

# 植物菌根营养會議論文集

A. A. 伊姆舍涅茨基 主編

科 学 出 版 社

A. A. ИМШЕНЕЦКИЙ  
ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ ПО МИКОТРОФИИ  
РАСТЕНИЙ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР  
МОСКВА 1955

內 容 提 要

本書是 1953 年 11 月 23—25 日蘇聯召開的植物菌根營養會議所出版的論文集。

書中收集了克拉西里尼科夫等人的論文 22 篇，主要是闡明土壤微生物對高等植物的關係。土壤中的頤抗體對高等植物可以發生保護作用，植物病害的生物防治法有很大的發展前途。但是以上這些論文主要還是說明土壤微生物對植物營養的影響，尤其是菌根真菌對植物的作用。關於菌根的生理、生態和生物學性狀也有較詳細的報導。此外，對菌根在造林上的作用，也展開了討論。許多論文都批判了以往在造林中過份強調“菌根化處理”的作用，一致認為更重要的是研究菌根形成的生態條件。

原書的“爭論”、“預言”、“未發言的稿子”部份我們研究後未予譯出。

本書可供農林學院及生物系的師生，農業工作者參考之用。

植物菌根營養會議論文集

A. A. 伊姆舍涅茨基主編

方 安 譯

方 中 達 校

\*

科學出版社出版 (北京朝陽門大街 117 號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 061 號

中國科學院印刷廠印刷 新華書店總經售

\*

1958 年 11 月第一版

書號: 1524 字數: 240,000

1958 年 11 月第一次印刷

開本: 850×1168 1/32

(京) 0001—1,570

印張: 9 1/8

定價: (10) 1.50 元

## 編者的話

蘇聯科學院微生物研究所，蘇聯科學院森林研究所和全蘇列寧農業科學院微生物研究所召集的植物菌根營養會議舉行於1953年11月23—25日。會議的目的是：協調在蘇聯所進行的關於樹木和農作物菌根營養的工作，總結近年來科學上的成就和研究今後的遠景。

參加會議的有蘇聯科學院和各加盟共和國科學院的科學研究機關，高等學校以及各個森林工藝、造林和農業研究部門的研究所。

本集以摘要的形式刊載會中的報告和發言，以及由於時間不夠的關係在會上未宣讀的報導<sup>1)</sup>。

---

1) 翻譯的部份是會上所報告的論文——譯者。

## 開 幕 詞

A. A. 伊姆舍涅茨基

(蘇聯科學院微生物研究所)

微生物學和真菌學問題的發展，經歷了三個階段。植物的菌根營養問題也沒有越出這個總的規則（在這一個總的方向中也不是例外）。最初是描述了真菌菌絲體在植物根部的發育，也就是確定了菌根的存在這一事實。在上世紀末和本世紀初對這一個形態描述的階段中，我國的學者 Ф. М. 卡門斯基、M. C. 沃羅寧、B. K. 瓦爾利赫都起着重要的作用。他們證明了菌根的廣泛分佈並提出了許多有關菌根本質的有趣觀點，因而為這個對任何不同專業的代表都極感興趣的現象的學說打下了基礎。菌根生理學研究階段的開始要遲得多。這一階段的任務在於闡明菌根真菌在高等植物營養方面的作用。詳細的解剖學研究，菌根真菌純培養的分離以及它們在室內和田間的試驗中運用，促成了這一階段的發展。這一階段的研究還沒有結束，然而，就我們已有的材料可以說真菌對於樹木的發育是有良好的影響的。最近的情形有可能轉變到第三階段，也就是積極的運用形成菌根的真菌來改善高等植物的營養。微生物在生產實踐上運用的範圍每年都在擴大，所以我們有理由可以相信，由於真菌學家、微生物學家、植物生理學家和土壤學家的協同工作，將有可能提議製造新的、從真菌製成的肥料製劑。

