

西双版纳不同演替状态热带次生林土壤 节肢动物群落特征^{*}

杨效东^{**} 唐建维

(中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明 650223)

【摘要】 采用样地调查法, 对西双版纳 4 种不同演替状况热带次生林: 中平树(*Macaranga denticulate*)、崖豆藤(*Millettia leptobotrya*)、野芭蕉(*Musa acuminata*)与黄竹(*Dendrocalamus membranaceae*)林的土壤节肢动物群落结构与季节变化进行了研究. 结果表明, 4 类不同演替状况次生林土壤节肢动物群落在数量优势类群组成上无较大差异, 蜱螨目为所有 4 类林地的突出优势类群, 膜翅目、弹尾目和鞘翅目在不同林地中分别为不同数量等级的次优势类群, 而在常见和稀有类群的组成上, 各林地表现出较大的差异. 土壤节肢动物类群数、个体数和 DG 多样性指数以正向演替的崖豆藤林最高, 偏途演替的黄竹林最低, 但中平树、崖豆藤和野芭蕉林的差异不大. 4 类林地土壤节肢动物类群数和个体数的垂直分布分别以凋落物层和土壤表层(0~ 5 cm)最高, 其它各层分布因林地不同各异, 并存在明显的季节差异. 各林地土壤节肢动物个体数和类群数的季节消长总体表现出干季和雨季初期与末期高于雨量最大的雨季中期, 由于不同林地植被结构、凋落物数量和质量以及土壤水热状况不同, 其季节变化显现样地差异, 除了受林地降水量和温度变化影响外, 食物的丰欠和栖息场所的干扰状况也有重要的影响作用.

关键词 演替 次生林 土壤节肢动物 群落特征

文章编号 1001- 9332(2004)06- 0988- 07 中图分类号 S718.6 文献标识码 A

Soil arthropod communities in different successional tropical secondary forests in Xishuangbanna, SW China.
YANG Xiaodong, TANG Jianwei (Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2004, 15(6): 988~ 994.

Studies on the soil arthropod community structure and its seasonal variation in four types of secondary forest, including *Macaranga denticulate* forest(Md), *Millettia leptobotrya* forest(Ml), *Musa acuminata* forest(Ma) and *Dendrocalamus membranaceae* forest(Dm) in Xishuangbanna showed that Acari, Hymenoptera(ant) and Collembola were the dominant groups of soil arthropods on all study sites, but their proportions differed in different forests. For the common and rare groups of soil arthropods, there were some differences in four forests. We found fewer taxonomic groups(number of order), individuals and DG diversity index of soil arthropod communities in Dm secondary forest, as compared to another three forest types. There was no significant difference in number of groups and individuals and DG diversity index of soil arthropods among Md, Ml and Ma. The taxonomic diversity and population of soil arthropods were higher in top soil(0~ 5 cm) than in deeper layers. The research indicated that the dynamics of soil arthropods was correlated with the fluctuation of temperature and rainfall in this area. In general, the groups, populations and DG diversity index of soil arthropod communities were higher in dry season or early rainy season than in middle rainy season. There were some differences in the seasonal variation of soil arthropod communities in different type forests, which was primarily related to precipitation, temperature, litter quantity and quality, and biology of different soil arthropods. Apparently, food, habitation and disturb also have effects on the seasonal variation of soil arthropod communities in different forests.

Key words Succession, Tropical secondary forest, Soil arthropod communities, Structure and diversity.

1 引言

热带雨林的破坏是严重的全球性问题. 位于热带北缘的我国西双版纳地区, 由于传统的农业方式(刀耕火种)、人口增加等因素, 使得有限的热带雨林面积不断减少, 森林覆盖率由 20 世纪 50 年代的 60% 减至 90 年代初的 27% 左右. 在热带森林遭到破坏(主要是砍伐、火烧、短期耕种丢荒)之后, 取而代之的是大面积不同演替状态的次生林植被. 如何

改造、管理和合理利用裸地、次生植被, 加快热带雨林恢复速度, 已成为森林生态学研究的重要问题^[21]. 对于热带森林演替方面的生态学研究, 国内外虽开展了不少的研究工作, 但多集中于植物群落方面, 对构成热带雨林土壤生物重要组成部分且具

^{*} 国家自然科学基金项目(30000131)和云南省自然科学基金资助项目(1999C0021Q).

^{**} 通讯联系人.

2002- 06- 24 收稿, 2003- 04- 23 接受.

