

华南热带和南亚热带地区

森林土壤动物群落生态

● 廖崇惠 李健雄 著

Forest Soil Animal Community
Ecology in South China Tropical
and Subtropical Zones



广东省出版集团
广东科技出版社

S154.5

20121

华南热带和南亚热带地区 森林土壤动物群落生态

廖崇惠 李健雄 著



广东省出版集团

广东科技出版社

· 广 州 ·

图书在版编目(CIP)数据

华南热带和南亚热带地区森林土壤动物群落生态/廖崇惠, 李健雄著.
广州: 广东科技出版社, 2009.11
ISBN 978-7-5359-4864-9

I. 华… II. ①廖…②李… III. ①热带—森林土—土壤学: 动物学—研究—华南地区②热带—森林土—土壤学: 动物学—研究—南亚
IV. S714.35

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第184180号

责任编辑: 罗孝政

装帧设计: 陈维德

责任校对: C. S. H. 天雨

责任印制: 严建伟

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路11号 邮码: 510075)

E-mail: gdkjzbb@21cn.com

http: //www.gdstp.com.cn

经 销: 广东新华发行集团股份有限公司

排 版: 广东科电有限公司

印 刷: 广州市岭美彩印有限公司

(广州市芳村花地大道南海南工商贸易区A幢 邮码: 510385)

规 格: 787mm×1092mm 1/16 印张18.75 字数400千

版 次: 2009年11月第1版

2009年11月第1次印刷

定 价: 120.00元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

***Forest Soil Animal Community Ecology
in South China Tropical and Subtropical Zones***

Compiled by Liao Chonghui and Li Jianxiong

Guangdong Provincial Publishing Group
Guangdong Science & Technology Press
Guangzhou, P. R. China

本书为

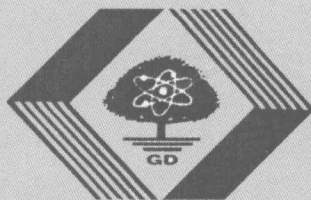
国家自然科学基金资助项目：（84）科基金准自字第
385号，3880149，39270123，39970140；

国家自然科学基金重点项目：39230070（相关部分）

本书承

广东省科学技术厅资助出版

广东省优秀科技专著出版基金会推荐



广东省优秀科技专著出版基金会

广东省优秀科技专著出版基金会

顾问：钱伟长

(以姓氏笔画为序)

王元	卢良恕	伍杰	刘杲
许运天	许学强	许溶烈	李辰
李金培	李廷栋	肖纪美	吴良镛
汪家鼎	宋木文	宋叔和	陈元直
陈幼春	陈芳允	周谊	钱迎倩
韩汝琦	焦树德		

评审委员会

主任：谢先德

委员：(以姓氏笔画为序)

卢永根	伍尚忠	朱桂龙	刘颂豪
刘焕彬	李宝健	张景中	张展霞
陈兵	林浩然	罗绍基	钟世镇
钟南山	徐志伟	徐勇	黄达全
黄衍辉	黄洪章	傅家谟	谢先德
欧阳莲			

内 容 简 介

土壤动物学是当代科学发展所产生的新的科学领域。本书是作者多次承担有关土壤动物研究的国家自然科学基金项目及其他相关研究的成果总结,具有长期的资料积累及经受过时间的检验。研究内容为森林土壤动物群落结构与功能,是土壤动物学基础研究的热门课题;把土壤动物学与森林生态系统和退化生态系统的恢复等研究紧密地联系在一起,是本书研究的一大特色。本书汇集了作者20多年来已发表的和未发表的相关资料,进行系统性、统一性与连贯性的专题论述,从研究方法、基本的研究(群落的组成、结构及分化,群落的地带性特征)、深层的研究(分解功能的定性、定量)到对生态系统能量动态的探索等环环相扣。

本书不仅内容丰富,资料详尽,在研究方法上有不少独创,在理论上也有新的见解,是当今土壤动物生态方面不可多得的专著,是动物学、农学、林学、环境保护学、动物地理学及生态学等有关科研院所的研究人员及高等院校有关专业师生的有用参考书。

