

# 广州市不同土地利用方式下冬季土壤 动物群落结构的研究\*

李庆芳<sup>1,2,3</sup> 章家恩<sup>1,2,3\*\*</sup> 秦 钟<sup>1,2,3</sup>

(1. 华南农业大学农学院生态学系 广州 510642; 2. 华南农业大学 农业部生态农业重点开放实验室 广州 510642;  
3. 广东省高等学校农业生态与农村环境重点实验室 广州 510642)

**摘要** 对广州市越秀区和天河区3种土地利用方式(绿地、林地、农田)下、6种不同样地(人民公园东部绿地、天河体育中心广场绿地、华南植物园、华南农业大学树木园、郊区岑村农田和郊区凤凰街农田)中小型土壤动物群落的数量和结构组成、分布及其变化规律进行了研究。调查期间共获得中小型土壤动物1365个,共25个类群,分别隶属于7门16个类群,优势类群为线虫纲(Nematoda)、蜱螨目(Acarina)和弹尾目(Collembola),共占总捕获量的83.44%。不同样地生境中土壤动物的类群组成以及个体数不同。各样地土壤动物群落复杂性指数(C)以华南植物园为最高,达2.822,人民公园绿地为最低。观测样地中小型土壤动物表现出明显的表聚现象,垂直分布有明显差异,类群数和个体数随深度增加而减少。群落排序的结果显示,土壤动物群落对人类活动干扰的响应有所不同,其中倍足纲(Diplopoda)和石蛎目(Archaeognatha)这两类土壤动物为稀有类群,仅在观测的林地类样地中有分布,对干扰最为敏感,可用于指示城市化进程S中土地利用类型的变化。

**关键词** 中小型土壤动物 数量结构 除趋势对应分析 土地利用类型 城市化  
中图分类号: S154.5 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2012)11-1521-06

## Soil faunal community structure in winter season under various land use types in Guangzhou

LI Qing-Fang<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Jia-En<sup>1,2,3</sup>, QIN Zhong<sup>1,2,3</sup>

(1. Department of Ecology, College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;  
2. Key Laboratory of Ecological Agriculture, Ministry of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;  
3. Key Laboratory of Agro-ecology and Rural Environment of Guangdong Regular Institutions of Higher Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract** Rapid urbanization process changes the spatial pattern of land utilization, soil physical and chemical properties. As an important part of urban ecosystem, soil animals have been used in monitoring researches of many environmental problems from urbanization, in which some of them may be used as indicator species to monitor and evaluate soil quality and health as well as one of the main influential factors on material cycles. To better know the impacts of urbanization on soil animals community and soil ecosystem, we took Tianhe and Yuexiu Districts of Guangzhou City as a case study area, 6 sites from three different land use systems including the two woodlands, two grasslands and two farmlands were selected as the investigation sites in January 2008. Soil meso- and micro- faunal communities in six sites located in three different land use types were investigated. The total number and groups of soil meso- and micro- fauna genera sampled were 1365 and 25 respectively, belonging to 7 phyla. Dominant genera were Nematoda, Acarina and Turbellaria, comprising 83.44% of total samples collected. The community complexity index (C), a measure of the complexity and diversity of the communities was highest (2.822) in forestland of the South China Botanical Garden plot and lowest in grassland of the Ren Min Park plot. The vertical distribution of soil meso- and micro-faunal communities in the six sampling plots showed clear surface assembly, with the total number of soil fauna and genera declining with soil depth. Detrended correspondence

\* 国家自然科学基金面上项目(40871118)和广东省自然科学基金项目(8151064201000048, S2011010001570)资助

\*\* 通讯作者: 章家恩(1968—), 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为农业生态学。E-mail: jeanzh@scau.edu.cn

李庆芳(1982—), 女, 硕士, 主要从事土壤生态学等方面的研究。E-mail: qf-981606@163.com

收稿日期: 2012-02-15 接受日期: 2012-07-26

analysis indicated that soil animal communities responded differently to varying intensities of human activities. Rare genera within the Orders of Diplopoda and Archaeognatha could be only found in the two forestland plots and very sensitive to human disturbance, indicating that soil fauna within these two orders might be used to detect land use changes resulting from urbanization. The results of this study provided scientific and fundamental data for the indicative function of the soil quality change by giving a survey of variations of soil meso- and micro-faunal community's composition and distribution under the influences of rapid urbanization. Moreover, the study pointed out that future studies should integrate the studies of the soil animals and changes in land use type for the enhancement or improvement of soil quality.

