

陇东和陇中黑垆土的发生与演变*

胡双熙

(兰州大学地理系, 730001)

摘 要

前人认为,我国黑垆土是在现代草原环境条件下形成的^[1]。我们通过对陇东和陇中黑垆土理化性质分析,¹⁴C年代和孢粉组成的测定,认为这里的黑垆土是由深色埋藏古土壤层和浅色表土覆盖层叠加构成。剖面呈两段性构造。古土壤层由晚更新世晚期开始发育,主要成壤于全新世中期,具有与现代成土环境不相符合的深厚腐殖质蓄积层、理化性质、孢粉成分等残埋藏特性。浅色表土层是全新世晚期气候转向旱型化条件下发育的土壤,其性质和现代成土环境保持一致。

黑垆土的这些特性,仅用当前草原成土环境不能完全解释其基本属性,应从第四纪晚期环境变化和黄土物质的不断沉积和加积,才能阐明黑垆土的古土壤的变质作用和黑垆土上下层段的异质特性。

关键词 黑垆土,陇东和陇中,第四纪,环境变化,土壤发育

陇东和陇中,概指六盘山东西两侧甘肃省境的黄土塬区及黄土丘陵区。生物气候条件,除泾河(泾川以下)和渭河(武山以下)谷地属半干润暖温性灌丛草原外,其余地区概为半干旱温性草原环境。黑垆土为主要土类,广泛发育于黄土塬、黄土丘陵掌湾及河谷高阶地上。

陇东和陇中邻近青藏高原,第四纪以来青藏高原的隆升和气候变化,必然影响到这一地区环境的变化,也必然敏感地作用于这一地区土壤发育过程。

本文在于对陇东和陇中黑垆土的发生发展历史过程复原,阐明上下层段异质土壤与第四纪晚期不同阶段环境变化的关系,进一步揭示黑垆土形成的本质。

一、黑垆土剖面构造的两段性

黑垆土剖面由浅色表土层和深色埋藏古土壤层组成。浅色表土层与现代成土环境一致,古土壤层与现代成土环境不相符。因而,黑垆土的剖面呈两段性和异质性多元化结构及残埋藏特征。

(一) 浅色表土层(A层),通常缺乏有机质,厚40 cm左右,根据土壤性质,可进一步划分出耕作A层(A_p层)和非耕作A层(A_h层)。

1. 耕作A层(A_p层),指浅色表土层上段,厚20 cm左右,经耕种施肥,有机质含量1.0—1.5%,

* 本文承蒙南京土壤研究所高以信和雷文进二位教授审阅,并提出修改意见,深致谢意。

黄棕色 (10YR5/8), 粒状和小团块状结构。

2. 非耕作 A 层 (Ab 层), 处 Ap 层之下, 厚 20 cm 左右, 有机质含量较上层少, 为 0.8—1.1%, 块状结构, 多蚯蚓粪, 有少量假菌丝聚积。

(二) 深色古土壤层 (Btb), 厚 200—260 cm, 具完整的 A—B—C 发生层。

1. 腐殖质层 (A 层), 厚 80—150 cm, 有机质含量不高, 一般在 1.5—1.7% 之间, 棕灰色 (7.5YR 6/1—4/1), 棱柱状和棱块状结构, 多蚯蚓粪粒和虫孔, 碳酸盐沿根孔和结构体表面以条纹状和假菌丝状聚积, 并出现动物穴填充物。

2. 钙积层 (B 层), 厚 80—100 cm, 有机质含量 0.8—0.9%, 碳酸钙含量 15—18%, 浊棕—浊橙色 (7.5YR5/4—6/4)。

3. 母质层 (C 层), 有机质含量 0.3—0.4%, 淡黄橙色 (10YR8/4), 保持黄土沉积物的主要特性。

二、黑垆土的成土年代与孢粉组成

(一) ¹⁴C 年代

年代学研究, 可为确定土壤的历史演变提供科学依据。通过 ¹⁴C 年代测定, 黑垆土剖面上段至下段年龄呈梯度变化, 上段年代新, 下段年代老。浅色表土层的成土年代距今 <3000 年, 是全新世晚期形成的土壤。古土壤的 A 层和 B 层成土年代距今 3300—7500 年, 相当于全新世中期气候温暖期形成的土壤。BC 层成土年龄跨越时间幅度较大, 距今 8000—20000 年, 相当于全新世早期气候温暖期和晚更新世晚期间冰温暖阶段形成的土壤 (表 1)。

