

卧龙自然保护区森林土壤有机质的研究

杨承栋 张万儒

(中国林业科学院林业研究所)

摘 要

研究了四川卧龙自然保护区不同海拔高度的五种植被(常绿阔叶林、落叶阔叶林、针阔混交林、暗针叶林和高山草甸)下的土壤中有有机质的含量、组成和性质。主要结果如下。

1. 各土壤虽然生物气候条件差异悬殊,但其腐殖质均属于富里酸型。
2. 落叶阔叶林、针阔混交林和暗针叶林下的粗腐殖质也属于富里酸型;红外和紫外光谱说明,它们和“成熟的”腐殖酸有明显的不同。
3. 土壤有机质含量与土壤物理性质和速效性养分含量有密切的关系。

土壤有机质是土壤、植物间物质交换的主要环节,它的状况在一定程度上反映了土壤形成过程和肥力水平。卧龙自然保护区是我国保存完好的天然林区之一。为了解该区土壤的肥力状况、探索提高森林土壤生产力的途径,我们研究了该区主要土壤的有机质的组成和性质,并探讨了有机质含量与其它一些肥力因素的关系。本文报道这方面的研究成果。

样品和方法

土壤样品除山地黄壤之外,其余山地棕壤、山地暗棕壤、山地棕色暗针叶林土和高山草甸土等均采自四川省卧龙自然保护区;山地黄壤采自四川青城山。它们分别代表了区内五个垂直带的土壤。山地黄壤为常绿阔叶林带的土壤。该带海拔高度 1000—1500 米,属亚热带气候,主要树种有石砾 (*Lithocarpus cleistocarpus*)、油樟 (*Cinnamomum longepaniculata*)、白楠 (*Phoebe neurantha*)、青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca*)、珙桐 (*Davidia involucrata*) 等。山地棕壤为落叶阔叶林带的土壤。该带海拔高度 1800—2100 米具有暖温带气候特征,主要树种有多毛槲 (*Tilia intonsa*)、稠李 (*Prunus spp.*)、槭 (*Acer spp.*) 等。山地暗棕壤为针阔混交林带的土壤。该带海拔高度 2100—2600 米,具有温带气候特征,主要树种有铁杉 (*Tsuga chinensis*)、云南铁杉 (*Tsuga yunnanensis*)、麦吊杉 (*Picea brachytyla*)、红桦 (*Betula albo-sinensis*)、扇叶槭 (*Acer flabellatum*)、五尖槭 (*Acer maximowiczii*) 等。山地棕色暗针叶林土为暗针叶林带的土壤。该带海拔高度 2600—3600 米,具寒温带气候特征,树种以岷江冷杉 (*Abies faxoniana*) 为主,灌木有杜鹃 (*Rhododendron spp.*)、箭竹 (*Sinarundinaria spp.*) 等。高山草甸土为高山草甸带的土壤。该带海拔高度 3900—4300 米,具亚寒带气候特征,主要草本植物有圆穗蓼 (*Polygonum sphaerostachyum*)、金缘绿纯蒿 (*Meeonopsis integrifolia*)、羊茅 (*Festuca japonica*) 等。各土壤的成土条件和分布规律等详见另文^[1]。

土壤有机质、全氮、速效养分和交换性阳离子等用常规法测定^[4]。土壤容重、最大持水量、孔隙度等用环刀法^[2]。

腐殖质组成用 Кононова 简化法^[3]。胡敏酸、富里酸的提取和纯化按 Griffith 等采用的方法^[3]。粗腐殖质和胡敏酸、富里酸的红外光谱图在 P-E599B 型红外分光光度计上测定,用 KBr 压片扫描。紫外光谱图在 PERIN-ELMER 554 型分光光度计上测定,以无离子水作为溶解胡敏酸和富里酸的溶剂,溶液浓度为 1%,胡敏酸和富里酸分子量用凝胶过滤法测定,以蛋白质作基准。粗腐殖质的高压液相色谱图在 Waters 244 型高速液相色谱仪上测定。

高速液相色谱仪的工作条件是:柱为 M-Bondapak phenyl (0.4×30cm);流动相为 CH₃CN-THF-H₂O (5:2:3);流速为 1.0ml/min;压力为 1000psi;检测器为 UV254nm×0.1 AuF₈。

