



腐殖质和 土壤形成

[苏] B.B.波诺马廖娃
T.A.帕洛特尼柯娃 著

魏开涓 译

盛祖贻 校



农业出版社

腐殖质和土壤形成

В.В.Пономарева, Т.А.Плогникова
ГУМУС И ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ
Ленинград «НАУКА» 1980

腐殖质和土壤形成

[苏] В.В.波诺马廖娃 著
Т.А.帕洛特尼柯娃

魏开渭 译 盛祖胎 校

* * *

责任编辑 杨皓华

农业出版社出版(北京朝内大街130号)
新华书店北京发行所发行 兰州部队八一印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 9.25印张 1插页 198千字

1987年2月第1版 1987年2月甘肃第1次印刷

印数 1—2,130册

统一书号 16144·3178 定价 1.95 元

编 者 的 话

本书是作者波诺马廖娃(В. В. Пономарева)还在邱林(И. В. Тюрин)院士的指导下就开始进行的腐殖质形成问题的多年研究工作的总结。论述腐殖质的形成、它的组分、腐殖物质不同组分的特性以及不同土类和不同发生学层次的腐殖质特征方面的文献已有许多。尽管如此,本书仍具有特别重要的意义。可以很有把握地说,不论是在现代的或是过去的科学文献中,都不曾出现过类似的著述。本书有两个特点:一、作者具体、扼要地向读者介绍了极为大量的土壤腐殖质研究的方法与分析方面的经验,二、论述了认识腐殖质的功能学和土壤发生学的学术观点。正如作者所指出的,其宗旨是“研究腐殖质作为专性的土壤新形成物、死亡有机残体的转化产物、矿质土体的复杂转化的作用物、土壤剖面分化为土层的动因、植物矿质营养的来源和手段,以及决定土壤圈特性的专性生化产物的复合体的作用”。这一定义相当全面地反映了认识土壤腐殖质的方法学论据,这是В. В. 波诺马廖娃研究工作的基础,并由她的学生作了进一步的发展。

本书对最主要的一些土类——黑钙土、栗钙土、灰色森林土、棕色森林土、灰壤、生草灰化土等的腐殖质剖面的形成提出了完整和严谨的论点。这些论点既根据天然土壤剖面的化学分析资料的研究,也根据揭示了腐殖物质与土层中诸

多组分相互作用的可能机理以及土壤腐殖质组分沿剖面移动的机理和原因的模拟实验。B.B.波诺马廖娃经常强调（本书中也反映了这一点），她的研究是И.В.邱林学术思想的发展。在这一方面，突出表现了波诺马廖娃个人的优良品格：对导师的忠诚、谦逊和严格地要求自己。然而，我们知道，B.B.波诺马廖娃不仅是И.В.邱林研究工作的继承者；她还创立了土壤腐殖质研究的新的、自己的学派——广泛的土壤学家-腐殖质学家的学派。本书就是这一独创学派工作的鲜明、集中反映。

在本书中，腐殖质含量与组分的研究方法及这些方法的实验依据占有很大篇幅。波诺马廖娃与帕洛特尼柯娃（Т.А.Плотникова）提出了一些分析土壤腐殖质的组分、分离各组腐殖物质的制剂和研究腐殖酸的特性的方法。一些重要的方法已在国内外的土壤化学和土壤发生学研究的实践中得到了广泛的应用。然而，方法的众多变体，给研究方法的选择和所获结果的比较带来了一定的困难。本书叙述的资料在很大程度上有助于克服这些困难。

作者曾比较了不同方法获得的结果，并肯定了这些方法的应用价值。这些资料曾部分地发表在不同刊物和方法手册中。然而，由于它们散见于不同的出版物，从而使用起来比较困难。显然，本书不仅对化学-发生学研究有参考意义，而且也是一本很好的方法学指南。

B.B.波诺马廖娃的与世长辞，中缀了她手稿的最后完成；书稿转给了出版社。尽管书稿中的某些论点值得商榷，但在B.B.波诺马廖娃逝世之后作任何重大的更动，对我们说来是不适宜的。现在出版的这本书反映了B.B.波诺马廖

