

65.2654
NRG

65.2654
NRG

土壤腐殖质及其形成 的微生物学因素

Д. М. 諾沃格魯茨基著

人民教育出版社

土壤腐殖质及其形成 的微生物学因素

Д. М. 謝沃多夫著

吳世榮 譯

本书根据1959年苏联哈薩克共和国科学院出版社出版的已故的諾沃格魯茨基(Д. М. Новогруцкий)著的“土壤腐殖质及其形成的微生物学因素”(Почвенный гумус и микробиологические факторы его образования)譯出。

它是作者继承柯斯特切夫和威廉斯,在研究腐殖质形成的微生物学过程方面原拟编写的一部巨著的开始部分。虽然本书沒有討論最近十年來有关腐殖质方面的工作,但它对旧有資料的解釋非常新穎,作者本人的研究也具有獨創性。

本书可供高等农林院校土壤专业师生及土壤研究工作者参考。

土壤腐殖质及其形成 的微生物学因素

Д. М. 諾沃格魯茨基著

刘鍾鈺譯

人民教育出版社出版 高等学校教学用書編輯部
北京宣武門內承恩寺7號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第2號)

工人日報印書廠印裝 新华书店发行

統一書號 13010·877 開本 787×1092 1/32 印張 3 $\frac{12}{16}$

字數 76,000 印數 0001—6,000 定價 (3) 0.49

1960年10月第1版 1960年10月第1次印刷

序 言

“土壤腐殖质及其形成的微生物学因素”是Д. М. 諾沃格魯茨基在哈薩克苏維埃社会主义共和国科学院土壤研究所工作期間所完成的最后一本著作。这本书只是作者在研究腐殖质形成的微生物学过程方面原拟編写的一部巨著的开始部分。

近年来，人們已开始日益注意有关微生物参与土壤腐殖质形成問題的探討，可是，对这些过程的实质研究得还是很不够充分的。考虑到作者 Д. М. 諾沃格魯茨基在这方面所获成就的巨大意义，哈薩克苏維埃社会主义共和国科学院土壤研究所决定出版这本遺著，按照 1950 年所完成的形式，沒有任何改动，也沒有补充 1951 年以来所出現的最新文献資料。

虽然这本专门著作完成迄今差不多已有十年之久，而且其中沒有討論到最近几年有关腐殖质方面的工作，可是，正如一位評論者所正确指出的，“本书对旧有資料的解釋是如此新穎，本人的研究又是如此独具創造性，因而尽快地把它发表出来是极为必要的”。

由于作者对文献資料进行了批判性的分析，因而得出了一系列新的、有关腐殖质的不同来源及有关原始腐殖质形成过程与次生腐殖质形成过程之間的关系的結論，也就是有关依靠微生物体的直接分泌物和植物殘体由于微生物的活动而分解和变型了的各組成部分彼此之間及与来源于微生物的生成物之間的化学相互作用所进行的腐殖质形成过程的結論。

这本书对于有关土壤腐殖质起源的微生物学理论所据以建立的文献资料作了详尽的探讨。作者特别指出,有关腐殖质形成的严整的微生物学理论乃是俄罗斯土壤微生物学及俄罗斯土壤学的卓越成就之一。根据 Д. М. 諾沃格魯茨基的考核,这一理论是最先以微生物学、植物学、化学及土壤发生学等方面的相互关系来理解腐殖质形成过程的。在这一方面,特殊卓越的功績应属于 П. А. 柯斯特切夫和 В. Р. 威廉斯。至于其他国家的微生物学家,其中也包括瓦克斯曼 (Waksman), 如作者所指出的,则是在迟一些时候才理解了这些现象的。

这本专著的第二部分所援引的是作者本人在研究真菌、放线菌和土壤细菌的生命活动与自体溶解的产物以及确定这些生成物与腐殖物质的相似性方面的研究结果。作者特别谈到了有关腐殖质的鉴定问题,并且指出了许多研究者只是根据暗黑的颜色、在碱中的溶解性以及因加酸而析为沉淀等性质来确证此类物质与腐殖物质类似的不正确的态度。就我们对土壤腐殖质的现有知识,作者认为,腐殖物质的确认,应该以其化学性质及物理化学性质的总合为基础,因此,在这一方面, Д. М. 諾沃格魯茨基的研究与上述的许多工作显然是有区别的。

