

文章编号: 1001-1498(2002)03-0343-06

# 西双版纳 2 种热带雨林类型土壤节肢动物群落结构及分布特征

杨效东, 刘宏茂, 沙丽清, 冯志立

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223)

**摘要:** 分析了西双版纳山地雨林和季节雨林土壤节肢动物群落的组成、分布特征及多样性状况。2 块样地 2 次取样, 共获取大、中小型土壤节肢动物 6 606 个, 分属 23 目。蜱螨目、鞘翅目、弹尾目、膜翅目仍是 2 林地土壤节肢动物群落组成共有的优势类群, 但它们在同样地生境中构成的数量比例不同, 而常见和稀有类群组成较为复杂且样地间的差异更为突出, 总体表现出季节雨林具有更多的热带成分, 山地雨林则介于热带和亚热带之间。土壤节肢动物类群总数、个体总数及重要生物类群(个体数量在 1 000 个  $\text{m}^{-2}$  以上)的分布, 表现为山地雨林(22 类, 4 974 个)多于季节雨林(19 类, 1 632 个), 垂直分布结果表明 2 类林地均具明显的表聚现象。从多样性尺度看, 山地雨林密度-类群指数高于季节雨林, 这与 2 林地土壤条件的优劣相符合。

**关键词:** 山地雨林; 季节雨林; 土壤节肢动物群落; 西双版纳

**中图分类号:** Q959.22      **文件标识码:** A

西双版纳地区是我国热带森林植被面积最大、类型最多样、保存最完整、生物多样性最丰富的地区, 由于处在热带生物区系向亚热带生物区系过度的生物地理群落交错带(生态脆弱带)上, 其生物资源极为脆弱, 易受人为活动干扰和破坏后不易恢复<sup>[1]</sup>。因此, 对其结构、功能和生物多样性的维持机制等方面的基础研究已成为当今生物多样性保护和资源持续有效利用的热点。在热带森林凋落物和土壤中, 生活有丰富的土壤动物, 它们是构成森林生态系统的重要组成部分<sup>[2-4]</sup>, 并具有重要的功能性作用<sup>[5-6]</sup>。关于西双版纳不同类型热带森林土壤动物群落已有一些研究<sup>[7-9]</sup>, 但主要集中在人工经济林和热带季节雨林及次生林方面, 对具有一定分布面积的热带山地雨林未见有关土壤动物生态学方面的研究报道。作者于 1999 年对西双版纳山地雨林和季节雨林土壤节肢动物群落的组成、分布特征及多样性状况进行了取样调查和初步分析, 为管理、保护和恢复热带雨林生物多样性积累有关数据。

## 1 材料和方法

### 1.1 样地生境概况

西双版纳热带雨林植被分为季节雨林和山地雨林 2 种类型。季节雨林主要分布在本区的东南部, 海拔 1 000 m 以下, 其代表类型——季节沟谷雨林是西双版纳自然保护区的重点保护类型; 山地雨林主要分布在海拔 1 300—1 800 m, 是季节雨林向热带山地常绿阔叶林的过度类

收稿日期: 2001-07-12

基金项目: 中国科学院特别支持项目(STZ97-1-04), 云南省自然科学基金(1999C0021Q)和国家自然科学基金(30000131)资助

作者简介: 杨效东(1966-), 男, 云南昆明人, 副研究员, 主要从事土壤动物及土壤生态学研究。

型,群落种类组成以雨林成分为主,约占60%,外貌和结构多具雨林特点<sup>[1]</sup>。经实地调查,2种雨林各选取当地具有代表类型的原生植被作为研究样地,概况见表1。

表1 样地生境概况

样地	地点	海拔 /m	群落 高度/m	林龄 /a	主要植物	盖度/ %
季节雨林	勐仑自然 保护区	630	40	>120	绒毛番龙眼 ( <i>Pometia tomentosa</i> (BL.) Tesym. Binn), 干果榄仁 ( <i>Termitia myricocarpa</i> T. Myricocarpa Heurck et Muell.), 毗黎勒 ( <i>Terminalia bellirica</i> T. Bellirica (Gaertn.) Roxb), 毛麻楝 ( <i>Chukrasia tabularis</i> C. tabularis A. Juss. var. <i>Velutina</i> (Wall.) King) 等	90
山地雨林	勐宋	1 720	25	>100	滇楠 ( <i>Phoebe nanmu</i> (Oliv.) Gamble), 滇琼楠 ( <i>Beilschmiedia Yunnanensis</i> Hu.), 大叶山楝 ( <i>Aphanamixis grandifolia</i> Bl.), 瓦山栲 ( <i>Castanopsis ceratocantha</i> Rehd. et Wils.) 等	95

