

栗钙土的年龄*

刘良梧 茅昂江

(中国科学院南京土壤研究所)

P. Becker-Heidman, H. W. Scharpenseel

(*Ordinarius für Bodenkunde, Universität Hamburg*)

摘 要

在阐明栗钙土发生特性的基础上,本文运用放射性碳方法断定了玄武岩熔岩台地上栗钙土有机质和腐殖质组成中胡敏酸、胡敏素的年龄。结果表明,我国栗钙土与其它国家的软土系同一时期的产物,它们形成于大约6000年以前。栗钙土有机质诸部分的年龄序列是:胡敏酸>胡敏素>土壤有机质。

一、引 言

栗钙土主要分布在我国温带半干旱草原的内蒙古和新疆等地区,其东部与草原和草甸草原环境的黑钙土毗邻,北部和西部与蒙古、苏联的栗钙土相连接。在我国土壤系统分类中,栗钙土一直作为土类一级单元而出现,近来被列入松软腐殖质土纲中的一个独立土类;苏联自1886年道库恰耶夫把栗钙土定为土类以来一直沿用至今;在美国土壤系统分类中,它属于软土土纲;联邦德国土壤分类中尚无此类型,其位置与草原土纲的黑钙土相类同。

栗钙土放射性碳断代的两个土壤剖面分别位于内蒙古锡林河流域的第一级和第三级玄武岩熔岩台地上。本地区在喜马拉雅运动期间基性玄武岩岩浆沿断裂线大规模喷发,产状平缓,形成数级开阔平坦的台地,各台地高差30—120米。最上面的第一级台地分布广泛,海拔高程约为1400米。据地质资料分析其成岩期为早更新世。由于熔岩流多次间歇性喷发且含有众多孔隙,因而岩体呈现出清晰的成层特性和气孔状特点。但在海拔1273米的第三级台地上则为灰黑色致密状的玄武岩。

样品采集地是天然草本植物生长区,其植被由多年生旱生植物组成,以大针茅(*Stipa grandis*)、克氏针茅(*Stipa krylovii*)、羊草(*Aneurolepidium chinese*)和蒿类(*Artemisia*)等为建群种。植物根系主要集中在0—50厘米土层,表层20厘米的根可占地下部分总根量的53—65%。在471—758克/平方米的总生物量中,地下部分腐殖质的贡献约为地上部分的3—4倍^[2]。¹⁴C示踪研究表明,大约9%的原始放射性碳在两年时间里可从根系进入到土壤中,并且转变为相对稳定的腐殖质形态^[1]。可见,土壤草本植物根系的分解和腐殖质的形成颇为迅速。

* 野外工作得到蔡蔚祺副研究员的大力协助;岩石和土壤薄片由费振文同志鉴定,在此一并致谢。

栗钙土具有深厚的腐殖质层,有机质含量较高,加之受人为活动影响小,故为放射性碳断代的良好对象。其放射性碳年龄可反映土壤的自然发育状况。在运用¹⁴C方法测定两个栗钙土剖面的有机质年龄基础上,与西德土壤学者 P. Becker-Heidman 和 H. W. Scharpenseel 合作,对栗钙土腐殖质组成中的胡敏酸和胡敏素年龄进行了研究。

二、土壤特性

(一) 理化性质

从表 1 中可以看出,栗钙土的 pH 变化范围为 7.1—8.6, pH 值随深度而增加,直至母岩达到最高值。有机碳含量较丰富,但随深度的增加而递减。母岩全量分析符合标准玄武岩的化学组成,然而土体中铁、镁氧化物并未得到富集,它们的迁移量¹⁾分别可高达