這會議的召集是為討論植物的菌根營養問題。由於對今後工作的最有希望的途徑所展開的、生動的和創造性的討論，可以很明顯地看出這會議是及時的而且是必需的。

# 目 錄

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 編者的話.....                         | i   |
| 開幕詞..... A. A. 伊姆舍涅茨基             | ii  |
| 論土壤微生物與高等植物的相互關係                  |     |
| ..... H. A. 克拉西里尼科夫               | 1   |
| 樹木的菌根營養及其在造林上的意義..... E. H. 米舒斯廷  | 20  |
| 內外生菌根——植物吸收物質的器官..... H. B. 洛巴諾夫  | 39  |
| 烏克蘭蘇維埃社會主義共和國樹木的菌根形成              |     |
| ..... M. Я. 謝洛娃                   | 43  |
| 樹木菌根的生理作用..... O. M. 特魯別茨柯娃等      | 69  |
| 論菌根營養的本質..... Я. П. 胡佳科夫          | 89  |
| 菌根真菌的生物學和生態學..... B. Я. 察斯圖興      | 98  |
| 論樹木菌根的重要性和激發菌根的方法..... A. A. 符拉沙夫 | 113 |
| 樹木菌根化問題的現狀..... Ф. Ю. 蓋勒采爾        | 132 |
| Ф. М. 卡明斯基發現植物菌根營養七十週年紀念          |     |
| ..... П. М. 什切烈恩別爾格、П. Н. 柯斯秋克    | 134 |
| 鐮刀菌和其他土壤真菌的共生營養特性..... B. И. 比拉依  | 143 |
| 農作物的菌根..... E. П. 赫魯曉娃            | 157 |
| 內外生菌根對木本植物營養的作用..... C. A. 薩姆采維奇  | 168 |
| 乾旱草原櫟樹播種的菌根化處理試驗..... E. B. 魯諾夫   | 192 |
| 植物菌根的解剖結構..... H. П. 高爾布諾娃        | 207 |
| 關於松樹菌根化處理的試驗工作..... A. K. 埃格里切    | 222 |
| 微生物對木本植物生長的刺激作用..... П. E. 馬雷斯金   | 232 |
| 論小麥的菌根營養問題..... H. A. 陀羅霍娃        | 242 |
| 在“大羅”沙漠上生長和培育的草本和木本植物的菌根.....     |     |

---

|                            |                        |     |
|----------------------------|------------------------|-----|
| .....                      | C. P. 什瓦爾茨芒            | 255 |
| 喬木樹種的種子和幼苗進行細菌處理的工作總結      |                        |     |
| .....                      | Ф. П. 瓦伏洛, A. B. 坡諾馬烈娃 | 262 |
| 在培養試驗中測定櫟樹和松樹的假定菌根形成真菌的純培養 |                        |     |
| .....                      | P. A. 克朗加烏茲            | 271 |
| 固氮菌對櫟樹幼苗生長的影響.....         | H. C. 維琴雅皮娜            | 278 |

## 論土壤微生物與高等植物的相互關係

H. A. 克拉西尼科夫

(蘇聯科學院微生物研究所)

生物因素對於土壤肥力的意義，已經由土壤科學的奠基人——杜庫查耶夫，柯斯蒂切夫，以及尤其是威廉斯加以明確的闡述。

近代的研究指出，這些因素的作用主要是由各種微生物——細菌、放線菌、真菌、藻類、原生動物和其他微小生物——的活動決定的。

這些生物對於土壤生命所發生的作用大到如何程度，只要從它們分佈的廣泛和種類的繁多，就能判斷。

土壤中微生物細胞的數量非常巨大。每一克土壤中的數量在以前是以十萬和百萬加以計算的，而現在，根據更完善的統計，則有幾千萬和幾億個，有時往往可以多到幾十億個。照我們的計算，在深度為 0—25 厘米，面積為 1 公頃的肥沃土壤表層中，就含有 5—7 噸活的細菌團。這些細菌團是由活的和繁殖着的個體細胞構成的。假定整個生長季節中，每一個細胞在土壤中每月能分裂 2—3 次（在實驗室內，細胞每隔 30—50 分鐘分裂一次），那末整個細菌體在生長季節長達 5 個月的溫帶地區，總計至少可以繁殖 10—15 代；而在夏季長約 9 個月的南方，將會達到 25—28 代。總的結果是，在這種土壤裏，僅細菌一項，就可以生產數十噸活的物質。這個巨大的生活機能，不斷改造着土壤中大量的有機物質和無機物質。

