

# 土壤微生物和土壤肥力

E.H.米蘇斯金著

科学出版社

# 土壤微生物和土壤肥力

E. H. 米苏斯金 著

許 光 輝  
鄭 鴻 元 譯  
周 煦 卿

姜隆后 赵兴樑 校訂

科 学 出 版 社

1 9 5 9

Е. Н. Мишустин  
МИКРООРГАНИЗМЫ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ  
Изд. АН СССР  
Москва 1956

内 容 提 要

本书以通俗易懂的形式介绍了土壤和土壤微生物的一般知识，将土壤作为微生物的生活环境进行了讨论，叙述了各种土类中的微生物、土壤微生物引起的生物学过程以及微生物学过程和土壤结构形成的关系；并且阐明了土壤耕作，施肥对土壤微生物的影响，土壤微生物与植物间的相互关系；此外，还介绍了细菌肥料的制备和应用、植物病原微生物的生物学防治等。

本书主要的读者对象为农业工作者和高等学校、中等农业技术学校的学生，也可作为从事土壤微生物学研究工作及教学工作人员的参考书籍。

土壤微生物和土壤肥力

Е. Н. 米苏斯金 著

許光輝等譯

姜隆后 赵兴傑校訂

\*

科学出版社出版（北京朝陽門大街117号）  
北京市書刊出版業營業許可証出字第061号

中国科学院印刷厂印刷 新华書店总經售

\*

1959年3月第一版

書号：1668 字数：158,000

1959年3月第一次印刷

开本：850×1168 1/32

（京）0001-8,640

印张：6 1/8

定价：(9) 0.80元

## 目 录

作者序 .....	1
緒言 .....	2
土壤的一般知識 .....	10
土壤組成 .....	10
土壤性質 .....	14
土壤帶和統一土壤形成过程學說 .....	17
苏联主要土壤的概述 .....	21
土壤微生物 .....	25
細菌 .....	25
超显微鏡微生物、滤过性病毒和噬菌体 .....	33
放綫菌以及与放綫菌有亲緣关系的生物 .....	35
土壤真菌 .....	40
土壤藻类 .....	46
土层中的原生动动物 (Protozoa) 和其他一些动物 .....	48
微生物引起的过程 .....	52
蛋白質的氨化作用(腐敗) .....	52
尿素、尿酸和馬尿酸的氨化作用 .....	53
硝化作用 .....	54
硝酸盐和銨盐的同化作用 .....	56
反硝化作用 .....	57
大气氮素的同化作用 .....	58
多糖、双糖、淀粉和有机酸的分解 .....	62
纖維素的分解 .....	62
果胶物質的分解 .....	65
木質素和几丁質的分解 .....	65
脂肪的分解 .....	66
碳氢化合物的氧化 .....	66
二氧化碳的形成和同化 .....	67

腐殖质的形成和分解 .....	76
生活物质的产生 .....	70
硫和硫化物的轉化 .....	72
磷化物的轉化 .....	74
鉄化物的轉化 .....	76
土壤微生物引起的其他一些过程 .....	78
<b>土壤是微生物的生活环境</b> .....	80
有机质和土壤中微生物的分布 .....	80
土壤机械成分和团聚成分对微生物区系状况的影响 .....	81
土壤酸度对微生物活动性的影响 .....	83
土壤中的氧化还原条件和微生物 .....	85
土壤水分状况和微生物的活动性 .....	86
土壤温度和微生物对热的要求 .....	88
<b>土壤微生物与植物間的相互关系</b> .....	90
根际微生物和附生微生物 .....	90
单独的共生营养及植物的主要养分 .....	92
植物和微生物的“补助”营养 .....	96
植物和微生物的真正共生营养 .....	99
<b>各种土类中的微生物</b> .....	108
各种土壤中微生物主要羣的数量和对比关系 .....	108
各种土壤中細菌种的成分的特征 .....	115
各种土壤中的放线菌和真菌 .....	122
微生物是土壤的組成部分 .....	125
<b>土壤耕作和微生物</b> .....	127
<b>微生物学过程和土壤结构的形成</b> .....	140
土壤结构对土壤肥力的意义 .....	140
活性腐殖质和土壤结构的形成 .....	141
决定土壤稳固结构造成的因素 .....	143
<b>施肥对土壤微生物的作用</b> .....	149
肥料及其在苏联的利用 .....	149
土壤化学改良与微生物 .....	150
矿质肥料对土壤微生物区系的影响 .....	155

