

福建和溪亚热带雨林地表微生物的数量动态

林 鹏 王良睦 郑文教

(厦门大学生物系环境科学研究中心, 厦门 361005)

摘要 分枯枝落叶层、腐解层和表土层(0-20 cm深)三个层次研究福建和溪亚热带雨林的细菌、真菌和放线菌三大微生物类群的数量和月变化。结果表明:三个层次的微生物数量均以细菌最多,次为真菌,后为放线菌。比较三个层次,各微生物类群在各月份都是枯枝落叶层和腐解层数量较多。同一微生物类群在三个层次的数量均有明显而相似的季节变化;不同类群变化规律不尽相同,但基本只有一个高峰。细菌的高峰值在4月份,真菌约滞后一个月在5月份,放线菌则在8月份才出现高峰。各层次的细菌数和真菌数与月凋落物量、月降雨量和月平均气温各有显著的线性正相关($p < 0.01$ 或 0.05),而放线菌则仅与月平均气温显著相关。

关键词 亚热带雨林; 微生物数量; 福建

CHANGES IN NUMBER OF MICROBES ON THE FLOOR OF SUBTROPICAL RAIN FOREST IN HEXI, FUJIAN PROVINCE

Lin Peng Wang Liangmu Zheng Wenjiao

(Department of Biology and Research Center of Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005)

Abstract Monthly changes in number of bacteria, filamentous fungi and actinomycetes in the layers of litter, decay and top soil (at 0-20 cm depth) of Hexi subtropical rain forest in Fujian Province were studied in 1989. The results showed that microbial number in all the three layers was great for bacteria, and less in descending order for filamentous fungi, and actinomycetes. Microbes found in litter and decay layers were more than those in the top soil layer. Distinctive seasonal change in quantity of each microbial group and a similar pattern of monthly dynamics were observed. There was a peak of microbial increasing during the year, in April for bacteria, in May for fungi, and in August for actinomycetes. The number of bacteria and filamentous fungi in each layer was positively correlated with the monthly litter fall, precipitation and mean temperature ($p < 0.01$ or 0.05), while the number of actinomycetes was correlated only with monthly mean temperature.

Key words Subtropical rain forest; Number of microbes; Fujian

森林地表(地被层和表土层)微生物是森林凋落物的主要分解者和还原者,参与地表所有的生

在野外工作中得到本校生物系庄铁诚副教授的热情帮助,谨此致谢。

1996-01-18 收稿; 1996-10-07 修回

物化学过程,是森林生态系统重要的组成部分。有关森林生态系统土壤微生物的研究,国内外已做了不少的工作^[1-3]。亚热带雨林是南亚热带地带性植被类型,《中国植被》称之为季风常绿阔叶林^[4]。1962年国家在福建南靖县和溪亚热带雨林建立了自然保护区,该森林得到了较好的保护,是我国目前南亚热带东段保存较完好的代表性植被。本文是该雨林生态系统研究的一部分,着重探讨该雨林群落地表枯枝落叶层、腐解层和表土层的细菌、真菌和放线菌三大微生物类群的数量及季节变化,为揭示南亚热带雨林生态系统地表微生物的数量和组成及其动态,提供重要的科学依据。

1 材料与方法

材料 工作样地位于福建省东南部南靖县和溪乡盆地(24°55' N, 117°14' E)上缘的六斗山亚热带雨林,该森林的优势种以壳斗科、桃金娘科、樟科等的热带性种类为主,形成以红栲(*Castanopsis hystrix*) + 乌来栲(*C. uraiana*) + 红鳞蒲桃(*Syzygium hancei*)—岁伞树(*Ardisia quinquegona*) + 九节木(*Psychotria rubra*)—单叶新月蕨(*Pronephrium simplex*)的群落类型。1988年12月至1989年12月间,于每个月的下旬(27日)在该群落,根据坡向、高度等因素综合,随机选取六个样点,分别采集地表枯枝落叶层、腐解层和表土层(0—20 cm深)三个层次的样品,然后各样点相应层次样品分别混合均匀,装入无菌袋并置于冰袋中,立即带回实验室,测定主要微生物类群的数量。

分析方法 好气性细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基平板法计算;放线菌采用淀粉铵盐培养基平板法计算;真菌采用马丁氏(Martin)培养基平板法计算^[5]。

