

部編大學用書

土壤微生物學

林良平 編著

國立台灣大學農業化學研究所教授

上 冊

SA/5



本書係獲得七十五學年度大專教師教學優良獎

國立編譯館主編
南山堂出版社發行

部編大學用書

土壤微生物學

林良平 編著

國立台灣大學農業化學研究所教授

上 冊

國立編譯館主編
南山堂出版社發行

部編大學用書

土壤微生物學

林良平 編著

國立台灣大學農業化學研究所教授

上 冊

版權所有※翻印必究

出版者：國 立 編 譯 館 主 編

編 著 者：林 良 平

發 行 人：李 仁 桂

發 行 所：南 山 堂 出 版 社

臺 北 市 羅 斯 福 路 三 段 282 號

郵 政 劃 撥 第 0000999-9 號

電 話：321-5814, 341-2142

總 經 銷：弘 洋 圖 書 有 限 公 司

臺 北 市 中 山 北 路 三 段 53 之 4 號 二 樓

郵 政 劃 撥 第 1009617-8 號

電 話：594-7977

行政院新聞局局版臺業字第0790號

印 刷 所：昭 美 彩 色 印 刷 有 限 公 司

中華民國七十六年 月初版

NST-No.

定價NT\$： 220

土壤微生物學

目次

上冊

第一篇 土壤微生物相·····	1
第一章 諸論·····	3
第二章 土壤微生物的環境·····	25
第三章 土壤中的微生物(Ⅰ)——細菌·····	39
第四章 土壤中的微生物(Ⅱ)——放線菌·····	55
第五章 土壤中的微生物(Ⅲ)——真菌·····	71
第六章 土壤中的微生物(Ⅳ)——藻類·····	89
第七章 土壤中的微生物(Ⅴ)——原生動物·····	101
第八章 土壤中的濾過性病毒·····	119
第二篇 土壤微生物之轉化作用·····	135
第九章 土壤中生質之有效測定·····	137
第十章 碳在土壤中的動態·····	171

第十一章	木質素及其他多醣類的微生物分解	193
第十二章	碳氫化合物在土壤中的分解	245
第十三章	土壤的生化學	269
第十四章	土壤中的固氮作用	291
第十五章	土壤中氮素的轉變	355
第十六章	磷在土壤中的動態	383
第十七章	鐵在土壤中的動態	407
第十八章	其他礦物質在土壤中的動態	419

下冊

第三篇 生態相互關係 449

第十九章	土壤微生物之生態	451
第二十章	高等植物與土壤微生物	487
第二十一章	根圈中之微生物	533
第二十二章	土壤生態中之相剋作用	555
第二十三章	土媒植物病原	563
第二十四章	水田與旱田之微生物相	579

第四篇 土壤微生物的貢獻 597

第二十五章	農藥與土壤微生物	599
第二十六章	土壤微生物與生物控制	633
第二十七章	污染與土壤微生物	647
第二十八章	廢水處理與土壤微生物	671
第二十九章	礦物回收、生質和能源生產上微生物的作用	685

第三十章	微生物在台灣土壤中之分佈及其研究	709
附錄 1	土壤微生物學研究史	735
附錄 2	細菌之分類	745
	CLASSIFICATION OF BACTERIA	748
附錄 3	放線菌之分離	759
附錄 4	土壤中真菌之分類	767
附錄 5	土壤藻類之分類	775
附錄 6	原生動物之分類	789
附錄 7	病毒之分類	795

土壤微生物實驗

實驗之介紹	801
〔附〕土壤微生物基礎實驗法	803
土壤微生物的生態	803
土壤微生物之作用	804
土壤微生物基礎實驗法	805
實驗一至實驗三十	805-884
附錄 培養基成分	886
參考文獻	898
英文索引	901

第一篇 土壤微生物相
(Soil Microflora)

