

高黎贡山土壤微生物生化活性的初步研究*

张萍¹ 郭辉军² 刀志灵³ 龙碧云¹

(¹中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明 650223)

(²中国科学院昆明分院)

(³中国科学院昆明植物研究所)

PRELIMINARY STUDY ON SOIL BIOCHEMICAL ACTIVITIES IN GAOLIGONG MOUNTAINS

Zhang Ping¹ Guo Hui-jun² Dao Zhi-ling³ Long Bi-yun¹

(1 *Tropical Botanic Garden in Xishuangbanna, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223*)

(2 *Kunming Branch, Chinese Academy of Sciences*)

(3 *Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences*)

关键词 高黎贡山, 微生物生长和代谢, 生态因子, 相关性

中图分类号 Q 938.1

高黎贡山位于滇西北中缅边境的横断山地区。由于其多种多样的森林类型、生物资源, 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(1500m 以下)有村庄分布, 近 10 年来, 由于人口激增, 森林大量被砍伐、放牧和开垦成农田或人工纯林, 形成片状分布的次生林, 山底部的次生林基本上已被砍光。植被的破坏导致生态环境恶化, 同时, 也对自然保护区森林和生物资源产生了很大的威胁。

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, 推动着生态系统的能量流动和物质循环。植被生长的好与坏和土壤微生物的生长活动密切相关, 而微生物的生长是多维生态因子综合作用的结果。我们从 1995 年起, 对高黎贡山的森林类型和生物资源进行了为期三年的调查研究, 力图为高黎贡山森林资源管理与生物多样性保护提供科学依据。本文是土壤微生物研究的部分结果, 关于这方面的工作尚未见报道。

* 麦克阿瑟基金会项目 (Grant No. #94-28488A-WER) 和云南省科委国际合作计划项目 (Grant No. #95-C-001) 资助

收稿日期: 1998-10-01; 收到修改稿日期: 1999-07-20

1 材料与方方法

1.1 采样

研究地点位于云南省西北部保山地区境内,我们的调查路线是高黎贡山南段东坡从海拔 1000m 的怒江峡谷到白花岭村到海拔 3100m 的山顶斋公房。海拔平均每升高 200m 做一个植被样方,土壤取样也在样方中进行。于 1995 年 8~9 月采用混合取样法采取表层土壤(0~20cm),供试土壤的基本情况见表 1。

表 1 供试土壤的基本情况

样地号	海拔 (m)	植被类型	枯落物量 (kg/m ²)	土壤含水量 (g/kg)
14	3100	高山灌丛草甸	0	810
原 15	2830	针阔混交林	1.20	559
生 12	2560	针阔混交林	2.97	1160
林 13	2410	常绿阔叶林	1.69	1043
6	2200	常绿阔叶林	1.61	1067
7	1990	常绿阔叶林	1.29	724
2	1880	常绿阔叶林	0.85	705
3	1820	常绿阔叶林	0.78	552
次 4	1630	常绿阔叶林	0.57	318
生 5	1400	常绿阔叶林	0.92	464
林 9	1210	干热河谷稀树灌丛	0.24	279
10	1000	干热河谷稀树灌丛	0	254

1.2 土壤微生物的测定

按文献 [1] 进行。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;呼吸作用采用碱吸收滴定法;纤维素分解强度采用埋布片法。

1.3 生态因子的测定

年降水量和年平均气温来自文献 [2] 和 [3]; 土壤养分采用常规的化学方法^[4]。

2 结果与讨论

2.1 高黎贡山土壤微生物的分布

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,结果得出(表 2),这 6 个方面随海拔高度的变化是一致的,呈明显的垂直分布。高海拔的原生林下土壤微生物的生长和代谢水平较低,随着海拔的降低,微生物的生长逐渐加快,代谢逐渐增强,最高值出现在海拔 2000m 左右,其原生林下土壤微生物的数量和代谢活性最高。随海拔降低,次生林的土壤微生物数量逐渐减少,代谢逐渐减慢,低海拔(1000m 左右)的次生林,土壤微生物的生长和代谢已降至较低水平,其中,呼吸作用强度、代谢葡萄糖能力、固氮作用强度和芽孢杆菌数量均降到最小。