有功能性作用的土壤节肢动物研究甚少^[1, 2, 4, 7, 16]。本文根据 1999 年 4~12 月期间调查数据, 比较了不同演替状况热带次生林土壤节肢动物群落结构特征及季节变化, 为丰富热带雨林的次生演替研究提供数据和资料。

2 研究地区与研究方法

2.1 研究地区概况

研究地区位于云南省西双版纳州勐纳县勐仑镇(21°41'N, 101°25'E), 海拔 560~800 m, 年均温度 21.4~22.6 °C, 年降雨量约 1 500~1 600 mm, 因受热带季风气候影响, 形成明显的干、雨季之分, 雨季(5~10 月)约占年降雨量的 83%, 干季(11~4 月)仅占 17% 左右。如考虑温度变化, 全年可分为干热季(3~4 月)、雨季(5~10 月)和雾凉季(11~翌年 2 月)3 个主要季节期, 其中干季雾量大, 雾日多(约占全年 170 d 的 80%), 持续时间长^[10]。样地地带性土壤为赤红壤和砖红壤。经过实地调查, 分别选取了 4 种当地热带雨林被砍伐、火烧或短期耕作撩荒后在自然状况下发育起来的不同演替年代植被类型的次生林。

中平树次生林(Md)演替年限约 17 年, 森林盖度约 70%, 主要乔木有中平树(*Macaranga denticulate*)、斜叶榕(*Ficus tinctoria*)、滇银柴(*Aporosa yunnanensis*)、假柿木姜子(*Litsea monopetala*)和岗桉(*Eurya griffii*)等。崖豆藤次生林(Ml)演替年限约 30 年, 盖度 90% 左右, 样地乔木主要树种为崖豆藤(*Millettia lappotrya*)、蒲桃(*Syzygium* sp.)和印栲(*Castanopsis indica*)等。野芭蕉次生林(Ma)演替年限约 17 年, 盖度为 70% 左右, 乔木种类以野芭蕉(*Musa acuminata*)为主, 占样地植物群落的 30%~40%, 其它优势树种是毛管榕(*Ficus superba*)、中平树、木奶果(*Baccaurea ramiflora*)和木瓜榕(*Ficus auriculata*)等。黄竹次生林(Dm)演替年限 30 年左右, 盖度约 80%, 主要乔木种类为黄竹(*Dendrocalamus membranaceae*), 占据样地植物群落数量的 90% 以上, 其它乔木树种较少, 主要为滇银柴、大果山香园(*Turpinia pomifera*)和布渣叶(*Microcos nervosa*)等。

2.2 研究方法

1999 年 4 月(干热季)、6 月(雨季初期)、8 月(雨季中期)、10 月(雨季末期)、12 月(雾凉季)分别对上述 4 种类型林地进行取样调查。用 2 种方法取样。在上述林地按 15 m×15 m 划出一取样地块, 每样地按对角线法设 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)分别对土壤层动物取样, 0~15 cm 土层取样面积为 392.70 cm²; 另外按 50 cm×50 cm 面积在样地地表取凋落物及腐殖质样(L 层); 2 种方法所取样品先用手检法检出大型土壤节肢动物, 然后用于漏斗(Tullgren 法)分离提取中小型土壤节肢动物。标本取回后进行分类整理和数据统计。本文根据土壤动物高级分类群进行群落组成分析^[19]。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 $1^{[8]}$ 。

3 结果与分析

3.1 不同林地土壤节肢动物群落组成比较

在 4 块样地于不同季节 5 次取样, 共获取土壤节肢动物 18 807 个, 分属 6 纲 25 目。从土壤节肢动物群落各生物类群个体数、占群落总数比例和出现频次(表 1)可见, 4 类林地均以蜱螨目占绝对数量优势, 其中中平树林占样地总数的比例最高, 崖豆藤和野芭蕉林次之(以上 3 类林地蜱螨目占群落数量比例均在 42% 以上), 而黄竹林的数量比例较低, 在 33% 左右; 各群落次优势类群为膜翅目蚂蚁, 并以黄竹林的数量比例最高, 超过 31%, 而野芭蕉林相对较低, 在 17% 左右; 弹尾目在各样地的数量比例仅处于第 3 位, 约占总数的 10%~15%。此外, 鞘翅目在崖豆藤和野芭蕉林中因数量比例高于 10% 而成为优势类群, 从而也使这 2 类林地优势类群数高于其它林地。对于常见类群(数量比例 1%~10%)和稀有类群(1% 以下)的组成, 各样地差异较大。总体来看, 结合目在 4 类林地均成为常见类群, 鞘翅目在中平树和黄竹林为常见类群, 原尾目、同翅目分别在不同的 3 类林地构成群落的常见类群, 而缨翅目、拟蝎目、啮虫目仅在少数 1 或 2 类林地中为常见类群组成。数量稀有类群通常指那些在群落中占据个体数量较少的生物类群, 结果表明, 双尾目、蜚蠊目、半翅目、等足目、倍足类马陆和多足类蜈蚣在 4 类林地的群落中均为稀有类群组成, 原尾目、缨翅目和同翅目等在其中 1~2 类林地为常见类群, 其它林地为稀有类群, 另外一些类群如直翅目和鳞翅目等仅在少数林地以稀有类群出现。由此可见, 不同生物类群土壤节肢动物在不同生境条件下构成的群落数量组成成分不同。这在常见和稀有类群的组成上表现明显。

