

土壤动物研究方法手册

《土壤动物研究方法手册》

编写组



1.5

出版社

土壤动物研究方法手册

《土壤动物研究方法手册》编写组

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤动物研究方法手册/《土壤动物研究方法手册》编写组编. -北京: 中国林业出版社, 1998.3

ISBN 7-5038-1976-6

I. 土… II. 土… III. 土壤学: 动物学-研究方法-手册
IV. S154.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 01588 号

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

北京地质印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1998 年 6 月第 1 版 1998 年 6 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 5.25

字数: 110 千字 印数: 1000 册

定价: 8.00 元

“土壤动物研究方法” 国家自然科学基金 金资助项目《中国典型地带土壤动物的 研究》成果之一

执笔人 (按出现先后排序)

张荣祖 (前言 1. 概述 1.1 土壤动物学的研究 1.2 土壤动物的类别 1.3 土壤动物在生态系统中的作用 2.11 土壤小型脊椎动物的采集 6.3 土壤动物分解作用的研究)

王振中 (1.4 土壤动物与生产实践 5. 土壤环境调查方法)

廖崇惠 (2. 土壤动物的采集 6.1 个体生态研究)

梁彦龄 (2.5 土壤环节动物采集法)

孙希达 (2.5 土壤环节动物采集法 2.6 扁形动物门中陆涡虫的采集)

王洪铸 (2.5 土壤环节动物采集法)

杨 潼 (2.5.6 土壤蛭类的采集与制备 2.8 土壤缓步动物的采集)

张云美 (2.7 土壤线虫的采集)

陈德牛 (2.9 陆生软体动物的采集)

沈锡芬 (2.10 土壤原生动物的采集 3. 土壤原生动物的工作方法)

宁应之 (2.10 土壤原生动物的采集 3. 土壤原生动物的工作方法)

杨明宪 (4. 土壤原生动物研究方法 6.2 群体生态研究 土壤动物检索表)

马树才 (7. 土壤动物调查研究中的统计方法)

前 言

土壤动物，指栖息在土壤中的动物，即生命活动的全部过程或有一段时间定期在土壤中度过，生活上依赖于土壤环境，对土壤有一定影响的动物。一百多年前达尔文写的《蚯蚓对壤土形成的作用》（*The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms*）一书，是最早阐述土壤动物及其对土壤作用的科学著作。因达尔文的影响，在19世纪后半叶，一些动物学家，对寡毛类动物做了许多工作。因此，学者们把这个时期称为“蚯蚓时代”。20世纪初意大利的Berlese（1905）发明烘虫漏斗，后经Tullgren（1917）改进，大大改善了对土壤中许多小型节肢动物的采集方法，对土壤动物的研究有很大的推动。土壤动物学的形成是在第二次世界大战以后。这和第二次世界大战期间，粮食的需求使学者们更加注重对土壤的研究，由此发现了土壤无脊椎动物对土壤有机物的分解的重要作用。自1955年第一次国际土壤动物学术讨论会以来，土壤动物学进入了一个稳步而迅速发展的阶段，土壤动物在陆地生态系统中能量转换的作用，日益受到重视。

我国土壤动物的研究，主要受到陆地生态系统研究的推动（在中国科学院院长白山森林生态系统定位站于1975年建立了土壤动物实验室）。1981年召开的第一次土壤动物学术交流会和后来在上海动物学会设立的土壤动物学组，对全国

范围的土壤动物研究产生了积极的影响。然而，与国际土壤动物学的发展相比，我国仍处于创业期间。由尹文英等（1992）著的《中国亚热带土壤动物》是这个时期的代表性著作。尹文英提出我国土壤动物学的研究可分成两个阶段：第一阶段，调查研究我国不同地区不同植被类型的土壤动物区系，结合各区定位站，搞清优势种、指示种及其地理分布等，从而进行森林、草场、农地的优势种、种群和群落生态学的研究，以便打下坚实的基础和积累必要的各种基本资料；第二阶段，在上述基础上逐步开展土壤动物在生态系统物流与能流中的作用，土壤有机体之间的相互作用与种群演替，以及土壤动物对土壤形成的影响等，最后通过模拟模式的研究，建立不同类型的生态系统的物质能流模式。他预期在未来的10年中将是一个迅速发展和提高的时期。

