

# 贵州喀斯特山区大型土壤动物多样性研究

樊云龙<sup>1</sup>, 熊康宁<sup>2</sup>, 陈 沛<sup>2</sup>

(1. 贵州师范学院 地理与旅游学院 农业生态与乡村发展研究所,

贵阳 550018; 2. 贵州师范大学 中国南方喀斯特研究院, 贵阳 550001)

**摘 要:** 为了解贵州喀斯特地区土壤动物生物多样性特点, 选取贵州 4 个典型喀斯特山地为研究区进行大型土壤动物多样性和群落特征分析。得出如下结论: (1) 4 个研究区共获得的大型土壤动物分别隶属于 3 门 8 纲 21 目, 共 21 个类群。优势类群为 4 类 (占总个体数的 10% 以上), 分别是鞘翅目 (占 19.7%)、腹足纲 (占 17.86%)、蚁科 (占 17.03%)、蜘蛛目 (占 11.69%)。 (2) 大型土壤动物的类群数依次是荔波 > 毕节 > 清镇 > 花江; 荔波研究区采集到 20 个类群, 该区土壤动物类群组成相对完整, 可以作为喀斯特生态系统退化程度的参照标准。土壤动物个体数依次是荔波 > 清镇 > 毕节 > 花江; Shannon-Wiener 多样性指数反映出与类群数同样的结果: 荔波 > 毕节 > 清镇 > 花江。喀斯特生态环境因子的改变对腹足纲、蜘蛛目、带马陆目等类群的组成结构和数量产生了很大的影响, 可以作为喀斯特生态退化程度的指示种。 (3) 相似性分析表明, 毕节研究区大型土壤动物群落与荔波最相似, 生态环境较好, 清镇次之, 花江最差, 同时也与其石漠化等级程度相吻合。

**关键词:** 土壤动物; 多样性; 喀斯特; 贵州

中图分类号: Q958.118

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)06-0092-05

## Study on the Diversity of Soil Macrofauna in Karst Mountainous Area in Guizhou Province

FAN Yun-long<sup>1</sup>, XIONG Kang-ning<sup>2</sup>, CHEN Hu<sup>2</sup>

(1. School of Geography and Tourism, Institute of Agricultural Ecology and Rural Development Research, Guizhou Normal College, Guiyang 550018, China;

2. Institute of South China Karst, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

**Abstract:** In order to study diversity of soil macrofauna of typical karst mountainous area, a preliminary study was conducted in four typical karst mountainous areas. A total of 599 soil macrofauna belongs to 3 phylums, 8 classes and 21 order. Among them, the dominant groups were Cloptera, Gastropoda, Formicidae and Araneae, which account for to 66.28% of total individuals. Analysis on four kinds of ecological environment of soil macrofauna community structure showed that number of groups was in the order of Libo > Biji > Qingzheng > Huajiang. The density was in the order of Libo > Qingzheng > Biji > Huajiang. Diversity was in the sequence of Libo > Biji > Qingzheng > Huajiang. The change of eco-environmental factors brought significant impact on the community characteristics and quantitative characteristics in some groups. These groups including Gastropoda, Araneae and Polydesmida can be considered as an indicator of eco-environment. The results showed that similarity of soil macrofauna community characteristic in Libo and the Bijie was the most similar. This characteristic also reflected the features of degradation degree in Karst rocky desertification area.

**Key words:** soil macrofauna; diversity; Karst Mountainous Area; Guizhou Province

贵州是中国乃至世界热带、亚热带喀斯特分布面积最大、发育最强烈的高原山区省份。由于特殊的生

态环境特征导致生物多样性和异质性出现, 成为生物相对富集区<sup>[1]</sup>。近年来关于这一地区生物多样性的

收稿日期: 2013-04-21

修回日期: 2013-05-05

资助项目: 贵州省社会发展科技攻关计划项目 (黔科合 SY 字 [2011] 3107; 黔科合 SY 字 [2012] 3009); 国家自然科学基金 (3110087); 贵阳市乌当区科技项目 (乌科合字第 162 号); 贵州省环境科学教学团队项目 (黔教高 [2012] 426 号); 贵州师范学院环境科学教学团队项目 (贵师院 [2012] 47 号); 贵州师范学院自然科学基金项目 (2010YB11); 贵州师范学院环境科学特色重点学科专项基金

