

黑垆土的形成环境*

季 耿 善

(江苏省环境科学研究所, 210029)

摘 要

根据成土年龄、土壤中植物孢粉鉴定、腐殖质组成、碳酸钙含量、粘土矿物类型、土壤微形态、土壤剖面形态和其它特征,分析了黑垆土的形成环境。研究表明,黑垆土是一种古土壤,它的许多特征是古生物气候条件的产物。

关键词 黑垆土,环境

黑垆土在黄土高原的分布范围较广,但面积甚小,因其特殊的性态特征和长期来把它作为“地带性”土壤而引人注目。

按照传统的发生原则,地带性土壤的发生特征应与地理环境存在着统一性和连续性;如果成土环境发生了变化,其成土过程和特征也随之发生变化。作者对黄土高原黑垆土的形成特征,尤其对安塞的黑垆土进行了着重研究。

一、黑垆土的现代环境^[1,14]

黄土高原是我国独特的地理区域。其大部属暖温带半干旱气候。冬寒夏热,温度升降快;夏雨春旱,干湿季节明显。年平均气温8—10℃(安塞8.8℃),年降水量350—600mm,一般为400—500mm(安塞493mm),年蒸发量1600—2400mm(安塞的降水蒸发比为3.4),年太阳总辐射5024—5862J/m²,年日照总时数为2200—2800小时,≥10℃积温3000℃左右。

黄土高原的植被主要是干草原植被,也有荒漠草原(北部)和森林草原(南部)类型,覆盖度较稀。

我国黄土是有较完整地层系列的第四纪陆相沉积物,埋藏着众多的古土壤剖面。它在第三纪三趾马红土之上,覆盖着午城黄土(Q₁)、离石黄土(Q₂)、马兰黄土(Q₃)和全新世黄土(Q₄)^[10]。黄土厚度一般为50—150m,最厚者可达300m。深厚、均质、干燥、松软的黄土对其上土壤的发育和生物气候条件也产生不可忽视的影响。黄土区土壤以绵土为主,成土母质(包括黑垆土的母质)主要是马兰黄土。颗粒组成均匀,以粉砂占优势。马兰黄土的低温沉积(据刘东生等研究,马兰黄土形成时期的平均气温≤0℃)^[10]、稀少植被、现代较干旱的水热状况和日益严重的土壤侵蚀,导致在弱风化母质上的原始成土过

* 朱显谟先生对本文给予热情的支持和帮助,向作者提供了许多他对黄土研究的最新资料和宝贵意见。参加野外考察、共同讨论的还有徐彬彬、李天杰同志。曹升康同志帮助进行微形态鉴定。仅此一并致谢。

程,除残余土壤外,土壤发育较弱。

黑垆土主要分布于黄土高原的塬区、梁、塔、台地与沟缘地带,除塬区有较大面积大都耕种外,一般呈残存、零星分布。

二、黑垆土形成特征分析

(一) 成土年龄

据测定,距安塞较近的洛川黑垆土¹⁴C 年龄为距今 8000 或 8500 年左右^[11]。刘东生等^[10]将黄土高原黑垆土划归于三个年代范围即距今 8100—9900、4600—7400 和 2000—3000 年,其中后二个年代与竺可桢对中国北方气候划分的第一、二寒冷期接近。而日本学者横山卓雄把洛川黑垆土划归为冰后期的沉积物^[11]。

(二) 孢粉鉴定

土壤中的植物孢粉鉴定有助于揭示土壤形成的生物气候环境。王永焱等^[11]对洛川和

表 1 安塞黑垆土孢粉组合*

Table 1 Spore-pollen combination of Ansai dark loessial soil

孢粉 Spore-pollen	王家湾 Wangjia Bend	鸦行山 Yaxing Mountain	庙界 Miaojie
蒿属 <i>Artemisia</i>	19	41	6
蓼属 <i>Polygonum</i>	2	2	
蕨属 <i>Cneno-podiaceae</i>	5	1	
豆科 Leguminosae	3		
十字花科 Cruciferae	3		1
苔藓 Bryophyte			1
莎草 Cyperaceae	1		
松属 <i>Pinus</i>	1	3	
石竹 Caryophyllaceae	1		
毛茛 Ranunculaceae	1		
柏科 Cupressaceae	1		
卷柏属 <i>Selaginella</i>	1		

* 孢粉组合是指某地层中发现的孢粉种属及其数量关系,也即在被测样品的玻片中检出的各种植物孢粉的个数。

西安二地黑垆土的孢粉(草本为主,蒿属最多,菊科、豆科次之)得出形成黑垆土的气候为“凉略湿”的结论。刘东生等^[10]根据陇西、西峰的孢粉(蒿属、蓼科、藜科、禾本科、蔷薇科等)认为黑垆土在相同或类似的生物气候环境“稍湿温凉”下发育的。我们在安塞测定的孢粉(由中国科学院古生物研究所鉴定)结果见表 1。