3.2 不同林地土壤节肢动物群落分布比较

3.2.1 不同林地间水平分布比较 由表 1 可见, 各林地土壤节肢动物类群数的分布差异不大, 均在 20 类以上, 其中中平树林和野芭蕉林略高, 达 23 个类群, 崖豆藤和黄竹林为 21 类; 在个体数分布上, 呈现出崖豆藤>野芭蕉≈中平树>黄竹, 但前 3 类林地间差异不显著, 而黄竹林明显减少(2 776 个左右), 与其它林地的个体数具有显著差异。

表 1 4 类次生林土壤节肢动物群落组成比较
Table 1 Composition of soil arthropod communities in four tropical secondary forests

项目 Item	中平树林 ¹⁾			鸡血藤林 ²⁾			野芭蕉林 ³⁾			黄竹林 ⁴⁾		
	GS ⁵⁾	RA ⁶⁾	PC ⁷⁾	GS	RA	PC	GS	RA	PC	GS	RA	PC
弹尾目 Collembola	747	14. 550	5	548	9. 908	5	645	12. 399	5	387	13. 489	5
双尾目 Diplura	30	0. 584	4	22	0. 398	5	19	0. 365	5	27	0. 941	4
原尾目 Protura	227	4. 422	4	237	4. 285	5	236	4. 537	2	16	0. 558	4
直翅目 Orthoptera	2	0. 039	1	0	0	0	1	0. 019	1	0	0	0
革翅目 Demaptera	4	0. 078	3	0	0	0	3	0. 058	3	2	0. 070	2
啮虫目 Psocoptera	14	0. 273	4	5	0. 090	3	7	0. 135	3	33	1. 150	5
同翅目 Homoptera	180	3. 506	5	26	0. 470	5	91	1. 749	5	62	2. 161	5
蜚蠊目 Blatodea	13	0. 253	5	5	0. 090	3	6	0. 115	3	3	0. 105	2
缨翅目 Thysanoptera	74	1. 441	5	12	0. 217	4	1	0. 019	1	2	0. 070	2
鞘翅目 Coleoptera	156	3. 039	5	762	13. 777	5	673	12. 937	5	224	7. 808	5
双翅目 Diptera	45	0. 877	5	71	1. 284	5	65	1. 250	5	25	0. 871	5
半翅目 Hemiptera	14	0. 273	5	20	0. 362	4	17	0. 327	3	19	0. 662	3
等翅目 Isoptera	15	0. 292	3	6	0. 108	3	2	0. 038	2	51	1. 778	3
鳞翅目 Lepidoptera	5	0. 097	2	0	0. 000	0	0	0	0	0	0	0
蚁 类 Ants	1116	21. 737	5	1255	22. 690	5	895	17. 205	5	907	31. 614	5
其它膜 Other	8	0. 156	2	8	0. 145	4	0	0	0	0	0	0
翅 目 Hymenoptera												
等足目 Isopoda	3	0. 058	3	38	0. 687	5	20	0. 384	2	7	0. 244	2
园马陆目 Sphaerotheriida	4	0. 078	3	42	0. 759	5	17	0. 327	4	11	0. 383	4
球马陆目 Glomerida	0	0	0	0	0	0	3	0. 058	2	0	0	0
蜘蛛目 Aranene	13	0. 253	4	27	0. 488	5	35	0. 673	4	16	0. 558	5
蜱螨目 Acari	2372	46. 202	5	2341	42. 325	5	2293	44. 079	5	967	33. 705	5
拟蝎目 Pseudoscorpion es	28	0. 545	4	35	0. 633	5	45	0. 865	5	47	1. 638	5
石蜈蚣目 Lithobiomorpha	8	0. 156	2	2	0. 036	2	17	0. 327	3	2	0. 070	2
地蜈蚣目 Geophilomorpha	5	0. 097	3	12	0. 217	4	11	0. 211	5	1	0. 035	1
结合目 Symphyia	51	0. 993	4	57	1. 031	5	100	1. 922	5	60	2. 091	5
群落总个体数 ⁸⁾	5134	100. 000		5531	100. 000		5202	100. 000		2869	100. 000	
群落总类群数 ⁹⁾	23			21			23			21		

1) *Macaranga denticulate*; 2) *Millettia laptobotrya*; 3) *Musa acuminata*; 4) *Dendrocalamus membranaceae*; 5) GS: 个体总数 Individuals; 6) RA: 占本样地总数百分数 % of total individuals in the plot; 7) PC: 频次 Frequency; 8) Total individuals in communities; 9) Total groups in communities.

表 2 4 类次生林土壤节肢动物个体数垂直分布季节变化(个·m⁻²)
Table 2 Seasonal change of vertical distribution of soil arthropod individuals in four tropical secondary forests