除細菌之外，土壤內還生活着大量的真菌、放線菌、藻類、原生動物和昆蟲等等。它們對於土壤中各種物質的轉化，也起着巨大的作用。土壤裏還發現有超視微生物——微生物的濾過型，細菌的噬菌體和放線菌的噬菌體。我們有理由可以推想，在土壤中一定還存在着很多目前在微生物學上還不知道的最微小生物。

根據近年的資料 (Купревич, 1949; Красильников, 1952), 土壤中有各種游離狀態的酶。

土壤中非但有大量微生物的活細胞, 而且還有大量的它們生命活動的產物: 各種刺激生長的、抗生的、有毒的以及其他等等物質。

土壤並不單純是植物和其他生物居住的基物, 而是一個獨特的、充滿着生命的自然體或天然體, 在其中進行着合成和分解、生活和死亡等各種生物學過程。土壤是這樣一個自然體, 它有它自己的發展規律, 能夠有規律地提高或減低它的基本特性——由各種生物學因素所決定的肥力。這些作用的獨特性使土壤具有不能單純用物理化學方法來研究的性質; 而必須用新的生物學的方法, 更正確地說, 必須用生物化學和物理化學的方法加以研究。在這方面, 微生物學將有重大的作用。

認識定居在土壤中的微生物, 是整個土壤科學, 尤其是耕作學的迫切任務。

對於微生物界的研究還差得很遠。我們只知道很少一些微生物的種和類羣。其中絕大部分還沒有被研究過。有很多微生物, 我們只知道它們存在着, 至於它們在土壤中一般的活動和所起的作用則完全不了解。

現在土壤微生物學擬訂了兩個研究工作的方向。一個是關於決定整個土壤肥力的各種作用, 例如: 氮素的平衡、腐殖質的形成和分解、土粒的結構和鉀、磷、硫、硅、鐵、鎂、鈣、鈉等等礦質營養物質的轉變。

第二個研究方向基本上是蘇聯的微生物學家們創立的, 它包括根際微生物區系與高等植物相互關係的問題。目前這一個方向正在吸引着農業生物學領域中各方面專家的注意。

大家都知道, 在生長着的植物根部附近, 也就是說, 在植物的根際, 集結着大量的微生物, 在根系周圍微生物的數量要比在根系以外的地方多幾十倍或幾百倍, 有時往往超出一千倍。

根的四週被生物學上活躍的生物——細菌、放線菌、真菌等——重重包圍着。

研究證明，植物在生活的時候，根部分泌各種有機和無機的物質。根的分泌物中有糖、有機酸、胺基酸以及其他含氮和不含氮的化合物。

無論那一類物質都是很好的營養來源。它們同時還吸引着微生物。

根分泌物和植物根際的一些其他特殊性狀的不同，決定了根際微生物區系組成上質的差異。各種植物的根際微生物區系的種的組成是不同的。顯然，在以分泌碳素化合物為主的禾穀類植物的根際，主要是那些最容易消化碳素化合物的微生物得到了發展。而在豆科植物的根際就以各種能夠吸收氮素物質的微生物佔優勢。植物即使在死亡以後也仍舊繼續選育土壤中的微生物區系。由於化學成分上的特點，植物的殘體吸引着與該種植物相適應的各種微生物。