娃的思想体系：她对土壤形成和腐殖质形成的理解（这种理解显然是独树一帜和出类拔萃的）、提出和解决问题的逻辑推理以及作者的深思熟虑的进程。所有这一切，都以В.В.波诺马廖娃生前思考和论述的方式献奉给读者。这本书将是对В.В.波诺马廖娃(Вере Владимировна Пономарева)——孜孜不倦的学者、热心的科学家的最好纪念。她曾将她的一生献给了她钟爱的土壤科学。

Д.С.奥尔洛夫(Орлов)

献给我们的老师——卓越的腐殖质研究者伊凡·符拉基
米洛维奇·邱林 (Иван Владимировичи Тюрин) 院士

前 言

研究和利用土壤的历史表明，腐殖物质是形成土壤剖面和土壤肥力的主要的、最活跃的和最强有力的因素。在自然界中，土壤的多样性是与腐殖物质的不同组成与特性、组成的不同组合及对土壤矿质部分和土层的不同影响直接相关的。

土壤腐殖质在生物圈中起着巨大的作用。科夫达 (B. A. Ковда) 与雅库舍夫斯卡娅 (И. В. Якушевская) (1971) 在科学上正确地引入了特殊土圈——腐殖圈 (гумосфера) 的概念。他们把腐殖圈看作是地壳上太阳能的巨大蓄积器。腐殖质可以确定为土壤肥力的基本要素，特别是自然土壤的肥力的基本要素。然而，即使对于熟化的耕作土壤的肥力水平说来，腐殖质的含量和特征也有着重要的、多方面的意义——直接的和间接的意义。

腐殖质的研究大约是在200年前开始的。到目前为止，这方面的研究已取得了很大的进展。腐殖质化学的成就，在很大程度上取决于化学、特别是有机化学、高分子及有机-矿质化合物化学的总的发展。当然，腐殖质化学也有其自身的特点，这特点不仅是由腐殖质化学本身研究对象的特殊性所决定，也是由它的研究任务所决定的。

土壤腐殖质化学往往与其他天然有机生成物，特别是煤和泥炭的化学相近似。但是，土壤腐殖质是一种非常特殊的化合物；它的成因、组成和特性，它在生物圈中的作用，都是很特殊的。似乎可以从四个方面给腐殖质以定义：现代的

陆相-植物-土壤生成物，而不是古代的和深层的生成物；基本上是有机-矿质天然化合物；与现今生物（高等植物、土壤微生物和土壤中动物）的生命活动紧密相关的、极为活跃和经久“富有生命力”的生成物；随地理空间和时间而有规律性变化的高度易变的化合物。

全面地阐述土壤腐殖质化学和它的有意义的历史和成就（特别是借助新的仪器分析方法获得的最新成就），是一项十分艰巨的任务。我们准备承担这样的任务，特别是在Д.С.奥尔洛夫（1974）的详尽专著问世以后。

腐殖质化学一直是沿着两个稍许不同的方向发展的：研究腐殖质的本质，特别是它的化学本质（认识腐殖物质的复杂化学结构和多种特性）和研究腐殖质的功能特征，即土壤发生学特征（将腐殖质看作是特殊的土壤新形成物、死亡有机残体的转化产物、土壤矿质组分复杂转化及土壤剖面分异成层的作用因素、植物矿质营养的来源、决定土壤特性的特殊生化产物的复合体）。

显然，将腐殖质研究的上述两个方向绝然分开是不可能的。但是，历史上还不曾有过将这两个方向完全兼收并蓄在一本科学巨著里的先例。看来，И.В.邱林30—40年代的著作中多少做到了这一点。不过，如今要实现这个要求越来越难，因为每一方向的研究都已大大地推进了。

本书根据早在战前年代于列宁格勒С.М.基洛夫森工学院И.В.邱林实验室中开始、并在战后的最初年代于列宁格勒大学继续进行的大量方法学的研究和理论研究工作经验，根据土壤发生学的观点，阐述了腐殖质的研究原理、方法与结果。本书的基础是土壤深层整剖面的腐殖质组分的研究工

