因為與人類、動物、及植物都有直接與間接的關係，有必要進行詳細的探討。由於其微小，故必以顯微鏡才能觀察到。顯微鏡下的微小世界，種類繁多，形狀各異，既非動物亦非植物，早期曾將之歸於另一界，稱之為原生生物界 (protista)。依今之五界分類法 (圖 1-1)，將所有生物分為原核界 (Monera)，

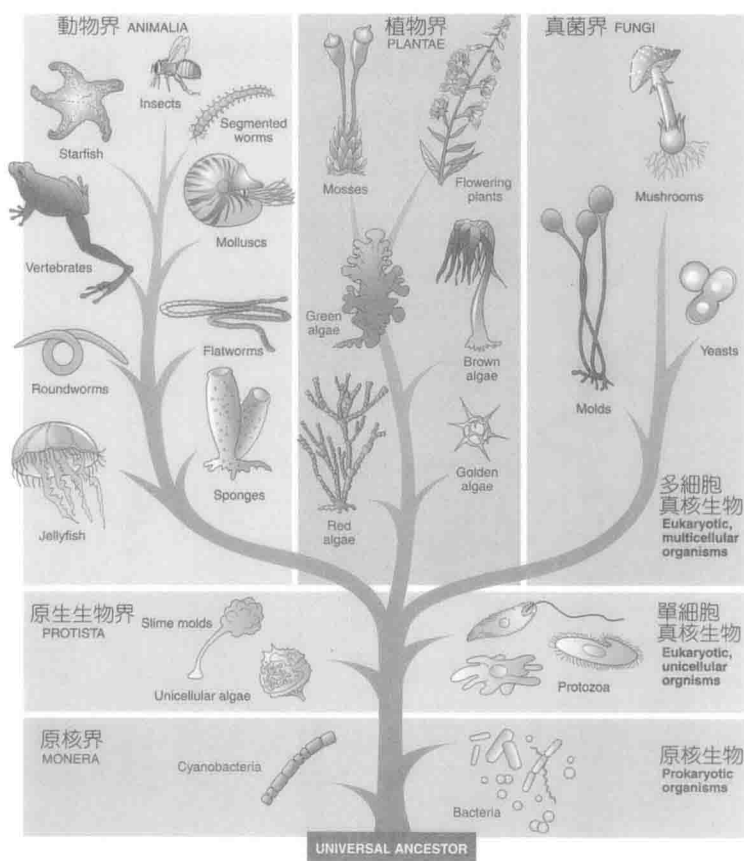


圖 1-1 Whittaker 的五界分類法。

真菌界 (Fungi)，原生生物界 (Protista)，動物界 (Animalia)，與植物界 (Plantae) 等，其中屬於原核界、真菌界與原生生物界的生物，都是微生物學所要研究的對象。

生物依細胞結構的不同，可分為真核生物 (eukaryotes) 與原核生物 (prokaryotes) 兩類。主要根據核膜 (nuclear membrane) 的有無加以區分，真核生物具有核膜，為典型的核；但原核生物則否，缺乏核膜，故核內之物質直接暴露於細胞質中。真菌界與原生生物界內的微生物，為真核生物；原核界內的微生物，為原核生物。

不論動、植物或微生物，都由細胞 (cell) 所構成。前者必有多種不同細胞參與，以執行複雜的生命現象，稱為多細胞生物 (multicellular organisms)。後者只由單一個細胞所構成，但卻足以表現出明顯的生命現象，稱之為單細胞生物 (unicellular organisms)。自然界中，另外還存在一種不具細胞的結構，但卻具有生命現象之病毒 (viruses)，只由核酸 (DNA 或 RNA) 與蛋白外殼 (protein coat) 所構成，為一種簡單的病毒顆粒 (viral particles)，無法稱之為生物。但因其可侵入活細胞中，並於細胞之內繁殖，表現出高效率之生殖作用，可引起動植物與微生物的疾病，故也在探討的範圍之內。

第二節

微生物的種類與存在的範圍

微小生物種類繁多且分佈極廣，有真菌、藻類、原生動物、細菌、與病毒等五類 (圖 1-2)。在自然界，舉凡空氣、水中、土壤、及動、植物體內與體表，皆有微生物的存在，故與人類的的生活息息相關。