**Key words** Soil meso- and micro-fauna, Community structure, Detrended correspondence analysis (DCA), Land use type, Urbanization

(Received Feb. 15, 2012; accepted Jul. 26, 2012)

土壤动物是土壤生态系统中不可缺少的组成部分之一,是生态系统中重要的消费者和分解者。近年来,随着城市化进程的加快,人们已逐渐认识到,人类活动如土地开发、农田耕作、肥料和农药的使用、环境污染等都会对土壤动物的种类、数量、群落结构及其生理过程和生态功能等产生影响,并最终影响到人类生活<sup>[1-2]</sup>。大量的研究也表明,土壤动物具有类群丰富、数量巨大、对温度变化反应灵敏以及寿命较短等特点,能够对快速的城市化进程做出灵敏、客观的反应,土壤动物的活动和生物量等可用于衡量土壤生态环境的优劣<sup>[3-6]</sup>。

城市是人类居住的主要区域,也是人类活动的中心。在城市发展的过程中,城市的土地利用发生了显著变化。以往对城市土地利用的研究主要集中在提高土地利用效率、优化土地资源分配、建立机制和体系等宏观方面,对微观方面的研究主要集中在对土壤环境的影响方面,对于城市化对土壤动物和土壤生态的研究相对较少。以土壤动物和土壤生态为研究对象,探讨城市化进程中对土壤的影响,可为日后利用土壤动物开展城市环境的评价和监测以及城市生态环境建设工作提供依据。天河区位于广州市老城区东部,是近年来城市化发展较快的区域之一,该区部分处于城市与农村的过渡带,存在受人类干扰强度不同的多种土地利用形式,土壤环境质量差异较大。本文对广州市老城区中心至天河区沿线典型的绿地、林地和农田 3 种不同土地利用类型下土壤动物群落的数量和结构组成、分布及其变化规律进行了研究,旨在进一步了解城市化过程中人为干扰对土壤动物群落和土壤生态环境的影响,并为利用土壤动物开展城市环境的评价和监测以及城市生态环境建设等提供科学参考。

## 1 研究方法

### 1.1 研究地概况

广州市位于东经 113°17', 北纬 23°8', 地处广东省的中南部、珠江三角洲的北缘,濒临南海,毗临港

澳。地势东北高、西南低,北和东北部是山区,中部是丘陵、台地,南部是珠江三角洲冲积平原。广州属南亚热带典型的海洋性季风气候,光热资源充足,年太阳总辐射量 442.3~461.2 kJ·cm<sup>-2</sup>, 年平均气温 21.4~21.8 °C, 雨量充沛,年降水量 1 689.3~1 876.5 mm, 雨季(4—9月)降水量占全年的 85% 左右。

本研究在沿广州最古老的中心城区越秀区,向东延至新城市中轴线——天河区这一范围内,选取典型的绿地、林地和农田 3 种土地利用类型,每种土地利用方式选取 2 个具有代表性的地点作为研究样地,每个样地面积约为 0.05 hm<sup>2</sup>。同一利用方式的 2 个地点研究样地的选取尽量保证具有相似的环境状况和植物覆盖或利用状况。各样点基本信息如表 1。

### 1.2 取样和鉴定

于 2008 年 1 月,在每个研究样地中,随机选取 3 个取样点。每个样点先除去地表覆盖物,分别用 100 cm<sup>3</sup> 和 25 cm<sup>3</sup> 土壤取样器按 0~5 cm、5~10 cm 和 10~15 cm 连续分层取样。100 cm<sup>3</sup> 取样器用于干式土壤动物采集,25 cm<sup>3</sup> 取样器用于湿生土壤动物采集。中小型土壤动物的分离主要采用 Tullgren 法(干漏斗法)和 Baermann 法(湿漏斗法)<sup>[7-8]</sup>。收集到的各种土壤动物在双目显微镜和体视镜下进行观察,并进行分类鉴定和数量统计。

在土壤动物采样的同时,沿土壤剖面自上而下,分别采集各层土样带回室内进行土壤 pH、有机质含量测定。各土层土壤温、湿度分别采用土壤温度计(TP3001 Digital Thermometer)和烘干法测定。

