

# 高黎贡山不同土地类型土壤中 微生物的生化活性

张 萍<sup>1</sup>, 郭辉军<sup>2</sup>, 刀志灵<sup>2</sup>, 龙碧云<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园昆明分部, 云南 昆明 650223;

2. 中国科学院 昆明植物研究所, 云南 昆明 650204)

**摘 要:** 从高黎贡山不同土地类型土壤的理化特性及微生物特性, 探讨了不同土地类型生态因子的变化及其对微生物生长代谢的作用, 以及人类活动对微生物的影响。

**关键词:** 土地类型; 微生物生长和代谢; 生态因子; 相关性; 人为干扰

**中图分类号:** Q938.1

**文献标识码:** A

土壤微生物是陆地生态系统中最活跃的成分, 担负着分解动植物残体的重要使命, 其生命活动直接影响着系统的生产力。植被生长的好与坏和土壤微生物的生长活动密切相关, 而微生物的生长代谢是多维环境因子综合作用的结果。我们研究了高黎贡山不同土地类型的土壤微生物生化活性, 力图高黎贡山森林资源管理和生物多样性保护提供科学依据。

## 1 材料与方法

研究地点位于云南省西北部保山地区百花岭一带, 在高黎贡山东坡中下部, 选择不同土地类型, 于 1995-08~09 采用混合取样法采集微生物集生的表层土壤(0 cm~20 cm)。供试土壤的基本情况见表 1。土地类型包括原生林、次生林、人工纯林、旱地和荒地五大类, 其中, 原生林代表土地的原始利用状况, 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。

土壤细菌、真菌、放线菌和芽孢杆菌的数量采用稀释平板法测定; 固氮作用采用土壤培养测全氮法, 计算土壤中氮的增加量; 呼吸作用采用碱吸收滴定法, 计算 CO<sub>2</sub> 释放量; 纤维素分解强度采用埋布片法分析布条失重量<sup>[1]</sup>。土壤理化特征采用常规化学分析法<sup>[2]</sup>测定。

## 2 结 果

### 2.1 不同土地类型土壤微生物的分布

微生物数量是衡量微生物生长的一个重要指标; 而微生物对碳、氮元素的转化和凋落物的分解能力, 是微生物生长代谢能力的反映。我们进行了土壤微生物总数、呼吸作用强度、代谢葡萄糖能力、纤维素分解强度、芽孢杆菌数量和固氮作用强度 6 个方面的测定, 结果(见表 2)显示了微生物的生长和代谢在不同土地类型土壤中的分布。原生林下土壤微生物的生长和代谢水平最高, 从原生林→次生林→幼杉木纯林, 土壤微生物的生长减慢, 代谢降低; 核桃纯林、板栗纯林和旱地, 土壤微生物数量较高, 但代谢活性都较低; 在五中利用方式中, 土壤微生物的生长和代谢水平以原生林最高, 荒地最低。

收稿日期: 1999-11-23; 改回日期: 2000-06-28。

基金项目: 麦克阿瑟基金 Grant No. 94-28488A-WER. 和云南省科委国际合作计划 Grant No. 95-C-001。

作者简介: 张萍(1963-), 女(汉族), 云南玉溪人, 硕士。1984 和 1987 年在云南大学分获植物学学士和硕士学位。主要从事微生物生态学的研究。发表论文 15 篇。

表 1 供试土壤的基本性质  
Table 1 Basic properties of test soils

土地类型 Land types	海拔 (m) Elevation	植被类型 Type of forests	PH 值 PH value	土壤类型 Soil types	主要植物种类 Main plant species
原生林 1	2200	常绿阔叶林	4. 16	黄壤	短刺栲 ( <i>Castanopsis echidnocarpa</i> )、旱冬瓜 ( <i>Alnus nepalensis</i> )、陇川山茶 ( <i>Camellia wardii</i> )
原生林 2	1990	常绿阔叶林	4. 83	黄壤	栓皮栎 ( <i>Quercus variabilis</i> )、佤山栲 ( <i>Castanopsis ceratocantha</i> )、红木荷 ( <i>Schima wallichii</i> )
原生林 3	1880	常绿阔叶林	4. 72	黄壤	刺栲 ( <i>Castanopsis mystrix</i> )、高山栲 ( <i>C. delavayi</i> )、红木荷
次生林 1	1820	常绿阔叶林	5. 14	黄壤	圆叶米饭花 ( <i>Lyonia ovalifolia</i> )、佤山栲、小叶青冈 ( <i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i> )
次生林 2	1630	常绿阔叶林	5. 00	黄红壤	大叶栎 ( <i>Q. griffithii</i> )、高山栲、红木荷
次生林 3	1400	常绿阔叶林	4. 67	红壤	高山栲、红木荷、刺栲
人工纯林 1	1400	5~6 龄杉木林	4. 70	红壤	杉木 ( <i>Cunninghamia lanceolata</i> )
人工纯林 2	1380	60 龄核桃林	4. 80	红壤	核桃 ( <i>Juglans regia</i> )
人工纯林 3	1770	60 龄板栗林	4. 75	黄红壤	板栗 ( <i>Castanea mollissima</i> )
旱地	1290	玉米地	5. 84	红壤	
荒地	1300	荒草	4. 84	红壤	