2 土壤微生物

第一章 緒論

據許多學者的估算（Curl 和 Truelove 1986）：以平板計數法測定每克田間乾土中約有一百萬以上細菌，而若以直接光學顯微鏡下計數則每克田間土壤中的細菌數超過三億。因此，我們可以了解土壤中微生物以其龐大的族群，參與土壤中繁多的化學變化，並影響着生於土地上植物體的生育情況，乃至調節一些土壤的物理性質。但針對土壤中微生物系統做系統性研究並發展成一門學問却是近一世紀的事。緣自 Pasteur 於 1857 ~ 1876 年間的研究奠定近代微生物學的基礎。他證明了發酵類的微生物分解說，並開發了二個重要的研究方向：(1) 病原微生物學；(2) 一般微生物學。前者繼續演變成爲近代的植物病理學；後者則可追溯成爲今日土壤微生物學的本源（19 世紀迄今，土壤微生物學研究史的摘要示於附錄 1）。

早期的土壤微生物學家 Beijerinck（1851 ~ 1931）和 Winogradsky（1856 ~ 1953）在微生物演化過程的詮釋上卓越的成就堪與着力於病原微生物方面的 Pasteur 及 Koch 媲美。前二者所發明的增殖培養（enrichment culture）成功地分離出具有新生理特性

4 土壤微生物

的細菌；Winogradsky 則發現細菌的自營生活方式，並將在土壤中能利用氮及硫化物營生的細菌建立為一體系。

1887 年 Hellriegel 和 Wilfarth 確立了固氮及豆科植物結瘤的關係。1888 年 Beijerinck 則即將豆科植物根瘤中的細菌以純培養方式分離出來，並證實這些細菌有引致結瘤的能力，稱之為 *Bacillus radicicola*，也即今日所謂的根瘤菌。除上述之外，Beijerinck 還分離出非共生性固氮菌（*Azotobacter*），發現多種具轉換硫化物能力的細菌與其生理反應。

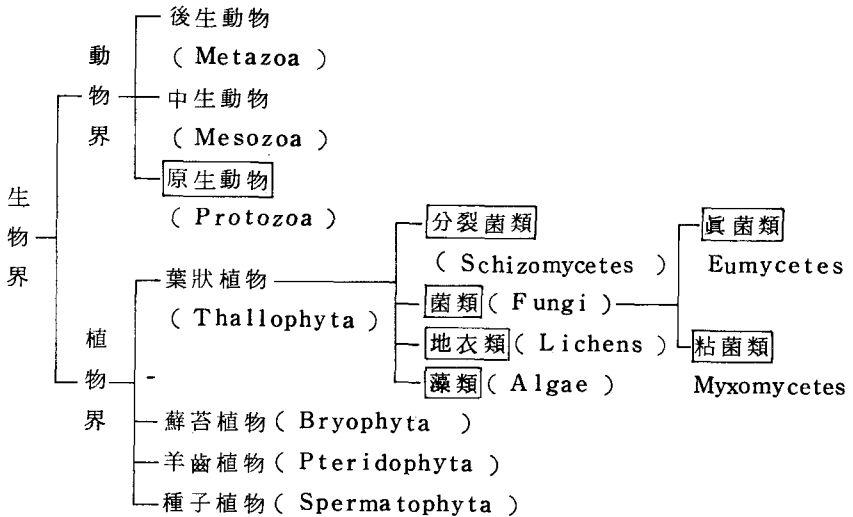
土壤微生物學的發展雖為時不久，且近二、三十年來成效不彰，但近來因受到環境科學突飛猛進的激勵，致使土壤微生物之研究轉而向土壤生態方面發展。除了因應付未來世界人口急速膨脹相繼而至的糧食問題，土壤微生物學家推廣根瘤菌和形成菌根真菌的接種輔助作物生長；以及利用微生物防制作物病害等等，更試圖應用遺傳工程將土壤微生物在農業及工業上發揮其特有的經濟潛力。

