

# 土壤动物研究综述

张志罡, 孙继英, 胡 波, 颜亨梅

(湖南师范大学 生命科学学院, 中国湖南 长沙 410081)

**摘 要:** 土壤动物是当今生态研究的热点, 其对环境的指示作用已经受到越来越多生态学家的重视. 对土壤动物学的发展历史, 以及我国土壤动物的研究现状和现代土壤动物学研究的一些热点领域进行了综述.

**关键词:** 土壤动物; 指示作用; 生物多样性

中图分类号: Q958. 113

文献标识码: A

文章编号: 1007-7847(2006)S2-0072-04

## Review on Edaphic Zoology Research

ZHANG Zhi-gang, SUN Ji-ying, HU Bo, YAN Heng-mei

(College of Life Sciences, Hunan Normal University, Changsha 410081, Hunan, China)

**Abstract:** Soil fauna is a hot point of current study in ecology, the role of soil fauna to ecological environment was attached great importance. The development history of edaphic zoology at domestic and abroad and some hot points of current study were discussed.

**Key words:** soil fauna; indication; biodiversity

(Life Science Research, 2006, 10(4)S2: 072 ~ 075)

土壤动物是指终生或某一发育阶段在土壤中度过, 且对土壤有一定影响的动物. 大多数动物门类在土壤中都有代表, 主要涉及原生动物、扁形动物、线形动物、轮形动物、环节动物、缓步动物、软体动物和节肢动物 8 个动物门<sup>[1]</sup>. 虽然土壤动物的个体小, 但是其种类多, 数量大, 对生产和环境的影响也大, 在动物学、生态学、土壤学和环境保护等领域越来越受到关注.

### 1 土壤动物研究历史简述

土壤动物科学的研究一般认为始自达尔文 1840 年发表的《壤土的形成》<sup>[2]</sup>(On the Fomation

of Mould)一文. 在这 160 余年的研究历史中, 根据各个时期的研究水平和热点, 大体上可分为 4 个时期:

“蚯蚓时代”: 达尔文 1840 年发表的《壤土的形成》(On the Formation of Mould)与 1881 年出版的一本关于蚯蚓生物学的专著《蚯蚓对壤土形成的作用》(The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms)<sup>[3]</sup>引发了不少动物学家如 Hensen 和 Baur 等对寡毛类动物的研究, 同时还注意到热带白蚁及原生动物的作用. 因此, 学者们把这个时期称为“蚯蚓时代”.

种类记述时期: 18 世纪中叶 Linnaeus(1758)

收稿日期: 2006-07-15; 修回日期: 2006-09-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30570226)

作者简介: 张志罡(1981-), 男, 甘肃通渭人, 湖南师范大学动物生态学硕士研究生; 颜亨梅(1950-), 男, 湖南安仁人, 湖南师范大学教授, 博士生导师, 通讯作者, 主要从事动物生态学研究, E-mail: yanhm03@126.com.

建立的动物分类双名法, 20世纪初意大利的 Berlese A<sup>[4]</sup> 发明的烘虫漏斗, 以及后来由瑞典人 Tullgren A<sup>[5]</sup> 进行的改良, 大大改善了对生活在土壤和腐殖质中的螨及多种小型节肢动物的采集, 这一时期是大量对土壤动物的种类进行发现和描述的时期。

系统研究时期: 20世纪40年代期间, 第二次世界大战造成交战双方都急需补充和生产大量粮食, 学者们把增产的焦点集中在土壤动物对有机质的分解作用上, 并开始进行土壤动物类群的系统研究。当时美国的 Pearse<sup>[6]</sup>、英国的 Fenton<sup>[7]</sup>和原苏联的 Gilyarov<sup>[8]</sup>等人都作出了重要的贡献。1955年4月1日至7日在英国诺丁汉(Nottingham)大学召开了第一次国际土壤动物学术讨论会, 并决定每隔3年举行一次学术会议, 标志着土壤动物学学科的建立<sup>[9]</sup>。1961年由 Von Tornne E. 主编的土壤动物学专门刊物——《土壤动物学报》(Pedobiologia)在奥地利创刊, 随后《土壤生态学与生物学通报》(Revue d' Ecologie et de la Biologie du Sol)在法国发行<sup>[10]</sup>。与此同时, 各地先后出版了有关土壤动物的专著, 为本学科的发展奠定了基础。

