

高黎贡山不同土地利用方式对土壤微生物数量和多样性的影响^{*}

张 萍¹, 刀志灵², 郭辉军³, 龙碧云¹

(1 中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明 650223)

(2 中国科学院昆明植物研究所, 昆明 650204)

(3 中国科学院昆明分院, 昆明 650022)

摘要: 测定了高黎贡山不同利用方式土壤中微生物的数量、小型真菌的多样性和属的分布, 分析了上述指标在不同利用方式土壤中的分布与人为干扰和环境因素之间的相互关系。结果表明: 微生物数量和真菌的多样性在不同利用方式土壤中的分布是, 原生林 (次生林 (幼杉木纯林; 耕作通常使条件更有利于土壤微生物生长繁殖, 成熟人工纯林和旱地的土壤微生物数量及真菌多样性均较高; 在五类利用方式中, 土壤微生物数量及真菌多样性以原生林最高, 荒地最低。

关键词: 利用方式, 土壤微生物, 数量和多样性, 人为干扰, 高黎贡山

分类号: Q 938.1

Influence of Land Use on Numbers and Diversity of Soil Microorganisms in Gaoligong Mountains

ZHANG Ping¹, DAO Zhi- Ling², GUO Hui- Jun³, LONG Bi- Yun¹

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

(2 Kunming Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204)

(3 Kunming Branch, The Chinese Academy of Sciences, Kunming 650022)

Abstract: In this paper microbial quantity, diversity, and generic distribution in soils of different land uses in the Gaoligong Mountains are determined. The relationship between their distribution in soils of different land uses with human disturbance and environmental elements is also analyzed. The results indicate that the soil microbial quantity and fungal diversity decreases from original forests, secondary forests to young *Cunninghamia lanceolata* plantations. Cultivation is usually favorable to soil microbial growth and reproduction. Both soil microbial quantity and fungal diversity are higher in mature artificial plantations and upland fields; soil microbial quantity and fungal diversity are the highest in original forests and the lowest in degraded lands among all land use types.

Key words: Land use, Soil microbe, Quantity and diversity, Artificial disturbance, Gaoligong Mountains

^{*} 基金项目: 麦克阿瑟基金会项目 (Grant No. # 94- 2848A- WER.) 和云南省科委国际合作计划项目 (Grant No. # 95- C- 001.) 资助

高黎贡山位于滇西北中缅边境地区。由于其多种多样的森林类型、生物资源、人文景观和地理景观，早已引起世界性的广泛关注。高黎贡山山体宏大，上半部是国家级自然保护区，分布着多种类型的原生植被和丰富的生物资源；下部从 1500m 开始有村庄分布，近 10 年来，由于人口激增，森林大量被砍伐、放牧或开垦成农田或人工纯林，有的土地则退化成荒草坡；山底部的次生林基本上已被砍光，同时，也对自然保护区森林和生物资源产生了很大的威胁。森林与生物资源的不当管理，随着人口增长，导致土地资源退化，自然灾害频繁，大量具有较高生物多样性的森林资源为单一农作物或单一经济作物或纯林所替代，这种状况严重地影响着农村的持续发展；森林资源的合理利用，生物多样性的保护，农村种植业、林业的发展，已成为一个社会持续发展的问題，并引起了国内外学者的广泛关注。

土壤微生物积极参与生态系统的物质循环和能量流动，其生命活动直接影响生态系统的结构和功能，而土壤微生物的生长繁殖又受到人类活动的严重影响。我们研究了高黎贡山不同土地利用方式对土壤微生物数量和多样性的影响，为探讨森林资源的合理利用、生物多样性保护与社会协调持续发展的有效途径奠定基础。

1 材料与方法

1.1 采样

研究地点位于云南省西北部保山地区境内，在高黎贡山东坡中下部，选择不同土地利用方式，于 1995 年 8~ 9 月采用混合取样法采集表层土壤（0~ 20 cm）。供试土壤的基本情况见表 1。利用方式包括原生林、次生林、人工纯林、旱地和荒地五大类，其中，原生林代表土壤的原始利用状况，次生林代表原生林被砍伐、放牧的林地利用状况，荒地代表林地破坏后状况，人工纯林和旱地代表林地垦殖为农用的二种重要利用方式。

