

文章编号:1001-1498(2005)06-0701-05

云南石林喀斯特景区不同生境大型土壤动物多样性研究

张智英¹, 张亮¹, 李玉辉², 何晓岚¹

(1. 云南大学生态学与地植物学研究所, 云南 昆明 650091; 2. 云南师范大学旅游与地理科学学院, 云南 昆明 650092)

摘要:选择云南石林喀斯特景区地带性植被(原始林)及受人为干扰形成的次生林、灌丛、草地、云南松林5种生境,进行雨季、旱季大型土壤动物群落结构、密度、生物量及多样性研究,结果表明:研究区大型土壤动物种类、生物量、多样性指数与干扰状态具有明显关系。景区内土壤动物优势类群为腹足纲、倍足纲、膜翅目和正蚓目,而正蚓目仅在原始林和次生林中出现,且数量较多,为生态环境优劣的重要指示物种;无论旱季或雨季,大型土壤动物的类群数、密度、生物量和多样性指数均以原始林最高,而受人为干扰最重的灌丛和草地则最低;该区大型土壤动物的分布有明显的表聚现象;5种生境大型土壤动物群落相似性均较低,而受人为保护的次生林与原始林土壤动物类群的相似性最高。

关键词:大型土壤动物;群落结构;多样性;石林喀斯特;云南

中图分类号:S718.5

文献标识码:A

Study on the Diversity of Soil Macrofauna in Different Habitats in Shilin Karsts of Yunnan Province, China

ZHANG Zhi-ying¹, ZHANG Liang¹, LI Yu-hui², HE Xiao-lan¹

(1. Institute of Ecology and Geobotany of Yunnan University, Kunming 650091, Yunnan, China;

2. School of Tourism and Geography Science of Yunnan Normal University, Kunming 650092, Yunnan, China)

Abstract: The communities' structure, density, biomass and diversity of soil macrofauna in five habitats, which are zonal forest (original forest), secondary forest, brush, grassland, and *Pinus yunnanensis* forest, representing the secondary-succession karst vegetation bushes and grass land with *P. yunnanensis*, and making up a series of local forest succession from human interference, had been studied respectively in rain season and dry season in the world-famous Shilin karst scenery park. The result from the study showed that the groups, biomass, diversity indexes of soil macrofauna there clearly depended on human interfering situation and history. The dominant groups of soil macrofauna are the Castopoda, Diplopoda, Hymenoptera, Lumbricida, and Lumbricida was only found rich in original forest and secondary forest. Therefore, Lumbricida is an important species for indicating ecological environment. No matter it is rain season or dry one, the number of groups of soil macrofauna, density, biomass and diversity index were the greatest in the original forest, and lowest in bushes and grassland which were most heavily disturbed. There was a clear phenomenon which soil macrofauna were accumulated in surface soils. The coefficient of communities of soil macrofauna found in 5 habitats was low, but it was the most obvious in the secondary forest, which was protected and naturally restored, and the zonal forest remaining because of local traditional religion.

Key words: soil macrofauna; community structure; diversity; Shilin karst; Yunnan Province

收稿日期:2004-10-12

基金项目:云南省自然科学基金重点项目(2002Z004C)和石林基金(No.200007)资助

作者简介:张智英(1961—),女,重庆人,教授,主要从事昆虫生态研究。

云南石林地区以独特的石林喀斯特著名,在国内外具有广泛影响,已被列为世界地质公园。石林地区人类活动历史悠久,植被退化严重,自1931年建立石林公园以来,局部地段植被得到恢复,但石林所在地区的植被面貌仍处于退化状态,具有地带性植被特点的半湿润常绿阔叶林面积仅为该地区森林面积的3.4%,其余是受人为干扰退化的各种草地、灌丛和人工林。植被格局下的土壤动物状态是分析环境退化或恢复的重要指标^[1,2],有关人类活动及环境变化对土壤动物的影响研究较多^[3~5],但有关喀斯特地区土壤动物的研究却较少^[6],而石林喀斯特地区原始植被类型与受人为干扰形成的不同生境土壤动物群落比较研究也较少。基于石林公园生态环境恢复机理和恢复条件评价指标,对该地区不同植被类型的大型土壤动物群落进行了调查研究,为景区典型植被的恢复与重建提供基础资料。