有机肥料及其在土壤中的矿质化·····	157
测定植物对肥料需要的微生物学方法·····	160
<b>細菌肥料</b> ·····	164
根瘤菌剂·····	164
固氮菌剂·····	168
磷細菌剂·····	173
細菌肥料 AMB·····	175
“硅酸盐”細菌制剂·····	177
<b>土壤中的植物病原微生物及其防治</b> ·····	178
土壤中植物病原微生物的生命活动·····	178
利用微生物拮抗現象防治植物病原微生物·····	179
土壤消毒的化学法与热处理法·····	184
<b>参考文献</b> ·····	189

## 作者序

土壤中居住着无数的微生物。

微生物具有巨大的生物化学活动力。可以设想，它们的活动在土壤的形成及其肥力的创造中有着重大的意义。虽然关于土壤中微生物生活的许多因子目前还不够清楚，但现在可以认为这意义是已确实证明了。在土壤微生物学方面所累积的知识是很丰富的，应该使广大的、与农业有关的读者熟悉它们。

在这本书中，作者试图用通俗易懂的形式介绍关于土壤微生物的知识，并且利用了作者和他在苏联科学院微生物研究所的同事们所获得的文献资料和原始材料。这些知识不仅提供了普通生物学的意义，而且可以阐明许多经济上的重要问题。

作者希望这本书将有益于农业工作者和高等学校、中等农业技术学校的学生。作者对 И. Н. 安提波夫-卡拉塔耶夫 (И. Н. Антипов-Каратаев) 教授的许多宝贵意见和指示深表谢意。所有对这本书的批评请函寄：Москва, В-71, Большая Калужская, 33, Институт Микробиологии АН СССР, Е. Н. Мишустин (米苏斯金)。

## 緒 言

除了气候以外，土壤本身的特性是农作物收获量的最重要的因素。用耕作、施肥、土壤改良和其他措施可以改变土壤的成分和特性。这些措施的采用可以提高土壤的肥力。

近几年来，为了满足人民对粮食产品增长的要求以及保证轻工业和食品工业的原料，苏共中央通过了一系列在强大的社会主义工业发展的基础上，急剧提高农业的决议。

在增加谷类作物和其他农产品的总收获量中，开垦荒地具有巨大的意义。但是，增加农产品生产的主要方法是显著提高产量。因此，除了在生产中培育和推广新的、比较高产的作物品种外，应该认为提高土壤肥力和改善土壤的栽培状况是土壤学和农作学最重要的问题。这些问题的解决，是获得农作物高额产量和进一步提高农作物产量的基础。

苏联的土壤学有权以自己的成就自豪。伟大的俄国学者 B. B. 道库恰耶夫(1846—1903)发展了 M. B. 罗蒙诺索夫对土壤的观点，奠定了把土壤作为广大的历史自然学科的基础。M. B. 罗蒙诺索夫特别强调指出，土壤是在植物和岩石的相互作用下形成的，在这个过程进行的同时，土壤肥力随着增加。

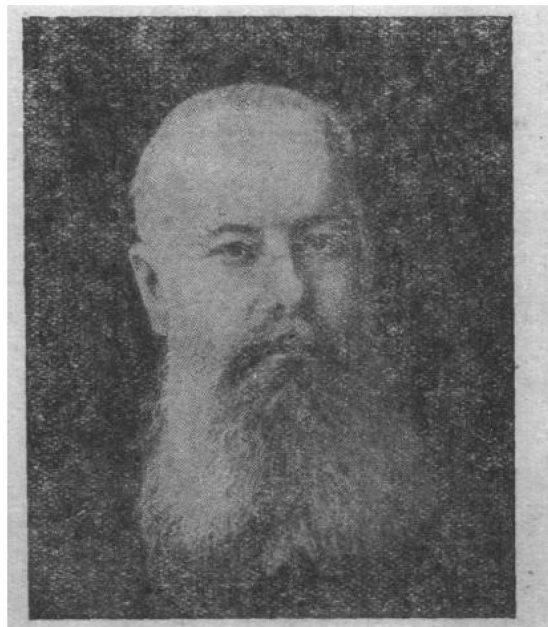
M. B. 罗蒙诺索夫的观点超越了外国的科学数十年。大家知道，在国外，土壤学是极端片面地发展的，它时而为农学的一部分(农业学派)、时而为化学的一部分(农业化学学派)、时而又为地质学的一部分(农业地质学学派)。而根据腐殖质的含量，这一些或那一些植物营养元素的贮藏量等等这样一些指标，极其简单地来解决关于土壤肥力的问题。