土壤生物生产力研究时期: 20世纪60年代以后, 人们已经认识到土壤生物是巨大的、潜在的、可以持续利用的自然资源。1965~1974年间, 由国际学术联合会(ICSU)倡导组织的国际生物学计划(International Biological Program), 其中土壤动物学的研究被列为一个重要方面。在这十年期间, 世界上许多国家都投入了相当数量的人力、物力, 其中尤以英、法、德、加和日本做了大量工作, 积累了丰富的材料, 把土壤动物学的研究推向了一个新的阶段<sup>[11]</sup>, 即从简单的种类描述阶段上升到群落功能及其与环境关系的研究阶段。

## 2 我国土壤动物学的研究现状

我国土壤动物学的研究起步较晚, 在20世纪50~70年代后期, 虽有一些涉及土壤动物的零星报道, 如蚯蚓、原尾虫、等翅目昆虫和螨类等<sup>[12]</sup>, 但着重在新种描述、区系调查和生活史等方面, 没有真正从土壤动物的角度开展系统性研究。1987年, 在国家自然科学基金的支持下, 由中科院上海昆虫所的尹文英主持的“亚热带森林土壤动物区系及其在森林生态平衡中的作用”(1987~1991年)<sup>[11]</sup>和“中国典型地带土壤动物研究”(1993~

1996年)<sup>[11]</sup>两个重点项目中, 中国的土壤动物学研究才真正步入系统研究。近20年来主要涉及和完成以下几个方面的工作:

土壤动物的分类学研究: 如尹文英<sup>[13, 14]</sup>、汤伯伟<sup>[15]</sup>、傅荣恕<sup>[16]</sup>等对原尾虫, 谢荣栋<sup>[17, 18]</sup>对双尾虫, 赵立军<sup>[19]</sup>、姜华<sup>[20]</sup>、岳巧云<sup>[21]</sup>、董炜华<sup>[22]</sup>等对跳虫, 文在根<sup>[23, 24]</sup>、王慧英<sup>[25, 26]</sup>等对螨类, 沈温芬<sup>[27]</sup>等对原生动物, 孙希达<sup>[28]</sup>等对环节动物, 张云美<sup>[29]</sup>对线虫等等, 都做了大量的工作。但研究所涉及的种类少, 且除原尾虫、双尾虫外, 其他大多数动物类群, 尤其是对优势类群——甲螨和跳虫的分类还较落后。如甲螨世界已知大约有10000种, 而中国已知种却只有400余种; 跳虫世界已知种约有5000种, 而中国已知种仅有200多种。由此可以看出, 我国对土壤动物分类学的研究还相对滞后, 远远不能满足我国对土壤动物学研究的需要。

土壤动物区系的调查研究: 我国地跨热带、亚热带和温带3个气候带, 被划分为7个地理区<sup>[30]</sup>。尹文英等通过对我国不同气候区6个典型地带土壤动物进行定点、定期、定性、定量的调查、采样、鉴定、分析, 在土壤动物物种多样性、群落结构、地理分布与区系组成; 不同环境和不同季节土壤动物的动态变化特点、调查研究方法和物种分类鉴定等方面积累了丰富的第一手资料, 并从不同侧重点出发, 先后撰写并出版了《中国亚热带土壤动物》、《中国土壤动物检索图鉴》和《中国土壤动物》3部著作, 共约260万字。这3部著作的出版填补了我国土壤动物研究领域系统论著的空缺, 丰富了我国动物学研究的资料库, 为从事动物分类、生态、生物多样性、环境保护与监测、土壤、农田、森林、草地等研究的人员提供了宝贵的基础科学依据, 对我国资源、环境和农业可持续发展的科研教学具有重要参考价值; 同时, 使我国土壤动物研究的国际地位得到很大提高, 对世界土壤动物研究和资源、环境等的可持续发展也是一大贡献。

土壤动物的生态学试验研究: 我国在土壤动物学研究领域的工作成果较多, 如于长福<sup>[31]</sup>等、杨效东<sup>[32]</sup>等、陈鹏<sup>[33, 34]</sup>等、廖崇惠<sup>[35]</sup>等分别对不同地区森林土壤动物群落进行的研究; 王振中<sup>[36, 37]</sup>等研究了土壤污染对土壤动物群落结构的影响, 发现污染区土壤动物种类的减少主要由于常见类群和稀有类群的减少, 土壤动物的数量变化则

