

科尔沁沙地土地利用变化对大型土壤 节肢动物群落影响*

赵哈林¹ 刘任涛² 周瑞莲³

(1 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000)

(2 宁夏大学西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 银川 750021)

(3 鲁东大学生命学院, 山东烟台 264025)

EFFECTS OF CHANGES IN LAND USE ON SOIL MACRO-ARTHROPOD COMMUNITIES IN HORQIN SAND LAND

Zhao Halin¹ Liu Rentao² Zhou Ruilian³

(1 Cold and Arid Regions Environment and Engineering Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

(2 Ministry of Education Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in Northwestern China, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

(3 Faculty of Life Sciences, Ludong University, Yantai, Shandong 264025, China)

关键词 科尔沁沙地; 土地利用; 大型节肢动物; 群落结构; 多样性

中图分类号 S154.5 文献标识码 A

土地利用类型是地球表层系统最突出的景观标志,不仅可以客观地展示地球表面特征空间格局的活动,还反映着地球表面景观的时空动态过程^[1-2]。由于土地利用变化与人类活动和全球气候变化密切相关,对生物多样性消长、生态环境演变、生态安全水平以及人类可持续性发展有着重要影响,因而其研究已成为当今全球变化研究的前沿和热点课题^[1,3]。

土壤节肢动物是生活于土壤中的一类无脊椎动物。由于受到土壤颗粒的限制,其活动能力弱,活动范围小,对土壤环境的变化非常敏感,外界任何干扰都会引起其物种多样性和群落变化^[3-4]。近年来,随着人们对土地利用变化研究的深入,土地利用变化对土壤节肢动物群落的影响也日益受到关注,有了不少研究报道^[1-6]。如张雪萍等研究了不同利用方式对林地土壤动物的影响^[5],吴玉红等研究了四川紫色土丘陵区不同土地利用方式下大型土壤动物群落结构,李锋瑞等研究了不同土地利

用变化和管理对土壤动物的影响^[3],等等。虽然关于科尔沁沙地不同生境或环境变化对土壤大型动物群落影响的研究报道也有一些^[7-8],但针对多种类型土地利用变化对土壤大型节肢动物群落影响的研究还鲜有报道。

本文在科尔沁沙地选择了 6 种土地利用类型,测定了不同土地利用类型大型土壤节肢动物群落类群丰富度、种群密度、多样性和营养功能群结构特征,分析探讨了土地利用变化对大型土壤节肢动物群落的影响及其作用机制,以期为加强该区土地利用管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区地处我国北方农牧交错带东端,位于内蒙古东部科尔沁沙地腹地的奈曼旗境内(42°55'~42°57'N, 120°41'~120°45'E)。该区年均降水量

* 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2009CB421303)、国家自然科学基金项目(31270752, 30972422)和国家科技支撑项目(2011BAC07B02-06)资助

作者简介:赵哈林(1954—),男,安徽马鞍山人,研究员,博士生导师,主要从事荒漠生态学研究。E-mail:resdiv@lzb.ac.cn

收稿日期:2012-06-06;收到修改稿日期:2012-10-31

356.9 mm, 年均蒸发量 1 900 mm, 年均气温 6.5℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 年积温 3 190℃, 无霜期 151 d; 年平均风速 3.4 m s^{-1} , 年平均扬沙天气 20~30 d。地貌以高低起伏的沙丘地和平缓草甸或农田交错分布为特征, 土壤多为风沙土或沙质草甸土。由于地处半干旱农牧交错区, 天然草地、林地、各类沙地、旱作农田、水浇地等多种土地利用类型交错分布。