土壤动物门类繁多，习性各异，各自有其特殊的研究方法与手段，远非一本《手册》可以包括。本《手册》是由尹文英主持的“国家自然科学基金重点课题”“中国典型地带土壤动物研究”的组成部分之一。主要是为上述第一阶段的工作而写，目的是使日益增多的土壤动物工作者，对实际工作能有一基础的知识，在区系调查中能有共同或相似的方法，以便日后对逐渐增多的资料信息进行对比。由于编写人员本身从事土壤动物的工作为时不长，《手册》难免错漏，更谈不上完善。例如，截至本《手册》定稿时，由尹文英先生主编的《中国土壤动物检索图鉴》尚未出版，本《手册》只好暂引用外国（日本与欧洲）的土壤动物检索表，实属憾事，希同行不吝指正。

我们还希望随工作的开展，经验的积累，能产生新的《手册》。本《手册》分工编写，相互修改，再由张荣祖先生统稿。

目 录

前言

| | |
|----------------------------------|------|
| 1. 概述 | (1) |
| 1.1 土壤动物学的研究 | (1) |
| 1.1.1 土壤动物分类学研究 | (2) |
| 1.1.2 种类分布、数量统计的研究 | (2) |
| 1.1.3 个体生态学研究 | (3) |
| 1.1.4 土壤动物与土壤微生物相互关系的研究 | (3) |
| 1.1.5 土壤动物在生态系统物质与能流中作用的研究 | (4) |
| 1.1.6 土壤动物对土壤形成的研究 | (4) |
| 1.1.7 应用研究 | (4) |
| 1.2 土壤动物的类别 | (5) |
| 1.2.1 根据在土壤中滞留的时间 | (6) |
| 1.2.2 根据栖息层次 | (6) |
| 1.2.3 依其栖息处的性质 | (7) |
| 1.2.4 依不同食性 | (7) |
| 1.2.5 依在生态系统中的地位 | (7) |
| 1.2.6 依与土壤物理环境的关系 | (7) |
| 1.2.7 按体型大小 | (8) |
| 1.3 土壤动物在生态系统中的作用 | (9) |
| 1.4 土壤动物与生产实践(农业与环境) | (18) |
| 2. 土壤动物的采集 | (20) |
| 2.1 取样方法 | (20) |

| | | |
|-------|--------------|------|
| 2.1.1 | 样地的选择 | (21) |
| 2.1.2 | 取样工具及其使用 | (21) |
| 2.1.3 | 土壤中大型土壤动物的取样 | (21) |
| 2.1.4 | 枯枝落叶取样 | (22) |
| 2.1.5 | 为小型干、湿漏斗用样品 | (22) |
| 2.1.6 | 取样数目的确定 | (23) |
| 2.2 | 标本采集 | (24) |
| 2.2.1 | 基本采集设备 | (24) |
| 2.2.2 | 干漏斗法 | (27) |
| 2.2.3 | 湿漏斗法 | (27) |
| 2.2.4 | 改良型的干湿漏斗 | (28) |
| 2.2.5 | 改良的大型干漏斗 | (29) |
| 2.2.6 | 火电两用的干式烘虫箱 | (30) |
| 2.2.7 | 便携式大型干漏斗 | (32) |
| 2.2.8 | 火电两用湿式烘虫箱 | (33) |
| 2.2.9 | 大型湿漏斗 | (33) |
| 2.3 | 干湿漏斗操作要点 | (35) |
| 2.3.1 | 置放样品 | (35) |
| 2.3.2 | 小型干、湿漏斗的控温 | (35) |
| 2.3.3 | 大型干、湿漏斗的控温 | (35) |
| 2.4 | 辅助采集方法 | (37) |
| 2.4.1 | 吸虫瓶采集 | (37) |
| 2.4.2 | 陷阱法采集 | (37) |
| 2.4.3 | 引诱法 | (40) |
| 2.4.4 | 羽化捕捉法 | (40) |
| 2.4.5 | 手摇网筛法 | (40) |
| 2.5 | 土壤环节动物采集法 | (42) |
| 2.5.1 | 大型蚯蚓的采集 | (42) |

