维普资讯 http://www.cqvip.com

应用生态学报 1999年2月 第10卷 第1期
CHINESE JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY, Feb. 1999, 10(1): 74～78

高黎贡山土壤微生物生态分布及其生化特性的研究*

张 萍** (中国科学院昆明生态研究所，昆明 650223)
郭辉军 杨世雄 刀志灵 (中国科学院昆明植物研究所，昆明 650204)

【摘要】 研究了高黎贡山东坡不同海拔高度的自然林、不同海拔高度和人为干扰强度的集体林、不同权属森林和不同土地利用类型土壤微生物数量及某些生化特性 结果表明，在高黎贡山上半部，自然林随海拔降低、土壤微生物数量及活性升高．而下半部，集体林随海拔降低，人为干扰强度和频率增加，土壤微生物数量和活性降低；森林权属从国有-集体-个人，土壤微生物数量及活性降低；森林被纯林替代后，土壤微生物数量及活性迅速降低，但耕作通常更有利于微生物繁殖．高黎贡山中部(海拔2000m左右)的自然植被下土壤微生物含量丰富且活性较高，但海拔高气温低不利于土壤微生物生长繁殖及进行生物化学变化．另一方面，森林植被的过份砍伐和利用也使土壤微生物数量和活性降至较低水平．

关键词 自然林 集体林 土壤微生物 纯林 高黎贡山

Ecological distribution and biochemical properties of soil microorganisms in Gaoligong Mountains. Zhang Ping (*Institute of Ecology, Academia Sinica, Kunming* 650223), Guo Huijun, Yang Shixiong and Dao Zhiling (*Institute of Botany, Academia Sinica, Kunming* 650204). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 1999, 10(1): 74～78.
This paper studied the quantities and some biochemical properties of soil microorganisms in natural forests of different elevations, collectively-owned forests representing varying degrees of anthropogenic disturbance and elevations, forests under different tenures, and soils of different landuse types in eastern slope of Gaoligong Mountains. At the upper part of the mountain, the quantities and activities of soil microorganisms in natural forests increased with decreasing elevation, but at the lower part, those in collectively-owned forests were decreased with decreasing elevation, due to the increasing intensity and frequency of anthropogenic disturbance. The quantities and activities of soil microorganisms declined as the forest tenure varied from state-run to collective and to individual. After natural forests were replaced by pure plantations, the quantities and activities of soil microorganisms rapidly declined. However, in some cases, soils under cultivation appeared to be favorable to microorganism reproduction. In mid-elevation (about 2000m) natural forest soils, microorganisms were abundant and highly active. High elevation and low temperature was unfavorable to microbial reproduction and biochemical processes. Intensive felling and utilization of forests could also reduce the quantities and activities of soil microorganisms to a lower level.

Key words Natural forests, Collectively-owned forests, Soil microorganism, Pure forest, Gaoligong Mountains.

1 引 言

高黎贡山位于滇西北中缅边境的横断山地区(98°34′～98°50′E, 24°56′～26°09′N)，是具有国际意义的生物多样性分布中心，其中上部已于1983年被确定为国家级自然保护区．在高黎贡山东坡，怒江峡谷海拔760m(气候干燥炎热)，顶部海拔3100m(年均气温12℃左右，气候恶劣)，相对高差达2340m，形成了明显的生物、气候垂直带谱，分布着多种植被类型．在这个海拔范围内，高黎贡山上半部(1880m以上)人为干扰较小，森林植被保存较好，形成自然植被的垂直地带．而下半部有村庄分布，由于人的活动及农村政策，形成了不同海拔和人为干扰的集体林，不同权属森林及不同土地利用类型的土壤．关于高黎贡山土壤微生物方面的研究工作尚未见报道，本文研究了高黎贡山的土壤微生物生态分布和生化特性，力图为高黎贡山森林资源管理与保护提供科学依据．