表 2 微生物在不同土地类型土壤中的分布  
Table 2 Distribution of soil microorganism in various land types

土地类型 Land types	微生物 总数MT	呼吸作用 强度 R	代谢葡萄 糖能力GR	纤维素分 解强度CD	固氮 作用NF	芽孢杆菌 数量BN
原生林 1	649.3	84.2	992.9	288.2	25	68.2
原生林 2	825.4	188.5	1259.0	403.8	34	81.5
原生林 3	566.0	77.8	1083.5	330.9	41	57.1
次生林 1	459.7	54.5	696.8	309.4	9	49.6
次生林 2	439.7	44.9	516.7	369.2	6	57.2
次生林 3	376.6	33.4	557.6	261.5	5	45.6
人工纯林 1	287.3	19.9	293.7	296.6	—	29.8
人工纯林 2	595.9	14.12	01.0	332.5	—	35.9
人工纯林 3	419.6	22.5	259.6	381.7	—	40.9
旱地	603.5	9.6	153.6	280.0	—	56.9
荒地	170.9	6.5	92.5	129.6	—	10.7

MT: ( $\times 10^4$ /克干土) Microbe total number ( $\times 10^4$ /g dry soil), R: ( $\text{CO}_2\mu\text{L}/\text{克干土}\cdot\text{小时}$ ) Respiration intensity ( $\text{CO}_2\mu\text{L}/\text{g dry soil}\cdot\text{h}$ ), GR: ( $\text{CO}_2\mu\text{L}/\text{克干土}\cdot\text{小时}$ ) Glucose respiration intensity ( $\text{CO}_2\mu\text{L}/\text{g dry soil}\cdot\text{h}$ ), CD: 布条减重 ( $\text{mg}/\text{g}$ ) Cellulose decomposition, NF: ( $\text{mg}/100\text{克干土}$ ) Nitrogen fixation ( $\text{mg}/100\text{g dry soil}$ ), BN: ( $\times 10^4$ /克干土) Bacillus number ( $\times 10^4$ /g dry soil).

2.2 不同土地类型土壤的理化特征

进行了不同土地类型土壤理化特征的测定, 结果见表 3。由表 3 可见, 除旱地因耕作频繁, 耕作对土壤微生物数量影响较大外, 不同土地类型土壤含水量、有机质、有效氮和速效钾的变化与土壤微生物的变化基本一致。原生林下土壤比较肥沃, 含水量较高, 从原生林→次生林→幼杉木纯林, 土壤含水量、有机质、有效氮和速效钾含量显著降低; 核桃纯林和板栗纯林, 由于每年都要烧毁枯落物, 土壤有机质、有效氮和速效钾含量有所回升; 在五种土地类型中, 土壤含水量、有机质和有效氮以原生林最高, 旱地和荒地最低。而速效磷的变化则不同, 在不同土地类型土壤中波动, 土壤磷含量都很低, 该地区属于严重缺磷区, 其中以荒地缺磷最严重。速效磷含量最高的旱地, 土壤微生物的代谢水平较低, 而速效磷含量较低的原生林 3 样地, 土壤微生物数量和代谢活性却较高。

表 3 不同土地类型土壤的理化特征

Table 3 Chemical and physical properties of test soils

土地类型 Land types	枯落物量(kg/m <sup>2</sup> ) Litter fall	土壤含水量(%) Moisture	有机质(%) Organic matter	有效氮(mg/kg) Effective nitrogen	速效磷(mg/kg) Quick acting phosphorus	速效钾(mg/kg) Quick acting potassium
原生林 1	1. 61	106. 7	16. 59	537. 3	1. 8	120. 1
原生林 2	1. 29	72. 4	19. 38	442. 8	1. 3	140. 6
原生林 3	0. 85	70. 5	14. 48	335. 0	0. 6	119. 2
次生林 1	0. 78	55. 2	6. 79	189. 0	0. 9	251. 7
次生林 2	0. 57	31. 8	2. 54	113. 1	1. 1	106. 2
次生林 3	0. 92	40. 4	3. 14	124. 3	1. 0	81. 8
人工纯林 1	0	30. 3	2. 11	84. 0	0. 6	60. 0
人工纯林 2	0	28. 2	4. 57	211. 2	0. 5	88. 2
人工纯林 3	0	48. 9	6. 01	256. 6	0. 5	144. 5
旱地	0	26. 5	1. 86	97. 3	3. 3	84. 4
荒地	0	21. 2	1. 72	98. 0	0. 08	45. 4