1-1 微生物在生物界的位置

1-1-1 過去的分類法

考慮微生物的分類之初，首先被人注意的即是微生物在生物全體中所佔的位置。雖然早在 1674 年 Leeuwenhock 已觀察到微生物之存在，但一直到 18 世紀，複合式顯微鏡（compound microscope）的發明及應用以後才被廣泛的觀察與研究；亦因此對微生物在分類上的地位的問題，各家產生不同的意見。表 1-1 即是將生物界視為動物與植物的觀念，來分類微生物的一個例子：

表 1-1 微生物在自然界中之位置



註：表中 部分表微生物。

源自：古坂澄石（1969）：土壤微生物入門，P. 3，共立出版株式會社，日本。

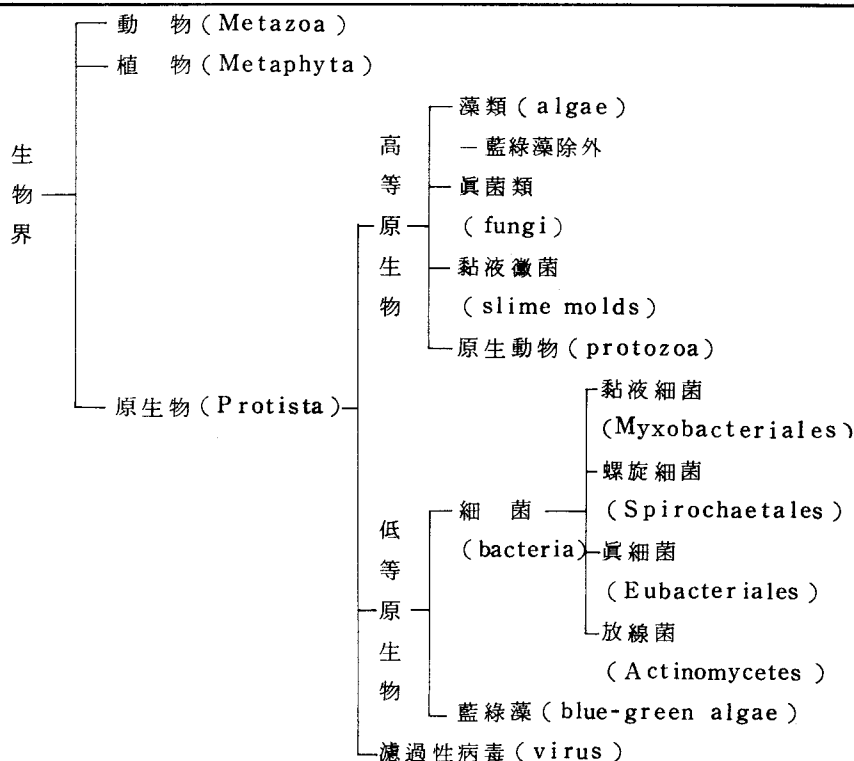
1-1-2 現代的分類法

上表的分類法是以微生物能否如動物般的運動或植物的行光合作用為依據。因藻類具行光合作用的能力及不可移動性，而被分到植物界中；而菌類，儘管它不能行光合作用，但因不具移動性也被分到植物界。由上述可知，微生物形態及生理上所具的多變異性，實不宜將其劃分於動植物兩大類中。

1866 年，德國生物學家 E. H. Haeckel 提議，除動植物外，建立第三個生物羣（kingdom），將那些很難明顯分辨出是動物或植物的

生物歸屬爲一類，並命名爲原生物 (protista)，此分類體系可歸納爲下表 1-2：

表 1-2 微生物在自然界之位置(一)



參考：Gunsalus, I. C. and R. Y. Stanier (1964): The Bacteria. Vol. V, 445-464, Academic Press, N.Y.