2 材料与方法

2.1 供试土样

供试土样采自高黎贡山东坡从海拔760m的怒江江心半岛至山顶海拔3100m的广大地区．采用混合采样法，即在同一块样地内，按梅花形挖5穴采土混匀为一土样，共得土样19份，分属于：1)不同海拔高度的自然林土壤，2)不同海拔高度和人为干扰强度的集体林土壤，3)不同权属的森林土壤，4)不同土地利用类型的土壤．根据不同样地的枯落物状况，在统一的综合研究标准地内，按不同深度采取土样，除去石粒及须根，塑料袋包装，带回室内5℃保存进行各项测定 供试土壤的基本情况列于表1．11号样地，板栗(*Castanea mollissima*)纯林、核桃(*Juglans regia*)纯林和玉米(*Zea mays*)旱地坡度为12°左右，其

* 麦克阿瑟基金会(Grant No. 94-28488A-WER)和云南省科委国际合作计划项目(Grant No. 95-C-001)．
** 通讯联系人．
1996－06－27收稿，1996－10－22接受．

维普资讯 http://www.cqvip.com

表1　不同林地土壤的基本情况

Table 1 Characteristics of different forest soils

土样编号 Soil No.		采样地点 Site	海拔高度 Elevation (m)	植被类型 Forest type	采样深度 Depth (cm)	枯枝落叶层 Litter			土壤含水量 Moisture (%)
						A_{00}层风干重 A_{00} dry weight ($kg \cdot m^{-2}$)	盖度 Coverage (%)	厚度 Thickness (cm)	
Ⅰ	2	大坪子	1880	常绿阔叶林	5～15	0.85	95	4	70.5
	7	旧街	1990	常绿阔叶林	10～20	1.29	100	8	72.4
	6	洋火塘岭	2200	常绿阔叶林	8～20	1.61	100	6	106.7
	13	只站岭岗	2410	常绿阔叶林	15～30	1.69	100	10～20	104.3
	12	挖断龙	2560	针叶林	15～25	2.97	100	12	116.0
	15	门来树	2830	针叶林	10～20	1.20	80～100	8～12	55.9
	14	斋公房	3100	高山灌丛草甸	5～15		—	—	81.0
Ⅱ	3	小埔子岭岗	1820	常绿阔叶林	5～15	0.78	95	4～7	55.2
	4	马路弯头	1630	常绿阔叶林	5～15	0.57	85	1.5	31.8
	5	凡凤山	1400	常绿阔叶林	5～15	0.92	100	3	46.4
	9	芒晃	1210	常绿阔叶林	5～15	0.24	0～20	0～1	27.9
	10	香树地坡坡	1000	干热河谷稀树灌丛	5～15	0	0	0	25.4
	11	江心半岛龙潭	760	常绿阔叶林	5～15	0.22	100	1	14.6
Ⅲ	2(国有林)	大坪子	1880	常绿阔叶林	5～15	0.85	95	4	70.5
	1(争议)	马鞍山上面	1810	常绿阔叶林	8～20	1.36	100	6～8	55.2
	3(集体林)	小埔子岭岗	1820	常绿阔叶林	8～20	0.78	95	4～7	55.2
	8(自留山)	古新寨	1390	常绿阔叶林	5～15	1.65	95	2～3	42.0
Ⅳ	17	大鱼塘	1400	幼杉木纯林(5～6年)	5～15		极少		30.3
	16	大白坟	1770	板栗纯林	5～15		极少		48.9
	18	老蒙寨	1380	核桃纯林	5～15		极少		28.2
	19	黄家山桃源队	1290	玉米旱地	5～15		极少		26.5

Ⅰ 自然林 Natural forest, Ⅱ. 集体林 Collectively owned forest, Ⅲ 不同权属 Different tenure forest, Ⅳ. 土壤利用 Land use type. 下同 The same below.

余样地的坡度为30°左右.

2.2　土壤微生物测定

细菌数:肉膏蛋白胨琼脂平板表面涂抹法.真菌数:马丁(Martin)培养基平板表面涂抹法.放线菌数:高泽一号合成培养基平板表面涂抹法.纤维素分解菌数:赫奇逊氏(Hutchinson)培养基平板表面加滤纸注入土壤悬液法.