本书的研究,此外,我们还承担了国家科委重大基金项目“中国生物多样性保护的生物多样性研究”、中国科学院重大项目“生物系统结构、功能与提高生产力途径的研究”等项目的研究,承担并完成相关的森林土壤动物研究任务。

作者20多年来对土壤动物的研究都是在我国长江以南的广东省和湖南省的南亚热带和热带地区进行的。研究目标主要是森林生态系统的结构与功能、退化生态系统的恢复等研究中与土壤动物有关的生态学基础问题。研究方法主要是野外研究与室内调查相结合,并配合以室内、外试验及长期跟踪调查。在长期的研究过程中,先后发表了研究论文40多篇,并参加了土壤动物研究方法、森林生态、生物多样性、退化生态系统恢复等方面的研究专著中相关内容的编写。本书就是根据作者过去这些研究论文以及一些尚未发表的资料,有现在所以说未曾断绝过系统的分析与总结的。在发表发表的论文中,由于各种原因难免会有一些错误,但在此书出版前,都在本书中给予纠正。

本书的三部分内容是以大量的调查与试验结果来论证热带和南亚热带地区森林土壤动物群落结构的与功能,主要是从系统学的相关资料比较与讨论,以阐述在地带性群落特征。由于土壤动物学的对于动物生态学及系统学,在方法上、理论上均还不够成熟,我们因此作一些初步的讨论,为了解,为与同行共同探讨。

著者

2000年12月

前 言

土壤动物是陆地生态系统的一个重要组成部分,但是人们对它的认识却远比不上对其他部分的认识。关于土壤动物的研究,尽管国内、国外自古都有零散的记载,然而作为一门学科,却是在20世纪50年代才建立起来的。在中国,对这一学科的研究起步得更晚,直到1978年才借中国科学院“全国陆地生态会议”之动力正式启动。1979年,长白山自然保护区率先对土壤动物进行基础性的调查研究;1981年,上海动物学会成立了土壤动物学组。1983年,作者等人开始在华南地区进行土壤动物研究。1984~2002年,先后4次获得国家自然科学基金的资助,研究森林土壤动物的群落结构与功能,并于1993~1996年参加由尹文英院士主持的国家自然科学基金重点项目“中国典型地带土壤动物研究”的协作研究。在重点项目中,我们负责海南省尖峰岭的定点研究及海南、广东两省的热带和南亚热带地区的面上调查。在整个研究期间,我们始终保持与中国科学院的小良热带人工林生态系统定位研究站、鼎湖山森林生态系统定位研究站和鹤山丘陵综合开放试验站的协作关系,参与研究站各有关研究。此外,我们还参加了国家科委重大基础研究项目“中国生物多样性保护的生物学基础研究”、中国科学院重大项目“生态系统结构、功能与提高生产力途径的研究”等项目研究,承担并完成相关的森林土壤动物研究任务。

作者20多年来对土壤动物的研究都是在北回归线以南的广东省及海南省的南亚热带和热带地区进行的。研究目标是解决在森林生态系统的结构与功能、退化生态系统的恢复等研究中与土壤动物有关的生态学基础问题。研究方法采用定点研究与面上调查相结合,并配合以室内、外试验及长期跟踪调查。在长期的研究过程中,先后发表了研究论文40多篇,并参与了土壤动物研究方法、森林生态、生物多样性、退化生态系统恢复等方面的研究专著中相关内容的编著。本书就是根据作者过去这些研究结果以及一些尚未发表的资料,用现在的认识来重新进行系统的分析与论述的。在过去发表的论文中,由于各种原因难免会有一些错误,现在凡经发现的,都在本书中给予纠正。

本书的主要内容是以大量的调查与试验结果来论述热带和南亚热带地区森林土壤动物群落的结构与功能,尽量用其他地带的相关资料来比较与讨论,以阐述本地带的群落特征。由于土壤动物学尚处于幼年的探索与发展阶段,在方法上、理论上都还不够成熟,我们借此书提出许多新方法、新见解,愿与同行共同切磋。