月 份 M onths	中平树林				崖豆藤林				野芭蕉林				黄竹林			
	凋落物层 L iter	0~ 5 cm	5~ 10 cm	10~ 15 cm	凋落物层 L iter	0~ 5 cm	5~ 10 cm	10~ 15 cm	凋落物层 L iter	0~ 5 cm	5~ 10 cm	10~ 15 cm	凋落物层 L iter	0~ 5 cm	5~ 10 cm	10~ 15 cm
4	5352. 00	16679. 0	967. 66	2419. 10	104. 00	19557. 0	2291. 80	789. 41	6348. 00	7639. 42	2037. 18	763. 94	2040. 00	5322. 13	4201. 68	3004. 84
6	5132. 00	11816. 0	1145. 90	611. 15	3372. 00	5398. 50	5551. 30	814. 87	1652. 00	6518. 97	1578. 81	687. 55	820. 00	5296. 66	1298. 70	1044. 05
8	280. 00	1629. 70	254. 65	229. 80	3416. 00	662. 08	840. 34	203. 72	2632. 00	356. 51	942. 20	483. 83	572. 00	483. 83	152. 79	50. 93
10	1380. 00	3539. 60	2342. 80	2240. 90	2264. 00	9294. 60	407. 44	1935. 30	440. 00	1808. 00	3972. 50	2801. 12	1012. 00	4456. 33	458. 37	1808. 00
12	696. 00	4889. 20	331. 04	331. 04	2276. 00	5704. 10	11586. 0	2470. 08	4728. 00	1553. 35	713. 01	203. 72	552. 00	1909. 85	3972. 50	8097. 78

凋落物层的数量密度指 1 m² 样地凋落物所获个体数, 各土壤层的数量密度指 5 cm 厚土壤 1 m² 所含个体数. The density of litter arthropods is numbers in 1 m² area of litter and floor mass in plot, the density of soil arthropods is numbers in 1 m² area of 5 cm soil.

土壤节肢动物群落个体数在不同林地上的分布差异, 主要体现在优势类群和少数常见类群的数量分布上. 蜱螨目和弹尾目在中平树、崖豆藤和野芭蕉林的分布均较高, 无明显样地差异, 但都远远超出黄竹林, 膜翅目蚂蚁以中平树和崖豆藤林分布较高, 鞘翅目则以中平树和野芭蕉林多于其它林地, 这与样地土壤节肢动物群落个体总数的分布趋势相同. 对于各样地群落的常见和稀有类群而言, 它们对生境条件具有较强的选择性, 其数量的多寡与林地水热条件、食物资源密切相关, 其中一部分类群虽在 4 类样地有分布, 但林地差异高于优势类群.

3. 2. 2 不同林地垂直分布比较 对不同林地土壤节肢动物群落在土壤中垂直分布分析表明, 4 类林地

土壤节肢动物群落类群数的垂直分布较为相似, 各季节均以凋落物层的类群数最多, 土壤 A 层次之, B、C 层较少, 对于个体数的垂直分布, 不同植被类型林地在不同季节呈现一定的差异(表 2).

4 类林地土壤节肢动物个体数总体表现为土壤 A 层最高. 中平树、野芭蕉和崖豆藤林的凋落物层个体数量高于 B、C 层, 黄竹林土壤 B、C 层个体数分布多于凋落物层, 表聚现象以中平树、野芭蕉和崖豆藤林较好, 黄竹林最差. 黄竹林地表凋落物层不利于土壤节肢动物的生存, 可能与黄竹林凋落物主要由 C/N 含量高的竹叶组成和表层土壤板结干燥有关. 不同季节因林地水热条件变化, 土壤节肢动物的垂直分布呈现季节性差异, 并且不同植被类型林地, 其垂

直结构的季节差异不同。干热季 4 月, 野芭蕉林土壤节肢动物在凋落物层的数量较高, 其它 3 类次生林土壤节肢动物主要集中在土壤 A 层, 黄竹林地 B、C 层的数量也较高; 雨季中期 8 月, 土壤节肢动物在个体总数减少的同时, 在土壤层的数量降低, 而在凋落物层的分布数量增多。这在除中平树林外的其它 3 类林地表现明显, 中平树林仍以土壤 A 层的数量较高; 雨季初末期(6、10 月), 4 林地土壤层的个体数量分布较雨季中期增加, 但在不同林地的不同土壤层上表现不同; 雾凉季 12 月, 林地内温湿度降低, 其中中平树林的土壤 A 层、崖豆藤林 B 层、黄竹林土壤 C 层的数量密度最大, 3 类林地凋落物层数量减少, 而野芭蕉林土壤节肢动物在凋落物层分布仍高于土壤层。崖豆藤林土壤节肢动物个体数在干热季的垂直分布出现 A 层极高, 而凋落物层极少现象的原因有待于查证。

不同生态习性的分类群在不同林地土壤层的垂直分布不同。蜚蠊目、鞘翅目、双翅目、同翅目和弹尾目在多样地以土壤 A 层居多, 凋落物层次之(野芭蕉林弹尾目和鞘翅目以凋落物层多于土壤层), 蚂蚁是一类土栖性类群, 各林地均表现出土壤层的分布高于凋落物层, 其中崖豆藤、野芭蕉和黄竹林地的蚂蚁数量以下层土壤(B 和 C 层)较高。对于一些数量较少, 但在凋落物分解过程中起重要作用的类群(如等足目、马陆和等翅目等), 它们在除黄竹林以外的

3 类林地的分布均以凋落物层多于土壤层, 而黄竹林则是土壤 A 层最多; 捕食性类群拟蝎目、蜘蛛目和蜈蚣目在各林地 A 层的分布数量相对较高, 由于它们的活动性强, 在不同林地的垂直结构差异更大。