固氮作用采用土壤培养测全氮法,计算土壤中N的增加量;呼吸作用采用碱吸收滴定法,计算CO_2释放量;纤维素分解强度采用埋布片法分析布条失重量.方法详见文献[1].

3　结果与讨论

3.1　高黎贡山土壤微生物的数量分布

3.1.1 自然植被土壤微生物的数量分布　由表2可见,较低海拔的自然植被各类微生物数量最丰富,随海拔升高(2410～3100m),植被从常绿阔叶林→针叶林→高山灌丛草甸,各类微生物的数量降低,其中,针叶林的放线菌数量较高.在各类微生物中,细菌所占比例最大(82～99.3%),其次是放线菌,第三为真菌.高山灌丛草甸土壤微生物主要由细菌组成,放线菌和真菌数量很低.

3.1.2 不同集体林土壤微生物的数量分布　除处于江心半岛的11号样地外,集体林的土壤微生物数量均低于较低海拔的自然林,同时又高于较高海拔的自然林.与自然林相比,集体林细菌占微生物总数的比例较低,多在70%左右,真菌数量相差不大,放线菌数量较高,在微生物总数中所占比例也较大.随海拔降低,植被从常绿阔叶林→干热河谷稀树灌丛,集体林的细菌和真菌数量降低,而放线菌数量升高.

3.1.3 不同权属森林和不同土地利用类型土壤微生物的数量分布　由表2可见,从国有林→集体林→自留山→幼杉木(*Cunninghamia lanceolata*)纯林,各类微生物数量降低,处于国有林与集体林之间的有争议部分土壤微生物数量稍高.在4种不同土地利用类型中,幼杉木纯林的土壤微生物数量较低,其余3种都较高.放线菌数量以核桃纯林较高.

高黎贡山土壤微生物的数量分布与各类微生物的生物学特性及生态环境有关.高黎贡山的气候和植被垂直分布明显,从怒江峡谷到山顶部,包括从热带到亚热带到温带等气候类型.在自然条件下,微生物数量随着由冷到温暖的气候环境而增加[5],所以高黎贡山自然植被随海拔降低,微生物数量增加;同时,人类活动是干扰源,低水平干扰可增加微生物数量和种类,表现为有争议部分土壤微生物数量稍高,但是随着人为干扰频率和强度的增加,又使微生物数量和种类降低[2],表现为从国有林→集体林→自留山→幼杉木纯林,随着森林所有权从国家所有→集体所有(队有)→个人所有,砍伐越来越严重,最后全部砍烧种以杉木,各类微生物数量降低.同样,高黎贡山下半部随海拔降低,气候变热[3],在自然条件下,微生物数量应增加,而实际情况是,高黎贡山下半部有村社分布,随海拔降低村落越多且越接近公路,即人为干扰频率和强度增加,表现为集体林随海拔降低微生物数量降低.处于江心半岛的11号样地,由于地理位置特殊,人为干扰相对较小,

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 2 不同林地土壤微生物的数量分布($\times 10^4$ 个·g^{-1}干土)

Table 2 Quantitative distribution of soil microbes in different forest soils ($\times 10^4$ind.·g^{-1} dry soil)