(二) 孢粉组成

孢粉研究对认识第四纪古地理环境演变, 追溯古气候变化, 古植被演替和古土壤发育起重要的作用。

以陇东和陇中比较, 陇中的灌丛草原环境明显, 陇东草原环境突出 (表 2)。但陇中有一个值得注意的问题, 山地无论过去和现在, 乔木、灌木和蕨类植物生长良好。一些海拔超过 2300 m 的黄土丘陵, 如华家岭、胡麻岭, 全新世中期确有乔灌林发育, 无林只是全新世晚期气候旱化的事件。河谷盆地和残塬比山地和高丘陵干燥, 特别是定西、陇西、通渭等地干燥程度远大于陇东, 古土壤中遗存的乔灌花粉, 应该说大部分是当地古植被的残遗, 但也不排除山地乔木和灌木花粉及蕨类植物孢子的侵入。因此, 可以认为, 陇中的山地是森林草原环境; 黄土高丘陵过去曾存在过乔灌植被, 现在为草原环境; 河谷盆地和黄土残塬, 以前曾经是草原环境, 现在已演变为干草原环境。

从陇东的两个剖面看, 西峰在北, 灵台在南, 灵台再南即向褐土过渡, 因而灵台剖面乔木花粉和蕨类孢粉远比西峰剖面含量高。陇中的两个剖面, 临夏在北, 渭源在南, 并且渭源的海拔比临夏高 300—400 m, 故渭源剖面乔木、灌木和蕨类孢粉含量比临夏剖面大 (表 2)。

由剖面上下层段比较, 古土壤乔木花粉占 2—13%, 平均为 3.5—9.8%, 主要是松属、云杉属、桦木属和少量栎属; 灌木花粉占 2—20%, 平均为 10%, 蔷薇科为优势种, 尚有耐旱的麻黄属和锦鸡儿属; 蕨类孢粉占 3.8—23.8%, 平均为 7.2—12.5%, 水龙骨属为主要成分, 其次有药蕨属、铁角蕨属、冷蕨属、苍山蕨属等; 草本花粉占 50—75%, 蒿属为主, 伴有

表 1 黑垆土的成土年代
Table 1 Age of heilu soil formation

时代 Age	土层 Horizon	剖面位置及 ¹⁴ C年代 (a, B, P)						气候序列 Climo-sequence		黄土序列 Loess- sequence	
		西峰	灵台	榆中	通渭	临夏	东乡	I)	II)		
全新世晚期	Ap								南宋-清代寒冷期	现代小冰期	全新世黄土
						1352±20			隋唐-北宋温暖期	普兰店温暖期	
	Ab					2190±50			东汉-南北朝寒冷期 秦汉温暖期 周代早期寒冷期	周代寒冷期	
全新世中期		A	3300±60						仰韶温暖期	仰韶温暖期	
	3710±120			3879±80							
	4100±140			4200±40		4950±80					
	6520±430	6530±110	5600±100	6330±130	5670±110	6670±130					
全新世早期	AB			7480±120							马兰黄土
							7530±160				
	BC		8038±250		8120±132					泄湖寒冷期	
		14100±525	12900±230						大理冰期		
晚更新世晚期		18440±190									