表 1 供试土壤的利用状况及基本性质
Table 1 Basic properties and utilization of the tested soils

土地利用 情况 Land use	土样编号 Soil No.	海拔 (m) Elevation	林 型 Type of forests	枯落物量 (kg/m ²) Litter fall	土壤含水 量 (%) Moisture	有机质 (%) Organic matter	有效氮 (PPM) Efficient nitrogen
原生林	1	2200	常绿阔叶林	1. 61	106 7	16 59	537. 3
原生林	2	1990	常绿阔叶林	1. 29	72 4	19 38	442. 8
原生林	3	1880	常绿阔叶林	0. 85	70 5	14 48	335. 0
次生林	4	1820	常绿阔叶林	0. 78	55 2	6. 79	189. 0
次生林	5	1630	常绿阔叶林	0. 57	31. 8	2. 54	113. 0
次生林	6	1400	常绿阔叶林	0. 92	46 4	3. 14	124. 3
人工纯林	7	1400	5- 6 龄杉木林	0	30 3	2. 11	84. 0
人工纯林	8	1380	60 龄核桃林	0	28 2	4. 57	211. 2
人工纯林	9	1770	60 龄板栗林	0	48 9	6. 01	256. 6
旱地	10	1290	玉米地	0	26 5	1. 86	97. 3
荒地	11	1300	荒草	0	21. 2	1. 72	98. 0

1.2 土壤微生物的数量测定

细菌、真菌、放线菌的数量测定采用常规测定方法 (中科院南京土壤所, 1985)。

1.3 土壤小型真菌的分离鉴定

参照中科院微生物所 (1973) 及魏景超 (1979)。

1.4 土壤小型真菌多样性指数的测度

物种多样性的研究方法和测度指数比较多, 本文根据土壤真菌和各测度指数的特点及取样数据的类型, 选择应用了 Shannon- Wiener 指数 (H') 和 Simpson 指数 (D) (Pielou, 1975)。

$$H' = - \sum P_i \cdot \ln P_i \quad (1)$$

$$D = 1 / \sum P_i^2 \quad (2)$$

以上 (1) 和 (2) 式中 P_i 是第 i 个属的多度比例, 可以用 $P_i = n_i / N$ 求出; n_i 是第 i 个属的菌株数; $N = \sum n_i$, 为全部属的菌株数之和。

以上 2 种多样性指数在动、植物群落研究中通常以种为测度单位, 但由于研究方法方面的困难, 以属和科等较高分类阶元为多样性的测度单位也能反映一个特定群落的物种多样性特征 (于登攀等, 1996); 同时, 群落多样性的测度是从动物群落多样性的测度发展起来的, 因此, 其测度指标多为个体数目。在植物个体数目计数困难的草甸植物群落中, 用盖度、生物量以及重要值等作为测度指标计算群落多样性指数, 优于以株数作为测度指标计算的结果 (马克平等, 1995); 且动物群落也有以群体数作为测度指标计算多样性指数的报道 (于登攀等, 1996)。迄今为止, 人们试图选择易于取得的指标进行多样性指数的计算。在土壤微生物研究中, 由于分离鉴定的困难, 土壤真菌群落多鉴定到属。本文应用以上公式, 根据微生物的特点, 以菌株数为计算依据, 测度了土壤真菌属级的多样性指数。

2 结果与讨论

2.1 土壤微生物的数量

土壤微生物的数量受利用方式的影响, 由表 2 可见, 从原生林? 次生林? 幼杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 纯林, 土壤微生物数量降低; 核桃 (*Juglans regia*) 林、板栗 (*Castanea mollissima*) 林和旱地的土壤微生物数量较高; 在五类利用方式中, 土壤微生物数量以原生林最高, 荒地最低。

微生物数量在不同利用方式土壤中的分布与土壤有机质含量有关, 相关分析表明, 除旱地因耕作频繁, 耕作对土壤微生物影响较大外, 微生物总数 (M) 与有机质含量 (OM) 之间呈极显著的正相关关系:

$$OM = 0.7664e^{0.0041M} \quad R = 0.8757 \quad n = 10 \text{ (旱地除外)}$$

这表明, 土壤有机质含量是影响土壤微生物数量的重要因素。微生物主要以植物残体为营养源, 土壤有机质含量的差异必然导致微生物在土壤中分布的不均一性。原生林被砍伐为次生林后, 土壤有机质含量显著下降, 林地被开垦或破坏后, 有机质含量进一步降低, 而核桃林和板栗林每年都要烧毁枯落物 (相当于施肥) 的管理方式又使有机质含量增加, 不