1.2 研究方法

在中国科学院奈曼沙漠化研究站附近的乡村, 选择流动沙地、固定沙地、平坦天然草地、杨树人工林地、旱作农田和灌溉农田等 6 种具有代表性的土地利用类型作为研究对象。在每种土地利用类型中, 选择 3 个典型地块作为调查样地, 每个调查样地面积 900~1 000 m^2 。在每个样地内, 随机选取 5 个点进行样方调查。样方大小为 25 cm \times 25 cm, 深度 30 cm。由于本研究只调查大型土壤节肢动物类型和密度, 因而采用为手捡法, 具体方法见文献[9]。在野外调查时, 首先利用地温仪测定 0~10 cm 土壤温度, 然后调查样方内土壤动物, 同时在每个样方一侧用土钻取 0~30 cm 土样(3 次重复的混合样), 带回室内分析土壤理化性质。调查取样时间为 2008 年和 2009 年的 7 月中下旬。

土壤样品带回室内自然风干, 过 2 mm 孔径的土壤筛以除去死根和杂物。部分土样进一步磨细过 100 目筛, 用于碳、氮分析。按常规方法^[10]分别测定土样理化指标: 有机质用重铬酸钾容量-外加热法, 全氮用半微量凯氏定氮法, pH 用 1:1 土水质量比悬液酸度计测定, 电导率(EC)用 1:5 土水质量比浸提液测定。

1.3 数据处理

应用 SPSS13.0 软件进行数据的统计分析, 采用单因素方差分析(One-Way ANOVA) 和最小显著差异法(LSD) 比较不同数据组间的差异, 用 Pearson 相关系数评价不同因子间的相互关系。土壤动物 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀性指数和 Simpson 优势度指数计算公式见文献[11]。

2 研究结果

2.1 不同土地利用类型大型土壤节肢动物群落组成

在流动沙地, 土壤节肢动物群落由 8 个类群组成, 没有明显的优势类群, 种群密度较大的类群是蚁蛉科(拉丁名见表 1, 下同)、园蛛科、丽金龟科和

拟步甲科, 特有类群为蚁蛉科(表 1)。在固定沙地, 土壤节肢动物群落由 18 个类群组成, 优势类群为蚁科, 亚优势类群为拟步甲科, 特有类群为蜂科。天然草地土壤节肢动物群落由 35 个类群组成, 优势类群为蚁科、隐翅甲科和鳃金龟科, 亚优势类群是拟步甲科, 特有类群为赤螨科、蝼蛄科、花蝽科、姬缘蝽科和叶甲科。人工林地土壤节肢动物群落由 23 个类群组成, 优势类群为蚁科和鳃金龟科, 亚优势类群为拟步甲科和园蛛科, 特有类群为猎蝽科、剑虻科和菜蛾科。旱作农田土壤节肢动物群落由 12 个类群组成, 优势类群为拟步甲科和叩甲科, 亚优势类群为蚁科和丽金龟科, 没有特有类群。水浇地土壤节肢动物群落由 15 个类群组成, 优势类群为蚁科, 亚优势类群为皿蛛科和蚁甲科, 也没有特有类群。

2.2 不同土地利用类型土壤节肢动物类群多样性比较

6 种土地利用类型中, 无论是类群丰富度, 还是多样性指数和个体密度, 均以天然草地最高, 流动沙地最低(表 2), 前者分别是后者的 4.4 倍、1.4 倍和 9.4 倍。固定沙地和人工林地土壤节肢动物的类群丰富度、多样性和个体密度也较高, 分别是流动沙地的 2.3 倍、1.2 倍、5.0 倍和 2.0 倍、1.2 倍和 3.8 倍。水浇地虽然土壤动物类群丰富度指数和个体密度与乔木林相近, 但多样性指数较低。旱作农田的类群丰富度和个体密度较低, 而多样性指数和水浇地相近。均匀度指数和优势度指数的变化与多样性指数相反, 即多样性指数越高, 均匀度和优势度指数越低。其中, 均匀度指数高低顺序是流动沙地 > 旱作农田 > 固定沙地 > 水浇地 > 乔木林地 > 天然草地, 优势度指数大小顺序是水浇地 > 流动沙地 > 乔木林地 > 固定沙地 > 旱作农田 > 天然草地。