作；与此同时，几乎不断地进行了由研究对象的特殊性而引起的方法学的研究。

在我国，И.Б.邱林为腐殖质的分组提出了颇具独创的方案，这一方案是与研究土壤发生、土壤地理、土壤诊断和土壤肥力紧密相关的。即使在现在，这种分组基本上还具有一定的意义。作为土壤发生学家的И.Б.邱林不仅是从化学的角度将腐殖物质的复杂体系进行了分组，而且力求探讨不同腐殖质组分在一定土壤过程中的作用。对于每一腐殖质组分，邱林都揭示了它的一定的土壤形成功能，而且是把每一组分都看作是一定的土壤有机-矿质化合物组分来进行研究的。当然，可以用某种方法从腐殖质中分出更多的组分，因为腐殖质是一种聚合化合物体系。曾有人进行过这样的分组，但这不过是纯化学的，因为它不曾应用于发生土壤学的研究。

腐殖质的分组研究，是用一系列的化学方法进行的：将腐殖物质从土中转入溶液，除去溶液中的矿质及有机-矿质胶体，将腐殖质分成一定的组分。测定各组分的量和研究它们的最重要的物理-化学特性。这些方法，在本书中均有所论及。

本书分为三篇。许多年来，我们进行了大量的方法学研究，以求找到最适的、组成腐殖质研究方法体系的许多化学的和其他的方法。本书的第一章就叙述了这些方法。其中也叙述了我们根据全苏腐殖质研究会议（1967，1971和1975年）的委托，就方法问题进行的研究的结果。在这几次会议上，都认为有必要对我国几种测定苏联主要土类的腐殖质组分的方案进行比较。这些研究的总结，曾在全苏土壤学会土壤化学组和“土壤有机质”问题协作会议的联合会议（莫斯科，1976年）上进行了讨论并得到赞同。会议的决议发表在

同年的第12期《土壤学》杂志上。

在第一章里，还详细地叙述了根据我们修订的И.В. 邱林方案（该方案在上面提到的会议上被认为是当时最合理的方案）从土壤中分离、定量测定和研究腐殖质不同组分的方法。我们承认，这些方法并不是尽善尽美的。它们还需要不断地完善，因为研究的对象是极其复杂和多变的。

书中的第二章讨论了腐殖酸的最主要的功能，即它们在土壤中的作用特征。本篇还列出了土壤中三种主要腐殖酸组分——富里酸、褐色胡敏酸和黑色胡敏酸——的主要特性表。

第三章是研究理论性的叙述。根据提出的方法及其应用的结果，论述了苏联主要土类和某些国外土壤的腐殖质的特征和腐殖质形成过程。在苏联的土壤中，我们主要论述了草原和森林草原带的土壤腐殖质的特征，因为腐殖物质在林带土壤中的组成、特性及其在土壤形成中的作用的研究，已在波诺马廖娃的专著（1964）中有所论及。遗憾的是，由于本书的篇幅有限和作者的资料不够，对于干旱地区的土壤腐殖质问题未予论及。

我们由衷地感激全苏土壤学会理事长、苏联科学院通讯院士科夫达（В.А.Ковда）对出版此书的大力帮助。也感谢Л.Н.阿列克谢特洛娃（Александрова）和Д.С.奥尔洛夫教授审阅书稿并提出了宝贵的意见。

本书引用的全部实验分析资料均来自道库恰耶夫中央土壤博物院的土壤生物化学实验室。实验室的同事奥尔洛娃（Н.Е.Орлова）和比留柯娃（А.И.Бирюкова）为本书出版而完成实验研究工作和整理资料所给予的巨大帮助，我们对她们表示真诚的感谢。

目 录

编者的话

前 言

第一章 腐殖质组分的研究方法.....	1
一、各种腐殖质分组方案的特点及其比较分析.....	1
二、测定腐殖质组分和特性的补充方法学研究.....	21
三、建议采用的测定土壤腐殖质含量、组分和含氮量的 方法.....	66
第二章 腐殖酸的特性	95
一、土壤腐殖质的化学概念和生态学概念.....	95
二、腐殖酸的主要功能特性.....	98
第三章 不同土类的腐殖质组成及其与土壤发生和 土壤肥力的关系	145
一、草原带和森林草原带土壤.....	148
二、森林土.....	231
三、国外的某些土壤.....	272
结束语	281

第一章 腐殖质组分的研究方法

为了测定土壤腐殖质的组分并获得可比的结果，应用统一的方案和方法有着特别重要的意义。为了编制统一的方案和方法，我们比较了在我国实验室中广泛采用的各种腐殖质分组的方案。