1 自然条件

云南石林位于24°38'~24°58' N, 103°11'~103°29' E,海拔范围1 720~1 950 m,个别山峰海拔超过2 200 m。该地区处于北亚热带高原干湿季风气候区,冬无严寒,夏无酷暑,年温差小,日温差大。年降水量960 mm左右,夏季降雨占全年降水量的85.5%,冬季干暖晴朗,无霜期约250 d。年平均气温15.7℃,最冷月平均气温为8.4℃,最热月平均气温为20.6℃,年温差12.2℃。

2 样地设置与研究方法

2.1 样地设置

根据石林景区地带性植被受人为干扰后形成的不同生境类型,选择草地、灌丛、次生林、云南松林4种生境为调查样地,并以地带性植被滇青冈林(原始林)为对照进行比较研究。原始林分布于当地彝族村寨附近神山林(密枝林),植物种类较丰富,植物主要有滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides* Schottky)、云南木樨榄(*Olea yunnanensis* Hand-Mazz.)等;次生林分布于封山保护地点的自然恢复区,受人畜干扰小,植物主要有黄连木(*Pistacia chinensis* Bunge)、清香木(*Pistacia winmannifolia* J. Poisson ex Fr.)等;灌丛地受人为活动和牲畜反复干扰,植物种类较少,主要有绒毛崖豆藤(*Milletia velutina* Dunn)、毛枝绣线菊

(*Spiraea martini* Levl.);草地为极度退化的生境,植物种类较少分布,多为板结的土块及岩石;云南松林是当地的飞播林,主要植物为云南松(*Pinus yunnanensis* Fr.)和白茅(*Imperata cylindrical* (L.) P. Beauv)。以上样地土壤均为石灰岩发育成的石灰土,而原始林地表富含有机质。原始林样地位于石林公园南部蓑衣山;次生林、灌丛、草地样地位于乃古石林;云南松林样地位于大石林南边的松毛山。

2.2 研究方法

在上述5种生境中,分别于2003年3月、7月采样。在分析季节动态时,以3月调查结果代表旱季群落数量,7月代表雨季的数量。在各个样地,分别随机设3个大小为50 cm×50 cm×15 cm的样方,分A层(0~5 cm)、B层(5~10 cm)、C层(10~15 cm)3层依次取土样,累计取样90份。采用手拣法获取大型土壤动物,称质量并盛于75%乙醇溶液瓶中,进行分类鉴定(一般鉴定到目的水平)和数量统计^[7]。

3 结果与分析

3.1 大型土壤动物群落组成

石林喀斯特地区5样地两季共采集大型土壤动物706头,分属4门、10纲、18个类群(表1)。其中优势类群(个体数占总捕获数10%以上)为腹足纲、倍足纲、膜翅目、正蚓目,4类群占总捕获量的65.58%;常见类群(个体数占总捕获数1.0%~10.0%)有蜈蚣目、等翅目、鞘翅目、双翅目、鳞翅目、蜘蛛目6个类群,与优势类群个体数合计共占总捕获量的96.32%,它们构成了石林喀斯特地区大型土壤动物群落的基本成份;其余均为稀有类群(个体数占总捕获数的1%以下)。

大型土壤动物群落类群数和优势类群组成在旱季和雨季略有差异。5样地旱季有土壤动物14类,雨季有18类。旱季的优势类群为腹足纲、膜翅目和正蚓目;雨季则为腹足纲、膜翅目、倍足纲、鞘翅目。

3.2 石林大型土壤动物的分布及生物量

3.2.1 水平分布 5类生境中,大型土壤动物在类群数、个体密度上均有差异(表2)。原始林的土壤动物类群数最为丰富,共有16类,密度也最大,为88.89个·m⁻²;次生林有11类,密度为18.67个·m⁻²;灌丛有9类,密度为34.01个·m⁻²,