2.3 不同土地利用类型土壤动物群落营养功能群结构

天然草地、旱作农田和灌溉农田土壤动物营养功能群类型较为完整, 含有捕食性、植食性、杂食性、腐食性和寄生性 5 种功能群土壤节肢动物(表 3), 流动沙地、固定沙地和人工林地只有捕食性、植食性、杂食性 3 种土壤功能群动物。从类群丰富度的功能群结构看, 流动沙地、人工林地和灌溉农田均以捕食性动物比重最大, 固定沙地、天然草地则以植食性动物比重较高, 而旱作农田的植食性和捕食性动物比重相同, 均为 30.8%。从功能群的密度

表 1 不同土地利用类型土壤节肢动物群落组成及其密度 (ind m⁻²)

Table 1 Basic properties of bacterial pathogens and Red soil colloids

动物类群	功能群	流动沙地	固定沙地	天然草地	人工林地	旱作农田	灌溉农田
赤螨科 Erythraeidae	Pr			2.1 ± 2.1			
园蛛科 Araneidae	Pr	3.2 ± 1.6	4.8 ± 4.8	1.1 ± 0.5	5.6 ± 0.8		1.6 ± 1.6
球蛛科 Theridiidae	Pr				0.8 ± 0.8	1.6 ± 1.6	
跳蛛科 Salticidae	Pr		1.6 ± 1.6	1.1 ± 0.5			
皿蛛科 Linyphiidae	Pr			3.2 ± 1.9		1.6 ± 1.6	14.4 ± 4.8
平腹蛛科 Callilopisnocturnae	Pr			2.1 ± 1.4	0.8 ± 0.8		
逍遥蛛科 Philodromidae	Pr			2.7 ± 0.5	0.8 ± 0.8	1.6 ± 1.6	
蟹蛛科 Thomisidae	Pr		4.8 ± 4.8	4.8 ± 2.4	1.6 ± 1.6		1.6 ± 1.6
猫蛛科 Oxyopidae	Pr		4.8 ± 1.6	3.2 ± 2.4	0.8 ± 0.8		
狼蛛科 Lycosidae	Pr		3.2 ± 1.6	1.1 ± 0.5	0.8 ± 0.8		1.6 ± 1.6
蠼螋科 Labiduridae	Pr	1.6 ± 1.6				1.6 ± 1.6	1.6 ± 1.6
蚊蛉科 Myrmeleontidae	Pr	3.2 ± 3.2					
螻蛄科 Gryllotalpidae	Ph			0.5 ± 0.5			
花螞蟥科 Anthocoridae	Ph			1.1 ± 1.1			
姬缘螞蟥科 Rhopalidae	Ph			2.7 ± 1.9			
盲螞蟥科 Miridae	Ph		6.4 ± 6.4	5.9 ± 0.5	1.6 ± 1.6		
猎螞蟥科 Reduviidae	Ph				0.8 ± 0.8		
长螞蟥科 Lygaeidae	Ph		4.8 ± 3.2	3.7 ± 1.4			
土螞蟥科 Cydnidae	Ph		6.4 ± 1.6	2.7 ± 1.1	0.8 ± 0.8		
螞蟥科 Pentatomidae	Ph			0.5 ± 0.5	1.6 ± 1.6		
蟋蟀科 Gryllidae	Ph			1.1 ± 0.5			3.2 ± 0.0
叶蝉科 Cicadellidae	Ph			1.6 ± 0.9	1.6 ± 1.6		
步甲科 Carabidae	Pr		4.8 ± 3.2	7.5 ± 4.6	1.6 ± 0.8	1.6 ± 1.6	1.6 ± 1.6
蚁甲科 Pselaphidae	Ph			1.1 ± 1.1			12.8 ± 6.4
隐翅甲科 Staphilinidae	Pr			30.4 ± 30.4	1.6 ± 0.0	1.6 ± 1.6	4.8 ± 4.8
叩甲科 Elateridae	Ph		1.6 ± 1.6	1.1 ± 0.5		6.4 ± 4.8	3.2 ± 1.6
叶甲科 Chrysomelidae	Ph			1.1 ± 1.1			
瓢甲科 Coccinellidae	Pr			0.5 ± 0.5	1.60 ± 1.60		4.8 ± 4.8
蜉金龟科 Aphodiidae	De			1.6 ± 1.6		1.6 ± 1.6	1.6 ± 1.6
丽金龟科 Rutelidae	Ph	3.2 ± 1.6				3.2 ± 0.0	
拟步甲科 Tenebrionidae	Om	3.2 ± 1.6	16.0 ± 4.8	12.3 ± 4.9	6.6 ± 1.6	8.0 ± 1.6	
象甲科 Curculionidae	Ph		1.6 ± 1.6	5.3 ± 3.0	0.8 ± 0.8		
芫菁科幼虫 Meloidae	Pa			1.1 ± 1.1			
吉丁虫科 Buprestidae	Ph		1.6 ± 1.6	0.5 ± 0.5			1.6 ± 1.6
鳃金龟科 Melolonthidae	Ph		1.6 ± 1.6	26.1 ± 13.1	13.6 ± 0.8	1.6 ± 1.6	
食虫虻科幼虫 Asilidae	Pr	1.6 ± 1.6		6.9 ± 3.5	6.4 ± 0.0		
剑虻科幼虫 Therevidae	Pr				1.6 ± 1.6		
鳞翅目 1 种 Lepidoptera	Ph	1.6 ± 1.6					
夜蛾科 Noctuidae	Ph		1.6 ± 1.6	2.6 ± 1.4	0.8 ± 0.8		
螟蛾科幼虫 Pyralidae	Pr		1.6 ± 1.6	3.7 ± 3.7			
菜蛾科幼虫 Plutellidae	Pr				0.8 ± 0.8		
蚁科 Anthicidae	Om	1.6 ± 1.6	27.2 ± 6.4	37.3 ± 14.3	20.0 ± 15.2	4.8 ± 4.8	25.6 ± 9.6
叶蜂科 Tenthredinidae	Ph			0.5 ± 0.5			3.2 ± 0.0
蜂科 Apoidea	Ph		1.6 ± 1.6				