| | | |
|--------|----------------------|------|
| 2.5.2 | 小蚓类的采集 | (43) |
| 2.5.3 | 定量采集 | (43) |
| 2.5.4 | 小蚓类的分离 | (44) |
| 2.5.5 | 固定与保存 | (44) |
| 2.5.6 | 土壤蛭类的采集与制备 | (45) |
| 2.6 | 扁形动物门中陆涡虫的采集 | (47) |
| 2.7 | 土壤线虫的采集 | (47) |
| 2.7.1 | 改良的贝曼 (Baermann) 漏斗法 | (48) |
| 2.7.2 | 科布 (Cobb) 过筛法 | (48) |
| 2.7.3 | 土壤线虫的固定与保存 | (51) |
| 2.8 | 土壤缓步动物的采集 | (53) |
| 2.9 | 陆生软体动物的采集 | (54) |
| 2.9.1 | 标本的采集 | (54) |
| 2.9.2 | 标本的处理和保存 | (55) |
| 2.10 | 土壤原生动物的采集 | (56) |
| 2.11 | 土壤小型脊椎动物的采集 | (57) |
| 2.12 | 调查记录与标本处理 | (58) |
| 2.12.1 | 样地状况记录 | (58) |
| 2.12.2 | 标本的分拣与记录 | (59) |
| 2.13 | 标本的固定、保存或邮寄 | (61) |
| 3. | 土壤原生动物的工作方法 | (63) |
| 3.1 | 土壤原生动物的定量方法 | (63) |
| 3.1.1 | 培养法 | (63) |
| 3.1.2 | 直接法 | (67) |
| 3.2 | 土壤原生动物的定性方法 | (68) |
| 3.2.1 | 培养基培养法 | (68) |
| 3.2.2 | 非培养基培养法 | (69) |

| | |
|-----------------------------|------|
| 4. 土壤原生动物的研究方法 | (71) |
| 4.1 培养法 | (71) |
| 4.2 土壤直接计数法 | (71) |
| 4.3 计数方法 | (72) |
| 附: 土壤动物的鉴别 | (73) |
| 5. 土壤环境调查方法 | (80) |
| 5.1 土壤的分类 | (80) |
| 5.1.1 土类 | (80) |
| 5.1.2 亚类 | (81) |
| 5.1.3 土属 | (81) |
| 5.1.4 土种 | (81) |
| 5.1.5 亚种 | (81) |
| 5.1.6 变种 | (81) |
| 5.1.7 土系 | (81) |
| 5.1.8 土相 | (81) |
| 5.2 土壤的剖面 | (82) |
| 5.2.1 简单剖面 | (84) |
| 5.2.2 复杂剖面 | (85) |
| 5.3 样土选择 | (87) |
| 5.3.1 土壤质地 | (87) |
| 5.3.2 土壤湿度 | (88) |
| 5.3.3 土壤全结特性 | (89) |
| 5.3.4 土壤水分测定 | (89) |
| 5.3.5 其他 | (90) |
| 5.4 结束语 | (91) |
| 6. 土壤动物生态研究方法 | (94) |
| 6.1 个体生态研究 | (94) |

| | |
|---------------------------|-------|
| 6.1.1 饲养 | (95) |
| 6.1.2 蚯蚓的野外及室内试验 | (96) |
| 6.1.3 等足类的食性和食量研究 | (98) |
| 6.1.4 捕食动物食性的血清学研究法 | (100) |
| 6.1.5 玻璃管饲养法 | (102) |
| 6.1.6 中小型土壤节足动物的研究 | (102) |
| 6.2 群体生态研究 | (107) |
| 6.2.1 水平分布 | (107) |
| 6.2.2 优势种、常见种和稀有种 | (108) |
| 6.2.3 不同样地种类数的比较 | (109) |
| 6.2.4 不同样地种群个体数的比较 | (111) |
| 6.2.5 垂直分布与微域环境 | (112) |
| 6.2.6 多样性与均匀度 | (116) |
| 6.2.7 分布型 | (117) |
| 6.3 土壤动物分解作用的研究 | (118) |
| 6.3.1 概述 | (118) |
| 6.3.2 土壤动物的分解试验 | (119) |
| 6.3.3 凋落物分解与测定 | (119) |
| 6.3.4 凋落物分解实验布置实例 | (122) |
| 6.3.5 分解实验资料的整理与分析 | (126) |
| 7. 土壤动物调查研究中的统计方法 | (131) |
| 7.1 采样方法 | (131) |
| 7.1.1 简单随机采样法 | (131) |
| 7.1.2 系统采样法 | (133) |
| 7.1.3 分层采样法 | (133) |
| 7.2 种群空间分布型的统计方法 | (134) |
| 7.2.1 空间分布型的统计检验法 | (134) |
| 7.2.2 分布型一些统计指数 | (138) |

| | |
|---------------------------------|-------|
| 7.3 群落的多样性及指标的统计····· | (141) |
| 7.3.1 Simpson (1949) 多样性指数····· | (141) |
| 7.3.2 Shannon 多样性指数····· | (141) |
| 7.3.3 McIntosh 多样性指数····· | (142) |
| 7.4 种—多度关系与种—多度曲线····· | (142) |
| 附：土壤动物检索表····· | (145) |

