

暖温带北京小龙门林区土壤动物的研究*

陈国孝 宋大祥**

(中国科学院动物研究所, 北京 100080)

摘要 有关暖温带土壤动物的研究,目前国内外尚无专门报道。为了开展这方面的工作,于1993年4月~1994年1月,在北京小龙门森林定位站设立了5个采样点,按国际通用方法每月进行一次定性定量的调查和采集,共采集各类土壤动物标本35294号,它们隶属于5门、16纲、54目、176科、252属、356种。其动物类群数量及组成为:大型土壤动物(腹足类、蛛形类、多足类、膜翅类等)822个,小型土壤动物(蜱螨类为主)3129个,湿生土壤动物(线虫最多)31227个,原生动物(主要为肉足虫及鞭毛虫)年平均量为789238个/克·干土。土壤动物的数量消长趋势具有明显季节性变化,区系特点较突出,其种类组成情况和我国其它地区及相邻国家比较,均存在明显差异。

关键词 暖温带,土壤动物,季节变化,区系特点

A study on soil animal fauna from warm temperate zone in Xiaolongmen forest areas, Beijing/CHEN Guo_Xiao¹⁾ SONG Da_Xiang²⁾

Abstract Up to now, there have been no special reports regarding soil animals in warm-temperate zone at home and abroad. From April 1993 to January 1994, by means of commonly used quantitative and qualitative method, we carried out monthly sample collections in five plots in the Xiaolongmen Forestry Research Stations, Beijing. A total of 35294 specimens were collected, belonging to five phyla, six classes, 54 orders, 176 families, 252 genera and 356 species. Among them, 822 individuals were large size soil animals (Gastropoda, Arachnida, Myriapoda, Hymenoptera etc.), 3129 were small size animals (mainly ticks and mites), 31227 were wet land living soil animals (mainly nematods), and annual mean occurrence of individuals per gram of dry soil of Protozoan (mainly Amoebae and Flagellates) was 789238. The tendency of population fluctuation of dry soil animals showed evident seasonal variations and comparatively obvious fauna characteristics. There are similarities and differences regarding species composition compared with other areas in China and neighbouring countries.

Key words warm temperate zone, soil animal, seasonal variation, faunal characteristics

Author's address 1) Institute of Zoology, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080
2) Hebei University, Baoding 071002

北京小龙门地处北京西部门头沟区齐家乡境内,地理位置为39°58'N、115°26'E,属太行山小五台山的余脉,境内有北京市最高峰东灵山,海拔2313m。中国科学院北京森林生态系统定位研究站就建在小龙门林场内(现为小龙门森林公园),占地面积为16600hm²。

本地区在寒武纪和奥陶纪时曾是一片汪洋大海,侏罗纪末到白垩纪初,在“燕山运动”中奠定了该地区的基本轮廓。新生代渐新世后期,随着喜马拉雅造山运动的加剧,加速了该区的上升,形成了目前的地貌特征。

小龙门的气候属暖温带半湿润型,夏季暖润冬季干寒,年均气温为2~8℃,年降水量约为600mm,70%的降水量出现于6~8月。其森林植被属华北暖温带落叶阔叶次生林或人工林,

*国家自然科学基金重点资助项目(No. 39230070)

**陈国孝 e-mail 地址: snail@pande.ioz.ac.cn; 宋大祥现在地址: 河北大学, 保定 071002

收稿日期: 1999-05-04; 修改稿收到日期: 1999-09-06

落叶阔叶树多以混交状态存在。土壤主要为褐壤和棕壤, 这些土壤一般都很肥沃, 除山脊和悬崖外, 土层厚度通常在 30cm 以上, 地表有 2~4 cm 的枯枝落叶层, 富含有机质(陈灵芝等, 1997)。

有关暖温带土壤动物的研究, 目前国内外尚无专门报道。为了开展这方面工作, 作者于 1993 年 4 月至 1994 年 1 月, 在小龙门森林定位站观测塔附近的山坡和山谷间(海拔 1250 m 左右) 设立了 5 个采样点, 每月进行一次定性定量调查(冬季冻土期仅调查了 1 月份), 对暖温带林区土壤动物种类、数量、动态变化及土壤动物区系特点等进行了初步研究, 调查研究方法参见《中国亚热带土壤动物》一书(尹文英等, 1992)。现将研究结果分别阐述如下。

1 土壤动物的种类组成

在小龙门林区及附近地区土壤动物定性、定量调查中, 共采集各类土壤动物标本 35 294 号, 它们隶属于 5 门、16 纲、54 目、176 科、252 属、356 种(表 1)。