土样编号 Soil No	海拔高度 Elevation (m)	植被类型 Forest type	细菌 Bacteria		真菌 Fungi		放线菌 Actinomyces		微生物总数 Total microbes No.	纤维素分解菌($\times 10^3$个·g^{-1}干土)*
			数量 No.	占微生物总数 % of total microbes	数量 No.	占微生物总数 % of total microbes	数量 No.	占微生物总数 % of total microbes		
I 2	1880	常绿阔叶林	464.2	82.0	20.9	3.7	80.9	14.3	566.0	2.30
7	1990	常绿阔叶林	689.6	83.5	23.7	2.9	112.1	13.6	825.4	0.95
6	2200	常绿阔叶林	614.7	94.7	11.4	1.8	23.2	3.6	649.3	2.89
13	2410	常绿阔叶林	143.2	88.1	16.4	10.1	2.9	1.8	162.5	0.21
12	2560	针叶林	226.8	88.7	15.1	5.9	13.8	5.4	255.7	0.32
15	2830	针叶林	234.0	94.0	1.4	0.6	13.5	5.4	248.9	1.01
14	3100	高山灌丛草甸	244.5	99.3	0.6	0.2	1.1	0.5	246.2	0.54
II 3	1820	常绿阔叶林	353.3	76.9	27.2	5.9	79.2	17.2	459.7	1.43
4	1630	常绿阔叶林	332.7	75.7	12.5	2.8	94.5	21.5	439.7	1.98
5	1400	常绿阔叶林	318.4	84.5	16.8	4.5	41.4	11.0	376.6	0.66
9	1210	常绿阔叶林	262.2	75.4	8.9	2.6	76.7	22.1	347.8	1.41
10	1000	干热河谷稀树灌丛	219.6	68.1	2.6	0.8	100.4	31.1	322.6	1.26
11	760	常绿阔叶林	360.8	57.8	25.4	4.1	237.7	38.1	623.9	2.01
2(国有林)	1880	常绿阔叶林	464.2	81.6	23.9	4.2	80.9	14.2	569.0	2.3
1(参议)	1810	常绿阔叶林	493.0	84.1	28.7	4.9	64.8	11.0	586.5	7.1
3(集体林)	1820	常绿阔叶林	353.3	77.9	20.9	4.6	79.2	17.5	453.4	1.4
8(自留山)	1390	常绿阔叶林	333.8	87.6	15.3	4.0	31.9	8.4	381.0	2.3
17	1400	幼杉木纯林(5~6年)	245.8	85.6	16.9	5.9	24.6	8.6	287.3	2.2
16	1770	板栗纯林	366.8	87.4	8.2	2.0	44.6	10.6	419.6	2.8
18	1380	核桃纯林	461.5	77.4	5.8	1.0	128.6	21.6	595.9	2.8
19	1290	玉米旱地	505.7	83.8	10.1	1.7	87.7	14.5	603.5	3.8

* Cellulose-decomposing microbes($\times 10^3$·g^{-1} dry soil). 只统计细菌和真菌. Including bacteria and fungi only.

微生物数量就比较高.

4种不同土地利用类型的土壤微生物数量分布不同.植被完全砍烧后,土壤微生物状况有一个退化和恢复过程,烧后5年,土壤微生物数量已降至较低水平[4].耕作通常使条件更有利于微生物繁殖,如玉米旱地犁翻,板栗林每年都要烧毁枯落物(相当于施肥)等,这些都将改良土壤表层的结构、孔隙度、肥力等,从而有利于微生物繁殖,所以4种不同土地利用类型中,幼杉木纯林土壤微生物数量较低,其余3种都较高.

一般认为,细菌喜欢湿润,能耐受低氧水平;真菌耐干,不能耐受低氧水平;放线菌具有喜热耐旱的特性,其生长慢,参与难分解物质的分解,只有当土壤中各类微生物竞争的压力减少时才出现.由于各类微生物具有不同的生物学特性,高黎贡山各大类群微生物的分布具有各自的特点.由表2可见,自然植被细菌占微生物总数的比例大于集体林,高山灌丛草甸土壤微生物主要由细菌组成,放线菌和真菌的数量很低,这与自然植被的土壤含水量及海拔较高(表1),细菌喜湿能耐受低氧水平,而真菌不能耐受低氧水平,放线菌喜热耐旱等特性有关.集体林所处的海拔低于自然植被,由于海拔的降低和植被的破坏等原因,环境变得干热,喜热耐旱的放线菌大量繁殖,所以集体林放线菌数量较高,在微生物总数中所占比例也较大,且随海拔降低呈增大趋势.针叶林和核桃纯林的放线菌数量较高(表2),可能与针叶林凋落物中针叶及核桃林凋落物中含有保存性物质(如单宁)较难分解有关,表现出放线菌参与难分解物质分解的特性.

3.2 高黎贡山土壤微生物活性的变化

3.2.1 土壤呼吸作用强度的变化 土壤呼吸作用强度是衡量土壤微生物活性的总指标,而土壤代谢葡萄糖能力可以反映土壤的潜在生物活性,在某种程度上代表土壤降解简单碳水化合物的能力.在有机残体分解过程中,可以根据CO_2释放量来判断有机残体的分解速度和强度.