注: 1) 竺可桢(1973), 2) 浦庆余(1980)。

表 2 黑垆土腐殖质特性
Table 2 Spore-pollen composition of heilu soil

孢粉种类 Kind of spore-pollen	地点、土层及孢粉% Locality, soil horizon and spore-pollen %																																																		
	灵台县什字												西峰市黄官寨						临夏市北塬						渭源县会川																										
	A			B			BC			Ah			A			AB			B			BC			Ah			A			AB			B			BC														
	A	B	BC	A	B	BC	A	B	BC	A	B	BC	A	AB	BC	A	AB	BC	A	AB	BC	A	AB	BC	A	AB	BC	A	AB	BC	A	AB	BC																		
乔木	9.21	1.89	2.48	0.27	0.62	1.86	0.75			0.62	1.40	0.50	1.66			2.97	5.81	9.30	3.32	6.82	2.48	3.84			11.52	11.73	13.50	3.50	4.07	6.48	3.57	0.37	2.70	1.02	0.74	1.08	2.55	2.00	4.07	1.08			3.84			1.62					
松属 (<i>Pinus</i>)																																																			
云杉属 (<i>Picea</i>)																																																			
桦木属 (<i>Betula</i>)	9.21	1.35	1.86	0.27						1.86																																									
栎属 (<i>Quercus</i>)																																																			
栎科 (<i>Cupressaceae</i>)																																																			
柳属 (<i>Salix</i>)																																																			
灌木	2.04	0.71	0.62				3.75			1.55	0.70	1.00	1.66			3.96	12.45	6.82				1.98	2.49					3.84						3.84			13.77	14.00	20.72	11.08			3.84								
麻黄属 (<i>Ephedra</i>)																																																			
锦鸡儿属 (<i>Caragana</i>)										0.93			0.83																																						
蔷薇科 (<i>Rosaceae</i>)	2.04	0.71	0.62				3.75			0.62	0.70	0.50	0.83			3.96	3.32	2.48	0.55			3.84						3.84						12.77	12.50	11.84	4.86			4.86											
草本	73.42	92.47	91.50	91.50	90.00	91.40	88.90	96.49	96.32	90.09	73.04	71.92	57.00	80.64	54.50	77.22						80.64	54.50	43.48	77.22						65.79	54.50	43.48	77.22			65.79	54.50	43.48	77.22			65.79	54.50	43.48	77.22					
蒿属 (<i>Atrémisia</i>)	67.30	86.79	39.68	39.68	53.96	46.50	66.50	83.50	79.68	49.50	34.03	28.52	16.75	26.04	14.00	27.03						26.04	14.00	14.84	27.54						15.30	17.50	21.09	21.60			15.30	17.50	21.09	21.60			15.30	17.50	21.09	21.60					
菊科 (<i>Compositae</i>)	3.06	0.56	43.40	43.40	10.50	25.73	2.10	3.00	4.15	16.83	17.43	8.06	11.00	15.36	15.30	15.30						15.36	15.30	6.29	3.24						15.30	2.50	6.29	3.24			6.50	6.40	9.72	4.32			6.50	6.40	9.72	4.32					
藜科 (<i>Chenopodiaceae</i>)	3.06	5.12	6.20	6.20	3.74	5.58	1.40	5.50	11.62	3.96	14.11	20.46	5.50	18.60	15.36	15.30						18.60	15.36	6.29	3.24						15.30	2.50	6.29	3.24			6.50	6.40	9.72	4.32			6.50	6.40	9.72	4.32					
豆科 (<i>Leguminosae</i>)			1.24	1.24	5.99	1.86	16.80	0.50	0.83	2.97	3.32	3.10	2.75									2.97	3.32	3.10	2.75						2.04	2.00	2.22	4.32			2.04	2.00	2.22	4.32											
禾本科 (<i>Gramineae</i>)			0.62	0.62	0.75	0.70				1.98	3.32	2.48	2.75									1.98	3.32	2.48	2.75						2.04	2.00	2.22	4.32			2.04	2.00	2.22	4.32											
蕨类	14.82	4.61	1.24	1.24	2.25	3.41	7.70	1.00		1.98	6.64	11.78	10.45	12.00	4.32							1.98	6.64	11.78	10.45	12.00	4.32				4.08	16.50	23.08	4.32			4.08	16.50	23.08	4.32											
水龙骨科 (<i>Polypodium</i>)	3.11	1.35	1.24	1.24																																															
细蕨属 (<i>Ceterach</i>)	8.60	2.72								0.99	3.32	2.48	2.75	3.60	1.62							0.99	3.32	2.48	2.75	3.60	1.62				2.55	2.50	6.29	1.62			2.55	2.50	6.29	1.62											
铁角蕨属 (<i>Asplenium</i>)	3.11	0.54								0.99	1.66	1.24	2.75	4.20	1.62							0.99	1.66	1.24	2.75	4.20	1.62				1.53	4.50	5.55	1.62			1.53	4.50	5.55	1.62											