表 1 北京小龙门林区土壤动物种类组成

Table 1 Composition of soil animal species in forest areas at Xiaolongmen, Beijing

门 Phylum	纲 Class	目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species	占总种数% Percentage
原生动物* Protozoa	7	20	49	71	116	32.6
线虫动物 Nemata	2	8	33	61	65	18.2
环节动物 Annelida	1	2	2	7	7	2.0
软体动物 Mollusca	1	2	7	8	12	3.4
节肢动物 Arthropoda	5	22	85	105	156	43.8
合计 Total	16	54	176	252	356	100

* 原生动物现已提升为原生动物亚界, 但为了便于比较, 表中仍把原生动物作为门处理。

* Protocoa is a subkingdom now, but for the sake of convenience, it still act as a phylum in the table

按各门种类多少和所占总数百分比排列, 依次为: 节肢动物 156 种(43.8%)、原生动物 116 种(32.6%)、线虫动物 65 种(18.2%)、软体动物 12 种(3.4%) 和环节动物 7 种(2%)。

节肢动物的种数组成以蛛形纲中的甲螨和蜘蛛所占比例最多, 分别占土壤动物种数的 19.4%(69 种) 和 12.8%(46 种), 此外还有极少量的伪蝎和盲蛛。唇足纲、倍足纲和软甲纲中以石蜈蚣、马陆、潮虫和鼠妇为主, 但所占比例均很少, 这三纲的总数为土壤动物全部种类的 3.5% 左右。昆虫纲中, 除 8 种原尾类和 6 种双尾类鉴定到种以外, 其它如弹尾目及大量昆虫的幼虫由于分类上的难度很大, 故目前只有鞘翅目鉴定出 6 科, 弹尾目鉴定出 6 科 11 属。

原生动物的种类组成中以纤毛虫种数最多, 共发现 70 种, 约占土壤动物种数的 20%; 而肉足虫和鞭毛虫的种类相对较少, 分别为 26 种和 20 种, 约占土壤动物总种数的 7.3% 和 5.6%。

线虫动物种类组成以泄腺纲中的矛线虫目的种类最多, 共发现 11 科 22 种, 占土壤动物总种数的 6.2%; 其次为泄管纲中的垫刃目, 为 6 科 13 种, 约占总种数的 3.6%。其它类群的数量均较少, 如单齿目仅发现 1 科 3 种, 而嘴刺目只发现 1 科 1 种。

软体动物种类全部由腹足纲中的陆生贝类和蛞蝓所组成,共发现7科12种,占土壤动物总数的3.4%。

环节动物种类最少,全部由寡毛纲的蚯蚓和线蚓所组成,前者仅发现2种,后者因分类上的困难,目前只鉴定出5属。

2 土壤动物的类群和数量组成

小龙门土壤动物数量组成系按不同类群的集虫方法和动物栖息层次,每月在5个取样点进行定量采集并分别进行统计和分析^①：

2.1 大型土壤动物：从调查结果可以看出,小龙门共采集大型土壤动物822个(表2),其中以腹足纲、蛛形纲、多足纲及膜翅目为优势类群,特别是腹足纲的数量最多,约占总数的25%;其次为蛛形纲,占总数的18%;多足纲和膜翅目分别为17%和15%。其它各类的数量所占比例较小,其中甲壳纲的等足类只占总数的1%。

2.2 小型土壤动物：在小龙门共采集3129号标本(表3、图1),其中蜚蠊个体数最多,共有2279个,占总数的72.83%;第二、三位是弹尾目及双翅目幼虫,分别占总数的10.74%和9.68%。除此三大类以外,还有鞘翅目、膜翅目、蜘蛛目、唇足纲、倍足纲、寡足纲等10多个类群,但这些动物的数量与蜚蠊和弹尾类的数量相差悬殊,它们之和仅约占总数量的6.75%。

2.3 湿生土壤动物：在土壤动物中是非常重要的类群,数量很大。共采集湿生土壤动物31227个,几乎全部为线虫和线蚓,其数量约占总数量的99.9%;其它类群如螨类等,数量极微,仅占总数量的0.1%(表4)。^{*}

2.4 原生动物：是土壤动物中分布最广、种类和数量都极为丰富的类群之一。由于其研究方法所决定,故在定量研究中,以每克干土(包括落叶)中含有原生动物个体数进行计算。

