

关山不同植被下山 地普通棕壤腐殖质研究*

李香兰

(中国科学院西北水土保持研究所)

摘要

关山不同植被下山地普通棕壤腐殖质研究表明,由于不同植被凋落物的化学组成不同,因而形成腐殖质的量与质有明显差异:(1)纯红桦林地腐殖质在剖面中含量由上而下降低最大,纯辽东栎林地与纯次生人工油林地较次。(2)腐殖质总量为:纯红桦林地 > 纯辽东栎林地 > 纯次生人工油松林地。(3)胡敏酸总量及胡敏酸/富里酸比值为:纯辽东栎林地 > 纯红桦林地 > 纯次生人工油松林地。(4)活性胡敏酸含量为:纯红桦林地 > 纯辽东栎林地 > 纯次生人工油松林地。(5)胡敏酸芳构化程度为:纯辽东栎林地 > 纯红桦林地 > 纯次生人工油松林地。

土壤腐殖质的最主要来源是动植物性的有机残体。不同植被结构下,凋落物的化学组成不同,形成腐殖质的量与质有差异。以往多偏重于不同土壤类型下的腐殖质研究,对同一土壤类型,不同植被下的情况,国内外研究尚少。本文作了此项工作,企望探讨植被与腐殖质组成及特性的关系。

一、样地基本情况

关山位于陕西省西部,主峰海拔2241米。本区分三个样地:

1. 纯红桦林地,位于红桦砭西坡,林龄约40年,郁闭度0.7,林下有少量的灌木和草本:荚蒾 (*Viburnum dilatatum* Thunb.), 鬼灯茎 (*Rodgersia aesulifolia* Batal.), 木贼 (*Equisetum hiemale* L.) 等。成土母质为片麻岩风化坡积物。

2. 纯辽东栎林地,位于大南沟东坡,林龄约30—40年,郁闭度0.9,林下有极少量灌木和草本:虎榛子 (*Ostryopsis davidiana* Decne.), 卫茅 (*Euonymus alatus* (Thunb) Sieb.) 及蒿属 (*Artemisia* L.), 成土母质为片麻岩风化坡积物。

3. 纯次生人工油松林地,林龄约13年,郁闭度1.0,造林前为草荒地。成土母质为黑云母片麻岩风化坡积物。

三个样地土壤剖面化学性质见表1。

* 本文承蒙我所姚振铨副研究员审阅,土壤由杜修立同志协助采集,X衍射由陈俊卿同志测定;活性胡敏酸,土壤CaCO₃,由张与真同志测定,特此一并致谢。

表 1 山地普通森林土壤不同植被下的化学性质

Table 1 Chemical properties of brown forest soils under different vegetations

林型 Forest type	层次深度 (cm) Depth	剖面特征 Profile characteristics	pH (H ₂ O)	C (%)	磷酸钙 CaCO ₃ (%)	全氮 Total N (%)	速效磷 Available P (%)	全磷 Total P (%)	全钾 Total K (%)	盐基总量 (毫克当量/100克) Total bases soil (meq/100g)
纯红桦林 Pure forest of <i>Betula albosinensis</i> Burk.	A ₀ (0—10)	半腐解枯枝落叶	—	14.29	0.36	1.259	60.40	0.295		
	A ₁ (10—20)	灰褐色,砂质中壤,石砾与根系较多	7.1	4.27	0.13	0.4021	19.90	0.275	1.95	12.42
	AB(20—40)	棕色,轻壤,核状结构,有石块,粗根较多	6.7	1.90	0.07	0.2263	4.60	0.231	1.83	6.08
	B ₁ (40—70)	暗棕色,轻壤,小块状,有石块,粗根较少	6.7	1.08	0.13	0.1248	3.20	0.263	1.93	2.53
纯辽东栎林 Pure forest of <i>Quercus liaoningensis</i> Koidz.	A ₀ (0—7)	半腐解枯枝落叶	7.2	5.83	0.14	0.5929	15.50	0.159	2.20	15.66
	A ₁ (7—21)	灰褐色,轻壤,有团粒,结构疏松,有小石块,根系多	7.2	3.10	0.08	0.2633	5.20	0.117	2.44	8.56
	AB(21—45)	灰褐色,轻壤,有团粒,石块和细根,根系多	6.3	0.74	0.00	0.0865	1.80	0.076	2.28	5.44
	B ₁ (45—70)	棕色,轻壤,小块状,紧实,有小石块,根系增多	6.6	0.74	0.03	0.0720	3.50	0.090	2.22	7.16
	B ₂ (70—90)	暗棕色,轻壤偏重;小根块状,粗根多	6.7	0.78	0.10	0.0606	4.20	0.104	2.24	7.97
纯次生人工油松林 Pure secondary forest of <i>Pinus tabulaeformis</i> Carr.	A ₀ (0—3)	枯枝落叶		14.26	0.20	0.4312	37.80	0.208	1.70	
	A ₁ (3—9)	灰褐色,轻壤,团粒,疏松	7.3	1.83	0.08	0.2017	22.30	0.199	2.43	8.84
	A ₂ (9—23)	棕灰色,轻壤,小块状结构,有小石砾,细根	6.9	1.31	0.08	0.1269	6.90	0.192	2.39	8.20
	B ₁ (23—64)	灰棕色,轻壤偏重,稍紧实,有石砾,石块,细根较多	6.8	0.27	0.06	0.0349	11.80	0.242	2.44	9.63
	C(64—87)	黄棕色,轻壤偏中,紧实,根少,石砾多,有半风化石	7.2	0.23	0.06	0.0333	15.70	0.270	2.43	11.24

