

母质对新形成腐殖质的影响

程励励 文启孝 阮立山

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文研究了在旱地和水田条件下,母质对新形成腐殖质的影响。供试物料为紫云英、绿萍、稻草和水葫芦。结果表明:

1. 除绿萍外,各物料腐解三年后均已分解较完全。腐解产物的C/有机N值和腐殖质组成均随原始物料而异。

2. 当植物物料和母质相同时,与水田条件下的相比,旱地条件下的腐解产物的C/有机N值大多较窄,中性糖量较高,六碳糖/五碳糖值较宽,腐殖酸的提取率较高。

3. 当水分条件和植物物料相同时,与第四纪红色粘土中的相比,下蜀黄土中腐解产物的胡敏酸的C/N值大多较窄,六碳糖/五碳糖值和胡敏酸/富里酸值大多较宽。作者认为,二者中腐殖质组成的差别在一定程度上系由于粘土矿物的组成不同所致。

E. V. Turin 在研究苏联各类土壤的有机质状况时,注意到了它的形成过程与成土条件之间的依存关系,提出了腐殖质的含量和组成呈现有规律的地带性变化的概念。Kononova^[4]认为,在诸成土因素中,除气候和植被外,地形、母质和人为活动也对土壤有机质的转化有其独特的作用。在我国,不同地带土壤的有机质含量和组成虽呈现出明显的变化规律,例如,由黑土往南,经棕壤、黄棕壤到红壤、砖红壤,腐殖质的胡敏酸/富里酸值逐渐减小,胡敏酸的芳化度和分子量也有降低的趋势^[5],但是同一地带的土壤,其腐殖质的组成和特性仍有很大差别。石灰岩和火山灰母质上发育的土壤,其有机质状况的特殊性则可能与母质的性质有关。

为了了解母质对新形成腐殖质性质的影响,我们于1979年用砂滤管为容器,将植物物料与不同母质分别混匀并置于旱地和水田表土层中进行腐解,然后测定腐解产物的组成。本文报道了这方面的研究结果。

一、材料和方法

供试的植物物料为紫云英、绿萍、稻草和水葫芦,前三种物料的化学组成见前文^[1,2],水葫芦的化学组成为: C 35.2%, N 3.54%, C/N 9.97, 木质素占无灰干物重的10.2%。供试的母质为下蜀黄土(C 0.09%, N 0.032%, pH 7.7, 小于1微米的粘粒含量34.5%)和第四纪红色粘土(C 0.10%, N 0.032%, pH 4.6, 小于1微米的粘粒含量44.0%)。为了便于比较,在第四纪红色粘土中加入适量的CaCO₃,以调节其pH值至中性。

腐解试验和有机碳、全氮、碳水化合物以及腐殖质组成的分析方法同前文^[1,2]。固定态铵和交换性铵

用 Bremner^[3] 法测定。pH 测定的土水比例为 1:5。各种植物物料在土中腐解三年以后,未分解和半分解的物质(轻组)已极少存在(仅占残留碳量的 6% 以下),唯绿萍在水田条件下的轻组碳仍约占残留碳总量的 1/3,因而除绿萍在水田条件下的腐解产物仍用杜列液将土样分离成轻组和重组外,其余各物料的腐解产物均未进行比重分级。

二、结 果

(一) 腐解产物的 C/有机 N 值 表 1 列出了下蜀黄土和第四纪红色粘土中各种植物物料腐解三年后的残留碳、氮含量。由表可见,无论在下蜀黄土或第四纪红色粘土中,植物物料的残留碳、氮量和产物的 C/N 值均因植物物料的种类和水分状况而不同。在同一水分条件下,绿萍的残留碳量最高,其次为稻草和紫云英,水葫芦的最低;腐解产物的 C/N 值则以稻草的最高,其次为紫云英或绿萍,并同样以水葫芦的最低。当物料相同时,多以渍水条件下残留的碳、氮量较高,腐解产物的 C/N 值较宽。仔细分析表 1 可见,尽管在母质相同时,植物物质的残留碳、氮量因植物物质的种类及土壤水分状况的不同而有很大的差别,但当水分状况相同时,同一植物物质在第四纪红色粘土中的残留碳量(除水田条件下的绿萍外)均较在下蜀黄土中的为多,残留氮量则相反,因而第四纪红色粘土中腐解产物的 C/N 值,明显较下蜀黄土中的宽。