作者简介: 樊云龙 (1983—), 男, 山西静乐人, 硕士, 讲师, 研究方向为喀斯特地貌与洞穴。E-mail: jingle2007@126.com

研究多集中在地上动植物方面,土壤动物多样性则是一个被忽视的领域<sup>[2]</sup>。

土壤动物种类繁多、数量巨大,在自然生态系统中扮演着消费者和分解者的角色,是土壤生态系统中不可分割的组成部分。它广泛参与到分解残体、改变土壤理化性质、土壤形成与发育、土壤物质迁移与能量转化等过程中,对生态系统的稳定与恢复具有不可低估的作用。土壤质量、土地质量与土壤动物也息息相关,土壤动物已成为土壤和土地质量评价的一个重要指标。

随着人类活动对环境影响的加剧,植被遭到破坏,喀斯特生态系统退化的问题逐渐引起人们的关注,土壤的退化是其主要表现形式之一,而土壤退化的一个表现形式则为土壤生物减少和多样性降低<sup>[3-4]</sup>。贵州地形、气候复杂、生态类型多样、生物多样性非常丰富,却少有关于土壤动物多样性的研究报告<sup>[5-6]</sup>。同时,对贵州喀斯特生态系统中土壤动物群落结构及其变化了解甚少。本文通过分析土壤动物在不同生态系统下的群落变化特征,旨在了解贵州喀斯特山区土壤动物生物多样性特点,对于揭示群落退化和恢复机理具有重要的意义。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

本文选取乌江上游毕节鸭池喀斯特高原山地、北盘江中游贞丰花江喀斯特高原峡谷、乌江—北盘江分水岭清镇红枫湖喀斯特高原盆地,荔波中国南方喀斯特世界遗产地4个地区分别代表不同的地貌区(高原中山地区、高原峡谷区、高原溶原盆地区、喀斯特峰丛)、不同气候类型(高原温凉湿润气候、干热河谷气候、高原湿润气候、中亚热带山地湿润气候)、不同土地利用方式和经济发展状况(粮食种植、经济林、生态畜牧、原森林保护地)。前3个研究区是石漠化综合治理实验区,荔波研究区则代表了贵州喀斯特森林顶级生态系统。这4个典型喀斯特山区不同的地貌—气候—植被—土壤组合具有典型代表性,能反映贵州喀斯特生态系统的整体情况。

毕节喀斯特高原山地区位于北纬 $27^{\circ}16'30''$ — $27^{\circ}18'30''$ ,东经 $105^{\circ}19'30''$ — $105^{\circ}22'20''$ 之间。该区为中低山地貌类型区,地势起伏大。属亚热带湿润季风气候区,流域内年均气温 $14.03^{\circ}\text{C}$ ,极端最高温度 $33.8^{\circ}\text{C}$ ,极端最低温度 $-3.4^{\circ}\text{C}$ 。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温 $4\,166^{\circ}\text{C}$ ,平均日照时数 $1\,377.7\text{ h}$ ,无霜期 $258\text{ d}$ 。该流域年均降雨量 $863\text{ mm}$ ,年最大降水量 $995.5\text{ mm}$ ,年最小降水量 $618.2\text{ mm}$ 。降雨主要集中在7—9月,占全年总

降雨的 $52.4\%$ 。植被为亚热带常绿阔叶林,原生植被多被破坏,多为次生林,大部分分布在山坡上部,野生植被是以刺梨、救军粮、杜鹃为主的藤、刺灌丛。

贞丰花江喀斯特高原峡谷区位于东经 $105^{\circ}36'30''$ — $105^{\circ}46'30''$ 、北纬 $25^{\circ}39'13''$ — $25^{\circ}41'00''$ 。是贵州高原上一个典型的喀斯特峡谷区域,海拔高度 $500\sim 1\,200\text{ m}$ ,相对高差 $700\text{ m}$ 。气候冬春温暖干旱,夏秋湿热,热量资源丰富,年均温 $18.4^{\circ}\text{C}$ ,年均极端最高气温为 $32.4^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $6\,542^{\circ}\text{C}$ ,年降水量 $1\,100\text{ mm}$ 。花江峡谷存在两个垂直自然分带,约以海拔 $850\text{ m}$ 为界,其上是湿润半湿润常绿落叶阔叶林带; $850\text{ m}$ 以下是半干旱、半湿润落叶—常绿阔叶林带。以耐旱生植被为主,表现出石生性、耐旱性和喜钙性的石灰岩植被种群生境。