同利用方式土壤有机质平均含量 (%) 依次为: 原生林 16.82 (n= 3)、次生林 4.16 (n= 3)、幼杉木林 2.11、旱地 1.86、荒地 1.72、核桃林和板栗林 5.29。

表 2 各类群土壤微生物在不同利用方式土壤中的数量 (单位: $\times 10^4$ 个/克干土)

Table 2 The numbers of microorganism in various soils of land use ($\times 10^4$ Ind./g dry soil)

利用方式 Land use	土样编号 Soil No.	细 菌 Bacteria	真 菌 Fungi	放线菌 Actinomycetes	微生物总数 Total No.
原生林	1	614.7	11.4	23.2	649.3
原生林	2	689.6	23.7	112.1	825.4
原生林	3	464.2	20.9	80.9	566.0
次生林	4	353.3	27.2	79.2	459.7
次生林	5	332.7	12.5	94.5	439.7
次生林	6	318.4	16.8	41.4	376.6
人工纯林	7	245.8	16.9	24.6	287.3
人工纯林	8	461.5	5.8	128.6	595.9
人工纯林	9	366.8	8.2	44.6	419.6
旱地	10	505.7	10.1	87.7	603.5
荒地	11	146.2	3.5	21.2	170.9

适宜植物生长的良好的土壤结构主要依赖于直径为 1~ 10 mm 的水稳定性团聚体, 而土壤微生物和有机质在团聚体的形成过程中起重要作用 (J. R. 埃塞林顿, 1989), 有机物质为微生物的生长提供营养源, 而细菌的粘液和胶质以及真菌、放线菌的菌丝则能稳定团粒。但是, 土壤微生物的生长和有机质含量受到人类活动的严重影响, 并与植物群落类型有关。不同人为干扰方式和强度形成了不同的生境和植被类型, 不同植物群落的种类组成、结构不同, 所形成枯落物的量和营养成分存在一定差异, 从而影响土壤微生物的生长和有机质含量。原生林为常绿阔叶林, 枯落物易于被分解且量较大, 加之土壤水热条件较适宜 (表 1), 所以土壤微生物数量最丰富, 土壤也较肥沃。砍伐、放牧使次生林的植被遭受破坏, 枯落物量减少, 土壤含水量降低, 土壤微生物数量和肥力降低。植被完全砍烧后, 土壤微生物数量和肥力状况有一个退化和恢复的过程, 烧后 5 年, 土壤微生物数量和肥力状况已降至较低水平 (张萍, 1996), 次生林完全砍烧种杉木 5~ 6 年, 加之杉木的枯落物不易被土壤微生物和土壤动物分解, 故幼杉木纯林的土壤微生物数量和肥力仅比荒地略高。耕作通常使条件更有利于土壤微生物生长繁殖, 如耕地的犁翻, 核桃林和板栗林每年都要烧毁枯落物 (相当于施肥) 等, 从而使成熟人工纯林和旱地的土壤微生物数量较高。

研究表明, 土壤微生物和土壤结构主要受有机质的影响, 林地被开垦或破坏后, 有机质补充减少或分解减慢, 加之水热条件的改变, 是导致土壤微生物数量降低和团聚体稳定性下降的重要原因。因此, 若能增加有机质的投入, 改善环境条件 (如实施混农林系统), 将减少对土壤微生物的破坏, 增加土壤微生物和水稳定性团聚体的数量, 控制土壤结构的稳定性, 从而有利于植被的生长。耕作通常使土壤微生物数量增加, 有关原理仍未完全清楚 (M. 亚历山大, 1983)。