因此，植物是微生物羣落形成中的一個分化因素。它們可以促使土壤中某些細菌及真菌或放線菌的發育和聚集。換句話說，植被從各個方面來改變土壤微生物區系中種的成分。這樣就有可能利用植物來控制羣落的形成，因而也就可以支配土壤中的生物化學作用。

在一塊田地上栽培同一種植物的時間愈長，對微生物的選擇作用就表現得愈明顯。這種影響在多年連種同一種作物的情形下最為顯著。這種單方面的選擇作用，在固氮菌 (*Azotobacter*)，某些溶真菌細菌和根瘤菌等等方面，已經研究得很清楚。

植物不僅能促進土壤中有益的微生物的聚集，對於有害的微生物區系也有同樣的作用。在一定的植物下面，植物病原細菌和真菌在土壤中大量發育的例子，已經有過記載。例如在經常種植棉花的老耕地裏，引起棉花枯萎病的真菌的繁殖力非常強大，而在種苜蓿的田裏則大量繁殖着抑制這些真菌的細菌。在亞麻、棉花以及有時在小麥等作物的田裏，可以觀察到鐮刀菌屬 (*Fusarium*) 真菌的大量積聚。

植物的作用並不限於土壤微生物區系的選擇。有些資料說明植物可以用自己根部的分泌物來改變微生物的本性。我們對於 *Azotobacter* 固氮細菌、根瘤菌以及某些其他細菌所作的觀察指出，這些生物

受到了適當植物的根際分泌物的影響時，都會改變自身在培養方面、形態方面以及生物化學方面的特性。長期居住在這種植物的根際，細胞要不是變得很小，小到連光學顯微鏡都難以看到，就是相反地變得很大。同時它們的生理和生物化學方面的特性也都發生了變化。

植物還可以改變微生物種的性質。例如，根瘤菌在豆科植物的影響下，就改變了它們浸染的特性（Федоров, 1940; Петерсон, 1953）。

應當指出，頡抗微生物對土壤中微生物羣落的形成起着巨大的作用。發育旺盛的頡抗微生物往往會排擠掉 *Azotobacter*、根瘤菌和某些種的產孢細菌——*B. mycoides* 等。土壤中某些類型微生物區系全部的或局部的抑制和消滅，常常是頡抗微生物抗細菌作用的結果（見下述）。

如果頡抗體對那些受到植物抑制的某些種也產生壓制作用，那末微生物區系成份的改變過程將大大加速。要是碰到頡抗體和植物發生相反的作用，那就會得到不同的後果。所以在研究植物對微生物影響的專化性時，必須估計到頡抗的作用。不過，不論頡抗體的影響如何巨大，它決不能抹煞植物選擇作用的總的情況。

我們已經引證了植物影響土壤中微生物發育的資料。可是微生物對植物的影響是什麼樣的呢？

大家知道，主要的微生物羣，特別是土壤細菌，都集中在根際中。

自然可以推想得到，那些結集在根部四週的微生物，對植物的影響最大。

關於根際微生物區系對植物的影響，研究工作做得很少，更正確地說，這方面的研究還剛在開始。然而毫無疑問，這是非常艱巨而複雜的工作。這裏只能將它兩方面的直接影響加以分析：微生物在植物營養中的作用和頡抗體的保護作用。

### 微生物在植物營養中的作用

關於植物的營養問題，目前存在着兩種在原則上不同的見解。按照第一種見解，高等植物只能利用礦物質的成分作為養料。

微生物只不過使各種有機物質礦質化,分解動植物的殘餘物,釋放出礦質的營養元素。

第二種觀點則認為植物除了自養之外,同時也能異養或共生。贊成這種觀點的人,認為植物在自然生長的條件下,能夠利用細菌、真菌、放線菌等微生物所合成的有機化合物(Красильников,1952)。

前面曾經指出,根的四週被一厚層在生物學方面極其活躍的微生物包圍着。一切物質在滲入根內之前必先穿過這微生物層,並且經歷到或多或少的改變。滲透到根內的不是存在於土壤中的那些化合物,而是另一些經過微生物改造過的植物體的分解產物,即根際微生物區系新陳代謝的產物。