主要由于优势类群线虫类、弹尾类和蝉蛄类的数量消长所致。毒理研究表明, 农药污染对大型土壤动物蚯蚓的呼吸代谢强度有明显抑制作用。扫描电镜观察发现, 重度和中度污染区星豹蛛肠粘膜细胞层出现弥漫性溃疡、肿大、穿孔等病理变化。尤其是尹文英等在我国不同气候带进行的土壤动物群落结构、演替及其动态变化等的研究, 期望揭示森林土壤生态系统物质能量流动的复杂过程。

### 3 土壤动物学研究的热点领域

早期的土壤学研究将土壤理化性质、有机质含量、土壤微生物量作为反映土壤健康的重要指标。直到最近几年, 有关土壤无脊椎动物, 尤其是土壤线虫群落对土壤健康的研究才逐渐受到重视。德国学者 Goralczyk 认为线虫群落对沿海地区沙丘土壤生态演替过程具有很好的生物指示作用, 美国学者 Neher 指出线虫群落 (nematode community) 可以作为土壤健康的指示生物<sup>[38]</sup>。Nahmani J 等<sup>[39]</sup>利用 X 射线断层摄影技术研究了金属污染区大型土壤无脊椎动物的洞穴分布, 发现金属污染区土壤动物的洞穴数量和分支程度明显高于非污染区。Kolesnikova A A<sup>[40]</sup>等研究乌拉尔山脉北部的一次核爆炸对土壤动物群落的影响, 结果显示核爆炸使大型土壤无脊椎动物的多样性和丰度显著降低。可见, 土壤作为生态系统中物质循环和能量转化过程的重要场所, 而土壤动物直接或间接的反映了土壤环境的变化情况, 土壤的特异生物功能类群以及土壤生物多样性都有可能因环境的改变而改变。尤其是影响到植被分解速率和碳氮平衡, 进而影响土壤生物、生态过程和肥力。

科学家关注全球变化的主要问题另一个重要方面是温室气体释放的土壤过程<sup>[41]</sup>。土壤动物区系是土壤生态系统的主要组成部分, 弄清土壤动物对全球变化的响应, 有助于探明土壤生态系统对全球变化的响应。近年来, 许多土壤生态学家就这一领域展开了较系统的研究, 并取得了初步的结果。捷克人 Rusek 指出全球气候变化导致了 Tatra 国家公园高山生态系统中弹尾目昆虫 (Collembola) 典型低地和山林种的增加, 而这些物种在 1977 年以前未在该地区生活<sup>[42]</sup>。一些土壤生态学家也开展了土壤动物对大气 CO<sub>2</sub> 浓度升高响应的研究。美国 Runion 及新西兰 Yeates 等学者

的研究成果代表了这一领域的前沿水平。Runion 等研究结果表明, 小型节肢动物 (包括螨类、弹尾目) 种群数量随着大气 CO<sub>2</sub> 浓度升高而显著性增加<sup>[43]</sup>。Yeates 则在进行土壤线虫动物区系对受土壤类型影响而自然增加 CO<sub>2</sub> 浓度的响应试验研究中得出随着大气 CO<sub>2</sub> 浓度的增加, 土壤线虫丰富度和多样性有所降低, 而食细菌线虫的优势度和比例有所增加的结论<sup>[44]</sup>。

利用土壤动物来评价转基因作物的生态安全性也是当前土壤动物学科的研究热点之一。Al-Deeb<sup>[45]</sup> 等对转 *Cry3 Bb1* 基因玉米田土栖弹尾虫的调查结果也显示, Bt 玉米田和对照田的弹尾虫数量没有差异。但是, 由于外源基因的杀虫特性不同, Bt 作物对土壤生物, 尤其是土壤节肢动物的潜在风险仍不容忽视。陈晓娟<sup>[46]</sup> 等认为整个生育期内稻田蜘蛛的种类和数量在转基因水稻和对照稻田间无显著差异, 同时转基因水稻对田间水生生物的组成及其数量也无明显影响。蔡万伦<sup>[47]</sup> 等发现转 Bt 基因水稻对田间节肢动物群落影响显著, 在靶标害虫危害盛期其上节肢动物群落明显比非转 Bt 稻上的稳定, 而在非靶标害虫危害为主的时期, 转 Bt 稻田中节肢动物群落均不如非转 Bt 稻田中的稳定, 尤其在水稻移栽后初期表现显著。林社裕<sup>[48]</sup> 等研究了转 Bt 基因棉对土壤无脊椎动物的影响, 结果表明转 Bt 基因棉降低了土壤无脊椎动物的种类和数量, 并且降低了土壤无脊椎动物的多样性, 对环境安全性也产生了影响。另外从环境安全性考虑, 如果长期种植转基因棉是否会一直影响土壤无脊椎动物的生态系统, 还是最终会相互适应, 达到一种新的平衡, 即对环境安全性的影响可以降低到允许范围之内, 也有待作进一步研究。