表 1 石林喀斯特地区大型土壤动物群落类群及个体数

动物群落	个体数/头										总数	占总捕量/%
	原始林		次生林		松林		灌丛		草地			
	3月	7月	3月	7月	3月	7月	3月	7月	3月	7月		
泄腺纲 Adenophorea		7									7	0.99
腹足纲 Gastropoda	32	61	14		1	6	1	3			118	16.71
倍足纲 Diplopoda	23	44	4								71	10.06
综合纲 Symphyla					1						1	0.14
蜈蚣目 Scolopendromorpha	24	17	3	1	1	4		1			51	7.22
膜翅目 Hymenoptera	34	17	22	1	4	6	103	3	4	4	198	28.05
等翅目 Isoptera		7		1		5		1			14	1.98
鞘翅目 Coleoptera	5	22	5	4	2	6	14	1	1	1	61	8.64
直翅目 Orthoptera									2		2	0.28
同翅目 Homoptera		1				1				1	3	0.42
双翅目 Diptera	10	12	3	1	3		17		1		47	6.66
半翅目 Hemiptera	1					1			1		3	0.42
鳞翅目 Lepidoptera	6	1	3		11		2		5		28	3.97
蜘蛛目 Araneae	4	8	1			2	1				16	2.27
伪蝎目 Pseudoscorpiones	1	1									2	0.28
等足目 Isopoda	1	2							1		4	0.57
双尾纲 Diplura		1	3								4	0.57
正蚓目 Lumbricida	51	7	14	4							76	10.76

尽管密度仅次于原始林,但其中的蚂蚁却占了该样地总捕获量的 69.28%;草地有 11 类,密度为 5.55 个·m⁻²;云南松林 11 类,密度为 9.79 个·m⁻²。原始林受人为干扰形成的植被类型为一种逆向的植被演替,从不同生境的大型土壤动物类群数和密度可以看出,受人为干扰较重的草地和灌丛,由于其植物种类和数量较少,土壤石漠化程度高,其大型土壤动物无论类群数或是密度均较低。云南松林是人为形成的一种植被类型,由于植物种类单一,因而其大型土壤动物类群数和密度也较低。

除原始林和云南松林雨季大型土壤动物类群数和密度大于旱季外,其余生境雨季的类群数和密度则明显低于旱季。

3.2.2 垂直分布 5 种生境不同土壤层次调查结果(表 3)显示,雨季土壤动物类群数和个体数表现为 A 层>B 层>C 层,有明显的表聚现象。旱季则略有不同,主要表现在,各层土壤动物类群数,除原始林 A 层低于 B 层、云南松林 A 层与 B 层相等、草地 C 层高于 B 层外,其余均为 A 层>B 层>C 层,同样表现出一定的表聚现象。旱季土壤动物个体数, A 层均明显大于 B、C 层。B、C 层土壤动物个体数相比,除次生林 B、C 层相等外,其余均为 C 层>B 层。

表 2 不同生境大型土壤动物类群数及密度

生境	时间	类群数/个	个体数/头	密度/(个·m ⁻²)
原始林	3月	12	192	85.33
	7月	15	208	92.44
	(合计)	16	400	88.89
次生林	3月	10	72	31.98
	7月	6	12	5.31
	(合计)	11	84	18.67
灌丛	3月	7	147	65.33
	7月	4	6	2.65
	(合计)	9	153	34.01
草地	3月	9	19	8.44
	7月	3	6	2.66
	(合计)	11	25	5.55
云南松林	3月	4	20	8.89
	7月	9	24	10.64
	(合计)	11	44	9.79

土壤动物的表聚现象已被众多研究所证实^[8,9],这主要是因为土壤表层的有机质和营养成分高,因而更有利于土壤动物生存。随着土层的加深,土壤有机质和营养元素的降低,土壤动物的垂直分布由表层向低层逐渐减少。旱季由于土壤表面温度较高,湿度较小,一部分土壤动物便逐渐向温度较低、湿度较大的土壤低层转移。

表3 不同生境大型土壤动物类群及个体数的垂直分布

生境	3月(旱季)						7月(雨季)					
	A层		B层		C层		A层		B层		C层	
	类群	个体数	类群	个体数	类群	个体数	类群	个体数	类群	个体数	类群	个体数
原始林	9	77	11	46	8	69	16	169	9	24	6	15
次生林	9	36	7	18	6	18	4	9	3	3	0	0
灌丛	6	79	4	10	3	58	4	6	0	0	0	0
草地	6	11	3	3	4	5	3	5	1	1	0	0
云南松林	4	9	4	5	2	6	7	15	5	9	0	0

3.2.3 土壤动物生物量 各层次间,5类生境生物量大致为A层>B层>C层。各生境间,原始林生物量最大,次生林、云南松林和灌丛居中,草地最小,说明各生境随植物种类和数量的减少,大型土壤动物的生物量也呈现从多到少的变化趋势。季节变化上,各生境旱季土壤动物的生物量明显高于雨季(图1)。除

