

海南尖峰岭热带林土壤动物群落 ——群落结构的季节变化及其气候因素

廖崇惠¹, 李健雄¹, 杨悦屏¹, 张振才²

(1. 广东省昆虫研究所, 广州 510260, 2. 尖峰岭热带林自然保护区, 海南省乐东县 572542)

摘要: 对土壤原生物、线虫和其它大中型土壤动物等3个部分, 分别描述群落的季节变化, 然后, 综合分析气候因素对群落的影响。① 原生物群落的季节化表现为: 种数在1、2月份最高, 达43、44种; 个体数量则在8月份和12月份(14万多和12万多/g, 干土)。② 线虫的种数也在1月份最高, 达67种; 个体数则在9月份(83.3万/m²); DG指数显示出有9月份的大高峰(19.9)和1月份的小高峰(19.7)。③ 大中型土壤动物群落的季节变化幅度很大; 类群数的大高峰在7月份(31个), 小高峰在12月份(17种); 个体数量则在6月份和11月份(5.8万个和1.05万个/m²)。④ 气温和地表温度对群落变化的影响较小; 对线虫的种数变化有显著负相关; 对原生物、大中型土壤动物种数变化也只有阶段性的相关。⑤ 土壤含水量对群落变化的影响较大; 与原生物丰度呈非常显著的相关($r=0.896$, $df=10$, $r_{0.01}=0.708$); 与其它大中型土壤动物的类群数、总个体数及DG指数的影响则具有季节性差异, 即在湿季呈显著的负相关。⑥ 降水量年内和年间的变化均具有很大的不稳定性, 暴雨又是土壤动物(除原生物外)灾难性的因素。因此降水量的变化是造成群落跳跃式波动和大起大落的主要因素。

关键词: 土壤动物; 群落季节变化; 热带山地雨林; 海南岛

The community of soil animal in tropical rain forest in Jianfeng Mountain, Hainan Island, China: Relationship between seasonal change of community structure and climatic factors

LIAO Chong-Hui¹, LI Jian-Xiong¹, YANG Yue-Ping¹, ZHANG Zhen-Cai² (1. Guangdong Institute of Entomology, Guangzhou 510260, China; 2. Jianfengling Tropical Forest Nature Reserve, Ledong, Hainan, 572542, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(1): 139~147.

Abstract: This paper deeply depicted seasonal change of the composition of three communities (soil protozoa, soil nematodes and other macro-meso soil fauna, respectively) and analyzed synthetically the effect of climatic factors on them. The results were showed as follows:

(1) Seasonal change of community: (a) 43 and 44 species of soil protozoa had been observed in January and February, respectively, that were higher than that in other months. Only Ciliates had a clear peak of species number (28 species) among soil protozoa, the curve of species number of the other two

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(39230070); 海南尖峰岭热带林生态系统定位研究站开放基金资助项目

收稿日期: 2001-09-18; **修订日期:** 2002-04-10

作者简介: 廖崇惠(1935~), 男, 广东南海市人, 研究员。主要从事动物生态学和土壤动物研究。E-mail: rodents@pub.guangzhou.gd.cn

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 39230070); Supported by Foundation of Longtern Research station for Tropical Forestry Ecosystem in JianFeng mountain, Hainan Island, China

Received date: 2001-09-18; **Accepted date:** 2002-04-10

Biography: LIAO Chong-Hui, Professor. Engaged in the studying Zoecology and Soil animals. E-mail: rodents@pub.guangzhou.gd.cn

groups (Amoebae and Flagellates) were always under the former group level. The individual number peaks of soil protozoa were observed in August and December (more than 140 thousand / g dry soil and more than 120 thousand / g dry soil, respectively). Amoebae were possibly main groups that influenced the individual number fluctuation of the whole community. (b) Sixty-seven species of nematodes were found in January, which was the highest of the year. The fluctuation of species number during the year was actually decided by Dorylaimida and other nematodes developed by the opposite rule under the control of it. The peak of individual number was observed in September (density was 833 thousand/m²) and the vale was observed in January (density was 741 thousand/m²). The situation coincided with species change. Change of Dorylaimida individual number influenced greatly the change of nematodes community, for the individual number of Dorylaimida was 52.5% of total number. DG index of the community showed that there were a high peak (19.9) and a low peak (19.7) in September and in January, respectively. (c) There was a wide range in seasonal change of all the indexes of macro-meso soil animal community, and the fluctuation was jumping: ① The peak of groups was observed in July (31 species) and the low peak was observed in December (26 species). ② The high peak and the low peak of individual were observed in June (58 thousand individual/m²) and in November (10.5 thousand individual/m²), respectively. Some groups had also a clear low peak in March, but a few groups were decided by dry seasonal and rainy season. The vales of individual were observed in August (1.5 thousand/m²) and in February (3.0 thousand/m²), which coincided with that of groups and are 38 times lower than the peak. ③ DG index was the highest in June and the lowest in August, which coincided with the individual curves of acarina, Collembola, ants, Isoptera, Diptera, Demiptera, Pseudoscorpiones and Symphyla in the whole year.