一、各种腐殖质分组方案的特点及其比较分析

在我国，И.Б.邱林开始于30年代的工作，为发展腐殖质的质上组成和特性的研究方法及应用这些方法获得的结果来解决土壤发生、土壤地理和土壤肥力等问题奠定了可靠的基础。И.Б.邱林为阐释土壤的诊断特征和土壤过程的实质开辟了新的领域。

研究腐殖质组成的最新方案及应用这一方案获得的最早结果，是在30年代末发表的（邱林，1937）。前此不久，发表过一些方法学研究的文章（邱林，1931，1933；邱林，波诺马廖娃，1936）。在这些文章里，详细讨论了用水、酸、碱和有机溶剂提取出的土壤有机物质不同组分中的碳的测定方法。直到目前为止，在研究腐殖质组分时，我们仍在采用以上文章中提出的这些方法。可惜有的时候，我们都忘记了它们的来源——И.Б.邱林在30年代的奠基性工作。

经过一系列的方法学研究后，1940年出版了И.Б.邱林的专著《苏联土壤中腐殖质组成研究成果选编》。在这本书里，作者叙述了他的第一个方法学方案及这一方案应用于研究苏联主要土类的腐殖质组分时获得的结果。同一年，发表了研究森林土壤腐殖质的独创性论文（邱林，波诺马廖娃，1940）。

邱林为建立和发展当时土壤学中这一全新领域所进行的很有意思的工作，因伟大的卫国战争而中缀，直到1946年才重新恢复。根据战后最初年代的工作，И.Б.邱林（1951a）提出了更加完善的研究腐殖质组成的方案和方法：他对腐殖物质不同组分与土壤矿质组分的结合形式的测定给予很大的注意。应用这一方案研究苏联的主要土类，使邱林（1949，1951b）得以获悉腐殖质形成的地带规律性。И.Б.邱林关于土壤生物化学的基础研究，给苏联的土壤学带来了很大的影响，并对我国许多土壤学机构研究腐殖质组成的工作给予了极大的推动。可以满意地指出，目前，许多土壤发生和土壤地理的研究工作都含有腐殖质组分研究的内容。后者是用来作为土壤分类的一项诊断指标。

研究腐殖质的组成与特性，给理解土壤发生问题注入了许多新的内容。它是实现土壤研究的生物学方向的一个非常有力的手段。正因为如此，随后几十年的研究腐殖质的工作，在最大程度上使我们接近于理解和认识了生物学因素在土壤形成中的最为重要的作用。

腐殖质组分研究方法的现状怎样呢？近20—25年来，曾提出了一些新的方案和若干经过修订的邱林方案，但对这些方案几乎都不曾进行过任何比较。因此很显然的，近些年

来，在讨论腐殖质问题的多次全苏会议上，都指出缺乏资料来对采用的各种腐殖质分组方案进行比较鉴别和评价，也指出了所获资料有某些不一致的地方，从而较难将它们进行对比和总结。

在1967年于莫斯科大学召开的“腐殖质与土壤肥力”的第一届高等学校校际会议上，通过了对在苏联最为熟知和采用最多的腐殖质组分研究方案进行专门的方法学比较研究，并将这一研究委托给列宁格勒学者们的决议。于是，B.B. 波诺马廖娃领导的道库恰耶夫中央土壤博物馆土壤生物化学实验室便成了进行这一工作的中心。

曾对在苏联和某些国家获得最广泛采用的我国的四种方案进行了分析（波诺马廖娃，帕洛特尼柯娃，1972）。下面是每一种方案对于土样进行的连续操作步骤：

1——邱林的1951年方案： $0.1N\ H_2SO_4 \rightarrow 0.1N\ NaOH \rightarrow 0.5N\ H_2SO_4 \rightarrow 0.1N\ NaOH \rightarrow 1.0N\ H_2SO_4 \rightarrow 0.1N\ NaOH$ ；用 $0.1N\ NaOH$ 对另一土样直接进行浸提。

2——邱林的1957年经波诺马廖娃修订的方案： $0.1N\ H_2SO_4 \rightarrow 0.1N\ NaOH \rightarrow 1.0N\ H_2SO_4 \rightarrow 0.1N\ NaOH$ ；用 $0.1N\ NaOH$ 对另一土样直接进行浸提。

3——邱林的1968年经波诺马廖娃-帕洛特尼柯娃修订的方案： $0.1N\ H_2SO_4 \rightarrow 0.1N\ NaOH \rightarrow 0.02N\ NaOH$ ；用 $0.1N\ NaOH$ 对另一土样直接进行浸提。