著 者

2008年10月

目 录

1 绪论	1
1.1 研究的背景	1
1.1.1 早期国内外土壤动物研究概况	1
1.1.2 近期国内外土壤动物研究进展	2
1.2 研究的意义	5
1.3 研究的区域	5
1.3.1 区域范围及其地理概况	5
1.3.2 调查研究点	6
1.4 研究的内容	8
1.4.1 研究的动物类群	9
1.4.2 研究的主要内容及新见解	9
2 群落的调查研究方法	11
2.1 调查取样	12
2.1.1 样地的选择	12
2.1.2 取样方法	12
2.1.3 取样的基本工具	13
2.2 土壤动物标本收集法	14
2.2.1 枯枝落叶层的干生动物收集法	15
2.2.2 土壤层的干生动物收集法	16
2.2.3 湿生动物收集法	17
2.3 类群的划分	18
2.3.1 按种类划分	18
2.3.2 按大小划分	18
2.3.3 按收集方法划分	18
2.3.4 按功能划分	18
2.4 生物量的测定	19
2.5 群落的分析方法	20
2.5.1 类群的百分组成和优势类群	21
2.5.2 类群的重要性——数量-稳定性排序法	21
2.5.3 群落的优势度指数 (Simpson指数)	22
2.5.4 群落的Shannon-Wiener (H') 指数	22
2.5.5 群落的均匀度指数	23
2.5.6 群落的密度-类群指数 (DG)	23
2.5.7 群落间相似性的Gower系数	24
2.6 土壤动物群落多样性分析方法的应用概况	24

3 群落中的主要类群	27
3.1 线虫类 (Nematodes)	27
3.1.1 线虫的分类特征	27
3.1.2 线虫的种类分布	27
3.1.3 线虫的生态功能	28
3.2 蚯蚓类 (Earthworm)	29
3.2.1 蚯蚓的分类特征	30
3.2.2 蚯蚓的种类分布	30
3.2.3 蚯蚓的生态功能	30
3.3 蜘蛛目 (Araneae)	31
3.3.1 蜘蛛目的分类特征	31
3.3.2 蜘蛛的种类分布与生态功能	31
3.4 蜱螨类 (Acarina)	32
3.4.1 螨类的分类特征	32
3.4.2 螨类的种类分布	32
3.4.3 螨类的营养类型	33
3.5 等足目 (Isopoda)	33
3.5.1 等足类的分类特征	33
3.5.2 等足类的分布	34
3.5.3 等足类的生态类型	35
3.6 倍足纲 (Diplopoda)	35
3.6.1 马陆的分类特征	35
3.6.2 马陆的种类分布	35
3.6.3 马陆的生态功能	36
3.7 唇足纲 (Chilopoda)	36
3.7.1 唇足纲的分类特征	36
3.7.2 唇足纲各目的生态特征	36
3.7.3 唇足纲的地区分布特点	36
3.8 弹尾目 (Collembola)	37
3.8.1 跳虫主要科的鉴别特征	37
3.8.2 跳虫的种类与分布	38
3.8.3 跳虫的生态类型	38
3.9 等翅目 (Isoptera)	39
3.9.1 白蚁的种类与分布	39
3.9.2 白蚁的生态特性	39
3.9.3 白蚁的生态功能	40
3.10 缨翅目 (Thysanoptera)	40
3.10.1 缨翅目的分类特征与分布	40
3.10.2 缨翅目在本地区的组成	41
3.11 半翅目 (Hemiptera)	41

