

延安新区城市生态林中大型土壤动物多样性组成结构特征

刘长海¹,赵桂玲²,曹四平¹

(1.延安大学 生命科学学院 陕西省区域生物资源保育与利用工程技术研究中心,陕西 延安 716000;

2.延安大学 图书馆,陕西 延安 716000)

摘 要:为了研究延安市新区北区生态绿化林大型土壤动物的功能类群及其生态特征,并用于指导新区生态环境的恢复与重建提供理论依据。2015年3月、4月对延安新区北区3个样地的土壤动物进行抽样调查,在不同土层通过手拣法获取大型土壤动物128只隶属于2门4纲10目。结果表明,膜翅目、鞘翅目、蜘蛛目为优势类群;柄眼目、半翅目、弹尾目、石蜈蚣目为常见类群。通过群落多样性指数分析显示,松树样地的多样性指数和丰富性指数指数均大于刺柏和金叶榆样地,而且其个体数和类群数都多于刺柏和金叶榆样地。今后,在城市生态林建设中应保护和利用大型土壤动物的多样性,促进其功能和作用的发挥。

关键词:土壤动物;群落多样性;生态林;延安新区

中图分类号:S764.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2016)05-0198-05

Characteristics of the Composition and Structure of Macro Soil Fauna Diversity
in the Construction of Urban Ecological Forests in Yan'an New District

LIU Chang-hai¹, ZHAO Gui-ling², CAO Si-ping¹

(1. College of Life Science, Yan'an University, Shaanxi Engineering & Technological Research Center for Conversation & Utilization
of Regional Biological Resources, Shaanxi Key Laboratory of Chinese Jujube, Yan'an, Shaanxi 716000, China;

2. Yan'an University Library, Yan'an, Shaanxi 716000, China)

Abstract: In order to study the functional category and ecological characteristics of the macro-soil-fauna in the ecological forest in Yan'an New District, and to provide theoretical basis for the recovery and reconstruction in the new district, a preliminary investigation on the soil animal was carried out by sampling survey method from three sites in Northern district of Yan'an on March and April 2015. The soil macro-faunas were taken by hand sorting in different soil layers, 128 individuals belonging to 2 phyla 4 classes and 10 orders were collected. The results showed that the dominant groups were Rhymenoptera, Coleoptera, Aranea, and the common groups were Styommatophora, Collembola, Hemiptera, and Lithobiomorpha. The composition of groups, distribution of the number of individual and diversity index of soil fauna were analyzed. The results indicated that the diversity and richness index of *Pinus tabulaeformis* plot were more than those of *Juniperus formosana* plot and *Ulmus pumila* Jinye plot. In addition, The total number of individuals and groups of *P. tabulaeformis* plot were more than those of *J. formosana* Hayata plot and *Ulmus pumila* Jinye plot. How to protect and to use the diversity of macro soil faunas and promote its function in the construction of urban ecological forests in future were discussed.

Key words: community diversity; soil fauna; ecological forest; Yan'an New District

土壤动物群落组成与植被状况密切相关^[1-2],不同森林植被类型、林型、生境的土壤动物群落组成存在较大差异^[3-4],其原因在于不同植被类型对土壤生态系统的物质能量输入不同,进而影响土壤动物群落的结构与动态^[5]。近年来,相继开展了对城市土壤动物的研究,诸如对城市绿地土壤动物多样性与群落结构的研究^[6-9],对城市不同功能区及撂荒地土壤动物的研究^[10-13],亦有研究城市化对土壤动物的影响^[14-16],但有关新城建设中土壤动物的研究尚未报道。本研究旨在调查延安新区北区大型土壤动物的多样性,为城市生态系统评价提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究样地

延安新区属陕北黄土高原丘陵沟壑地区,是目前国内湿陷性黄土地区“削山、填沟、造地、建城”规模最大的岩土工程之一。延安新区一期综合开发工程地处黄土丘陵地区,地形条件、工程地质条件和水文地质条件复杂,同时又具有高填方、超大土方量、用地功能多样、建设环境复杂、相互影响因素多等特点^[17]。新区北区位于延安清凉山南北中轴线北部,其境内土层较深、温差大、海拔高,形成了具有独特性质的土壤。生态绿化林包括填方区绿化林、南北山体绿化林、道路绿化林带等 3 部分,主要树种有油松(*Pinus tabulaeformis*)、刺柏(*Juniperus formosana*)、云杉(*Picea asperata*)、白皮松(*Pinus bungeana*)、塔柏(*Sabina chinensis*)、香花槐(*Robinia pseudoacacia* cv. *idaho*)、金叶榆(*Ulmus pumila*)等^[18]。