表 1 栗钙土的主要理化性质

Table 1 Main chemical and physical properties of chestnut soils

剖面号 No. of profile	采样深度 (cm) Sampling depth	pH (H ₂ O) pH	有机碳(%) Organic carbon	无机碳(%) Inorganic carbon	颗粒大小(%) (粒径: mm) Particle size					
					1—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	<0.01	<0.001	
R 8401	0—19	7.48	2.29	痕迹	1.0	43.1	26.4	29.5	19.8	
	25—40	8.10	1.82	0.02	2.1	43.3	24.8	29.8	19.0	
	45—65	8.38	1.46	0.39	2.8	48.5	19.2	29.5	19.4	
	65—105	8.62	0.93	1.39	3.9	51.9	18.7	25.5	18.8	
	母岩(玄武岩)	9.19	—	—	—	—	—	—	—	
R 8402	0—18	7.11	2.61	痕迹	21.4	39.5	15.1	24.0	15.0	
	18—27	7.27	0.92	痕迹	36.9	39.5	6.1	17.5	12.8	
	27—65	7.58	0.51	痕迹	33.9	38.0	7.8	20.3	14.4	
	65—95	8.35	0.24	0.20	30.8	41.8	7.6	19.8	11.6	
	母岩(玄武岩)	8.59	—	—	—	—	—	—	—	
剖面号 No. of profile	全量(占烘干重%) total element (% in oven-dried soil)									
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
R8401	67.10	3.78	13.44	1.42	1.19	0.63	0.069	3.04	2.07	0.178
	67.26	4.20	13.13	1.84	1.49	0.73	0.070	2.96	1.91	0.147
	65.62	3.94	12.91	3.52	1.46	0.66	0.064	3.03	2.00	0.152
	58.05	3.52	11.76	9.15	1.47	0.64	0.058	2.87	1.92	0.130
	48.82	12.81	13.90	8.65	7.98	2.54	0.162	1.87	5.29	0.588
R8402	71.70	3.16	10.83	1.06	1.01	0.53	0.055	2.67	1.56	0.116
	77.73	3.58	8.66	0.86	0.78	0.65	0.040	2.07	1.16	0.037
	76.48	5.05	9.29	1.04	1.00	0.81	0.051	1.98	1.15	0.071
	71.02	5.47	10.35	3.35	1.64	1.03	0.066	2.25	1.49	0.084
	49.04	13.06	13.51	8.64	8.67	2.43	0.152	1.30	3.11	0.490

1) 计算方法参见, 龚子同、徐琪、刘良梧、刘多森、戴昌达译著, 1975: 后生地球化学。

77% 和 87%。并且土体中二氧化硅和氧化钾的含量大大高于母岩。土壤表层二氧化硅的含量比母岩增加了 18—23%，氧化钾增加了 1.2—1.4%。在土壤粒级分配上以粗粉砂 (0.05—0.01 毫米) 和细砂 (0.25—0.05 毫米) 两部分为主，同时尚有数量不等的粗砂颗粒。小于 0.001 毫米的粘粒含量很低，约为 12—20%。

(二) 岩石和矿物学特征

岩石薄片鉴定，玄武岩斑晶主要由条状或粗纤维状长石和等向粒状辉石 (呈板状或六边形自形晶) 所组成，基质为微晶斜长石、深色矿物和少量玻璃体。土壤薄片观察表明，土体中有风化的玄武岩碎屑存在 (图版 I, 照片 1)，矿物组成除深色矿物以外，尚有数量不等的石英、长石颗粒 (图版 I, 照片 2)，尤其是在剖面的上部和中上部。

土壤理化性质和薄片观察说明，栗钙土具有土壤质地偏砂，无明显粘粒淀积现象，土体含石英、长石矿物，富含二氧化硅和氧化钾等特征。这些特征与土壤发育过程中不断受到黄土和风砂的侵袭有密切关系。成土环境的分析也证明了这一点。

三、放射性碳断代

(一) 断代方法

如前所述，栗钙土中含有较多的草本植物根系，为避免现代年轻碳玷污所造成的年龄回春现象，对各发生层进行了多种物理方法的预处理。与此同时，去除了土壤中的碳酸盐成分，最后通过富集得到可供土壤有机质断代的样品。

腐殖质的分离按科诺诺娃和彼尔奇科娃的快速方法，用 0.1 克分子浓度焦磷酸钠和 0.1 克分子浓度氢氧化钠混合液反复提取，直至无腐殖物质释放出来为止。最终选用提取出来的胡敏酸和胡敏素进行 ^{14}C 断代。

鉴于样品特点，我们把样品合成苯，采用液体闪烁计数方法测定。为便于和以前发表的各国 ^{14}C 数据对比，本文采用的 ^{14}C 半衰期为 5570 ± 30 年，计数误差为 1σ 。