凝胶过滤工作条件是:柱为 Protein Analysis Columu 1—125 (0.78×30cm);流动相为 0.05 M NaH₂PO₄/Na₂HPO₄, pH7.0;流速为 2.0ml/min;检测器为 UV 280nm×0.1 AuF₈。

结果和讨论

(一) 土壤有机质含量和腐殖质组成

各土壤均有分解程度不等的有机质层。有机质层下土层中的有机质含量虽均急剧减少,但即便 100cm 以下,其含量仍在 1.4% 以上,故各土壤 0—100cm 土层中的有机质储量均较高,其中又以山地暗棕壤为最高。A 层中的有机质含量则随海拔高度而明显增高,山地黄壤最低,为 5.6%,依次为山地棕壤、山地暗棕壤、山地棕色暗针叶林土、高山草甸土最高,达 15.3% (表 1)。

各土壤虽然植被和气候条件迥异,但不仅 A 层和 B 层,且 A_T 层的腐殖质中均以富里酸为主体,胡敏酸/富里酸比值均在 0.33 以下。根据 Гришина 等的分级标准^[6],这些腐殖质的腐殖化程度均弱或很弱,属于富里酸型。这和已有的资料大体上是一致的。已有的资料表明,高山温度低,不利于胡敏酸的形成和芳构度的提高,山地森林下的土壤,其腐殖质更多属富里酸型。A_T 层中腐殖质属富里酸型和胡敏酸/富里酸的比值随剖面而降低的事实表明,心土和底土中的有机质可能主要是由 A₀, A_T 及上部土层中淋溶而来。

(二) 土壤粗腐殖质和腐殖酸的性质

图 1 为山地棕壤、山地暗棕壤和山地棕色暗针叶林的 A_T 或 A_{OT} 层的粗腐殖质未经任何化学处理的红外光谱图;图 2,3 分别为这些粗腐殖质中分离出的胡敏酸、富里酸的红外光谱图。由图 1 可见,三种土壤的粗腐殖质的红外光谱图基本相似,它们在 3400cm⁻¹ (各种带氢键的羟基振动和吸湿水)、2930 和 2860cm⁻¹ (脂肪族 C—H 伸缩振动)、2340cm⁻¹

(HCO₃, Si—H 伸缩振动) 1620cm⁻¹ (芳香族 C=C 振动、酰胺—C $\begin{matrix} \text{O} \\ \diagup \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$ 中 NH₂ 变形振

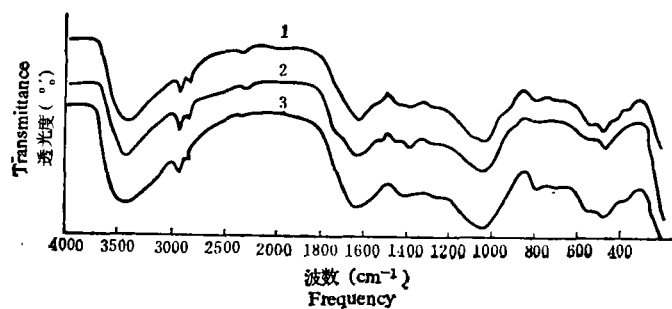
动, R—C $\begin{matrix} \text{O} \\ \diagup \\ \text{O} \end{matrix}$ 的不对称伸缩振动)、1400cm⁻¹ (羧根的对称伸缩振动和酚羟基的变形振

动)、1030cm⁻¹ (多糖或多糖类似物的 C—O 伸缩振动和 Si—O 伸缩振动) 均有强烈的吸收,此外,在 1720cm⁻¹ (羧基和酮基中 C=O 的伸缩振动) 处也有较弱的吸收。这说明,三种土壤的粗腐殖质具有相似的化学组分。高压液体色谱的研究似乎也支持这一点 (图 4, 5, 6)。