3.2.3 不同林地土壤节肢动物群落季节变化比较
对土壤节肢动物群落类群数和个体数的季节变化分析表明, 4 类林地土壤节肢动物群落的季节变化因样地生境和微气候因子的差异不同(表 3)。总体表现出各林地雨季中期数量和类群数最低, 干季和雨季初末期因林地不同而出现不同时间的数量高值。

中平树、野芭蕉和黄竹林土壤节肢动物群落个体数均表现出干热季 4 月最高, 在雨季中、末期, 3 林地节肢动物个体数出现较低水平, 在雾凉季 12 月, 野芭蕉和黄竹林地个体数又逐步回升至较高水平, 而中平树林仅有少量增长; 崖豆藤林土壤节肢动物个体数在雨季初期 6 月和雾凉季 12 月较高, 干热季 4 月、雨季中期 8 月则呈现较低水平。土壤节肢动物群落类群数的季节变化在中平树、黄竹林表现为 M 型, 崖豆藤林为 V 字型, 低值都出现在雨季中期 8 月, 而中平树和黄竹林类群数的高峰值在 6 和 10 月, 崖豆藤林则在 6 和 12 月, 野芭蕉林类群数的季节动态与上述 3 类林地相反, 呈 W 型, 高值在 4 月、8 月和 12 月, 低值出现在 6 和 10 月。除中平树林外, 其它 3 类林地凋落物层和土壤层分布的土壤节肢动物季节变化表现出相反的变化趋势。

表 3 4 类次生林土壤节肢动物类群数和个体数季节变化
Table 3 Seasonal variation in groups and individuals of soil arthropod communities in four tropical secondary forests

月 份 Months	中平树林			崖豆藤林			野芭蕉林			黄竹林		
	土壤层 Soil	凋落物层 Litter	总数 Total	土壤层 Soil	凋落物层 Litter	总数 Total	土壤层 Soil	凋落物层 Litter	总数 Total	土壤层 Soil	凋落物层 Litter	总数 Total
4	787(16)	1337(19)	2124(20)	889(18)	26(5)	915(18)	412(13)	1587(18)	1999(19)	493(15)	510(11)	1003(16)
6	533(13)	1283(21)	1816(22)	462(12)	849(17)	1311(19)	348(14)	413(15)	761(15)	510(15)	205(14)	715(18)
8	83(7)	69(10)	152(12)	67(8)	855(15)	922(16)	70(6)	658(17)	728(17)	28(4)	143(12)	171(11)
10	319(12)	345(17)	664(19)	456(15)	579(18)	1035(19)	337(12)	110(7)	447(14)	264(16)	253(16)	517(19)
12	214(14)	164(17)	378(18)	776(16)	572(17)	1348(20)	97(11)	1182(17)	1279(17)	549(14)	138(11)	687(15)

括号内为分类群目数 The number of order.

结合该地区年气温和降雨量情况¹⁾(图 1)可见, 4 种不同植被类型热带次生林土壤节肢动物群落的变化与当地降雨量、气温密切相关。一年中, 干热季或雾凉季降雨量较少或极少, 但雾露降水量高达 71 mm, 约占整个干季降水量的 31%^[10], 雾水弥补了降雨量不足, 为森林土壤节肢动物优势类群的发展提供了适当的水湿条件, 同时保证了较多类群的生存条件, 这或许是导致这 2 个时期土壤节肢动物群落类群数和个体总数较高的原因之一。在降雨最大的雨季中期, 各林地类群数(野芭蕉林除外)和个体数降至较低水平。这主要是因雨量大, 常有暴雨

出现, 林地土壤含水量趋于饱和, 对动物的生存产生不利影响。由于地理位置和植被结构不同, 不同林地内凋落物和土壤水分含量的季节变化差异较大, 加上凋落物的数量和质量以及土壤理化条件的差异, 使得各林地土壤节肢动物群落的变化呈现较大差别。同一林地凋落物层和土壤层有较大的生境异质性, 相同季节两种微生境的生态因子(温湿度、有机质等)不同, 土壤节肢动物通过垂直迁移活动在土壤层和凋落物层选择最适的生存环境, 从而维持和

1) 气象数据资料由中国科学院西双版纳热带森林生态系统定位站提供。

发展其种群数量,减缓外界干扰对群落的影响,使得林地土壤节肢动物在凋落物层和土壤层的季节变化处于相反的趋势,这在除中平树林外的其它3类林地表现明显.

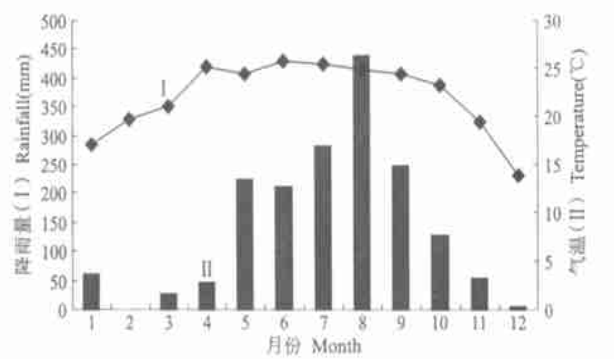


图1 观测期间各月份主要气候指标(月平均气温和月平均降雨量)
Fig. 1 Monthly variation of average air temperature and rainfall in Menglin area.