(二) 断代结果与讨论

放射性碳测量揭示，两个土壤剖面表层有机质的年龄分别为 290 年和 620 年。这与草原植被下大量植物根系和残体的分解以及生物活动源源不断地为表层增添新的有机物质，致使有机质含量中年轻碳占优势。薄片观察证明，土壤表层确有大量未分解和半分解的植物残片、动物粪便 (2—3 毫米和 0.03 毫米) 和菌核 (见图版 I, 照片 3、4)，甚至有的深度可延伸到 40 厘米左右。

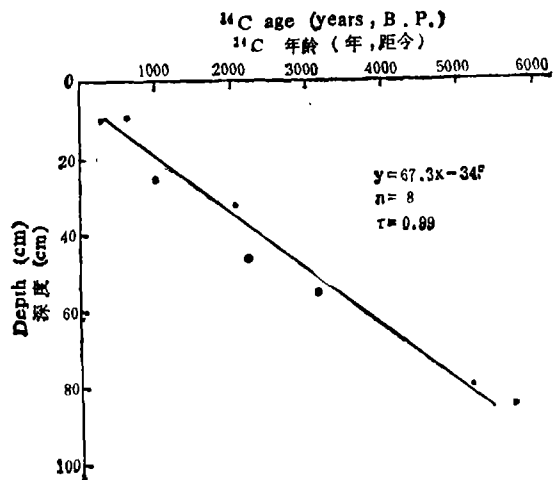


图 1 栗钙土有机质年龄与深度的相关曲线
Fig. 1 Correlation for age versus depth
from chestnut soils

土壤有机质年龄随深度而增加(图 1)反映了栗钙土中碳素循环和土壤发育的动态特征,其相关系数达 0.989。H. W. Scharpenseel 从欧洲各国 26 个软土剖面 122 个样品中得到的相关系数为 0.89^[3]。

表 2 列举的结果反映出土壤有机质是易获得稳定状态的特征,腐殖质层的形成速度远远超过钙积层。另一方面,由第一级台地到第三级台地,随着海拔降低 130 米,腐殖质层的形成速度增加了一倍多,钙积层的形成速度也相应有所增加。

表 2 栗钙土诊断层的特征

Table 2 Features of diagnostic horizons in chestnut soils

台地 Platform level	海拔 (m) Altitude	腐 殖 质 层 Humus horizon				钙 积 层 Calcic horizon			
		厚 度 (cm) Thickness	有机质 (%) Organic matter	¹⁴ C 年龄 (年,距今) ¹⁴ C age (years, B. P.)	形成速率 (毫米/年) Forming rate (mm/yr)	厚度 (cm) Thickness	碳酸钙(%) Calcium carbonate	¹⁴ C 年龄 (年,距今) ¹⁴ C age (years, B. P.)	形成速率 (毫米/年) Forming rate (mm/yr)
第一级	1400	78	4.50	620	0.29	30	1.64	5130	0.10
第三级	1273	19	3.93	290	0.66	Bca, 20	3.20	3130	0.19
						Bca, 40	11.60	5660	0.16

Scharpenseel H. W. 指出,“西德软土(黑钙土)主要是在冰川以后的温暖时期草原植被下钙质黄土母质上发育而成的高肥力土壤。距今 4000—5000 年的软土年龄被认为是最小值^[4]”。他从西德、苏联、捷克斯洛伐克和匈牙利等国的 26 个软土剖面中得到最大的外表平均停留时间(即我们泛指的年龄)约为 6000 年^[3]。我国栗钙土的成土母质类型较多,但即使是玄武岩发育的栗钙土在其发育过程中也不断受到黄土的影响,这一点前面已提到。根据在国内测得的两个栗钙土剖面年龄分别为 5130±80 年和 5660±80 年,这与 Scharpenseel 的结果相吻合。不过,我国栗钙土比保加利亚、苏联和西德软土的发育要缓慢得多,其回归线斜率较陡(表 3)^[5]。Scharpenseel 认为,这是由于我国栗钙土经历了一个持久的副黑色石灰土阶段。

表 3 不同国家软土中年龄与深度之间的回归方程

Table 3 Regression equation for age versus depth of mollisols from different countries