## 1.2 时间和方法

时间:调查工作于1999年的雨季(9月)和干季(11月)在上述2类林地中进行。

方法:在上述林地,按15 m × 15 m划出1取样地块,每取样地块按对角线法设5个取样点,每点分3个土壤层(A层:0-5 cm; B层:5-10 cm; C层:10-15 cm)分别取样,0-15 cm土层取样面积为392.70 cm<sup>2</sup>,另每块样地取50 cm × 50 cm的凋落物及腐殖质样,所取样品用干漏斗(Tullgren法)分离提取大、中小型土壤动物(限于条件,湿生土壤动物未做)。标本取回后进行分类整理和数据统计。由于土壤动物分类难度较大,本文仍根据土壤动物高级分类群进行群落组成及多样性分析<sup>[2]</sup>。

采用 Shannon-Wiener 多样性指数测定土壤动物群落多样性指标( $H'$ ):  $H' = -\sum P_i \ln P_i$ , 用 Pielou 均匀性指数测定群落的均匀性( $j$ ):  $j = H' / \ln S$ , 以 Simpson 指数测定群落优势度( $C$ ):  $C = \sum (n_i / N)^2$ , 式中  $H'$  为物种多样性指数,  $P_i = n_i / N$ ;  $n_i$  为每一类群的重要值(个体数),  $N$  为总的的重要值<sup>[11]</sup>。本文还采用密度-类群指数来进行群落多样性的比较,其公式为:  $DG = \sum (D_i / D_{i \max}) (G / G_T)$ , 其中  $DG$  为密度-类群指数,  $D_i$  为第  $i$  类群的密度;  $D_{i \max}$  为各群落中第  $i$  类群的最大密度;  $G$  为某群落中的类群数;  $G_T$  为各群落所包含的总类群数, 每个类群在各群落中的最大相对密度为1<sup>[11]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤节肢动物群落组成比较

2块样地2次取样,共获取中小型土壤节肢动物6606个,分属23目。表2显示出2块样地土壤节肢动物群落类群组成和各分类群数量构成的百分比情况。

各分类群在群落中所占有的数量比例表明,蜱螨目、鞘翅目、弹尾目、膜翅目构成西双版纳山地雨林和季节雨林土壤节肢动物群落的优势类群,其中蜱螨目在2种林地均占有最高的数量比例,鞘翅目和弹尾目在山地雨林占有的数量比例高于季节雨林,而膜翅目(由蚁科种类构成)在季节雨林所占有的数量比例仅次于蜱螨目,排列第2,明显高于其在山地雨林群落中的数量比例(排列第4);常见类群组成较为复杂,不同季节组成的类群不同,总体来看原尾目、同翅目、马陆目、结合目、拟蝎目在山地雨林为常见类群,双尾目、同翅目、双翅目、拟蝎目在季节雨林中为常见类群;其余类群在2类林地中因数量较小(各类占样地总数1%以下),被视为稀有类群。