注: Pr: 捕食性; Ph: 植食性; Om: 杂食性; De: 腐食性; Pa: 寄生性

表 2 不同类型土地土壤动物多样性比较

项目	类群丰富度	密度(ind m ⁻²)	多样性指数	均匀度指数	优势度指数
流动沙地	8 ± 5b	19.2 ± 0.9d	2.023 ± 0.049c	0.973 ± 0.023a	0.139 ± 0.011b
固定沙地	18 ± 5a	96.0 ± 6.5b	2.425 ± 0.083b	0.839 ± 0.029a	0.133 ± 0.019b
天然草地	35 ± 6a	180.8 ± 8.6a	2.755 ± 0.079a	0.775 ± 0.022b	0.105 ± 0.009c
人工林地	16 ± 4ab	72.0 ± 4.7b	2.460 ± 0.089b	0.785 ± 0.029b	0.137 ± 0.017b
旱作农田	12 ± 1ab	35.2 ± 2.2c	2.260 ± 0.076bc	0.910 ± 0.035a	0.128 ± 0.016b
水浇地 irr	15 ± 1ab	83.2 ± 6.9b	2.191 ± 0.096bc	0.809 ± 0.037a	0.162 ± 0.024a

注:同列相同字母表示在 $p < 0.05$ 水平上差异不显著。

表 3 不同土地类型土壤动物营养功能群结构(%)

项目	捕食性动物		植食性动物		杂食性动物		腐食性动物		寄生性动物	
	类群	密度	类群	密度	类群	密度	类群	密度	类群	密度
流动沙地	50.0	50.0	25.0	25.0	25.0	25.0	0	0	0	0
固定沙地	38.9	26.7	50.0	28.3	11.1	45.0	0	0	0	0
天然草地	40.0	38.8	48.6	32.1	5.7	27.4	2.9	0.9	2.9	0.9
人工林地	56.5	33.6	34.8	29.6	8.7	36.4	0	0	0	0
旱作农田	30.8	18.2	30.8	54.5	15.4	18.2	7.7	4.5	7.7	4.5
灌溉农田	40.0	30.8	20.0	9.6	26.7	51.9	6.7	1.9	6.7	5.8