国 家 Country	测定样品个数 Sample number determined	相关系数 (r) Correlation coefficient	回归方程 Regression equation
中 国	8	0.99	$y = 67.3x - 345$
联邦德国	115	0.69	$y = 33.5x + 810$
苏 联	15	0.93	$y = 39.5x + 284$
保加利亚	10	0.97	$y = 54.3x + 818$

从土壤有机质和胡敏酸、胡敏素的年龄对比(表4)不难看出前者要比腐殖质部分年轻得多,而且胡敏酸的年龄又大于胡敏素。这与腐殖质是土壤有机质再合成的产物,较稳定以及和栗钙土的腐殖质具有的生化特性有一定的关系。它们的共同点是年龄均随着深度的增加而增加。另外,我们通过一个辅助实验发现,A层含有0.41%碳酸盐的胡敏素年龄与完全不含碳酸盐的胡敏素年龄在误差范围内相等,前者为 460 ± 60 年,后者 480 ± 60 年。它暗示,少量碳酸盐杂质不会引起腐殖质年龄的重大差异。

表4 栗钙土有机质和腐殖质部分的 ^{14}C 年龄Table 4 ^{14}C dates of organic matter and humus fractions in chestnut soils

发生层 Horizon	采样深度 (cm) Sampling depth	有机质 Organic matter	胡敏酸 Humic acids		胡敏素 Humins	
		^{14}C 年龄 (年,距今) ^{14}C age (years, B. P.)	^{14}C 年龄 (年,距今) ^{14}C age (years, B. P.)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	^{14}C 年龄 (年,距今) ^{14}C age (years, B. P.)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
A	0-19	290 ± 60	710 ± 60	-23.25	480 ± 60	-23.41
AB	25-40	2050 ± 70	2860 ± 70	-23.75	2360 ± 90	-
Bca,	45-65	3130 ± 70	4470 ± 110	-23.74	3840 ± 80	-23.25
Bca,	65-105	5660 ± 80	-	-	-	-

同位素分馏效应测定表明,腐殖质组成中胡敏酸和胡敏素的 $\delta^{13}\text{C}$ 值极为相同,接近于新鲜植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值(-25‰)。并且它们随深度的变化几乎是一个固定常数。事实说明,栗钙土的腐殖质成分是较早期固定的产物,随着时间的流逝后来未发生退化作用。

参 考 文 献

- [1] 郭夫达著(陆宝树译), 1983: 土壤学原理。科学出版社。
- [2] 姜烈等, 1985: 羊草草原群落和大针茅草原群落生物量的初步比较研究。草原生态系统研究, 第1集, 12-23页, 科学出版社。
- [3] Scharpenseel, H. W. 1972: Natural radiocarbon measurement of soil and organic matter fractions on soil profiles of different pedogenesis. Proceedings of the 8th international conference on radiocarbon dating, Vol. 11, p382-393.
- [4] Scharpenseel, H. W. F. Pietig and M. A. Tamers, 1968: University of Bonn natural radiocarbon measurement I. Radiocarbon, Vol. 10.
- [5] Scharpenseel, H. W. K. Tsutsuki, P. Becker-Heidman and Freytag, J. 1986: Studies with radioactive and stable isotopes regarding organic matter dynamic in vertisols and loessic mollisols; soil management consequences. Paper of international conference on the management and fertilization of upland soils.

THE AGE OF CHESTNUT SOILS

Liu Liangwu and Mao Angjiang

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

P. Becker-Heidman, H. W. Scharpenseel

(Ordinariat für Bodenkunde, Universität Hamburg)

Summary

On the basis of elucidation of genetic properties of the soils, organic matter, humic acids and humin in chestnut soils on basalt platforms were dated by ^{14}C method. Results of radiocarbon dating showed that the chestnut soils of China and the mollisols in other countries of the world were the product of the same period, formed about 6000 years ago. The age of organic matter fractions from the chestnut soils was in the following: humic acids > humin > total soil organic matter.