二、测定方法

土壤化学性质,除速效磷用碳酸氢钠法,碳酸钙用气量法及代换盐基用 A. N. 藩利法测定外,其他项目按“土壤常规分析法”一书测定^[1]。

腐殖质组成分析按 Кононова^[2] 简易法测定。胡敏酸提纯: 样品用超速离心机离心半小时,再反复沉淀胡敏酸两次,并用蒸馏水用倾析法洗涤沉淀后,经电透析至阴极室无酚酞反应为止,然后低温浓缩至干,其灰分含量均在 0.8—1%。腐殖质的提纯: 同胡敏酸提纯(但不再沉淀与洗涤),其灰分含量均在 1.3—1.6%。

胡敏酸的光密度、絮凝极限用 Кононова 法,碳、氢元素用 ZWF-1 型碳氢分析仪,红外光谱用日本分光株式会社 DS-TOLG 红外分光光度计, X 衍射分析用苏联 УРС-50П 型 X-射线衍射仪及燃烧热用氧弹式量热计法测定。

腐殖质及胡敏酸中氮用杜马定氮法测定。

三、结果和讨论

由于三种植被凋落物化学组成不同,其分解与转化有别,加之土壤中同时有各种生化反应在连续进行,所以形成腐殖质在剖面分布与含量各异。

(一) 腐殖质在剖面中分布

腐殖质在剖面的分布,基本上随土层加深而降低。其中纯红桦林地的下降最大,纯辽东栎林地与纯次生人工油松林地的较次。

纯红桦林地的胡敏酸随土层加深而减少。纯辽东栎林地 A₁ 层胡敏酸与富里酸几乎相等,AB 层略有增加。纯次生人工油松林地 A₁ 层富里酸要比胡敏酸多一倍, A₂ 层胡敏酸明显增多。此情况与 M. A. Джикаева^[4] 的研究基本相符。

活性胡敏酸与活性富里酸在剖面各层的含量为纯红桦林地 > 纯辽东栎林地 > 纯次生人工油松林地。它们的含量均随剖面的加深而下降。这可能是每年地表有大量枯枝落叶(3—10 厘米),经微生物分解不断腐殖质化,而土壤中含碳酸盐甚少(表 1),其它矿物含量又基本恒定,这年复一年生成的腐殖酸与土壤接触,表层土壤就没有多余的矿物与其结合,故成游离态。由于淋溶,形成上多下少。

残渣碳在剖面中分布为: 纯红桦林地与纯辽东栎林地变化不大,且两者相近;纯次生人工油松林地在 A₂ 层明显增多, B₁ 层胡敏素明显下降,表明纯红桦林地与纯辽东栎林地剖面上下胡敏素含量较一致,且两者含量接近。纯次生人工油松林地 A₂ 层胡敏素明显增多, B₁ 层胡敏素显著下降。

(二) 腐殖质含量

由表 1 看出,三种植被下枯枝落叶(A₀层) C/N 值差异很大,纯次生人工油松林地(33.07) > 纯红桦林地(11.35) > 纯辽东栎林地(9.83)。这表明纯次生人工油松林地的枯枝落叶最难分解,纯红桦林地的比较容易,纯辽东栎林地的最容易。

