

哀牢山山地黄棕壤腐殖质的研究*

徐 跃

(中国科学院昆明生态研究所)

提 要 云南哀牢山徐家坝自然保护区内,森林经不同程度的破坏后形成的各种次生植被下,土壤有机质含量均有所降低,但 H/F 值则随森林 → 灌丛 → 草地有较大幅度的增加。腐殖质聚合物分子结构中的芳构化度、分子量和芳香环的缩合度由木果石栎林、滇山杨林、毛蕨菜灌丛到沼泽草地逐渐增大,而腐殖酸分子结构上所带的亲水基侧键则按上述顺序由多到少。

关键词 山地黄棕壤 腐殖质 植被 哀牢山

实验样地选在云南省景东县的哀牢山徐家坝自然保护区。这里分布着大片保存完好的原生常绿阔叶林和多种次生植被。为弄清南亚热带山地黄棕壤腐殖质的组成和特性与植被类型的关系,在徐家坝自然保护区的山地黄棕壤上选择了5种植被类型进行研究。

一、区域自然条件

徐家坝地区为哀牢山的分水岭,是丘状起伏的高原面。平均海拔 2650 米,西侧为景东县的川河,谷深 1100 米;东侧为楚雄县的石羊江,谷深 910 米。土壤类型主要为山地黄棕壤,成土母质,多为变质岩风化物,如板岩、片麻岩、石英等。

受来自印度洋的西南季风影响,年均降雨量较大,达 1950 毫米,相对湿度 84%,年均温 11.1°C , $>10^{\circ}\text{C}$ 积温 $2997^{\circ}\text{C}^{\circ}$ 。多雨、多雾的气候特点使该地区分布着大片的原生中山湿性常绿阔叶林,又称木果石栎林。由于人为的破坏,一些森林被砍伐,烧荒或受其它的一些自然因素的影响而发生演替,形成了不同类型的次生植被和萌生矮林(图1)。

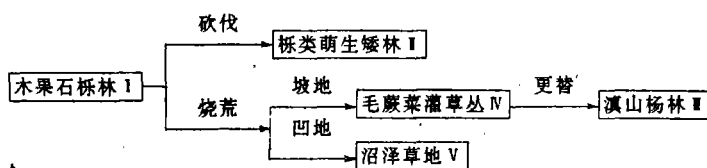


图 1 木果石栎林次生演替过程

Fig. 1 The secondary succession course of *Lithocarpus xylocarpus* forest

徐家坝地区的植被分布^[1](图2)。选择5种植被类型为研究对象,其优势植物有^[2]:

1. 木果石栎林 主要乔木有木果石栎、腾冲栲 *Castanopsis watti*、绿叶桐楠 *Machilus*

* 本文为中国科学院自然科学基金资助课题。

1) 由中国科学院昆明生态研究所气象组提供。

本文改回日期: 1991-08-23。

viridis、景东石栎 *Lithocarpus Chintungensis* 等。林下主要有箭竹 *Sinarundinaria nitida* 构成灌木层。草本层主要是多种蕨类植物,如滇西痛足蕨 *Plagiogyria communis*、疏叶蹄盖蕨 *Athyrium dissitifolium*、细梗苔草 *Carex teinogyne* 等。

2. 栎类萌生矮林 是木果石栎林被砍伐后重新萌生起来的矮树林。其中灌木层和草本层基本上全部消失,生境发生了较大的变化。

3. 滇山杨林 主要由滇山杨 *Populus bonatii*、毛蕨菜 *Pteridium revolutum* 和景东石栎构成。

4. 毛蕨菜灌草丛 主要由毛蕨菜、玉山竹 *Yushania nittatayamensis*、厚皮香 *Ternstroemia gymnanthera*、地檀香 *Gaultheria forrestii*、马樱花 *Rhododendron delavayi* 等构成。