3.11.1 半翅目的分类特征	41
3.11.2 常见的土壤半翅目	41
3.12 鞘翅目 (Coleoptera)	42
3.12.1 鞘翅目的分类特征	43
3.12.2 鞘翅目的主要种类及其食性	43
3.13 鳞翅目 (Lepidoptera)	44
3.13.1 鳞翅目幼虫的分类特征	45
3.13.2 土壤鳞翅目幼虫的种类组成与分布	45
3.13.3 土壤鳞翅目幼虫的生活类型及其功能	45
3.14 双翅目 (Diptera)	46
3.14.1 双翅目幼虫的分类鉴别	46
3.14.2 土壤双翅目幼虫的种类组成与分布	47
3.14.3 土壤双翅目幼虫的食性及其生境	47
3.15 蚁类 (Ants)	47
3.15.1 蚁科的分类特征	48
3.15.2 土壤蚁类的分布及生态特性	48
4 群落的结构	51
4.1 典型植被下的群落结构	51
4.1.1 热带地区	51
4.1.2 南亚热带地区	54
4.2 不同植被类型下的群落结构	56
4.2.1 尖峰岭退化植被系列土壤动物群落结构的差异	56
4.2.2 鼎湖山植被自然演替系列土壤动物群落结构的差异	60
4.2.3 人工林系列土壤动物群落的差异	64
4.3 人为干扰下的群落结构	67
4.3.1 旅游干扰对鼎湖山土壤动物群落结构的影响	67
4.3.2 割草等干扰对马尾松林土壤动物群落结构的影响	68
4.3.3 皆伐和择伐对热带林土壤动物群落结构的影响	70
4.3.4 森林保护对土壤动物群落结构的影响	73
4.4 特殊土壤环境中的群落结构	74
4.4.1 次生光裸地的土壤动物群落	74
4.4.2 油页岩废矿渣地的土壤动物群落	75
4.5 群落的营养结构	80
4.5.1 不同植被类型下群落的4大营养类型的组成	80
4.5.2 捕食类与枯-腐食类生物量比值的变化	81
5 群落随气候的变化	85
5.1 热带地区土壤动物群落的季节变化	85
5.1.1 尖峰岭山地雨林的土壤动物群落变化	85
5.1.2 小良不同植被类型的土壤动物群落变化	92
5.2 南亚热带地区土壤动物群落季节变化	95

5.2.1	鼎湖山主要植被类型的土壤动物群落变化	95
5.2.2	鹤山幼龄人工林的土壤动物群落变化	96
5.3	季节变化的因素分析	98
5.3.1	各研究点气候季节变化之异同	98
5.3.2	群落季节变化的气候因素	99
5.3.3	重要干生类群的数量变化及其影响因素	105
6	群落的次生演替	109
6.1	群落演替的基本生态学原理	109
6.1.1	群落演替的阶段性	109
6.1.2	群落演替与群落多样性	110
6.1.3	植物群落的多样性是生物群落多样性的基础	110
6.2	人工林土壤动物群落演替研究的两种调查方法	110
6.2.1	时空替代调查法	110
6.2.2	直接调查法	111
6.3	小良人工林土壤动物群落的演替阶段	111
6.3.1	群落演替分析	111
6.3.2	群落演替阶段的划分及其结构特征	113
6.3.3	群落的不同演替阶段对降水量变化的反应	114
6.3.4	群落演替与人工林土壤有机质的发展	115
6.3.5	近10年前后的跟踪调查	116
6.4	鹤山人工林土壤动物群落的早期演替动向	117
6.4.1	建林5年的土壤动物群落仍处于增长期	117
6.4.2	建林近10年的土壤动物群落已接近过渡期	118
6.4.3	建林早期即因林型不同而产生群落间的差异	119
6.5	群落演替过程中某些类群的变化	120
6.5.1	湿生类群的数量演变	120
6.5.2	小良人工林白蚁密度的演变	120
6.5.3	昆虫类群的稳定性演变	123
6.5.4	蚯蚓类群的演变	123
7	群落结构的地带性特征	127
7.1	尖峰岭和鼎湖山土壤动物群落的代表性	127
7.2	群落组成的地带性特征	128
7.2.1	线虫类群的种类最丰富	128
7.2.2	蜱螨目/弹尾目的比值最大	129
7.2.3	蜱螨目+弹尾目的百分比最低	132
7.2.4	大型类群比率一般较高	133
7.3	群落多样性的地带性特征	135
7.3.1	线虫类群的多样性特征	135
7.3.2	干生型类群的多样性特征	136
7.4	群落季节变化的地带性特征	137