B. B. 道库恰耶夫提出了并论证了土壤作为特殊的历史自然体的科学见解。根据 B. B. 道库恰耶夫的定义，应该把受着许多



因子的綜合影响而自然地改变着的岩石(任何岩石都是一样)的最表层称为土壤。形成的土壤特性决定于: 1) 成土母质, 2) 气候, 3) 植被, 4) 地形和 5) 土壤的年齡。

在談到土壤形成的各个因子的意义时, B. B. 道庫恰耶夫說: 提出那一个因子在土壤形成的历史中起着最重要的作用的問題是完全无益的, 其中每一个因子都是同等的重要。



B. B. 道庫恰耶夫

B. B. 道庫恰耶夫指出了研究土壤的起源和特性的必要性, 奠定了新的科学——发生土壤学——的基础。他揭示了并闡明了在地球表面上土壤地带分布的規律性。B. B. 道庫恰耶夫根据决定土壤肥力的所有綜合条件同时作用的原理, 为每一地带提高农业拟定了重要的措施。

在研究現代土壤学的科学基础时, B. B. 道庫恰耶夫指出了微生物在土壤形成中以及在土壤內进行的过程中的巨大作用。他頑強地试图在大学中組織微生物学講座。但所有这些努力, 在沙

皇时代的条件下,并没有获得任何结果。

和 B. B. 道庫恰耶夫同时代的另一位俄国科学的傑出代表 П. A. 科斯蒂切夫(1845—1895)在創立新的土壤学說方面作出了卓越的貢獻。例如,关于黑鈣土起源問題的研究,他指出了在土壤形成中生物因子——植物和微生物的决定性作用。П. A. 科斯蒂切夫写道:“地質学在黑鈣土的問題中仅具有次要的意义,因为有机質的积累是在地質上不同的陆地表面进行的,而黑鈣土是高等植物地理学の問題和分解有机質的低等植物生理学的問題”<sup>1)</sup>。

談到土壤肥力的条件, П. A. 科斯蒂切夫特別強調土壤的特性和结构的意义。他所进行的、为了查明各个微生物羣在創造土壤腐植質中的作用的試驗具有重大的原則性的意义。根据 П. A. 科斯蒂切夫的观点,微生物的活动可以引起土壤肥力的提高或降低。

我国傑出的学者[Н. М. 西比尔泽夫(Н. М. Сибирцев, 1860—1900); В. Р. 威廉斯(1863—1939); А. Н. 薩巴宁(А. Н. Сабанин, 1844—1920); Л. И. 普拉索洛夫(Л. И. Прасолов, 1875—1954); Б. Б. 波雷諾夫(Б. Б. Полюнов, 1877—1952); 和其他学者]发展了并加深了 B. B. 道庫恰耶夫的土壤学說。B. Р. 威廉斯的工作起着特別巨大的作用。B. Р. 威廉斯的功績在于他发展了道庫恰耶夫在承認生物因子(主要是植物和微生物)的主导作用的基础上,土壤的起源和发育的学說。

B. Р. 威廉斯认为在土壤形成中极重要的因子之一是有机質的形成和分解。他指出,土壤形成是地球表面范围极广而长期的生命进化过程的表现之一。B. Р. 威廉斯把土壤中主要的化学过程和有机質(一部分是死亡的,一部分包含着具有強烈的活动力的生命)的轉化联系起来。

B. Р. 威廉斯創立了植物羣社学說,亦即关于高等綠色植物和低等无叶綠素植物自然配合的学說的普遍原理。每一植物羣落

---

1) П. A. 科斯蒂切夫: 俄罗斯黑鈣土地区的土壤, 农业出版社, 1949年, 第8頁。

只能决定一定土类的发育。根据他的学说，现代土带类型是统一土壤形成过程的不同时期和不同阶段的具体表现形式。

土壤肥力是土壤固有的极其重要的特性。这个原理是 K. 馬克思創立的，以后又被苏联土壤学派发展了。B. P. 威廉斯着重指出，土壤的定义应该包含着它能够产生收获物的概念。他說：“我們要把具有肥力的土壤概念和不具肥力的岩石的概念对立起来。或者，換句話說，应该把它和块状岩石的概念对立起来”<sup>1)</sup>。

