

西北黄土地区土壤腐殖物质的研究*

李香兰 刘玉民

(中国科学院西北水土保持研究所)

摘 要

本文研究了西北黄土地区土壤腐殖质的含量、组成、性质与分布。其结果是：1. 土壤腐殖质含量，是从东南向西北呈由高到低的分布规律。2. 胡敏酸的含量、胡敏酸/富里酸的比值及胡敏酸的芳构化程度，均以陕西靖边县草原植被下的轻黑垆土为中心，向西和向北荒漠草原植被下的棕钙土与白绵土；向南森林草原与森林植被下的垆土和褐土；向东是黄绵土逐渐降低。胡敏素的含量是向西、北、南及东逐渐增加。3. 与钙结合的胡敏酸，以黑垆土为中心是向西、北、南和东递减；与铁铝结合的胡敏酸是向西、北、南和东递增。4. 胡敏酸芳构化程度：草原土壤 > 干草原与森林草原土壤 > 荒漠草原和森林土壤。

熊毅教授曾指出：土壤肥力要依赖于土壤胶体^[1]。土壤中腐殖物质是土壤胶体的有机部分，如果土壤腐殖物质含量适中，可与土壤中无机胶体形成决定土壤肥力本质的有机无机复合体。而西北黄土地区的土壤腐殖物质含量普遍较低，是该地区土壤肥力水平低下的主要原因。为探明该区主要土壤中的腐殖物质状况，提出调节措施，特撰写此文。

一、样品和方法

土壤按不同植被类型划分，荒漠草原植被下有棕钙土(宁夏灵武甜水河)、灰钙土(甘肃靖远)和白绵土(甘肃狄家台)；干草原植被下有栗钙土(内蒙卓资山)；草原植被下有轻黑垆土(陕西靖边)、黄绵土(陕西绥德)；森林草原植被下有黑垆土(甘肃西峰)、粘黑垆土(陕北洛川)与垆土(陕西武功)；森林草原植被下有褐土(陕西太白山蒿坪寺)。土壤母质均为黄土。除褐土为山地地形外，其余土壤为丘陵或台塬地形。

土壤腐殖质、腐殖质组成及胡敏酸特性的测定，均按科诺诺娃法^[2]。

二、结果和讨论

(一) 土壤腐殖质含量、组成及其分布

1. 黄土地区土壤的腐殖质含量结果(表1)表明：由于水热气候与植被的关系，其含量是由东南向西北逐渐降低。

腐殖质组成为：黄绵土因是在黑垆土侵蚀裸露地表的黄土母质上经耕垦而形成的幼

* 土壤由张淑光副研究员提供，垆土与黄绵土的腐殖质组成是引用罗贤安副研究员的资料，一并致谢。

表 1 主要土壤腐殖质组成
Table 1 Composition of humus in main soil types

土壤 Soils	深度 (cm) Depth	腐殖质 (占干土重 %) Humus (%dry soil weight)	N (%)	C/N	稀酸水解物 Hydrolyzable materials by dilute acid 占腐殖质总碳(%) (% in humus total-C)	胡敏酸 HA	富里酸 FA	胡敏素 Humin	胡敏酸 / 富里酸 HA/ FA
棕钙土	0—19 (腐殖质层)	0.79	0.063	7.30	3.09	11.25	23.53	60.37	0.48
	19—33	0.64	0.051	7.25	3.73	12.30	27.02	55.32	0.46
棕钙土	0—21 (腐殖质层)	0.40	0.029	7.93	3.45	7.97	33.51	56.59	0.24
栗钙土	0—12 (腐殖质层)	1.95	0.124	9.11	1.47	31.36	28.87	32.19	1.09
	12—51	1.74	0.110	9.18	1.43	31.77	26.56	34.30	1.20
灰钙土	0—17 (腐殖质层)	0.47	0.033	8.18	3.41	34.59	30.01	27.67	1.15
	17—48	0.47	0.040	6.75	3.70	34.54	30.90	26.15	1.12
白绵土	0—22 (腐殖质层)	0.83	0.090	8.14	3.19	17.90	29.24	50.43	0.61
轻黑垆土	20—40 (腐殖质层)	1.22	0.067	10.60	14.29	39.50	16.50	29.38	2.39
黑垆土	60—75 (腐殖质层)	1.21	0.069	10.14	6.21	33.50	24.00	32.41	1.40
粘黑垆土	40—60 (腐殖质层)	1.10	0.063	10.16	5.25	33.90	26.20	42.45	1.29
塋土	5—15 (腐殖层)	1.16	0.086	7.79	5.72	18.40	17.30	45.07	1.06
	55—65	0.72	0.059	7.12	5.89	23.80	18.00	33.30	1.32
	100—110	0.81	0.058	8.10	5.90	30.10	20.20	33.90	1.49
褐土	2—8 (腐殖质层)	2.83	0.152	10.79	2.94	20.60	19.60	50.10	1.05
	8—24	1.22	0.074	9.59	5.61	10.10	19.40	55.30	0.52
	48—65	0.61	未测	未测	4.80	11.30	34.90	53.30	0.32
黄绵土	0—20 (腐殖质层)	0.40	未测	未测	3.00	8.95	14.42	69.96	0.62