1.2 标本采集及处理

2015 年 3 月、4 月 2 次在样地的固定点进行采集,1 号样地为油松(*Pinus tabulaeformis*),2 号样地为刺柏(*Juniperus formosana*),3 号样地为金叶榆(*Ulmus pumila*)。

每个样地采用五点取样法,每样点在距地表 0~5、5~10、10~15、15~20 cm 4 个土层中取样,每层取 30 cm×30 cm×5 cm 的土样,每个样地每次取 4 个土样,3 个样地 2 次共获取 24 个土壤样品。大型土壤动物采用手拣法拣出后,用 75% 的酒精固定。然后带回室内进行分类、鉴定及数量统计^[19-21]。

1.3 数据分析与处理

土壤动物数量统计数据采用 Excel2003 软件处理,群落多样性指数的计算采用 SPSS16.0 完成。

土壤动物群落的多样性特征指数采用下列指标分析,具体计算公式如下:

多样性指数 Diversity(*H*)采用 Shannon-Wie-

ner 指数公式: $H = - \sum P_i \ln P_i$

均匀性指数 Evenness(*E*)采用 Pielou 指数公式: $E = H / \ln S$

丰富度指数 Richness(*D*)公式: $D = \ln S / \ln N$ 式中,*H* 为多样性指数,*E* 为均匀性指数,*D* 为丰富度指数,*P_i* 为类群 *i* 占群落总个体数的比例,*S* 为样区内类群数目,*N* 为样区内所有类群的个体数量。

2 结果与分析

2.1 大型土壤动物群落的组成与数量

在 2 次的采样中统计了 6 个土壤样方,获得了 24 个土壤样品,得到了 128 只大型土壤动物样本,经鉴定统计隶属于 2 门 4 纲 10 目(表 1)。其中个体数目最多的是膜翅目(35.93%)、鞘翅目(35.16%)、蜘蛛目(13.28%),约占总数的 84%,属于优势类群;柄眼目(7.81%)、半翅目(1.56%)、弹尾目(1.56%)、石蜈蚣目(1.56%)、虱目(1.56%)为常见类群,约占总数的 14%;鳞翅目(0.78%)、直翅目(0.78%)为稀有类群,约占总数的 2%(表 2)。

表 1 延安新区北区大型土壤动物类群组成

Table 1 Composition of soil taxa in Northern District of Yan'an

门	纲	目/科
软体动物门	腹足纲	柄眼目
节肢动物门	蛛形纲	蜘蛛目
	唇足纲	石蜈蚣目
	昆虫纲	弹尾目
		膜翅目
		半翅目
		虱目
		鳞翅目
		直翅目
		鞘翅目
		瓢虫科
		苔甲科
		叩甲科

2.2 大型土壤动物群落的多样性

3 个样地大型土壤动物群落的多样性、均匀度、丰富度等参数(表 3)采用多样性特征指数公式计算,结果发现大型土壤动物在不同土壤层次存在较大差异。

数据分析表明,土壤动物多样性均为表聚性,但随着土层深度的增加而逐渐递减。究其原因主要与土壤营养随着土层的增深而变低有关,因此样地土壤动物的个体数量亦随之而递减。土壤动物群落的类群数量、个体数量及其多样性、均匀性指数都是反映土壤动物群落结构、水平分布特征的重要指标。

由表 3 可知,油松样地的多样性指数(*H*)、均匀

性指数(E)和丰富度指数(D)分别为 1.914 4、0.871 3和0.618 0,刺柏样地的多样性指数(H)、均匀性指数(E)和丰富度指数(D)分别为 1.873 0、0.852 5和0.556 1,金叶榆样地多样性指数(H)、均匀性指数(E)和丰富度指数(D)分别为 1.711 7、0.879 6和0.534 0。金叶榆样地的类群数(G)和多样性指数(H)略低于其他 2 个样地,这表明金叶榆样地群落的科数、物种数及其丰富度较其他 2 个样地较少。油松样地多样性指数最大,说明其群落物种丰富,结构复杂,类群数量分布均匀。由测定结果比较可知,油松样地多样性指数、丰富度指数最大,

