

哀牢山西坡垂直带土壤蚂蚁群落多样性

陈友¹, 罗长维², 李宏伟¹, 徐正会^{3*}

(1. 云南林业职业技术学院, 云南 昆明 650224; 2. 中国林科院 资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224;
3. 西南林业大学 西南地区生物多样性保育重点实验室, 云南 昆明 650224)

摘要: 采用样地调查法, 对哀牢山西坡 4 个垂直地带 8 种植被类型的土壤蚂蚁群落多样性进行调查。结果如下: 共有 74 种土壤蚂蚁, 其中 42 种为优势种; 土壤蚂蚁群落多样性随海拔高度增加呈规律性的变化; 优势种所占比例逐渐递增, 优势种数目降低、物种数目递减、物种多样性指数降低; 在 8 种植被类型中, 土壤蚂蚁个体密度、优势种数量、物种数目、物种多样性指数、均匀度指数在思茅松林、针阔叶混交林和季风常绿阔叶林 3 种植被类型中较高, 而在干性常绿阔叶林、半湿润常绿阔叶林、常绿阔叶苔藓矮林、河谷稀树灌木草丛和中山湿性常绿阔叶林 4 种植被类型中较低。

关键词: 土壤蚂蚁; 群落多样性; 优势种; 哀牢山

中图分类号: Q969.554.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-3268(2011)02-0081-05

Diversity of Soil Ants at Vertical Zones on the West Slope of Ailao Mountain

CHEN You¹, LUO Chang-wei², LI Hong-wei¹, XU Zheng-hui^{3*}

(1. Yunnan Forestry Vocational College, Kunming 650224, China; 2. The Research Institute of Insect Resources Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, China; 3. Key Laboratory of Biodiversity Conservation in Southwestern China, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: The four vertical zones with eight different types of vegetations on the west slope of Ailao mountain was sampled for studying community diversity of the soil ants. The results were as follows: The total number of soil ants was 74 species, among which there were 42 dominant species. There was a correlation of soil ants diversity with increasing elevation. The percentage of dominant soil ants species in the total soil ants species increased, while dominant individual density, species number and diversity index of soil ants decreased. In eight different vegetations, individual density, dominant species number, species number, diversity index and evenness index of soil ants were higher in *Pinus kesiya* forest, monsoon evergreen broad-leaved forest and mixed coniferous forest than those in dry evergreen broad-leaved forest, semi-humid evergreen broad-leaved forest, evergreen broad-leaved moss forest, valley savanna forest and mid-mountain humid evergreen broad-leaved forest.

Key words: Soil ants; Community; diversity; Dominant species; Ailao mountain

土壤蚂蚁(soil ants)是指在土壤中营巢和活动的蚂蚁。土壤蚂蚁是农林生态系统的重要组成部分, 它与蚯蚓、线虫等其他土壤动物和土壤微生物构

成了土壤生物群落。土壤蚂蚁在土壤有机质分解、养分循环、改善土壤结构、土壤质量和植物演替中具有重要的作用, 是土壤动物群落的优势类群, 甚至占

收稿日期: 2010-07-19

基金项目: 云南省应用基础研究基金项目(2001C0042); 国家自然科学基金项目(30870333)

作者简介: 陈友(1973-), 男, 四川内江人, 副教授, 主要从事昆虫分类和多样性研究。E-mail: chenyou2235@163.com

*通讯作者: 徐正会(1962-), 男, 云南安宁人, 教授, 博士生导师, 主要从事蚂蚁系统分类和多样性研究。

E-mail: zhxu@public.km.yn.cn

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

到大型土壤动物的 96.32%^[1-6]。此外,由于蚂蚁易于采集,多度和多样性高,在所有营养级水平上生态重要性高,以及对生态变化敏感,已作为生物多样性和环境变化的重要指示物种在世界范围内受到广泛关注^[7-9]。当前,蚂蚁的研究报道大多只关注地表和植物上的蚂蚁,而忽略了对土壤蚂蚁的研究。为此,于 2002—2004 年,对哀牢山蚂蚁进行了系统调查,此前已将西坡所采集到的蚂蚁做了综合报道,但限于篇幅,未曾对不同垂直生态位(地下、地表和树冠)蚂蚁作分别报道,为便于进一步保护和利用此间的蚂蚁资源,针对哀牢山西坡垂直带的土壤蚂蚁群落进行专题研究,现报道如下。

