

中国东部山地森林土壤动物多样性

刘红¹, 袁兴中²

(1. 曲阜师范大学 地理系, 山东 曲阜 273165; 2. 华东师范大学 河口海岸国家重点实验室, 上海 200062)

摘要: 以近 20 年来中国东部土壤动物的研究资料, 定性定量地分析了中国东部山地森林土壤动物多样性及其时空分布及人类活动对动物多样性的影响。

关键词: 中国东部山地; 森林土壤动物; 多样性

中图分类号: S154.5 **文献标识码:** A

1 中国东部山地森林及自然概况

中国东部山地由于受海洋的影响, 雨量充沛, 空气湿度较高, 发育了丰富的森林植被, 从而成为中国主要的湿润森林区域。随着热量的不同, 中国东部地区自南向北可分为 5 个热量带, 在各热量带内的山地上, 因大气候环境条件和各山地海拔高度、坡度坡向等因子直接或间接作用, 发育了相应的地带性森林和非地带性森林类型(表 1)。

表 1 我国东部山地主要森林类型及自然概况

Table 1 Main type of forest and natural situation in the eastern mountain regions of China

热量带	年均温 (°C)	年降水 (mm)	地带性森林类型	山地森林类型	地带性土壤类型	山地土壤类型	全年无霜期 (天)	≥10℃积温 (°C)
过渡热带	20~22	1000~2000	常绿季雨林	马尾松针阔混交林(鼎湖山)	酸性砖红壤性土	砖红壤	全年无霜或有 1~2 次轻霜	7500~8000
亚热带	16~21	1000~2000	常绿阔叶林	落叶矮林, 常绿阔叶叶混交林, 常绿阔叶-针叶混交林, 针叶林(天目山, 衡山)	黄壤, 黄棕壤	山地黄棕壤, 山地黄壤, 黄化红壤, 红壤	270~300	5000~7500
暖温带	10~15	600~1000	落叶阔叶林	油松林, 落叶阔叶-针叶混交林杂木林(泰山)	棕壤	山地棕壤, 褐土, 山地暗棕壤	180~240	3200~4500
温带	2~7	450~800	针阔混交林	杂木林, 岳桦林, 针叶林, 桦树林, 栎树林(长白山)	暗棕壤	亚高山生草森林土, 山地棕色针叶林土, 山地暗棕色森林土, 白浆土	120~150	2000~3000
寒温带	-2.0~5.0	400~500	落叶针叶林	针阔混交林(小东山)	酸性棕色针叶林土	棕色针叶林土	90~110	1500~2000

2 中国东部山地森林土壤动物多样性

2.1 土壤动物类群多样性

中国土壤动物学研究工作起步较晚, 专供土壤动物分类鉴定的书籍较少, 使大多数土壤动物只能鉴定到目、科, 少数可鉴定到属或种。鉴于此种情况, 中国东部山地森林土壤动物多样性主要体现在较高分类单元上, 即表现为类群多样性。中国东部山地森林土壤动物隶属于 8 门 14 纲^{1~9}, 已知动物界有 12 个门, 因而东部山地森林土壤动物占整个动物界门类的 66.66%。就节肢动物而言, 东部山地森林

收稿日期: 1999-11-05。

作者简介: 刘红(1963-), 女(汉族), 山西和顺县人, 1984年毕业于西南师范大学生物系, 学士, 副教授, 研究方向为土壤动物学、环境生态学, 已发表论文 30 余篇。

土壤动物有 7 个纲, 占节肢动物门中纲的 77.78%。昆虫纲是动物界中最大的一个纲, 共有 34 个目, 中国东部山地森林土壤动物中的昆虫分隶于 19 个目, 占全部昆虫纲中目的 55.88%。再就东部个别山地森林中少数能鉴定到种或属的土壤动物类群而言, 其多样性也非常丰富: 如在天目山 5 种森林中, 共获土壤原生动物 77 种, 其中仅出现在某一个森林土壤中的种类占 24.3%, 出现在二个和三个森林土壤中的分别占 18.3% 和 20.9%, 这种低频分布反映出天目山土壤原生动物具有较高的多样性, 并且土壤原生动物年均数量为每克干土中 2 万余个, 在高峰期每克干土中可高达 5 万余个^[1]; 在九华山常绿阔叶林与落叶阔叶林中, 仅土壤甲螨就获 40 种(属)^[7]; 在长春净月潭丘陵 4 种森林中获土壤跳虫 40 属^[8], 天目山森林中获土壤跳虫 31 种; 线虫为东部山地森林土壤动物优势类群, 仅在天目山森林就发现 40 种, 平均土壤内有线虫 1.24×10^5 条/ m^2 。据资料统计, 东部山地森林中土壤动物个体总数量(不包括原生动物)约为 1.5 万只/ $m^2 \sim 100$ 万只/ m^2 。如此丰富的土壤动物类群和庞大的个体数量有着惊人的遗传多样性, 是中国东部山地森林土壤动物多样性的基础和源泉。