7.4.1 线虫类群的季节变化特征	137
7.4.2 蛴螬+弹尾类群的季节变化特征	138
8 群落的分解功能	140
8.1 森林有机物的分解	140
8.1.1 森林有机物的分解概念	140
8.1.2 本章所研究的分解	142
8.1.3 森林凋落物分解研究概况	142
8.2 分解试验的基本方法	143
8.2.1 自然失重法	143
8.2.2 网眼过滤法	143
8.2.3 叶面积损耗法	143
8.2.4 饲养法	144
8.2.5 土壤动物驱除法	144
8.3 土壤动物群落与森林凋落物分解的关系	145
8.3.1 土壤动物与落叶分解的面积损耗	146
8.3.2 凋落物层的土壤动物与凋落物分解的重量消耗	150
8.3.3 枯食性土壤动物生物量与凋落物分解的重量消耗	153
8.4 白蚁等大型节足动物是热带和南亚热带森林的重要分解者	154
8.4.1 白蚁对枯枝落叶的分解作用	155
8.4.2 白蚁对枯倒木的分解作用	157
8.4.3 白蚁的分解作用对森林生态系统的意义	159
8.4.4 等足类在小良人工阔叶混交林中的分解能力	160
8.5 土壤动物群落在生态系统中的分解能力	164
8.5.1 用动物驱除法分清两类生物的分解作用	165
8.5.2 土壤动物的分解作用与土壤微生物的分解作用比较	166
8.5.3 鹤山不同类型人工林中土壤动物的分解能力	168
8.6 分解过程的热量变化	169
8.6.1 热量变化的研究方法	170
8.6.2 分解过程中热量的转化规律	171
8.6.3 两种分解研究方法——热量法和重量法的比较	172
8.7 在森林凋落物的分解前半期中土壤动物的分解功能	174
9 蚯蚓群落及其分解作用	175
9.1 有关的蚯蚓生态研究概况	175
9.1.1 研究热点与涉及范围	175
9.1.2 关于蚯蚓的生态类型	176
9.1.3 关于对蚯蚓分解作用的认识	176
9.2 南亚热带坡地人工林蚯蚓群落结构的季节变化	177
9.2.1 主要蚯蚓种群的季节波动	177
9.2.2 群落种类组成的季节变化	181
9.2.3 群落种类多样性的季节变化	182

9.2.4 群落个体数和生物量的季节变化	183
9.3 不同类型人工林蚯蚓群落结构的差异	183
9.3.1 不同类型林间蚯蚓种类组成上的差异	184
9.3.2 不同类型林间蚯蚓生物量的差异	184
9.3.3 不同类型林间蚯蚓种类多样性的差异	185
9.4 环境因素对蚯蚓群落密度和生物量的影响	187
9.4.1 一个对多种生境类型调查的分析结果	187
9.4.2 土壤pH值和可交换Ca含量对蚯蚓群落的影响	188
9.4.3 土壤水分和有机质对蚯蚓群落的影响	189
9.5 蚯蚓对不同分解阶段有机物的选择	190
9.5.1 不同分解程度有机物对蚯蚓吸引力的试验	191
9.5.2 西土寒蛭蚓 (<i>O. occidentalis</i>) 对不同分解程度有机物的选择性	194
9.5.3 异毛远环蚓 (<i>A. fornicata</i>) 对不同分解程度有机物的选择性	196
9.5.4 白间腔环蚓 (<i>Metaphire</i> sp.) 对不同分解程度有机物的选择性	198
9.6 热带和南亚热带地区蚯蚓的分解功能	198
10 鼎湖山自然林与鹤山人工林土壤生态系统的能量动态	200
10.1 土壤生态系统能量研究的样地及方法	200
10.1.1 土壤生态系统能量输入的测定	201
10.1.2 土壤生态系统能量输出的测定	202
10.1.3 土壤生态系统各能量库现存量的测定	202
10.2 土壤生态系统的能量贮存	203
10.2.1 凋落物的能量	204
10.2.2 土壤生物的能量	204
10.2.3 土壤有机质的能量	204
10.2.4 土壤能量的总贮存量及其差异	205
10.3 土壤生态系统的能量动态及其变化因素	206
10.3.1 凋落物的能量贮存量动态	206
10.3.2 腐殖质的能量贮存动态	207
10.3.3 土壤能量变动的因素	208
10.4 三个林的土壤能量 (1990~1992年) 收支总评	211
10.4.1 鼎湖山季风常绿阔叶林土壤能量的库存量出现透支, 但已减缓	211
10.4.2 鹤山马占相思林土壤能量处于稳定状态	212
10.4.3 鹤山荷木林土壤能量处于上升阶段	213
英文摘要	214
参考文献	227
后语	238
附录 华南热带和南亚热带地区土壤动物类种类名录	240