年耕种土壤,耕作粗放,植被稀少,而年归入土壤中的有机物质少,所以腐殖质含量仅有0.40%,为最低。胡敏酸含量仅占腐殖质总量的9%左右,胡敏酸/富里酸之比值也较低,为0.6左右。

棕钙土与白绵土处干旱荒漠草原地带^[3]植被稀疏,覆盖度低,并且土壤侵蚀严重,因此土壤中腐殖质不仅含量少,而且未经缩合就会被流失,故常处于年轻状态。胡敏酸含量亦只占腐殖质总量的8—18%左右。胡敏酸/富里酸之比值为0.20—0.60左右属最低。

褐土是在森林植被下发育的土壤,地表有明显的枯枝落叶层,由于土壤环境湿润而不利于腐殖质的进一步缩合^[2],故虽然腐殖质含量表层为2.83%左右,但其中胡敏酸含量仅占总量的10—21%左右。胡敏酸/富里酸之比值为0.30—1.05左右,亦偏低。

沿风沙区南缘呈东西地带分布的轻黑垆土的胡敏酸含量最多,占腐殖质总量的40%左右。胡敏酸与富里酸之比值高达2.39。很明显在该土壤成土过程中是草原植被下气候干湿适宜所形成的结果。

森林草原植被下的胡敏酸含量及胡敏酸/富里酸之比值,介于上述之间。

由上看来,西北黄土地区的胡敏酸含量及胡敏酸/富里酸之比值,是以轻黑垆土为代表中心,向北(栗钙土与棕钙土),向西(灰钙土与白绵土),向南(黑垆土、粘黑垆土及褐土)向东(黄绵土)逐渐降低。至于胡敏酸在土壤剖面中的分布是除褐土外,基本上随剖面向下加深而增加,这是因为黄土母质富含碳酸钙,土壤pH在8以上,有利于胡敏酸与钙结合,这样年复一年不断地累积所致。褐土为森林植被下的土壤^[4],pH值为6.39,偏酸性,不利于腐殖酸溶解,加之地表又有大量的枯枝落叶,长年累月不断腐殖化,致使表层高于下层。

2. 用稀酸(0.05NH₄SO₄或HCl)脱钙提取物,这主要是动植物残体的分解产物^[5]这组物质以轻黑垆土含量最多,占胡敏酸总量的14.29%,栗钙土最少1.47%,棕钙土、灰钙土、白绵土、黄绵土、黑垆土、粘黑垆土和褐土居中,为2.94—6.21%,很明显,这与胡敏酸含量及胡敏酸与富里酸之比值分布相一致,向北、西、南、东逐渐降低(表1)。

3. 胡敏素的含量,除灰钙土外是以褐土与棕钙土、白绵土和黄绵土为最高,占腐殖质总量的50—70%;轻黑垆土含量最低,为29%左右;黑垆土、粘黑垆土、垆土及栗钙土属居中为32—45%左右(表1),其分布规律与胡敏酸含量及胡敏酸/富里酸之比值的分布规律呈相反趋势。