2.2 土壤小型真菌的多样性

不同利用方式土壤真菌的多样性和属的分布有很大的差别，从表 3 可见，Simpson 指数和 Shannon- Wiener 指数反映出基本一致的趋势。原生林的多样性指数较高，从原生林（次生林（幼杉木纯林，多样性指数呈降低趋势；成熟人工纯林和耕地的多样性指数有所回升；在五类利用方式中，荒地的多样性指数最低。土壤小型真菌多样性指数的测度结果与土壤微生物数量的测定结果基本是一致的。从属的分布来看，原生林分离到的属最多，平均分离到 12 个属 22.7 株菌；其次为次生林，平均分离到 9.7 个属 22.3 株菌；成熟人工纯林和耕地平均分离到 7.0 个属 12.3 株菌，为第三；荒地分离到的属最少，为 5.0 个属 14.0 株菌。

Shannon- Wiener 指数和 Simpson 指数的梯度变化可在一定程度上间接说明生境条件的差异。一般而言，生境条件越适宜，多样性就越高，也就是说，群落的多样性指数可用来衡量其环境的优劣。原生林下土壤真菌 2 个多样性指数均较高，说明其生境条件适宜于大多数土壤真菌的生长。次生林的植被遭受破坏、枯落物量减少，土壤含水量和养分含量降低（表 1），多样性指数降低。次生林被垦殖为纯林的初期，土壤真菌多样性指数会降低，但耕作使多样性指数有所回升。荒地是林地破坏后土壤退化的结果，其地表裸露，土壤板结，水土流失严重，土壤贫瘠，小气候变得干热，很多小型真菌因为环境条件的恶化绝迹了，仅留下一些能耐受干旱贫瘠等恶劣环境条件的物种生存，如青霉属（*Penicillium*）、曲霉属（*Aspergillus*）、毛霉属（*Mucor*）等，这 3 个属分离到的菌株数之和占总菌株数的比例是，原生林 40%，次生林 56.1%，幼杉木纯林 64.0%，荒地 85.7%，呈递增趋势。荒地的生境条件不利于大多数土壤真菌的生长，所以多样性指数最低。

表 3 利用方式对土壤真菌多样性的影响
Table 3 Influence of land use on diversity of soil fungi

利用方式 Land use	土样编号 Soil No.	属数 Genus No.	菌株数 Strain No.	Simpson 指数 Index	Shannon- Wiener 指数 Wiener Index
原生林	1	12	20	0.890	2.346
原生林	2	12	24	0.726	1.878
原生林	3	12	24	0.726	1.878
次生林	4	11	24	0.722	1.820
次生林	5	11	24	0.722	1.820
次生林	6	7	19	0.576	1.302
人工纯林	7	8	25	0.569	1.334
人工纯林	8	7	12	0.708	1.589
人工纯林	9	7	12	0.708	1.589
旱地	10	7	13	0.734	1.631
荒地	11	5	14	0.543	1.222

土壤微生物数量、真菌多样性及属的分布，在高黎贡山东坡不同利用方式土壤中的变化趋势基本是一致的。高黎贡山上半部的原生林为其周围生存的 22 万人口提供了丰富的自然资源，而人为干扰，砍伐、放牧和单一种植在使森林植被遭受破坏的同时，也对土壤微生物和土壤养分状况产生了很大程度的影响。应对高黎贡山的森林和生物资源妥为管理和保护，采取切实措施（如实施混农林系统），避免这一状况的进一步恶化。

参考文献

- 于登攀, 邹仁林, 1996 鹿回头岸礁造礁石珊瑚物种多样性的研究. 生态学报, **16** (5): 469~ 475
- 马克平, 黄建辉, 于顺利等, 1995 北京东灵山地区植物群落多样性的研究. 生态学报, **15** (3): 268~ 277
- 中国科学院南京土壤研究所微生物室编著, 1985. 土壤微生物研究法. 北京: 科学出版社
- 中国科学院微生物研究所, 1973 常见与常用真菌. 北京: 科学出版社
- M. 亚历山大 (广西农学院农业微生物学教研组译), 1983. 土壤微生物学导论. 北京: 科学出版社
- 张萍, 1996 刀耕火种对土壤微生物和土壤肥力的影响. 生态学杂志, **15** (3): 64~ 67
- 埃塞林顿 J. R. (曲仲湘等译), 1989. 环境与植物生态学. 北京: 科学出版社
- 魏景超, 1979. 真菌鉴定手册. 上海: 上海科学技术出版社
- Pielou E C., 1975 Ecological diversity. John Wiley & Sons