(2) Climatic factors influencing community change: (a) Monthly change of air temperature in sample spot ranged 14.6~24.3°C ($C=0.145$), which was small and also optimum range for soil animals survival. So air temperature and upper temperature that was following the former had little effect on community change and individual change, but had a very remarkable negative correlation to species change of nematodes ($r=-0.694$, $df=8$, $r_{0.05}=0.632$) and had a correlation to species change of protozoa and macro-meso soil fauna. (b) Soil moisture content in sample spot changed greatly during the year and ranged 11.6%~32.8% ($C=0.346$) so that the degree influencing community change was great; It had a very remarkable correlation to the abundance of protozoa ($r=0.896$, $df=10$, $r_{0.05}=0.708$), and had a extensive correlation to the density of nematodes. There was difference between effect of dry season and rainy season on groups, total individual and DG index of other macro-meso soil fauna, and the effect had a negative correlation in rainy season. (c) Monthly change of precipitation was very great. August was the month that rainstorm happened mostly. The precipitation was 490.7mm in August, which was 35% of the year. And it was also the month that the quantity of nematodes and other macro-meso soil fauna declined suddenly from peak to vale, which showed that rainstorm was a disastrous factor to soil animal (except soil protozoa). Annual change of precipitation was also very great. Precipitation peak was in July and rainy season was over in October in former years, for example, but the precipitation peak was in August and there was a small peak in November during the year of investigation. The instability of precipitation was a main factor that caused the fluctuation of soil animal community in the year of investigation and also caused obvious difference of community change in different years.

Key words: soil animals; seasonal changes of community; tropical mountainous rain forest; Hainan Island
文章编号: 1000-0933(2003)01-0139-09 中图分类号: Q958.15, S154.5 文献标识码: A

对热带土壤节肢动物各类群数量的季节性变化,前人已有研究^[1]。对大中型土壤动物群落结构季节性

变化的研究,在国内已有西双版纳热带沟谷雨林和尖峰岭热带山地雨林的一般报道^[2,3]。本文拟对尖峰岭热带山地雨林土壤动物(包括大、中、小型)群落结构的季节变化进行较完整的研究。研究样地概况和生态环境、研究方法和群落的基本组成等,在“群落的组成及其特征”^[3,4]中已详细叙述。所有土壤动物的采样,同样是在 1993~1994 年间,在海南岛尖峰岭自然保护区热带山地雨林的标准样地上按月获得。所得资料及研究结果已有报道^[3,5~7]。此研究综合分析全部资料以达到对尖峰岭山地雨林土壤动物群落结构的季节变化有一个比较完整的认识。

1 气象要素

在众多的气象要素中,对土壤动物有重要影响的是气温和降水量,它们又直接地影响着维系土壤动物生存的土壤温度和湿度。本调查除从尖峰岭自然保护区天池气象站获得调查当年的气象资料外,还在调查点上即时测得地表温度和土壤湿度。下面将这些资料集中列于表 1。

表 1 海南尖峰岭的气象资料及调查点的土壤温湿度

Table 1 The meteorological data and soil water content of Jiangfeng Mountain, Hainan						
年月 Year-month	保护区气象站 Meteorologic station			历年平均 降水* Mean annual precipitation*	调查点 Sample site	
	月均气温 Average temperature	月均湿度 Average humidity	月降水量 Monthly precipitation		地表温度 Surface temperature	土壤含水量** Soil water content**
	(C)	(%)	(mm)		(C)	(%)
1993 05	23.2	82	167.2		—	—
06	24.3	82	82.2	291.5	24.3	13.2
07	23.8	83	183.7	703.2	21.6	21.2
08	22.7	91	490.7	526.4	21.2	32.8
09	21.4	92	252.7	248.3	21.8	27.7
10	19.3	89	43.6	317.8	20.4	17.7
11	18.1	89	106.9	65.3	17.3	17.3
12	14.6	89	15.3	45.2	14.3	25.1
1994-01	15.0	90	1.1	20.6	15.8	14.5
02	18.2	86	4.6	30.2	19.7	11.6
03	18.3	89	39.2	53.9	19.4	14.0
04	22.1	83	17.4	92.1	20.6	14.7
05	23.4	85	157.6	257.1	22.5	16.9
06	22.9	93	584.7			

* 为尖峰岭气象站过去 6a(非连续)的平均值^[7] Means of the last six years (not continuous) of the meteorologic station of Jianfeng Mountain, Hainan^[7]. ** 为调查时 0~15cm 土层的平均值 Means of soil 0~15cm in the sample site