作者曾经研究由广泛存在于哈萨克斯坦土壤中的纤维素分解真菌 *Gliobotris* sp. 和 *Chaetomium globosum*、放线菌 *Actinomyces globosus* Kras 以及很普遍的土壤细菌 *Azotobacter chroococcum* 的培养物所获得的暗色生成物的化学特性。作者测定了自上述培养物中分离出来的(可用硫酸沉淀及不能用硫酸沉淀的)碱性部分中的碳、氮含量,此外还有光谱之不同部分的光吸收强度,因而有了对此类物质与土壤胡敏酸进行

比較的可能。

特別有趣而且研究方法也頗新穎的是對於有腐殖物質形成的三組分培養(真菌、溶真菌的細菌和固氮細菌)中的溶解現象的探討。在安排得非常接近於自然條件的這些實驗中揭露了以上三種微生物之間的生態學關係：溶真菌的細菌實現真菌的溶解，而於溶解的生成物上生長的固氮細菌則在生命過程中分泌暗色的腐殖物質。不過，所研究的暗色含氮的類腐殖物質是由幼齡的、有生命活動力的細胞形成，還是由即將死亡的老年細胞形成，則還是一個有待闡明的问题。然而，無論如何，所研究的這些現象具有重大的生態學意義，却是無庸置疑的。

天才的學者M.Д.諾沃格魯茨基繼續了П.А.柯斯特切夫所開始的有關腐殖質形成的微生物學的研究，這一方面的探討為研究由微生物所進行的腐殖物質形成過程開辟了一條道路，本書的巨大價值即在此。

N.阿辛格

地質-礦物科學副博士

目 录

序言.....	iv
第一章 土壤腐殖质起源問題研究中的两条路綫.....	1
第二章 对有关腐殖物质形成的化学理論的批判.....	27
第三章 腐殖质形成的微生物学理論.....	41
第四章 腐殖质形成的次生微生物学过程.....	57
第五章 腐殖质形成的原始微生物学过程.....	81
本人的研究.....	95

第一章 土壤腐殖质起源問題

研究中的两条路綫

土壤腐殖质研究中的俄罗斯学派的特点 有关土壤腐殖质的基本概念及专用名詞 土壤有机物质的組成 腐殖质酸 胡敏酸及富啡酸的特性 鉴定腐殖质酸的方法

五十年前，即在1900年，瓦西里·罗别尔特維奇·威廉斯（那时还是一位年輕的学者，前不久剛剛被任命为莫斯科农学院土壤学及农作学教研室教授）就曾以如下方式來說明研究土壤有机物质的意义：

“尽管土壤中的这些有机物质必然会引起我們的极大的兴趣，尽管有关它們的起源曾經有过許多爭論，尽管它們的活动的最終产物對我們來說已然不是秘密，甚至連它們在土壤中的生命活动本身，虽然只是总的、大体上的了解，但是畢竟也已有所研究，然而，認真說來，我們對这些物质还是不很清楚的。

……在目前情況下，這一領域是如此廣闊，我們是这样茫無所知，而前人在這方面所試圖開拓的道路又是這般混亂，因而要想闡明土壤學中的這一重要領域，決不是一位學者就可以完成的，而是需要我們整整一代人的工作”（1900）。

从威廉斯講這些話的時候起，至今已經過了半个世紀，但是，就是在現在，這一論述也仍舊是完全正確的。誠然，在過去這五十年里，有关土壤腐殖质的科学在各个方面都已有所

发展和进步。在土壤有机物质的組成和性质方面，在个别腐殖质酸的化学本质方面以及在腐殖质的化学組成之依土壤气候带为轉移的变異性方面，都已取得許多重要資料，而丰富了这門科学。可是，尽管取得了这些成就，然而有关土壤腐殖质起源問題却仍旧是土壤学及土壤微生物学中最模糊和最混乱的問題之一。