表 2 西双版纳 2 种类型热带雨林土壤节肢动物群落类群与数量组成

类群	山地雨林							沟谷雨林							
	9月		11月		样本 捕获 总数	占全 捕获 量/ %	多 度	9月		11月		样本 捕获 总数	占全 捕获 量/ %	多 度	
	个 体 数	占捕 获 量/ %	个 体 数	占捕 获 量/ %				个 体 数	占捕 获 量/ %	个 体 数	占捕 获 量/ %				
弹尾目	Collembola	433	15.760	173	7.768	606	12.183	+++	23	5.651	140	11.430	163	9.988	+++
双尾目	Diplura	11	0.400	23	1.033	34	0.684	+	9	2.211	7	0.571	16	0.980	++
原尾目	Protura	5	0.182	54	2.425	59	1.186	++	0	0	3	0.245	3	0.184	+
革翅目	Demaptera	4	0.146	0	0	4	0.080	+	0	0	0	0	0	0	
等翅目	Isoptera	0	0	0	0	0	0	+	1	0.246	6	0.490	7	0.429	+
啮虫目	Psocoptera	5	0.182	20	0.898	25	0.503	+	0	0	0	0	0	0	
同翅目	Hemiptera	26	0.946	20	0.898	46	0.925	++	14	3.440	23	1.878	37	2.267	+++
缨翅目	Thysanoptera	6	0.218	3	0.135	9	0.181	+	0	0	1	0.082	1	0.061	+
鞘翅目	Coleoptera	699	25.450	277	12.440	976	19.622	+++	64	15.730	104	8.490	168	10.294	+++
双翅目	Diptera	31	1.129	8	0.359	39	0.784	+	6	1.474	12	0.980	18	1.103	++
鳞翅目	Lepidoptera	4	0.146	5	0.225	9	0.181	+	1	0.246	0	0	1	0.061	+
蜚蠊目	Blattodea	1	0.036	2	0.090	3	0.060	+	1	0.246	3	0.245	4	0.245	+
膜翅目	Hymenoptera	318	11.580	141	6.331	459	9.228	+++	154	37.840	353	28.820	507	31.066	+++
结合目	Symphyla	46	1.675	106	4.760	152	3.056	++	4	0.983	2	0.163	6	0.368	+
等足目	Isopoda	11	0.400	6	0.269	17	0.342	+	0	0	10	0.816	10	0.613	+
园马陆目	Sphaerotheriida	13	0.473	53	2.380	66	1.327	++	0	0	11	0.898	11	0.674	+
蜘蛛目	Aranene	14	0.510	12	0.539	26	0.523	+	3	0.737	6	0.490	9	0.551	+
蜱螨目	Acari	1 078	39.240	1 273	57.160	2 351	47.266	+++	106	26.040	523	42.690	629	38.542	+++
拟蝎目	Pseudoscorpiones	14	0.510	31	1.392	45	0.905	++	15	3.686	14	1.143	29	1.777	++
端足目	Amphipoda	0	0	1	0.045	1	0.020	+	0	0	0	0	0	0	
石蜈蚣目	Lithobiomorpha	7	0.255	2	0.090	9	0.181	+	0	0	2	0.163	2	0.123	+
地蜈蚣目	Geophilomorpha	20	0.728	14	0.629	34	0.684	+	6	1.474	5	0.408	11	0.674	+
蛭蜒目	Scutigermorpha	1	0.036	3	0.135	4	0.080	+	0	0	0	0	0	0	
类群总数		21		21		22			14		18		19		
个体总数		2 747		2 227		4 974			407		1 225		1 632		

### 2.2 土壤节肢动物空间分布比较

土壤节肢动物的生态分布是其对生境条件的适应和选择特性,并受多种环境因素的制约,尤以植被类型和土壤条件的影响最为明显<sup>[12]</sup>。本文就不同林地间和同一林地、不同深度土壤层的土壤节肢动物进行比较。

2.2.1 不同林地水平分布状况 对 2 林地土壤节肢动物总体分布状况和生境条件进行比较,结果显示土壤节肢动物类群数和个体数的分布均以山地雨林高于季节雨林(见表 2)。

不同生物类群土壤节肢动物及其物种具有不同的生物—生态学特性,它们对生境的异质性和影响因子变化具有不同的敏感性,并表现出不同的适应性—迁入或灭绝或衰退,2 类林地因生境差异性导致不同生物类群土壤节肢动物在林地中构成不同的数量级分布。此外,以个体数量密度为重要值,将处于 1 000—10 000 个  $m^{-2}$  数量级的土壤节肢动物类群视为重要类群,处于 100—1 000 个  $m^{-2}$  的视为次重要类群,10—100 个  $m^{-2}$  为非重要类群,1—10 个  $m^{-2}$  则为一般类群,对 2 林地土壤层和凋落物层各分类群土壤节肢动物数量分布进行排序,结果显示,蜱螨目、膜翅目、弹尾目、鞘翅目在山地雨林中的数量分布均在 1 000 个  $m^{-2}$  以上,成为该