表 2 山地普通棕壤在不同植被下腐殖质含量和组成
 Table 2 Humus content and compositions in brown forest soils under different vegetations

林型 Forest type	层次深度 (cm) Depth	C (%)	C/N	占全碳量 % Percentage of total carbon						腐殖酸 含量 % HA/FA	残渣碳 (%) C in residue	残渣C/N C/N in residue	腐殖酸含量占 腐殖质的 % HA, % of humus	活性胡敏酸占 胡敏酸总量 % Active HA, % of total HA	腐殖质氮 (%) Humus nitrogen
				胡敏酸组 HA group		富里酸组 FA group		总量 Total FA							
				活性胡敏酸 Active HA	胡敏酸 HA	总重量 Total HA	活性富里酸 Active FA		富里酸 FA						
纯红桦林	A ₁ (10—20)	4.27	10.64	24.44	23.19	47.63	11.11	28.33	39.44	0.82	48.48	7.60	32.33	51.31	3.23
	AB(20—40)	1.90	8.40	13.68	15.79	29.67	7.66	42.10	49.76	0.38	42.11	5.79	22.00	46.78	
	B ₁ (40—70)	1.08	8.65	4.94	13.96	18.90	4.46	41.06	45.52	0.34	44.44		23.28	26.14	
纯辽东栎林	A ₁ (7—21)	3.10	11.77	12.80	25.16	37.96	4.15	26.00	30.15	0.96	48.03	9.41	39.34	50.87	5.00
	AB(21—45)	0.74	8.55	7.14	25.68	32.82	5.71	28.37	34.08	0.91	45.95	5.11	41.97	27.80	
	B ₁ (45—70)	0.74	10.28	1.32	21.62	22.94	5.49	32.43	37.92	0.63	45.95		39.05	5.75	
纯次生人工 油松林	A ₁ (3—9)	1.83	9.07	6.7	15.86	22.57	5.77	27.86	33.63	0.57	46.28	6.44	31.45	29.73	3.70
	A ₂ (9—23)	1.31	10.17	4.81	18.32	23.13	4.35	27.48	31.81	0.67	54.20	6.35	36.20	20.80	
	B ₁ (23—64)	0.27	7.74	2.11	5.93	8.04	3.18	68.14	71.32	0.09	25.93		7.78	26.24	

除纯辽东栎林地外,纯次生人工油松林地 A_1 层土壤 C/N 值为 9.07, 纯红桦林地 10.64, 均低于枯枝落叶的 C/N 值, 说明 A_1 层土壤中有微生物的新生产物。表 2 指出, A_1 层土壤 C/N 值与 A_1 层残渣 C/N 值一致, 均为纯辽东栎林地 > 纯红桦林地 > 纯次生人工油松林地, 这与剖面中残渣碳总含量一致, 说明纯辽东栎林地含有较多的胡敏素, 纯红桦林地次之, 纯次生人工油松林地最次。

剖面中腐殖质总量、活性胡敏酸总量、活性富里酸总量及活性胡敏酸占胡敏酸总量的

表 3 山地普通棕壤在不同植被下胡敏酸絮凝极限

Table 3 Flocculation limits of HA in brown forest soils under different vegetations

林 型 Forest type	层次深度 (cm) Depth	加 $CaCl_2$ (毫克当量) (meq.) $CaCl_2$ added	作用 24 小时后的结果 Result after 24 hours
纯红桦林	$A_1(10-20)$	18	开始絮凝
纯辽东栎林	$A_1(7-21)$	10	开始絮凝
纯次生人工油松林	$A_1(3-9)$	20	没有反应

百分数均为: 纯红桦林地 > 纯辽东栎林地 > 纯次生人工油松林地。纯红桦林地活性胡敏酸占胡敏酸总量高达 51%。

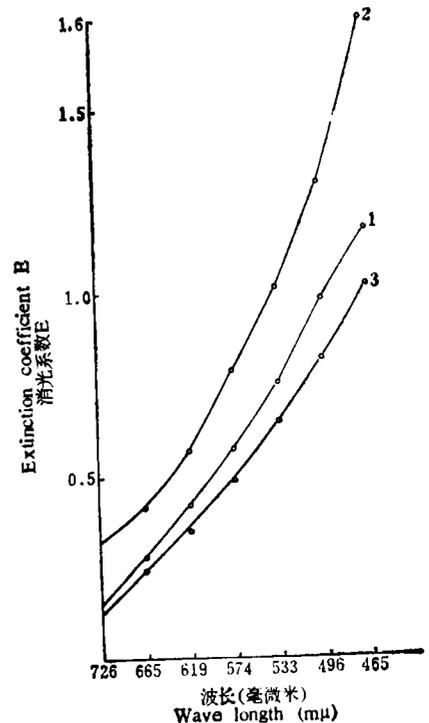
胡敏酸总量为: 纯辽东栎林地 > 纯红桦林地 > 纯次生人工油松林地。富里酸总量与其相反: 纯次生人工油松林地 > 纯红桦林地 > 纯辽东栎林地。