土壤腐殖质起源問題之所以是这样一种情况，是因为在过去这五十年里，科学研究的主要方向被局限于仅仅采用化学方法和物理化学方法来研究土壤腐殖质的緣故。但是，这种研究方法当然是不能說明土壤腐殖物质的起源的。腐殖物质的起源并非是純化学的問題，而是一个生物学，特别是微生物学的問題。在腐殖质起源問題方面缺乏生物学及微生物学研究，就是在这一領域中我們的現有知識不能令人滿意的一个主要原因。

在这样片面地醉心于純化学的研究方法以及作为西欧大多数研究者的特点的、无批判的“化学分析”方法的背景下，腐殖质起源問題研究人員中由 П.А.柯斯特切夫所开创并由 B.P.威廉斯所进一步发展了的俄罗斯学派是占有特殊的地位的。这是唯一科学的路綫，这条路綫不是仅仅根据化学的概念，而且主要是根据生物学与微生物学的概念，系統而又合乎邏輯地深入研究了腐殖质形成問題。

本书将詳細地探討有关土壤腐殖质起源的微生物学理論所据以建立的資料。

基本概念和专用名詞

为了使进一步的敘述明确起見，先探討一番基本概念和

专用名詞是适宜的。

1. 土壤中所可能发现的全部有机生成物可以分为四种：

甲. 植物及动物的有机殘体(包括活的、半死亡的或完全死亡的, 新鮮的或处于不同分解阶段的);

乙. 活的或已死亡的土壤微生物体;

丙. 土壤空气中的气态有机物质;

丁. 土壤腐殖质。

“所有这四种形式的有机生成物彼此之間在起源上都是密切相关的, 这四种形式乃是土壤中的有机物质所不断进行着的形成、轉化和分解过程的統一复合体的几个不同阶段。植物的根及地上部分的雕落物是土壤中有有机物质的主要的原始来源, 在其分解时, 一方面发生微生物及土壤动物的次生类型的生命物质的合成, 另一方面則进行腐殖物质的形成和极累”(丘林, 1946)。

根据 И. В. 丘林的見解(1946), 土壤有机物质中絕大部分是腐殖物质。其次是植物的根群, 次生类型的生命物质最少, 其中主要是細菌、真菌、放綫菌及其他种微生物。

2. 土壤中已完全丧失了有机結構的痕迹而且多少已經和土壤矿物质部分密切混合的那一有机組成部分叫做土壤腐殖质, 腐殖质基本上是由腐殖质酸組成的。

某些土壤学家以不同的意义来理解及使用 Перегной 与 Гумус 这两个名詞^①。例如, 薩巴宁就是把无定形的 гумус 与含有不同分解階級的植物殘体的 Перегной 加以区別的。而格林卡(1932)遵循波托尼耶(1920)的見解, 把“已粉碎且已逐

^① Перегной 与 Гумус 的中文意义都是“腐殖质”在俄文中亦无大差別。为了使本节內容与标题名实相符, 故而未予删节——譯者注。

渐变成 Гумус 的、游离存在于土壤表面之上的枯枝落叶层”理解为 Перегной。这样的枯枝落叶层一般存在于森林和未开垦的草原上。在所援引的意义中，Перегной 与 Гумус 具有完全不同的概念。但是这样的划分是没有充分的根据的。

Перегной 和 Гумус 是两个同义词。B.P. 威廉斯喜欢使用 Перегной，他认为 Гумус 是一个外来语，这个词的缺点是不很确切(1900)。