2 群落的季节变化

2.1 原生动物群落的变化^①

2.1.1 原生动物种类组成的波动 原生动物(包括肉足虫、鞭毛虫和纤毛虫 3 大类)在 1、2 月份为种类组成的最高峰,分别达到 43 和 44 种,占全部种数的 60% 和 61%;而最低点在 4 月份,仅有 27 种,占全部种的 37.5%。最高最低种数之比为 1.6。种数最高的月份正好是土壤湿度最低的月份(11%)。在大多数月份,原生动物较多地分布在枯枝落叶层,只在 4、5 月份相反地较多出现在土壤层。纤毛虫类在大多数月份均保持有 18~20 种,只在 2 月份出现种数的明显高峰(28 种)。即使在低谷的 3 月份,种数也还有 17 种,仅稍低于一般水平。其余两类的种数则呈锯齿形变化,没有明显的高峰,波动曲线总在前者之下。肉足虫类种数最多是在 12~2 月份,最少时与鞭毛虫类一样都是在 4 月份(图 1)。

2.1.2 原生动物数量的波动 原生动物的数量以丰度(ind/g)表示。它的变化与种数的变化很不一致,全年出现大、小 2 次高峰(图 2),大高峰在 8 月份,土壤层有 14.2 万个,枯枝落叶层有 9.6 万;小高峰在 12 月份,分别为 12 万和 9 万。它们也正好在土壤湿度的大、小高峰上。由于肉足虫年平均生物量(含枯枝落叶层和土壤层)为 4.43mg(每 g 干土),比其它两类的 0.013 和 0.012mg 高数百倍,处于绝对的优势地位^[5],因

① 原始数据由宁应之博士提供

而有理由认为其个体数量也会占相当的优势。说明肉足虫对原生动物群落丰度的年变化可能起着重要作用。在 8 月份的数量高峰中,肉足虫仅有 4 种,其中馒头圆壳虫 (*Cyclopyxis deflandrei*) 和古氏纳氏虫 (*Naegleria gruberi*) 在全年仅出现 2 次和 4 次,且仅出现于枯枝落叶层或土壤 0~5cm 层中,是稀有种;而斜口三足虫 (*Trinema encheus*) 和线条三足虫 (*T. lineare*) 则在土层中全年均有出现,而且在枯枝落叶层中也有一半以上的时间出现,是数量丰富的优势种,很可能也是影响 8 月份原生动物数量高峰的主要因素。

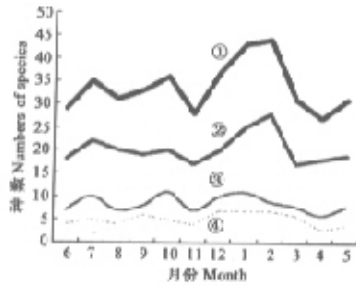


图 1 尖峰岭热带山地雨林土壤原生动物的种数变化^[2]

Fig. 1 The change of species number of soil protozoa in tropical mountainous rain forest, Jianfeng Mountain

① 总种数 Total of species; ② 纤毛虫 Ciliates; ③ 鞭毛虫 Flagellates; ④ 肉足虫 Amoebae

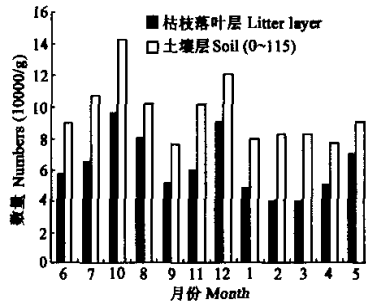


图 2 尖峰岭热带山地雨林土壤原生动物数量变化

Fig. 2 The change of individual number of soil protozoa in Tropical mountainous rain forest, Jianfeng Mountain

2.2 线虫群落的变化^①

2.2.1 线虫种类组成的波动 线虫群落种类组成的波动,由表 2 给出。线虫种数最高月份和原生动物同样在 1 月份,种数达 63,占全部种数的 82.9%;种数最少的月份则不同,推迟到 5 月份(图 3)。在低谷时线虫种数仅下降 31.7%,明显地少于原生动物的 38.6%。最高和最低种数之比为 1.5。从图 4 可看出,矛线目的种数曲线总在小杆目和其它目的水平之上波动;在矛线目的抑制下,其它线虫种类数的波动多呈相反方向变化。线虫在各土层中种类组成的变化幅度也很小(表 2)。从地表层向下共分 4 层:①枯枝落叶层、②土壤 I 层(0~5cm)、③土壤 II 层(5~10cm)、④土壤 III 层(10~15cm)。各层的种数及其变化都很相近。按每层年平均总数看,除第 3 层为 30.3 外,其余各层均为 28.3。第 1、2 层月间变化幅度较小($sd \pm 1.5$),第 3、4 层变化幅度较大($sd \pm 3.0, sd \pm 2.3$)。这些数据表明线虫在这几层中的分布没有明显的差异,也没有其它动物那种上下移动的明显迹象。这种现象与线虫在各层间的类群组成(无论南方北方)都很相似(Laccord 相似指数均在 0.84 以上)这一结论^[6]是十分一致的。按观察,线虫各层平均种数的变化与全体种数的变化相似。如果每层种数之和与全体种数相同,则每层种的分布不相重叠,重叠率为 0;如果每层种数都与全体种数相同,则重叠率为 1。因此可按如下公式计算每月土层垂直分布的重叠率 $C(\%)$:

$$C = (\sum s_i - S) / S_{n-1}$$

式中, S 为当月全体种数, s_i 为当月每一层的种数, n 为层数。其结果是种数高峰时垂直各层的重叠率最大,为 84%;种数低谷时重叠率最小,也达到 62%。这种变化不大的规律与群落种数的波动规律基本一致(图 3)。也表明种在土层垂直分布上没有大的差异。