很早就已經注意到:在基質中加入少量腐殖質之後,植物發育得比較快,而且產量也高。波托姆萊(1914—1919)在加有少量腐殖質的和不加腐殖質的溶液中培養浮萍(*Lemna minor*),得到下面的結果:在沒有腐殖質的培養液中,經過35天以後,從10個樣本(譯者註:所謂樣本是指浮萍的個體)發展到30個樣本,每100個樣本乾重29.4毫克;在有腐殖質的培養液中,則發展到132個樣本,每100個樣本的乾重50.5毫克(Красильников,1940)。

我們特別配製的,用鵝觀草、小麥、燕麥的莖稈和三葉草的乾草製成的堆肥,以及腐熟的厩肥,對浮萍的生長和繁殖都產生了良好的效果。在含有微生物分解產物的培養基中,總的產量要比對照高得

表 1. 堆肥物質對浮萍生長的影響(每盆中最初加入的樣本數是10個)

在生長50天後的統計

| 堆 肥      | 每盆中樣本數 | 乾 重 (毫克) |         |
|----------|--------|----------|---------|
|          |        | 全 部 植 物  | 100 個樣本 |
| 對照(無腐殖質) | 180    | 61       | 33.8    |
| 鵝觀草堆肥    | 4,500  | 2,570    | 57.1    |
| 小麥堆肥     | 2,700  | 730      | 27.0    |
| 燕麥堆肥     | 3,800  | 1,140    | 30.0    |
| 三葉草堆肥    | 4,200  | 2,260    | 53.8    |

多(表 1)。

應當指出：在我們試驗用的堆肥中，包含各種不同的微生物區系。在每一種堆肥中，植物質被自己的微生物區系所改造。所得到的腐殖質中的產物當然也就不同。從它們對浮萍生長的影響上，可以很清楚地看出這一點(表 1)。

腐殖質對栽培植物(豌豆、蕎麥、燕麥、小麥)的作用，也得到了類似的結果。

在施用堆肥的試驗中，蕎麥的收穫量為對照的 407.5%；小麥為 131%；豌豆僅能提高青飼的收穫量(對照的 231.9%)，但種籽的收穫量却比對照低一些，祇有對照的 87% (Красильников, 1940)。

在用松苗做的試驗中，這些被我們試驗過的堆肥中以鵝觀草堆肥抽出液的效力最高，小麥堆肥的效用較弱，苜蓿堆肥的效力最低(Красильников и Разницина, 1946)。

從同樣這幾種植物腐敗的糞程(未經堆製的)中取得的抽出物或提取物，則一點作用都沒有，或者只有極微弱的作用。例如，在砂中培養的黑麥草，不加堆肥營養液的乾重為 0.5 克；加入未經堆製鵝觀草糞程抽出物，乾重是 0.7 克；而施用鵝觀草堆肥抽出物，則達 1.1 克。

契斯脫和斯特烈脫(Chester and Street, 1948)曾經用加入有機質和不加有機質的完全營養液，在砂上培養生菜。他們對腐殖質土壤的抽出物、酪素和酵母菌水解物的水溶液都做了試驗。所有溶液都是每 10 毫升含氮 6.65 毫克，植物的收穫量如下：

#### 乾 物 體 的 重 量

|            |         |
|------------|---------|
| 對照(不加有機質)  | 0.157 克 |
| 加腐殖質土壤的抽出液 | 0.199 克 |
| 加酪素水解物的溶液  | 0.158 克 |
| 加酵母浸出液的溶液  | 0.172 克 |