由表3可见,高黎贡山土壤呼吸作用和代谢葡萄糖能力的变化与土壤微生物数量变化一致,即自然植被随海拔降低,气温升高,土壤呼吸作用强度和代谢葡萄糖能力增强,而集体林随海拔降低,两指标均降低.这说明在高黎贡山,无论是总的生物活性强度,还是潜在的生物活性强度,都是山中部的自然植被最高,山上部的自然植被和下部的集体林都较低,且随海拔升高或降低均呈降低趋势.从大多数气候地带的温度来看,越温暖越有利于微生物群体的生物化学变化,自然植被土壤微生物活性的变化说明了这一点.而集体林由于人为活动的干扰并不遵循这一规律,集体林土壤微生物活性随海拔降低而降低,在一定程度上反映出随人为干扰强度和频率的增加,土壤微生物群体生物化学变化的速度和强度降低(降解有机残体的速度和强度降低).人的活动通过影响微生物的生长环境如土壤含水量、通气状况、有机物质等因素,从而影响土壤微

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 3　不同林地土壤微生物活性强度的变化

Table 3 Variation of microbe activities in different forest soil

土样编号 Soil No.	海拔高度 Elevation (m)	植被类型 Forest type	固氮作用 Nitrogen fixation ($mg \cdot 100g^{-1}$ dry soil)	呼吸作用 Respiration ($CO_2 \mu l \cdot g^{-1}$ dry soil$\cdot h^{-1}$)	代谢葡萄糖能力 Glucose respiration ($CO_2 \mu l \cdot g^{-1}$ dry soil$\cdot h^{-1}$)	纤维素分解强度(布条减重量) Cellulose degradation ($mg \cdot g^{-1}$)	芽孢杆菌数量 Bacillus quantity ($\cdot 10^4$ind.$\cdot g^{-1}$ dry soil)
Ⅰ 2	1880	常绿阔叶林	41	77.8	1083.5	330.9	57.1
7	1990	常绿阔叶林	34	188.5	1259.0	403.8	81.5
6	2200	常绿阔叶林	25	84.2	992.9	288.2	68.2
13	2410	常绿阔叶林	13	70.2	872.3	126.5	13.3
12	2560	针叶林	9	45.2	568.7	98.5	18.4
15	2830	针叶林	11	30.1	525.5	195.1	6.8
14	3100	高山灌丛草甸	6	32.3	477.9	149.3	14.5
Ⅱ 3	1820	常绿阔叶林	9	54.5	696.8	309.4	49.6
4	1630	常绿阔叶林	6	44.9	516.7	369.2	57.2
5	1400	常绿阔叶林	—	33.4	557.6	179.6	52.9
9	1210	常绿阔叶林	—	16.4	268.7	192.5	24.3
10	1000	干热河谷稀树灌丛	—	11.9	207.7	145.8	10.7
11	760	常绿阔叶林	—	10.9	183.2	402.5	42.3
2(国有林)	1880	常绿阔叶林	41	77.8	1083.5	330.9	57.1
1(争议)	1810	常绿阔叶林	24	71.7	855.9	414.7	45.0
3(集体林)	1820	常绿阔叶林	9	54.5	696.8	309.4	49.6
8(自留山)	1390	常绿阔叶林	—	34.4	574.4	343.3	38.4
17	1400	幼杉木纯林(5~6 年)	—	19.9	293.7	296.6	29.8
16	1770	板栗纯林	—	22.5	259.6	381.7	40.9
18	1380	核桃纯林	—	14.1	201.0	332.5	35.9
19	1290	玉米旱地	—	9.6	153.6	420.0	56.9

生物的数量及活性. 不同权属森林和不同土地利用类型的测定结果表明(表 3),从国有林→争议→集体林→自留山→幼杉木林,土壤呼吸作用和代谢葡萄糖能力明显降低,人工纯林和耕地的土壤呼吸作用和代谢葡萄糖能力都很低,说明森林权属从国有→集体→个人,私有化程度提高,人为干扰增强,土壤总生物活性及潜在生物活性强度降低,土壤降解有机残体的速度和强度降低. 土壤总的生物活性及潜在的生物活性强度,在高黎贡山东坡不同自然林和集体林. 不同权属森林和不同土地利用类型土壤中,以山底部的集体林和人工纯林及耕地最低.