### 1.3 数据分析

选用土壤动物的多样性指数、均匀度、优势度和丰富度作为不同土地利用方式下土壤动物群落结构指标,其计算公式如下:

Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ ):

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \quad (1)$$

表 1 供试样地的概况  
Table 1 General information of six sampling habitats

土地利用类型 Land use type	代码 Code	采样地点 Sample site	概况 General information
绿地 Grassland	G1	广州市人民公园东部 East part of the Renmin Park of Guangzhou City	5 年历史 Planted for five years
	G2	广州市天河体育中心广场绿地 Square of Tianhe Sports Center of Guangzhou City	5 年历史 Planted for five years
林地 Forestland	T1	华南植物园 South China Botanical Garden	坡垒树纯林 Pure <i>Hopen hainanensis</i> Merr.et Chun forest
	T2	华南农业大学树木园 Botanical Garden in South China Agricultural University	坡垒树纯林 Pure <i>H. hainanensis</i> forest
农田 Farmland	A1	广州市郊区岑村农田 Cengcun, suburb of Tianhe District, Guangzhou City	常年种植蔬菜和草莓 Vegetable/strawberry rotation land
	A2	广州市郊区凤凰街农田 Fenghuang Street, suburb of Tianhe District, Guangzhou City	常年种植蔬菜和草莓 Vegetable/strawberry rotation land

Pielou 均匀性指数( $E$ ):

$$E = H' / H'_{\max} = H' / \ln S \quad (2)$$

$$H'_{\max} = -S \left( \frac{1}{S} \ln \frac{1}{S} \right) = \ln S \quad (3)$$

Simpson 优势度指数( $D$ ):

$$D = \sum (n_i / N)^2 \quad (4)$$

式中:  $n_i$  为样区内第  $i$  个类群的个体数量;  $N$  为样区内所有类群的个体数量;  $P_i$  指  $i$  类群在群落中的个体比例, 即  $P_i = n_i / N$ ;  $S$  为样区内类群的数目。

据傅必谦等<sup>[9]</sup>的研究, 当进行土壤动物群落多样性比较时, 可在  $H'$  指数的基础上进行一定改进, 使其能同时体现群落的类群数、各类群在群落中的相对多度以及在群落间的相对丰度 3 个特征。为此, 他提出了一种新的计算土壤动物群落多样性的指数, 即群落的复杂性指数  $C$  (complexity index of community), 计算公式为:

$$C = H' \times r = H'_{\max} \times E \times r \quad (5)$$

式中:  $H'$ 、 $H'_{\max}$ 、 $E$  分别为群落的 Shannon-Wiener 多样性指数、最大多样性指数及均匀度指数;  $r$  为校正系数, 代表群落间相对丰度对群落复杂性的影响。本文也对各样地土壤动物群落的复杂性指数  $C$  进行了计算。

为研究样地间土壤动物群落结构的相似程度, 用 Jaccard 相似性指数( $J$ )进行分析, 计算公式为:

$$J = \frac{c}{a+b+c} \quad (6)$$

式中,  $a$  为 A 群落类群数,  $b$  为 B 群落类群数,  $c$  为 A、B 两群落共有的类群数。根据 Jaccard 相似系数公式规定, 当相似系数为 0~0.25 时, 为极不相似; 为 0.25~0.50 时, 为中等不相似; 为 0.50~0.75 时, 为中等相似; 为 0.75~1.0 时, 为极相似。

土壤动物多度按以下标准划分: 个体数量占总

捕获量 10% 以上者为优势类群, 占 1%~10% 者为常见类群, 不足 1% 者为稀有类群。

数据处理采用 Microsoft Excel 软件, 土壤动物群落的排序利用 MVSP v3.13 (Multi-Variant Statistical Package) 软件, 不同土地利用方式的多样性指数等的差异采用 SPSS 19.0 软件中的单因素方差分析 (One-way ANOVA) 过程完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同土地利用方式下土壤动物群落数量结构