金叶榆样地均匀性指数最大。均匀性指数变化趋势与土壤动物丰富度和多样性指数一致表明该地区土壤动物分布的异质性。土壤动物的丰富度和多样性指数是反映土壤动物群落水平分布差异的重要指标。通过本研究区域土壤动物多样性指数、丰富度指数、均匀度指数和个体数的关系分析显现出:土壤动物多样性与丰富度和均匀度没有明显的线性关系,并且与个体数也没有直接相关关系。生物多样性综合指标指数基本上体现了 3 个样地土壤生态环境的生态特性。

表 2 延安新区北区大型土壤动物数量

Table 2 The population of soil taxa in Northern District of Yan'an

类群	样地个体数						个体总数	占样本总数的比例/%	多度
	S	S1	B	B2	Y	Y1			
弹尾目	0	0	0	0	0	2	2	1.56	++
柄眼目	0	3	0	2	1	4	10	7.81	++
蜘蛛目	4	3	3	4	0	3	17	13.28	+++
石蜈蚣目	0	1	0	1	0	0	2	1.56	++
膜翅目	0	11	8	11	6	10	46	35.93	+++
半翅目	2	0	0	0	0	0	2	1.56	++
虱目	0	0	2	0	0	0	2	1.56	++
鳞翅目	1	0	0	0	0	0	1	0.78	+
直翅目	0	0	1	0	0	0	1	0.78	+
鞘翅目(苔甲科)	1	1	0	2	1	2	7	5.47	++
鞘翅目(叩甲科)	0	5	0	8	0	5	18	14.06	+++
鞘翅目(瓢虫科)	1	2	0	10	1	6	20	15.62	+++
总计	9	26	14	38	9	32	128	100	

注:+++为个体数目>10%的优势类群;++为个体数目>1%且<10%的常见类群;+为个体数目<1%的稀有类群;S、S1 分别表示 2 次取样的油松样地,B、B1 分别表示 2 次取样刺柏样地,Y、Y1 分别表示 2 次取样的金叶榆样地。

表 3 延安新区 3 个样地土壤动物类群变化特征

Table 3 The variation of soil tax at three sampling plots in Northern District of Yan'an

指标	样地		
	油松 S	刺柏 B	金叶榆 Y
类群数	9	9	7
个体总数	35	52	41
多样性指数	1.914 4	1.873 1	1.711 7
均匀性指数	0.871 3	0.852 5	0.879 6
丰富度指数	0.618 0	0.556 1	0.524 0

2.3 大型土壤动物的垂直分布

调查中,在油松样地共获得 35 只动物样本,在刺柏样地共获得 52 只样本,在金钱榆样地共获得 41 只样本。而且在垂直分布表现为第 1 层(0~5 cm)为最多,占总动物个体数的 65.07%,鞘翅目,蜘蛛目,膜翅目为这层的优势类群;第 2 层(5~10 cm)占动物总数的 26.19%鞘翅目为其优势类群;第 3 层(10~15 cm)占动物总数的 8.74%(图 1)。可见,土壤动物在土壤中的分布具有表聚性,且个体数量的表聚性强于类群数的表聚性。

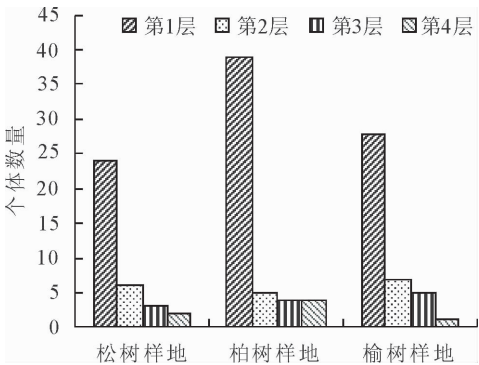


图 1 3 个样地土壤动物个体数量的垂直分布

Fig. 1 Vertical distribution of number of the individual soil faunas' number in three sampling plots