原始林外,雨季C层土样中,均未发现大型土壤动物,其它层次的生物量也很低,这在草地和灌丛生境中表现尤为明显(表4)。这可能是因为,组成土壤动物的主要成分——昆虫的幼虫和蛹在雨季来临后,已羽化成虫,开始到地面上活动,因而土壤动物的种类,尤其是生物量及数量,都明显低于旱季。

表4 各生境大型土壤动物生物量

层数	g									
	原始林		次生林		云南松林		草地		灌丛	
	3月	7月	3月	7月	3月	7月	3月	7月	3月	7月
A层	1.730 0	1.121 9	0.237 3	0.081 5	0.169 4	0.069 2	0.151 9	0.051 7	0.526 4	0.048 2
B层	1.127 2	0.085 2	0.201 5	0.012 1	0.041 6	0.023 6	0.014 1	0.021 6	0.094 8	0.000 0
C层	1.092 6	0.183 6	0.253 7	0.000 0	0.160 7	0.000 0	0.006 1	0.000 0	0.092 0	0.000 0
总量	3.949 8	1.390 7	0.692 5	0.093 6	0.371 7	0.092 8	0.172 0	0.073 3	0.713 3	0.048 2

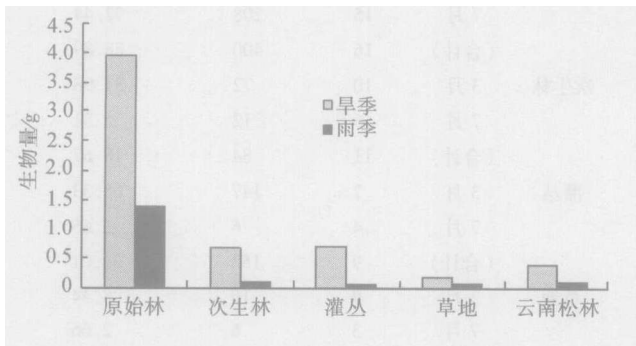


图1 石林不同生境大型土壤动物生物量

3.3 大型土壤动物群落相似性分析

各生境群落相似性比较采用 Jaccard 相似性系数,计算公式为 $q = c / (a + b - c)$, 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, 计算结果(表5)表明, 石林大型土壤动物群落组成成分的相似性系数均较小, 反映了由于各生境差异较大, 大型土壤动物群落组成呈现不同, 其中原始林与次生林土壤动物类群相似性最大 ($q = 0.687 5$), 灌丛与草地的相似性最小 ($q = 0.428 6$)。草地与其它4种生境的相似性均小, 说明喀斯特地

区, 随着人为干扰加大, 土壤石漠化加重, 其土壤动物群落组成也发生了较大的变化。

表5 各群落相似性系数

生境	次生林	云南松林	灌丛	草地
原始林	0.687 5	0.588 2	0.470 6	0.500 0
次生林		0.571 4	0.666 7	0.466 7
云南松林			0.666 7	0.466 7
灌丛				0.428 6

3.4 大型土壤动物群落多样性分析

以土壤动物大的分类群为多样性计算依据, 计算公式如下^[10]:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \quad J' = H' / \ln S$$

$$C = \sum (n_i / N)^2$$

式中: H' 为香农 (Shannon-Wiener) 多样性指数, J' 为皮洛 (Pielou) 均匀度指数, C 为优势度指数, $P_i = n_i / N$, n_i 为每一类群个体数, N 为总的个体数, S 为类群数。计算结果见表6。

表6 各样地群落主要指标比较

生境	多样性指数 H'		均匀度指数 J'		优势度指数 C	
	3月	7月	3月	7月	3月	7月
原始林	1.9913	2.1633	0.3362	0.7802	0.1646	0.1637
次生林	1.9343	1.7227	0.3544	0.8853	0.1841	0.2499
灌丛	1.0435	0.1177	0.2487	0.0849	0.5160	0.3334
草地	1.9823	0.8708	0.3808	0.7926	0.1635	0.5001
云南松林	1.1656	1.8946	0.4508	0.8228	0.3750	0.1214

从表6可以看出:生境间,大型土壤动物群落多样性指数 H' 以原始林最高,灌丛最低;均匀度指数以云南松林最高,灌丛最低;优势度指数则以灌丛最高,原始林最低。季节变化上,除原始林和云南松林雨季的多样性高于旱季外,其余生境群落雨季的多样性指数均不及旱季;除灌丛外,各生境雨季的均匀度指数均明显高于旱季;优势度指数除原始林雨季、旱季变化不大外,其余生境变化较大,表现为次生林、草地雨季优势度大于旱季,灌丛和云南松林雨季优势度则小于旱季。