各粗腐殖质中胡敏酸的红外光谱 (图 2) 彼此间也没有明显的差别。它们与粗腐殖质

表 1 不同植被下土壤有机质的组成
Table 1 Humus composition of soils under different vegetations

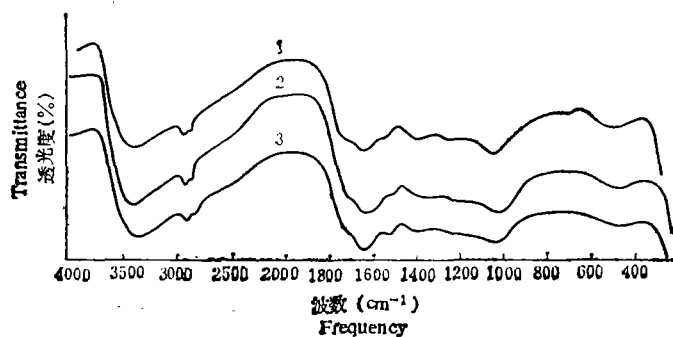
土壤类型 Soil type	层次 Horizon	深度 (cm) Depth	有机质(%) Organic matter	N(%) Total N	C/N	占有机质总量的% % of total C		
						胡敏酸 Humic acid	富里酸 Fulvic acid	HA/FA
高山草甸 Alpine meadow soil	As	0-15	33.4	0.987	19.6			
	A	15-28	15.3	0.760	11.6	6.4	28.4	0.23
	B	28-75	1.76	0.111	9.19	3.5	40.0	0.09
	C	75-140	1.42	0.101	8.20			
山地棕色阔叶林土 Mountain dark brown coniferous forest soil	A ₀	0-8	90.6	1.55	33.9			
	A ₁	8-15	54.8	1.79	16.0	3.5	25.9	0.14
	A	15-45	12.8	0.51	14.5	7.9	42.0	0.19
	B	45-70	3.92	0.21	10.8	8.0	41.9	0.19
	C	70-90	3.35	0.19	10.2			
山地暗棕壤 Mountain dark brown forest soil	A ₀	0-6	87.9	1.08	47.2			
	A ₀ T	6-12	79.3	1.58	29.1			
	A ₁	12-20	83.8	1.75	27.8	8.3	21.6	0.38
	A	20-45	8.23	0.35	13.6	11.0	32.3	0.34
	B	45-80	5.25	0.25	12.1	7.0	39.7	0.18
C	80-120	1.61	0.06	15.6				
山地棕壤 Mountain brown forest soil	A ₀	0-5	68.2	1.49	26.6			
	A ₀ T	5-7	67.4	1.81	21.6	3.8	12.6	0.30
	A ₁	7-25	6.59	0.38	10.1	8.4	26.4	0.32
	AB	25-65	4.07	0.29	8.2	10.1	30.5	0.33
	B	65-90	2.94	0.17	10.0	7.2	33.5	0.22
C	90-140	1.81	0.11	9.8				
山地黄壤 Mountain yellow earth	A ₀	0-6	81.2	1.40	33.6			
	A ₁	6-15	5.60	0.24	13.5	5.8	25.9	0.22
	AB	15-45	3.85	0.18	12.4	5.6	38.6	0.17
	B	45-90	2.82	0.14	11.7	4.8	34.8	0.14
	C	90-120	1.80	0.11	9.6			



1. 山地棕色暗针叶林土 A_T 层
 A_T horizon of mountain dark brown coniferous forest soil under rhododendron-fir forests
2. 山地暗棕壤 A_T 层
 A_T horizon of mountain dark brown forest soil under coniferous broadleaf mixed forests
3. 山地棕壤 A_{0T} 层
 A_{0T} horizon of mountain brown forest soil under deciduous broad-leaf forest

图 1 不同植被下的几种土壤的粗腐殖质的红外光谱图

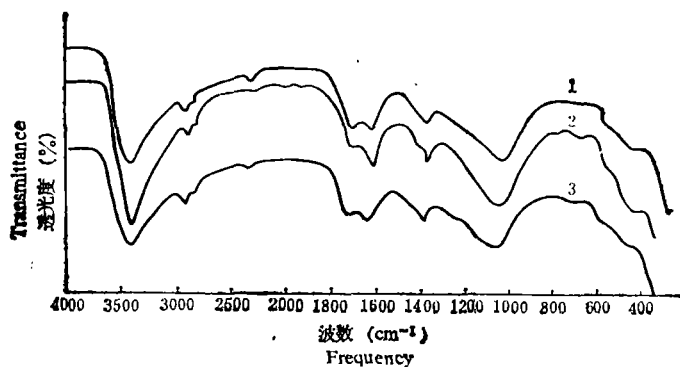
Fig. 1 IR spectra of raw humus in three soils