3 讨 论

土壤生态因子是导致土壤微生物数量和生化活性在不同土地类型土壤中变化的重要因素。影响土壤微生物的主要环境因素包括土壤含水量、土壤温度、pH、有机物质和无机养料的供应等,其它因素如人类活动、植被、季节和土壤深度的影响是通过主要的决定因素而起作用的<sup>[4]</sup>。从表 4 看出,不同土地类型土壤微生物的生长和代谢与各生态因子之间均有不同程度的相关性,其中,与有机质、有效氮之间的相关性最大,除纤维素分解强度外,都达到了极显著的水平;与土壤含水量、速效钾之间的相关性次之,除纤维素分解强度与土壤含水量外,都达到了显著的水平;与速效磷之间也有很大程度的相关性,但并非都达到了统计学上的显著水平。说明影响不同土地类型土壤微生物生长和代谢的主要生态因子依次是有机质、有效氮、土壤含水量、速效钾和速效磷。

表 4 土壤微生物与生态因子之间的相关性(R 值, n=11)

Table 4 Correlation between soil microbes and ecological factors

微生物指标 Microbial index	土壤含水量 Moisture	有机质 Organic matter	有效氮 Effective nitrogen	速效磷 Quick acting phosphorus	速效钾 Quick acting potassium
微生物总数	0. 7409 **	0. 8758 **	0. 8589 **	0. 7825 **	0. 6728 *
呼吸作用强度	0. 8707 **	0. 9155 **	0. 8009 **	0. 4403	0. 6654 *
代谢葡萄糖能力	0. 8776 **	0. 9525 **	0. 8179 **	0. 4749	0. 6503 *
纤维素分解强度	0. 4773	0. 5266	0. 4831	0. 6187	0. 6628 *
固氮作用	0. 9401 **	0. 9641 **	0. 9025 **	0. 4168	0. 6488 *
芽孢杆菌数量	0. 7279 *	0. 8196 **	0. 7353 **	0. 8783 **	0. 6842 *

\*为  $\alpha=0.05$  显著水平; \*\*为  $\alpha=0.01$  显著水平。

不同土地类型土壤微生物的生长和代谢与土壤养分状况和含水量显著相关,而土壤生态因子的变化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,微生物主要以植物残体为营养源,枯落物的质和量以及生境条件的差异,必然导致微生物在不同土地类型土壤中分布的不均一性,从而形成不同的土壤养分状况。原生林人为干扰较少,常绿阔叶林发育良好,枯落物营养丰富、易于被分解且量较大(表 1 和表 3),加之土壤水热条件的适宜,所以土壤微生物的生长和代谢最旺盛,土壤也最肥沃。次生林分布的海拔比原生林低,也更接近村庄和公路,砍伐、放牧等人为干扰使植被遭受破坏,林内小气候也发生很大变化,枯落物量减少,土壤含水量降低,土壤微生物的生长代谢减慢,土壤肥力下降。次生林完全砍烧种杉木、核桃或板栗后,林内环境条件恶化,枯落物量进一步减少,加之杉木、核桃和板栗的枯落物均含有植物保存性物质,不易被土壤微生物和土壤动物分解,故纯林的土壤微生物代谢活性均较低,仅比荒地略高。耕作通常使土壤微生物数量增加,有关原理仍未完全清楚<sup>[4]</sup>,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,核桃林和板栗林的土壤养分含量有所回升。研究表明,林地被开垦或破坏后,有机残体补充减少或分解减慢,而输出相对较大,加之水热条件的改变,是导致土壤微生物数量、代谢活性以及土壤养分含量下降的重要原因。因此,若能增加有机物质的投入,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,增加土壤养分含量。适宜植物生长的良好的土壤结构主要依赖于直径为1 mm~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<sup>[3]</sup>。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。因此,林地被开垦或破坏后,有机物质补充减少或分解减慢以及水热条件的改变,也是导致土壤团聚体稳定性下降的重要原因。而增加有机质的投入,不仅能减少对土壤微生物的破坏,增加土壤养分含量,而且将增加水稳定性团聚体的数量,控制土壤结构的稳定性,从而有利于植物的生长。

土壤呼吸作用研究较多。由表4可见,土壤呼吸作用与土壤含水量、有机质和有效氮的相关性极显著(平均相关系数分别为0.8741、0.9340和0.8094),与速效钾的相关性显著(平均相关系数为0.6578),与速效磷的相关性未达到显著水平(平均相关系数0.4576)。前人在研究土壤呼吸速率的季节变化时得出,土壤呼吸速率与土壤水分呈极显著的相关关系<sup>[4]</sup>;杨涛等<sup>[7]</sup>的研究得出,土壤有机质、有效氮和速效钾与土壤呼吸作用有显著的相关性,可见,我们的研究结果与前人的基本一致。