菊科、藜科、豆科、禾本科、毛茛科、十字花科和石竹科等。这些孢粉组成,反映古土壤形成时期气候温暖半干润,为灌丛草原环境,土壤腐殖质化作用比较强。浅色表土层中的 A_p 层,因耕作未测孢粉, A_h 层中草本花粉占 80—90%,乔木和蕨类孢粉减少,反映浅色表土层成壤阶段气候转向温凉干燥,土壤向旱型化发展,有机质积累弱(表 2)。

三、黑垆土的残遗特征

陇东和陇中,是我国黄土强烈沉降地区之一。在陆地表面,大凡沉降速度发生显著变化的地区,就有古土壤被埋藏。

所谓黑垆土的残遗特性,是指黑垆土中右土壤的一切性质与现代成土环境不相适宜的特性。黑垆土的发育序列,是在古土壤之上加上了新的土壤剖面,它们分别印记了第四纪晚期环境条件的更替及土壤剖面发生的变质作用。

(一) 残遗的土壤剖面

据黑垆土各层段的成土年龄和孢粉组成,可以认为古土壤是历史时期自然环境的产物,成壤阶段也发生了物质的淋溶与淀积的层次分异。腐殖质层厚 80—160 cm,淀积层厚 100—120 cm,两层相加 200—260 cm,也有超过 300 cm 的。深厚古土壤剖面的形成,决定于以下两因素。

1. 晚第四纪气候阶段性的干冷与暖湿变化。距今 26000—14000 年和 14000—12000 年,分别为末次冰期的最盛期和晚冰期,气候干冷,黄土沉积加强,成土作用减弱。距今 12000—8500 年,气候转暖,为早全新世的温暖阶段,黄土沉积减慢,成壤作用加快。到了距今 8500—7500 年前后,出现了全球性的干冷气候,被认为是武木亚冰期最后一次副冰期的残余阶段(章基嘉等 1983),成土作用再度减弱。距今 7500—3000 年,气候转暖,大体相当欧洲的气候适宜期(距今 7000—5000 年)和气候副适宜期(距今 4000 年左右)。在我国被称为仰韶温暖期(竺可桢 1973,浦庆余 1980)。此时,适宜植物生长,成土速度加快,我国北方各地普通发育古土壤。

2. 黄土的沉降作用。黄土高原西北部,黄土年平均以 0.2 mm 厚度沉降,干燥寒冷阶段可达 0.4—0.5 mm^[2]。由此,不难理解深厚的古土壤剖面是与黄土物质处在动态变化和不断加积的过程中增厚的。

(二) 残遗的腐殖质层

古土壤的腐殖质层主要成壤于全新世中期,气候比现在湿润,植被也比现在繁茂,本应积累比较多的有机质,但因当时的气温比现在高 2—3℃^[3],有机质矿化速度快,再加上黄土年复一年地沉积,绿色植物总是要在新的堆积层之上出露和生长,有机质的聚积层也总是向新的覆盖层移动,这样就导致古土壤在发育过程中,从未出现过长期稳定的腐殖质积累层。故此,古土壤腐殖质层虽厚,颜色转深,但有机质含量不高(表 3)。

(三) 碳酸盐的残遗特征

陇东古土壤淀积层下段,普遍出现碳酸钙结核,结核的粒径由北部的庆阳向南部的正宁、灵台增大。结核的¹⁴C 年龄距今 4000—6000 年,表明全新世中期温湿的自然环境有利于碳酸钙的淋溶与淀积。然而,全新世中期的陇中,山地和黄土高丘陵地比陇东湿润,碳