5. 沼泽草地 主要由灯芯草 *Juncus effusus*、矮灯芯草 *Juncus minimus*、葱状灯芯草 *Juncus concinnus*、海仙报春 *Primula poissoni*、金丝梅 *H. patulum* 等构成。

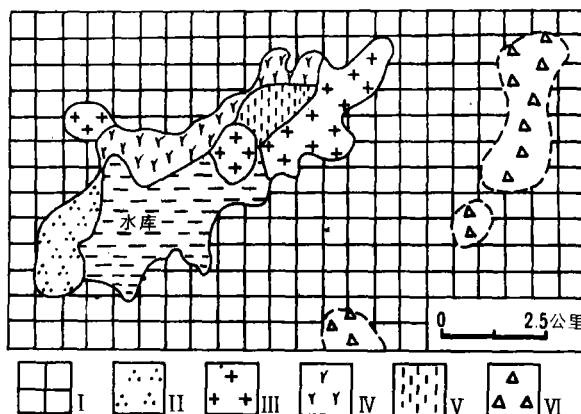


图2 哀牢山徐家坝地区的植被分布

Fig. 2 The vegetation distribution in Xujiaba region of Ailao Mountain

I. 木果石栎林; II. 栎类萌生矮林; III. 滇山杨林;
IV. 毛蕨菜灌草丛; V. 沼泽草地; VI. 苔藓矮林

二、研究方法

在不同的植被类型上选择有代表性的土壤剖面分别采集淋溶层(A层)和积聚层

(B层)作待测样品,经风干粉碎后选用电位法测定pH值、丘林法测土壤有机质含量,全氮用半微量凯氏法测定,土壤腐殖质的分组用焦磷酸钠-重铬酸钾法^[3],胡敏酸的光密度值和絮凝极限均采用科诺诺娃法(文后孝)^[4]测出。

(一) 土壤腐殖质的组成

哀牢山徐家坝地区不同植被下山地黄棕壤腐殖质的组成情况(表1),淋溶层土壤腐殖质的组成受植被类型的影响较大而有一定的变化规律(图3)。随着森林破坏程度的加剧,从木果石栎林、栎类萌生矮林、毛蕨菜灌草丛到滇山杨林

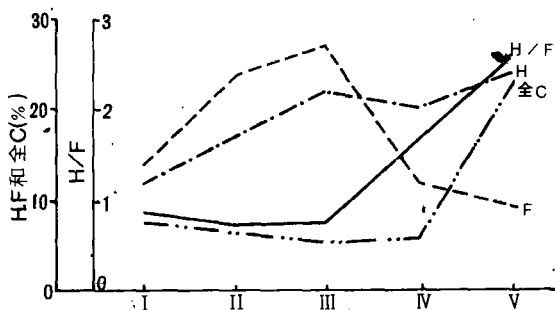


图3 山地黄棕壤腐殖质组成与植被类型的关系

Fig. 3 The relationship between the humus composition in mountain yellow-brown earth and the vegetation types

土壤有机质含量由 12.79—9.65% 逐渐降低,但沼泽草地由于所处的位置较低,每年都有相当数量的有机物质从附近的山丘上冲刷下来聚集在这里,具有一定的特殊性,所以相比之下它的有机质含量极高(达39.39%),几乎为木果石栎林的三倍。从土壤腐殖酸的含量来看,木果石栎林最低。相反,它的腐殖质残渣碳含量却最高,这说明阴冷潮湿的森林限制了土壤微生物的活动,森林地表的枯落物只有一小部分被微生物分解为腐殖酸,而多数还处于粗腐殖质状态。当森林被砍伐并演替形成了各种次生植被之后,温度增高,增加了微生物的活动强度,所以各种次生植被下土壤有机物被分解的数量增多,相应残留的粗腐殖质残渣较少。

表 1 不同植被下山地黄棕壤腐殖质的组成及胡敏酸的絮凝极限

Table 1 The humus composition and flocculation limit of humic acid in mountain yellow-brown earth the different vegetation