2 结果与讨论

2.1 地表主要微生物类群的数量

根据一周年中(1989.1—1989.12)各月份的分析结果,福建和溪亚热带雨林地表不同层次细菌、丝状真菌和放线菌数量见表1。

从表1可见:(1)从微生物数量的月平均值来看,三个层次细菌数量比真菌数量约大1个数量级,而真菌又约大于放线菌1个数量级略多。这表明了该群落表土及土壤复被物中,三大类群微生物的数量均以细菌最多,其次为真菌,后为放线菌。同时考虑到生物体的大小如同一体积细菌与真菌数量比为100:1时,其重要比可能还小于1:1^[6]。从这一角度而言,在该群落中,真菌可能比细菌占更大的优势。(2)不同层次的微生物数量在枯枝落叶层与腐解层之间,细菌与细菌,真菌与真菌以及放线菌与放线菌的数量各相差不大,菌数分别在 10^7 、 10^6 和 10^5 量级,而表土层的菌数则明显低于前两层(约各低1个数量级),菌数分别在 10^6 、 10^5 和 10^4 量级。这表明了该森林的地被物是微生物最活跃层次,枯死的有机残体主要在这二层中被分解。(3)从枯枝落叶层→腐解层→表土层,细菌数量所占的比例依次略为提高(从87.64%→89.65%→90.80%),而丝状真菌和放线菌所占的比例则降低(真菌从11.67%→9.71%→8.87%;放线菌从0.69%→0.64%→0.33%)。这可能与不同微生物类群对底物的适宜度及生境因子在不同层次微环境的改变对其影响程度不同有关。

表1 和溪亚热带雨林地表细菌、丝状真菌和放线菌的数量
Table 1 The number of bacteria, filamentous fungi and actinomycetes on the floor of subtropical rain forest in Hexi, Fujian Province (individual g^{-1} dry sample)

	枯枝落叶层 Litter layer		腐解层 Decay layer		表土层 Top soil layer (0-20 cm)	
	数量 Number	月平均* Monthly mean	数量 Number	月平均* Monthly mean	数量 Number	月平均* Monthly mean
细菌 Bacteria	(2.22-27.70) $\times 10^6$	11.93 $\times 10^6$ (87.64)	(3.80-24.43) $\times 10^6$	12.40 $\times 10^6$ (89.65)	(0.32-4.77) $\times 10^6$	2.23 $\times 10^6$ (90.80)
丝状真菌 Filamentous fungi	(3.03-34.26) $\times 10^5$	15.89 $\times 10^5$ (11.67)	(4.24-22.90) $\times 10^5$	13.44 $\times 10^5$ (9.71)	(4.23-37.85) $\times 10^3$	21.77 $\times 10^4$ (8.87)
放线菌 Actinomycetes	(0.29-23.69) $\times 10^4$	9.38 $\times 10^4$ (0.69)	(0.23-27.93) $\times 10^4$	8.92 $\times 10^4$ (0.64)	(4.55-15.72) $\times 10^3$	8.17 $\times 10^3$ (0.33)
总计 Total		13.61 $\times 10^6$ (100.00)		13.83 $\times 10^6$ (100.00)		2.46 $\times 10^6$ (100.00)

* 括号内数据为占总菌数的百分率 Numbers in brackets indicate percentage among total microbes

2.2 主要微生物类群的月变化

和溪亚热带雨林林地不同层次在不同月份细菌、真菌和放线菌数量的变化见图1。

从图1A可以看出,该群落地表不同层次细菌数量在一年中的变化趋势基本上是,在12、1和2月份出现最低值,随着3月份的到来而迅速增多,在4月份达到全年最高峰(枯枝落叶层、腐解层和表土层菌数分别为 27.70×10^6 、 24.43×10^6 和 4.77×10^6 individual g^{-1} dry sample),5月份开始降低,6-9四个月份保持相对稳定且较高的菌数,10月份后开始明显下降。真菌数(图1B)的最低值也在12、1和2三月份,也是随着3月份的到来迅速增加,枯枝落叶层和腐解层在5月份达到全年的最高峰(菌数分别为 34.26×10^5 和 22.90×10^5 individual g^{-1} dry sample),表土层滞后一个月至6月份才到最高峰(菌数为 37.85×10^3 individual g^{-1} dry sample),而后各层菌数逐步降低,至10月份仍保持较高水平,但11月后迅速减少。把图1A和图1B比较一下,大体上是真菌数量的年变化趋势比细菌滞后1个月左右(表土层峰值滞后2个月)。放线菌的菌数(图1C)各月的变化趋势是:12月至3月均处于数量最低的阶段,4月份开始逐步增多,但甚为缓慢且有波动,明显升高是在6至7月份,全年最高值枯枝落叶层和腐解层在8月份(菌数分别为 23.69×10^4 和 27.93×10^4 individual g^{-1} dry sample),表土层滞后1个月在9月份(菌数为 15.72×10^3 individual g^{-1} dry sample),而后迅速减少。这些结果表明:和溪亚热带雨林地表各层次主要微生物类群数量均有明显的季节变化;一年中基本上各只有一个高峰值;同一类群微生物的高峰期相接近;不同类群的高峰期互不重叠。这与营养的丰度和环境因子(温度、湿度等)的季节变化以及不同微生物的生态要求有关,也与不同层次感受因子的迟早有关。