结构看,固定沙地、人工林地和灌溉农田土壤动物以杂食性动物比重最高,流动沙地和天然草地则以捕食性动物比重最大,而旱作农田以植食性动物占绝对优势。在天然草地、旱作农田和灌溉农田,虽然都存在腐食性和寄生性动物,但其比重都较低,均不超过 10%。

2.4 群落的相似性

在 6 种土地类型中共发现大型土壤节肢动物类群 44 个。其中,6 种类型土地的共有类群仅有蚊科 1 科,占总类群数的 2.3%(表 1);5 种和 4 种类型土地的共有类群数分别也只有 3 科和 5 科,分别占总

类群数的 6.8% 和 11.4%;3 种和 2 种土地类型的共有类群数分别为 12 种和 11 种,各占总类群数的 27.3% 和 25.0%;而单种土地类型的特有类群有 12 种,占 27.3%。在 6 种土地类型中,以天然草地、人工林地和固定沙地土壤动物群落的类群相似性最高,三者之间的相似性均在 0.400 以上。其次是灌溉农田与天然草地,其相似系数为 0.389。旱作农田与其他几种土地类型的相似性较低,相似系数均在 2.00 ~ 3.00 之间。流动沙地与其他 5 种土地利用的相似性最低,除与旱作农田的相似系数达到 0.250 外,其他均低于 0.200(表 4)。

表 4 不同土地利用土壤节肢动物群落的相似性指数

项目	流动沙地	固定沙地	天然草地	人工林地	旱作农田	灌溉农田
流动沙地	1					
固定沙地	0.130	1				
天然草地	0.103	0.472	1			
人工林地	0.148	0.414	0.487	1		
旱作农田	0.250	0.200	0.237	0.250	1	
灌溉农田	0.150	0.269	0.389	0.226	0.286	1

2.5 动物多样性与土壤因子的相关分析

相关分析结果表明(表 5),6 种土地利用类型的土壤动物类群丰富度、多样性和个体密度与土壤

pH、电导率、有机碳和总氮含量呈正相关关系,与土壤水分和土壤温度变化呈负相关关系,但除了类群丰富度与土壤有机碳,个体密度与土壤温度和有机

碳的相关性达到了显著水平外 ($p < 0.05$), 其他相关性未达到显著水平 ($p > 0.05$)。土壤动物均匀度与土壤水分和土壤温度的变化呈正相关关系, 与土壤有机碳、总氮、pH 和电导率呈负相关关系, 但只有

与土壤有机碳的相关性达到了显著水平 ($p < 0.05$)。群落优势度变化与土壤温度、土壤水分、pH、电导率和总氮呈正相关关系, 与土壤有机碳呈负相关关系, 但相关性均未达到显著水平 ($p > 0.05$)。

表 5 土壤动物群落特征与土壤因子相关性

项目	土壤水分	土壤温度	pH	电导率	土壤有机碳	总氮
类群丰富度	-0.454	-0.774	0.203	0.711	0.918 **	0.687
密度	-0.418	-0.815 *	0.303	0.749	0.918 **	0.647
多样性	-0.627	-0.710	0.059	0.519	0.787	0.489
均匀度	0.324	0.718	-0.396	-0.758	-0.798 *	-0.733
优势度	0.633	0.366	0.249	-0.023	-0.371	0.047