(二) 腐殖质存在的形态

分析结果(表2)表明:与钙结合的胡敏酸,是以轻黑垆土、黑垆土、粘黑垆土含量最高,占胡敏酸总量的94—99%左右,栗钙土与棕钙土为63—91%左右。白绵土、黄绵土和灰钙土为66—94%左右。垆土和褐土为44—89%左右,由此可看出与钙结合的胡敏酸是以黑垆土为中心向北、西、南及东逐渐降低。

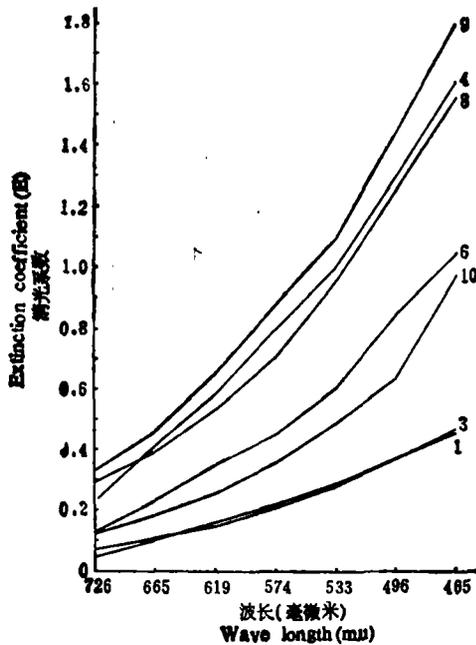
各种土壤与铁铝结合的胡敏酸含量都偏低,其中以黑垆土的含量为最低,仅占胡敏酸总量的1—6%左右;栗钙土与棕钙土为9—31%左右;白绵土、黄绵土与灰钙土为6—32%左右;垆土和褐土为11—56%左右(表2)。其分布规律与上述和钙结合的胡敏酸恰相反,即是向北、西、南及东逐渐增加。

土壤中的活性胡敏酸,由于黄土富含钙质胡敏酸一经形成就与钙相结合,故无活性胡

表 2 主要土类腐殖质存在形态
Table 2 Forms of humus in main soil types

土壤 Soils	深度 cm Depth	胡 敏 酸 HA						富 里 酸 FA					
		活 性 Active		与钙结合 Combined with Calcium		与铁铝结合 Combined with iron and aluminum		总 量 Total	与钙结合 Combined with Calcium		与铁铝结合 Combined with iron and aluminum		
		占全碳 % of total-C	占胡敏酸 % of HA	占全碳 % of total-C	占胡敏酸 % of HA	占全碳 % of total-C	占胡敏酸 % of HA		占全碳 % of total-C	占富里酸 % of FA	占全碳 % of total	占富里酸 % of FA	
棕钙土	0—19	0	0	20.79	64.27	11.56	35.73	23.53	46.55	68.81	21.10	31.19	
棕钙土	19—33	0	0	19.61	62.68	11.67	37.32	27.02	51.55	75.02	17.17	24.98	
栗钙土	0—21	0	0	12.87	67.00	6.34	33.00	33.51	60.32	74.66	20.47	25.34	
	0—12	0	0	47.14	90.53	4.95	9.50	28.87	38.72	80.78	9.21	19.22	
灰钙土	12—51	0	0	48.35	88.76	6.14	11.27	26.56	36.93	81.10	8.62	18.94	
	0—17 17—48	0 0	0 0	48.31 49.01	90.23 94.16	5.23 3.40	9.77 6.53	30.01 30.90	38.54 40.02	82.97 83.46	7.91 7.93	17.03 16.54	
白绵土	0—22	0	0	28.64	75.42	9.33	24.58	29.24	50.51	81.43	11.52	18.57	
轻黑炉土	20—40	0	0	54.28	94.68	3.05	5.32	16.50	20.17	84.24	3.77	15.76	
黑炉土	60—75	0	0	57.39	98.51	0.87	1.49	24.00	36.52	87.50	5.22	12.50	
粘黑炉土	40—60	0	0	53.24	94.40	3.16	5.60	26.20	37.77	86.64	5.82	13.36	
垆土	5—15	0	0	42.94	82.61	8.96	17.39	17.30	40.34	83.24	8.12	16.76	
	55—65	0	0	47.37	83.19	9.57	16.81	18.00	39.23	91.11	3.83	8.89	
	100—110	0	0	53.08	88.70	6.76	11.30	20.20	36.58	91.06	3.58	8.91	
褐土	2—8	7.71	15.05	37.41	72.82	6.22	12.14	19.60	46.02	94.39	2.74	5.61	
	8—24	0	0	23.73	69.31	10.51	30.69	19.40	43.73	66.49	22.03	33.51	
	48—65	0	0	10.82	44.25	13.64	55.75	34.90	51.52	68.19	24.03	31.81	
黄绵土	0—20	0	0	11.87	66.00	6.33	32.10	14.42	61.32	73.66	20.37	24.44	