更 正

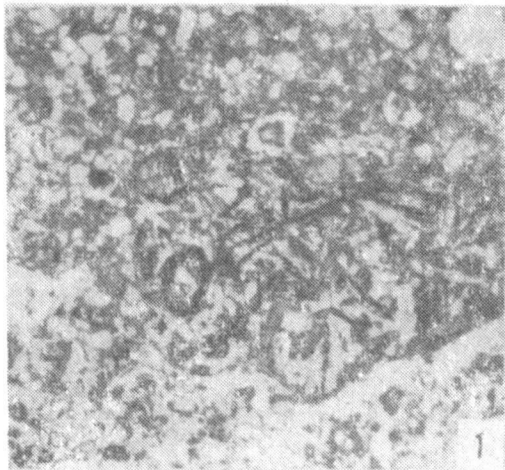
本刊1989年,第1期,第35页

第1行:正 黄泥土紧结合铜平均为 3.58 ± 0.23 毫克当量/100克土

误 黄泥土紧结合铜平均为 $3.58 \pm 0.23\text{mg/g}$ 土

第4行:正 砖红壤紧结合铜的平均值为 4.20 ± 0.70 毫克当量/100克土

误 砖红壤紧结合铜的平均值为 $4.20 \pm 0.70\text{mg/g}$ 土

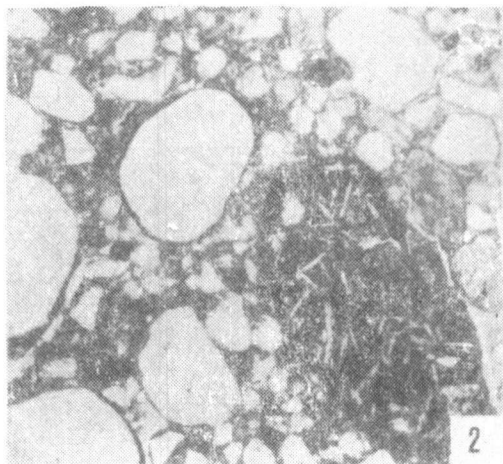


照片 1 右边带黑、白色条纹的团块状物是块状土体中的玄武岩岩屑。

单偏光 $\times 35$

Photo 1 Crumb with black and white streaks on the right is basalt debris in soil mass.

Single polarized light $\times 35$

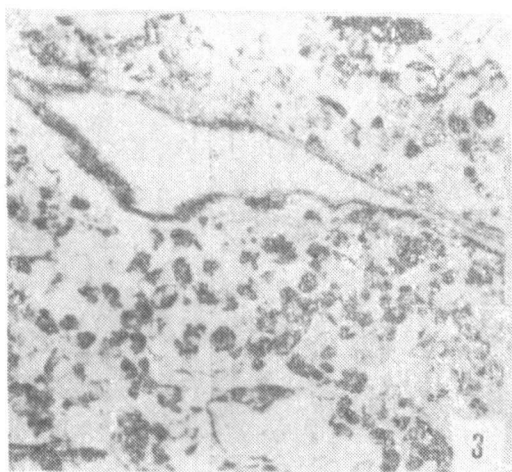


照片 2 示磨圆的石英、长石颗粒(灰白色)。黑色内具白纹者是玄武岩。

单偏光 $\times 35$

Photo 2 Ground quartz and feldspar grains are greywhite colour, basalt is black with white streaks.

Single polarized light $\times 35$

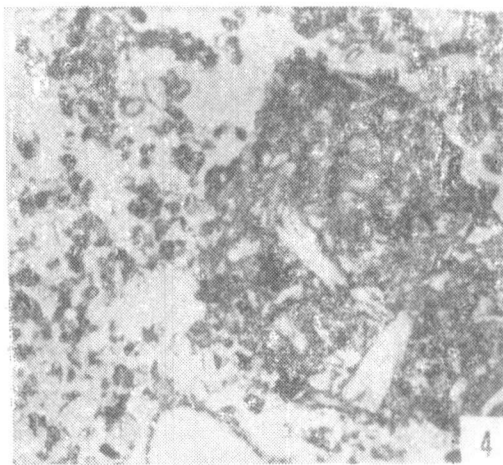


照片 3 长条带状物是半分介的植物残片。

单偏光 $\times 35$

Photo 3 Semi-decomposable plant residue is in beltshape.

Single polarized light $\times 35$



照片 4 团块状物是有机的动物粪便。

单偏光 $\times 35$

Photo 4 Crumb on the left is organic animal excrements.

Single polarized light $\times 35$