1 研究地概况及研究方法

1.1 研究地概况

哀牢山脉纵贯云南中部,处在云贵高原和横断山地两大地貌类型分界线的边缘,成为自然地理的分界地区,是多种生物区系地理成分东西交汇、南北过渡的荟萃之地。哀牢山脉为西北至东南走向,北高南低,东陡西缓,海拔在 3 165.9 m 与 600 m 间变化。由于山体相对高差大,气候垂直分布明显,从山麓至山顶依次为南亚热带、中亚热带、北亚热带、暖温带、温带、寒温带气候。在多种生物气候带的影响下,哀牢山具备相当于水平带上 20 个纬度带的成土条件,发育着各具特色的土壤类型,共 5 个土纲、11 个土类、28 个亚类,其中既有亚高山顶部的土壤,又有热带低地的土壤;既有沼泽地土壤,又有干热河谷土壤,构成了具有云南特色的垂直与水平带相结合的、山原型水平带的土壤分布规律。独特的山地气

候使植被呈明显垂直分布,哀牢山西坡植被分布由低到高依次为河谷稀树灌木草丛、思茅松林及季风常绿阔叶林带、云南松林及半湿性常绿阔叶林带、中山湿性常绿阔叶林带、常绿阔叶苔藓矮林和亚高山杜鹃灌丛^[10]。

1.2 取样及调查方法

根据纬度差别将哀牢山西坡从北到南确定 4 个地段,即以景东县太忠乡和锦屏镇为调查点的北段,以景东县花山乡为调查点的中北段,以镇沅县和平乡和者东乡为调查点的中南段,以新平县建兴乡、墨江县碧溪乡和双龙乡为调查点的南段。在每个地段上,沿山体海拔每升高 250 m 设置 1 块样地,在样地中,每隔 10 m 选取 5 个 1 m×1 m 样方,采集、统计样方内离地表 20 cm 以内土壤层中的蚂蚁。采用形态分类学方法对蚂蚁标本逐一鉴定,尽量鉴定到种,对于不能鉴定到种的种类,作为形态种对待^[11]。

1.3 群落指标

样地中物种个体数占群落个体总数的百分比超过 10% 的蚂蚁物种确定为优势种;根据 Simpson 优势度公式计算优势度指数;根据 Shannon-Wiener 物种多样性公式计算物种多样性指数;根据 Pielou 均匀度公式计算均匀度指数;根据 Jaccard 相似性公式计算相似性系数(q)^[12-13]。