3. 试图将土壤腐殖质加以区分的其他种分类法中，有必要指出 К. И. 鲁达柯夫的方案(1949)：

甲. 原腐殖物质 原腐殖物质是最初的生成物，进一步即可形成腐殖质；这是一种能将土壤微粒粘结成团粒的物质。

乙. 活性腐殖质 能粘合土壤团粒的物质；分解后形成可以作为植物养分的化合物。

丙. 稳定腐殖质 能粘合土壤团粒的物质，但不容易被分解，因而不大参与植物的根部营养。

丁. 惰性腐殖质 具有稳定性的物质，由于本身难于矿质化，因而无论是在稳定性土壤细团粒结构的形成中，也无无论是在植物的根部营养中，都不起作用。

这样的划分并没有充分的根据。因为，原腐殖物质与腐殖物质本身的区别非常模糊，活性腐殖质与稳定腐殖质的差异也很不明确。此外，何以要把这些不同的类别名之为“腐殖质形成过程的几个阶段”，这也是不能理解的。而且更主要的是，很难想像在实际上会有划分所列举的各种腐殖质类型的可能。

在我们目前的知识水平下，唯一有理论与事实根据的土

壤腐殖质分类法,是威廉斯所提出的方法,即将腐殖质按其粘合土壤团粒的能力区分为“有效”及“无效”腐殖质。根据威廉斯的见解:

甲.有效腐殖质是厌氧细菌的合成产物,这种生成物先以分子可溶性状态被分离出来,而在浸透团粒以后即转变为变性状,转变为胶体。有效腐殖质作为厌氧细菌的合成产物,很容易被需氧细菌分解。

乙.无效腐殖质不具有粘合的性能,大部分土壤有机物质都属于这一种。

在自然条件下有效腐殖质可以转变为无效的腐殖质。可是,相反方向转变的条件,目前则还没有弄清。

4. 腐殖质的化学成分是很复杂的。150多年以来,在腐殖质化学研究中曾经出现两种相互矛盾的观点。按照第一种观点,土壤腐殖质是有机化学中已知的一些个别有机化合物的混合物(糖类、烃类、氨基酸等等)。这种观点曾经为美国研究者们(施列伊纳尔、萧恩、瓦克斯曼)所拥护,现在看来当然是错误的。另一种观点认为土壤腐殖质是由一些特殊的、为腐殖质所特有的化合物组成的,此类化合物在植物和动物界中都是不存在的,即所谓腐殖物质(其中包括胡敏酸)。虽然从各种土壤、泥炭、胡敏化植物残体中所分泌出来的胡敏酸在某些主要的化学特征上有区别,然而它们的基本结构却是相同的,因而可以把它們看成是特殊组成的物质。胡敏酸是由于一种只为腐殖质所特有的过程而自植物和动物残体形成的。这种观点是П. А. 柯斯特切夫、B. P. 威廉斯、A. 施穆克、H. B. 丘林等俄国土壤学家所发展起来的,是土壤腐殖质研究者中俄罗斯学派的基础。

腐殖质中的氮素大部分含于土壤蛋白质内（柯斯特切夫 1866、1890、施穆克 1915 等）。干旱土壤的腐殖质中的蛋白质含量（按湿蛋白质的总氮量计算）比潮湿的土壤中为多，而心土层中则较之耕作层中为多（丘林 1937）。在土壤腐殖质中硫的含量方面也可以发现同样的关系，因为一般都认为，除氮素以外，硫也是土壤蛋白质的主要成分（馬达諾夫 1946）。

土壤腐殖质中磷的含量是 0.27—0.38%（湿草原沼澤土）与 0.95—1.45%（黑鈣土）。各种土壤中的有机物质为磷酸所饱和的原因之一是其中未完全分解的植物残体与土壤微生物的合成产物之间存在有不同比例的緣故（德米特里英柯 1948）。

显域土中的腐殖质和氮素含量可达厚黑鈣土的最大值。在位于厚黑鈣土亚带以北及以南的土壤中的腐殖质含量即逐渐减少。能表明土壤腐殖质相对含氮量的 C/N 比率，黑鈣土的特点是这一数值 >10 。黑鈣土带以北和以南的 C/N 比率一般都减低到 10—8。C/N 比率最窄的是灰鈣土（6—5.5），这一数字表明此类土壤中的腐殖质含氮相当丰富。有最宽 C/N 比率的是紅壤（18—19），这说明此类土壤中的腐殖质含氮化合物极少（柯諾諾娃 1947）。