3.3 不同林地土壤节肢动物群落多样性及季节变化差异

采用 DG 指数对 4 种类型生境土壤节肢动物群落多样性进行比较(图 2),结果表明,崖豆藤> 中平树> 黄竹> 野芭蕉.而土壤层为崖豆藤> 黄竹> 中平树> 野芭蕉,凋落物层为中平树> 崖豆藤> 野芭蕉> 黄竹,同一林地中,除黄竹林是凋落物层 DG 多样性指数低于土壤层外,其它3类林地凋落物层的 DG多样性指数要高于土壤层.说明黄竹林土壤节

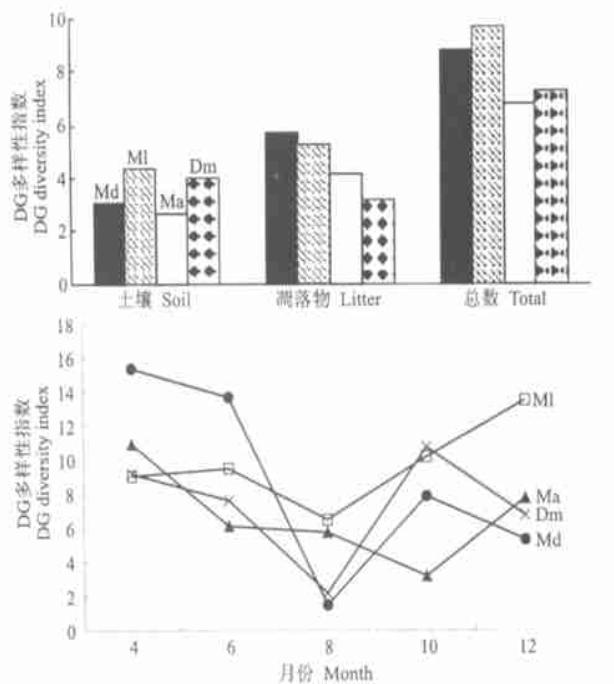


图2 4类次生林土壤节肢动物群落 DG 多样性指数比较及其季节动态
Fig. 2 Comparison on seasonal variation in soil arthropod communities diversity indices in four tropical secondary forests.

肢动物主要栖息生境在土壤层,凋落物层不利于土壤节肢动物的生存发展,而其它3类林地中凋落物层是土壤动物主要栖息场所.各林地土壤节肢动物群落多样性显示出相近的季节变化趋势,崖豆藤、中平树和黄竹的最低值出现在雨季中期(8月),而野芭蕉在雨季末期(10月)为最低;多样性最高值各林地有一定差异,中平树、野芭蕉在干热季4月,崖豆藤林在雾凉季12月,黄竹林则在雨季后期10月呈现最高.相对而言,崖豆藤林土壤节肢动物群落 DG 多样性指数的季节变化幅度最小,在一年中大部分时间高于其它3个群落,中平树、黄竹林的季节变化差异较大.

4 讨 论

土壤动物群落的组成和分布,一方面与森林的立地和土壤条件有关,另一方面主要受森林植被组成和结构差异的影响较大.已有研究表明,植被结构通过改变微气候条件和土壤养分影响土壤动物的种群密度,植被的生境多样性也深刻影响着土壤动物群落的多样性^[5].Hartmut^[6]的研究表明,植物的地上和地下结构可影响土壤动物群落的演替和发展.在热带,土壤动物的类群分布及种群数量与植物凋落物的质量(N含量和C/N值)和数量极密切相关,不同植被结构的森林有着与其凋落物数量和质量相适应的土壤动物群落,其相互作用维持着森林生态系统的养分循环^[12,17].4类不同演替状况次生林土壤节肢动物群落在数量优势类群上无较大差异,蜚蠊目为突出优势类群,这与其他不同植被类型土壤动物群落的研究结果相一致^[9,20].而膜翅目、弹尾目和鞘翅目在不同林地中分别为不同数量等级的次优势类群,其中具有典型热带地区特色的膜翅目代替了弹尾目在群落中的数量优势地位,表明西双版纳热带次生林土壤节肢动物群落组成与海南尖峰岭山地雨林、亚热带常绿阔叶林相比差异较大,但与马来西亚热带雨林较为相似,群落热带组成成分显著增加^[19].在常见和稀有类群的组成上,各林地显示出较大的差异,体现在不同生物类群的组成数和各类群个体数量的构成上.4类林地土壤节肢动物群落组成上的共同点和差异性既体现了热带森林土壤节肢动物群落的组成特点,又反映出土壤节肢动物对不同植被类型次生林生境差异的选择性和适应性.土壤节肢动物群落的生态分布主要表现在同样地间的水平差异和同一样地、不同土壤层上的垂直分布差异.调查结果表明,土壤节肢动物群落类群