2 结果与分析

2.1 土壤蚂蚁优势种调查结果

对哀牢山西坡 4 个地段 28 块样地中土壤蚂蚁数量进行统计分析,各样地优势种及其所占比例见表 1。

表 1 哀牢山西坡土壤蚂蚁样地优势种

样地海拔/ m	样地地段	优势种数/ 种	样地优势种及其比例(在样地中的百分比 %)
2 750	北段	1	红蚁 sp. 5 <i>Myrmica</i> sp. 5(100)
	中北段	1	条纹切叶蚁 <i>Myrmecina striata</i> (100)
	中南段	2	条纹切叶蚁(16), 维希努行军蚁 <i>Dorylus vishnui</i> (84)
2 500	北段	1	红蚁 sp. 5 (100)
	中北段	1	细胸蚁 sp. 1 <i>Leptothorax</i> sp. 1(100)
	中南段	1	丽塔红蚁 <i>M. ritae</i> (100)
2 250	北段	2	普通拟毛蚁 <i>Pseudolasius familiaris</i> (78), 尼特纳大头蚁 <i>Pheidole nietneri</i> (22)
	中北段	1	尼特纳大头蚁(100)
	中南段	0	
2 000	北段	3	沃森大头蚁 <i>P. watsoni</i> (50), 泰勒立毛蚁 <i>Paratrechina tay bri</i> (33), 邵氏厚结猛蚁 <i>Pachycondyla sauteri</i> (11)
	中北段	3	黄足厚结猛蚁 <i>P. luteipes</i> (42), 丽塔红蚁(34), 尼特纳大头蚁(17)
	中南段	1	昆明细蚁 <i>Leptanilla kunmingensis</i> (96)
	南段	2	泰勒立毛蚁(61), 沃森大头蚁(33)
1 750	北段	2	泰勒立毛蚁(71), 罗思尼斜结蚁 <i>Plagiolepis rothneyi</i> (18)
	中北段	4	泰勒立毛蚁(61), 神农大头蚁 <i>P. shemongi</i> (16), 沃森大头蚁(11), 纤细小家蚁 <i>Monomorium gracillimum</i> (12)
	中南段	5	沃森大头蚁(40), 栗褐弓背蚁 <i>Camponotus badius</i> (16), 皮氏大头蚁 <i>P. pيلي</i> (12)槽结粗角蚁 <i>Cerapachys sulcinodis</i> (12), 立毛蚁 sp. 2 <i>Paratrechina</i> sp. 2(10)
	南段	3	荷氏狡臭蚁 <i>Technomyrmex horni</i> (46), 立毛蚁 sp. 2(13), 维希努行军蚁(12)

续表 1 哀牢山西坡土壤蚂蚁样地优势种

样地海拔/ m	样地地段	优势种数/ 种	样地优势种及其比例(在样地中的百分比 %)
1 500	北段	4	比罗举腹蚁 <i>Crematogaster biroi</i> (32), 神农大头蚁(22), 黄足厚结猛蚁(19), 罗夫顿斜结蚁 <i>P. wroughtoni</i> (11)
	中北段	2	高结稀切叶蚁 <i>Oligomyrmex alinodus</i> (63), 毛发铺道蚁 <i>Tetramorium ciliatum</i> (15)
	中南段	4	邵氏立毛蚁 <i>P. sauteri</i> (33), 邻巨首蚁 <i>Pheidologeton affinis</i> (13), 黄足立毛蚁 <i>P. flavipes</i> (11), 日本铺道蚁 <i>T. nipponense</i> (10)
	南段	3	平结蚁 sp. 3 <i>Prenolepis</i> sp. 3(41), 罗伯特大头蚁 <i>P. roberti</i> (14), 伊大头蚁 <i>P. yeensis</i> (14)
1 250	北段	5	神农大头蚁(22), 罗夫顿斜结蚁(13), 比罗举腹蚁(12), 伊大头蚁(10), 罗思尼举腹蚁 <i>C. rothneyi</i> (10)
	中北段	4	邻姬猛蚁 <i>Hypoponera con finis</i> (30), 钝齿稀切叶蚁 <i>O. obtusidentus</i> (29), 邵氏立毛蚁(17), 塞奇大头蚁 <i>P. sa gei</i> (10)
	中南段	2	西氏拟毛蚁 <i>P. silvestrii</i> (54), 沃森大头蚁(12)
	南段	3	尖齿刺结蚁 <i>Lepisiota acuta</i> (71), 贝卡盘腹蚁 <i>Aphaenogaster beccarii</i> (13), 日本铺道蚁(11)
1 000	中南段	3	菱结大头蚁 <i>P. rhombinoda</i> (34), 网纹刺结蚁 <i>L. reticulata</i> (30), 黑头酸臭蚁 <i>Tapinoma melanocephalum</i> (13)
	南段	2	西氏拟毛蚁(64), 全异巨首蚁 <i>P. diversus</i> (25)
750	南段	0	