B. P. 威廉斯的科学观点，使有可能很自然地把土壤形成过程与土壤自然肥力的发育联系起来；把作为一种科学的土壤学的任务和結論与农业的任务联系起来。这样，B. P. 威廉斯在方法論方面，把道庫恰耶夫的发生土壤学推进到了新的更高的阶段。

B. P. 威廉斯认为，人类为了利用和发展土壤肥力所进行的經濟活动，在現代的土壤形成过程中具有决定性的意义。

依据自己前輩的工作，B. P. 威廉斯創立了有科学根据的、提高农作物收获量和畜牧业生产率的方法的一套制度，所謂草田耕作制。試驗表明，这个制度不容許千篇一律地运用。例如，在苏联許多地区完全証明草田耕作制极重要的部分——播种多年生牧草是正确的，而在南部和东南部干旱地区却現出无效。因为在这些地区水分缺乏，混合牧草发育不良，因而很少能促进土壤肥力的提高。这就指出了必須創造性地发展 B. P. 威廉斯的学说。

从上面的說明可以得出結論：一些卓越的土壤学家建立的学說的基础思想，就是生物因子在自然土壤发育中和在决定土壤肥力中起主导作用，同时微生物在这方面有着巨大的意义。

上世紀后半叶，先进的俄国科学家們的思想集中反映在 B. B. 道庫恰耶夫、П. А. 科斯蒂切夫和 B. P. 威廉斯的观点中。当时，由于 Л. 巴斯德 (Л. Пастер, 1822—1895)、И. И. 梅契尼可夫 (И. И. Мечников, 1845—1915)、С. Н. 維諾格拉斯基 (С. Н. Виноградский, 1856—1953) 及其他微生物学家的工作，指出了微

---

1) B. P. 威廉斯：土壤学，农业出版社，1947年，第35頁。

生物在自然界物質的轉化中、傳染疾病以及其他方面的意義，使人們對微生物和查明它們在自然界中的作用的興趣特別地提高了。例如，上世紀 90 年代，俄國卓越的農業活動家公開發表了許多關於微生物在土壤過程中的作用的言論。1890 年，在彼得堡召開的第八次俄國自然科學家和醫師代表大會上，宣讀了兩篇直接有關於我們的領域的、有意義的報告。В. И. 科瓦列夫斯基 (В. И. Ковалевский) 作了“當前的農業向自然科學提出的問題”的報告。他擬定了在農業生物學方面研究工作的遠大計劃。順便提一下，在報告中說：土壤是微生物生活和生存鬥爭的集中地。高等作物的收穫量或多或少地決定於這些微生物，而這些微生物也要求着栽培的措施。

在這次代表大會上，彼特羅夫農學院教授 Г. Г. 古斯塔夫松 (Г. Г. Густавсон) 宣讀了“關於農業微生物學基礎”的報告。在報告中十分令人信服地指出了，土壤是活的體系，低等生物在這體系的特性中應當起着巨大的作用。

在代表大會以後過了一年，著名的俄國學者、在 1891 年發現濾過性病毒的 Д. И. 伊凡諾夫斯基 (Д. И. Ивановский) 發表了自己的著作“土壤微生物的活動性”，開始就引用了 А. С. 法敏曾 (А. С. Фаминцын) 院士的話：“問題的提出不是沒有根據的：谷類作物是否栽培良好和獲得豐收，將決定於土壤適宜於微生物在其中旺盛的發育”。

第九次俄國自然科學家和醫師代表大會是在 1894 年舉行的。Л. Н. 托爾斯泰 (Л. Н. Толстой) 參加了這次代表大會。К. А. 季米里亞捷夫在會上發表了演說。著名的微生物學家 С. Н. 維諾格拉斯基作了“自然界中的氮素循環”的報告，闡明了微生物在土壤肥力的形成中具有巨大意義的循環過程中的作用。

其他一些科學和農學著名的活動家都同意微生物在土壤形成及其肥力創造中是極重要的因子的觀點。我國天才的學者 Д. И. 門捷列夫給 В. В. 道庫恰耶夫的信的內容，具有肯定的意義。В. В. 道庫恰耶夫當時是建議在俄國的大學內組織土壤學和微生物