5. 根据丘林的見解，土壤腐殖质的組成成分中包括：a) 胡敏物质，b) 非胡敏物质，B) 瀝青。以下方案可以提供給我們一个有关土壤腐殖质組成的大致概念（丘林 1937）。

I 胡敏物质：

1. 不溶于碱的（“胡敏素”），
2. 溶于碱的（胡敏酸）。

II 非胡敏物质：

1. 木质素，

2. 纖維素,

3. 半纖維素, } 也許是糖类及糖醛酸与氨
4. 蛋白质, } 基酸及多肽縮合的特殊生
成物的复合体。

5. 低分子分解产物(有机酸、氨基酸等)。

III. 瀝青(脂肪、蜡质、树脂、脂肪酸等)。

N. B. 丘林曾經写道:“所列举的各种物质, 由于彼此在起源方面有关系, 因而相互之間并无显著的区别, 并且由于有吸收作用和結合作用等現象, 因而往往能使均一的腐殖物质形成比較复杂的复合体。此外, 这些复合体还能多少比較紧密地与土壤矿物质部分——碱类及粘土部分——相結合”。

根据同一作者的資料(1937), 土壤腐殖质中大部分是胡敏物质組, 占全部腐殖质的80—90%。

作为說明腐殖质組成成分的一个例証, 我們可以援引亚历山大罗娃(1949)在托金农业試驗站所获得的典型黑鈣土的資料〔以腐殖质重量的%表示($C \times 1.724$)〕。

水溶性糖类及果胶物质	1.3
未变化的半纖維素	3.0
未变化的纖維素	0.4
未变化的木质素	4.2
胡敏物质	88.1

其中: 胡敏酸——29.6; 克連酸及阿波克連酸(富啡酸)——22.0; 胡敏素——36.5; 瀝青——3.0。

从胶体化学性质的观点看来, 土壤腐殖质也是不均匀的。

C. A. 弗拉德琴斯基(1947)曾提出一种方案: 在用水处理时, 一部分土壤腐殖质会以水溶性的、分子一分散的以及最不稳定的胶体一分散的有机物质的形式被分离出来。另一部分有

机物质則可以在用中性的氯化鈉溶液作用土壤以后得到，并且是可以被二价阳离子所凝結的、游离的有机物质。第三部分有机物质是已陈化的胡敏酸鈣和倍半氧化物，而且只是在用碱处理土壤时才被分离出来。此外，在用稀盐酸溶液处理土壤以后，在碱性介质中可以分离出某一数量的腐殖质。显然，这种有机物质是已陈化的胡敏酸鉄及胡敏酸鋁。

6. 土壤腐殖质中有一类特殊的物质叫做腐殖质酸。

有一种較早存在的概念，认为土壤腐殖质中存在有四种独立特殊的腐殖物质：1) 吉馬多美朗酸，2) 胡敏酸，3) 克連酸和阿波克連酸，及4) 胡敏素（丘林，1937），这种概念目前已在两方面得到了修正。一方面是由亚历山大罗娃所发展的观点（1949），即认为富啡酸、胡敏酸、吉馬多美朗酸和瀝青乃是彼此紧密結合的一种复杂的聚合物和多相物系，区别是分散度不同，無論是自富啡酸組或自瀝青組至胡敏酸都有所减低。这几类物质具有共同的結構类型，不过在主核（Основное ядро）的結構細節上、縮合度上以及边缘基团的特性上都是有所不同的。从另一方面来讲，由于对这几类物质进行了比較詳尽的化学及物理化学研究，因而发现，吉馬多美朗酸与胡敏酸很相近，而胡敏素也是同样的胡敏酸，不过是由于和土壤矿物质部分的非可逆反应（一部分也是由于其进入于矿物的晶格之内）因而丧失了在中溶解的能力的胡敏酸（丘林、古特金娜，1940；澤林，1948；哈恩1945、1946）。