植被类型	木果石栎林		栎类萌生矮林		滇山杨林		毛蕨菜灌草丛		沼泽草地	
编号	I		II		III		IV		V	
层次	A	AB	A	B	A	B	A	B	A	AB
采样深度(厘米)	2—20	20—50	0—10	10—28	0—45	45—72	0—9	9—85	0—33	33—54
pH 值(INHCl)	3.50	3.85	3.80	4.30	3.75	3.75	3.25	3.70	—	—
有机质(O.S,%)	12.79	7.69	10.86	4.65	9.65	8.50	10.69	2.28	39.39	12.36
腐殖酸碳(O.S,%)	1.91	1.30	2.63	1.68	2.75	2.19	2.00	0.35	7.68	3.32
胡敏酸碳(O.S,%)	0.90	0.65	1.13	0.34	1.23	0.69	1.26	0.18	5.58	2.32
富里酸碳(O.S,%)	1.01	0.65	1.50	1.34	1.52	1.50	0.74	0.17	2.10	1.00
残渣碳(O.S,%)	5.51	3.34	3.67	1.02	2.85	2.74	4.20	0.97	15.20	3.85
H/F	0.89	1.00	0.75	0.25	0.81	0.46	1.70	1.06	2.65	2.32
全 氮(O.S,%)	0.59	0.17	0.41	0.17	0.40	0.35	0.46	0.20	0.73	0.11
C/N	12.53	27.78	15.36	15.51	14.00	14.21	13.48	6.60	31.52	66.39
开始絮凝(小时)	1	1	1	1	1	1	1	立即	1	立即
CaCl ₂ (毫克当量)	4	6	6	6	14	6	4	4	6	4
完全絮凝(小时)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
CaCl ₂ (毫克当量)	16	14	16	12	20	12	14	10	12	10

注:O.S,占土重%。

图 2 中还可看出,木果石栎、栎类萌生矮林和滇山杨林的胡敏酸与富里酸之比 H/F 值相差不大,但毛蕨菜灌草丛和沼泽草地的 H/F 值则有较大幅度增加。表明从森林 → 灌丛 → 草地,随着植被的变化,土壤腐殖质的组成会发生较大的变化。 H/F 值有明显增加趋势。

土壤胡敏酸与富里酸的相对变化(图 4)同样由于次生植被下土壤微生物的活动较强,反映在土壤腐殖质被分解为后期的胡敏酸数量相对增高。而土壤富里酸的含量变化则分为两组:一组是滇山杨林和栎类萌生矮林,它们的富里酸含量明显增大;另一组是毛蕨菜灌草丛和沼泽草地,富里酸含量有所降低。由此可见,当森林植被被植物取代后,土壤胡敏酸含量均有所增加,而富里酸含量的变化则与取代植物的类型有关。一般来说,乔木植物要大于草本植物。

(二)土壤腐殖质的物理化学性质

根据科诺诺娃^[5]的结论,我们得出哀牢山 5 种植被类型下山地黄棕壤胡敏酸的光密度值(表 2)是由木果石栎林、滇山杨林、毛蕨菜灌草丛到沼泽草地,除栎类萌生的矮林较特殊之外,光密度 E_{465} 值逐渐增大,表现为光密度曲线(图 5)的位置逐渐抬升,相应的 E_{4}/E_{6} 比值随之减小。这表明随着植物种群的变化,草本植物在整个植物群落中所占比例

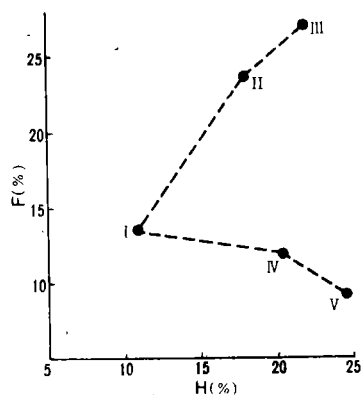


图 4 不同植被下山地黄棕壤胡敏酸与富里酸的变化

Fig. 4 Changes of humic and fulvic acid content in mountain yellow-brown earth under different vegetation types of Ailao Mountain