本研究在 6 个样地 18 个样点 108 份土样中, 共获得中小型土壤动物共 25 个类群, 1 365 个, 隶属于 7 门 [扁形动物门 (Platyhelminthes)、轮形动物门 (Rotatoria)、线虫动物门 (Nematoda)、环节动物门 (Annelida)、软体动物门 (Mollusca)、缓步动物门 (Tardigrada)、节肢动物门 (Arthropoda)] 16 个类群 [涡虫纲 (Turbellaria)、轮虫纲 (Rotifera)、寡毛纲 (Oligochaeta)、蛛形纲 (Arachnida)、腹足纲 (Gastropoda) 等]。优势类群为线虫类 (Nematoda) (53.92%)、蜱螨类 (Acarina) (15.60%) 和弹尾类 (Collembola) (13.92%), 常见类群为等足目 (Isopoda) (1.25%)、膜翅目 (Hymenoptera) (2.78%)、轮形动物 (1.10%)、腹足纲 (2.27%)、寡毛纲 (2.78%), 其余类群占个体总数的 1% 以下。3 个优势类群个体数达到总个体数的 83.44%, 3 个优势类群和 5 个常见类群个体数占总个体数的 93.62%, 它们构成了调查得到的中小型土壤动物的主体 (表 2)。

3 种不同土地利用类型中, 各样地中小型土壤动物的群落组成略有差异。类群数依次为: 人民公园绿地 G1 (14) < 天河体育中心绿地 G2 (15) = 岑村农用地 A1 (15) = 凤凰街农用地 A2 (15) < 华南植物园 T1 (17) < 华南农业大学树木园 T2 (18)。从土壤动物的捕获量上看, 华南农业大学树木园 T2 (278) > 人民公

表 2 调查样地中小型土壤动物的群落组成(2008 年 1 月)  
Table 2 Compositions of soil meso- and micro- fauna communities in six sampling plots in January, 2008

类群 General group	绿地 Grassland		林地 Forestland		农用地 Farmland		总计 Total	频度 Frequency (%)	多度 Abundance
	G1	G2	T1	T2	A1	A2			
线虫动物门 Nematoda	169	119	119	159	86	84	736	53.92	+++
蜱螨目 Acarina	37	27	54	50	21	24	213	15.60	+++
弹尾目 Collembola	17	13	15	18	61	66	190	13.92	+++
裂盾目 Schizomida	0	0	2	3	2	2	9	0.66	+
缨翅目 Thysanoptera	2	2	0	0	0	0	4	0.29	+
倍足纲 Diplopoda	0	0	1	3	0	0	4	0.29	+
唇足纲 Chilopoda	3	0	2	1	2	2	10	0.73	+
综合纲 Symphyla	0	0	0	0	1	2	3	0.22	+
等足目 Isopoda	2	3	2	4	3	3	17	1.25	++
盲蛛目 Opiliones	3	1	3	1	0	0	8	0.59	+
膜翅目 Hymenoptera	6	13	9	6	0	4	38	2.78	++
等翅目 Blattaria	1	1	0	1	2	1	6	0.44	+
啮虫目 Psocoptera	2	1	1	2	0	0	6	0.44	+
蜚蠊目 Blattoptera	1	1	1	1	2	1	7	0.51	+
原尾纲 Protura	2	0	0	0	1	0	3	0.22	+
轮形动物 Rotifera	0	0	7	3	2	3	15	1.10	++
腹足纲 Gastropoda	6	5	6	8	4	2	31	2.27	++
蛭纲 Hirudinea	2	1	2	4	0	0	9	0.66	+
寡毛纲 Oligochaete	8	5	10	12	3	0	38	2.78	++
双翅目幼虫 Diptera larvae	0	0	0	0	3	1	4	0.29	+
鞘翅目幼虫 Coleoptera larvae	0	0	1	0	0	0	1	0.07	+
有鞭目 Uropigi	0	0	0	0	1	1	2	0.15	+
同翅目 Homoptera	0	2	1	0	2	0	5	0.37	+
石蛎目 Archaeognatha	0	0	1	2	0	0	3	0.22	+
直翅目 Orthoptera	2	1	0	0	0	0	3	0.22	+
个体总数 Sum of individuals	263	195	237	278	196	196	1 365		
类群数 Species sum	14	15	17	18	15	15			

+++表示优势类群 Dominant groups (>10%); ++表示常见类群 Common groups (1%~10%); +表示稀有类群 Rare groups (<1%).