学讲座的报告书的作者之一(1895)。Д. И. 門捷列夫写道：“我以极大的兴趣讀完了您的許多有关土壤学和細菌学的論文。这不仅是人們在現在和将来都要向您致謝的一个貢獻，……而且也是科学原理闡明的光荣事蹟……。土地在故事中是一具尸体，而对我們來說它是一个活的奶娘。我想，教会人們这点是大有益处的，因而这种工作在大学里應該是开始的时候了”<sup>1)</sup>。

由此可見，在 60 多年以前，我国科学家已有充分根据的力求从微生物的观点来对待土壤肥力的問題。卓越的微生物学家 В. Л. 奧美梁斯基 (В. Л. Омелянский, 1867—1928)，Н. Н. 胡佳柯夫 (Н. Н. Худяков, 1866—1927)，С. П. 科斯蒂切夫 (1877—1931)，В. С. 布特凱維奇 (В. С. Буткевич, 1871—1942)，Б. Л. 依薩欽科 (Б. Л. Исаченко, 1871—1948)，Н. Г. 霍洛德尼 (Н. Г. Холодный, 1882—1953)，以及他們的学生和繼承者的研究，大大地加深了我們有关生物因子在土壤的发育和特性中的作用的知識。而在許多情況下，使我們有可能积极地調节土壤的过程来提高农作物的收获量(見后)。

В. И. 維尔納德斯基 (В. И. Вернадский) 写道：在陆地的表面上，沒有一种化学力量能比生物总体更經常地起作用，这作用的最終結果也是最強盛的。他認為，生物在地壳表面化学元素的轉移中是个主要因子。它們的活动不仅影响土层和土层的有机質，而且也影响土层和底土层的矿物质。例如，Б. Б. 波雷諾夫完全有根据地認為，土壤中的黏土矿物是生物起源的。根据他的观点，它們是植物殘体中含有的二氧化硅 ( $\text{SiO}_2$ )、氧化鉄 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 和氧化铝 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 反应的产物。

\* \* \*

生物在土壤中的作用是毋庸置疑的。但是，土壤学中的生物学路綫的成就，还决定于农业科学中确信生活、反馬尔薩斯学說的世界觀。事实上，不难确定，高等生物和低等生物的活动可以极有

---

1) В. В. 道庫恰耶夫：論文选集，第 3 集，农业出版社，1949，第 330 頁。

成效地促进土壤肥力的提高。

这项原理可以用母质所形成的土壤中含氮量增加的实例予以完美的阐明。实际上,在母质中是不含氮素的,但是,由于固氮细菌的活动,在土壤发育的过程中,氮的含量便不断地增长。生物因子借着从较深的下层把元素转移到土壤层中的方法,可在所形成的土壤层中增加有效性磷和其他植物营养元素的贮藏量。微生物的活动引起了腐殖质的积累。这种物质是耕作层等的一系列良好性质的先决条件。微生物的活动可以不断提高土壤潜在的肥力。人类的活动可以把土壤潜在的肥力转变为有效的肥力,从而获得丰收。高额丰收创造的条件,不会使土壤性质变坏,而可以改善土壤性质,并给有益微生物群的生命活动创造了较良好的环境。这促使我们摒棄了那种描画出了土壤的植物营养元素不可避免地日益贫乏的暗淡远景的成土过程按所谓“生物学曲线”而发展的杜撰结论。

合理的农业制度可以导致土壤生产力逐年不断的提高,直至现在我们很难设想的高度。

土壤学中的生物学观念显明地揭示了 Ю. 李比西的“归还学说”的荒谬。根据这个学说,生产收获物所消耗的矿质营养元素,必须用施入相应数量的矿质肥料的方法完全归还给土壤。土壤施肥,其中也包括施矿质肥料当然是必要的,但必须否认从 Ю. 李比西所提出的原理出发。

按照 Ю. 李比西的学说,农民在使用肥料时应当估计到随后作用的效果的减退,也就是“报酬定律”。这个定律资产阶级经济学家称为“肥力递减定律”。“肥力递减定律”和 P. 马尔萨斯伪科学的理论是相互呼应的。

苏联学者 [К. А. 季米里亚捷夫、В. Р. 威廉斯、Д. Н. 普良尼斯尼科夫 (Д. Н. Прянишников) 等] 的科学成就令人信服地证明,马克思主义经典作家和大生物学家所反对的“肥力递减定律”是毫无根据的。В. И. 列宁写道:“‘土壤肥力递减定律’决不适用于技术正在进步、生产方式正在改革的这种场合,……因