注: 1, 2, 3 同图 1

图 2 胡敏酸的红外光谱图

Fig. 2 IR spectra of humic acids in the three soils



1. 杜鹃冷杉林下 A_T 层; 2. 针阔混交林下 A_T 层; 3. 落叶阔叶林下 A_{0T} 层。

图 3 富里酸红外光谱图

Fig. 3 IR spectra of fulvic acids in the three soils

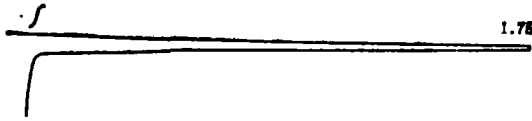


图 4 杜鹃冷杉林下 A_T 层样品用 0.5N NaOH 提取的腐殖质溶液高压液相色谱图
 Fig. 4 High pressure liquid chromatogram of humus solution extracted from A_T horizon of mountain dark brown coniferous forest soil with 0.5N NaOH solution

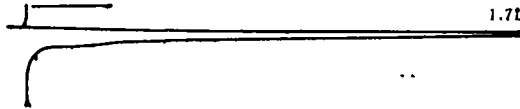


图 5 针阔混交林下 A_T 层样品用 0.5N NaOH 溶液提取的腐殖质溶液高压液相色谱图
 Fig. 5 High pressure liquid chromatogram of humus solution extracted from A_T horizon of mountain dart brown forest soil with 0.5N NaOH solution

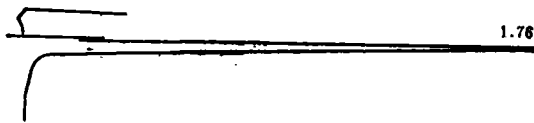
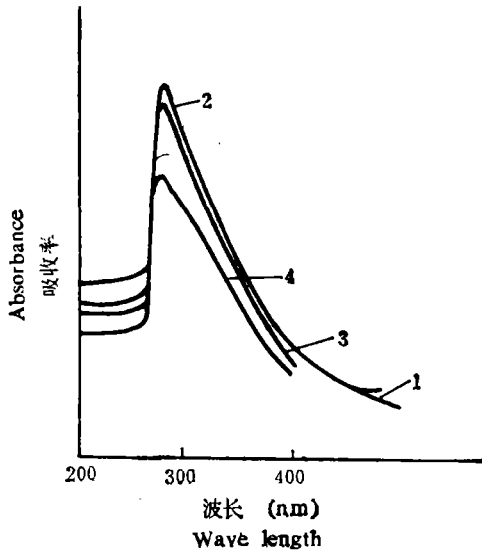


图 6 落叶阔叶林下 A_{0T} 层样品用 0.5N NaOH 提取的腐殖质溶液高压液相色谱图
 Fig. 6 High pressure liquid chromatogram of humus solution extracted from A_{0T} horizon of mountain brown forest soil with 0.5N NaOH solution

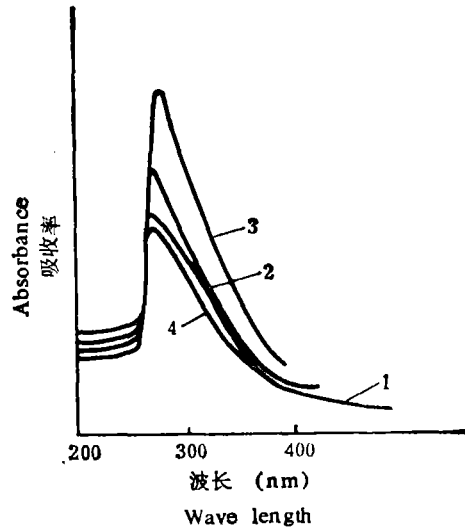


1. 81-川-02 A_S 层 (A_S horizon) 2. 81-川-04 A_T 层 (A_T horizon)
 3. 81-川-06 A_T 层 (A_T horizon) 4. 81-川-07 A_{0T} 层 (A_{0T} horizon)

图 7 胡敏酸的紫外光谱图

Fig. 7 Ultraviolet spectra of humic acids

不同的是 1720cm^{-1} , 1550cm^{-1} 处的峰较明显, 但观察不到 2340cm^{-1} 处的吸收极弱至无, 同时 1030cm^{-1} 处的吸收峰也较弱。各富里酸的红外光谱表明 (图 3), 它们的羧基 (1720cm^{-1} 和 1400cm^{-1}) 远较胡敏酸多, 同时它们的多糖 (2930cm^{-1} 和 1030cm^{-1}) 也远较一般土