经统计分析,在已发现的 74 种土壤蚂蚁中,有 42 种蚂蚁在哀牢山西坡 28 块样地中表现为优势种,它们分别属于 7 亚科 23 属。其中,切叶蚁亚科的优势种有 10 属 22 种,蚁亚科的优势种有 6 属 12 种,猛蚁亚科的优势种有 2 属 3 种,臭蚁亚科的优势种有 2 属 2 种,行军蚁亚科、粗角蚁亚科、细蚁亚科各有 1 属 1 种;优势种最多的大头蚁属有 8 种,其次是立毛蚁属有 4 个优势种。42 个优势种中,沃森大头蚁在 5 块样地中都表现为优势种,泰勒立毛蚁在 4 块样地中表现为优势种,神农大头蚁和尼特纳大头蚁在 3 块样地中表现为优势种,黄足厚结猛蚁、维希努行军蚁、比罗举腹蚁、红蚁 sp. 5、丽塔红蚁、日本铺道蚁、条纹切叶蚁、伊大头蚁、罗夫顿斜结蚁、西式拟毛蚁、立毛蚁 sp. 2 和邵氏立毛蚁 12 种土壤蚂蚁在 2 块样地中表现为优势种,其余的 26 种土壤蚂蚁都只在 1 块样地中表现为优势种。在所调查的 28 块样地中,优势种数最多样地是北段 1 250 m(思茅松林、红壤、潮湿)和中南段 1 750 m(季风常绿阔

叶林、黄壤、潮湿),有 5 个优势种;有 4 个优势种的样地是中北段 1 750 m(思茅松林、黄壤、干燥)、北段 1 500 m(针阔叶混交林、红壤、潮湿)和中北段 1 250 m(季风常绿阔叶林、黄壤、干燥)。

总体上看,垂直带从上向下不同位置的优势种差异十分显著,同一海拔高度上从北向南不同地段的优势种具有一定的相似性;蚂蚁群落优势种数量随地段和海拔的变化缺乏一致的规律性,只是海拔 1 250 m、1 500 m 和 1 750 m 的样地优势种数明显多于其余海拔高度上的优势种数。

2.2 土壤蚂蚁群落多样性分析

对哀牢山西坡 4 个地段 28 块样地中土壤蚂蚁群落多样性进行统计分析,结果见表 2。

物种数目是物种多样性最直接、最基本的表达。由表 2 可知,不同地段、不同海拔、不同植被类型里土壤蚂蚁种数差别较大,有 2 个样地没有土壤蚂蚁,6 个样地的土壤蚂蚁只有 1 种,北段 1 250 m(思茅松林、红壤、潮湿)样地中土壤蚂蚁种数最多,有 16 种。

表 2 哀牢山西坡垂直带土壤蚂蚁群落的重要指标

样地地段	样地海拔/ m	植被类型	土壤		蚂蚁种数	蚂蚁密度/(头/ m ²)	优势度指数	多样性指数	均匀度指数
			类型	湿度					
北段	2 750	①	II	4	1	10. 2	1	0	0
	2 500	②	III	3	1	17. 2	1	0	0
	2 250	②	IV	3	2	12. 8	0. 657 7	0. 525 9	0. 758 7
	2 000	⑥	V	3	4	142. 8	0. 375 0	1. 122 7	0. 809 9
	1 750	④	VI	2	10	1 973. 4	0. 544 4	0. 930 7	0. 404 2
	1 500	⑥	VI	3	10	298. 8	0. 206 1	1. 809 4	0. 785 8
	1 250	④	VI	3	16	953. 2	0. 119 2	2. 330 7	0. 840 6
中北段	2 750	②	II	4	1	0. 8	1	0	0
	2 500	②	II	4	1	115. 6	1	0	0
	2 250	②	V	4	1	104. 8	1	0	0
	2 000	⑤	VI	3	4	62. 4	0. 328 5	1. 210 4	0. 873 1
	1 750	④	V	2	6	682. 8	0. 426 1	1. 111 0	0. 620 1
	1 500	⑥	V	2	10	893. 0	0. 431 0	1. 291 0	0. 560 7
	1 250	⑤	V	2	7	93. 6	0. 222 4	1. 651 1	0. 848 5
中南段	2 750	①	I	3	2	8. 6	0. 727 4	0. 444 3	0. 640 9
	2 500	②	V	3	1	3. 2	1	0	0
	2 250	②	V	3	0				