還可以舉出許多其他類似的例子。它們全都證實腐殖質(亦即微生物生命活動的產物)對於植物的生長，起着顯著的良好作用。

文獻中有不少關於微生物對高等及低等植物的生長起着刺激作用的報導。我們的許多研究也證實土壤中存在着許多細菌、真菌和放線菌，它們以自己生命活動的產物刺激植物的生長和發育。我們將這些生物稱為“活化生物”。某些活化細菌曾在集體農莊和試驗站的田地上試驗過。禾穀類作物、塊根作物及工業作物播種前的處理，使產量得到了很大的提高，平均為15—20%，視作物和試驗的條件而異。其他的研究工作者，如 E. A. 拉茲尼齊娜 (Разницина)、С. А. 阿斯卡洛娃 (Аскарова)、И. И. 嘉尼維契 (Канивец) 和史瓦布 (Шваб) 等人運用活化細菌也得到了同樣的成果 (Красильников, 1940, 1952)。

很多真菌，尤其是菌根真菌，對於樹木的生長具有刺激作用 (Лобанов, 1953)。

微生物的生命活動產物——生物物質——能引起活化作用。已經確實證明，活化微生物可以形成 B 族維生素 (維生素 B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>)、生物素、汎酸、菸鹼酸、對氨基苯甲酸，其次是植物生長素、氨基酸和其他的因素 (Z 等等)。某些維生素 (B<sub>12</sub>) 只有微生物——細菌、放線菌、真菌——才能產生。

許多細菌如固氮菌、根瘤菌、*Pseudomonas* 屬中的某些不產孢的細菌，產生的維生素特別多。例如在一克乾的 *Azotobacter* 細胞中就有 150 毫克之多的維生素 B<sub>1</sub> (Иерусалимский, 1949; Мейсель, 1950; Стефенсон, 1951)。

我們觀察了 153 個不同微生物菌株 (細菌和分枝桿菌) 的維生素，其中 73 個產生維生素 B<sub>1</sub>，65 個產生異生長素。最活躍的是 *Pseudomonas* 屬的細菌及根瘤菌和 *Azotobacter* 的某些菌系 (Красильников, 1952)。在我們所觀察的剛從土壤中分離到的放線菌中 (1,000 個菌株以上)，有 80—85% 的菌株產生維生素 B<sub>12</sub>，有若干種在這方面特別活躍。

這些微生物不僅在人工培養基上，而且還在土壤中產生維生素。

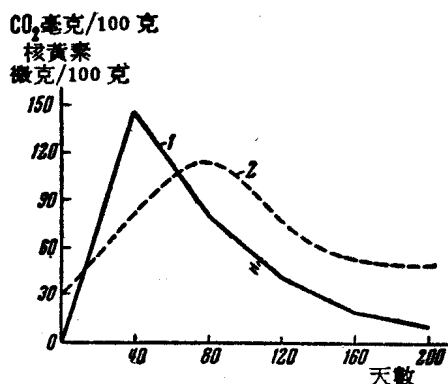


圖 1. 微生物區系活動性 (根據  $\text{CO}_2$ )  
及土壤中核黃素形成的相對指標  
1— $\text{CO}_2$ (毫克) 2—核黃素(微克)

黃素也形成得愈多 (見圖 2 及表 2)。

若用葡萄糖或蔗糖代替  
藁稈加入土壤，得到的結果  
也相同。將這些不含維生素  
的糖放在沒有維生素的土壤  
中，並接種微生物，這些微生  
物藉助於糖份而開始發展，  
並在土壤中積聚起生物物  
質：核黃素、生物素、異生長  
素等等。

表 2. 燕麥藁稈分解時土壤中核黃素的形成  
(100 克土壤中核黃素的微克數)

| 施入藁稈(克) | 核黃素的積累天數 |    |    |    |    |    |
|---------|----------|----|----|----|----|----|
|         | 0        | 1  | 3  | 4  | 7  | 56 |
| 1.25    | 11       | 19 | 26 | 27 | 26 | 13 |
| 2.5     | 20       | 22 | 60 | 55 | 38 | 19 |