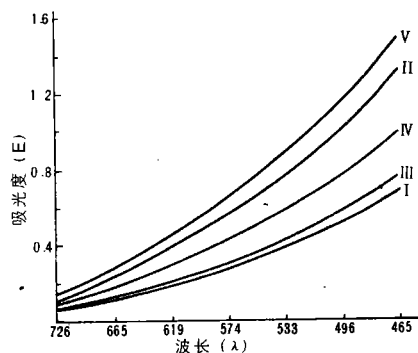


图 5 不同植被下山地黄棕壤胡敏酸的光密度曲线

Fig. 5 The optical density curves of humic acid in mountain yellow-brown earth under different vegetation types of Ailao Mountain

的增加,土壤腐殖质聚合物分子结构的芳构化度会逐渐提高,腐殖酸的分子量和芳香环的缩合度也有增大的趋势。

表 2 哀牢山不同植被下山地黄棕壤胡敏酸的光学特征

Table 2 The optical property of humic acid in mountain yellow-brown earth under the different vegetation types of Ailao Mountain

编 号	层 次	采样深度 (厘 米)	植 被 名 称	波 长 (毫 微 米)		$\frac{E_4}{E_6}$
				465	619	
I	A	2—20	木果石栎林	0.69	0.200	3.45
	AB	20—50		1.23	0.320	3.84
II	A	0—10	栎类萌生矮林	1.32	0.375	3.52
	B	10—28		1.28	0.365	3.56
III	A	0—45	滇山杨林	0.74	0.216	3.42
	B	45—72		1.40	0.400	3.50
IV	A	6—0	毛蕨菜灌草丛	1.00	0.320	3.12
	B	9—85		0.80	0.234	3.41
V	A	0—33	沼泽草地	1.50	0.450	3.33
	AB	33—54		0.98	0.305	3.21

在淋溶层土壤中,胡敏酸的絮凝极限值(见表 1)也随着植被类型的改变而有所变化。其中滇山杨林最大,木果石栎林和栎类萌生矮林次之,毛蕨菜灌草丛和沼泽草地最低。这个结果也证实了土壤腐殖酸分子上所带亲水基的脂肪族侧链由多到少,缩合度逐渐增大的结论。在积聚层土壤中,胡敏酸的絮凝极限值相对较稳定,仅在 12—14 毫克当量的 CaCl_2 之间变化,并且都小于淋溶层土壤。这表明植被类型的不同对积聚层土壤腐殖酸分子的化学结构影响较小。

(三) 土壤腐殖质组成的分布

从我国几个地区的地带性黄棕壤和非地带性黄棕壤的腐殖质组成情况(表 4), 可以看出哀牢山的山地黄棕壤中胡敏酸和富里酸含量分别为 12% 和 14%, 均低于参与比较的其他地区的同类土壤, 但它的 H/F 比值却相对较高。在我国从纬度较高的南京紫金山(吴志华)^[6]经安徽黄山, 江西井冈山到低纬度的云南哀牢山, 除江苏铜官山的生草黄棕壤的 H/F 比值(0.71), 由于植被类型的影响而较高外, 随着纬度的降低, 土壤腐殖质组成的 H/F 比值逐渐增大。这表明土壤腐殖质聚合物分子结构的芳构化度有由北到南逐渐增加的趋势。经回归分析计算后得出土壤胡敏酸与富里酸之比 H/F 值与纬度(N)成显著($P < 0.05$)的负相关关系, 并服从指数方程。若令 $H/F = R$, 则所得方程式如下:

$$\hat{R} = 3.679e^{-0.059N}, \quad r = -0.8938,$$

式中 $\hat{R}$ 为 H/F 比的拟合值。

表 3 我国一些地区的山地黄棕壤腐殖质组成情况

Table 3 The humus composition of mountain yellow-brown earth in some mountainous regions in China