续表 2 哀牢山西坡垂直带土壤蚂蚁群落的重要指标

样地地段	样地海拔/ m	植被类型	土壤		蚂蚁种数	蚂蚁密度/(头/ m ²)	优势度指数	多样性指数	均匀度指数
			类型	湿度					
南段	2000	⑤	V	3	2	106.0	0.9274	0.1607	0.2318
	1750	⑤	V	3	9	803.4	0.2270	1.7573	0.7998
	1500	⑤	VI	3	11	72.6	0.1669	2.0776	0.8664
	1250	⑤	VI	3	11	604.0	0.3201	1.6365	0.6825
	1000	⑤	VI	3	12	686.0	0.2346	1.7811	0.7168
	2000	③	VI	3	3	119.4	0.4871	0.8319	0.7573
	1750	⑥	VI	2	7	121.0	0.2683	1.6164	0.8307
	1500	⑥	VI	2	7	97.4	0.2319	1.7061	0.8768
	1250	⑥	VIII	2	4	63.8	0.5285	0.9188	0.6628
	1000	⑦	VII	2	4	218.4	0.4817	0.9403	0.6783
	750	⑧	VIII	1	0				

注: 土壤类型: I. 黑色土; II. 黑褐土; III. 棕色土; IV. 黄棕壤; V. 黄壤; VI. 红壤; VII. 砖红壤; VIII. 紫色土。土壤湿度等级: 1. 干旱, 土壤水分极少; 2. 干燥, 土壤水分不足; 3. 潮湿, 土壤水分合适; 4. 湿润, 土壤水分过剩。植被类型: ①常绿阔叶苔藓矮林; ②中山湿性常绿阔叶林; ③半湿润常绿阔叶林; ④思茅松林; ⑤季风常绿阔叶林; ⑥针阔叶混交林; ⑦干性常绿阔叶林; ⑧河谷稀树灌木草丛。蚂蚁密度: 指每个样方内蚂蚁个体数

除南段外物种数随海拔变化呈现的规律性不强, 其余 3 个地段的土壤蚂蚁物种数目的变化规律总体上均随海拔升高而减少, 且在 2000 m 以上, 土壤蚂蚁种数明显较少, 2000 m 以下种数相对较多; 就植被类型而言, 思茅松林、针阔叶混交林和季风常绿阔叶林 3 种植被中的蚂蚁种数较多, 在海拔南段 750 m (河谷稀树灌木草丛、紫色土、干旱)样地, 由于不利的气候与土壤环境, 未发现土壤蚂蚁。

土壤蚂蚁个体密度在不同样地间差异显著, 其中变化在 0.8 ~ 1973.4 头/ m², 随海拔变化规律没有明显规律性。北段 1750 m (思茅松林、红壤、干燥)的土壤蚂蚁个体密度异常增大, 主要与该样地有 2 种蚂蚁个体数量相对较大有关(泰勒立毛蚁 7032 头/ m², 罗思尼斜结蚁 1730 头/ m²); 土壤蚂蚁超过 600 头/ m² 的样地还有北段 1250 m (思茅松林、红壤、潮湿)、中北段 1750 m (思茅松林、黄壤、干燥)和 1250 m (季风常绿阔叶林、黄壤、干燥)、中南段 1750 m (季风常绿阔叶林、黄壤、潮湿)和 1250 m、1000 m (季风常绿阔叶林、红壤、潮湿)。

由表 2 亦可看出, 物种多样性指数差异较大, 在 0 ~ 2.3307 间变化; 除南段随海拔变化呈现的规律性不强外, 其余 3 个地段的物种多样性指数总体上随海拔升高而减小, 在 2000 m 以上, 多样性指数明显较小, 2000 m 以下多样性指数相对较大; 物种多样性指数超过 1.5 的有北段 1500 m (针阔叶混交林、红壤、潮湿)和 1250 m (思茅松林、红壤、潮湿)、中北段 1250 m (季风常绿阔叶林、黄壤、干燥)、中南段 1750 m (季风常绿阔叶林、黄壤、潮湿)和 1500 m、1250 m、1000 m (季风常绿阔叶林、红壤、潮湿)、南段 1750 m 和 1500 m (针阔叶混交林、红壤、干燥)9 个样地。