3 讨论

延安市新区是通过“削山、填沟、造地、建城”,建成城区,现在新区处于绿化建设中,而生态系统中土壤动物的种群分布、群落结构与城市环境息息相关^[22]。目前,延安新区的生态绿化林只见雏形,应用土壤动物进行土壤生态环境质量评价是十分必要

的。生态林建设的扰动对土壤动物的群落多样性也造成一定的影响,二者具有互动效应。通过土壤动物群落结构的了解对未来保护新区生态系统物种多样性具有实践性的指导性意义,而且亦为评价城市生态系统健康和指示土壤质量变化提供了科学依据和理论支撑。

从调查结果来看,延安新区北区大型土壤动物个体数量和类群数主要分布在 0~5 cm 土壤层次,与金华、保定、长春、上海、延安、巩义、绵阳、开封、北京等城市的大型土壤动物垂直分布相同^[6-16]。本试验采用多样性指数分析土壤动物群落的特征。0~5 cm 动物群落的多样性和均匀性指数都较高。然而土壤动物在分类时由于分类单位较大,不同类群间生态位不同,某个优势种群的数量巨大,往往掩盖了该群落中其他类群的信息,使得群落多样性和均匀性显著相关,而丰富度关系不密切^[23]。膜翅目、鞘翅目、蜘蛛目是延安新区北区的土壤昆虫群落中的 3 个优势类群,考虑到延安地区干燥且少雨的气候以及湿度温度较适宜的情况,所以这 3 个类群对延安这种气候环境比较适应。其他类群的数量可能受食物资源以及温度的影响较大,所以相对来说膜翅目、鞘翅目、蜘蛛目在这些类群中受环境因素等影响比较小。

从 3 月份和 4 月份获取的样本对比来看,该研究区系陕北黄土高原丘陵沟壑地区,由于大型土壤动物的类群和个体数量受外界环境条件影响较大,地区差异较为显著^[24]。4 月份土壤昆虫的组成趋于复杂,数量和种类也逐渐增多。可能是因为 4 月份较 3 月份气温回升幅度增大,土壤解冻程度也相对增大,所以综合湿度温度等气候条件,4 月份土壤动物数量以及类群较 3 月份有显著增加。

土壤动物是反映土壤环境变化的重要指示生物,在一定程度上土壤动物能够敏感反映土壤受破坏程度、时空变化和生物学效应^[25]。延安新区北区是一个特殊的生态环境,土壤大多是从其他地方挖掘而来,植被破坏程度严重,受这一外界环境的影响,所以土壤的类群数和个体数量较少。在土壤环境质量的评价方面,土壤动物具有较好的应用前景。如果能将土壤动物研究和城市生态评价结合在一起,那么对北区合理规划城市绿地的布局以及绿地类型的设计有重要的指导意义。而且土壤动物的多样性也可以作为生态系统物种多样性的指标或者是城市生态系统健康的有效依据^[26]。但是,此次调查中由于受采集周期短和有限采集点等因素的限制,有关土壤动物与新区生态环境的恢复与重建的关系还有待进一步研究。

4 结 论

在 3 块样地中油松样地的多样性指数和丰富度指数相对较大,所以在 3 块样地中油松的群落物种丰富,结构复杂。金钱榆样地的多样性指数略低于其他 2 个样地,这表明金钱榆样地群落的科数、物种数及其丰富度较其他 2 个样地较少。

延安新区北区土壤动物的优势类群和常见类群与其他类群比较,个体数量大,此类群构成了延安新区北区大型土壤动物的基本成分;延安新区北区土壤动物多样性的垂直分布表现出明显的地下垂直结构的异相性,同时土壤动物的在土壤中的分布具有表聚性,个体数量的表聚性强于类群数的表聚性。

膜翅目、鞘翅目、蜘蛛目是延安新区土壤昆虫群落中的 3 个优势类群,对这种气候环境比较适应,且受环境因素等影响比较小。

在城市生态林建设中,应保护和利用大型土壤动物的多样性,并促进其功能和作用的发挥。

参考文献:

- [1] 廖崇惠,林少明,李健雄,等. 不同类型人工林土壤动物群落结构与功能研究:Ⅲ. 3 个人工林凋落物的分解试验[J]. 生态学报,1995,15(Supp. A):197-203.
LIAO C H,LIN S M,LI J X,*et al.* A comparative study of soil animals on litter decomposition in varied types of artificial forests[J]. *Acta Ecologica Sinica*,1995,15(Supp. A):197-203. (in Chinese)
- [2] CALLAHAM M A,RICHTER D D,COLEMAN D C,*et al.* Long term land use effects on soil invertebrate communities in southern piedmont soils,USA[J]. *European Journal of Soil Biology*,2006,42:150-156.
- [3] 颜绍疆,汪思龙,胡亚林,等. 亚热带天然次生常绿阔叶林与杉木人工林土壤动物群落特征比较[J]. 应用生态学报,2004,15(10):1792-1796
YAN S K,WANG S L,HU Y L,*et al.* A comparative study on soil fauna in native secondary evergreen broad-leaved forest and Chinese fir plantation forests in subtropics[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*,2004,15(10):1792-1796. (in Chinese)
- [4] 徐国良,周国逸,莫江明. 亚热带退化植被重建中土壤动物群落变化[J]. 动物学研究,2006,27(1):23-28.
XU G L,ZHOU G Y,MO J M. Changes of soil fauna during forest restoration in subtropical China [J]. *Zoological Research*,2006,27(1):23-28. (in Chinese)
- [5] LAOSSI K R,BAROT B,CARVALHO D,*et al.* Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures[J]. *Pedobiologia*,2008,51:397-407.
- [6] 葛宝明,程宏毅,郑祥,等. 浙江金华不同城市绿地大型土壤动物群落结构与多样性[J]. 生物多样性,2005,13(3):197-203.
GE B M,CHENG H Y,ZHENG X,*et al.* Community structure and diversity of soil macrofauna from different urban green-

belts in Jinhua city, Zhejiang Province[J]. Biodiversity Science, 2005,13(3):197-203. (in Chinese)

[7] 黄秋娟,王志刚,黄大庄,等. 保定市不同绿地类型土壤动物群落结构特征研究[J]. 河北林果研究,2007,22(1):74-78.
HUANG Q X,WANG Z G,HUANG D Z,*et al.* Comparison of the community structure of soil animals from different green-belts in Baoding city[J]. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research,2007,22(1):74-78. (in Chinese)

[8] 王金凤,由文辉. 上海城市绿地生境中春季大型土壤动物群落结构研究[J]. 生态与农村环境学报,2007,23(1):19-23.
WANG J F,YOU W H. Community structure of soil macro-in-vertebrate in greenbelt habitat in Shanghai[J]. Journal of Ecology and Rural Environment,2007,23(1):19-23. (in Chinese)

[9] 刘长海,苑彩霞,徐世才,等. 延安市绿地生境春季大型土壤动物群落结构研究[J]. 甘肃科学学报,2011,23(3):41-43.
LIU C H,YUAN C X,XU S C,*et al.* Community structure in spring of soil macro-fauna in greenbelt habitat in Yan'an city, Shaanxi Province[J]. Journal of Gansu Sciences,2011,23(3):41-43. (in Chinese)

[10] 彭涛,欧阳志云,文礼章,等. 北京市海淀区土壤节肢动物群落特征[J]. 生态学杂志,2006,52(4):389-394.
PENG T,OUYANG Z Y,WEN L Z,*et al.* Characters of soil arthropod community in Haidian district of Beijing [J]. Chinese Journal of Ecology,2006,52(4):389-394. (in Chinese)

[11] 王金凤,由文辉,易兰. 上海宝钢工业区凋落物中土壤动物群落结构及季节变化[J]. 生物多样性,2007,15(5):463-469.
WANG J F,YOU W H,YI L. Soil animal communities and their seasonal change in the greening litters of different functional zones in Baoshan steel plant, Shanghai[J]. Biodiversity Science,2007,15(5):463-469. (in Chinese)

[12] 赵爽,宋博,侯笑云,等. 河南省巩义市不同类型林地内中型土壤动物群落组成及多样性[J]. 生态与农村环境学报,2015,31(5):704-710.
ZHAO S,SONG B,HOU X Y,*et al.* Species composition and diversity of soil mesofauna community relative to type of woodland in Gongyi city, Henan Province[J]. Journal of Ecology and Rural Environment,2015,31(5):704-710. (in Chinese)

[13] 杨丽红. 绵阳市撂荒地大型土壤动物的群落结构及季节性变化[J]. 贵州农业科学,2015,43(5):133-137.