1. 81-川-02 As 层 (As horizon) 2. 81-川-04 A_T 层 (A_T horizon)
3. 81-川-06 A_T 层 (A_T horizon) 4. 81-川-07 A_{OT} 层 (A_{OT} horizon)

图 8 富里酸的紫外光谱图

Fig. 8 Ultraviolet spectra of fulvic acids

壤中的富里酸多。

1620cm⁻¹ 吸收峰常被作为存在芳香族结构的证据。供试各样品中 1620cm⁻¹ 峰的存在表明它们中有较多的芳香族结构。紫外光谱也提供了这方面的证据(图 7,8)。各胡敏酸、富里酸的紫外光谱均在 272—276nm 处出现最大吸收。根据紫外光谱和富里酸的红外光谱,粗腐殖质层中的腐殖酸都是一些新形成的产物,其腐殖化程度都较低。

用凝胶过滤法测得山地棕壤、山地暗棕壤和山地棕色暗针叶林土 A_T 或 A_{OT} 层胡敏酸的分子量依次为 2229, 13272 和 12097, 相应的富里酸的分子量依次为 8950, 10369 和 6601。众所周知,腐殖酸的分子量因测定方法和条件不同而差异很大,因而很难将上述结果与用不同方法测得的腐殖酸分子量结果进行比较。但与文献中用同类方法得到的结果比较,粗腐殖质中胡敏酸的分子量似较一般土壤胡敏酸为小,而富里酸的分子量则明显地较一般土壤富里酸为大。此外,已有的材料表明,胡敏酸的分子量一般较富里酸为大,同一土层中两种腐殖酸比较时,更总是如此。但山地棕壤 A_{OT} 层中胡敏酸的分子量却明显地低于该层中的富里酸。A_T (或 A_{OT}) 层中腐殖酸分子量方面的这些特点是否是由于它们是新形成的腐殖酸,因而与一般“成熟的”腐殖酸有明显的不同,或者是其它原因所致,目前还不清楚,还有待进一步的研究。

(三) 土壤有机质与土壤物理性质的关系

表 2 中列出了各土壤的性质。由表可见,各土壤不但 A 层,而且 B 层都具有较好的物理性质: 除个别外,非毛管孔隙都在 15% 以上; A 层中大于 0.25mm 的水稳性团聚体大多较 B 层多。

土壤有机质通过对土壤团聚体形成的影响而影响土壤容重和最大持水量。相关分析表明,土壤容重和最大持水量与土壤有机质含量均达到极显著相关, *r* 值分别为 -0.76**

表 2 不同植被下的土壤的物理性质
Table 2 Physical properties of the soils under different vegetations

标本号 Sample number	层次 Horizon	深度 (cm) Depth	有机质(%) Organic matter	最大持水量 (%) Maximum water holding capacity	非毛管孔隙度 (V%) Non-capillary porosity	总孔隙度 (V%) Total porosity	容重 (g/cm ³) Bulk density	水稳性团聚体占土重百分率(粒径: mm) Water-stable aggregates % of total soil wt.					
								>5	5-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	>0.25
81-川-02	A	5-20	15.3	98.7	19.2	67.1	0.68	19.5	9.09	5.51	9.83	0.11	44.04
	B	20-45	1.76	37.0	10.8	71.7	1.39	3.24	0.84	2.86	3.64	3.04	13.44
	C	45-90	1.42	35.1	10.0	70.8	1.43	—	—	—	—	—	—
81-川-04	A	15-45	12.8	163.8	24.4	83.5	—	22.26	16.21	5.5	8.16	0.88	53.01
	B	45-90	3.92	45.2	23.7	55.2	1.22	8.60	8.73	4.57	11.28	2.94	35.75
81-川-06	A	20-45	8.23	65.9	29.3	61.3	0.93	6.55	12.4	3.51	8.87	0.95	32.28
	B	45-80	5.25	31.8	19.4	47.7	1.50	13.46	5.95	3.07	6.25	2.12	30.85
81-川-07	A ₁	7-25	6.59	100.2	16.4	74.2	0.74	30.97	20.4	6.84	6.59	1.37	66.17
	AB	25-65	4.07	80.5	14.0	72.3	0.90	50.39	10.3	3.49	6.59	—	70.74
	B	65-90	2.94	59.3	14.8	62.3	1.05	41	8.23	5.12	7.62	2.94	64.91
	C	90-140	1.84	48.7	5.0	58.9	1.21	—	—	—	—	—	—
81-川-09	A ₁	6-15	5.60	72.6	20.3	73.3	1.01	37.8	8.87	4.11	8.62	1.64	61.11
	AB	15-45	3.85	80.7	22.2	74.2	0.92	15.58	10.4	5.90	19.50	3.60	54.98
	B	45-90	2.82	58.0	21.2	66.4	1.15	1.88	4.95	4.03	19.8	6.66	37.32

