

部定大學用書

土壤微生物學

陳 華 癸 編 著

國立編譯館出版
正中書局印行

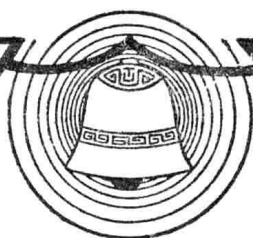
部定大學用書

土壤微生物學

陳華癸 編著



國立編譯館出版
正中書局印行



版權所有
翻印必究

中華民國三十六年八月初版

土壤微生物學

全一冊 定價國幣伍元叁角
(外埠酌加運費滙費)

編	著	者	陳	華	癸
出	版	者	國	立	編
發	行	人	吳	秉	常
印	刷	所	正	中	書
發	行	所	正	中	書

(2054)

校整：
仙華

滬·本

1/1-15

目 次

第一章	土壤中微生物的種類和形態	1
第一節	土壤中的細菌	1
第二節	土壤中的藻類植物	3
第三節	土壤中的菌類植物	4
第四節	土壤中的原生動物	4
第二章	土壤中微生物的化學變化和營養	6
第一節	土壤微生物的生物氧化作用	6
第二節	土壤微生物的碳素營養	8
第三節	土壤微生物的氮素營養	9
第四節	土壤微生物的礦物質營養	11
第五節	非自生微生物的取食方法	11
第六節	土壤微生物化學變化的定量測定	12
第三章	土壤中微生物的數目	14
第一節	土壤中細菌的數目	15
第二節	土壤中菌類植物的數目	22
第三節	土壤中藻類植物的數目	24
第四節	土壤中原生動物的數目	25

第五節	天然的和人爲的因子對土壤微生物羣的影響	26
第四章	土壤中的有機質及其分解	32
第一節	土壤中的有機質	32
第二節	有機物質的分解	36
第三節	碳水化合物化合物的分解	38
第四節	有機氮素化合物的分解	40
第五節	有機質在土壤中的分解情況	41
第六節	土壤中有機碳素和氮素的比率	43
第五章	土壤中分解有機物質的微生物	48
第一節	特殊的和一般的作用	48
第二節	分解作用的微生物	49
第三節	分解纖維素的微生物	50
第四節	木素與蛋白質的分解	52
第六章	微生物的氮素固定作用	53
第一節	植物的氮素營養	53
第二節	氮素的固定作用	53
第三節	好氣性非共生固氮細菌——Azotobacter	54
第四節	嫌氣性非共生固氮細菌——Clostridium	56
第五節	固定氮素的藍綠藻類植物	57
第六節	氮素固定作用的化學	58

第七節	非共生的氮素固定作用對於農作上的重要性	...	59
第七章	共生的氮素固定作用	.....	61
第一節	共生的氮素固定作用對於自然界和農業的重要	...	61
第二節	根瘤細菌	.....	63
第三節	根瘤	.....	64
第四節	寄主與寄生物間之關係	.....	66
第五節	寄主植物的營養對共生的固氮作用之影響	...	67
第六節	共生關係的特殊性	.....	68
第七節	人工接種	.....	71
第八節	非豆科植物的共生固定氮素現象	...	72
第八章	土壤中無機氧素化合物的氧化還原和氣 化作用	.....	74
第一節	硝酸化作用	.....	74
第二節	行硝酸化作用的細菌	.....	75
第三節	土壤的硝酸化能力	.....	76
第四節	硝酸還原及氮素氣化作用	.....	78
第五節	土壤中的氮素循環	.....	79
第九章	土壤中的微生物與礦物質	.....	81
第一節	微生物與土壤磷素的變化	.....	82
第二節	硫細菌和土壤中硫的變化	.....	83

第三節	鐵細菌及鐵與錳的氧化…	85
第四節	沼氣細菌—氧化碳細菌和氫細菌…	85
第十章	以微生物學方法測定地力…	86
第一節	土壤微生物的數目與地力…	87
第二節	用 <i>Aspergillus niger</i> 測定土壤需肥情形…	88
第三節	<i>Azotobacter</i> 法…	91
第四節	<i>Cunninghamella</i> 法…	92
第五節	土壤中微生物化學作用的強弱與地力…	93
附錄	參考文獻…	96

第一章

土壤中微生物的種類和形態

‘土壤生物’這名詞是個不能解釋的名詞，因為它根本就沒有肯定的意義。一顆蘋果樹或是一叢竹子不是土壤生物，雖然它們必須生活在土壤上，它們在土壤中的部分不比暴露在空氣中的部分少。一條蚯蚓是土壤中的生物，雖然它整個身體都能爬到土壤表面上去。討論土壤中的生物品種和討論水中的生物一樣，從最簡單的單細胞生物到很複雜的高等動植物，每門每綱都有它們的代表生活在土壤中。土壤中的生物有細菌，菌類植物，藻類植物，原生動物，多細胞的無脊椎動物和脊椎動物，孢子植物和種子植物。本書只討論在土壤中棲息的微生物和它們的作用。