除了有些細菌產生內生孢子 (endospore)，包囊 (cysts)，及某些放線菌產生分生孢子 (conidia) 等形態上變化 (morphogenesis) 外，原生物界幾乎爲不能行分化 (differentiation) 而具結構簡單的生物。此界包括了單細胞和只能由顯微鏡才能觀察到的生物，同時也包括部分多細胞生物。但某些多細胞原生物的構造並不簡單，例如

：一些大的海藻是由許多長而薄的莖（stem）或柄（stipe）構成基部，再連接寬的葉片狀蕨葉（fronds），但在莖與蕨葉表面的細胞基本上的構造是一樣的。

1-1-3 原生物的再分類

原生物主要依照細胞核的構造又可分為高等和低等的原生物兩大類。這是按照它們基本上在細胞組織上的不同而定，但最主要的分別還是細胞核的構造。一般生物的細胞，有真核性（eucaryotic）及原核性（procaryotic）之分，前者細胞核均包被一層核膜；而後者（如細菌及藍綠藻）的細胞核物質直接與細胞質相接觸。此二種細胞除了核膜有無之別外，尚有其他在細胞胞器（organelle）的不同點請參見表 1-3。

表 1-3 低等原生物與高等原生物主要的差別

	低等原生物	高等原生物		低等原生物	高等原生物
<u>遺傳系統</u>			葉綠體	—	+或—
染色體數目	1	> 1	溶解體	—	—(?全部)
核膜	—	+	高爾基體	—	+
染色體含有組織蛋白	—	+	內質網	—	+
有絲分裂	—	+	真液胞	—	+
接合子生成機構	結 合 形質轉換 形質導入	結 合	細胞膜	—	+
<u>蛋白質合成系統</u>			含有固醇		
			細胞壁		
			率 (frequency)	幾乎所有族	+(一些族群) —(其他族群)
核糖體	70 S	{ 80S(細胞質) 70S(胞器)	含有 pepti-doglycan	+	—

8 土壤微生物

細胞質構造			阿米巴運動	—	+ 或 —
粒 線 體	—	+	細胞質流	—	+ 或 —

註：低等與高等原生物在生化方面非常類似，它們都含有蛋白質、核酸、多醣類及脂質。

1-1-4 生物五界系統的分類法

由 Whittaker (1969) 提出五界系統的分類，此法乃根據近代的生化、遺傳、微細構造 (ultrastructure) 等知識，提出遺傳上的內部共生現象 (endosymbiotic)，說明真核細胞生物 (eucaryotes) 乃由同一原核生物 (procaryotes) 的祖先所演化而成。此五界系統分類乃依細胞構造 (原核、真核單細胞、真核多細胞) 三種營養方式：光合成 (photosynthesis)，吸收 (absorption)，以及消化 (ingestion) 分出五界：(1)原核界 (Monera) —— 缺乏消化營養方式，(2)真核單細胞界 (Protista) —— 為光合成營養方式的微細藻類 (Microalgae)，另一為消化營養方式的原生動物 (Protozoa)，(3)植物界 —— 多細胞綠色植物及藻類 (Plantae)，(4)動物界 (Animalia) —— 多細胞動物，(5)真菌界 (Fungi) —— 多核高等真菌。請見圖 1-1：