[14] 宋博,马建华,李剑,等. 开封市土壤动物及其对土壤污染的响应[J]. 土壤学报,2007,44(3):529-535.
SONG B,MA J H,LI J,*et al.* Soil animal and their response to soil pollution in Kaifeng city[J]. Acta Pedologica Sinica,2007,44(3):529-535. (in Chinese)

[15] 符方艳,陆宏芳. 城市化对南亚热带常绿阔叶林土壤生物群落结构的影响[J]. 生态环境学报,2015,24(6):938-946.
FU F Y,LU H F. Effects of urbanization on soil community structure under subtropical evergreen broad-leaved forests [J]. Ecology and Environmental Sciences,2015,24(6):938-946. (in Chinese)

[16] 宋英石,李晓文,李锋,等. 北京市奥林匹克公园不同地表类型对土壤动物多样性的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(4):1130-1136.
SONG Y S,LI X W,LI F,*et al.* Influence of different types of surface on the diversity of soil fauna in Beijing Olympic Park [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2015,26(4):1130-1136. (in Chinese)

[17] 王衍汇,倪万魁,石博溢,等. 延安新区黄土高填方边坡稳定性分析[J]. 水利与建筑工程学报,2014,12(5):52-56.
WANG Y H,NI W K,SHI B Y,*et al.* Stability analysis of high-filled loess slope in Yan'an new district[J]. Journal of Water Resources and Architectural Engineering,2014,12(5):52-56. (in Chinese)

[18] 王晓润,曹文文,刘长海. 延安新区生态林建设对土壤理化性质的影响[J]. 干旱地区农业研究,2015,33(5):207-210.
WANG X J,CAO W W,LIU C H. Effects of ecological forest construction on soil physical and chemical properties in Yan'an new district[J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2015,33(5):207-210. (in Chinese)

[19] 青木淳一. 土壤动物学[M]. 东京:北隆馆,1973.

[20] 尹文英. 中国亚热带土壤动物[M]. 北京:科学出版社,1992.

[21] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京:科学出版社,1998.

[22] HELDEN A J,LEATHER S R. Biodiversity on urban roundabouts Hemiptera, management and the species-area relationship[J]. Basic and Applied Ecology,2004,5(1):367-377.

[23] 阴环. 汾河两岸两种人工林土壤动物群落多样性研究[J]. 山西师范大学学报:自然科学版,2006,20(2):2502-2509.
YIN H. Study on the diversity of soil animal communities in two different artificial woodlands in Fen River region [J]. Journal of Shanxi Normal University: Nat. Sci. Edi.,2006,20(2):2502-2509. (in Chinese)

[24] 朱新玉,高宝嘉,胡云川. 内蒙古东部过渡带大型土壤节肢动物多样性调查[J]. 西北林学院学报,2012,27(5):129-134.
ZHU X Y,GAO B J,HU Y C. Community structure and diversity of soil macro-arthropod in the forest-steppe ecotone [J]. Journal of Northwest Forestry University,2012,27(5):129-134. (in Chinese)

[25] 白登忠,谢寿安,史睿杰,等. 秦岭土壤环境变化对土壤动物群落的影响[J]. 西北林学院学报,2012,27(6):1-7.
BAI D Z,XIE S A ,SHI R J,*et al.* Effects of the changes in soil environment on community structure of soil animal in Qinling Mountains[J]. Journal of Northwest Forestry University,2012,27(6):1-7. (in Chinese)

[26] 杨冬青,高俊. 城市生态系统中土壤动物研究及应用进展[J]. 生态学杂志,2002,21(5):54-57.
YANG D Q,GAO J. Research and application of soil animals in urban[J]. Ecosystem Chinese Journal of Ecology,2002,21(5):54-57. (in Chinese)