残留氮中的一部分系以无机态的形式存在。由于下蜀黄土和第四纪红色粘土中粘土矿物的种类不同,其所吸持的无机氮量有很大的差别。扣除无机态氮后,除水田条件下的绿萍外,同一植物物料在下蜀黄土中残留的有机态氮量亦较红色粘土中的低,腐解产物的 C/有机 N 值仍多以下蜀黄土中为低。

(二) 腐解产物中的碳水化合物 母质除对腐解产物的碳、氮含量有影响外,对腐解产物中的碳水化合物组成也有一定影响(表 2)。当植物物料的种类和土壤的水分状况相同时,下蜀黄土中腐解产物的 六碳糖/五碳糖 值大多较第四纪红色粘土中的宽。而当母质相同时,各腐解产物中碳水化合物的含量和组成则因植物物料的种类和土壤的水分条件而异:在同一水分状况下,稻草腐解产物中的碳水化合物含量最高,绿萍最低,紫云英和水葫芦介于二者之间;在植物物料相同时,常以旱地条件下形成的腐解产物中碳水化合物的含量较高,六碳糖/五碳糖 值也较宽。

(三) 腐解产物的腐殖质组成 两种母质中不同植物物料的腐解产物的腐殖质组成见表 3。当母质相同时,不同植物物料对腐殖质组成的影响仍明显存在:除个别情况外(旱地条件下的第四纪红色粘土中),稻草腐解产物的 HA/FA 值要宽一些;而胡敏酸的光密度则以绿萍的腐解产物为最大。母质对腐殖质组成的影响则表现在:当水分条件和植物物料相同时,下蜀黄土与第四纪红色粘土相比,其腐解产物的 HA/FA 值大多较宽,胡敏酸的 C/N 值则较窄。而当植物物料和母质相同时,旱地条件下腐解产物的腐殖酸的提取率比水田条件下的高,HA/FA 值也有类似的趋势。

三、讨 论

C/N 值是表征有机质组成的指标之一。植物物料与母质培育后,其 C/N 值既低于

表 1 腐解产物 C/N 值(腐解三年)

Table 1 C/N ratio of decay products (after 3 year decomposition)

物料 Material	处理 Treatment	C%	N%	固定态铵 (mgN/100g soil) Fixed NH ₄ ⁺	交换性铵 (mgN/100g soil) Exch. NH ₄ ⁺	C/N	C/有机N C/Org.N
下蜀黄土 Xiashu-Loess							
紫云英 Milk vetch	旱地 水田	0.64	0.117	48.14	1.91	5.5	9.6
		0.79	0.124	52.65	2.54	6.4	11.4
绿萍 Azolla	旱地 水田	0.94	0.138	36.70	1.96	6.8	9.4
		1.47	0.192	40.04	2.44	7.7	9.8
稻草 Rice straw	旱地 水田	0.73	0.105	53.70	2.08	7.0	14.8
		0.89	0.128	57.43	2.53	7.0	13.1
水葫芦 Common water hyacinth	旱地 水田	0.53	0.118	47.97	2.49	4.5	7.8
		0.53	0.123	54.08	4.84	4.3	8.2
第四纪红色粘土 Quaternary red clay							
紫云英 Milk vetch	旱地 水田	0.74	0.091	18.40	1.78	8.1	10.4
		0.82	0.088	17.78	1.79	9.3	12.0
绿萍 Azolla	旱地 水田	1.04	0.136	18.22	1.77	7.7	9.0
		1.33	0.151	17.82	2.08	8.8	10.1
稻草 Rice straw	旱地 水田	0.82	0.087	19.18	2.09	9.4	12.6
		0.95	0.091	15.83	1.29	10.4	12.9
水葫芦 Common water hyacinth	旱地 水田	0.61	0.096	22.48	1.55	6.4	8.4
		0.71	0.106	22.83	3.90	6.7	9.0

表 2 腐解产物糖含量和组成* (腐解三年)

Table 2 Content and composition of sugar of decay products (after 3 year decomposition)

物料 Material	处理 Treatment	占全C% % of total C			六碳糖 五碳糖
		五碳糖 Pentose	六碳糖 Hexose	总量 Total	Hexose Pentose
下蜀黄土 Xiashu-Loess					
紫云英	旱地 水田	2.03	6.41	8.44	3.2
		3.12	6.41	9.53	2.0
绿萍	旱地 水田**	1.77	4.80	6.57	2.7
		1.46	3.38	4.84	2.3
稻草	旱地 水田	4.00	7.53	11.53	1.9
		3.42	7.02	10.44	2.0
水葫芦	旱地 水田	3.46	6.84	10.30	2.0
		4.18	6.20	10.38	1.5
第四纪红色粘土 Quaternary red clay					
紫云英	旱地 水田	2.74	9.01	11.75	3.3
		2.78	5.81	8.59	2.1
绿萍	旱地 水田**	1.54	4.36	5.90	2.8
		2.77	4.57	7.34	1.7
稻草	旱地 水田	7.86	10.48	18.34	1.3
		3.73	5.88	9.61	1.6
水葫芦	旱地 水田	5.48	7.39	12.87	1.4
		5.15	5.20	10.35	1.0