另外, 对东部同一山地森林与非森林中的土壤动物多样性, 以及同纬度东部森林与西部草原中的土壤动物多样性分析比较表明, 土壤动物多样性为东部山地森林高于西部草原^[6,9]、同一山地的森林高于非森林^[3,7,10-12]。

2.2 土壤动物多样性的时空分布

2.2.1 土壤动物多样性的水平分布

中国东部不同山地的森林土壤动物多样性存在明显差异。地处热带和亚热带的山体, 由于气候条件优越, 尤其是丰富的水热条件, 使森林植物生长茂密, 种类繁多, 层次结构复杂, 为土壤的发育提供了丰富的有机质, 也为生活于土壤中的动物提供了丰富的食物。就大型手拣土壤动物和采用 Tullgren 法(干漏斗)获取的中小型土壤动物而言, 在常绿季雨林土壤动物中蜱螨目和弹尾目是优势类群, 但个体数量所占百分比(47%左右)远低于两者在典型亚热带山地森林中所占百分比($> 90\%$), 而等翅目(白蚁)、膜翅目(蚂蚁)、蜚蠊目、缨翅目、啮翅目、鳞翅目等类群种类及数量却较常绿阔叶林中的丰富, 表现出了热带特色^[5]。在亚热带山地常绿阔叶林中, 大型土壤动物以多足类(主要是唇足纲)、膜翅目(蚂蚁)以及蛛形纲、双翅目、寡毛纲等类群占优势和常见。中小型土壤动物以蜱螨目和弹尾目占绝对优势, 且蜱螨目数量大于弹尾目。比较热带山地常绿季雨林和亚热带山地常绿阔叶林土壤动物的多样性, 不论是类群数、总个体数, 还是 Shannon-Weiner 指数(H')、密度-类群指数(DG), 前者均较后者为高^[1,12]。等翅目和蜚蠊目的绝大多数种类分布在热带和亚热带山地, 只有少数种类分布区的北界延伸至暖温带。暖温带气候条件虽不及热带、亚热带, 但夏季水热同期, 为山地森林动物生长发育提供了有利条件, 土壤中动物的密度约为 11 万只/ m^2 。优势类群为蜱螨目、膜翅目(蚂蚁), 弹尾目、蛛形纲、寡毛纲(主要是线蚓)等为常见类群。山地落叶阔叶林中虽有等翅目和蜚蠊目的种类生存, 但种类和数量均较小, 为该土壤动物群落中的稀有类群^[3,4], 且等翅目仅分布在海拔 100 m 左右的森林土壤中, 与在热带、亚热带山地森林生态系统物质循环中起重要分解作用同类相比, 在此其地位和功能已降到最低。再往北, 进入温带和寒温带, 等翅目、蜚蠊目的种类便消失, 这体现了暖温带的过渡性特征。温带冬季时间较长, 热量不及以上各带丰富, 山地森林土壤动物密度为 8 万只/ m^2 左右。生活于温带山地针阔混交林土壤中的动物, 仍以弹尾目和蜱螨目占优势, 线蚓和双翅目幼虫数量也很丰富, 多为常见类群, 而且弹尾目的数量明显高于蜱螨目。在中国东部山地森林土壤动物群落中, 蜱螨目与弹尾目的数量比较是暖温带(4.1) $>$ 亚热带(1.81) $>$ 热带(1.56) $>$ 温带(0.5)^[1,3-5,10,13]。蛭蟻目只分布在温带, 中华蛭蟻是长白山特有种, 已被纳入中国优先保护物种名录。位于东部 $50^{\circ}30' N \sim 53^{\circ}30' N$ 的山体上分布着寒温带针叶林, 但漫长的冬季、较低的年均温和积温、以及下层土壤永冻层的存在, 不利于土壤动物的生长发育, 土壤动物类群、数量在东部山地森林中为最低, 个体密度约为 1.5 万只/ m^2 。优势类群为蜱螨目和弹尾目, 在生态环境良好的山地森林土壤中, 弹尾目数量占首位, 在中等生境中多以蜱螨目占主导^[6]。分析可知, 中小型土壤动物蜱螨目和弹尾目为整个东部山地森林土壤动物的优势类群, 大型土壤动物优势类群的种类、数量在各热量带存在差异, 但它们与蜱螨目、弹尾目一起在东部山地森林土壤形成和凋落物分解过程中发挥着重要作用。另外, 随山体所处地理环境条件的变化, 蜱螨目与弹尾目动物的数量比有差异。