2.2.2 线虫数量的波动 线虫个体数量以密度($10^4/m^2$)表示。它的变化也有两个高峰,但较原生动物迟,在 9 和 1 月份,密度为 83.3 和 74.1。密度的高峰与低谷期和种数的情况基本一致(图 3)。矛线目不仅是线虫中数量最多的类群,其个体数也最多,占全体 52.5%,因此其数量变化在相当大的程度上影响了全体

① 原始数据由张云美教授提供

数量的变化。9 月份密度高峰中最重要的种类有矛线目的山峰中矛线虫(*Mesodory acris*)、卡德真矛线虫(*Eudorylaimus carteri*)、美洲剑线虫(*Xiphinema americanus*)、单齿目的尼日利亚基齿线虫(*Iotonchus nigeriensis*)、单齿目的南方地单宫线虫(*Geomonhystera australi*)。而 1 月份高峰中最重要的种是小杆目的突尾拟丽突线虫(*Acrobeloides apiculatus*)，其次才是矛线目的山峰中矛线虫和裸中矛线虫(*M. nudus*)。8 月份和 5 月份是线虫的数量低谷，密度分别为 13.6 和 7.5。低谷时线虫各目的数量几乎都相应地降低，但数量相对较高的种仍然是卡德真矛线虫。

表 2 海南尖峰岭热带山地雨林各月份土壤线虫种数的垂直分布

	1993					1994						
	8 月 Aug.	9 月 Sep.	10 月 Oct.	11 月 Nov.	12 月 Dec.	1 月 Jan.	2 月 Feb.	3 月 Mar.	4 月 Apr.	5 月 May.	6 月 Jun.	7 月 Jul.
L	24	36	27	24	29	40	30	23	29	24	24	30
I	34	36	29	33	30	38	24	27	25	22	33	35
II	13	44	30	29	40	42	28	34	19	15	21	24
III	21	30	29	37	39	41	23	32	23	19	16	30
x	22.5	36.5	28.8	30.8	34.5	40.3	26.3	29.0	24.0	20.0	23.5	29.8
sd	± 3.9	± 2.9	± 0.6	± 2.8	± 2.9	± 0.9	± 1.7	± 2.5	± 2.1	± 2.0	± 3.6	± 0.6
总种数 ^①	48	58	52	53	58	63	52	54	48	43	45	56

L 枯枝落叶层 Litter; I 土壤 Soil 0~5cm; II 土壤 Soil 5~10cm; III 土壤 Soil 10~15cm; ① Total num. of species

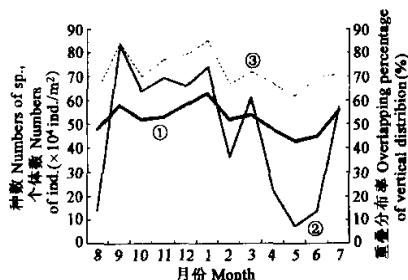


图 3 尖峰岭热带山地雨林的土壤线虫

Fig. 3 Soil nematodes of tropical mountainous rain forest in Jianfeng Mountain

① 种数 No. of species; ② 个体数 Num. of ind. ($10^4/\text{m}^2$); ③ 垂直分布重叠率 Overlapping percentage of vertical distribution

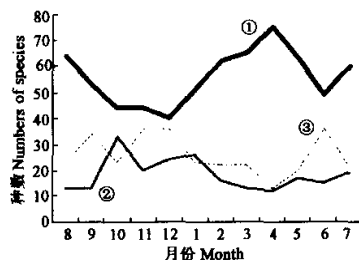


图 4 尖峰岭热带山地雨林土壤线虫主要类群的种数变化

Fig. 4 The change of species number of main groups of soil nematodes in tropical mountainous rain forest of Jianfeng Mountain

① 矛线目 Dorylaimida; ② 小杆目 Rhadbitida; ③ 其它 others

2.2.3 线虫群落多样性的波动 土壤动物的多样性用 DG 指数^[9]表示。 DG 指数综合了种类、数量及其群落间的比较等因素，因此这个指数的变化也可看作是群落综合指数的变化。根据线虫样本鉴定的原始资料计算，每月 DG 指数变化如图 5。图中可看出线虫群落多样性高峰与其种数及个体数高峰基本一致，即在 9 月份和 1 月份，数值分别为 19.9 和 19.7。低谷在 8 月份和 5~6 月份，也与种数和个体数的低谷相一致的。