地 点	纬 度 (N)	海 拔 (米)	植 被	采样深度 (厘米)	全 碳 (占土重%)	胡敏酸 (占全碳%)	富里酸 (占全碳%)	H/F	作 者
南京紫金山	32°03'	约 200	栎树林	0—8	4.09	15.80	26.40	0.58	吴志华 (1964)
				8—26	1.01	21.80	47.60	0.46	
江苏铜官山	31°22'	521	草丛灌木	0—28	4.67	20.22	28.48	0.71	丁瑞兴 (1985)
				28—42	2.65	16.98	29.81	0.57	
安 徽 黄 山	30°20'	1380	落叶阔叶林 —针叶林	2—13	6.91	15.22	24.75	0.61	
江西井冈山	26°31'	1310	矮林草丛	0—12	6.32	15.98	23.73	0.67	
云南哀牢山	24°32'	2460	木果石栎林	2—20	7.42	12.10	13.60	0.89	徐 跃 (1986)
				20—50	4.64	14.00	14.00	1.00	

可见, 处于不同气候带上的相同土壤类型的土壤腐殖质组成有较大差别, 但其中也有一些规律可循。通过建立回归方程, 可将丁瑞兴^[7]得出的土壤腐殖质的组成也能反映同一土壤类型逐渐过渡的地理分布规律, 随着水热条件的变异和植被组成的某些差异, 土壤腐殖质的组成也随山体的地理位置而变化。这个结论进一步数量化和公式化, 也可能给今后的土壤分类工作提供一些对比依据。

参 考 文 献

- [1] 游承侠, 1982, 云南哀牢山森林生态系统研究, 云南科技出版社, 第 74—117 页。
- [2] 吴征益主编, 1987, 云南植被, 科学出版社, 第 275—336 页。
- [3] 中国科学院南京土壤研究所主编, 1978, 土壤理化分析, 上海科学出版社, 第 136—141 页。

- [4] 文启孝等, 1984, 土壤有机质研究法, 农业出版社, 第 91—110 页。
[5] 科诺诺, M. M. (周礼恺 译), 1966, 土壤有机质, 科学出版社, 第 104—117 页。
[6] 吴志华, 1964, 南京紫金山林地与耕地腐殖质组成的研究, 土壤学报, (3) 第 242—244 页。
[7] 丁瑞兴, 1985, 我国东部地区棕壤及黄棕壤腐殖质组成和性质, 土壤通报, (6), 第 258—260 页。

A STUDY ON THE HUMUS IN MOUNTAIN YELLOW-BROWN EARTH OF AILAO MOUNTAIN IN YUNNAN PROVINCE

Xu Yue

(*Kunming Institute of Ecology, Chinese Academy of Sciences*)

Abstract

A study was carried out on the humus in mountain yellow-brown earth of primeval evergreen forest and in different secondary vegetations in Xujiaba Natural Reserve of Ailao Mountain. The results shows that the content of organic matter, the composition and nature of soil humus and the molecular structure of humic acid formed after destruction in different levels will change to a certain extent.

After the destruction to the forest, the content of earth organic matter decreases, but the H/F ratio increases rather greatly from forest—shrub—sward. The degree of aromatization, the molecular weight and the condensation of aromatic nucleus in polymer molecular structure of earth humus also increases gradually from *Lithocarpus xylocarpus* forest to *Populus bonatii* wood to *Pteridium revolutus* thicket to swamp meadow while the hydrophilic side-bond on humus molecular structure decreases according to the same order as above.

From the comparison between the humus composition of mountain yellow-brown earth in Ailao Mountain and the same type of earth in other areas of China, The H/F ratio (or R) of earth humus is in minus correlation ($P < 0.05$) with the latitude (N), and obeys the exponential regression, with the formula as follow

$$\hat{R} = 3.679e^{-0.059N}, \quad r = -0.8938.$$

Key words mountain yellow-brown earth, humus, vegetation, Ailao Mountain, Yunnan Province