土壤中頑抗微生物發育得愈快，其中的生物物質就愈多。在腐  
熟的厩肥和堆肥中，這些物質要比在新鮮的植物殘體中多一些。例  
如，100 克厩肥中含有：14 微克的維生素 B (硫胺)，2.2 微克的生物  
素，可是在作草墊用的新鮮的小麥藁稈中，維生素 B 的含量僅 4 微克  
左右，而生物素則至多只有 0.5 微克或者甚至於一點也沒有。自森林  
腐殖質土壤表層中取出的 100 克土壤中，含有高達 500 微克的核黃素  
(維生素  $\text{B}_2$ )，有時還不止這些，而 100 克耕種土壤中，只有 10 微克。

如果在缺乏維生素  
的土壤中，施用不含維  
生素的植物殘體，那麼，  
經過微生物將它們分解  
之後，生物物質就會出  
現，並且會累積到一定  
的量。土壤中核黃素的  
增加是與微生物生活力  
的加強同時發生的 (見  
圖 1)。施入土壤中的植  
物殘體愈多，土壤中微  
生物發育得愈旺盛，核

在根部周圍（即根際）的土壤，比根部周圍以外的土壤含有更多的維生素。菸草根際發現有 10—15 微克維生素  $B_1$ ，而在對照的土壤樣品中僅含 1.5—4 微克。

土壤表層比深層含有較多的生物物質。例如，在耕作層中發現 20—30 微克的核黃素，而在 60—80 厘米深處則完全沒有，或者含量極微。

根據 M. H. 米歇爾（Мейсель, 1950）的統計，在南方地區豐產土壤中，每公頃土壤表層的微生物，在一季中（九個月）大概可以合成 400 克的維生素  $B_1$ 、300 克維生素  $B_6$  及 1,000 克菸鹼酸。

微生物生命活動的產物不僅促進植物生長及提高收穫，而更重要的是它還給這種收穫物帶來了更高的營養價值。從施用有機肥料區中收來的穀實，都比施用無機肥料區裏的具有較高的生活力及萌發率。

現在對於微生物產生維生素和它們在土壤中積累這一事實，是不容置疑的了。然而它們究竟是否被植物從土壤中加以利用了呢？關於這個問題，那些主張植物營養自養性者的解答是否定的。他們不否認生物物質促進植物成長的能力，但是認為產生這種作用的機理還不能確定。照他們的看法，在含有大量維生素的基質中生長的植物，所以含有豐富的維生素，並不是從基質中得到的，而是由於加強了的合成作用所致的。

對於這種說法，不可能提出任何的反駁，因為由植物或微生物所形成的維生素，例如維生素  $B_1$  或維生素  $B_2$ ，在性質上是沒有區別的。

要證明植物能够吸收微生物所形成的複雜有機化合物，必須在

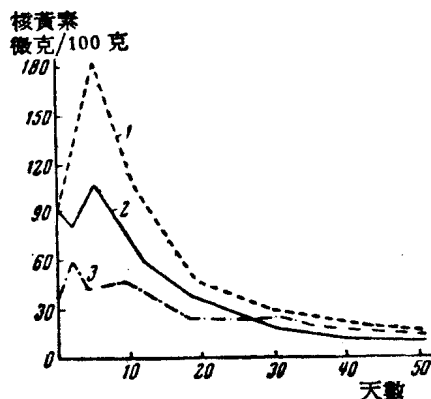


圖 2. 土壤中核黃素的產生與氮素施用量的關係  
1=15%；2=10%；3=5%。

基質內加入一些植物所不能合成的並且和其他化合物易於區別的物質。這種物質就是抗生素。我們曾經用青黴素、鏈黴素、金黴素等抗生素做過一系列試驗，我們已經證實在基質中加入任何一種抗生素，大部分都可以滲過植物根部而進入植物。