以下數節概括介紹土壤中微生物的形態。

第一節 土壤中的細菌(bacteria)

細菌和菌類植物是土壤中數量最多作用最甚的微生物。所謂細菌，我們是指一些單細胞的而沒有具體的細胞核的微生物。一般的細菌是顯微鏡下的生物，有的要在高倍的顯微鏡下，方能看得到，有的在低倍的顯微鏡下，就可以看清楚。細菌的形態分化極簡單，有的是球形(coccus)，有的是桿狀(rod-shaped)，逗點狀(vibrio)或螺旋

狀 (spirally), 有的是絲狀 (filamentus), 或分枝或不分枝。細菌體可生內孢子(endospore)、外孢子(ectospore)、鞭毛(flagellum)或各種色素粒(pigment) 細菌的生殖方法也很簡單: 不生孢子的細菌完全是裂殖的 (simple fission); 生孢子的細菌除去可以裂殖外, 更可以用孢子發芽(spore germination) 的形式繁殖。許多絲狀的細菌是靠它們菌絲的一部或全體斷裂而繁殖。Actinomyces 自它菌絲 (mycellium) 的頂端斷裂成四方形或球形的分生孢子(conidium), 如果環境適宜, 一個細菌可以繁殖成聚落。大的聚落是肉眼所能觀察的。

一種微生物的形態可以有許多的變異, 這種變異有的是後天的 (induced variation), 有的是先天的 (natural variation), 許多先天的變異有一定的程序, 而形成形態上的生活循環(life cycle)。

因為體積的微小和分化的簡單, 只靠形態上的特徵是不能把細菌分類清楚的, 如細菌的生理上的特徵也是研究細菌分類所須研究和引用的。土壤中的細菌種類到現在還沒有尋出頭緒, 而在醫學方面和發酵工業方面的各種有特殊的生理或病理作用的細菌分類則多已研究清楚。現在的細菌分類法便是主要根據醫學和發酵化學上的學識建立的。暫分為下列五目:

1. Eubacteriales 形態分化最簡單, 球形或桿狀, 逗點或螺旋形, 在正常環境下, 不成絲狀或分枝。

2. Mycobacteriales 桿狀或分枝絲狀, 無行動機能。

3. Trichobacteriales 絲狀, 不分枝或假分枝。

4. Myxobacteriales 小桿狀細菌, 無鞭毛, 聚生於自己所分泌

的膠體中，因膠體的變形而行動。許多小桿狀細菌在適宜環境之下，可以團結成一生殖體。生殖體常有豔色，有時有柄。

5. *Spirochaetales* 近於原生動物的細菌，體螺旋形，無鞭毛，但可以自由行動。

在土壤裏面，除掉第五目，各類的微生物都有。

第二節 土壤中的藻類植物

藻類植物的形態分化要比細菌進步得多。它們是單細胞或多細胞的植物。細胞內有具體的細胞核或內原生質。一部有行動機構，有光合作用的機能。多細胞的藻類有相當的形態分化，但無維管組織和真的根，行無性的或有性的生殖。藻類植物可以分為下列四綱：

1. *Cyanophyceae* 單細胞或絲狀植物，分枝或分假枝。無細胞核而有內原生質，除含有與高等植物相同的光合色素外，更有 *phycocyan* 及 *phycoerythrin* 兩種色素。

2. *Chlorophyceae* 單細胞或多細胞的綠色植物。形態分化相當的複雜，有細胞核。有與高等植物相同的色素〔即葉綠素 *a*, *b* (*chlorophyll a*, *b*)、胡蘿蔔素(*carotin*)及葉黃素(*xanthophyll*)〕。

3. *Phaeophyceae*

4. *Rhodophyceae*

土壤中的藻類植物都屬於第一二兩綱以內。藻類植物本為水生植物，因土壤中水分供給時常不足，環境不良，土壤中的藻類植物多以孢子狀態生活在土中。同時，在土壤中的藻類植物，除一部分暴露土壤表面可以行光合作用外，大部分的土壤藻類多營腐生生活。

(saprophytism), 一如菌類, 其色素體亦因之而暫時退化。

第三節 土壤中的菌類植物

菌類植物和細菌兩類, 是土壤中數量最多, 作用最強的微生物。菌類植物在形態上有許多與藻類植物相近之處, 惟無光合色素體, 不能行光合作用。它們的生活方式完全是腐生 (saprophytic) 或寄生的 (parasitic)。細菌和菌類植物是分解土壤中有機質的原動力, 大部分土壤微生物學便是研究這兩類微生物的活動。