酸盐向深层淋溶, B层少见碳酸钙结核残遗;黄土低丘和黄土残塬,比陇东干燥,淋淀作用弱,碳酸钙呈粗纹带状沿根孔和结构体表面聚积,未形成结核。

表3 黑垆土腐殖质特性

Table 3 Humus properties of heilu soils

地点 Locality	深度 Depth (cm)	土层 Horizon	有机质 (%) O.M.	全氮 (%) Total N	全磷 (%) Total P ₂ O ₅	pH	腐殖质组成 Humus Composition					
							全 C (%) Total C	腐殖质 C 总量(%) Total C of humus	胡敏酸 C 量(%) Carbon of H.A.	富啡酸 C 量(%) Carbon of F.A.	残渣中 C 量(%) C of residues	HA FA
西峰黄 官寨	0—21	Ap	1.04	0.064	0.153	8.34	0.56	0.21	0.09	0.12	0.35	0.75
	21—43	Ah	0.84	0.056	0.142	8.36	0.34	0.12	0.04	0.08	0.34	0.50
	43—82	A	1.45	0.093	0.151	8.47	0.58	0.22	0.10	0.11	0.37	0.91
	82—181	Btb AB	1.47	0.075	0.149	8.46	0.57	0.20	0.09	0.13	0.31	0.69
	181—265	B	0.82	0.052	0.135	8.58						
	265—306	BC	0.34	0.035	0.128	8.56						
通渭马 营	0—22	Ap	1.54	0.051	0.172	8.76	0.72	0.22	0.11	0.13	0.51	0.85
	22—48	Ah	0.92	0.048	0.162	8.63	0.70	0.23	0.09	0.11	0.50	0.81
	48—91	A	1.75	0.079	0.161	8.66	0.79	0.25	0.13	0.12	0.54	1.09
	91—166	Btb AB	1.61	0.063	0.168	8.82	0.78	0.24	0.12	0.11	0.51	1.11
	166—249	B	0.94	0.046	0.160	8.78						
	249—284	BC	0.35	0.033	0.149	8.92						
临夏 北塬	0—21	Ap	1.28	0.089	0.162	8.22	0.73	0.23	0.10	0.13	0.45	0.77
	21—48	Ah	1.09	0.083	0.149	8.24	0.71	0.21	0.08	0.12	0.41	0.66
	48—95	A	1.43	0.099	0.164	8.32	0.77	0.24	0.12	0.10	0.46	1.20
	95—168	Btb AB	1.50	0.095	0.158	8.47	0.74	0.22	0.11	0.10	0.43	1.10
	168—262	B	0.89	0.063	0.136	8.80						
	262—295	BC	0.56	0.042	0.134	8.94						

四、黑垆土上下层段的异质性

由于黑垆土上下两层段分别成壤于干凉和湿润的自然环境,以及古土壤的残遗性和浅色表土层的早型化,二者之间的物理化学性质发生突变。

(一) 土壤颜色的突变

浅色表土层平行整合于古土壤之上,二者基本无交错或交错不超过 1 cm,深色和浅色层段分明,亮度相差 3—4 个芒塞尔颜色标志。

(二) 营养物质的突变

Ap 层耕种施肥,营养物质含量较高,有机质 1.1—1.5%,全氮 0.05—0.08%,全磷 0.15—0.17%; Ah 层降低,有机质 1% 左右,多数剖面 < 1%,全氮只有 0.04—0.06%;古土壤的 A 层有机质为 1.5—1.8%,全氮 0.08—0.09%,不仅比 Ah 层高,也超过 Ap 层,

全磷和 A_p 层接近(表 3)。

(三) 腐殖质成分的差异

腐殖质组成中,全 C 量、腐殖质总 C 量、胡敏酸 C 量、富啡酸 C 量、以及 HA/FA 比值, A_p 层高于 Ah 层,而古土壤 A 层突然升高,且比 A_p 层还大。如胡敏酸 C 量, A_p 层 0.1% 左右, Ah 层 0.04—0.08%, 古土壤 A 层上升到 0.12—0.13%; 又如 HA/FA 比值, A_p 层和 Ah 层 <1 , 古土壤 A 层 >1 (表 3)。