剖面中胡敏酸/富里酸值均小于 1。在 A_1 层, 胡敏酸/富里酸值及胡敏酸占腐殖质总量的百分数为: 纯辽东栎林地 > 纯红桦林地 > 纯次生人工油松林地。

腐殖质含氮量也有明显差异(表 2), 纯红桦林地与纯次生人工油松林地为 3.23—3.70%, 属粗腐殖质。纯辽东栎林地为 5.00%, 属细腐殖质, 由于三种植被凋落物的化学组成不同, 以及前者小气候冷湿, 后者温暖所致。

(三) 胡敏酸的分子特性

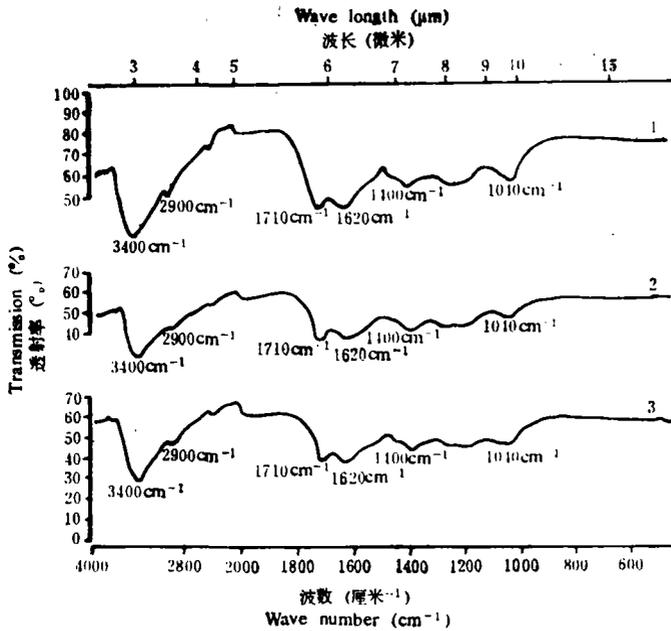
由图 1 看出, 同一土类不同植被下的土壤胡敏酸的光密度值为: 纯辽东栎林地 > 纯红桦林地 > 纯次生人工油松林地。这与表 3 的结果完全一致。由表 3 可见, 纯辽东栎林地胡敏酸只加



1. 纯红桦林地 (10—20cm) 2. 纯辽东栎林地 (7—21cm) 3. 纯次生人工油松林地 (3—9cm)

图 1 胡敏酸光密度

Fig. 1 Optical density of HA

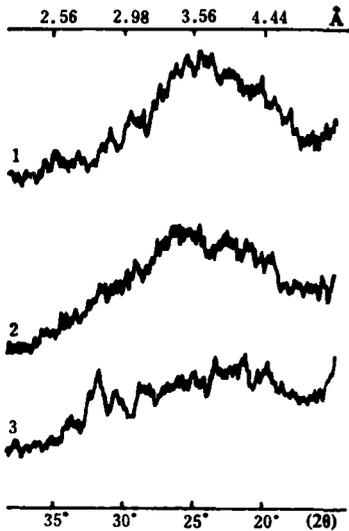


1. 纯红桦林地 (10—20cm) 2. 纯辽东栎林地 (7—21cm) 3. 纯次生人工油松林地 (3—9cm)

图2 胡敏酸的红外光谱 (KBr 压片)

Fig. 2 IR spectra of HA

10 毫克当量 CaCl_2 就在 24 小时后产生絮凝, 纯次生人工油松林地要加 20 毫克当量 CaCl_2 才产生絮凝。这些结果表明胡敏酸芳香碳网的缩合程度为: 纯辽东栎林地 > 纯红桦林地 > 纯次生人工油松林地。



1. 纯红桦林地 (10—20cm)
2. 纯辽东栎林地 (7—21cm)
3. 纯次生人工油松林地 (3—9cm)