优势度指数在 0.1192 ~ 1 变化, 优势度指数随

海拔高度没有明显的变化规律, 蚂蚁物种越少的样地, 优势度指数越高。其中有 6 个样地只有 1 种蚂蚁, 优势度指数为 1。

均匀度指数在 0 ~ 0.8768 变化, 均匀度指数随海拔高度没有明显的变化规律。均匀度指数高于 0.8 的样地有北段 2000 m (针阔叶混交林)和 1250 m (思茅松林)、中北段 2000 m 和 1250 m (季风常绿阔叶林)、中南段 1500 m (季风常绿阔叶林)、南段 1750 m 和 1500 m (针阔叶混交林)。

2.3 土壤蚂蚁群落的相似性

经统计, 得到哀牢山西坡 4 个垂直带有土壤蚂蚁的 26 块样地之间蚂蚁群落相似性系数, 结果见表 3。

根据 Jaccard 相似性系数原理, 当 q 为 0.00 ~ 0.25 时, 为极不相似; 当 q 为 0.25 ~ 0.50 时, 为中等不相似; 当 q 为 0.50 ~ 0.75 时, 为中等相似; 当 q 为 0.75 ~ 1.00 时, 为极相似。从表 3 可知, 26 块样地之间的 325 组相似性系数中, 只有 92 组具有相似性, 其中只有 1 组为极相似, 有 9 组为中等不相似, 82 组为极不相似, 有 233 组完全不具有相似性。由此可见, 垂直带上土壤蚂蚁群落之间的相似性较低, 不同垂直带的物种之间差异明显, 高海拔与低海拔样地之间基本没有相似性, 同一海拔高度上的样地有一定的相似性。

3 结论及讨论

1) 哀牢山因垂直高差显著, 生物气候垂直带明显, 蚂蚁群落也表现出明显的垂直地带性规律。在保护区内的原始植被状态下, 西坡 4 个地段垂直带上土壤蚂蚁群落呈现随着海拔升高蚂蚁群落优势种数目降低, 优势种所占比例逐渐递增, 物种数目递减, 物种多样性指数降低的规律性。而在保护区外的蚂蚁群落主要指标表现出的非规律性基本是由于

表 3 哀牢山西坡土壤蚂蚁群落相似性系数

样地	Ca	Ab	Bc	Bd	Cd	Dd	Ae	Be	Ce	De	Af	Bf	Cf	Df	Ag	Bg	Cg	Dg	Ch	Dh
Aa	0	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ba	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ab		—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bb			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cb			0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ac			0.50	0.20	0.33	0	0	0	0.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bc			—	0.25	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ad				0	0	0.40	0.17	0.25	0.08	0	0	0	0	0.10	0	0	0.07	0.14	0	0
Bd					—	0.20	0	0	0	0	0.10	0.08	0	0.07	0	0.10	0.07	0	0.07	0
Cd					—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dd						—	0.18	0.29	0.09	0	0	0	0.08	0.11	0	0	0.08	0.40	0	0
Ae							—	0.23	0.06	0	0.25	0.11	0.05	0.06	0.24	0.13	0.11	0.08	0.05	0
Be								—	0.07	0	0.07	0.07	0.08	0.05	0	0.06	0.11	0	0	
Ce									—	0.07	0	0.06	0.11	0.07	0	0.07	0.05	0.08	0.05	0
De										—	0.06	0	0	0	0	0.08	0.29	0.10	0.06	0.22
Af											—	0.11	0.05	0	0.30	0.21	0	0	0.05	0
Bf												—	0	0	0.13	0.06	0.05	0	0.10	0
Cf													—	0.06	0.08	0.08	0	0.07	0.10	0
Df														—	0.05	0.08	0.13	0.10	0.06	0
Ag															—	0.05	0.08	0.05	0.04	0
Bg																—	0.13	0	0.19	0
Cg																	—	0.25	0.21	0.25
Dg																		—	0	0.14
Ch																			—	0

注: 样地代码: 由 2 个英文字母组成, 前面的大写字母表示样地所在地段, A. 北段, B. 中北段, C. 中南段, D. 南段; 后面的小写字母表示样地海拔高度, a. 2750 m, b. 2500 m, c. 2250 m, d. 2000 m, e. 1750 m, f. 1500 m, g. 1250 m, h. 1000 m, i. 750 m。限于篇幅, 表中省去了未发现蚂蚁的样地 Cc 和 Dc; 横向样地省略没有相似性的样地 Ba、Bb、Cb、Ac 和 Ad