表 2 高黎贡山土壤微生物随海拔高度的变化

海拔 (m)	微生物 总数($\times 10^4$ /克干土)	呼吸作用强 度(CO_2 $\mu\text{l}/\text{克}$ 干土 \cdot 小时)	代谢葡萄糖 能力(CO_2 $\mu\text{l}/$ 克干土 \cdot 小时)	纤维素分解 强度 布条 减重(mg/g)	固氮作用 (mg/100 克干土)	芽孢杆菌 数量($\times 10^4$ /克干土)
3100	246.2	32.2	477.9	149.3	6	14.5
原 2830	248.9	30.1	525.5	195.1	11	6.8
生 2560	255.7	45.2	568.7	98.5	9	18.4
林 2410	162.5	70.2	872.3	126.5	13	13.3
2200	649.3	84.2	992.9	288.2	25	68.2
1990	825.4	188.5	1259.0	403.8	34	81.5
1880	566.0	77.8	1083.5	330.9	41	57.1
1820	459.7	54.5	696.8	309.4	9	49.6
次 1630	439.7	44.9	516.7	369.2	6	57.2
生 1400	376.6	33.4	557.6	179.6	—	52.9
林 1210	347.8	16.4	268.7	192.5	—	24.3
1000	322.6	11.9	207.7	145.8	—	10.7

2.2 高黎贡山生态因子的变化

由表 3 可以看出,土壤有机质和有效氮随海拔高度的变化与土壤微生物的变化一致,高峰值都出现在海拔 2000m 左右,山顶较低,在山脚(海拔 1000m 左右)降到最小。而速效磷和速效钾的变化则不同,随海拔高度的变化波动,整个山体土壤磷含量都很低,属于严重缺磷区,速效磷含量较低的海拔 1880m 处,土壤微生物数量和代谢活性却较高,而山底磷含量最高,微生物的代谢水平最低。气候因子随海拔降低,年降水量减少,而年平均气温升高。

表 3 高黎贡山生态因子随海拔高度的变化

海拔 (m)	降水量 (mm)	气温 ($^{\circ}\text{C}$)	有机质 (g/kg)	有效氮 (mg/kg)	速效磷(P) (mg/kg)	速效钾(K) (mg/kg)
3100	3364.9	6.49	86.0	352.5	1.0	63.1
原 2830	2892.6	8.19	62.0	263.2	1.1	25.9
生 2560	2463.3	9.89	116.6	329.4	0.5	112.4
林 2410	2243.4	10.84	179.0	346.5	0.5	81.2
2200	1957.8	12.16	165.9	537.3	1.8	120.1
1990	1698.2	13.49	193.8	442.8	1.3	140.6
1880	1572.7	14.18	144.8	335.0	0.6	119.2
1820	1507.2	14.56	67.9	189.0	0.9	251.7
次 1630	1313.8	15.76	25.4	113.1	1.1	106.2
生 1400	1108.2	17.21	31.4	124.3	1.0	81.8
林 1210	961.9	18.40	16.5	61.6	2.7	101.3
1000	825.0	19.73	18.0	51.5	2.7	97.0

2.3 土壤微生物与生态因子之间的相关性

土壤微生物受其生长的周围环境所控制。高黎贡山气候和土壤养分是导致土壤微生物

随海拔高度变化的重要因素。从表 4 看出,土壤微生物的生长和代谢与各生态因子均有不同程度的相关性。其中,微生物生长和代谢与降水量之间的相关性除芽孢杆菌数量为显著外,其余都达到了极显著的水平;与气温、有机质、有效氮之间的相关性除纤维素分解强度外,都达到了显著水平;而与速效磷和速效钾的相关性较差。说明影响高黎贡山土壤微生物生长和代谢分布的主要生态因子是降水量、气温、土壤有机质和有效氮含量,现有土壤磷和钾含量的变化对土壤微生物的生长和代谢影响较小。

表 4 高黎贡山土壤微生物与生态因子间的相关性(R值)

微生物指标	降水量 ¹⁾	气温 ²⁾	有机质	有效氮	速效磷(P)	速效钾(K)
微生物总数	0.9665**	0.8104*	0.7732**	0.6693*	0.3126	0.5525
呼吸作用强度	0.9832**	0.9562**	0.8882**	0.8061**	0.6533*	0.3707
代谢葡萄糖能力	0.9484**	0.9548**	0.8883**	0.8541**	0.8442**	0.3205
纤维素分解强度	0.9435**	0.7591	0.4587	0.2993	0.1918	0.4867
固氮作用	0.9946**	0.9345**	0.9009**	0.9038**	0.5957*	0.2345
芽孢杆菌数量	0.8737*	0.8244*	0.5938*	0.5787*	0.1609	0.6964*