### 参考文献 (References)

- [1] 尹文英. 土壤动物学研究的回顾与展望 [J]. 生物学通报, 2001, 36(8): 1-3.
- [2] DARWIN C R. On the formation of mould [J]. Trans Geol Soc Lond, 1840, 5: 505-509.
- [3] DARWIN C R. The formation of vegetable mould through the action of worms, with observation on their habits [M]. London: Murray: Viii + 326 (Numerous Subsequent Editions), 1881.
- [4] BERLESE A. Apparachio per raccogliere presto ed in gran numero piccoli artropodi [J]. Redia, 1905, 2: 85-89.
- [5] TULLGREN A. Ein sehr einiacher Berlese apparat fur terricole tierformen [J]. Z angew Ent, 1917, 4: 149-150.

- [6] PEARSE A S. Observations on the microfauna of the Duke forest[J]. *Ecol Monogr*, 1946, 16: 127-160.
- [7] FENTON G R. The soil fauna: with special reference to the ecosystem of forest soil[J]. *J Anim Ecol*, 1947, 16: 76-93.
- [8] GILYAROV M S. Distribution of humus, root system and soil invertebrates within the soil of the walnut forest of the Ferghana mountain range[J]. *Dokl Akad Nauk SSSR(N S)*, 1947, 55: 49-52.
- [9] LINDEN D R, HENDRIX P F, COLEMAN D C, *et al.* Faunal indicators of soil quality[J]. *SSSA Special Publication*, 1994, 35: 101-106.
- [10] DORAN J W, PARKIN T B. Defining and assessing soil quality [J]. *SSSA Special Publication*, 1994, 35: 3-21.
- [11] 尹文英, 杨逢春, 王振中, 等. 中国亚热带土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [12] 由文辉. 我国土壤动物学研究概况与展望 [J]. *土壤学进展*, 1994, 22(4): 11-17.
- [13] 尹文英, 任秉孚, 金根桃, 等. 上海东佘山竹林土壤中原尾虫区系的生态调查[J]. *生态学报*, 1981, 1(2): 126-135.
- [14] 尹文英. 原尾虫已知属的分类及其检测特征 [J]. *昆虫学研究集刊*, 1983, (3): 156-163.
- [15] 汤伯伟, 尹文英. 贵州原尾虫一新种及其幼虫期的记述 [J]. *昆虫学报*, 1991, 34(3): 326-330.
- [16] 傅荣恕, 谢荣栋, 尹文英. 泰山地区原尾虫群落结构的初步研究[J]. *动物学研究*, 2000, 21(2): 170-172.
- [17] 谢荣栋, 杨毅明. 西双版纳副铗虫八属的一新种[J]. *昆虫学研究集刊*, 1989, (9): 15.
- [18] 谢荣栋, 杨毅明, 尹文英. 天目山副铗虫八属的一新种 [J]. *昆虫学研究集刊*, 1988, (8): 229-233.
- [19] 赵立军, 尹文英. 西天月山森林土壤弹尾目昆虫变动规律的初步研究[J]. *昆虫学研究集刊*, 1988, (9): 20.
- [20] 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.
- [21] YUE Q Y, FU R S. New records and new species of fresh water springtails from China(Collembola) [J]. *ACTA Entomologica Sinica*, 2000, 43(4): 394-402.
- [22] 董炜华, 殷秀琴. 小兴安岭白桦林土壤跳虫的动态特征 [J]. *生态学杂志*, 2005, 24(3): 278-282.
- [23] 文在根, 陈国定. 黄山土壤甲螨三新种 [J]. *华东昆虫学报*, 1992, 1(2): 4-9.
- [24] 文在根, 赵霞. 云南土壤甲螨亚目调查研究初报[J]. *蛛形学报*, 1994, 3(1): 71-80.
- [25] 王慧英, NORTON R A. 中国表珠甲螨属三新种 [J]. *动物分类学报*, 1993, 18(3): 312-321.