2.3 大中型土壤动物群落变化

这里所研究的部分，包括用手拣和干漏斗方法能够收集到的所有土壤动物的类群，总共 32 个，其中主要有蚂蚁、鞘翅目、蚯蚓、弹尾目、双翅目、螨螨目等。

2.3.1 大中型土壤动物类群数的波动 大中型土壤动物群落的高峰及低谷均与上述两大类群不同。从表 3 可以看出：类群数从 2 月份开始缓慢上升，到 7 月份达到最高峰，类群数 31 个。8 月份，类群数即急剧下降到最低，仅 17 个。此后到 12 月类群数又缓慢地回升到 26 个，形成小高峰。其变幅之大及变化之急，完全同

异于西双版纳热带沟谷季雨林的大中型土壤动物群落变化(类群数变幅仅为 29~26^[2]),与上述两大类群比较,其类群数变幅也是最大的,最高与最低之比为 1.8。

2.3.2 大中型土壤动物个体数量的波动 个体数量波动似有 3 个峰期。最高峰在 6 月份(5.84 万个/m²),比类群数最高峰稍早一个月出现;第二个峰期在 11 月份(1.05 万/m²),也比第二个类群数高峰早一个月;第三个峰期在次年的 3 月份,但在 4 月份的暂短下降之后,5 月份马上回升,因此可以认为 3 月份的小峰只是向 6 月最高峰发展过程中的一个小波动。群落的个体数量低谷在 8 月份、2 月份,与类群数低谷完全一致,数量分别为 0.15 万/m² 和 0.3 万/m²(表 3),比最高峰时下降了 38 倍和 18 倍。变化之大也是西双版纳热带沟谷雨林(只有 3.5 倍)所不能比的。尖峰岭热带山地雨林中土壤动物数量最高峰出现在 6 月份的雨季早期,而数量长时间处于低谷的是在旱季,这些都与巴拿马热带森林的节足动物数量变化^[1]一样。虽然两地相距甚远,但同在热带的北部和中部,因而其变化仍有相同之处。尖峰岭土壤动物的众多类群中,其数量波动,按高峰出现的时间,大体可分成两个类型:

双峰或三峰型,大多数类群都是这种波动类型。它们包括数量最多的蜱螨目以及弹尾目、蚂蚁、等翅目(白蚁)、蚯蚓等类群。其中蚂蚁由于在 3 月份数量回升之后的 4 月或 5 月份又出现较明显的低谷,因此也可说在 6 和 11 月份之后还有 3 月份的高峰。其它类群的变化与群落总体的波动基本上是一致的(图 6),可以认为群落数量变化是由这一类型来决定的。但是它们的数量变化在不同土壤层次中是不同的。如 6 月份,群落总个体数和许多类群的个体数都达到最高(图 6),这是包括在枯枝落叶层和土壤层的;而单独从枯枝落叶层看,它们的个体数量是很低的(图 7,图 8),也就是说大部分个体都集中在土壤层中。到 7 月份,群落总个体数和许多类群的个体数都明显地下降;而单独在枯枝落叶层,它们是上升的。土壤层的蜱螨目数量变化常与在枯枝落叶层的变化相反(图 8);9 和 12 月份枯枝落叶层的蜱螨数量明显地处于上升或小高峰时(数量分别约为 1700 和 1150/m²),土壤层的蜱螨数量则明显地下降,并低于枯枝落叶层的数量(分别约为 180 和 250 个/m²)。造成这种情况的原因应与土壤含水量过高有关。在这两个月,调查时的土壤含水量分别达到 27.7% 和 25.1%。由于土壤层湿度过高,使一些蜱螨向上移动至枯枝落叶层。但土壤含水量太高(31%)的 8 月份,蜱螨在枯枝落叶层也不能适应,数量亦同时减少。与此变化相类似的类群还有等足目、弹尾目、鞘翅目等。它们在枯枝落叶中的数量高峰也在 7 月份(土壤含水量也较高,为 21.2%)和 12 月份(图 7),而它们各自的全体数量高峰都和群落数量高峰一样在 6 月份和 11 月份。

表 3 海南尖峰岭热带山地雨林大中型土壤动物群落各指标的变化^[3]

	1993								1994				
	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	9 月 Sep.	10 月 Oct.	11 月 Nov.	12 月 Dec.	1 月 Jan.	2 月 Feb.	3 月 Mar.	4 月 Apr.	5 月 May	
密度 Density (Ind./m ²)	58436	21785	1500	4934	2779	10548	3411	4769	3011	12981	5161	8750	
类群数 ¹	29	31	17	20	23	23	26	23	22	23	25	25	
DG ₂	12.	8.27	1.53	1.92	3.13	5.17	2.65	2.99	1.19	6.21	3.92	4.27	
H'	1.43	1.41	1.92	1.67	1.76	1.78	1.81	1.64	1.58	1.66	1.96	1.77	