1. 概 述

1.1 土壤动物学的研究

土壤中动物的种类和数量都是惊人的，从原生动物到脊椎动物，除典型的海洋动物，大多数的门纲，在土壤中均有其代表。有一些类群种的分化极为丰富，如蜱螨和线虫。昆虫的种超过百万，与土壤接触的种类占 95%~98% (Buckle 1923)。全部多足纲和陆生寡毛类都生活于土壤。所有陆地生态系统（森林、草原、荒漠、农地）中的无脊椎动物大多数生活在土壤里或生命发育周期中的某些时期要在土壤中度过 (Gilyarov 1977)。用简单改良的“Tullgren 干漏斗”采集，在一平方米土壤内采到的小型节肢动物，少则几千，多则以万计。用简单的“Baermann 湿漏斗”可以在一平方米中发现上百万条土壤线虫。根据欧洲和美国 60 年代资料估算，土壤动物的生物量大约是全球人口的 20 倍，换言之，在陆地生态系统中按生物量来说，占首位的不是系统发育最高的脊椎动物，也不是征服了地球的人类，而是生活在土壤中的动物 (Balogh 1970)。早在 100 多年前，自达尔文对蚯蚓研究以来，土壤动物对土壤的作用（保证土壤生命活动所必须的结构，维持和提高肥力等）早为大家所公认。近 20 多年来的工作，进一步证明，土壤动物与微生物的相互配合

对植物凋落物分解有十分重要的作用。近 30 年来，土壤动物在生态系统包括农业生态系统物质与能量中转换的作用，愈来愈为土壤学家、动物学家和生态学家所重视。

土壤动物学研究，包括以下几个主要方面：

1.1.1 土壤动物分类学研究 对土壤动物分类的研究已有上百年的历史。但由于门类繁多至今仍没有完整的研究成果。土壤动物学工作者，即使自己亦进行动物分类的研究（大多是极个别的门类），在标本鉴定上，也要依赖动物分类学家。不加选择地进行标本采集时，如应用漏斗法采集到的土壤动物门类很多，首先要进行粗略的分检（按纲、目、科），然后分送各门类的专家作进一步的鉴定和研究。为此，有一些供查到纲、目或亚目的检索表。在欧洲、日本等国家由于土壤动物分类学的基础厚，土壤动物学工作者遇到的困难比较容易解决。但对某些门类仍甚困难，如土壤线虫类是惊人的，而从事分类工作的人很少。还有一个突出的问题，土壤动物研究中常遇到幼体，它们在数量上和生态上的重要性，往往超过成体，而幼虫的鉴定困难更大。所以争取更多的分类学家参加土壤动物的研究，是土壤动物学进展中的一个趋势。

1.1.2 种类分布、数量统计的研究 种类分布、数量统计的研究属于动物区系、地理学范畴。大量的工作是对各种土壤、植被类型中土壤动物进行对比研究，目的（除作为基础学科研究和累积基本资料）在于了解优势种类。因为土壤动物学家人数极少，而需要解决的问题是大量的，并且十分紧迫。因而要将力量集中于研究主要的对象。通过种类分布和数量统计的调查，可编制出最迫切研究对象的名单，包

括农业指示种，安排优先课题。这类工作在土壤动物学中占很大的比重，特别在基础薄弱的地区，即使在有基础的地区由于环境因素的改变影响种类和数量的变动仍故有需要。目前关于分布、数量与环境关系的研究仍停留于区系与种群描述分析的水平上，主要的障碍是土壤动物分布的不均匀性及季节性波动，需要大量重复取样。同时，分布与数量现象的深入揭示，有待于个体生态学的研究。