土壤微生物数量与土壤含水量、有机质、有效氮、速效磷和速效钾的相关性均达到了显著及其以上的水平(表4)。在微生物总数中,细菌占绝大部分(>70%),据报道,最高的细菌密度出现在含水量相当高的地区,对于好气细菌生命活动的最适水平常为土壤持水量的50%~75%<sup>[4]</sup>。土壤固氮作用强度与土壤含水量、有机质和有效氮的相关性为极显著(*R*值分别为0.9401、0.9641和0.9025)。已有人研究得出,固氮数值低的原因大概是有效碳源的缺乏,但跟湿度、温度低也有关系。

高黎贡山中部(海拔2 000 m左右)的植被保存较好,原生常绿阔叶林发育良好,土壤微生物的生长代谢旺盛,土壤养分含量丰富,为自然保护区周围生存的22万人口提供了丰富的自然资源。而人为干扰,砍伐、放牧和单一种植已使森林植被遭受破坏,土壤微生物和土壤养分状况急剧降低,在荒地降至较低水平,导致生态环境恶化和土地退化。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,避免这一状况的进一步恶化。

参考文献:

[1] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京:科学出版社,1985.  
[2] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.  
[3] 许光辉, 郑洪元, 张德生, 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[J]. 生态学报, 1984, 4(3): 207~222.  
[4] M. 亚历山大(广西农学院农业微生物学教研组译). 土壤微生物学导论[M]. 北京:科学出版社,1983.  
[5] J. R. 埃塞林顿(曲仲湘等译). 环境与植物生态学[M]. 北京:科学出版社,1989.  
[6] 杨靖春, 倪平, 祖元刚, 等. 东北羊草草原土壤微生物呼吸速率的研究[J]. 生态学报, 1989, 9(2): 139~143.  
[7] 杨涛, 姜文波, 孙希春, 等. 不同植被类型高山草甸土呼吸作用的研究[J]. 土壤学报, 1989, 26(2): 186~191.

THE MICROBIAL BIOCHEMICAL ACTIVITIES IN SOILS OF  
DIFFERENT LAND TYPES IN GAOLIGONG MOUNTAINS

ZHANG Ping<sup>1</sup>, GUO Hui-jun<sup>1</sup>, DAO Zhi-ling<sup>2</sup>, LONG Bi-yun<sup>1</sup>

(1. Tropical Botanic Garden in Xishuangbanna, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223 PRC;  
2 Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204 PRC)

**Abstract:** The Gaoligong Mountains are of momentous significance in biological research and

to which attentions have been paid by many researchers because of its manifold forest types and biological resources. But, felling, herding and planting have damaged forests, resulted in deterioration of environment and land, and threatened the forests and biological resources in natural reserve because of increasing population. The variation patterns of soil microbial growth, metabolism and ecological factors, and the effects of the factors on soil microbes in different land types in Gaoligong Mountains were studied. The effects of anthropologic disturbance on soil microbe and nutrient contain were investigated. The aim is to provide scientific basis for forest management and biological diversity protection.

Land falls into five types, of original forest, secondary forest, artificial plantation, field and waste land, corresponding to five states of landuse, i. e. original state, secondary forest type for the state of the original forest felled and herded, waste land is the state of forest damaged, and artificial plantation and field are two main use types of forest planted. The 11 soil-specimens from different land types were collected in August—September, 1995, and microbial number, biochemical activities and nutrient contains in the soils were determined. The correlations between soil microbe and ecological factors were analysed. The influence of anthropologic disturbance on soil microbe and nutrient contains were discussed. The result shows that soil microbial growth and metabolism were highest under original forests, and decreased from original forests→secondary forests→*Cunninghamia lanceolata* plantation, and lowest in waste land of all types. The metabolism activities were all lower in artificial plantations and field. The different degree of correlations were found between variations of ecological factors and soil microbes in different land types. The growth and metabolism of soil microbes were extreme significantly correlated with organic matter and effective nitrogen except cellulose decomposition, and significantly correlated with moisture and quick acting potassium except cellulose decomposition with moisture, but the correlation were not all statistically significant between growth and metabolism of soil microbes and quick acting phosphorus. The results revealed that the main ecological factors influencing the growth and metabolism of soil microbes in different land types were organic matter, effective nitrogen, moisture, quick acting potassium and quick acting phosphorus in sequence.

Anthropologic disturbances influence soil microbe through altering ecological factor. It is found that the decreasing of organic matter input or decomposition speed and alteration of environmental condition are main reasons resulting in decreasing of microbial number, activities and nutrient contain and damaging of soil construction.

**Key words:** Land types; microbial growth and metabolism; ecological factor; correlation; anthropologic disturbance