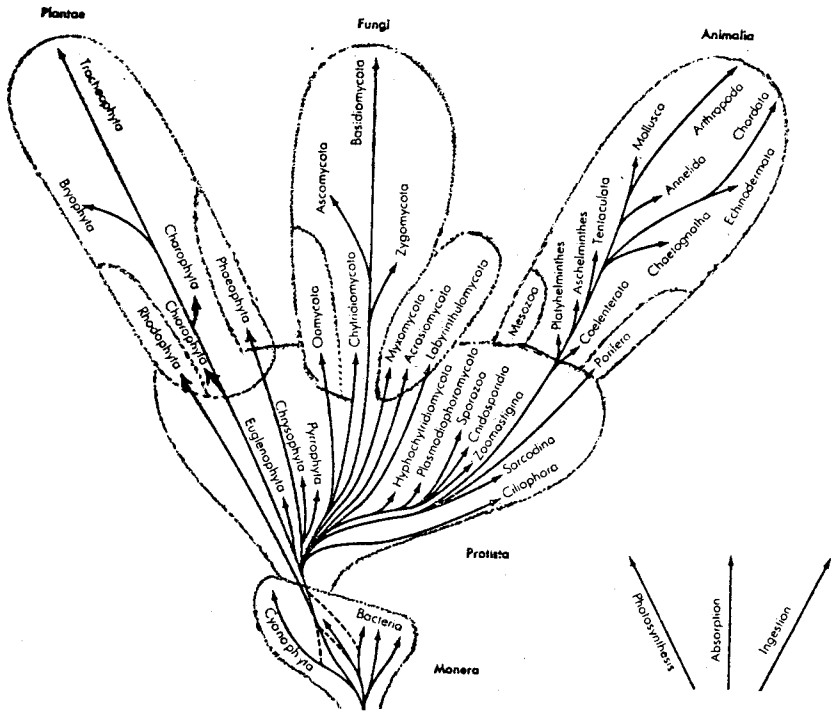


圖 1-1 Whittaker 之生物五界系統分類法

(源自：Whittaker, R. H. 1969. Science, 163 : 150-160)

微生物存在其中三界（原核界、真核單細胞界、及真菌界），而病毒因無細胞構造，不包含於五界中。然而，近年一些生物學家宣稱宜另立出第三類的基本種類，屬於該類的生物是一些原核細菌。它們雖似典型的細菌，卻同時缺少細胞核及一些以膜包被的胞器，且生長在極端的環境（extreme environments），進行特殊的代謝；被認為是非常原始生物的后裔而被命名為古細菌（archaeobacteria）。（圖

1-2）

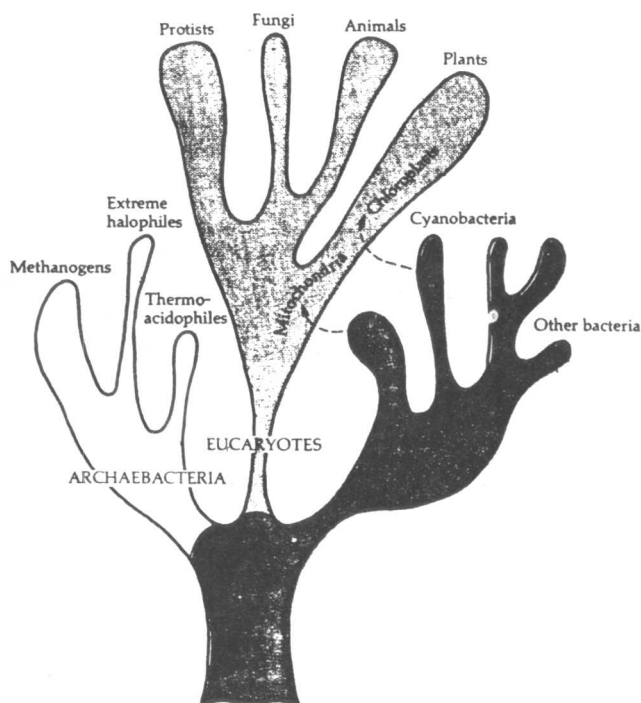


圖 1-2 將生物界劃分為三之系統樹

(源自：Tortora, G. J. 1982. An Introduction to Microbiology
P. 246-247. The Benjamin / Cummings Co.)

1-2 微生物的演化過程

傳統上認為微生物的演化都是細胞中遺傳因子變化累積所造成的。而事實上，環境因子所造成的自然選擇（natural selection）作用，也有不容忽視的影響。近年歐美學者更擬由地球上各種極端環境中微生物的演化，從而了解地球以外的星球上微生物生長狀況，即是