这种差异是否有地带性变化, 尚需进一步研究。

采用 Baermann 法(湿漏斗)分离出的湿生土壤动物在我国东部山地森林土壤中, 均以线虫纲占绝对优势, 可见线虫纲是一类广域性分布类群, 在整个东部山地森林生态系统的组成和功能中占有重要地位。

2.2.2 土壤动物多样性的垂直带分布

随着山体海拔高度的增加, 生境条件发生垂直变化, 不同垂直带生境中土壤动物多样性也出现明显变化。一般来说, 山体垂直带谱的基带应当为当地的地带性森林土壤类型, 但由于东部各山麓带往往受人类活动的干扰强烈, 地带性森林遭到破坏, 致使基带下部地带性特征降低, 其中土壤动物的多样性也明显降低。而在基带的上部, 人类活动相对较弱, 气候条件适宜, 多分布有或原始或天然次生形成的地带性森林, 土壤动物多样性也丰富。如在亚热带的衡山, 山麓带森林为人工针叶林, 土壤为红壤, 地带性的森林土壤则分布在海拔 700 m ~ 1 260 m 的范围内^[1, 10]。类似现象在暖温带的泰山、温带的长白山也表现明显。泰山山麓被城区包围, 植被是以人工种植的侧柏为主的针叶落叶阔叶混交林, 土壤为褐土, 地带性的落叶阔叶林和棕壤主要分布在海拔 780 m ~ 1 000 m 左右的高度^[3]。长白山山麓为落叶阔叶林, 地带性的针阔叶混交林分布在海拔 750 m 左右的高度上^[11]。以上三个山体虽然所处的地理位置不同, 垂直带谱也不相同, 但土壤动物的个体数、类群数最高值均出现在垂直带谱的地带性森林土壤中。而在同一山体各种非地带性森林中, 土壤动物类群数、个体数均不及地带性森林, 并呈现出随高度增加而减少的趋势。因此, 从总体上讲, 在东部山地垂直带各类型森林中土壤动物的类群数、总个体数, 尤其是后者, 在一定范围内(即从山麓到地带性森林土壤带)随海拔高度增加而增加, 再往上, 则随海拔高度的增加而降低。另外, 同一山体各垂直带土壤动物优势类群和常见类群基本相同, 稀有类群多有差异, 如在泰山土壤动物 30 个纲目中, 优势类群、常见类群共 10 类, 其中 7 类在泰山各森林垂直带均有分布, 其它所有类群在各垂直带分布有差异, 稀有类群表现最明显。所以, 优势类群、常见类群与大气候条件密切相关, 稀有类群与小生境有关, 常成为各垂直带的指示动物, 能反应各带土壤环境的变化^[1, 3, 7, 10, 14]。

2.2.3 土壤动物多样性的剖面分布

中国东部山地森林植被丰富, 森林凋落物等残体体积聚地表, 为土壤动物生长发育提供了大量的有机物质, 而且, 土壤表层含氧量高, 土壤水分和温度都较深层优越, 有大量植食性、腐食性土壤动物活跃在此层, 通过它们的粉碎、分解作用, 将森林凋落物分解或转化成可被其它生物利用的物质形式, 并主要储藏在土壤表层, 如土壤腐殖质层。同时, 它们自身也成为很多其它土壤动物(如捕食者)的食物, 因此, 土壤表层内土壤动物最丰富, 多样性最高。随着土壤剖面深度的增加, 土壤有机质减少, 土壤理化性质逐渐变得不利于土壤动物生存, 土壤动物类群和数量便逐渐减少。一般情况下, 土壤动物类群数和个体数在土壤剖面的分布为 A 层 > AB 层 > B 层。表现出整个东部山地森林土壤动物在土壤中的分布具有明显的表聚性, 且个体数量的表聚性强于类群数的表聚性^[1~9]。