這些試驗證明，細菌、真菌、放線菌所構成的複雜有機物質，容易被根系大量吸收並被植物所同化。

如果抗生素可以滲入植物而被吸收，那就沒有理由否認植物能夠吸收抗生素及微生物活動的其他產物了。植物能夠吸收抗生素，並且能夠把它們累積在自己的組織中，這是沒有必要懷疑的。青黴素和鏈黴素等抗生素，由於它們具有專化的抗菌性能，就很容易發現和鑑別。既不會跟別的物質弄錯，也不會跟植物殺菌素相混淆。

應當指出，Г. М. 沙符洛夫斯基 (Шавловский, 1954) 最近在試驗中採用肌醇與含有示踪磷 ( $P^{35}$ ) 的維生素 B，證實了它們滲過根部進入植物，並且被同化而構成活的物質。

根據以上所述，顯然可知微生物對於植物的營養及發育具有極其巨大的作用。微生物不僅促使有機物質的礦質化，而且它本身還能合成一些物質，可以被植物利用作為主要的或補充的養料來源。從上述的觀點看來，便發生了這樣一個問題：如果將植物栽培在僅靠礦質營養來源的無菌基質上，植物能不能一代代都產生正常的、生活力充沛的後代？在沒有微生物所產生的生物物質的、或者在沒有根際微生物區系的基質上生長的植物，會不會發生死亡和逐漸退化的現象？可惜這些研究工作還沒有進行過。為了全面地解決植物的營養問題，我們認為這些研究是必需的。

### 微生物的保護作用

我們早已知道，許多無論是致病性的（引起病害的）或腐生性的微生物，一旦進入土壤以後就很快地死去。

細菌或真菌的死亡，除了土壤殺死細菌和真菌的性能之外，還可以用許多不同的原因——物理的、化學的和生物的——來說明。

在生物因素中最重要的是微生物的頡抗作用。土壤含有大量產生抗生物質的頡抗體——細菌、真菌、放線菌、原生動物等等。它們在每克土壤中的含量，隨着土壤的性質、氣候、季節和植被而不同(Красильников, 1953)。

頡抗體的特性就是它們對微生物的選擇性作用。有些頡抗體僅對細菌，並且是對一定類羣的細菌(革蘭氏陽性的，或者是革蘭氏陽性和陰性的)發生作用，另一些則可抑制真菌和酵母菌，但有時也能抑制細菌。記載中還有專門抑制噬菌體和病毒發育的微生物。

每種頡抗體具有它抗菌的專化性，也就是有抑制某一組微生物種的能力。頡抗體選擇作用的這種專化性就是它的抗菌譜(抗細菌的、抗真菌的和抗噬菌體的)。微生物作用的嚴格選擇性是很穩定的，它由品種或種的性狀所決定，同時它也能作為種的主要性狀之一。在實驗室中，往往利用這些性狀來認識和甄別從自然基質中分離到的頡抗微生物。

微生物頡抗作用的另一個同樣具有特徵性的特點就是它祇表現在不同種的菌株之間。微生物的種內不發生頡抗作用。從不同的自然基質(土壤、江、河、湖、海的淤泥、動植物的殘體)，不同的地理帶和氣候地帶分離到的各種菌株，如果是屬於同一個種的，它們總是不會互相抑制的。這性狀在我們所研究的放線菌和產孢細菌中是非常穩定的。在其他類型的微生物——細菌、真菌、酵母等等——中，這也同樣是很穩定的。

頡抗體的抗菌作用是由特殊的物質——抗生素——決定的。抗生物質應該看作是微生物對其他的種(競爭者)進行鬭爭而形成的武器。這是種在它形成的整個歷史過程中創造出來的武器，它也無疑地決定種的性質。

由抗生物質所決定的微生物頡抗作用，可以用來消滅生活在自然基質和動植物體內的那些不良的微生物。

土壤頡抗體的抗菌作用，已經由許多研究者在實驗中證實。早就覺察到，在沒有頡抗體的滅菌土壤中，許多微生物競爭者都發育得