* 24N H₂SO₄ 室温水解 2 小时, 然后稀释成 1N H₂SO₄ 100°C 水解 5 小时; ** 重组。

表 3 新形成腐殖质的组成 (腐解三年)

Table 3 Fractional composition of newly-formed humus (after 3 year decomposition)

物 料 Material	处 理 Treatment		占全 C% % of total C			HA/FA	E ₄	胡敏酸 C/N C/N of HA
			胡 敏 酸 HA	富 里 酸 FA	碱提取总量 Total			
下蜀黄土 Xiashu-Loess								
紫 云 英	旱 水	地 田	13.3	21.6	34.9	0.61	0.46	10.1
			6.5	18.3	24.8	0.36	0.50	10.0
绿 萍	旱 水	地 田*	10.5	22.3	32.8	0.47	0.74	10.4
			4.3	17.6	21.9	0.24	0.90	11.4
稻 草	旱 水	地 田	16.4	22.6	39.0	0.73	0.46	9.0
			12.0	18.7	30.7	0.64	0.42	11.4
水 胡 芦	旱 水	地 田	14.3	27.1	41.4	0.53	0.58	14.7
			12.3	23.2	35.5	0.53	0.44	14.8
第四纪红色粘土 Quaternary red clay								
紫 云 英	旱 水	地 田	7.9	31.7	39.6	0.25	0.47	11.2
			6.1	20.0	26.1	0.31	0.37	13.0
绿 萍	旱 水	地 田*	8.8	22.2	31.0	0.40	0.81	12.5
			3.3	19.2	22.5	0.17	1.06	12.3
稻 草	旱 水	地 田	7.5	30.5	38.0	0.25	0.43	9.2
			15.6	17.5	33.1	0.89	0.36	8.9
水 胡 芦	旱 水	地 田	13.7	31.7	45.4	0.43	0.68	18.7
			6.6	22.8	29.4	0.29	0.66	14.8

* 重组。

表 4 土壤 pH 值的变化

Table 4 Variation of soil pH value

物 料 Material	处 理 Treatment		腐 解 一 年		腐 解 三 年	
			下蜀黄土 Xiashu loess	第四纪红色粘土 Quaternary red clay	下蜀黄土 Xiashu loess	第四纪红色粘土 Quaternary red clay
紫 云 英	旱 水	地 田	7.4	6.6	7.6	6.6
			7.0	6.8	7.4	7.4
绿 萍	旱 水	地 田	7.4	6.7	7.6	7.5
			7.2	6.6	7.4	7.3
稻 草	旱 水	地 田	7.3	5.1	7.4	5.1
			6.4	6.4	7.2	7.1
水 胡 芦	旱 水	地 田	7.4	6.3	7.7	7.2
			7.0	6.6	7.7	7.5

植物物料的,也小于一般土壤的,似乎腐解产物的 C/N 值都很低。实际上,这是由于在植物物料腐解的过程中,相当一部分释出的矿质态氮被粘土矿物固定或吸附。扣除固定态铵和交换性铵后,腐解产物的 C/有机 N 值为 7.8—14.8,接近土壤的 C/N 值。

前文^[2]已经指出,化学组成不同的植物物料,其形成的腐解产物的性质常呈现出一定的差别。在本试验中,除绿萍外,各物料均已分解较完全,但无论 C/有机 N 值或腐殖质

组成,其所形成的腐解产物仍各个不同。这进一步证明,植物物料对腐解产物性质的影响是不可忽视的。

无论那种植物物料,也无论母质如何,水田条件下腐解产物的 C/有机 N 值都比旱地条件下的宽一些。众所周知,植物物料的 C/N 值常随腐解进程而下降。根据水田条件下的残留碳含量比旱地条件下的高的事实,乍看起来,似乎水田条件下腐解产物的 C/有机 N 值较宽,其实它是由于其腐解程度不如旱地条件下所致。但从各个腐解时期的测定结果表明,随着时间的推移,重组的 C/有机 N 值逐渐上升,例如,在水田条件下,紫云英在腐解 3、6、12、36 个月后腐解产物的 C/有机 N 值分别为 9.7; 9.9; 10.7; 10.8; 绿萍的相应值为 5.2; 5.3; 5.7; 6.4。看来,不同水分条件下腐解产物 C/有机 N 值的差异,是由于该产物的形成条件不同所致。