群落重要类群组成,而在季节雨林中,仅膜翅目和蜚蠊目分别在土壤层和凋落物层的数量分布达到 1 000 个  $\text{m}^{-2}$  以上而成为重要类群,鞘翅目、弹尾目则处于次要类群位置。反映出山地雨林具有的重要类群数高于季节雨林,次要类群数则以季节雨林的分布为多。

2.2.2 不同土壤层垂直分布状况 对 2 林地凋落物层(L)和土壤 3 个不同层次(A:0-5 cm;B:5-10 cm;C:10-15 cm)中分布的土壤节肢动物类群和数量密度进行比较,见表 3。

表 3 2 林地土壤节肢动物群落的垂直结构

项目	山地雨林				季节雨林			
	类群数		数量密度/(个 $\text{m}^{-2}$ )		类群数		数量密度/(个 $\text{m}^{-2}$ )	
	9月	11月	9月	11月	9月	11月	9月	11月
凋落物层 (50 cm $\times$ 50 cm)	22	22	8 892	8 613	15	19	1 004	4 556
A(0-5 cm)	15	7	11 943	7 095	12	9	3 030	1 604
B(5-10 cm)	7	5	789	458	5	4	637	866
C(10-15 cm)	8	5	840	407	5	6	637	306

结果显示,2 林地土壤节肢动物群落在土体中的垂直分布结构相近。类群数均表现为从凋落物层向下逐渐减少的垂直分布现象;个体数量在不同取样季节分布有一定差异,干季为凋落物层向下逐渐降低的变化趋势,雨季则相反,呈现为土壤 A 层 > 凋落物层 > 土壤 B、C 层的分布现象,主要反映在中小型土壤节肢动物的分布上,而对于某些活动性强的大型土壤节肢动物,无论干季或雨季,其在凋落物层中的数量分布均高于土壤层,如等足目、蜈蚣目、马陆目等。由此反映出,森林凋落物是土壤节肢动物的主要栖息场所,一方面凋落物及腐殖质为土壤节肢动物提供食物资源,另一方面凋落物层十分疏松,具有比土壤层更大的空隙,其温湿条件更适合土壤节肢动物的生存与发展,但在外界因素干扰时,栖息在凋落物层的土壤节肢动物所受影响也最为直接。已有研究表明,由于降雨量和温度的影响,会导致凋落物层中小型土壤节肢动物个体数量的减少<sup>[12]</sup>。9 月是西双版纳地区雨季期,降雨频繁,时间长,凋落物受雨水的直接影响较大,含水量高,对分布在其中的中小型干生土壤节肢动物类群,如蜚蠊目、弹尾目、膜翅目、鞘翅目等产生一定的影响,导致其向土壤层迁移。11 月,随着降雨量减少,凋落物和土壤中含水量减少,同时温度也逐渐降低,土壤节肢动物在林内的分布总体减少,但由于凋落物直接受露水或雾水作用可保持一定湿度,且在白天的温度高于土壤层(取样在白天进行),土壤节肢动物由土壤层迁移至凋落物层,其分布数量相应增多。

### 2.3 土壤节肢动物群落多样性比较

除用 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀性指数和 Simpson 优势度指数外,进一步采用相对数量的密度-类群指数(DG),说明 2 类不同热带雨林土壤节肢动物群落的多样性状况,见表 4。

表 4 表明,土壤节肢动物群落类群丰富度以山地雨林最高; $H'$ 多样性指数、均匀性指数和优势度指数比较结果为季节雨林 > 山地雨林;而 DG 指数的测定结果则与  $H'$  指数相反,表现为山地雨林 > 季节雨林。同时,2 林地凋落物层土壤节肢动物群落的  $H'$  多样性指数和 DG 多样性指数均高于土壤层,表明

表 4 2 类林地土壤节肢动物群落多样性指数比较

项目	山地雨林		季节雨林	
	土壤层	凋落物层	土壤层	凋落物层
多样性指数 $H'$	1.442	1.611	1.508	1.681
均匀性指数 $J$	0.552	0.533	0.632	0.617
优势度指数 $C$	0.308	0.309	0.323	0.243
密度-类群指数 $DG$	1.364	1.745	0.781	1.641
pH 值	3.38		4.19	
有机质/(g $\text{kg}^{-1}$ )	59.5		15.4	
全 N/(g $\text{kg}^{-1}$ )	3.21		1.15	
全 P/(g $\text{kg}^{-1}$ )	0.48		0.29	
全 K/(g $\text{kg}^{-1}$ )	6.54		5.20	