园绿地G1(263)>华南植物园T1(237)>岑村农用地A1(196)=凤凰街农用地A2(196)>天河体育中心绿地G2(195)。

从土壤动物的垂直结构看, 6个样地的土壤动物随着土壤层次的加深而递减, 0~5 cm土壤层数量最大, 存在明显的“表聚现象”, 但不同样地中各层土壤动物的丰富度及其随土层加深而递减的程度不同(表3)。其中, 华南农业大学树木园T2土壤动物群落不同土层中相对较丰富, 农田类型的两个样地中, 土壤动物群落的类群数和个体数均较低, 尤其是凤凰街农田A2, 这两个样地土壤动物群落的类群数和个体数的垂直变化较为和缓, 而其他样地的垂直变化均较明显, 其中人民公园绿地G1和华南植物园T1两样地中, 土壤动物群落的类群数和个体数的垂直变化均呈现较高的一致性。

2.2 不同土地利用方式下群落结构的多样性指标

6个样地的中小型土壤动物群落结构的多样性指标见图1, 其均匀度指数(E)和优势度指数(D)相差

表3 6种样地中小型土壤动物群落的垂直分布结构  
Table 3 Vertical distribution of soil meso- and micro- fauna communities in different soil layers of 6 sampling plots

样地 Sample plot	类群数 Orders number			个体数 Individuals number		
	0~5 cm	5~10 cm	10~15 cm	0~5 cm	5~10 cm	10~15 cm
G1	16	10	3	175	73	15
G2	15	7	2	139	48	8
T1	16	10	3	174	71	12
T2	15	10	5	201	62	15
A1	12	9	5	118	78	20
A2	10	8	4	99	79	18

不大, 变化趋势较为一致。华南农业大学树木园 T2 与岑村农用地 A1 相比, 前者土壤动物不仅类群丰富, 而且个体数目较高; 岑村农用地 A1 组成相对简单, 均匀度较高, Shannon-Wiener 多样性指数  $H'$  高于华南农业大学树木园 T2。用复杂性指数  $C$  测度时, 两个群落的  $C$  值分别为 2.508 和 2.679, 岑村农用地 A1 土壤动物的复杂性略高于华南农业大学树木园 T2。各样地指数  $C$  由大到小的顺序为: 华南植物园

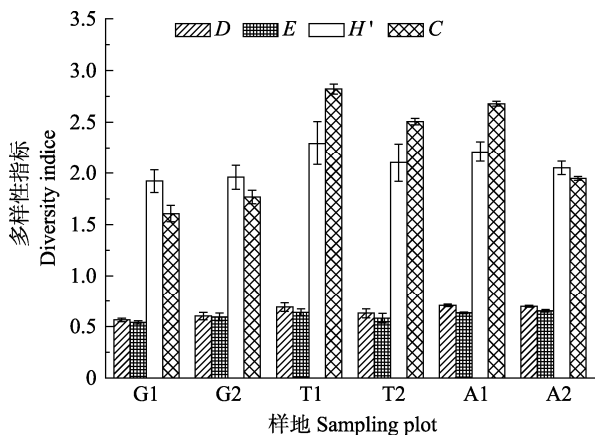


图 1 观测样地中小型土壤动物群落多样性指标  
Fig. 1 Diversity indices of soil meso- and micro- fauna communities in six sampling plots

T1(2.822)>岑村农用地G1(2.679)>华南农业大学树木园T2(2.508)>凤凰街农用地A2(1.947)>天河体育中心绿地G2(1.767)>人民公园绿地G1(1.606)。统计分析表明, 3种不同土地利用方式的Pielou均匀性指数E和Simpson优势度指数D差异并不显著, 但Shannon-Wiener多样性指数H'、复杂性指数C存在极显著和显著差异(H':  $F=7.823, P=0.005$ ; C:  $F=6.541, P=0.027$ ), 绿地的多样性指数H'显著低于其他土地利用类型, 农田的H'略高于林地, 但并不显著。林地、农田的复杂性指数C显著高于绿地。

2.3 不同土地利用方式下群落的相似性与排序

表4是6个样地土壤动物群落相似性计算的结果。相同土地利用方式的两样地, 土壤动物群落的相似性指数均极高, 3种土地利用方式下土壤动物群落的相似性呈现出以下趋势: 林地>绿地>农用地。华南植物园T1和华南农业大学树木园T2土壤动物的相似性系数最高, 达到0.842。林地、绿地4种样地任意两者之间土壤动物的相似性都达到了中等相似及以上水平。农用地土壤动物群落的相似性最低, 其中凤凰街农田样点(A2)与天河体育中心绿地(G2)中出现的土壤动物类型相似系数为0.381, 为中等不相似。