3 讨论

3.1 土地利用变化对土壤动物群落多样性的影响

研究表明, 在科尔沁沙地 6 种土地利用类型中, 土壤动物类群丰富度、多样性和种群密度均以天然草地最高, 其次是固定沙地和人工林地。农田土壤动物类群丰富度、多样性和种群密度虽然较低, 但仍明显高于流动沙地。而均匀度指数和优势度指数相反, 以流动沙地和旱作农田最高, 天然草地最低。从群落相似性看, 天然草地、固定沙地和人工林地之间土壤动物群落的相似性最高, 相似性指数在 0.4 以上, 而流动沙地与其他 5 种土地利用类型的相似性最低, 相似性指数多在 0.2 以下, 而农田与其他土地利用类型的群落相似性多在 0.2 ~ 0.3 之间。这一方面说明, 不同土地利用方式下的土壤动物群落多样性特征差异很大, 植被覆盖越好, 人为干扰越少, 其土壤动物群落类群丰富度、多样性和个体密度越高, 人类不合理干扰活动越强烈, 或自然条件越差的土地类型其土壤动物多样性越低^[4,12]; 另一方面说明, 随着土壤动物多样性和个体数量下降, 群落中不同类群动物的数量差异减小, 每个类群的作用增强^[6,13]。此外也说明, 植被覆盖较好, 人为扰动较轻的土地类型之间, 其土壤动物群落的相似性较高, 自然条件越差, 人为破坏扰动越强烈, 则会导致其动物群落变异性增大^[1,7]。因此, 保护天然植被, 减轻人类不合理经济活动的强烈干扰, 是维持科尔沁沙地土壤动物群落稳定性和多样性及其类群密度的有效途径^[3,8]。

3.2 土地利用变化对大型土壤节肢动物群落组成和功能结构的影响

土地利用变化也会导致土壤动物群落营养功

能群结构的变化^[8,14]。例如, 流动沙地土壤动物群落中以捕食性动物密度比重, 而植食性动物和杂食性动物比重较小, 没有寄生性和腐食性动物。沙地固定以后, 以植食性动物和杂食性动物密度增加最多, 捕食性动物密度增加幅度相对较小, 因而植食性和杂食性动物比重增加, 捕食性动物比重下降, 这说明植被覆盖的增加和沙地的固定相对更有利于植食性和杂食性动物的侵入^[1,4,8]。如果固定沙地实施人工造林, 则会导致捕食性动物密度比重明显增加, 植食性和杂食性密度下降, 从而引起群落中捕食性动物比重增加, 植食性和杂食性比重下降, 这说明固定沙地造林后相对更有利于提升捕食性动物在群落中的地位, 不利于植食性和杂食性动物的作用^[7,8]。而旱作农田和天然草地相比, 捕食性和杂食性动物密度的比重下降, 植食性、腐食性和寄生性动物密度的比重增加, 说明天然草地滥垦以后将会导致植食性昆虫危害加重^[3,4]。如果将旱作农田改为水浇地, 则会导致植食性动物密度比重明显下降, 捕食性和杂食性动物密度比重明显增加, 说明捕食性动物对植食性动物的控制作用增加, 或许农田虫害有所减轻^[3,6,15]。

3.3 土地利用变化对土壤动物群落影响的成因分析

已有研究表明, 土壤动物的种类、数量和生物量通常与土壤有机质、养分含量呈正相关关系, 与夏季土壤温度呈负相关关系^[6]; 大多数土壤动物对缺水的敏感性比土壤外面栖息的种类高, 在一定范围内土壤动物密度与土壤湿度呈正相关, 但土壤动物与土壤水分的关系均不显著^[6,16]。在中性至碱性土壤环境中, 土壤动物密度与土壤 pH 呈负相关^[6,8]。而我们的研究表明, 土壤动物类群丰

富度、多样性指数和密度均与土壤有机碳、总氮含量、pH 和电导率呈正相关关系,与土壤温度和土壤水分含量呈负相关关系,但除了丰富度和密度与有机碳、密度与土壤温度的相关性达到了显著水平外,其他相关性均为达到显著水平。这说明,在科尔沁沙地,土壤有机碳和养分含量的增加以及 pH 的微弱升高有利于土壤动物多样性和个体数量的增加,而土壤温度和土壤水分的升高不利于土壤动物的侵入和数量增加^[7-8]。在不同土地利用条件下,土壤动物群落特征之所以明显受到土壤环境变化的影响,主要源于三方面原因,一是土地利用类型不同,意味着人类活动对土地利用方式和扰动程度存在较大差异,不合理的土地利用方式或强烈的人类活动干扰,可直接对土壤动物造成机械伤害,导致其消亡^[1,3,6];二是每一种土壤动物对土壤环境条件都有一个适应范围,当土地利用方式所营造的土壤环境符合大多数土壤动物生存条件时,则有利于土壤动物种类和数量增加,反之则只有少数耐受力较强的土壤动物类群才能生存于其中^[6,15];三是在不同土地利用方式下,土壤中食物资源的种类和数量存在较大差别,较好的植被覆盖,多样的植物种类或较高的植物产量,会给土壤动物提供丰富多样的食物资源,因而有利于土壤动物多样性和数量的提高^[1,4,16]。