- [26] 王慧英, 崔云琦. 中国南方珠甲属种类纪要[J]. *动物分类学报*, 1994, 19(1): 51-66.
- [27] 尹文英, 杨逢春, 王振中, 等. 中国亚热带土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 1992. 97-156.
- [28] 孙希达. 西天目山土壤线虫区系与生态的初步探讨 [J]. *杭州师院学报*, 1989, (3): 63-68.
- [29] 尹文英, 张荣祖, 殷绥公, 等. 中国土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 149-182.
- [30] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [31] 于长福, 郎奎健, 陈华豪. 帽儿山地区森林土壤动物种群数量分析[J]. *东北林业大学学报*, 1990, 18(2): 32-39.
- [32] 杨效东, 张建侯. 西双版纳人工群落林土壤动物的旱季群落结构[J]. *动物学研究*, 1997, 18(4): 403-409.
- [33] 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.
- [34] 张一, 陈鹏. 吉林省东部山地主要土壤类型及土壤动物 [J]. *东北师大学报(自然科学版)*, 1984, (2): 82-92.
- [35] 廖崇惠, 陈茂乾. 鼎湖山森林土壤动物研究 I. 区系组成及其特征 [J]. *热带亚热带森林生态系统研究*, 1989, (5): 83-95.
- [36] 王振中, 张友梅. 土壤污染对土壤动物群落结构的影响 [J]. *湖南师范大学学报*, 1987, 10(1): 90-96.
- [37] 王振中, 颜亨梅. 有机磷农药对土壤动物群落结构的影响研究[J]. *生态学报*, 1996, 16(4): 357-366.
- [38] 梁文举, 葛亭魁, 段玉玺. 土壤健康及土壤动物生物指示的研究与应用 [J]. *沈阳农业大学学报*, 2001, 32(1): 70-72.
- [39] NAHMANI J, CAPOWIEZ Y, LAVELLE P. Effects of metal pollution on soil macroinvertebrate burrow systems[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2005, 42(1): 31-39.
- [40] KOLESNIKOVA A A, TASKAEVA A A, KRIVOLUTSKII D A, *et al.* Condition of the soil fauna near the Epicenter of an underground nuclear explosion in the northern Urals[J]. *Russian Journal of Ecology*, 2005, 36(3): 150-157.
- [41] 梁文举, 黄国宏. 土壤动物对大气 CO<sub>2</sub> 升高响应研究的进展 [J]. *21 世纪青年学者论坛*, 2001, 23(1): 69-73.
- [42] RUSEK J. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem[J]. *Biodiver and Conser*, 1998, 7: 1207-1219.
- [43] RUNION G B, CURL E A, ROGERS H H, *et al.* Effects of free-air CO<sub>2</sub> enrichment on microbial populations in the rhizosphere and phyllosphere of cotton[J]. *Agric For Meteorol*, 1994, 70: 117-130.
- [44] YEATES G W, NEWTON P C D, ROSS D J. Response of soil nematode fauna to naturally elevated CO<sub>2</sub> levels influenced by soil pattern[J]. *Nematology*, 1999, 1: 285-293.
- [45] AL-DEEB M A, WILD G E, BLAIR J M, *et al.* Effect of Bt corn rootworm control on nontarget soil microarthropods and nematodes[J]. *Environ Entomol*, 2003, 32(4): 859-865.
- [46] 陈晓娟, 何树林, 程开禄, 等. 转 Bt 基因抗虫水稻对稻田生物群落的影响 [J]. *四川农业大学学报*, 2003, 21(2): 185-186.
- [47] 蔡万伦, 石尚柏, 杨长举, 等. Bt 水稻田不同斑块设计对田间节肢动物群落稳定性影响 [J]. *生态学报*, 2005, 25(11): 2968-2974.
- [48] 林社裕, 梁建生, 陈云. 转 Bt 基因棉对土壤无脊椎动物影响研究[J]. *南通医学院学报*, 2004, 24(4): 377-379.