Contents

1 Introduction	1
1.1 The study background	1
1.1.1 Early studies on soil animals in the world	1
1.1.2 Present studies on soil animals in the world	2
1.2 The study meaning	5
1.3 The study areas	5
1.3.1 Area coverage and the general geography situation	5
1.3.2 The study sites	6
1.4 The study content	8
1.4.1 The studied animal groups	9
1.4.2 The main study content and new views	9
2 Methods of Studying Community	11
2.1 Investigation and sampling	12
2.1.1 Selection of plots	12
2.1.2 Sampling method	12
2.1.3 Basic tools of sampling	13
2.2 Collecting method of soil animals samples	14
2.2.1 Collecting method of xerophile animals in litter layer	15
2.2.2 Collecting method of xerophile animals in soil layer	16
2.2.3 Collecting method of hydrophile animals	17
2.3 Division of groups	18
2.3.1 Division according species	18
2.3.2 Division according size	18
2.3.3 Division according collecting method	18
2.3.4 Division according function	18
2.4 Determination of biomass	19
2.5 Analysis method of community	20
2.5.1 Percentage composition of group and predominant groups	21
2.5.2 Importance of community -quantitative stability sorting method	21
2.5.3 The Simpson index of community	22
2.5.4 The Shannon-Wiener (H') index of community	22
2.5.5 The Equality index of community	23
2.5.6 The DG index of community	23
2.5.7 The Gower coefficient of community similarity	24
2.6 General situation about diversity analysis method of soil animals	24

3 Major Groups of Soil Fauna	27
3.1 Nematodes.....	27
3.1.1 Taxonomical characteristics of nematodes	27
3.1.2 Species distribution of nematodes	27
3.1.3 Ecological function of nematodes	28
3.2 Earthworm	29
3.2.1 Taxonomical characteristics of earthworm	30
3.2.2 Species distribution of earthworm	30
3.2.3 Ecological function of earthworm	30
3.3 Araneae	31
3.3.1 Taxonomical characteristics of Araneae	31
3.3.2 Species distribution and Ecological function of Araneae	31
3.4 Acarina	32
3.4.1 Taxonomical characteristics of Acarina	32
3.4.2 Species distribution of Acarina	32
3.4.3 Nutritional type of Acarina	33
3.5 Isopoda	33
3.5.1 Taxonomical characteristics of Isopoda	33
3.5.2 Species distribution of Isopoda	34
3.5.3 Ecological types of Isopoda	35
3.6 Diplopoda	35
3.6.1 Taxonomical characteristics of millipedes.....	35
3.6.2 Species distribution of millipedes	35
3.6.3 Ecological function of millipedes	36
3.7 Chilopoda	36
3.7.1 Taxonomical characteristics of Chilopoda	36
3.7.2 Ecological characteristics of Chilopoda classes	36
3.7.3 Regional Distribution Characteristics of Chilopoda.....	36
3.8 Collembola.....	37
3.8.1 Taxonomical characteristics of the representative collembolans families.....	37
3.8.2 Species and distribution of collembolans	38
3.8.3 Ecological types of collembolans	38
3.9 Isoptera.....	39
3.9.1 Species and distribution of termites.....	39
3.9.2 Ecological characteristics of termites	39
3.9.3 Ecological function of termites	40
3.10 Thysanoptera	40
3.10.1 Taxonomical characteristics and distribution of Thysanoptera	40
3.10.2 Regional constitution of Thysanoptera.....	41