通过1年的调查研究,小龙门原生动物年平均量为789238个/克·干土,其中以肉足虫

表2 小龙门林区大型土壤动物类群和数量组成
Table 2 Composition of big soil animals in forest areas at Xiaolongmen, Beijing

类群 Group	个数 No. of ind.	占总物种数(%) Percentage (%)
腹足纲 Gastropoda	212	25
蛛形纲 Arachnida	146	18
多足总纲 Myriapoda	143	17
膜翅目 Hymenoptera	125	15
寡毛纲 Oligochaeta	45	6
双翅目 Diptera	38	5
鞘翅目 Coleoptera	31	4
弹尾目 Collembola	29	4
甲壳纲 Crustacea	7	1
其它 Others	46	5
总计 Total	822	100

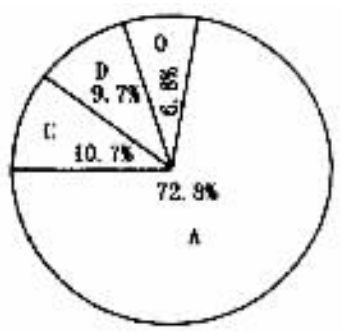


图1 小龙门林区小型土壤动物主要类群的百分比(%)

Fig. 1 Percentage of major group of small animals in forest areas at Xiaolongmen, Beijing
A: 蜚蠊, C: 弹尾目, D: 双翅目, O: 其它类群; A: Acarina, C: Collembola, D: Diptera, O: Other groups

^① 大型动物用50 cm²的取样器在每个取样点的落叶层和0~5 cm土层中取样,小型土壤动物(干漏斗法)用100 ml的取样器在落叶层、0~5 cm、5~10 cm和10~15 cm的土层中取样,湿生土壤动物(湿漏斗法)用25 ml的取样器在上述各层中取样,原生动物也用25 ml取样器在落叶层及0~5 cm土层中取样。其前三类土壤动物记数均为每月实际采到的个体数。原生动物计数前须将土样自然风干,然后经过培养,用3级10倍环式稀释法处理,推算出每克干土中个体数量,详见《中国亚热带土壤动物》(尹文英,1992)。

表 3 北京小龙门林区小型土壤动物数量组成[检测采用 Tullgren 干漏斗法(尹文英 ,1992)]

Table 3 Composition of small soil animals in forest areas at Xiaolongmen , Beijing

类群 Group	1993 年								1994 年	合计 Total	占总数% Percentage (%)
	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sept.	10 月 Oct.	1 月 Jan.			
线虫纲 Nematoda	2	13	3	2		8	16	4	48	1.53	
寡毛纲 Oligochaeta		1		1	4	2	5		13	0.42	
腹足纲 Gastropoda	1	2			3		1	2	9	0.29	
伪蝎目 Pseudoscorpiones				1	3				4	0.13	
蜘蛛目 Araneae	1	4	1	3	7	3	3		22	0.70	
蜱螨目 Acarina	184	159	233	125	124	159	998	297	2279	72.83	
唇足纲 Chilopoda				1		1	1		3	0.09	
倍足纲 Diplopoda		1	1	1					3	0.09	
弹尾目 Collembola	64	72	34	19	9	46	47	45	336	10.74	
直翅目 Orthoptera	2								2	0.06	
同翅目 Homoptera					3		1	1	5	0.16	
半翅目 Hemiptera		3							3	0.09	
缨翅目 Thysanoptera		1							1	0.03	
鳞翅目 Lepidoptera		5	2	1	1	2	1		12	0.38	
鞘翅目 Coleoptera	4	2	5	7	9	14	4	1	46	1.47	
双翅目 Diptera	35	13	32	26	111	52	29	5	303	9.68	
膜翅目 Hymenoptera	7	26	1	2		3		1	40	1.28	
总计 Total	300	302	312	189	274	290	1106	356	3129	100	

表 4 北京小龙门林区湿生土壤动物数量组成(检测采用 Baermann 湿漏斗法(尹文英等 ,1992))

Table 4 Composition of damp living soil animals in forest areas at Xiaolongmen , Beijing

类群 Group	1993 年								1994 年	合计 Total	占总数百分比(%) Percentage (%)
	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sept.	10 月 Oct.	1 月 Jan.			
线虫 Nematode	7885	3792	2032	2943	1944	2539	2126	7839	31 ■ 100	99.6	
线蚓 Microdrile	9	4	6	10	11	29	14	2	85	0.3	
其它 Others			8	4	9	11	10		42	0.1	
总计 Total	7894	3796	2046	2957	1964	2579	2150	7841	31 ■ 227	100	