清镇喀斯特高原盆地区位于东经 $106^{\circ}19'24''$ — $106^{\circ}20'27''$ ,北纬 $26^{\circ}29'22''$ — $26^{\circ}30'16''$ 之间。该区地势平缓,是贵州高原上典型的喀斯特高原溶丘、坝地地貌。属中亚热带温凉湿润气候,冬无严寒,夏无酷暑,雨季分明,但多阴寡照,多灾害性天气;年平均气温为 $14^{\circ}\text{C}$ ,1月平均气温 $3.8^{\circ}\text{C}$ ,极端最低气温 $-5.6^{\circ}\text{C}$ ;7月平均气温 $22.7^{\circ}\text{C}$ ,极端最高气温 $34.5^{\circ}\text{C}$ ;年降水量约为 $1\,100\sim 1\,400\text{ mm}$ ,4—9月降雨量占全年总降雨量的 $77.3\%$ 。

荔波研究区位于荔波县洞塘乡,地处云贵高原与广西盆地的过渡地带,海拔 $520\sim 605\text{ m}$ ,为喀斯特峰丛谷地地貌。出露的地层为石炭系中统,上部为灰白色厚层石灰岩夹少量白云质灰岩、燧石灰岩,下部为灰白色厚层粗晶白云岩。局部夹少量灰岩。研究区处于中亚热带季风湿润气候区,具有冬暖夏热,降水丰沛的中亚热带山地湿润气候特点。年均温为 $16\sim 18^{\circ}\text{C}$ , $>0^{\circ}\text{C}$ 积温 $5\,900\sim 6\,400^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ 的积温 $3\,500\sim 4\,200^{\circ}\text{C}$ ,全年无霜期 $280\sim 300\text{ d}$ ,年平均降水量 $1\,150\sim 1\,500\text{ mm}$ ,年日照时数 $1\,100\sim 1\,200\text{ h}$ 。研究区为“中国南方喀斯特世界遗产—荔波遗产地”核心区的一部分,是中国南方喀斯特山区现残存的较为完整连片的喀斯特原生性森林<sup>[1,7]</sup>。

### 1.2 研究方法

1.2.1 样品采集 于2009年5月在4个研究区分别选择林地、灌丛、草地、农地等不同土地利用类型取样,每个研究区各选取6个样地进行土壤动物调查。在每个样地中随机选取3个 $50\text{ cm}\times 50\text{ cm}$ 的样点,分凋落物、 $0\sim 5$ , $5\sim 10\text{ cm}$ 三层取样(草地、农地无凋落物层,取 $0\sim 5$ , $5\sim 10\text{ cm}$ 两层),采用手拣法分离后带回实验室进行鉴定,对其分类鉴定到目、并统计数量(表1)。

表 1 贵州喀斯特地区大型土壤动物样点调查结果

	样地	海拔/ m	坡度/ (°)	植被 覆盖率/%	群落	土壤	土层 厚度/cm
毕 节	灌丛	1527	21	100	化香、喜玛山旌节花、川榛、小舌紫菀、多脉榆、悬钩子蔷薇等	黑色石灰土	17
	草地	1460	15	20	白茅、荩草、三毛草、鬼针草、繁缕、风轮菜等	黄色石灰土	50
	石漠化	1475	27	30	马桑、火棘、苔草、牛至、篱天剑等	石灰土	23
	玉米地	1420	0	0	玉米	黄壤土	90
花 江	林地	1120	25	100	大叶栎、朴树、小叶榕、密花树、灰毛浆果楝、喜玛山旌节花等	石灰土	40
	灌丛	815	18	92	香樟、红椿、灰毛浆果楝、木棉、千张纸、血桐、假烟叶树	石灰土	18
	草地	1050	5	65	香椿、蒿类、鬼针草、三脉紫菀等	石灰土	75
	石漠化	665	45	68	花椒、余甘子、仙人掌等	石灰土	25
清 镇	林地	1340	38	100	云贵鹅耳枥、毛轴蕨、竹叶椒、小叶鼠李等	石灰土	30
	灌丛	1358	25	95	粉枝莓、火棘、金丝桃、小果蔷薇等	黄色石灰土	23
	草地	1316	6	50	莎草、鬼针草、三叶草等	黄壤土	32
	石漠化	1300	36	40	青蒿、三叶草等	石灰土	18
荔 波	林地	586	35	100	有齿鞘柄木、盐肤木、黄荆、枫香、单性木兰、水冬哥、蕨、海芋	黑色石灰土	31
	灌丛	561	32	80	小叶女贞、凤尾蕨、问荆、沿阶草、楼梯草	石灰土	25
	草地	542	15	30	莎草、火棘、白茅	石灰土	40
	农田	530	2	0	玉米	石灰土	60