一些研究表明^[1],土壤中的五碳糖主要来源于植物物料,六碳糖则既来源于植物物料、也来源于微生物的合成产物,因而随着腐解过程的进行,在糖的相对含量减少的同时,六碳糖/五碳糖值也逐渐变宽。我们的研究结果也证明了这一点:和第一年相比,各物料腐解三年后,糖的含量约降低了 30—50%,无论在水田或旱地条件下,六碳糖/五碳糖值都逐渐变宽。据此,在不同水分条件下同一植物物料的腐解产物中碳水化合物组成的差别,可能部分地系由于物料的腐解程度不同所致。

植物物料和水分条件相同时不同母质中新形成腐殖质的组成不同,这一现象值得注意。母质不同,土壤的粘土矿物组成、质地、pH 值等均有差别。已经知道, pH 值不同,不仅土壤微生物区系和活性不同,且酚类化合物等的缩聚反应亦各异。在我们的试验中,曾于试验开始时,用 CaCO₃ 将第四纪红色粘土的 pH 调节到中性。腐解三年后,两种土壤的 pH 值仍然接近(表 4),因而两种母质的差别主要是粘土矿物的组成不同。

腐殖质形成过程无疑是生物化学过程,但并不排斥也有纯粹的物理化学反应。不同的粘土矿物类型对这两个过程均会产生不同的影响。Filip^[6]的工作表明,粘土矿物的存在,可以加速培养液中真菌的生长。同时,可能由于交换量不同,各种粘土矿物这方面影响的大小也不一样,蒙脱的影响最大,其次为蛭石,再次为高岭或石英。王世中等在灭菌条件下的工作表明^[7],各种粘土矿物均能催化酚类物质的聚合反应,但催化能力各不同,依次为: 2:2 型 > 2:1 型 > 1:1 型 > 石英。看来,上述下蜀黄土和第四纪红色粘土中腐解产物的 HA/FA 值不同,在一定程度上系由于二者中粘土矿物的组成不同所致。下蜀黄土的主要粘土矿物为水云母和蛭石,第四纪红色粘土的粘土矿物则以高岭石为主。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所主编, 1978: 中国土壤。299—310页。科学出版社。
- [2] 程励励、文启孝、吴顺令、徐宁, 1981: 植物物料的化学组成和腐解条件对新形成腐殖质的影响。土壤学报。第 18 卷 4 期, 360—367 页。
- [3] Bremner, J. M., (曹亚澄译) 1981: 土壤氮素分析法。36—104 页。农业出版社。
- [4] Kononova, M. M., (周礼愷译) 1966: 土壤有机质。科学出版社。
- [5] Cheshire, M. V., Mundie, C. M., and Shepherd, H., 1973: The origin of soil polysaccharide: transformation of sugars during the decomposition in soil of plant material labelled with ¹⁴C. J. Soil Sci., 24: 54—68.
- [6] Filip, Z., Haider, K., and Martin, J. P., 1972: Influence of clay minerals on growth and metabolic activity of *Epicoccum nigrum* and *stachybotrys chartarum*. Soil Biol. Biochem., 4: 135—145.

- [7] Wang, T. S. C., Song Wu Li and Yue Lang Feng., 1978: Catalytic polymerization of phenolic compound by clay minerals. *Soil Sci.*, 126: 15—21.

THE EFFECT OF PARENT MATERIAL ON THE NEWLY FORMED HUMUS

Cheng Lili, Wen Qixiao and Ruan Lishan

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

Summary

The present paper deals with the composition of the newly formed humus derived from various plant materials decomposed in a Quaternary red clay and in a Xiashu loess for 3 years. Experiment results showed that 1. the ratio of C/org. N and fractional humus composition of newly formed humus varied with the kinds of plant material from which it was derived; 2. as compared with those formed under submerged conditions, the newly formed humus formed under upland condition had higher C/org. N and hexoses/pentoses ratios and sugar content as well as a higher extractability of humic substances; 3. the newly formed humus formed in Xiashu loess had a lower C/org. N ratio, but higher HA/FA and hexoses/pentoses ratios than that in Quaternary red clay. The role of clay mineral in the formation of humic substances is discussed.