干、湿季型 这一波动类型的类群较少。其特点是数量较高的月份明显地集中在干季或湿季中,而数

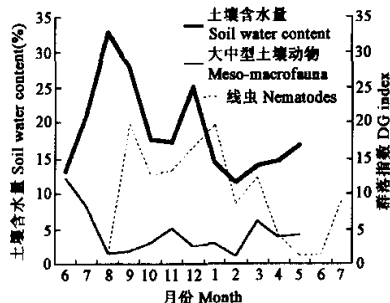


图 5 尖峰岭热带山地雨林土壤湿度对土壤动物群落指数的影响

Fig. 5 Effect of soil water content on the density-group (DG) index of soil animals

量最低的月份则集中在相反的季节。通常5~10月份为湿季(或称雨季),11~4月份为干季(或称旱季)。同翅目、双翅目等类群,数量较多的月份主要在湿季;同翅目从6月份到11月份间平均7.0只/m²(6~14只/m²),其它月份为1.3只/m²(0~4只/m²);双翅目从11月份到次年2月份密度很低,在4~22只/m²之间,其它月份密度则很高,最低也有47只/m²。与此相反,如缨翅目等,数量较多的月份主要在干季;6~12月份平均5.2只/m²(±2.63),其它月份则高达33.6只/m²(±7.15)。

2.3.3 大、中型土壤动物群落的多样性波动 图5和表3展示出从1993年6月到1994年5月间,大、中型土壤动物群落DG指数发生两次大起大落的变化。这种波动,用H'多样性指数是无法表达的。群落DG指数在6月份出现大高峰,此时,群落主要由蟬蟎目、弹尾目、蚂蚁、等翅目、双翅目、半翅目、拟蝎目和综合纲等类群所组成。它们的个体数量均处于最高水平,即在各自全年最高数量的80%以上。7月份DG指数开始急剧下降,至8月份,群落中有90%的类群(包括以上几个类群),其数量都处于最低水平,即为各自全年最高数量的20%以下。这次在降雨高峰期的多样性下降来得迅猛,而恢复较慢,直到11月份雨季结束时才回升到较高水平。DG指数第二次大幅下降发生在次年的2月份,即发生在全年最低气温(12月份的14.6℃和1月份的15.0℃)和降水量最小(1月份的1.1mm,2月份的4.6mm)之后。这次变化不同,首先是下降较缓慢,其次是降后的总体水平比8月份还好一些。尽管群落总个体数已下降到11月份的29%,但还比8月份的数量多一倍。在仍保留的22个类群中,只有40%类群的数量处于最低水平,这些数据均远高于

8月份低谷时。这次衰落的恢复速度也与8月份相反,在紧接的3月份即迅速恢复。蚯蚓、蜘蛛、等足目、唇足纲、鞘翅目成虫、双翅目幼虫和蚂蚁等7个类群的数量都从低水平回升到高水平上。

3 气候因素对土壤动物群落季节变化的影响

3.1 气温及地面温度对土壤动物群落波动的影响

地表温度与气温的变化基本一致,二者温度的差异也不大,故对群落的影响是相同的。处于热带北部的尖峰岭调查点,平均气温较高,变化幅度很小,月平均

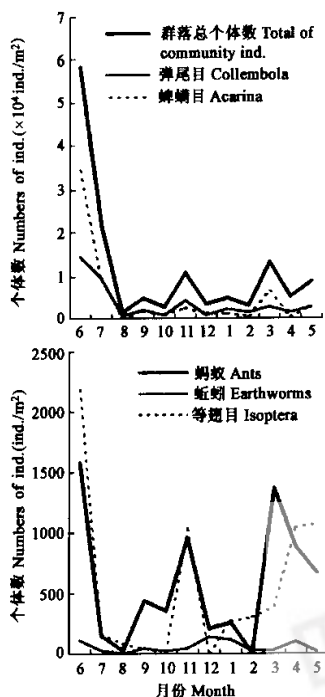


图6 尖峰岭热带山地雨林大中型土壤动物的数量(个/m²)的波动

Fig. 6 Fluctuation of individual number (ind./m²) of meso-macrofauna in the tropical mountainous rain forest, Jianfeng Mountain

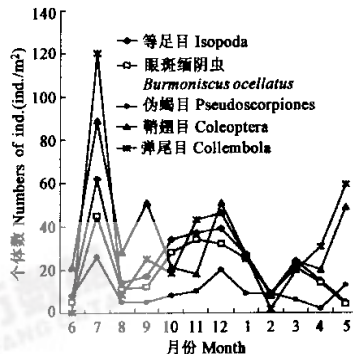


图7 尖峰岭热带山地雨林枯枝落叶层中几个节肢动物类群的数量变动(等足目及其主要种, 跟斑蜷阴虫的数量为实际捕获数, 其余均为个/m²)

Fig. 7 Fluctuation of several groups of arthropod in litter layer of tropical mountainous rain forest, Jianfeng Mountain (Isoptera and *Burmoniscus ocellatus* caught number, others; ind./m²)