表 3 不同植被下的土壤交换性阳离子和速效养分含量
Table 3 Exchangeable cations and available nutrients in soils under different vegetations

样本号和土壤类型 Sample number and soil type	层次 Horizon	深度 (cm) Depth	pH		速效磷 (mg/100g soil) Available P	速效钾 (mg/100g soil) Available K	水解氮 (mg/100g soil) Available N	土壤交换性盐基 (meq/100g soil) Exchangeable bases of soil				交换性盐基总量 (meq/100g soil) Total of exchangeable bases
			H ₂ O	KCl				K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	
81-11-02 高山草甸土 Alpine meadow soil	A _s	0-15	6.40	5.78	29.0	72.0	83.9	2.2	3.3	30.0	5.2	40.7
	A	15-28	5.85	4.95	39.3	26.0	73.3	0.9	1.9	18.0	2.5	23.3
	B	28-75	6.62	5.73	9.3	4.54	8.66	0.2	0.7	5.5	0.5	6.9
	C	75-140	6.25	5.09	17.7	2.53	7.63	0.2	0.6	3.2	0.3	4.3
81-11-04 山地棕色踏 针叶林土 Mountain dark brown coniferous forest soil	A ₀	0-8	5.70	4.60	34.6	130.0	76.3	3.7	4.0	59.9	7.4	75.0
	A _T	8-15	5.35	4.55	15.2	68.7	72.5	1.9	3.2	47.5	5.6	58.2
	A	15-45	6.98	6.98	0.80	4.79	29.2	0.3	3.5	50.0	0.9	54.7
	B	45-70	7.75	7.40	0.21	2.06	14.2	0.4	7.9	12.6	1.6	22.5
	C	70-90	7.80	7.31	0.20	3.57	12.6	0.3	7.2	11.4	1.5	20.4
81-11-06 山地棕壤 Mountain dark brown forest soil	A ₀	0-6	5.60	5.00	—	161.0	58.2	5.1	3.6	62.9	16.4	88.0
	A _{0T}	6-12	4.62	3.80	28.5	107.0	93.6	2.9	4.5	53.8	9.3	70.5
	A ₁	12-20	4.70	3.72	23.2	104.0	92.2	2.9	4.2	42.1	8.8	58.0
	A	20-45	6.40	5.10	2.08	5.73	26.8	0.2	1.3	20.6	2.5	24.6
	B	45-80	6.78	5.48	0.39	6.69	19.5	0.2	1.5	20.5	2.9	25.1
	C	80-120	7.20	6.20	—	2.52	4.85	0.1	1.0	7.2	1.1	9.4
81-11-07 山地棕壤 Mountain brown forest soil	A ₀	0-5	6.50	6.00	—	166.0	71.1	5.4	5.1	84.4	25.5	120.4
	A _{0T}	5-7	6.30	5.65	44.4	137.0	93.6	3.8	6.7	100.71	17.1	128.3
	A ₁	7-25	5.30	4.10	2.06	72.2	39.7	0.9	1.0	5.5	1.2	8.6
	A	25-65	5.30	3.90	2.32	9.28	29.0	0.3	7.1	4.4	0.4	12.2
	B	65-90	5.30	3.85	0.63	6.12	17.2	0.2	0.9	4.4	0.5	6.0
	C	90-140	5.55	3.82	0.76	7.69	10.6	0.3	0.7	3.0	0.4	4.4
81-11-09 山地黄壤 Mountain yellow earth	A _c	0-6	5.80	5.30	—	79.4	62.4	2.8	3.3	49.9	28.2	84.2
	A ₁	6-15	4.50	3.50	3.64	7.81	25.0	0.2	0.8	2.2	0.9	4.1
	AB	15-45	4.40	3.48	1.45	7.07	18.7	0.2	0.6	1.0	0.5	2.3
	B	45-90	4.52	3.60	1.43	5.73	14.3	0.2	0.4	0.8	0.6	2.0
	C	90-120	4.60	3.60	1.03	9.30	10.6	0.3	0.4	1.5	2.4	4.5