(四) 碳酸盐含量的差别

黑垆土剖面碳酸钙含量的多寡及变化应与气候变迁有密切关系,即干冷阶段形成的土壤含量高,温湿阶段形成的土壤含量低。这种现象显著地反映在古土壤中低,浅色表土层中高。以宁县和盛剖面为例, A_p 层 8.02%, Ah 层 6.66%, 古土壤 A 层仅为 4.02—5.67%。西峰、通渭、临夏剖面也有相同的规律(表 5)。

(五) 粘粒含量的差别

$<0.001\text{mm}$ 的粘粒在剖面纵向分布上,由 A_p 层向古土壤依次增高。 A_p 层为 15—18%, Ah 层 18—20%, 古土壤 A 层达到 20—23%。粘粒在剖面上下层段的差异,表明浅色表土层风化程度弱,古土壤层风化程度高,以次生粘化为主。古土壤结构体表面,尚有棕色胶膜出现,说明有一定淀积粘化作用(表 4)。

(六) 土体化学组成的差别

黑垆土上下层段化学元素的组合及相互关系,实际上是生物气候关系的反映。浅色表土层中 SiO_2 含量略高于古土壤, Al_2O_3 和 Fe_2O_3 古土壤明显高于浅色表土层, CaO 、 K_2O 和 MgO 古土壤下层增多, Na_2O 、 MnO 和 TiO_2 没有明显变化规律。

表 4 黑垆土粘粒含量 ($<0.001\text{ mm, \%}$)

Table 4 Clay contents of heilu soils

地点 Locality	土 层		Horizon of soil			
	A_p	Ah	Btb			
			A	AB	B	C
西峰黄官寨	15.7	18.7	22.4	20.1	16.5	13.6
宁县和盛	14.5	16.2	20.2	20.5	15.2	13.7
通渭华家岭	16.4	17.5	21.8	19.2	17.3	14.4
榆中麻家寺	18.5	20.2	23.5	21.8	17.6	14.5
临夏北塬	18.7	18.8	19.8	19.7	15.2	13.9

氧化物比值在剖面中的变化也是有规律的。 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 比值浅色表土层高于古土壤, CaO/MgO 、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 、 $\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 的比值古土壤高于浅色表土层。 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 两项比值古土壤均比浅色表土层小。反映古土壤成壤的自然环境优于浅色表土层的成壤环境。

(七) 粘土矿物组成的差别

粘土矿物是表生环境条件下风化作用的产物,反映风化作用的营力和条件。黑垆土 X 衍射图谱中 $10 \times 10^{-10}\text{ m}$ 峰最高,其次为 $5 \times 10^{-10}\text{ m}$ 、 $3.35 \times 10^{-10}\text{ m}$ 和 $7.1 \times$

10⁻¹⁰ m 衍射峰,表明粘土矿物组成伊利石占主要成分,其次为绿泥石、高岭石和蒙脱石。

根据黑垆土粘土矿物 X 射线衍射图谱峰强对比和衍射峰面积积分,可半定量估算出粘土矿物含量百分比。

表 5 黑垆土粘土矿物组成及百分含量

Table 5 Composition and percentage contents of clay minerals in heilu soils

地点 Locality	土层 Horizon	粘土矿物(%) Clay mineral (%)					伊利石 绿泥石	伊利石 高岭石	
		伊利石 Illite	绿泥石 Chlorite	高岭石 Kaolinite	蒙脱石 Montmorillonite	石 英 Quartz	Illite Chlorite	Illite Kaolinite	
		临夏北塬	Ah	67.5	19.0	12.8	2.3	少	3.55
Btb	A	63.8	21.2	13.5	2.1	少	3.01	4.72	
	BC	70.4	18.7	13.9	2.7	少	3.76	5.06	
通渭马营	Ah	69.8	19.6	12.7	2.6	少	3.56	5.50	
	Btb	A	63.5	19.2	13.7	3.5	少	3.31	4.60
		BC	70.2	17.8	12.8	2.5	少	3.94	5.48