气温在 14.6~24.3℃ 之间。每月调查时的地表温度也在 14.3~24.3℃ 之间(表 1),是土壤动物生存最适宜的温度范围,且变化平缓,没有像亚热带地区升降幅度很大(达 20℃ 以上)的情况出现^[1]。因此,尖峰岭的气温或地表温度变化对土壤动物季节变化趋向的影响较小。对种数和类群数的影响,可从图 9 看出:对线虫,8~5 月份间的地表温度与其种数有显著的负相关作用($r = -0.694$, $df = 8$, $r_{0.05} = 0.632$);对原生动物和大-中型土壤动物的影响只是阶段性的。10~3 月份的气温对原生动物 11~4 月份的种数有显著的延后负相关作用($r = -0.92$, $df = 4$, $r_{0.05} = 0.811$);9~2 月份的气温对大-中型土壤动物的类群数有显著的负相关作用($r = -0.83$, $df = 4$, $r_{0.05} = 0.811$)。对个体数量的影响,只对大-中型土壤动物有阶段性作用,6~10 月份的地表温度对其个体数量呈显著的正相关作用($r = 0.931$, $df = 3$, $r_{0.05} = 0.878$)。

3.2 土壤含水量对土壤动物群落波动的影响

土壤含水量受降水量的影响,但其本身的变化幅度则比降水量要小得多和平稳得多。样地的土壤含水量年内变化幅度为 17.3~32.8,变异系数为 0.346,其变化显然大于地表温度(年度变异仅 0.145)的变化。因

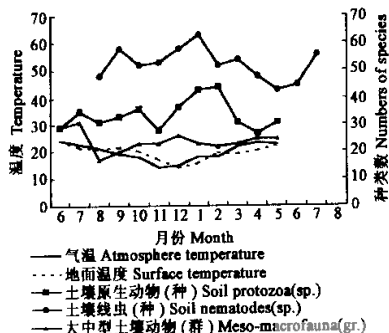


图 9 气温和地温(℃)对尖峰岭山地雨林土壤动物的影响

Fig. 9 Effect of atmosphere temperature and surface temperature (°C) on the soil animal of tropical mountainous rain forest in Jianfeng Mountain

此,土壤含水量对土壤动物群落波动的影响要显著一些。从图 10 可以看出,在含水量高峰期,也是三大土壤动物类群个体数量的高峰期或相反的低谷期。土壤含水量对土壤原生动物密度呈非常显著的正相关($r = 0.896$, $df = 10$, $r_{0.05} = 0.708$),而对线虫似有延后的正相关;对大、中型土壤动物群落的影响,则表现出季节性差异:在群落的类群数方面,6~9 月份间是负的影响($r = -0.851$, $df = 2$, $r_{0.05} = 0.950$),在 10 月至次年 5 月份则是正面的影响,二者相关显著($r = 0.716$, $df = 6$, $r_{0.05} = 0.707$);在 DG 指数和总个体数方面,虽然全年都表现为负的相关,但只在 6~9 月份间表现为显著的($r = -0.974$, $df = 2$, $r_{0.05} = 0.950$)。这

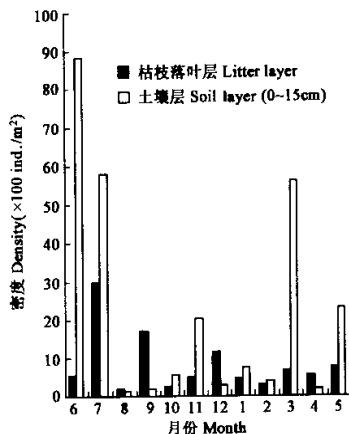


图 8 尖峰岭热带山地雨林土壤螨目的数量变化(6 月份土壤层实数为 33881 个/m²)

Fig. 8 The change of individual number ($100 \times \text{ind./m}^2$) of Acarina in tropical mountainous rain forest, Jianfeng Mountain (the practical number of soil layer is 33881 ind./m² in June)

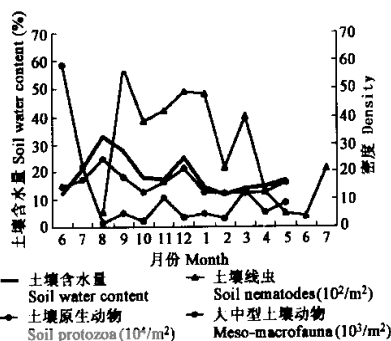


图 10 尖峰岭热带山地雨林土壤含水量(%)对土壤动物密度的影响

Fig. 10 Effect of soil water content (%) on the density of soil animal in tropical mountainous rain forest, Jianfeng Mountain.