1) 海拔 1000~1880m; 2) 海拔 1990~3100m; $n = 6$, $R_{0.05} = 0.811$, $R_{0.01} = 0.917$; 其余 $n = 12$, $R_{0.05} = 0.576$, $R_{0.01} = 0.708$; *: $\alpha = 0.05$; **: $\alpha = 0.01$ 。

高黎贡山的降水量和气温随海拔高度而变化,年平均气温随海拔高度升高而降低,垂直递减率为 $0.63^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,而年降水量随海拔高度升高而增加(表 3)。在海拔 1990m 以上,年降水量已大于 1600mm,而年平均气温却较低,故温度是限制微生物生长代谢的主要气候因子。山顶气温低不利于土壤微生物生长代谢,随海拔降低,气候变得温暖,微生物数量和代谢活性增加(表 2),微生物的数量和活性与气温之间的相关性除纤维素分解强度外都达到了显著水平(表 4);而在海拔 1880m 以下,年平均气温已大于 14°C ,而降水量却较低(尤其在山脚),所以降水量是限制微生物生长代谢的主要气候因子,随海拔降低,降水量降低,土壤含水量显著下降(表 1),土壤微生物的数量和代谢活性显著降低(表 2),微生物生长代谢与降水量之间的相关性除芽孢杆菌数量为显著外,都达到了极显著的水平(表 4)。

高黎贡山土壤微生物生长和代谢亦受土壤有机质和有效氮含量的显著影响,而土壤有机质和有效氮的变化又与人为干扰和植物群落类型有关。不同海拔高度和人为干扰强度形成了不同的生境,发育着不同的植被类型,不同植物群落所形成枯落物的量和营养成分存在一定差异,必然导致土壤微生物在各植物群落中分布的不均一性,从而形成不同的土壤养分状况。原生林随海拔降低,植被从高山灌丛草甸→阔叶混交林→常绿阔叶林,枯落物变得易于被分解,加之水热条件的适宜,土壤微生物的生长代谢加快,土壤有机质和有效氮含量增加。而高黎贡山下半部有村落分布,由于人口激增,砍伐、放牧、农田和经济林木的大量开垦种植,使森林植被遭受破坏,连续分布的原生林变成片状分布的次生林。随海拔降低村落越多且越接近公路,上述人为干扰强度和频率增加,有些次生林(如 5# 样地)变成当地群众的砍柴山,海拔较低的次生林(9#、10#)基本上已被砍光,人为活动、放牧等使地表裸露,土壤板结,水土流失严重,气候也发生很大变化,植被从常绿阔叶林→干热河谷稀树灌丛,枯落物量减少,土壤微生物的生长和代谢降低,有些代谢活性在山脚降到最低值;同时,土壤有机质和有效氮的含量也减少,在山脚也降到最小。

研究表明,高黎贡山现有磷和钾含量的变化对土壤微生物的生长影响较小,这与前人

的研究基本一致^[5]。

有关土壤呼吸作用的研究报道已较多。由表 4 可见,土壤呼吸作用(包括内源呼吸和代谢葡萄糖能力)与降水量、气温、土壤有机质和有效氮的相关性为极显著,与速效磷的相关性为显著,与速效钾的相关性未达到显著水平。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温度和土壤水分呈极显著的相关关系^[6],我们用年平均温度和年降水量也得到了一致的结果。杨涛等^[7]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,我们的研究与前人比较一致的结果是,影响土壤呼吸作用的主要生态因子是降水量、气温、土壤有机质和有效氮含量。

参 考 文 献

1. 中国科学院南京土壤研究所微生物室编著. 土壤微生物研究法. 北京: 科学出版社, 1985
2. 黄大华, 傅绍铭. 高黎贡山地气温的分布特征. 气象, 1985, 11(11): 18~21
3. 傅绍铭, 黄大华. 高黎贡山降水分布及其成因分析. 气象, 1985, 11(3): 14~17
4. 中国科学院南京土壤研究所编. 土壤理化分析. 上海科学技术出版社, 1978
5. 张崇邦, 杨靖春, 管致锦. 东北羊草草原综合生态因子对微生物生长的作用——IRM 模型的研究. 生态学报, 1995, 15(2): 207~213
6. 杨靖春, 倪平, 祖元刚. 东北羊草草原土壤微生物呼吸速率的研究. 生态学报, 1989, 9(2): 139~143
7. 杨涛, 姜文波, 孙希春. 不同植被类型高山草甸土呼吸作用的研究. 土壤学报, 1989, 26(2): 186~191