菌類植物和細菌的主要分別在有具體的細胞核, 比較複雜的生活史, 和形態上的分化。菌類植物除少數例外, 都是絲狀的, 菌絲分枝。無性生殖為分裂、發芽或生分生孢子; 有性生殖極複雜, 頗不一致。菌類植物分為四綱:

1. *Phycomycetes* 菌絲中無間隔, 多細胞核。
2. *Ascomycetes* 形態分化比較複雜。菌絲有間隔, 每細胞含一個細胞核。有子囊 (ascus), 內生子囊孢子 (ascosporum)。
3. *Basidiomycetes* 菌絲有間隔, 每細胞含一個細胞核。有擔子 (basidium), 上生擔子孢子 (basidiosporum)。
4. *Fungi Imperfecti* 菌絲間有間隔, 每細胞有一個細胞核。無有性生殖機構, 亦無子囊孢子或擔子孢子。

在土壤裏, 上述四綱的菌類植物都很豐盛。

第四節 土壤中的原生動物

土壤中的原生動物不能像在水中的原生動物那樣自由的繁殖

生長。許多的種類差不多長年在孢子狀態下維持生命，環境良好時，才脫離孢子而為營養體，有生理上的和行為上的活動。土中的原生動物比水中的體裁小，變形動物只有 $8-22\mu$ 長，鞭毛動物只有 $7-15\mu$ 長。

原生動物的營養方式有三類：吞食的 (holozoic)、自生的 (autotrophic) 和非自生的 (heterotrophic)。吞食的原生動物是靠吞食小生物而生活的，土壤中的細菌是它們食物的大宗；自生的原生動物有光合色素體，行光合作用；非自生的原生動物有的腐生，有的寄生。

原生動物分為四綱：

1. Sarcodina 靠偽足行動的原生動物。
2. Mastigophora 靠鞭毛行動的原生動物。
3. Infusoria 靠纖毛行動的原生動物。
4. Sporozoa 無行動機能的原生動物。

第四綱是寄生的原生動物，土壤中沒有。土壤中的原生動物以鞭毛動物為最多，變形動物次之，纖毛動物最少。

第二章

土壤中微生物的化學變化和營養

微生物在土壤中生活着，繼續不斷的進行着生物化學變化。土壤中的碳素、氮素和許多別的元素之變化都是微生物的生物化學作用。因此，要研究土壤的動態是不能漠視土壤中的微生物化學的變化。討論土壤中微生物的生物化學現象，可以分四段敘述：

1. 土壤微生物的生物氧化作用(biological oxidation)；
2. 土壤微生物的碳素營養；
3. 土壤微生物的氮素營養；
4. 土壤微生物的礦物質營養。

第一節 土壤微生物的生物氧化作用

生物從體外的碳素化合物、氮素化合物和其他礦物質組合成它自身的原生質。這組合的化學作用是吸收能力的(endothermic)，必須有適宜的能力供給，方能進行。這生活能力的來源是靠生物氧化作用。生物氧化作用最明顯的例子可以醋酸氧化為例。醋酸細菌把酒精氧化成醋酸，而利用這化學作用所產生的能力。



醋酸細菌能利用空氣中的氧去氧化酒精，在通氣環境良好時，

作用最盛。凡是利用空氣中的氧行生物氧化作用的，稱為好氣性的 (aerobic) 微生物。土壤中好氣性的微生物最多。

有的微生物不能利用空氣的氧行生物氧化作用，它們有發酵的能力 (fermentation)，乳酸細菌能把六碳糖氧化成乳酸，而利用其所產生的能力。



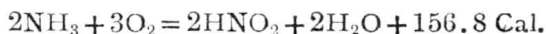
行這種生物氧化作用的微生物在通氣情形愈壞的情形之下，愈生長興盛。如通氣情形改良，則因氧化潛壓力 (oxidative potential) 提高之故，不能行乳酸發酵作用而致生活現象停頓。凡是在通氣情形不佳的環境下才生長得好的微生物，稱為嫌氣性的 (anaerobic) 微生物。土壤中這類微生物也不少。

有的微生物不止能行一種生物氧化作用，它們在通氣良好時，利用空氣中的氧行生物氧化作用；在不通氣的環境之下，行發酵作用。這類微生物稱為兩可性的 (facultative) 嫌氣性微生物。

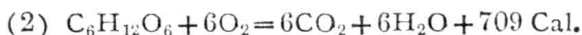
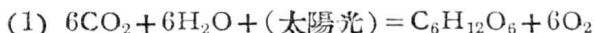
在水浸的土壤裏，只有表面上有好氣性的微生物生活。在表面以下，只有嫌氣性的微生物活動。如土壤不過溼，土壤中有相當的空氣，好氣性的微生物可以生活在土壤深處。在通氣良好的土壤中，嫌氣性的微生物也有發育的境地。