4 结 论

通过以上分析和讨论,得到 4 点结论:(1)在科尔沁沙地,较高的植被盖度或人为活动对土地干扰较轻,有利于维持土壤动物群落较高的类群丰富度、多样性和个体数量,而不合理的土地利用方式则会导致土壤类群丰富度、多样性和个体数量下降;(2)草地滥垦将会导致土壤动物群落中捕食性动物比重下降,植被的恢复或加强农田管理均有利于土壤动物群落中植食性和杂食型动物增加;(3)植被覆盖较好或人为活动干扰较轻的土地类型之间,其土壤动物群落具有较高的相似性,而植被覆盖的下降或人类活动干扰的增强则会导致其群落相似性降低;(4)土壤动物群落的变化主要受到土

壤环境变化的影响,特别是土壤有机碳含量和温度变化的制约。

参 考 文 献

- [1] Baker G H. Recognising and responding to the influences of agriculture and other land-use on soil fauna. *Applied Soil Ecology*, 1998, 9: 303—310
- [2] Callahan M A, Richter D D, Coleman D C, et al. Long-term land-use effects on soil invertebrate communities in Southern Piedmontsoils, USA. *European Journal of Soil Biology*, 2006, 42S: 150—156
- [3] 李锋瑞,刘继亮,刘长安,等. 土地覆被变化与管理对土壤动物群落演变的耦合效应. *中国沙漠*, 2012, 32(2): 341—350
- [4] Doblas-Miranda E, Sánchez-Piñero F, González-Megías A. Different microhabitats affect soil macro-invertebrate assemblages in a Mediterranean arid ecosystem, *Applied Soil Ecology*, 2009, 41: 329—335
- [5] 张雪萍,李春艳,殷秀琴,等. 不同使用方式林地的土壤动物与土壤营养元素的关系. *应用与环境生物学报*, 1999, 5(1): 26—31.
- [6] 吴玉红,蔡青年,林超文. 四川紫色土丘陵区不同土地利用方式下大型土壤动物群落结构. *中国生态农业学报*, 2009, 17(1): 34—40
- [7] 刘新民. 科尔沁沙地不同生境条件下大型土壤动物群落多样性特征研究. *内蒙古师范大学学报:自然科学汉文版*, 2008, 37(1): 98—103
- [8] 刘任涛,赵哈林,赵学勇. 科尔沁沙地不同造林类型对土壤动物多样性的影响. *应用生态学报*, 2012, 23(4): 1104—1110
- [9] 陈鹏. 土壤动物的采集和调查方法. *生态学杂志*, 1983, 2(3): 46—51
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [11] 岳天祥. 资源环境数学手册. 北京: 科学出版社, 2003
- [12] Thomas D B Jr. Tenebrionid beetle diversity and habitat complexity in the eastern Mojave Desert. *The Coleopterists Bulletin*, 1983, 37(2): 135—147
- [13] 黄玉梅. 土壤动物群落多样性研究进展. *西部林业科学*, 2004, 33(3): 63—68
- [14] 武海涛,吕宪国,杨青,等. 土壤动物主要生态特征与生态功能研究进展. *土壤学报*, 2006, 43(2): 314—323
- [15] 李斌,董元华,王辉,等. 太仓地区有机氯污染农田土壤动物群落结构分析. *土壤学报*, 2005, 42(4): 667—691
- [16] 张志罡,孙继英,胡波,等. 土壤动物研究综述. *生命科学研究*, 2006, 10(4): 72—75