2.3 主要微生物类群动态与相关因子分析

土壤中各种微生物数量都有明显的季节变化^[1,2,7,8],本文的结果也证明了这一点。但不同类型森林生态系统有其固有的变化规律,不少研究表明细菌数量最高峰是在夏季^[1,2,7,8],而和溪亚热带雨林则在春季。这取决于不同微生物类群的生物学特性,也与其栖生的环境条件(营养、温度和湿度等)相关联。和溪亚热带雨林地表三大微生物类群的数量动态与该群落某些影响因素(森林凋落

物、月平均气温和月降雨¹⁾的月分布(图2)的相关分析结果见表2。

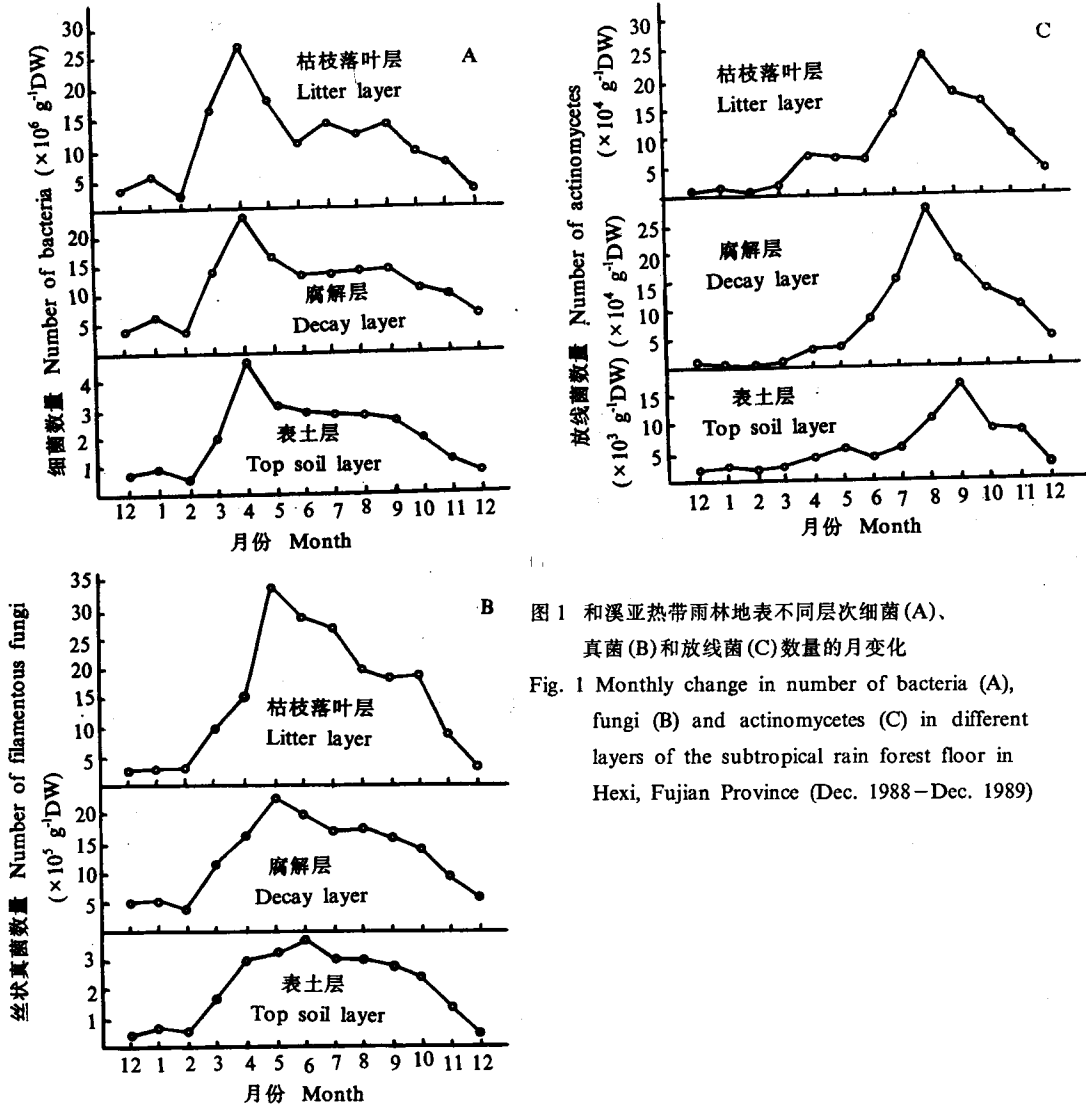


图1 和溪亚热带雨林地表不同层次细菌(A)、真菌(B)和放线菌(C)数量的月变化

Fig. 1 Monthly change in number of bacteria (A), fungi (B) and actinomycetes (C) in different layers of the subtropical rain forest floor in Hexi, Fujian Province (Dec. 1988–Dec. 1989)

2.3.1 细菌数量动态与生态因子月变化的相关性

该群落地表各层次细菌数量,在一年中的高峰期均在4月份(图1),由该群落凋落物的分布(图2)可知,这月恰是凋落物量最大的时期,且细菌菌数的动态与凋落物的动态有着相似的趋势。把各月的细菌数量与月凋落物量进行回归分析,结果表明两者呈直线相关极显著($p < 0.01$),枯枝落叶层、腐解层和表土层的相关系数(表2)分别为0.9092、0.9081和0.9513。月细菌数量与月平均气温及月降雨量的回归分析也表明各自成直线相关显著($p < 0.05$),相关系数(表2)

1) 气温和降雨量为引用和溪气象站1989年资料。

表 2 和溪亚热带雨林地表各层微生物数量与某些生态因子的相关关系
Table 2 Number of microbes in different layers in relation to ecological factors
in the subtropical rain forest in Hexi, Fujian Province

微生物数量 Number of microbes (individual g ⁻¹ dry sample)	层次 Layer	月凋落物量 (x ₁) (g m ⁻²) Monthly litter fall		月平均气温 (x ₂) (°C) Monthly mean air temperature		月降雨量 (x ₃) (mm) Monthly rainfall	
		回归方程 Regression equation	相关系数 r	回归方程 Regression equation	相关系数 r	回归方程 Regression equation	相关系数 r