生物氧化作用都需要一個被氧化的基礎 (substratum)；如酒精是醋酸氧化的基礎，葡萄糖是乳酸發酵的基礎。許多微生物所用的基礎是碳素的有機化合物。碳素的有機化合物是生物作用的產物。因此，這些微生物只是利用別種生物所造成的有機物質為基礎；它們不能利用無機物為生物氧化作用的基礎。這類微生物被稱為非自

生的微生物(heterotropic organism). 有的微生物不需要有機物質為基礎. 如亞硝酸化細菌(nitrite forming bacteria)能把氮和氧化成亞硝酸而利用其能力:



有的微生物雖需要有機物質為生物氧化的基礎, 却能自己從二氧化碳製造有機物, 再行它所必需的生物氧化作用. 如綠色藻類植物能行光合作用:



凡如亞硝酸細菌和綠色藻類等, 不需要有機質或不需要先有的有機質為生物氧化的基礎的, 稱為自生的微生物(autotropic micro-organisms).

土壤中自生的和非自生的微生物都有.

第二節 土壤微生物的碳素營養

微生物的碳素營養是雙重的:

1. 碳素是生物體質組合的主要元素, 佔微生物體質的一半.
2. 有機碳素是非自生微生物氧化作用(呼吸作用)的基礎.

這兩種作用是不易分開的, 除在很不自然的實驗室環境之下, 微生物的生長和呼吸是分不開的現象. 碳素化合物的種類繁多; 完全氧化的二氧化碳, 完全還原的甲烷, 分子數很大的纖維素都能被土壤中的微生物所利用.

1. 二氧化碳 不行光合作用的自生微生物把氧化別種物質所

產生的能力自二氧化碳組合原生質，行光合作用的自生微生物利用太陽光的能力，把二氧化碳組合成碳水化合物，這碳水化合物一方面是原生質組合的原料，同時也是生物氧化作用的基礎。

2. 己糖(hexoses) 和其他簡單醣類 植物的遺體中，最易溶解最先被土壤微生物所吸收利用的碳素化合物，是己糖和其他簡單醣類。非自生的微生物利用它為原生質組合的原料，和生物氧化的基礎。

3. 纖維素 纖維素是葡萄糖的多醣聚合體。它是植物細胞壁的主要成分。土壤中很多的微生物能利用它作碳素營養原料。

4. 類纖維素(hemicellulose) 類纖維素是許多簡單醣類和醣酸的聚合體，種類甚多，在植物遺體中以戊醣聚合體($(C_5H_8O_4)_x$)為最主要。類纖維素也是土壤微生物的主要碳素營養原料。

5. 木素(lignin) 木素和纖維素是植物細胞壁的兩個主要成分。它比較的難於分解。植物遺體埋入土中以後，大部分的木素變形而為土壤中腐植質的基本物質。

第三節 土壤微生物的氮素營養

原生質中最主要的成分是蛋白質。蛋白質是稟性極複雜的膠體，經分解後，得許多不同的氨基化合物(amino compounds)。微生物不能直接把生物遺體中的蛋白質造成己身的原生質，它們必須先把前者分解成簡單的氨基化合物或無機的氮化物，然後再造成自身特有的蛋白質。

1. 氮 空氣含氮素百分之八十，可是大多數的微生物都不能

利用空氣中的氮爲其氮素營養的原料，能利用空中氮的只有：

共生的固氮細菌

非共生的固氮細菌

藍綠藻類植物

這些微生物把空氣中的氮固定成氮素化合物，而爲土壤中氮素化合物的最基本的來源。

2. 無機的氮化物 土壤中最多的無氮化物是氨的化合物和硝酸鹽類，氨是蛋白質分解的最終產物；硝酸是硝化細菌被氨氧化後產生的。土壤微生物能利用兩者爲其氮素營養的來源。

3. 尿素 (urea) 和馬尿酸 (hippuric acid) 尿素和馬尿酸也是土壤中氮素的來源之一。一般的微生物，都能分解兩者爲氨而利用之。

4. 氨基化合物 大多數的微生物都能從無機的氮化物製造它們所需要的各種氨基化合物，再把後者聯合成各種特殊的蛋白質。對於這些微生物，氨基化合物的供給是可有可無的。但是有少數的微生物只能從無機的氮化物製造幾種氨基化合物，不足供組合蛋白質之用，其所不能製造的氨基化合物便需從土壤中既有的氨基化合物得來。土壤中的氨基化合物是蛋白質分解的中間產物，一部分再被分解成氨，一部分直接爲微生物所吸收。

5. 蛋白質 植物遺體中的含氮物質都是蛋白質或其分解產物。蛋白質和空氣中的氮素是土壤氮素的兩個主要來源。植物遺體中的蛋白質在土壤中大部被分解，另一部分則變形，與木素結合而爲土壤中的腐植質。