表 5 反映伊利石和绿泥石浅色表土层高于古土壤,而高岭石和蒙脱石古土壤比浅色表土层含量多。

(八) 磁化率的差别

土壤磁化率是土壤在外磁场感应中产生的磁化强度。风化程度高发育良好的土壤,磁化率值大,风化程度低发育弱的土壤磁化率值小。黑垆土剖面磁化率值呈曲线变化(图 1)。浅色表土层为低值段,磁化率值 23—26 (SI) 单位;古土壤 A 层呈高值段,磁化率值 46—48 (SI) 单位;古土壤的 B 层和 C 层降为低值段,磁化率值分别为 20—30 和 15—20 (SI) 单位。

浅色表土层磁化率值低,是因为黄土物质来源于磁性低的中性岩和酸性岩风化物,并且这些风化物成土时间短,成壤作用和矿物风化程度弱,其中含不少磁性低,而且又是难风化的磁铁矿。古土壤磁化率值高,首先是因为土壤经长期的温暖古地理环境的成土作用,腐殖质含量和次生粘土矿物所占比重较上覆土层多,其中含磁性高的次生磁铁矿的数值相应

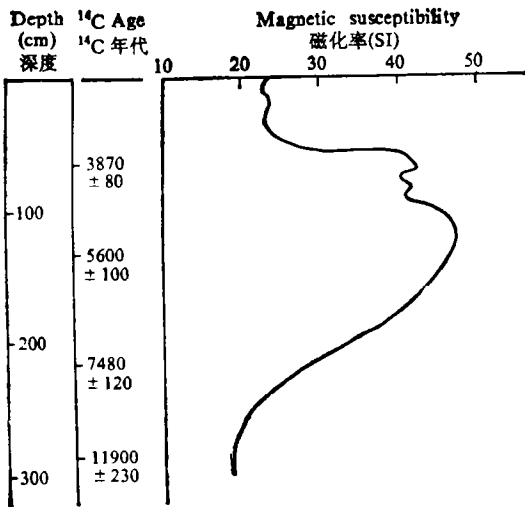


图 1 榆中麻家寺黑垆土磁化率曲线图

Fig. 1 A curve of magnetic susceptibility of heilu soil in Majiasi, Yuzhong County

质含量和次生粘土矿物所占比重较上覆土层多,其中含磁性高的次生磁铁矿的数值相应

增大;其次是在极细的矿物颗粒中含铁物质的“超顺磁性”的存在,对土壤磁化率值的增强也起了重要的作用。

五、问题讨论

(一) 黑垆土是多元发生的土壤

一般将成土年龄远大于全新世的土壤称多元化发生的土壤(Thorp 1965)。陇东和陇中黑垆土的成土年代大体分三个阶段。第一阶段,成壤于气候较为冷干的晚更新世晚期,第二阶段形成于全新世早期的气候转暖期和全新世中期的气候温润适宜期,第三阶段成壤于全新世晚期,气候温凉干燥。土壤中一些敏感元素和化合物,如 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 K^{+} 和 CaCO_3 、 MgO 、 K_2O 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 及其相关比率,是不同阶段成壤时气候演变的重要标志。由此可以认识到,陇东和陇中乃至我国北方,晚更新世晚期以来,气候并非直线变化,而是经历多次波动,土壤也随之进入每个发育阶段。因此,黑垆土的一切特性,远非现代成土环境引起的,具多元发生特征。

(二) 古土壤顶端不存在古耕层

古土壤与上覆浅色表土层呈平行整合接触。这种现象指示古土壤表层既无土壤侵蚀,更无经过耕种,而是在古土壤之上连续沉积了新的黄土物质。如果经过耕种,上下土层混合至少 10—15 cm。然而各地剖面上下段土壤确是“泾渭分明”,混合不超过 1 cm。若以陶片侵入作为古耕层重要依据,陇东和陇中在第二次土壤普查中挖取土壤剖面数以万计,含陶片的 Ah 层和古土壤层,分别占剖面总数的 0.27% 和 0.32%,这样看来,陶片在 Ah 层和古土壤顶端不是广为存在,不足以说明就是古耕层。何况成土年龄距今 3000 年的古土壤顶端,从时间上相当我国商代末期和周朝初期,泾渭河谷文物遗存表明当时河谷文化有一定发展规模,而整体黄土塬区普遍农耕,并非易事。