		细菌 Bacteria (y ₁)	1 2 3	y _{1,1} = -2.2023 + 0.2164x ₁ y _{1,2} = 0.8484 + 0.1752x ₁ y _{1,3} = 0.3061 + 0.0378x ₁	0.9092** 0.9081** 0.9513**	y _{1,1} = -1.4178 + 0.6241x ₂ y _{1,2} = -0.1436 + 0.5853x ₂ y _{1,3} = -0.8400 + 0.1449x ₂	0.6149* 0.6093* 0.6994*
丝状真菌 Filamentous fungi (y ₂)	1 2 3	y _{2,1} = -1.9685 + 0.2698x ₁ y _{2,2} = 2.0180 + 0.1728x ₁ y _{2,3} = -1.9442 + 0.3572x ₁	0.7604** 0.8493** 0.8725**	y _{2,1} = -16.9607 + 1.5618x ₂ y _{2,2} = -5.5922 + 0.9024x ₂ y _{2,3} = -18.3843 + 1.9000x ₂	0.8642** 0.8711** 0.9115**	y _{2,1} = 8.2433 + 0.0509x ₃ y _{2,2} = 8.6382 + 0.0319x ₃ y _{2,3} = 13.2148 + 0.0547x ₃	0.6623* 0.7254** 0.6179*
放线菌 Actinomycetes (y ₃)	1 2 3			y _{3,1} = -11.7912 + 0.9864x ₂ y _{3,2} = -14.4604 + 1.1167x ₂ y _{3,3} = -4.5171 + 0.5089x ₂	0.8103** 0.7853** 0.6654*		

1. 枯枝落叶层 Litter layer; 2. 腐解层 Decay layer; 3. 表土层 Top soil layer (0-20 cm); * p<0.05; ** p<0.01

分别为 0.6149、0.6093、0.6994 和 0.6031、0.6022、0.6308。由此可看出, 影响该群落细菌数量最主要的因子是凋落物量(有机营养源), 气温和降雨量较次之。据报道细菌于凋落物分解刚开始时占重要地位^[9]。该群落年凋落物高峰值在春季(图 2), 因而细菌的高峰值也在春季(图 1)。气温的影响可能更多地表现在低温对细菌生长的限制。因为大多数细菌为中温性, 最适温度在 25-30 °C 左右^[10]。降雨则可能是通过凋落物产量及适当湿润落叶促进分解而达到, 因该群落的年均湿度达到 81% (地表还更大些), 且土壤通气良好。