敏酸存在,这是石灰性土壤腐殖质形成上的一个重要特性。只有褐土由于是在森林植被下,所以有活性胡敏酸存在,约占胡敏酸总量的 15% 左右,这也是森林土壤区别于其它钙成土的特征之一。



1.棕钙土, 3.白绵土, 4.栗钙土, 6.褐土, 8.壤土,
9.轻黑垆土, 10.黄绵土

图 1 胡敏酸的消光系数

Fig. 1 Extinction coefficient of HA

其余土壤处于这两种土壤之间。由表 3 看出,轻黑垆土对电解质稳定性最小,加入 2 毫克当量的 CaCl_2 ,两小时后即开始絮凝, E_4/E_6 比值也最小,这些均表明此种土壤的胡敏酸结构较复杂,分子中芳香核缩合度最高^[11]。向北栗钙土、向东黄绵土、向南壤土,其胡敏酸的消光系数变小,而对电解质的稳定性逐增大,当加入 5—15 毫克当量 CaCl_2 ,两小时后才开始絮凝, E_4/E_6 比值也增至 3.93—5.16,这均说明胡敏酸结构较简单,分子中芳香核缩合度变低;棕钙土和褐土的消光系数小,对电解质稳定性大,当加入 20 毫克当量的 CaCl_2 ,两小时后还不絮凝, E_4/E_6 比值增大至 4.27—4.57 表明胡敏酸芳构化较简单,分子中芳香核缩合度较低。看来,胡敏酸的芳构化程度是以陕西靖边为中心,向北、西、南及东趋于简单,呈较显著的地带性变化,即草原土壤 > 干草原与森林草原土壤 > 荒漠草原与森林土壤。

(四) 腐殖质的调节措施

土壤的腐殖物质是形成土壤肥力的有机无机复合体的主要组成部分。从上述讨论中,可以看出西北黄土地区土壤中腐殖质含量普遍较低,如以黄绵土为例:其腐殖质量只有 0.40%,尤其对土壤结构具有良好作用的胡敏酸的含量仅占 8.95%,胡敏酸/富里酸比

与钙结合的富里酸占富里酸总量的百分数,从土壤腐殖质层看来是:森林土壤 > 森林草原土壤 > 草原土壤 > 荒漠草原土壤,即由东南向西北降低。而与铁铝相结合的则相反:荒漠草原土壤 > 草原与森林草原土壤 > 森林土壤,即由东南向西北增加。

与钙结合的富里酸占富里酸总量的百分数在剖面中的分布,只有褐土其腐殖质层明显高于下层,而其余各土壤其腐殖质层的含量均低于其下层;但与铁铝结合的富里酸则与此相反,除褐土的腐殖层明显低于其下层外,其它土壤的腐殖质层含量高于其下层,这主要与土壤所处的氧化还原条件不同有一定关系。