3.2.2 土壤固氮作用、纤维素分解强度和芽孢杆菌数量的变化　固氮作用的测定结果表明,几乎只是自然植被下的土壤才具有明显的固氮作用,且随海拔升高而降低. 从国有林→争议→集体林→自留山,土壤固氮作用强度降低. 人工纯林和耕地土壤已测不出明显的固氮作用. 已有人研究得出,固氮数值低的原因大概是有效 C 源的缺乏,但与湿度、温度低有关. 固氮作用所得出的结果与呼吸作用及代谢葡萄糖能力的结果一致.

纤维素是组成植物组织的主要成分,纤维素分解菌对纤维素的分解作用是自然界 C 素循环的基础. 芽孢杆菌是一类具有较强氨化作用能力的菌群,其数量变化在一定程度上反映了土壤中有机氮化合物分解过程的强度. 高黎贡山不同自然植被和集体林土壤纤维素分解强度和芽孢杆菌数量的变化与固氮作用及呼吸作用的变化基本一致,也是较低海拔的自然林较高,随海拔升高或降低均呈下降趋势. 不同权属和不同土地利用类型土壤纤维素分解强度和芽孢杆菌数量的变化与土壤微生物数量的变化相一致,即从国有林→集体林→自留山→幼杉木林,纤维素分解强度及芽孢杆菌数量呈降低趋势;而不同土地利用类型两指标除幼杉木纯林较低外,其余 3 种较高,这与耕作有关.

4 结　语

在高黎贡山东坡不同自然林和集体林,不同权属森林和不同土地利用类型土壤中,土壤微生物活性强度,包括固氮能力,降解葡萄糖、纤维素、有机氮化合物的能力,以及土壤总的生物活性和潜在的生物活性的变化与土壤微生物数量的变化基本一致. 自然植被土壤微生物数量及活性随海拔降低而升高,山中部的自然植被下土壤中微生物含量丰富,物质代谢与转化较快;山顶部的自然植被下土壤中由于温度较低等原因,微生物数量少,物质代谢与转化相对较慢;而山下半部由于人为活动的干扰,植被破坏及气候干热,集体林下土壤中微生物数量及生化活性也较低,且随海拔降低,人为干扰增加,土壤中微生物含量降低,生化活性迅速下降;山底部的集体林,过份的砍伐和利用已使土壤微生物数量和活性降至较低水平,在一定程度上说明,过强的人为干扰不利于土壤微生物生长繁殖及生物化

维普资讯 http://www.cqvip.com

学变化和物质转化，国有林保护较好，土壤中微生物含量丰富，生物活性较高，物质代谢与转化较快；随着森林划归集体和个人，砍伐越来越严重，森林逐步被破坏，自留山样地中已无大树，全部是砍伐后树桩的萌生枝，土壤中微生物数量减少，生物活性下降，物质代谢与转化减慢；林地被纯林替代后，土壤微生物数量及活性迅速降低，耕作通常使条件更有利于微生物繁殖，但纯林及耕地土壤中总的和潜在的生物活性都较低，说明森林过份砍伐和利用不利于土壤微生物生长繁殖及生物化学变化和物质转化，从而影响土壤的物化状况（土壤肥力等）和森林的生产力，导致森林与土地资源退化.

参考文献

1 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

2 中国科学院生物多样性委员会 1992. 生物多样性译丛. 北京：中国科学技术出版社.

3 王献溥、刘玉凯编著 1994 生物多样性理论与实践. 北京：中国环境科学出版社.

4 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.

5 M. 亚历山大著（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.

作者简介 张 萍，女，35岁，助研，硕士，从事微生物生态学研究，已发表研究论文10余篇. E－mail：cxrui@ynu.edu.cn