数、个体数和多样性指数均以黄竹林最低, 这可能与林地土壤有机质、凋落物质量有关^[20,21]。土壤节肢动物在各林地的垂直结构有一定的相似性, 类群数均以凋落物层为最多, 个体数量则以土壤表层(0~5 cm)最高, 有明显的表聚现象, 但也呈现一定的样地差异和季节变化, 反映在不同季节各生物类群在不同土壤层的数量分布上。这一现象与大多数森林土壤动物的研究结果相类似^[17,18]。林地植被结构、凋落物数量与质量、土壤理化性质决定了森林土壤节肢动物垂直结构的相对稳定性(表聚现象), 不同季节降雨和气温变化导致的土壤温湿度改变是土壤节肢动物群落垂直结构具有动态性的主要影响因子。

森林土壤节肢动物群落存在明显的季节变化^[3,8]。Sally 等^[14]对 Barro 可罗拉多岛和其它热带森林凋落物层土壤节肢动物的季节变化研究表明, 大中型土壤节肢动物主要表现为干季数量较低, 当降雨开始后, 动物数量有明显的数量增长, 在整个湿季过程中的某些月份动物数量也呈明显的下降, 但湿季初、末期没有较大差异, 整个变化趋势与凋落物季节动态相反, 而与降雨量、地表凋落物和土壤湿度相近。Raghubanshi^[13]的研究发现, 热带地区干湿季土壤水势的季节变化成为影响土壤动物种群消长(季节及年度)的主要因素, 并对调控森林土壤养分有着极为重要的作用。随着雨季的到来, 由于土壤含水量的增加, 土壤微生物和无脊椎动物种群数量会出现爆炸式增长, 从而影响土壤生物养分的脉冲式释放。在本研究中, 崖豆藤和中平树林凋落物层土壤节肢动物的季节动态也表现出类似的特点。在崖豆藤林中, 虽然土壤层个体数量从干热季 4 月至雨季呈现明显地减少, 但凋落物层动物个体数量和类群数在雨季初期 6 月有明显的增长, 中平树林凋落物层动物数量在 6 月也处于较高水平, 但野芭蕉和黄竹林与其差异较大, 可能与野芭蕉林分布在沟谷和阴坡, 林内湿度较高, 干季较好的温湿条件(干热季和雾凉季)使土壤节肢动物数量处于较高水平, 而整个雨季(初期至末期)林内水分含量过高, 土壤节肢动物数量减少。至于黄竹林凋落物层节肢动物数量在干季 4 月高于雨季初期 6 月, 可能是林地凋落物竹叶的 C/N 值较高或其它因素所致。由此可见, 森林土壤节肢动物群落的季节变化受林地降水量和温度变化的影响, 气温和土壤温度季节变化幅度较小, 对土壤节肢动物群落的影响不大, 但降雨和土壤含水量的变异很大, 是导致土壤节肢动物群落季节变化的主要因素^[9]。此外, 西双版纳热带雨林地区由

于年降雨量的不均匀分配(明显的干雨季)以及人为干扰作用, 干湿季交替对不同演替状态热带森林生态系统的土壤水分影响不尽一致, 如林冠对降水截获、不同植被对土壤水分蒸发的影响、季节降水量变化、林内凋落物和土壤质量差异等势必造成林地间土壤水势的差异, 从而对演替进程中土壤动物种群的消长产生不同程度的影响, 并且人为干扰的影响作用不可忽视, 最终导致土壤生物养分的水平和垂直差异。

热带次生林在西双版纳占有较大的面积, 有相当面积的森林处于退化及贫化过程。在部分退化的山地和受破坏的森林中, 一些适应性和繁殖力极强的物种极易侵入并形成难以替代的单优群落, 阻碍了热带雨林的正常演替^[22]。本研究所涉及的 4 类处于不同演替状态的次生林是西双版纳次生植被的常见类型^[22]。中平树和崖豆藤次生林是当地热带森林向雨林方向演替的初期阶段, 其中中平树是次生演替过程中的主要先锋植被类型, 崖豆藤林在演替序列上则出现于中平树之后, 被看作热带森林建群期的一种主要植被演替类型。野芭蕉是一种热带和亚热带地区常见的重要先锋植物, 普遍分布于山体的阴坡和沟谷边。在刀耕火种迹地和森林林窗极易最先侵入并迅速发展成为优势树种。已有研究表明, 野芭蕉群落今后的演替可能会朝非崖豆藤为优势的次生林类型(如中平树优势群落)方向进行^[23]; 黄竹是热带性较强的竹种, 在热带雨林遭到反复破坏后, 极易在阳坡入侵并形成难以替代的单优群落^[15], 被视为偏途演替的类型。不同类型热带次生林的树种组成和结构无疑对林下土壤节肢动物群落的组成与分布具有重要的本质作用, 而土壤节肢动物群落的丰度和多度也在一定程度上反映出不同林地凋落物分解和养分循环的优劣。