(三) 土壤胡敏酸的性质

由图 1 可见,草原植被下的轻黑垆土胡敏酸消光系数最大,棕钙土最小,其

1) 陆长青,1980: 腐殖酸的化学性质与分子大小和芳构度的关系。全国有机质会议资料。

表3 胡敏酸絮凝极限及 E_1 、 E_2 、 E_1/E_2
Table 3 Flocculation limit and E_1 、 E_2 、 E_1/E_2

土壤 Soil	深度 (cm) Depth	作用2小时后絮凝结果 The result of reaction after 2 hours		作用24小时后絮凝结果 The results of reaction after 24 hours		E_1 (465)	E_2 (665)	E_1/E_2
		加 CaCl (meq)	现象 Phenomenon	加 CaCl (meq)	现象 Phenomenon			
棕钙土	0—19	20	没有反应	20	没有反应	0.46	0.10	4.60
	19—33	20	没有反应	20	没有反应			
栗钙土	0—12	5	开始絮凝	4	开始絮凝	1.61	0.41	3.93
	12—51	6	开始絮凝	5	开始絮凝			
轻黑垆土	20—40	2	开始絮凝	1	开始絮凝	1.79	0.46	3.89
白绵土	0—22	20	没有反应	20	没有反应	0.47	0.11	4.27
壤土	0—12	12	开始絮凝	10	开始絮凝	1.55	0.39	3.97
褐土	2—8	20	没有反应	20	呈现絮状物	1.05	0.23	4.57
	8—24	20	没有反应	20	呈现絮状物			
黄绵土	0—20	15	开始絮凝	15	絮凝不完全	0.98	0.19	5.16

值亦只有 0.30,而且胡敏酸分子结构也比较简单。这一切都决定了黄绵土中是很难形成决定土壤肥力基础的有机无机复合物,所以它的肥力水平很低下。加之,黄绵土由于耕作粗放,植被稀少,水土流失严重,每年归入土壤中的有机物质日益减少,这样就沒有足够的腐殖质化的物质基础。要提高和保持黄绵土腐殖质的含量,其措施应为:第一,依据土地的适宜性建设稳定的基本农田,增施有机肥,培肥土壤;第二是将退耕的大量坡地、边远地种草植灌,增加以草为主的植被;第三,进一步把种草纳入农田种植制度,用地养地结合,不断扩大有机物质来源,增加土壤腐殖质的含量,为腐殖质化及矿质化的协调提供物质环境条件,以达到创造高产稳产的黄绵土土壤。

参 考 文 献

- [1] 熊毅,1982: 有机无机复合与土壤肥力。土壤,第14卷5期,161页。
- [2] M. M. 科诺诺娃(周礼恺译),1966: 土壤有机质。科学出版社。
- [3] 黄瑞采,1958: 土壤学。科学出版社。
- [4] 罗贤安、李香兰,1979: 太白山山地土壤的腐殖质研究。土壤学报,第16卷4期,339—351页。
- [5] 中国科学院林业土壤研究所,1980: 中国东北土壤。361—367页,科学出版社。

STUDIES ON HUMIC SUBSTANCES OF SOILS IN LOESS AREA OF NORTHWEST CHINA

Li Xianglan and Liu Yumin

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

Summary

The paper deals with contents, composition, characteristics and distribution of humus in loessial soils of northwest China. Results obtained are summarized as follows.

1. Distribution of humus contents of soil was getting lower from southeast to northwest.
2. The contents of humic acid, HA/FA ratio and aromaticity of humic acid were high in the light dark loessial soil under steppe vegetation in Jingbain County of Shaaxi Province, and getting decreased westward and northward to the brown pedocal and white cultivated loessial soil under the vegetation of desert steppe, and decreased southward to manured loessial soil and cinnamon soil under forest steppe and forest vegetation, also decreased eastward to yellow cultivated loessial soil. But the contents of humin was getting increased westward, northward, southward and eastward.
3. If dark loessial soil was considered as a centre, humic acid combined with Ca were getting decreased gradually from the centre to west, north, south and east, humic acid combined with Fe, Al was getting increased from the centre to west, north, south and east.
4. Aromaticity of humic acid was in the order: steppe soils > arid steppe and forest steppe soils > desert steppe and forest soils.