总之，所有各种不同的腐殖物质現在都可以归为两类：

1) 胡敏酸及2) 克連酸和阿波克連酸（富啡酸）。

7. 腐殖质酸的現代化学分离方法所根据的主要是用苛性碱或碱金屬的碳酸盐自土壤中提取。利用这种方法，我們完

全可以人为地将天然腐殖物质分解并且获得在組成成分上比較簡單的、腐殖物质分解的人造产物。B. P. 威廉斯就曾持有这样的見解, 关于这一点, 他曾經写道(1936): “为有机物质分解的相应类型所特有的酸, 可以用一些簡單然而可惜很笨重的方法自分解中的物质分离出来, 在有关腐殖质的一章中我們將介紹这些方法, 为了避免誤解起見, 我們在这里只提出一点, 即这些分离腐殖质酸的方法是不可能以腐殖质酸或腐殖质酸盐在苛性碱或碱金屬碳酸盐溶液中的溶解为基础的, 因为这样进行溶解时会发生这些物质的分解, 而且这一分解产物对全部腐殖质酸而言, 无论是彼此之間, 也无论是与相同条件下蛋白质的分解产物之間, 在性质上都是很相近的”。

根据威廉斯的見解, 可以采取利用雨水長時間浸提的办法自土壤中獲得未变化的腐殖物质。

B. P. 威廉斯根据这个原理在土壤腐殖质研究史中最先拟定出一种分离腐殖质酸的方法, 所根据的不是其在碱中的溶解, 而是自渗濾水的分离。威廉斯用土壤渗濾測定器所进行的这一規模宏大而且連續多年的試驗在科学史上是独一无二的。可惜在威廉斯逝世以后, 对此項研究工作的結果的研究便停頓下来, 直到現在(1948)也还没有完成。

在以加碱的方法自土壤中提取胡敏酸时, 后者会发生一定的变化, 这一观点是許多研究者(施穆克 1924; 德拉古諾夫 1949; 等)所同意的。根据德拉古諾夫(1949)的見解, 天然胡敏酸的分子乃是多相縮聚类似物, 能进行縮合、分解、氧化等反应以及互变異构轉化。因此在鉴定胡敏酸时, 为了获得可供对照的結果, 必需严格遵循一定的、最少破坏其結構的分离方法。按照作者的意見, 在惰性气体(氮)中用碱溶解胡敏酸就

是符合于这一要求的方法,因为惰性气体可以防止它被氧化。

目前,探討土壤腐殖质酸的組成成分的所有研究工作^①差不多都是采取用碱溶液自土壤中提取的方法来进行的。用这种方法能获得极其重要的結果,从而使我們得以設想,即使B. P. 威廉斯所指出的、天然腐殖物质在碱的作用下也有分解的可能,但毕竟不会妨碍我們对于能表征此类物质的重要的規律性的探求。

腐殖质組成成分中胡敏酸的相对含量,自灰化土至黑鈣土是有所增加的,而向灰鈣土方面則逐漸减少。富啡酸含量的变化很不規律,不过大体上与胡敏酸成反比例。因此,胡敏酸与富啡酸之間的比例特別能說明不同土帶中腐殖质含量的变化。在黑鈣土及暗栗鈣土中,这个比例接近于1,可是在其它种土壤中,特别是灰化土和紅壤,富啡酸的含量往往要超过胡敏酸含量的1—2倍(霍克 1939;柯諾諾娃 1947;維諾庫洛夫和阿尔帕托娃 1948;布齐亚娃 1949)。

起源不同的土壤腐殖质酸均属于同一类物质——在本身組成中含有芳香族化合物及含氮蛋白质部分的高分子化合物。

8. 土壤胡敏酸是高分子化合物,按現代观点看来(1949),其分子是由两种或三种組分組成的,三种組分是: a) 帶有苯酚基、甲氧基和羧基的无氮芳香环; б) 蛋白质或蛋白质衍生物或帶有边緣氨基酸的环状化合物类型的含氮化合物; в) 能与以上两种主要組分化合的糖殘基。看来,原始(最初)的胡敏

^① 根据Ф. Ю. 格尔采尔(1940, 1949)的見解,未变化的腐殖质酸可以自主要的異养微生物类群(即真菌和細菌)的純培养或混合培养获得。这个观点是极为重要的,我們在后面將加以詳尽地探討。