数量最多,约占总数量的79%;鞭毛虫数量次之,约占总数量的20%;纤毛虫的数量最少,仅占总数量的1%(图2)。

3 土壤动物的季节动态变化

小龙门土壤动物动态调查结果(图3)表明,大型土壤动物以春、夏数量最多,特别多集中于5~8月,其个体数量

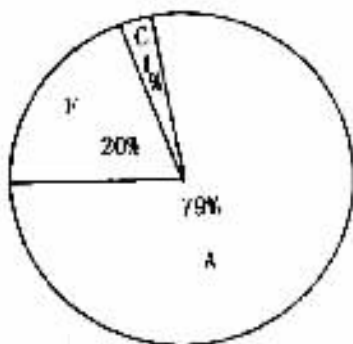


图2 小龙门林区原生动物三大类群的百分比(%)
Fig.2 Percentage of soil protozoa in forest areas at Xiaolongmen, Beijing
A: 肉足虫, C: 纤毛虫, F: 鞭毛虫; A: Amoebae, C: Ciliates, F: Flagellates.

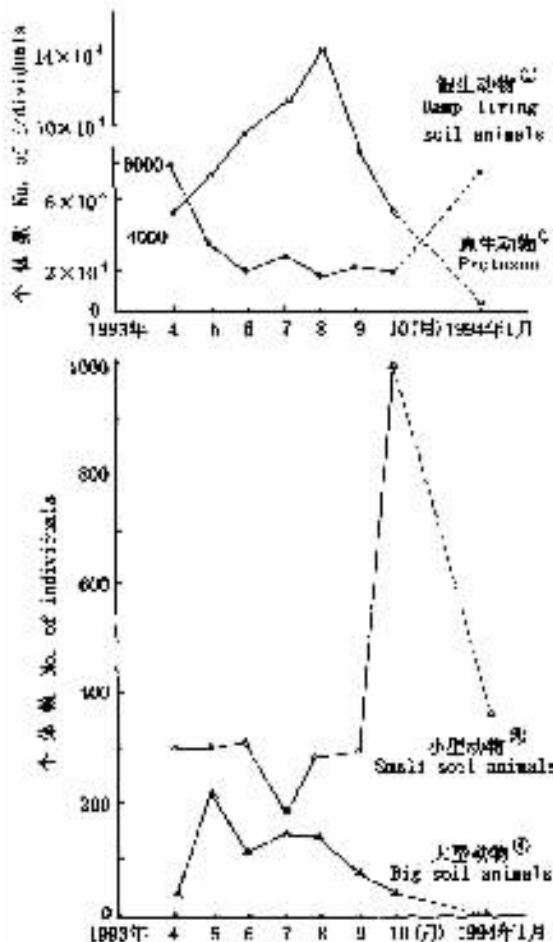


图3 小龙门林区土壤动物的季节变化*
Fig.3 Seasonal changes of soil animals in forest areas at Xiaolongmen, Beijing
注:图中虚线示11、12月份因冻土层甚厚,未能进行数量调查。Dotted line in the figure indicates the survey paused because of the thick frozen earth in Nov. and Dec.
①湿生动物(个/125 ml). Damp living soil animals (ind./125 ml); ②原生动物(个/克·干土,5个样方) Protozoa (ind./g·dried soil, five plots); ③小型动物(个/500 ml) Small soil animals (ind./500 ml); ④大型动物(个/250 cm²) Big soil animals (ind./250 cm²)

分别为218、126、161及155,几乎占全年总数的80%以上。自9月份以后,随着腹足纲、蛛形纲、多足类及鞘翅目幼虫等几个优势类群生长繁殖速度的减弱,大型土壤动物的数量逐渐减少。到冬季1月份调查时,未发现任何大型土壤动物的踪迹。

小型干生土壤动物消长趋势与大型土壤动物明显不同,它们以春、秋数量最多,10月份为全年最高峰,共采得1106个,占全年总数的35%。优势类群螨类和弹尾类也反映出这一特征,其中螨类在10月份调查时采到998个,占其总数的44%。弹尾类在春季4、5两个月调查中共采到136个,占该类总数的40%以上。值得指出的是,即使在冰天雪地,地温只有-6.39℃的1月份,也能在冻土中采到相当数量的螨类(297个)和弹尾类(45个)等小型土壤动物,但大多数为幼体,均处于冬眠状态。在夏季,随着地温的逐渐上升(12℃以上),小型土壤动物的数量相对减少,特别是地温最高的7、8月(15~18℃),小型土壤动物的数量最少,仅占总数的6%~8%,从而反映出温度对于小型土壤动物特别是螨类和弹尾类的生长繁殖具有重要的影响。