2.3.2 真菌数量动态与生态因子月变化的相关性

该群落地表各层次真菌数量与凋落物、温度和降雨量的回归分析结果表明, 各层次真菌数量与月凋落物量及月平均气温有极显著的线性关系 (p<0.01), 相关系数分别为 0.7604、0.8493、0.8725 和 0.8642、0.8711、0.9115。与月降雨量也具有显著的线性相关 (p<0.05), 相关系数分别为 0.6623、0.7254 和 0.6179 (表 2)。真菌与细菌相比, 两者可能有相似的因果关系, 但真菌更受月平均气温的制约, 这表现在前者与气温相关极显著, 而后者则相关显著。前已表述, 一年中真菌的高峰值比细菌约滞后 1 个月, 即真菌出现于凋落物分解的稍后阶段, 这可能与真菌对分解底物的不同要求

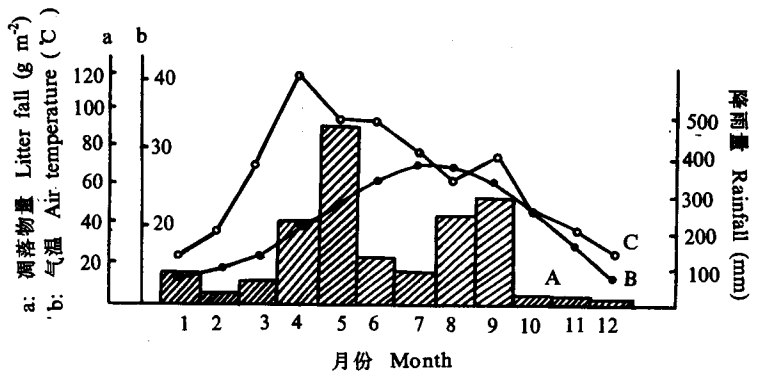


图 2 和溪亚热带雨林降雨量(A)、平均气温(B)和凋落物量(C)的月分布(1989年)
Fig. 2 Monthly distribution of rainfall (A), mean air temperature (B) and litter fall (C) in subtropical rain forest in Hexi, Fujian Province (1989)

有关。许光辉等^[9]在室内模拟试验结果也说明了这一点。

2.3.3 放线菌数量与生态因子月变化的相关性

该群落地表各层放线菌数量与月平均气温有显著的线性相关 ($p < 0.01$ 或 < 0.05), 相关系数分别为 0.8103、0.7853 和 0.6654 (表 2); 而与月降雨量及月凋落物量关系均不显著 ($p > 0.05$)。放线菌是较耐高温干旱的菌群^[7,10]。8、9 月份正是全年气温最高的月份, 放线菌发育远比大多数细菌和真菌缓慢^[10]。因而放线菌一年中高峰期至 8—9 月份才出现。许光辉等^[9]室内的分解模拟实验也表明凋落物开始分解 3 至 4 个月后, 放线菌数量才出现最高值。这可能也与放线菌对分解底物要求不同有关。

参考文献

- 1 胡承彪等. 广西龙胜县里骆林区常绿阔叶林土壤微生物区系及生态学特性研究. 微生物学杂志, 1986, 6(3):12—17
- 2 Irarson K C et al. Decomposition of forest litter. I. Production of ammonia and nitrate nitrogen, changes in microbial population and rate of decomposition. *Plant and Soil*, 1959, 11(1):237—248
- 3 许光辉等. 长白山北坡自然保护区森林土壤微生物生态分布及其生化特性的研究. 生态学报, 1984, 4(3):207—222
- 4 吴征镒主编. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980. 868—869
- 5 许光辉等. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1986. 50—110
- 6 陈华癸等. 微生物学. 北京: 农业出版社, 1979, 79—88
- 7 杨靖春等. 东北草原土壤微生物呼吸速率的研究. 生态学报, 1989, 9(2):139—143
- 8 廖仰南等. 内蒙古草原微生物生态研究 IV. 锡林河流域土壤微生物的季节变化及其土层垂直分布. 草原生态系统研究, 第一集. 北京: 科学出版社, 1985, 166—181
- 9 许光辉等. 森林枯枝落叶层分解过程的微生物学特性. 生态学报, 1982, 2(1):11—20
- 10 亚历山大 M (1977). 广西农学院农业微生物学教研组译. 土壤微生物学导论. 北京: 科学出版社, 1983. 168—173