2.2.4 土壤动物多样性的季节分布

随着各温度带一年内气候条件的变化, 我国东部山地森林土壤动物的季节变化各有特点。温暖的热带、亚热带夏季炎热多雨, 地表有机物质分解旺盛, 容易流失, 温度和含水量过高, 使含氧量大大降低, 不利于土壤动物的生存, 因此, 温暖地区山地森林土壤动物多样性变化总趋势为春夏季低于秋冬季, 夏季最低^[1, 5, 7, 12]。并在雨水较多的季节, 由于土壤湿度增大, 湿生土壤动物增多, 干生土壤动物减少; 干旱季节则相反。

在暖温带、温带和寒温带, 冬季严寒干燥, 有机物分解速率降到最低, 夏季雨热同期, 植被生长旺盛, 这一区域山地的森林土壤动物多样性变化趋势为夏季高于春、秋季高于冬季。在土壤各层中, 土壤动物的种类、个体数、生物量的季节变化明显: 在凋落物层和半腐殖质层中, 三者的最高值均出现在夏季, 春秋季节相对降低, 冬季最低。而腐殖质层和过渡层中冬春季较夏秋季有所增加^[6, 8, 13, 15], 这与冬季土壤上层温度比下层低, 上层动物向下迁移有关。另外, 由于土壤动物自身的生物学和生态学特性差异, 东部山地森林土壤动物不同类群或同类群的不同种类有不同的生长季节, 有的全年可见, 有的仅出现在某个

季节。

2.3 人类活动对土壤动物多样性的影响

中国东部地区人口众多,人类长期的生活和生产活动,使原来的原始森林植被发生了强烈的变化,现成的森林多是受人类影响程度不同的次生林和人工林,少数山地残留有少量的原始森林。从东部各热量带内山地森林土壤动物调查结果看,人类干扰强度越大,森林和土壤破坏越严重,土壤动物多样性越低。如廖崇惠等在广州郊区调查了人类干扰程度不同的三种森林内土壤动物,结果表明:受到完全保护的天然次生林中土壤动物类群数和 DG 指数最高,前者为 19,后者为 13.32;人为干扰较小的针阔叶混交林深处土壤动物二值居中,分别为 17 和 6.76;人为干扰大、接近耕地的马尾松林土壤动物二值是 16 和 4.10,位于最低^[12]。我们对泰山森林土壤动物调查的结果也证明了这一点:泰山南坡有二条主要的登山路径,集中了大量游客,游客的活动对周围森林环境影响很大,而北坡游客稀少影响小,使南坡侧柏林、赤松林、刺槐林结构层次简单,林下植物种类少,森林外貌稀疏,土壤干燥、坚硬,因而南坡三种森林土壤动物类群数、个体数均低于北坡油松林;在南坡三种森林中,刺槐林为落叶林,森林凋落物较针叶植物易于分解,土壤腐殖质应优于侧柏林和赤松林,但由于刺槐林位于中天门附近,且中天门为二条登山路径的会合处,有停车场、各种旅游设施,人类干扰极大,土壤严重板结,不利于土壤动物栖息、运动,结果刺槐林土壤动物的 H' 多样性指数和 J' 均匀性指数均比侧柏林、赤松林低^[3]。由此说明,森林土壤动物多样性与森林生境质量成正相关,与人类干扰活动成负相关。

参考文献:

- [1] 尹文英,等. 中国亚热带土壤动物[M]. 北京:科学出版社,1992.7~557.
- [2] 赵小鲁,谢炳庚,等. 动物生态地理研究[M]. 成都:成都地图出版社,1996.224~504.
- [3] 刘红,袁兴中. 泰山土壤动物群落结构研究[J]. 山地研究(现《山地学报》),1998,16(2):21~26.
- [4] 袁兴中,刘红,张承德. 曲阜地区资源土壤动物调查初报[J]. 资源开发与市场,1996,12(1):23~25.
- [5] 廖崇惠,陈茂乾. 鼎湖山森林土壤动物研究 I. 区系、组成及特征[A]. 见:热带亚热带森林生态系统研究,第 5 集[C]. 1989.83~95.
- [6] 张雪萍,王贵礼. 黑龙江省土壤动物的组成和分布[J]. 东北师大学报自然版,1990,(增刊):211~218.
- [7] 王宗英,路有成,王慧芙. 九华山土壤螨类的生态分布[J]. 生态学报,1996,16(1):58~64.
- [8] 姜华. 长春净月潭不同林型土壤跳虫组成的研究[J]. 昆虫知识,1991,28(1):38~40.
- [9] 陈鹏,孙帆,卜照义. 吉林省土壤动物的组成与分布[J]. 东北师大学报,1990,(增刊):49~57.
- [10] 王振中,张友梅. 衡山自然保护区森林土壤中动物群落研究[J]. 地理学报,1989,44(2):205~213.
- [11] 陈鹏,富德义. 长白山土壤动物在物质循环中作用的初步探讨[J]. 生态学报,1984,4(2):172~179.
- [12] 廖崇惠,李健雄,黄海涛. 南亚热带森林土壤动物群落多样性研究[J]. 生态学报,1997,17(5):589~555.
- [13] 陈鹏. 吉林省东部山地土壤动物系列研究[J]. 东北师大学报,1990,2:77~88.
- [14] 张荣祖,杨明究,陈鹏,等. 长白山北坡森林生态系统土壤动物初步调查[J]. 森林生态系统研究,1980,(1):133~152.
- [15] 陈鹏,文在根,青木淳一,等. 长春净月潭地区土壤螨类的调查研究[J]. 动物学报,1988,34(3):282~293.

DIVERSITY OF FOREST SOIL ANIMALS IN THE EASTERN MOUNTAIN REGIONS OF CHINA

LIU Hong¹, YUAN Xing-zhong²

(1. Department of Geography, Qufu Normal University, Qufu 273165 PRC; 2 State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062 PRC)

Abstract: According to a series of research information of soil animals in the eastern regions

of China in recent twenty years, this paper analyses the diversity and distribution in time and space pattern of forest soil animals in these regions. The diversity is influenced by human activities. Aimed at revealing distributive law of the diversity and promoting research on the diversity and its function within ecological systems in these region, it will provide a scientific basis for further protection and rational utilization. Conclusions of this paper are as follows: Forest ecological environments having high heterogeneity in the eastern mountain regions of China, diversity of soil animals is very abundant. Moreover, there are obvious changes in time and space pattern of soil animal diversity. On space pattern, because of different geographic positions of mountains, the diversity of forest soil animals exists distinctly is general higher in district forest than in other ones in the structure of mountain vertical zones, and it decreases with increasing of the depth in soil and there is feature of soil animal congregating to surface horizon. With season changing, soil animal diversity is lower in spring and summer than in autumn and winter in the forest of tropical and subtropical mountain regions, while it is higher in spring and autumn than in winter from warm temperate to cold Temperate zone, it is the highest in summer. The more the human disturbance is and the worse the ecological environment is the lower the soil animal diversity is.

Key words: the eastern mountain regions of China; forest soil animals; diversity

沟蚀与全球变化国际会议将在中国举行

第二届沟蚀与全球变化国际学术会议拟定 2002 年 4 月 15 日~18 日在成都市举行。由中科院成都山地所主办,中国科学院、国家自然科学基金委员会和中科院山地环境学“百人计划”等资助。本次会议的学术委员会由数十名国际著名的沟蚀与全球变化研究的科学家组成。会议的主要目标是评价和报告第一届国际会议(2000 年 4 月比利时会议)以后取得的最新研究进展,鉴别与确定未来关于全球变化对沟蚀影响的优先研究课题。交流语言为英语。参加交流的论文通过正常审稿程序后将在有关的 SCI 刊物上发表。我们热诚欢迎有关部门或单位参与本次国际会议。

联系人: 李勇、张建辉, 中科院成都山地所山地环境研究中心, 成都 610041

电话和传真: (028)5328973, E-mail: htalent@mail.sc.cninfo.net