其中真菌為低等的真核生物，由單細胞的酵母菌，到巨大且多細胞的蕈類，可提供人類食物，產生抗生素，並可引起各種生物的

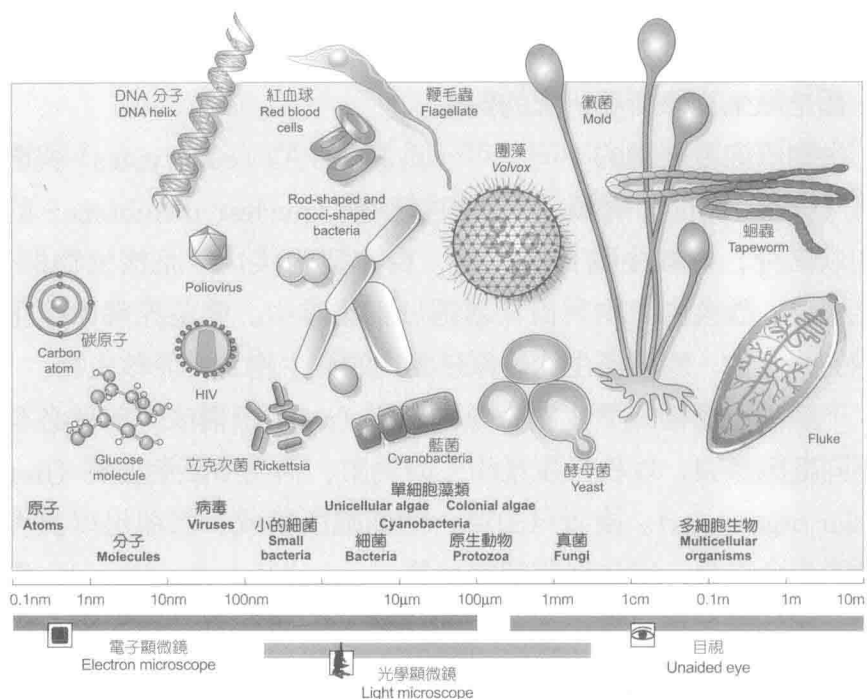


圖 1-2 各種微生物大小與形態的比較。

疾病。藻類，為具有葉綠素之真核生物，多存在於水中或潮濕的土壤中，以光合作用製造養料並釋出氧，為地球上無數生物賴以為生的重要來源。原生動物則指單細胞，不能行光合作用，但能運動的真核生物，廣泛分佈於池塘、土壤、糞便、與海洋中，有些種類還可引起高等生物的疾病。

細菌是一種微小，構造簡單的原核生物（圖 1-2），種類與數目繁多，佔所有微生物三分之二以上。不但生殖力極強，還可適應各種不同的環境，在極端環境中，如高溫、高壓、乾旱、與奇寒等地方，仍可存活，故認為是地球上最早出現的生物，為所有生物最原始的祖先。

病毒則是目前最小，構造最簡單的微小生物，必須以電子顯微鏡才能看到。由核酸與蛋白所組成的顆粒，必進入活的細胞內，才能進行複製以產生子代，為一種絕對細胞內寄生（obligate intracellular parasite）。病毒可感染細菌與真菌，也可引起人類與動、植物

的多種疾病。由於其絕對依賴性，不但造成細胞嚴重的損傷，且不易找到有效的防治方法。

第三節

微生物與人類的關係

微生物之於人類，自古以來關係極為密切。人們很早就會利用酵母菌，將水果或穀類，經發酵而釀成酒。還知道以微生物處理，製成醬油、食醋、乳酪等食物。並懂得以食鹽與糖淹漬食物，利用乾燥法除去水份，以抑制微生物的生長，防止食物的腐敗。

微生物在自然界中，扮演非常重要的角色。藻類與行光合作用的細菌，是主要的初級生產者，能提供水中生物重要的食物來源，以建立成一食物鏈與食物網。而腐生性細菌與真菌，能夠分解有機體，不但讓所有物質能循環使用，且維持整個生態系的平衡。

微生物在工業上用途很廣，不論化學工業如有機溶劑的生產，醫藥工業如抗生素的製造，都可由微生物提供。而可分解污染源的細菌，亦被用於環境保護工作上。至於病原性微生物，可造成人類的疾病，直接威脅人類的生存，感染動植物，也會間接影響人們食物的來源，故瞭解致病性微生物，並找到有效的對策，是一很重要的課題。

第四節

微生物的發現與發展史

一、微生物的發現

由於微生物無法以肉眼看到，故在顯微鏡發明之前，並不知它的存在。直到十七世紀，荷蘭人李文霍克（Antony van Leeuwenhoek）（圖 1-3A），利用自製的簡單顯微鏡（圖 1-3B），觀察他所收集自周遭的許多樣品，發現不論是池水、牙垢、或糞便中，都可看到不同形態的小生物（圖 1-3C），稱之為微動物（animalcules）。雖然他將所觀察的結果，送至英國皇家學會發表，也激起許多研究者的興趣及參與，但因當時所使用的顯微鏡，其放大倍數有限，相關方面的研究並無太大的進展。

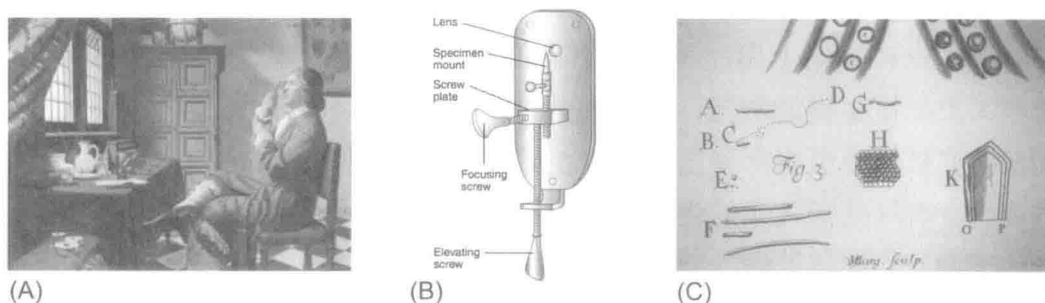


圖 1-3 李文霍克（Antony van Leeuwenhoek）（A），以自製的顯微鏡（B）所看到不同形態的小生物（C）。

二、生命起源的爭論

顯微鏡下看到了微小的生物，究竟這些小生物從何而來？激起了許多人的研究興趣，其中一派學者提出自然發生說（spontaneous generation），認為生物是由非生命之物質所形成的，舉出「腐肉生