致谢 野外工作得到中国科学院西双版纳热带森林生态系统定位站的大力支持, 谨此致谢。

参考文献

- 1 Anderson JM. 1975. Succession, diversity and trophic relationships of some soil animals in decomposing leaf litter. *J Animal Ecol*, **44**: 475~495
- 2 Anderson JM. 1988. Spatiotemporal effects of invertebrates on soil processes. *Biol Fertil Soil*, **6**: 216~227
- 3 Bullock JA. 1967. The arthropoda of tropical soil and leaf litter. *Trop Ecol*, **8**: 74~87
- 4 Coleman DC, Hendrix PF. 2000. Invertebrates as Webmaster in Ecosystems. New York: CABI Press.
- 5 Connell JH, Slatyer RO. 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. *Amer Natur*, **111**: 1119~1144

- 6 Hartmut K. 1998. Secondary succession of soil mesofauna: A thirteen year study. *App Soil Ecol*, **9**: 81~ 86
- 7 Lal R. 1988. Effects of macrofauna of soil properties in tropical ecosystem. *Agric Ecosyst Environ*, **24**: 101~ 116
- 8 Liao G-H(廖崇惠), Li J-X(李健雄), Huang H-T(黄海涛). 1997. Soil animal community diversity in the forest of the southern subtropical region, China. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, **17**(5): 549~ 555(in Chinese)
- 9 Liao G-H(廖崇惠), Li J-X(李健雄). 2000. The community structure of soil animal in the tropics and subtropics of China. In: Yin W-Y(尹文英) ed. *Soil Animal of China*. Beijing: Science Press. 77~ 99(in Chinese)
- 10 Liu W-J(刘文杰), Zhang K-Y(张克映), Zhang G-M(张光明), et al. 2001. Canopy interceptive effect of dew and fog resources from dry season tropical rainforest in Xishuangbanna. *Resour Sci(资源科学)*, **23**(2): 75~ 80(in Chinese)
- 11 Liu M-Q(刘满强), Hu F(胡 锋), Li H-X(李辉信), et al. 2002. Soil arthropod communities under different artificial woodland restored on degraded red soil. *Acta Ecol Sin(生态学报)*, **22**(1): 54~ 61(in Chinese)
- 12 Matthew WW, Xiaoming Z. 2002. Soil macrofauna and litter nutrients in three tropical tree plantations on a disturbed site in Puerto Rico. *For Ecol Manage*, **170**: 161~ 171
- 13 Raghubanshi AS, Sivastava SC, Singh RS. 1990. Nutrient release in leaf litter. *Nature*, **346**: 2
- 14 Sally GL, Donald MW. 1982. Seasonal and annual variation in litter arthropod populations. In: Egbert LJ ed. *Litter Arthropods and Their Predators - The Ecology of Tropical Forest Seasonal Rhythms and Long-term Changes*. Washington, D. C: Smithsonian Institution Press. 355~ 387
- 15 Shi J-P(施济普), Zhang G-M(张光明), Bai K-J(白昆甲), et al. 2001. Effects of invasion of *Dendrocalamus membranaceus* Munro on community biomass and plant diversity. *J Plant Resour Environ(植物资源与环境学报)*, **10**(4): 34~ 37(in Chinese)
- 16 Teuben A. 1991. Nutrient availability and interaction between soil arthropods and microorganisms during decomposition of coniferous litter: A mesocosm study. *Biol Fertil Soil*, **10**: 256~ 266
- 17 Tian G, Brussaard L, Kang BT. 1993. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions: Effects on soil fauna. *Soil Biol Biochem*, **25**(6): 731~ 737
- 18 Willis EO. 1976. Seasonal changes in the invertebrate litter fauna on Barro Colorado Island, Panama. *Rev Brasil Biol*, **36**: 643~ 657
- 19 Yin W-Y(尹文英), Yang F-C(杨逢春), Wang Z-Z(王振中), eds. 1992. *Subtropical Soil Animals of China*. Beijing: Science Press. 1~ 618(in Chinese)
- 20 Yin W-Y(尹文英), et al. 2000. *Soil Animal of China*. Beijing: Science Press. 1~ 198(in Chinese)
- 21 Yin X-Q(殷秀琴), Zhang G-R(张桂荣). 1993. Correlation between forest litter and soil macroanimals. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, **4**(2): 167~ 173(in Chinese)
- 22 Zhang JH, Cao M. 1995. Tropical forest vegetation of Xishuangbanna, SW China and its secondary changes—With special reference to some problems in local nature conservation. *Biol Cons*, **73**: 229
- 23 Zhang G-M(张光明), Tang J-W(唐建维), Shi J-P(施济普), et al. 2000. Niche dynamics of dominant population of *Musa acuminata* Colla pioneer community in Xishuangbanna, SW China. *J Plant Resour Environ(植物资源与环境学报)*, **9**(1): 22~ 26(in Chinese)

作者简介 杨效东,男,1966年生,副研究员,主要从事土壤生态学研究,发表论文13篇。Tel: 0871-5160900; E-mail: Yangxd@xtbg.ac.cn