由于湿生土壤动物的99%以上是线虫,因此各月数量消长变化实际上就是线虫的变化。它们在气温很低的冬季数量最多。其中1、4、5月三个月共采到19531个,占总数的60%以上。随着气温和地温升高,线虫数量明显减少,特别是4~5月期间,其数量骤然减少了一半。但随着昼夜温差的逐渐下降,特别是夏、秋的6~10月,其数量变化波动不大,个体数量

一般保持在 2500 条左右,即使在全年最低谷的 8 月份,线虫数量也达到近 2000 条。

从土壤原生动物的季节动态变化中可以看出,小龙门土壤原生动物一般以土壤温度最高和含水量最多的夏季密度最大,8 月份达最高峰,密度为 1 424 900 个/克·干土,占全年总量的 1/4 以上。随着温度和土壤含水量降低,其数量明显减少,温度最低的 1 月份是土壤原生动物的最低谷。从而表明土壤原生动物的个体数量与土壤温度及含水量密切相关。原生动物所具有的这种生物学特性,也出现在其它国家和地区^①。*

4 暖温带北京小龙门林区土壤动物区系特点

鉴于我国土壤动物研究起步较晚,且研究方法不尽一致,故进行不同地区的区系比较较为困难,现仅与亚热带地区的土壤动物种类和数量的组成及日本等邻近国家和地区的区系作一简要对比,以初步探讨小龙门暖温带土壤动物的区系特点。

4.1 小龙门土壤动物的种类组成明显少于亚热带地区(尹文英等,1992;王振中等,1989)。尹文英在《中国亚热带土壤动物》一书中共记述 606 种,小龙门种数仅为亚热带地区的一半左右,为 356 种。但两个地带各大类群所占的比例却比较相似,其中都以节肢动物为主,占 40%~50%;其次为原生动物,占 28%~34%;其它如线虫动物、环节动物和软体动物等类群之和仅占 20%~25%。

将我国土壤动物的种类与邻近国家比较,如日本在 90 年代初就已报道土壤动物达 2100 种(青木淳一,1991),而我国迄今仅报道有 1500 余种,这个数字与实际种数相差甚远。当然我国土壤动物研究只有 10 年历程,调查面尚不够广泛,特别是定性调查的力度差距较大。相信通过今后工作的不断深入和调查的不断扩大,一定会发现更多的种类,把我国土壤动物的本底情况进一步搞清。

4.2 小龙门土壤动物的数量组成情况,与我国的其它地区及日本等国相比较,既有明显的相似性,也有明显差异。其中小型干生土壤动物的组成与我国亚热带及日本南部地区相仿,即以螨类为优势类群,占 50%~72%;其次为弹尾类,占 10~36%。但与我国长白山(陈鹏等,1986)及日本北方北海道(北沢右三,1985)比较,则有较大的差异。长白山和北海道小型节肢动物均以弹尾类数量最多,占总数的 55%~56%,而螨类为 28%~37%。

与马来西亚西部热带雨林的小型节肢动物相比(Chiba et al.,1975),也有相似之处,即均以螨类为优势类群,其数量约占总数的 50%。所不同的是马来西亚的小型蚂蚁数量甚多,排在第 2 位,而弹尾目只列为第 3 位。

据青木淳一(1978)报道,从日本的亚热带到温带,随着纬度变化,螨类数量逐渐减少,而弹尾目逐渐增加。尹文英 1992 年在我国亚热带土壤动物研究中认为,日本出现的螨类和弹尾类个体数量随纬度变化而互为增减的现象与我国情况相吻合。小龙门土壤动物研究进一步证明了这种生态地理分布现象的存在。

小型湿生土壤动物的数量组成,主要比较了线虫和线蚓所占的比例。将小龙门和日本北海道的线虫及线蚓进行比较,发现它们非常相似,即线虫都占 99% 以上,线蚓只占 0.3%~1%。这种情况与我国长白山的湿生动物以线蚓数量最为丰富(占总数的 60%)的情况有着极大的区别,同时也与亚热带的湿生动物状况有明显的不同。如天目山的线虫占湿生土壤动物总数的 86.5%,线蚓占 13.5%。天目山的线蚓比例比小龙门的大 40 倍。