4——康诺诺娃-别利奇科娃（Кононова-Бельчикова）的1961年方案： $0.1\ mol\ Na_4P_2O_7 + 0.1N\ NaOH$ ；用 $0.1N\ NaOH$ 和 $0.1N\ H_2SO_4$ 对另外两个土样分别地直接进行浸提。

作为前三个方案的理论基础是，大部分的腐殖物质在用 $0.1N\ H_2SO_4$ 脱钙前后均溶入 $0.1N\ NaOH$ 里。脱钙构成了邱林方案的第一部分，看来是很有道理的。在我们的工作中（波诺马廖娃，帕洛特尼柯娃，1968；帕洛特尼柯娃，1971），业经证明， $0.1N$ 溶液浓度的 $NaOH$ 最适于从土壤中分离出腐殖物质。

邱林的1951年方案的第一部分，能分离出在土壤形成和土壤肥力中起着最重要作用的腐殖质的主要组分：在土壤脱钙时溶于 $0.1N\ H_2SO_4$ 的富里酸组分 1a（由于具有较强的化学活性，该组分常被称为“有侵略性”的组分，并多存在于灰化土中）；直接溶于 $0.1N\ NaOH$ 的胡敏酸和富里酸组分 1（该组分可能游离存在，也可能与非硅酸盐形式的三氧化物结合）；仅在土壤脱钙后才能溶于 $0.1N\ NaOH$ ，并可能是与钙结合的胡敏酸和富里酸组分 2¹。邱林方案的这一主要部分在所有后来的修订方案中都保留了下来。邱林的最初方案与其他修订方案间的差别，在于将可能是与粘土矿物结合的腐殖物质的稳定组分转入溶液的方法不同。那么，不同点又是些什么呢？

在邱林的1951年最初的方案里，腐殖物质的稳定组分是通过用硫酸多次反复地处理土壤残余物（其中包括在水浴上加热和用碱处理）来分离至溶液中的。同时，正如И.Б.邱林所认为的，在酸的作用下，三氧化物膜可与土粒分离，从

注1. 近来，某些学者认为，腐殖物质不同组分的溶解程度的差异不在于它们与土壤矿质部分的结合形式，而在于另外的原因。我们认为，这种见解不能无保留地接受。

而使腐殖物质得以释出并在随后用碱浸提时转入溶液。用酸溶液反复处理，能使新的、较稳定的三氧化物膜从土粒中分离出来，而随后用碱处理则能使新的腐殖物质部分转入溶液。

B.B.波诺马廖娃(1957)提出了使腐殖物质的稳定组分转入溶液的简化和加速方法：用 $1.0N$ H_2SO_3 一次处理土壤，在水浴上加热2小时。然后，用 $0.1N$ $NaOH$ 于冷处一次处理土壤。也简化了脱钙后将腐殖物质溶于 $0.1N$ $NaOH$ 溶液的步骤。在邱林的方案里，这一步骤是用 $NaOH$ 溶液多次处理土壤。B.B.波诺马廖娃则将其改为用 $NaOH$ 一次处理。其根据是：与钙不再结合的腐殖物质能极易溶于 $0.1N$ $NaOH$ 中，因此，反复处理是完全多余，并很可能是有害的。

为了简化整个分析过程的操作、减少劳动量和缩短时间，我们提出了不用离心或砂蕊漏斗吸滤的方法将腐殖物质溶液与土样分开（邱林的最初方案就是这样做的），而采用在玻璃漏斗上用滤纸过滤的方法。这种改变，使分析所需的时间缩短了一半，并使所述方案和方法能为大多数土壤实验室所采用。在邱林的最初方案里，曾规定要提取腐殖物质7—8次。而在我们1957年修订方案中，只需5次。

几年以后，又提出了新的修订方案（波诺马廖娃，帕洛特尼柯娃，1968）。最初，我们是为泥炭-沼泽土拟定和提出这一方案的〔波诺马廖娃、尼科列娃（Николеева），1961〕。我们曾经指出，用 $1.0N$ H_2SO_3 溶液热水解泥炭，会减少随后碱溶液中的胡敏酸的量。这可能是由于亲水基团从胡敏酸分子中水解解离的缘故。这一问题，曾