(三) 浅色表土层,是全新世晚期气候旱化黄土沉积的结果,粪肥堆积只是大规模农耕以后的事件

黄土是干旱半干旱气候的产物^[2]。我国黄土高原自早更新世到现在,黄土沉积从未间断,标志这一地区气候演变的总趋势是向旱型化发展。全新世晚期气候温凉干燥,黄土沉积加强,正是气候旱化发展趋势的反映。全新世晚期若以 3000 年计,年沉积黄土 0.2 mm,应形成 60 cm 厚的黄土覆盖层,除掉土壤侵蚀,也应保留 40—50 cm 厚的覆盖层,现存的浅色黄土覆盖层与这个厚度相一致。Ah 层无陶片和炭渣,说明此层是黄土堆积形成的;Ap 层存在陶片和炭渣,表明该层出现在大规模农耕以后,在黄土沉积和施肥堆垫双重作用下形成的。

(四) 黑垆土的复钙作用

古土壤发育时期,A 层碳酸盐淋向 B 层淀积。陇东淋溶强,A 层含量 5—6%,B 层含量 15% 左右,B 层是 A 层的 2.5—3.0 倍;陇中淋溶弱,A 层为 11—14%,B 层为 16—18%,B 层是 A 层的 1.2—1.5 倍。但在古土壤之上的 Ap 层和 Ah 层 CaCO_3 含量 8—15%,高于古土壤 A 层,pH 值 8.2—8.5,表明这两层土壤是在弱碱性介质氧化环境干草原条件下的堆积物所产生的复钙作用。

结 束 语

陇东和陇中黑垆土发育的时间,剖面深 4 m 的¹⁴C 年代已长达 26000 年,表明在长期的成土过程中,土壤进化是一种广泛存在的现象,不仅出现陇东和陇中黑垆土的地域性差异,也反映随成土时间的演变而出现了剖面发生层的变化。

全新世中期温暖较湿和全新世晚期温凉干燥的气候状况,控制着土壤形成过程的介质条件,也控制元素和化合物的地球化学行为,引起土壤风化、淋溶和淀积速度的改变。古土壤形成时,物质风化速度快,粘粒含量、土壤肥力、磁化率均较高,这些特性由古土壤下层向上层增高,反映古土壤是一种进化的土壤。浅色表土层的这些特性比较差,表明它是一种进化速度慢的土壤。若与古土壤的一切特性相比,特别同古土壤的肥力水平相比,差之甚远。因此,浅色表土层是一种退化了的土壤。

参 考 文 献

1. 中国科学院南京土壤研究所主编, 1978: 中国土壤。578—580 页, 科学出版社。
2. 刘东生等, 1985: 黄土与环境。303—322 页, 科学出版社。
3. 竺可桢, 1973: 中国近 5000 年来气候变迁的初步研究。中国科学, 第 2 期, 291—296 页。

GENESIS AND EVOLUTION OF HEILU SOILS IN THE MIDDLE AND EAST OF GANSU PROVINCE

Hu Shuangxi

(Department of Geography, Lanzhou University, 730001)

Summary

Our predecessors thought that heilu soils in our country were formed under modern biological and climatic conditions. The author's researches on the heilu soils in the middle and east of Gansu Province show that heilu soils are not merely the outcomes of modern prairie environment, also historical natural products. There had been some very long periods of soil forming processes under prairie environment in the early and middle Holocene and as early as in the late Pleistocene, ancient soils formed and the profile had complete humus horizons and calcic horizons. In the late Holocene up to present, the covering strata formed on the ancient soils under modern soil forming environment, the soil elements were recomposed, translocated and illuviated again in the covering strata and ancient soil horizons of the whole profile.

The continued loess accumulation at a rate of 0.1—0.2mm per year is of great significance to the formation of thick heilu soil profiles, especially in the north and northwest of Loess Plateau. The most striking characteristic of heilu soil profiles is that they possess the covering strata and buried ancient soil horizons.

Key words Heilu soils, Ancient soils, Covering strata, Loess deposit