1.2.2 数据处理 分别计算样地中土壤动物多样性指数、均匀度、优势度和丰富度等。

(1) Shannon-Wiener 多样性指数：

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

式中： $H'$ ——物种多样性指数； $P_i = n_i / N$ ， $n_i$ ——第  $i$  类群的个体数； $N$ ——所有类群的个体总数。

(2) Pielou 均匀度指数：

$$J = H' / \ln S$$

式中： $H'$ ——Shannon-Wiener 多样性指数； $S$ ——类群数。

(3) Simpson 优势度指数：

$$C = \sum P_i^2$$

式中： $P_i = n_i / N$ ， $n_i$ ——第  $i$  类群的个体数； $N$ ——所有类群的个体总数。

(4) Jaccard 群落相似性指数：

$$q = c / (a + b - c)$$

式中： $a$ 、 $b$ ——群落 A、B 的类群数； $c$ ——两类群的共有类群数。

## 2 贵州喀斯特地区大型土壤动物群落组成

4 个研究区共获得大型土壤动物 599 只，隶属于 3 门 8 纲 21 目，共 21 个类群(表 2)。优势类群为 4 类(占总个体数的 10% 以上)，分别是鞘翅目(占 19.7%)、腹足纲(占 17.86%)、蚁科(占 17.03%)、蜘蛛目(占 11.69%)；常见类群(占总个体数的 1%～

10%)有 10 类，分别是半翅目(占 5.18%)、正蚓目(4.34%)、直翅目(占 4.17%)、带马陆目(占 3.84%)、双翅目(占 3.17%)、蜚蠊目(占 2.67%)、等足目(占 1.67%)、山蛩目(占 1.34%)、综合目(占 1.17%)、革翅目(占 1.17%)。

## 3 不同喀斯特生态系统大型土壤动物多样性比较

本研究通过对 4 个研究区的大型土壤动物进行了多样性指数对比(表 3)。由表 3 可知，土壤动物的类群数依次是荔波>毕节>清镇>花江。土壤动物个体数依次是荔波>清镇>毕节>花江。Shannon-Wiener 多样性指数反映出与类群数变化同样的结果：荔波>毕节>清镇>花江。

4 个不同喀斯特生态系统中，荔波研究区的大型土壤动物数量最多，贞丰花江研究区最少。其中荔波研究区采集到的腹足纲、蜘蛛目、带马陆目等类群数量明显大于其他 3 个研究区。这主要是因为陆生贝类在生长发育过程中需要不断从环境中摄取足够的钙质，当食物和钙质丰富时，陆生贝类通常种类和数量较多，但其运动能力相对很弱，因而任何环境因子的改变都可以对其组成结构和物种数量带来很大的影响。当环境遭到破坏时，陆生贝类中很多适应能力相对较弱的种类将会很快消亡。因此，荔波研究区中保留了大量的腹足纲动物是因为其保存了良好的森林系统<sup>[8]</sup>。

表 2 各群落大型土壤动物统计

类群	毕节	花江	清镇	荔波	总数	频度	多度
鞘翅目(Coleoptera)	41	12	31	34	118	19.70	+++
腹足纲(Gastropoda)	6	3	19	79	107	17.86	+++
蚁科(Formicidae)	13	25	35	29	102	17.03	+++
蜘蛛目(Araneae)	15	4	9	42	70	11.69	+++
半翅目(Hemiptera)	8	11	6	6	31	5.18	++
正蚓目(Lumbricida)	4	1	15	6	26	4.34	++
直翅目(Orthoptera)	2	2	2	19	25	4.17	++
带马陆目(Polydesmidae)	5	1	1	16	23	3.84	++
双翅目(Diptera)	7	0	4	8	19	3.17	++
蜚蠊目(Blattoptera)	1	9	1	5	16	2.67	++
等足目(Isopoda)	2	0	1	7	10	1.67	++
山蛩目(Spirobolida)	5	0	0	3	8	1.34	++
综合目(Symphyla)	0	0	0	7	7	1.17	++
革翅目 Deramptera	5	0	2	0	7	1.17	++
盲蛛目(Phalangida)	3	0	0	2	5	0.83	+
石蜈蚣目(Lithobiomorpha)	4	0	0	1	5	0.83	+
地蜈蚣目(Geophilomorpha)	2	0	1	2	5	0.83	+
弹尾目(Collembola)	0	1	2	2	5	0.83	+
鳞翅目(Lepidoptera)	1	1	0	3	5	0.83	+
双尾目(Diplura)	0	0	0	3	3	0.50	+
蜈蚣目(Scolopendromorpha)	1	0	0	1	2	0.33	+
总数	125	70	129	275	599		