表4 观测样地土壤动物群落的相似性  
Table 4 Similarities of soil animal communities among six sampling plots

样地 Sample plot	G1	G2	T1	T2	A1	A2
G1	1.000					
G2	0.824	1.000				
T1	0.650	0.600	1.000			
T2	0.545	0.571	0.842	1.000		
A1	0.455	0.409	0.500	0.478	1.000	
A2	0.429	0.381	0.550	0.455	0.765	1.000

为进一步研究各样地土壤动物群落结构及其影响因素, 本研究先将密度原始数据进行4次开方, 以减少个别优势类群对整个群落影响的权重, 然后对土壤动物群落进行除趋势对应分析(detrended correspondence analysis, DCA), 结果如图2所示。

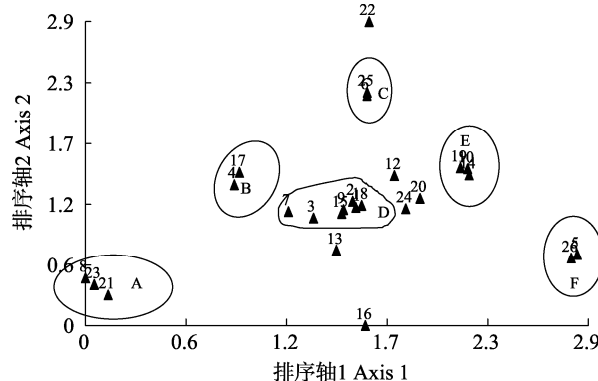


图2 不同观测样地土壤动物群落的DCA排序  
Fig. 2 Results of detrended correspondence analysis (DCA) of soil animal communities in 6 experimental plots

1~25表示土壤动物类群的密度; A、B、C、D表示用排序方法对土壤动物类群的划分结果。Numbers from 1 to 25 represented the density of soil meso- and micro- fauna communities in January, 2008 (see the table 2). A, B, C, D represented the segmentation results using the DCA method.

从土壤动物在DCA排序轴上的分布图中可以看出, 通过排序可将6种样地26个类群的土壤动物分为6大区, 其中A区包括综合纲(8)、双翅目幼虫(21)和有鞭目(23)类群, 这3类土壤动物是农田类样地中的基本成分, 而在林地、绿地中却未有捕获; B区包括裂盾目(4)和轮形动物(17)类群, 这2种土壤动物在绿地类样地中未有发现, 但在林地和农田中均有捕获; C区包括倍足纲(6)和石蛎目(25)类群, 这2种土壤动物仅在林地类样地中有分布, 但在绿地和农田中均有捕获; D区包括线虫(1)、蜚螨(2)、等足目(9)、蜚蠊目(15)、弹尾(3)、唇足纲(7)和腹足纲(18)类群, 这些土壤动物在所有的观测样地中都有分布, 且密度大小较为接近; E区包括蛭纲(19)、虫齿目(14)、盲蛛目(10)类群, 这3种土壤动物在林地、绿地这两种土地利用类型的样地中均有分布, 但在农田类样地中却没有发现; F区包括缨翅目(5)和直翅目(26)类群, 这2种土壤动物仅在绿地类型的样地中出现, 在林地和农田类样地中均未有捕获。由此可见, 这6大区主要是受人类活动干扰强度与方式影响不同而形成的土壤动物类群。

DCA排序的第1轴和第2轴显示了重要的生态意义。在土壤质地、地形等一致的情况下, 第1轴基本上反映了土壤动物群落所在环境的理化性质。土壤

动物类群出现较多的区域位于第1排序轴的中间地带,土壤温度、水分适宜,pH大约在6.2~6.7左右且有有机质含量较高。第1排序轴的左、右两端,土壤温度、水分均略低,pH在4.3~5.5之间,土壤综合环境相对较差,只有个别适应能力强的稀有类群出现。第2排序轴则反映了人为干扰对土壤动物群落的影响。第2排序轴由下到上,随着人为干扰强度的逐渐减弱,土壤动物生存环境也趋于稳定,土壤动物群落的类群数和密度也相应增加。位于排序轴左下方A区所受的干扰强度最大,综合纲、双翅目幼虫和有鞭目的土壤动物在该区出现,表明这3类土壤动物对干扰的敏感性不强;F区的两类土壤动物属绿地类型的稀有类群,可忍受中等强度的人为干扰;位于排序轴较上方的D区,所受的干扰强度较弱,土壤动物的优势类群、常见类群和部分稀有类群均有出现。倍足纲和石蛎目这两类土壤动物的稀有类群,对干扰最为敏感,对其存活的环境要求也很高,因而仅在干扰强度最小、土壤综合环境因素最为适宜的C区出现。B区和E区则属过渡类型。