1.1.3 个体生态学研究 目前，有许多土壤动物，甚至优势种类的个体生态学的基础知识仍不足。没有这方面的研究，对于它们在土壤生态系统中的作用便无法正确了解。这方面的工作，主要是在实验室或半自然状况下培养土壤动物，对其食性、食量、呼吸、同化、分解、适应能力、生活史、种群变动以及行为学等进行研究。需要利用或创造适合于不同对象的各种观察、度量、分析（食性、食量、体重、呼吸及有关物质的化学元素等）的方法与仪器。培养动物进行实验，不可能排除微生物，故此工作往往与下一工作相结合。

1.1.4 土壤动物与土壤微生物相互关系的研究 在自然条件下，两者之间存在的各种关系和种群演替十分复杂。两者的联合作用完全不可能分开。目前只对少数种的食物关系有比较确切的了解，要编制一个简单的食物链都十分困难，研究只能限于最优势的种。主要是在实验室进行培养研究或在野外布置实验，与室内分析相结合。研究得最多的是蚯蚓、线虫、弹尾、蝉螨等与土壤微生物的关系。工作十分细致，甚至包括肠寄生细菌的分离，以了解其对有机物分解的作用等。

1.1.5 土壤动物在生态系统物质与能流中作用的研究

这方面的研究过去比较零碎，大多以单种或某些类群为对象，在室内或野外布置实验，如应用尼龙网袋隔离或其他方法包括示踪原子测定，并结合土壤呼吸测定、分解物化学分析等，了解它们对凋落物分解的作用。野外布置的实验往往难以确定种间的复杂关系。室内研究的结果，应用到野外进行估算时，因为对动物在自然界的习性知识仍很有限，存在不少问题。关于营养水平、代谢强度和矿化效能间关系的研究，也存在不少方法与理论上的问题，最多只能得到近似值。但这方面的研究已揭发了许多很有用的知识。因为涉及的方面很多，近年来土壤动物学积极参加综合性的研究，与气候、土壤、化学、物理、植物、动物、微生物等学科共同在同一地点开展工作。土壤动物种类高度分化，但食性惊人相似，是一个长期以来令人迷惑的矛盾现象，对营养关系的研究带来困难。这一问题的解决涉及消化酶作用的差别与食性进一步的细分；复杂的三态多相土壤环境条件的细分；种间产卵地的竞争；掠食者对减轻种间竞争的作用，等等。这类研究对了解土壤动物在群落分解和矿化过程中的作用是非常重要的前提。

1.1.6 土壤动物对土壤形成的研究 着重研究土壤动物活动及其产物（包括洞道、排泄物等）对土壤结构、化学组成和腐殖质团聚体形成的作用，常应用土壤薄片，电镜和电子探针等手段。

1.1.7 应用研究 现代化农业过程的迅速发展及集约农业引起土壤生物环境的剧烈改变，如杀虫剂的应用不分青红皂白地毒杀所有的土壤动物，破坏原来有利的平衡。土壤

结构的破坏可能使寄生真菌相克趋势发展，导致灾害。如何利用耕作措施控制有害种类，利用或引进有益种类，维持土壤生态系统中的有利平衡，是土壤动物应用研究的重要内容。在集约农业中得以生存的种，其生态价高，生物量大，对环境变化反应灵敏，是生物学指示种，而且对物质与能量的转换能力强，应作为研究的重点。此外，工业污染对土壤动物影响，以及污染指示动物等问题也是重要的课题。Butcher等(1970)对弹尾目的 *Folsomia canida* 能分解 DDT，形成代谢变体 DDE、DDD 随后即可很快消失的研究成果，引起重视，认为开了一个诱人的新领域——土壤无脊椎对杀虫剂生物降解作用 (biodegradation)。

参考文献

- Baalogh, J. 1970. Biogeographical aspects of soil ecology. *Methods of study in soil ecology* (Editor J. Phillipson) 33~38
- Buckle, P. 1923. On the ecology of soil insects on agricultural land. *J. Ecol.* 11: 93~103
- Butcher, J. W. & R. M. Snider, J. L. Aucamp 1970. Investigations on biology of selected microarthropods and their role in DDT degradation. *Organismes du sol et production primaire.* 207~218
- Gilyarov, M. S. 1977. Why so many species and so many individuals can coexist in the soil. *Soil Organisms as Components of Ecosystems. Ecol. Bull.* 25: 593~597

1.2 土壤动物的类别

土壤动物的定义是：有一段时间定期在土壤中度过，而对土壤有一定影响的动物 (尹文英等 1992)。所以在将土