注:+++ : 优势类群, 其个体数占总数 10% 以上; ++ : 常见类群, 其个体数占总数的 1%~10%; + : 稀有类群, 其个体数占总数 1% 以下。

表 3 贵州不同喀斯特生态系统大型土壤动物多样性指标

	个体数	类群数	多样性	均匀性	优势度
毕节	125	18	2.3490	0.8127	0.1507
花江	70	11	1.8675	0.7789	0.2049
清镇	129	14	2.0095	0.7615	0.1755
荔波	275	20	2.4066	0.8033	0.1653

蜘蛛作为一种捕食性节肢动物, 主要以昆虫为食, 昆虫物种多样性的下降, 导致土壤蜘蛛食物资源的贫乏, 会直接影响到蜘蛛群落的种类组成<sup>[9-10]</sup>, 毕节、贞丰花江、清镇这 3 个受到干扰的退化生态系统中土壤动物多样性减少, 直接影响了蜘蛛的种群数量。同样, 马陆是土壤动物中的常见类群, 主要以凋落物、朽木等植物残体为食, 是生态系统物质分解的最初加工者之一<sup>[11]</sup>, 凋落物的质和量决定了带马陆目的种群数量。喀斯特生态环境因子的改变对腹足纲、蜘蛛目、带马陆目等类群的组成结构和数量的影响很大, 可以作为喀斯特生态退化程度的指示种(图 1)。

本研究中大型土壤动物的多样性、数量、类群数等特征与植被状况、喀斯特微地貌、生境小气候、土壤微生物、土壤理化性质等在内的多种因素密切相关, 是由整个生态系统的稳定与健康决定的。荔波研究区作为世界自然遗产地和国家自然保护区, 是中国南

方喀斯特山区现残存的较为完整连片的喀斯特原生性森林, 几乎未受人为影响。整体生态系统良好, 大型土壤动物多样性较高, 类群数和土壤动物个体数量都很高。毕节研究区土层厚, 植物生长条件较好, 生态恢复较快, 利于土壤动物的生存。清镇研究区人口压力大、土壤瘠薄、植被也较差, 在灌丛等处大型土壤动物较多。花江研究区是贵州省石漠化非常严重的地区, 地表多为裸露岩石, 土壤只残留于石缝、石槽中, 再加上干热河谷气候降水少, 生态环境较恶劣, 大型土壤动物较少。

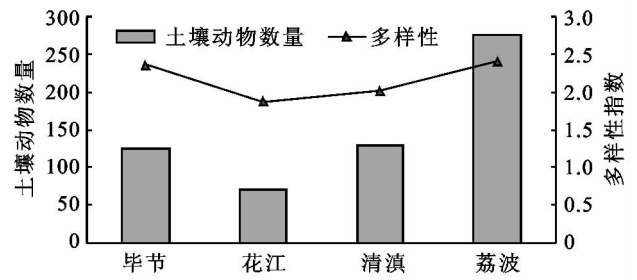


图 1 不同喀斯特生态系统大型土壤动物群落多样性

#### 4 不同喀斯特生态系统大型土壤动物群落相似性

荔波研究区所在的荔波茂兰喀斯特森林, 面积约

2 万 hm<sup>2</sup>, 森林覆盖率达 92%, 是世界上同纬度地区残存下来的仅有的一片相对集中、原生性强、相对稳定的喀斯特生态系统, 是研究喀斯特森林生态特性的天然实验室和难得的定性、定量和定位的研究基地<sup>[8]</sup>。本研究中共获得土壤动物 21 个类群数, 而荔波研究区就采集到 20 个类群, 该区土壤动物类群组成相对完整, 可以作为喀斯特生态系统退化程度的参照标准。

表 4 不同喀斯特生态系统大型土壤动物群落相似性			
地区	花江	清镇	荔波
毕节	0.5263	0.6842	0.8095
花江		0.6667	0.5500
清镇			0.6190