从各样地群落主要指标可以得出,原始林由于人为干扰小,样地植物种类丰富,土壤疏松,有机质含量高,有利于土壤动物繁殖活动,因而无论旱季或雨季,其多样性指数均最高。在所有生境中,灌丛的多样性指数、均匀度指数均最低,而优势度指数则最高。这一方面是因为灌丛植物种类单一,土壤动物较少引起,另一方面则是因为灌丛中蚂蚁数量较大造成的。草地由于受人为干扰影响较大,生境内几乎无植物,因而其多样性指数较低,群落结构不稳定。

4 小结与讨论

(1) 石林地质公园大型土壤动物优势类群为腹足纲、倍足纲、膜翅目、正蚓目,常见类群为蜈蚣目、等翅目、鞘翅目、双翅目、鳞翅目、蜘蛛目6个类群,它们构成了石林大型土壤动物的基本成份,其中对土壤熟化和植物生长有积极作用的蚯蚓,在原始林和受人为保护的次生林中数量较多,特别是旱季的原始林,蚯蚓的密度达到了 $22.67 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$;而在人为干扰较重的灌丛、草地,云南松林,由于植物较少,种类单一,土壤板结,石块多,未发现蚯蚓的存在。由此可以看出蚯蚓与土壤环境的关系,因而可将蚯蚓作为该地区土壤质量的生物指示物,同时,在该地区进行的植被恢复与重建过程中,也可人为增加土壤中蚯蚓的数量,从而更好地促进植被的演替。

(2) 研究区内,大型土壤动物种类较少,密度较低,尤其在受人为干扰较重的灌丛、草地生境中,数量更是稀少。Xiang Changguo 等1997年在该地区几种灌丛和草地生境中所采集到的中小型土壤动物,尽管优势种类与其它地区相比同样为蜱螨目(Acarina)和弹尾目(Collembola),但数量也很少,说明随着人为干扰的加重,喀斯特地区生境条件逐渐变差,不利于土壤动物的生长繁衍,因而造成该地区土壤动物种群数量的减少。

(3) 所调查的5种生境中,原始林受人为干扰较小,大型土壤动物多样性指数较高,而类群数、密度和生物量也最大,因此该生境土壤动物群落结构较为稳定。次生林由于受到人为的保护,其多样性、类群数和密度也较高,与原始林的群落相似性最高,说明人类的保护行为在生境的恢复中起着重要的作用。灌丛尽管受人为干扰的程度不及草地,但雨季的生物量、密度等指数却低于生境极度退化的草地,说明灌丛受干扰程度已加深,生境开始逐步向草地退化,这是在景区环境改善及生态恢复过程中值得注意的,在恢复各生境植被的同时,还应以土壤动物的群落结构、多样性指数等的变化为指示因子,加强现有植被资源的保护。

参考文献:

- [1] Pankhurst C, Doube B, Gupta VVSR. Biological indicators of soil health[M]. Wallingford; New York: CAB International, 1997
- [2] 吴东辉, 胡克. 大型土壤动物在鞍山市大孤山铁矿废弃地生态环境恢复与重建中的指示作用[J]. 吉林大学学报(地球科学报), 2003, 33(2): 213 ~ 216
- [3] 杨效东, 沙丽清. 西双版纳热带人工林与次生林土壤动物群落结构时空变化初查[J]. 土壤学报, 2000, 37(1): 116 ~ 123
- [4] 刘新民, 刘永江. 内蒙古典型草原大型土壤动物群落动态及其在放牧下的变化[J]. 草地学报, 1999, 7(3): 228 ~ 236
- [5] 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
- [6] Xiang Changguo, Song Linhua, Zhang Pingjiu, et al. The case study on soil fauna diversity in different ecological system in Shilin national park, Yunnan, China[J]. Acta Carsologica, 2003, 32(2): 187 ~ 194
- [7] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京: 北京科学出版社, 1998
- [8] 殷秀琴, 李建东. 羊草草原土壤动物群落多样性的研究[J]. 应用生态学报, 1998, 9(2): 186 ~ 188
- [9] 刘红, 袁兴中. 曲阜孔林土壤动物多样性研究[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 609 ~ 611
- [10] 孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 等. 普通生态学[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1987