小龙门的土壤原生动物数量组成与亚热带相比,相差甚大。如湖北武昌珞珈山原生动物

① 宁应之,1996. 中国典型地带土壤原生动物研究. 理学博士论文,中国科学院水生生物研究所

年平均量为 171 797 个/克·干土,只有小龙门原生动物的数量的 1/5。与我国邻近国家比较,其平均量也大得多。如印度卢迪亚纳的土壤原生动物的平均量仅为 53 000 个/克·干土(Datta et al., 1975)。

从原生动物三大优势类群的数量百分比看,小龙门与长白山地区极为近似,即都以肉足虫数量最多,占 68%~79%,鞭毛虫次之,占 20%~29%;纤毛虫数量最少,不足 1%。而亚热带地区则恰恰相反,如武昌珞珈山是以鞭毛虫为优势,占 73%;肉足虫仅占 26.8%^[11]。这表明无论在南方(热带、亚热带)还是北方(温带、暖温带),肉足虫和鞭毛虫这两个类群在土壤原生动物中均占重要地位,而纤毛虫虽然种类很多(如小龙门 70% 以上种类均为纤毛虫),但数量却很少,不到土壤原生动物总体的 1%。

大型土壤动物的数量组成由于受外界环境条件影响较大(包括自然地理、理化因素等),地带、地区性差异非常显著。如我国亚热带天目山以多足动物为主,个体数量占总数的 24%;衡山以双翅目幼虫为优势,占总数的 22%;岳麓山则以膜翅目中的蚂蚁最为丰富,占总数的 33%(尹文英,1992);而暖温带的小龙门却以腹足纲个体数量最多,约占总数的 25%,其次为蜘蛛目,约占 18%,多足类占第 3 位,为 17%。

将小龙门的大型动物与日本比较,则区别更大。日本北海道林区以寡毛类为优势类群,其次为半翅目和蜘蛛目(北沢淳一,1978)。而小龙门除蜘蛛目较多外,其它两类均很少,其中寡毛类仅占 6%。日本南部的小笠原群岛上的大型土壤动物,主要以甲壳动物(等足类和端足类)为优势,其个体数量占总量的 83.5%(青木淳一,1978),而小龙门的甲壳类(等足类)数量最少,只占 1%。

导致上述差异的主要因素,除与地带、地区的自然环境的明显差异有关外,小生境间的不同可能也是产生这一分异的重要因素。近年来国内外不少文献报道,小生境是导致土壤动物区系变化的重要因素(尹文英等,1992;宁应之,1996^①)。*

致谢 参加本项目的人员还有王慧英、陈德牛、张崇州、崔云琦、贾立君、张国庆、郑伟和王大庆等同志,特此致谢。

参 考 文 献

- 陈灵芝,黄建辉,1997. 暖温带森林生态系统结构与功能的研究. 北京:科学出版社
- 王振中,张友梅,1989. 衡山自然保护区森林土壤中动物群落研究. 地理学报 44(2):205~213
- 尹文英等,1992. 中国亚热带土壤动物. 北京:科学出版社
- 北沢右三,田村弘忠,山内克典,新岛溪子,远藤文枝,1985. 北海道の森林にけるお土壤动物的研究. *Edaphologia*, 1985, 33:40~47
- 青木淳一,1973. 土壤动物学. 北隆馆(东京)
- 青木淳一,1978. 森林の土壤动物遗云 32(11):2~7
- 青木淳一,原田洋,1978. 小笠原诸島の土壤动物相の研究 I,土壤节足动物の群集构造. 国立科学博物馆专报,第 11 号印刷,东京
- 青木淳一,1991. 日本产土壤动物检索图说. 东海大学出版社
- 陈鹏,张一,1986. 长白山针阔混交林下的土壤动物群集的研究. *Edaphologia*, 1986, 35:39~45
- Chiba S, Abe T, Aoki J, Imadade G, Ishikawa K, Kondoh M, Shibo L, 1975. Studies on the productivity of soil animal in the Pasoh forest research, West Malaysia. 1. Seasonal change in the density of soil mesofauna: Acari, Collembola and others. *Sci. Rep. Harosaki. Univ.*, 22:87~124
- Datta T, Magnat K K. 1975. Distribution and abundance of different protozoa as influenced by soil type, vegetation and bacterial population. *Indian J. Acol*, 2:163~170

(本文责任编辑:王美林)

①注文同前页