些关系均以 9 或 10 月份为界,大概是因为调查当年的雨季是在 9 月份后提前结束。

3.3 降水量的不稳定性对土壤动物群落季节变化的影响

气温年内变化不大,年间同期的变化也很小。降雨则不同,即使在雨季或旱季之内,降水量的月间差异也很大,而且年间同一个月也存在很大的差异。从表 1 可以看出调查当年的月降水量普遍地低于历年同期平均,但各月下降的比例并不一致:历年降雨高峰在 7 月份(703.2mm),而调查当年在 8 月份(490.7mm);正常年份,在 11 月份结束雨季,以后各月降水量都在 65 mm 以下,而调查当年,雨季似乎在 10 月份提前结束,到 11 月份却又出现超过 100mm 的降水量。这充分说明降雨在年间同期也有很大的不稳定性。降雨使土壤湿润,这仅仅为土壤动物繁殖创造条件,而土壤动物的繁荣往往到稍后才显示出来。所以有时土壤已较湿润,而调查的土壤动物数量还未恢复^[10]。在热带的雨季,暴雨是经常发生的。暴雨过程会即时对线虫群落和其它大、中型土壤动物群落造成破坏。调查当年的 8 月份降雨就占周年降水量(1395mm)的 35%,因此是暴雨发生最多的月份,也就是线虫和其它大、中型土壤动物数量突然从最高峰掉落到最低谷的月份,暴雨的作用显而易见。暴雨没有固定的发生时间,这更增加降雨作用的不稳定性。这些不稳定的因素使群落季节性变化过程中产生一些难以预测的波动。从降水量变化的巨大年间差异,还可以肯定地认为尖峰岭土壤动物群落的波动还会有很大的年间变化。

References

- [1] Li C D, Yang D R, et al. Soil animals of tropical rain forest in Xishuangbanna, Yunnan. In: Yin W Y, et al. eds. *Soil Animals of China*. Beijing: Science Press, 2000. 100~108.
- [2] Liao C H, Li J X. The community structure of soil animal in the tropics and southern subtropics of China. In: Yin W Y, et al. eds. *Soil Animals of China*. Beijing: Science Press, 2000. 77~100.
- [3] Liao C H, Li J X, Yang Y P, et al. The Community of Soil Animal in Tropical Rain Forest in Jianfengling Mountain, Hainan Island, China. I. Composition and Characteristics of Community. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(11): 1866~1872.
- [4] Ning Y Z, Shen Y F. Faunal characteristics of soil protozoa. In: Yin W Y, et al. eds. *Soil Animals of China*. Beijing: Science Press, 2000. 134~49.
- [5] Zhang Y M, Xu C G, et al. On the ecology of soil nematodes in different climatic zones. In: Yin W Y, et al. eds. *Soil Animals of China*. Beijing: Science Press, 2000. 149~182.
- [6] Cheng G X. One the terrestrial isopod fauna of typical zones in China. In: Yin W Y, et al. eds. *Soil Animals of China*. Beijing: Science Press, 2000. 243~251.
- [7] Jiang Y X, Lu J P, et al. *Forest Ecosystem of Tropical Forest of Jianfengling Mountain, Hainan Island, China*. Beijing: Science Press, 1991.
- [8] Liao C H, Li J X, Huang H T, et al. Soil Animal Community Diversity in the Forest of the Southern Subtropical Region, China. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(5): 549~555.
- [9] Liao C H, Lin S M, Li R Q, et al. The Relationship between Biomass of Soil Animals and Decomposition of Forest Litter. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(supplement), 156~164.
- [10] Levings S C & Windsor D M. Seasonal and annual variation in litter arthropod populations. In: Leigh, E. G., et al. eds. *The Ecology of a Tropical Forest, Seasonal Rhythms and Long-term Changes*. Smithsonian Institution Press Washington D. C., 1982.

参考文献

- [1] 李朝达,杨大荣,肖宁年,等.西双版纳热带雨林的土壤动物.见:尹文英,等主编.中国土壤动物.北京:科学出版社,2000. 100~108.
- [2] 廖崇惠,李健雄.华南热带和亚热带森林土壤动物的群落结构.见:尹文英,等主编.中国土壤动物.北京:科学出版社,2000. 77~100.
- [3] 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.生态学报,2002,22(11): 1866~1872.
- [4] 宁应之,沈蕴芬.土壤原生动物的区系特点.见:尹文英,等主编.中国土壤动物.北京:科学出版社,2000. 134~149.
- [5] 张云美,徐成钢,陈建英,等.不同气候带土壤线虫的生态.见:尹文英,等主编.中国土壤动物.北京:科学出版社,2000. 149~182.
- [6] 陈国孝.中国典型地带陆生等足类的区系.见:尹文英,等主编.中国土壤动物.北京:科学出版社,2000. 243~251.
- [7] 蒋有绪,卢俊培.中国海南岛尖峰岭热带林生态系统.北京:科学出版社,1991.
- [8] 廖崇惠,李健雄,黄海涛.南亚热带森林土壤动物群落的多样性研究.生态学报,1997,17(5): 549~555.
- [9] 廖崇惠,林少明,李耀泉.土壤动物生物量与森林凋落物分解的关系.生态学报,1995,15(增刊): 156~164.