图3 胡敏酸的 X-衍射图

Fig. 3 X-ray diffraction patterns of HA

由图 2 表明, 同一土类在三种植被下, 土壤胡敏酸的红外光谱吸收峰, 均表现为散漫而宽阔的“馒头峰”, 说明它们是极相似的多官能团复杂体系, 都含有 3400cm^{-1} (氢键键合), 2900cm^{-1} (脂肪族 $\text{C}=\text{N}$ 伸展), 1700cm^{-1} (羧基、酮基中的 $\text{C}=\text{O}$), 1625cm^{-1} (芳香族 $\text{C}=\text{O}$ 与羰基共轭的双键), 1400cm^{-1} (羟酸根、脂肪 $\text{C}=\text{H}$)。但在 1625cm^{-1} 处, 纯辽东栎林地胡敏酸吸收峰较明显, 2900cm^{-1} 处吸收较弱, 表明其芳构化程度较强。反之, 纯次生人工油松林地在 1625cm^{-1} 处吸收较弱, 在 2900cm^{-1} 处吸收较强, 表明其芳构化程度较弱。纯红桦林地胡敏酸芳构化程度居中。

X-射线衍射方面, Kasatochkin^[3] 等认为, 002 光带的强弱表示腐殖酸芳香碳网的多少; γ 光带的强弱反映脂肪碳链的多少。由图 3 看出, 在 002 ($2\theta = 24-27^\circ$) 光带, 纯辽东栎林地胡敏酸较明显, 纯

次生人工油松林地胡敏酸较不明显,而在 γ 光带($2\theta = 20-22^\circ$)则相反,表明纯辽东栎林地胡敏酸芳构化程度较大,纯次生人工油松林地胡敏酸芳构化程度较小。

由表 4 看出,纯辽东栎林地胡敏酸的 C/H 值较大(13.41),纯红桦林地次之(11.63),纯次生人工油松林地最低(10.14),这表明纯辽东栎林地胡敏酸的芳构化程度较高,纯红桦林地次之,纯次生人工油松林地最次。

表 4 山地普通棕壤在不同植被下胡敏酸元素组成

Table 4 Elementary composition of HA in brown forest soils under different vegetations

林型 Forest type	层次深度 (cm) Depth	C	H	N	O	C/H
纯红桦林	A ₁ (10-20)	51.15	4.40	3.22	41.23	11.63
纯辽东栎林	A ₁ (7-21)	55.39	4.13	5.03	35.45	13.41
纯次生人工 油松林	A ₁ (3-9)	47.15	4.65	3.70	44.50	10.14

胡敏酸分子的燃烧热愈大,表明其结构中侧键的高能态活性基团愈多。纯辽东栎林地胡敏酸的燃烧热为 2388 卡/克,纯次生人工油松林地的为 3459 卡/克,表明后者芳构化程度低于前者。

参 考 文 献

- [1] 中国土壤学会农化专业分析委员会编,1966: 土壤常规分析法。科学出版社。
- [2] 科诺诺娃, M. M. (周礼恺译,1966)1963: 土壤有机质。科学出版社。
- [3] Kasatochkin, V. I. and Zilberbrand O. I., 1956: Application of X-ray diffractometry and IR spectrophotometry in the studies on the structure of humic substances. Pochvedenie. No. 5 80-85. (In Russian)
- [4] Джикаева, М. А., 1956: Состав бурых лесных почв боржомского ущелья в связи с составом леса. Сообщения А. Н. Грузикой ССР, № 1, 45-51.

STUDY ON THE HUMUS IN BROWN FOREST SOILS UNDER DIFFERENT VEGETATIONS

Li Xianglan

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica)

Summary

Investigation on the composition and characteristics of humic substances in brown forest soils under three different vegetations was made. The results showed that the heighest content of humus was found in the soil under pure forest of *Betula albo-sinensis* Burk, the highest content of humic acid and HA/FA ratio were in the soil under pure forest of *Quercus liaotungensis* Koidz; the contents of active humic acid in the soils under all the three forest vegetations were higher, but the highest content was in the soil under the pure forest of *Betula albo-sinensis* Burk.

Data of optical densities, flocculation limits and from infra red spectrophotometric and X-ray diffraction analyses showed that aromaticity of humic acid in brown forest soils under different vegetations was decreasing in the following order: that in soil under forest of *Quercus liaotungensis* Koidz > that in soil under forest of *Betula albo-sinensis* Burk > that in soil under secondary forest of *Pinus tabulaeformis* Carr.