人类干扰导致的。人类活动导致植被被普遍次生化、次生林片段化或进一步演替为次生纯林, 这些变化改变了土壤蚂蚁的栖息地, 促使蚂蚁群落结构发生重要变化, 从而出现了非规律性的例外。

2) 土壤蚂蚁大部分时间生活在土壤里, 土壤的理化性质对土壤蚂蚁群落指标都具有一定的影响。就哀牢山西坡的土壤蚂蚁而言, 蚂蚁的个体密度、优势种数量、物种数目、物种多样性指数在红壤或黄壤中较高, 而在黑色土、黑褐土、棕色土、紫色土、黄棕壤、砖红壤和紫色土等土类中相对较低; 在干燥或潮湿的土壤中个体密度、优势种数量、物种数目、物种多样性指数表现较高, 而在湿润或干旱的土壤中较低。

3) 在哀牢山西坡的 8 种植被类型中, 蚂蚁的个体密度、优势种数量、物种数目、物种多样性指数、均匀度指数在思茅松林、针阔叶混交林和季风常绿阔叶林 3 种植被类型中表现为较高, 而在常绿阔叶苔藓矮林、中山湿性常绿阔叶林、半湿润常绿阔叶林、干性常绿阔叶林和河谷稀树灌木草丛 5 种植被类型中表现为较低。这与针阔叶混交林和季风常绿阔叶林丰富的物种和思茅松林的边缘效应有关。

4) 通过对哀牢山西坡垂直带土壤蚂蚁群落的研究表明, 该地区的土壤蚂蚁群落与其他动植物群落一样, 具有显著的垂直地带性特点, 而且垂直带上不同海拔地段的物种之间差异显著, 因而对该地区垂直带上的生物群落实施全面保护显得十分必要。

参考文献:

[1] 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.

[2] 叶岳, 周运超, 武绍义, 等. 黔南喀斯特地区不同土地利用方式下大型土壤动物功能类群研究[J]. 河南农业科学, 2009(3): 47-51.

[3] 刘长海, 骆有庆, 陈宗礼, 等. 土壤动物群落生态学与土壤微生态环境的关系[J]. 生态环境, 2007, 16(5): 1564-1569.

[4] 廖崇惠, 李健雄, 杨悦屏, 等. 海南尖峰岭热带林土壤动物群落——群落的组成及其特征[J]. 生态学报, 2002, 22(11): 1866-1872.

[5] 高坤. 山东胶南土壤动物群落多样性的初步研究[J]. 生命科学仪器, 2009, 7(5): 38-42.

[6] 李淑梅, 王进, 樊淑华. 农业生态系统中土壤动物资源的调查研究[J]. 河南农业科学, 2008(6): 63-66.

[7] Alonso L E. Ants as indicators of diversity[M] // Agosti D, Majer J D, Alonso L E. Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring biodiversity. Washington and London: Smithsonian Institution Press, 2000: 80-88.

[8] Andersen A N. Functional groups and patterns of organization in North American ant communities: a comparison with Australia[J]. Journal of Biogeography, 2008, 24(4): 433-460.

[9] Andersen A N, Fisher A, Hoffmann B D *et al.* Use of terrestrial invertebrates for biodiversity monitoring in Australian rangelands with particular reference to ants[J]. Austral Ecology, 2004, 29(1): 87-92.

[10] 徐永椿, 姜汉侨, 哀牢山自然保护区综合考察报告集[M]. 昆明: 云南民族出版社, 1998.

[11] Burger J C, Redak R A, Allen E B, *et al.* Restoring arthropod communities in coastal sage scrub[J]. Conservation Biology, 2003, 17: 460-467.

[12] 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994.

[13] 徐正会, 曾光, 柳太勇, 等. 西双版纳地区不同植被亚型蚊科昆虫群落研究[J]. 动物学研究, 1999, 20(2): 118-125.