### 3 讨论与结论

本研究对不同土地利用类型下土壤动物的研究发现,受人类干扰程度的不同,土壤动物种类、数量和分布均有所不同。林地植被覆盖固定、受人为干扰最少、又远离污染源,故土壤动物类群数和总捕获量最大。绿地植被覆盖相对固定,但也会受到较多的人为干扰,如施肥、喷药以及践踏等,因此,其土壤动物捕获量和类群数少于林地。对于农业用地,由于作物种植的季节性更替以及土壤经常性翻耕与施肥施药,土壤动物的环境不够稳定,故农用地土壤动物的捕获量和类群数最低。

已有研究表明,人类活动如土地开发、农田耕作、肥料和农药的使用、环境污染等都会对土壤动物的种类、数量、群落结构及其生理过程和生态功能等产生影响,并最终影响人类生活<sup>[10-11]</sup>。本研究结果发现,土壤动物群落对不同程度人类活动的响应有所不同,其中倍足纲和石蛎目这两类土壤动物的稀有类群,对干扰最为敏感,可用于指示城市化地区土地利用的变化。

土地利用类型的变化是城市化进程的特点之一,

研究土壤动物群落结构、分布及不同环境梯度土壤动物群落多样性的变化可反映不同土地利用方式对城市生物多样性的影响,某些对环境变化敏感的土壤动物类群,可成为评价城市化过程中生态系统物种多样性及城市生态系统健康的重要依据。由于土壤动物的组成极为复杂,每一个地区都有其独特的土壤动物区系组成,在多种环境因子的综合作用下其变化也不相同,这方面的研究还有待于进一步深入。

本研究通过 DCA 排序,在一定程度上反映出土壤动物数量与特定土地利用形式间的关系。在实际条件下,影响土壤动物群落结构的可能因素很多,除人为干扰外,还受气候、土壤理化性质(有机物含量、疏松程度、污染程度、土壤温度、土壤湿度等)、植被情况等因素的影响,因此,需要与环境特点数据结合做进一步分析。

### 参考文献

- [1] McIntyre N E, Rango J, Fagan W F, et al. Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2001, 52(7): 257-274
- [2] Baker G H. Recognising and responding to the influences of agriculture and other land-use practices on soil fauna in Australia[J]. *Applied Soil Ecology*, 1998, 9(1/3): 303-310
- [3] Wu J H, Fu C Z, Chen S S, et al. Soil faunal response to land use: effect of estuarine tideland reclamation on nematode communities[J]. *Applied Soil Ecology*, 2002, 21(2): 131-147
- [4] 王金凤, 由文辉. 上海市不同土地利用类型春季中小型土壤动物群落结构研究[J]. *生态环境*, 2007, 16(4): 1238-1243
- [5] 吴东辉, 张柏, 陈鹏. 长春市不同土地利用条件下大型土壤动物群落结构与组成[J]. *动物学报*, 2006, 52(2): 279-287
- [6] 葛宝明, 孔军苗, 程宏毅, 等. 不同利用方式土地秋季大型土壤动物群落结构[J]. *动物学研究*, 2005, 26(3): 272-278
- [7] 尹文英. 中国土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 2000
- [8] 殷秀琴, 马祝阳. Tullgren 法对土壤动物的分离效率[J]. *东北师大学报: 自然科学版*, 2002, 34(2): 84-90
- [9] 傅必谦, 陈卫, 董晓晖, 等. 北京松山四种大型土壤动物群落组成和结构[J]. *生态学报*, 2002, 22(2): 215-223
- [10] 杨冬青, 高峻. 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
- [11] Lavelle P. Diversity of soil fauna and ecosystem function[J]. *Biology International*, 1996, 33: 3-16