注: 1. 对 A₀ 层和 A_T 层, 则是盐溶性阳离子; 2. 提取交换性阳离子所用浸提剂是稀盐酸。

和 0.75**, 回归方程分别为 $\hat{y} = 1.34 - 0.00535x$ 和 $\hat{y} = 35.53 + 6.29x$ 。

(四) 土壤有机质与养分含量的关系

各土壤的速效性养分含量列于表 3。各土壤由于成土母质等的不同, 速效性磷、钾以及代换性 (或 NH_4Ac 溶液) Ca^{++} 、 Mg^{++} 的含量差别较大。山地棕色暗针叶林土 B, C 层中速效磷、钾的含量就较低, 前者仅 2ppm P 左右, 后者仅在 20—36ppm K 之间。山地黄壤 B, C 层中的代换性 Ca^{++} 也极为贫乏, 最低的仅 0.8meq/100 克土。但无论那一种土壤, A_0 或和 A_T 层中这些速效性养分均甚为丰富, 即使是 A 层, 其中的这些养分也恒较以下土层中明显的多, 这表明, 有机质即使对于像钾这样的养分, 也有着明显的影响, 虽然, 由于土壤中的磷、钾, 特别是钾主要系以无机态存在, 因此有机质含量与速效磷或钾之间并不存在明显的相关关系。

同样, 钙、镁不是有机质的组成元素, 因此有机质含量与代换性 (或 NH_4Ac 溶性) Ca^{++} 、 Mg^{++} 含量间并不存在相关关系。但由于有机质越多, 吸附能力也越强。因而有机质含量与代换性盐基总量间呈显著正相关 (表 4)。土壤中的氮素主要以有机态存在。因此有机质含量越高, 无论全氮或水解性氮量也越高 (表 4)。

表 4 有机质含量与全 N、水解性 N 和交换性盐基的关系

Table 4 Relationship between content of organic matter and total N, available N and exchangeable bases

项 目	回 归 方 程	r
全 N	$\hat{y} = 0.0309 + 0.0438x$	0.907**
水解性 N	$\hat{y} = 3.64 + 3.616x$	0.874**
交换性盐基(A, AB, B 层)	$\hat{y} = -0.42 + 2.62x$	0.702*

参 考 文 献

- [1] 张万儒, 1983: 卧龙自然保护区的森林土壤及其垂直分布规律。林业科学, 第 19 卷 3 期。
- [2] 张万儒、许本彤, 1985: 森林土壤定位研究方法。中国林业出版社。
- [3] 科诺诺娃, M. M. (周礼恺译), 1963: 土壤有机质。科学出版社。
- [4] 中国科学院南京土壤研究所, 1977: 土壤理化分析。上海科学技术出版社。
- [5] Griffith, S. M. schnitzer, M., 1975: Oxidative degradation of humic and fulvic acids extracted from tropical volcanic soil. Can. J. Soil Sci., 55: 252—253.
- [6] Гришина Л. А., Орлов Д. С., 1978: Система показателей гумусного состояния почв. Проблемы почвоведения, 42—47, Советские Почвоведы к XI Международному Конгрессу Почвоведов в Канаде.

STUDY ON THE ORGANIC MATTER OF THE FOREST SOILS IN WOLONG NATURAL RESERVE

Yang Chendong and Zhang Wanru
(Forestry Institute, Chinese Academy of Forestry)

Summary

The content, composition and properties of the organic matters in soils under different vegetations in Wolong Natural Reserve, Sichuan Province were studied. Main results obtained are summarized as follows.

1. Although the soils are under different bio-climatic conditions, their humus compositions belong to fulvic acid type.

2. Raw humus in the soils under deciduous broadleaved forests, coniferous and broadleaved mixed forests and dark coniferous forests belong to fulvic acid type. The infrared spectra and ultraviolet spectra indicate that the raw humus is obviously different from "mature" humus acid.

3. The soil organic matter content is closely interrelated with the physical properties and the available nutrient of the soil.