Jaccard 指数对不同群落的相似性分析主要以群落的类群作为基本的生态信息进行对比研究, 而避开不同群落中各类群的丰度比较<sup>[12]</sup>。不同样区之间的相似性结果(表 4)表明, 毕节与荔波的土壤动物群落组成相似性最高, 为 0.809 5, 清镇、花江与荔波的相似程度分别为 0.619, 0.550。较之荔波这一顶级喀斯特森林生态系统, 3 个处于退化中的喀斯特生态环境中, 毕节生态环境最好, 与荔波的土壤动物群落最相似, 而清镇次之, 花江最差。此结果正好与 3 个研究区的石漠化程度吻合, 因为毕节研究区主要以潜在轻度石漠化为主, 清镇以轻—中度石漠化为主, 花江则为中—强度石漠化为主。花江石漠化程度最高, 生态系统退化程度最严重。

## 5 结 论

(1) 在贵州 4 个不同生态区共获得大型土壤动物 599 只, 隶属于 3 门 8 纲 21 目, 共 21 个类群。优势类群为 4 类(占总个体数的 10% 以上), 分别是鞘翅目(占 19.7%)、腹足纲(占 17.86%)、蚁科(占 17.03%)、蜘蛛目(占 11.69%)。

(2) 大型土壤动物的类群数量依次是荔波>毕节>清镇>花江, 本研究共获得土壤动物 21 个类群数, 而荔波研究区就采集到 20 个类群, 该区土壤动物类群组成相对完整, 可以作为喀斯特生态系统退化程度的参照标准。土壤动物个体数依次是荔波>清镇>毕节>花江; Shannon-Wiener 多样性指数反映出与类群数同样的结果: 荔波>毕节>清镇>花江。喀斯特生态环境因子的改变对腹足纲、蜘蛛目、带马陆

目等类群的组成结构和数量的影响很大, 可以作为喀斯特生态退化程度的指示种。

(3) 通过相似性分析可以看出, 毕节研究区大型土壤动物群落与荔波最相似, 生态环境较好, 清镇次之, 花江最差, 同时也与其石漠化程度相吻合。不同类型喀斯特生境中土壤动物群落结构及多样性均有不同的表现, 这反映了生态环境对土壤动物的影响, 将土壤动物研究与喀斯特生态评价相结合, 作为评定喀斯特地区生态退化程度的一项参考指标是有重要意义。

### 参考文献:

[1] 容丽, 杨龙. 贵州的生物多样性与喀斯特环境[J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2004, 22(4): 1-6.

[2] 傅声雷. 土壤生物多样性的研究概况与发展趋势[J]. 生物多样性, 2007, 15(2): 109-115.

[3] Connell J H, Slatyer R O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization [J]. American Naturalist, 1977, 111 (982): 1119-1144.

[4] Niemela J, Haila Y, Punttila P. The importance of small scale heterogeneity in boreal forests: Variation in diversity in forest-floor invertebrates across the succession gradient[J]. Ecography, 1996, 19(3): 352-368.

[5] Xiang Changguo, Song Linhua, Zhang pinjiu, et al. The ease study on soil fauna diversity in different eological system in Shilin National Park, Yunnan, China[J]. Acta Carsologia, 2003, 32(2): 187-194.

[6] 叶岳, 周运超. 黔中石灰岩地区植被下大型土壤动物群落多样性[J]. 农业现代化研究, 2008, 29(3): 361-364.

[7] 李阳兵, 王世杰, 周德全. 茂兰岩溶森林的生态服务研究[J]. 地球与环境, 2005, 33(2): 39-44.

[8] 罗泰昌, 黎道洪, 黎艳, 等. 茂兰喀斯特森林几种不同生境陆生贝类物种多样性研究(腹足纲: 前鳃亚纲; 肺螺亚纲)[J]. 贵州科学, 2003, 21(4): 53-58.

[9] 劣旺禄, 朱明生, 宋大祥. 张家口土壤蜘蛛群落结构及多样性研究[J]. 蛛形学报, 1999, 8(1): 49-54.

[10] 邓玲玲, 许木启, 戴家银, 等. 农药对农田蜘蛛生态效应的研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2005, 11(4): 509-513.

[11] 张雪萍, 李春艳, 张思冲. 马陆在森林生态系统物质转化中的功能研究[J]. 生态学报, 2001, 21(1): 75-79.

[12] 刘莹, 李晓晨. 不同海拔缓步动物群落结构的比较[J]. 生态学杂志, 2006, 25(2): 166-169.