此,不論馬克思或馬克思主义者都不談这个‘定律’,而大声鼓吹着这个‘定律’的只是那些伪科学的代表們”。現存的事实也說明了,在改善农作技术和施用肥料的条件下,不断提高产量是可能的。

显然,馬尔薩斯学說是基于資本主义制度的本質而产生的。因此,把資本主义生产方式的社会特点引起的土壤肥力的下降,認为是一种自然規律的后果,这是一个不可原諒的錯誤。

B. P. 威廉斯強調指出,整个农学,广义說来是处理自然能量。而农学的主要任务在于使这能量失掉它的基本性質——自然性。調节这个过程的可能性,决定于具备有关能量动态的全部知識。換句話說,如果我們对土壤中微生物的組成及其个别代表者在土壤肥力中的意义沒有一定的概念,那么,影响微生物这个因子就不可能获得成效。后面作者将簡要地闡述和以上問題有关的基本知識。

# 土壤的一般知識

## 土壤組成

土壤的機械組成和化學組成 土壤是岩石圈的上層（風化殼）在生物、物理和化學作用的影響下變化而形成的。形成土壤的岩石稱為成土母質或母質，也稱為底土或心土。

土壤的固相通常是由母質形成的礦質部分組成的。在固相的組成中含有各種礦物，其中最普遍的是長石、石英、雲母以及氫氧化鐵和其他土壤形成過程中所產生的礦物。各種不同的有機物質也是土壤重要的組成部分。有機物質的大部分是腐殖質。礦質化合物和有機化合物常常形成複雜的複合體。

各種土壤按照其中不同大小土粒的相對含量來區別，或者是按照土壤的機械組成來區別。根據機械分析所確定的粒徑如下（表1）。

表 1 按粒徑大小的土粒分類

粒 徑 (毫 米)	土 粒 名 稱
大於 3	土壤的石粒部分
3—1	粗 砂
1—0.25	中 砂
0.25 —0.05	細 砂
0.05 —0.01	粗粉砂(黃土狀粒級)
0.01 —0.005	中 粉 砂
0.005—0.001	細 粉 砂
小於0.001	粘 粒

小於0.01毫米的土粒通常稱為“物理粘粒”(Физическая глина)，而 0.01—3 毫米的土粒稱為“物理砂粒”(Физический песок)。



小于 0.0001 毫米的土粒可列为特殊的胶体部分。

根据土壤的机械组成,土壤获得了黏土、壤土、砂壤土等名称。H. A. 卡庆斯基 (H. A. Качинский) 根据土壤的机械组成提出了下列土壤分类法(表 2)。

表 2 根据机械组成的土壤分类

森林土壤(森林土)		草原土、半荒漠土、荒漠土和紅壤	
小于 0.01 毫米的土粒含量 (%) <sup>*</sup>	根据机械组成的土壤名称	小于 0.01 毫米的土粒含量 (%) <sup>*</sup>	根据机械组成的土壤名称
大于 80	重黏土	大于 80	重黏土
80—50	中黏土和輕黏土	80—60	中粘土和輕黏土
50—40	重粘壤土	60—45	重粘壤土
40—30	中粘壤土	45—30	中粘壤土
30—20	輕粘壤土	30—20	輕粘壤土
20—10	砂壤土	20—10	砂壤土
10—5	細砂土	10—5	細砂土
小于 5	粗砂土	小于 5	粗砂土

\* 表中系指“物理”粘粒的百分率。其余土粒的数量实际上是“物理砂粒”——粒徑 0.01—3 毫米。

土壤的持水性、透水性、水分上昇的能力、空气和温度状况以及其他許多对植物和微生物的发育有着巨大影响的特性,都取决于机械组成。

**土壤有机质和土壤腐殖质** 土壤总是含有或多或少的、以植物和土壤生物死亡部分的形式存在着的有机化合物。有机质在微生物的作用下一部分矿质化了,一部分则变为稳定的、具有一系列特征的复杂的复合体。这种复合体叫做腐殖质。关于腐殖质形成的问题詳見“微生物所引起的过程”一章。

腐殖质在各种土壤中的含量是极不相同的。有的土壤腐殖质的含量在 1% 以下,而在另一些土壤中腐殖质的含量高达 10—15%。在泥炭土中有机质占 90—95%。土壤呈暗黑色是由于其中存在着黑色的腐殖质。