凋落物中更有利于土壤节肢动物生存。对土壤动物群落进行多样性测定,用绝对数量分析群落的丰盛度和多样性变化,常会被某些类群巨大数量所掩盖<sup>[12]</sup>,如在  $H'$  多样性指数测定中,山地雨林土壤节肢动物群落因蜱螨目较大数量掩盖了其它重要信息,使  $H'$  指数变成最低。 $DG$  指数是基于各物种在群落中都有同等独立性,宜在不同群落间进行同种类比较的假设,对于复杂的土壤节肢动物群落多样性的测定可获得比较贴切的结果<sup>[12]</sup>。对2类林地土壤理化性质分析,山地雨林土壤有机质、pH、总N、总P等营养元素含量均高于季节雨林,而土壤动物多样性及丰盛度又与这些因子呈明显的正相关关系<sup>[13-14]</sup>,故采用  $DG$  指数进行测定,能较好反映土壤节肢动物群落多样性状况。

### 3 结论与讨论

(1) 研究结果表明,2种生境土壤节肢动物群落优势类群组成虽然均为蜱螨目、鞘翅目、弹尾目、膜翅目,但在不同样地生境中构成的数量比例不同,常见和稀有类群组成较复杂且样地间的差异更为突出,总体表现出季节雨林具有更多的热带成分,山地雨林则介于热带和亚热带之间。就西双版纳山地雨林与海南尖峰岭热带山地雨林相比,虽然都属山地雨林的植被类型,海拔高度也较为接近,但土壤节肢动物群落组成存有一定差异:除蜱螨目均为突出的优势类群外,西双版纳山地雨林中弹尾目在群落中的数量比例较尖峰岭少,膜翅目和鞘翅目的数量比例相对较多并成为优势类群,而海南尖峰岭山地雨林弹尾目数量比例(31.37%)较高,仅次于蜱螨目排在群落优势类群组成中的第2位,膜翅目(5.01%)及鞘翅目(4.10%)数量占总数比例较少,属常见类群组成<sup>[12]</sup>。说明西双版纳山地雨林土壤节肢动物群落既具有膜翅目为优势类群的热带特色,又有弹尾目占有一定数量比例的亚热带土壤动物群落组成特点。西双版纳季节雨林土壤节肢动物群落组成与西双版纳及海南尖峰岭山地雨林、亚热带长绿阔叶林相比差异更大,但与马来西亚热带雨林相比较为相似,即除蜱螨目外,具有热带特色的类群膜翅目(蚂蚁)占有很高数量比例(40%~50%),成为突出优势类群,弹尾目数量则明显减少,群落热带组成成分显著增加<sup>[2]</sup>。

(2) 山地雨林虽然属热带雨林,但由于分布较高海拔,气温较低,降雨量减少,具有纬度较高地区的气候特点,林内落叶树种较多,凋落物丰富且分解相对缓慢,腐殖质厚实,为土壤节肢动物的生存提供了较好的生态条件;季节雨林分布在低海拔的沟谷地带,生境水热系数高,林内阴湿,土壤湿润,上层乔木落叶树种相对较少,林内凋落量及现存量较低,雨季受雨水冲刷影响较大,适合土壤节肢动物生存的地表凋落物及腐殖质相对较少,研究结果显示土壤节肢动物类群数、个体数和  $DG$  指数均以山地雨林高于季节雨林。此外,2类林地因生境差异性导致不同生物类群土壤节肢动物在林地中构成不同的数量级分布,总体来看,山地雨林具有的重要类群数高于季节雨林,次重要类群数以季节雨林分布为多。

(3) 2类林地土壤节肢动物群落在土壤层的垂直分布均表明,林地凋落物层和土壤表层(0~5 cm)分布的土壤节肢动物类群数和个体数高于土壤深层,有表聚现象,当外界水热因子发生较大变化时,集聚在表层的土壤节肢动物受较大的影响,一部分死亡,另一部分向下迁移。

#### 参考文献:

- [1] 朱华. 西双版纳的热带雨林植被[J]. 热带地理, 1999, 10(3): 233-240
- [2] 尹文英. 中国亚热带土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 1992
- [3] Edwards C A. Biological interactions in soil[M]. London, 1988

- [4] James C N, Walter G W, Marek K. Soil land litter microarthropod populations from two contrasting ecosystems in semi-arid eastern Australia[J]. Journal of Arid Environments, 1996, 32:329-346
- [5] Anderson J M. Spatiotemporal effects of invertebrates on soil processes[J]. Biol Fertil Soils, 1988, 6:216-227
- [6] Teuben A. Nutrient availability and interaction between soil arthropods and microorganisms during decomposition of coniferous litter: a mesocosm study[J]. Biol Fertil Soils, 1991, 10:256-266
- [7] 李朝达,杨大荣. 西双版纳片断热带森林土壤动物组成比较[J]. 动物学研究,1997,18(1):45-49
- [8] 杨效东,余宇平. 西双版纳热带森林雨季土壤动物群落的组成与分布特征[J]. 东北林业大学学报,1998,26(6):65-70
- [9] 杨效东,沙丽清. 西双版纳热带人工与次生林土壤动物群落时空变化初查[J]. 土壤学报,2000,37(1):116-123
- [10] 马克平. 生物群落多样性的测度方法——多样性的测度方法(上、下)[J]. 生物多样性,1994,2(3):162-168,2(4):231-239
- [11] 廖崇惠,李健雄,黄海涛. 南亚热带森林土壤动物群落多样性研究[J]. 生态学报,1997,17(5):549-555
- [12] 廖崇惠,李健雄. 华南热带和南亚热带森林土壤动物的群落结构[A]. 见:尹文英. 中国土壤动物[C]. 北京:科学出版社,2000.77-99
- [13] 尹文英. 中国土壤动物[M]. 北京:科学出版社,2000.1-198
- [14] 殷秀琴,张桂荣. 森林凋落物与大型土壤动物相关关系的研究[J]. 应用生态学报,1993,4(2):167-173

## The Characters of Structure and Distribution of Soil Arthropod Communities in Two Types of Tropical Rain Forests in Xishuangbanna, Southern Yunnan

YANG Xiao-dong, LIU Hong-mao, SHA Li-qing, FENG Zhi-li

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, The Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223 Yunnan, China)

**Abstract:** Composition of groups, distribution of individuals and diversity of soil arthropod communities in the tropical montane rainforest and tropical monsoon rainforest of Xishuangbanna were studied in September and December 1999. The results show that the total number of arthropods collected are 6 606 which consist of 23 orders. Acari, Collembola, Hymenoptera and Coleoptera were dominant groups in each habitat, but their proportion in different habitats were difference. There are great differences in the ingredient and common groups of soil arthropod communities among each habitat. There are more tropical characteristics for soil arthropod communities in the tropical monsoon rainforest than that in the tropical montane rainforest. The distribution of groups, individuals and important genera (the density  $> 1\ 000 \cdot m^{-2}$ ) of soil arthropods in the tropical montane rainforest (22 order, 4 974 individuals) are higher than those in the tropical monsoon rainforest (19 order, 1 632 individuals). The character of vertical distribution is that the individuals and groups of soil arthropods on the ground are more than those in the soil. There are difference between the Shannon-Wiener diversity indexes and *DG* index of soil arthropod communities structure in two different tropical rain forests. Because of dominant group (Acari) individuals is larger in the tropical montane rainforest, it has the *J*, *H'* indexes of soil arthropod community in the tropical montane rainforest decreased, and it is less than that in tropical monsoon rainforest. The *DG* index are proposed on the base of the hypothesis that every species has equal independence and importance in the community, and can be compared with in community. So it is good to use *DG* index to measure the complicated soil arthropod community diversity. The results show that the richness and *DG* indexes in the tropical montane rainforest are much higher than those in tropical monsoon rainforest. It is positively related with the contents of soil organic matter and total N.

**Key words:** tropical montane rainforest; tropical monsoon rainforest; soil arthropod communities; Xishuangbanna