上表以王家湾的古植物为最丰富。孢粉组合均以蒿属为主。但蒿属是一个很庞大的种属,其孢粉个大、皮厚、体重,容易保存,所以孢粉的相对数量较多而不能完全反映当时植被间的数量关系。尤其是蒿属是风媒孢粉(松属和十字花科的一部分也是风媒孢粉),这些孢粉的一定数量来自异地,特别是来自较高的地形部位或夹带在黄土尘中,降落在黑垆土区。虽然如此,安塞各地黑垆土的孢粉组合,以及洛川、西安、陇西、西峰的黑垆土孢粉中,均以草本植物为主,没有半干旱气候条件的特征孢粉种属,而是显示黑垆土形成时期较湿的草原环境。

(三) 土壤腐殖质

具有深厚(60—100cm 以上)的深色(深灰带棕色)腐殖质层是黑垆土的最主要特征(剖面 AS-39 黑垆土腐殖质层达 3 米多厚),它的存在反映黑垆土成土时的丰茂植被和较湿的土壤水分状况。不仅有一定厚度的黑垆土层,而且具有地带性指示意义(北高南低)的土壤腐殖质组成含量(胡敏酸占全碳可达 40%)及 H/F 比(黑垆土一般 >2 ,黄绵土、轻绵土等为 0.5 左右)与东北黑土相似。故 1958 年柯夫达曾把黑垆土看作是“古代黑钙土的强度草原化的干草原熟化土”,并按其性质建议称它为粟钙土型黑钙土^[11]。黑钙土的 C:N (12—13 左右)也比黄绵土(4—10)为高。

罗贤安等研究^[9]还证明黑垆土胡敏酸的芳构化度高,消光系数大,腐殖质分子的复杂程度高。

以上特征均与黄土高原及其邻近区域土壤的腐殖质有很大差异,也说明在现代干草原和土壤水热状况下不可能获得具备上述特征的土壤腐殖质。可以认为,在全年总热量低的前提下,黑垆土在夏天仍处于温湿环境,因植被茂密、土壤疏松而积累较多的有机物,在寒冷的冬天却又不易分解,故有机质含量较多。现在黑垆土的有机质含量较低(1—2% 左右)是半干旱条件下土壤有机质分解的结果。

(四) 碳酸钙含量

土壤中碳酸钙含量是成土作用特别是土壤水分状况的良好标志。富含碳酸钙是中国黄土的特征。作者根据黄土高原各地的 15 个黑垆土剖面资料表明: CaCO_3 含量 $<1\%$ 者占 40%; 2—3% 左右者占 35%; 另有 4 个剖面黑垆土层的 CaCO_3 虽高达 5—10%,但也比这些剖面的非黑垆土层的 CaCO_3 少 30—50%。安塞黑垆土 CaCO_3 含量较低(鸭行山 $<0.5\%$, 庙界 3% 左右),比安塞黄绵土的 CaCO_3 含量(7—10%)少得多。据朱显谟资料^[12],塬土剖面中的垆土层 CaCO_3 含量也少。这些情况说明黑垆土层、垆土层 CaCO_3 含量低是具有普遍意义的特征,其 pH 也略低。 CaCO_3 的淋失证明黑垆土形成时期有较多水分沿土壤剖面进行垂直运动,同时茂密的植被及有机体分解时产生的有机酸和 CO_2 加速了碳酸钙的淋溶过程。

(五) 化学组成与分子率

土壤化学组成特别是土壤中易移动成分铁、钙、镁、钾、钠和移动较慢的硅、铝含量及

表2 安塞黑垆土与黄绵土的土壤腐殖质组成*

Table 2 Humus composition of dark loessial soil and yellow loessial soil

土壤 Soil	剖面号 Profile No.	深度 (cm) Depth	有机质 (%) O. M.	全氮 (%) Total N	全碳(%) Total C	C N	占全碳(%) % of total carbon		H F
							胡敏酸 HA	富里酸 FA	
黑垆土 Dark loessial soil	AS-1	0—15	1.40	0.08	0.81	10.52	19	15	1.27
		15—24	2.09	0.10	1.21	12.35	37	17	2.18
		24—60	2.03	0.10	1.18	12.42	47	17	2.76
		60—96	1.84	0.08	1.07	13.21	40	15	2.67
		96—123	—	0.03	—	—	7	9	0.78
		123—156	—	0.03	—	—	3	7	0.43
	AS-39	0—16	0.85	0.06	0.49	8.17	7	8	0.88
		16—37	0.86	0.06	0.50	8.33	9	10	0.90
		37—53	1.11	0.09	0.64	7.11	16	10	1.60
		53—79	1.12	0.08	0.65	8.13	18	10	1.80
79—317		1.37	0.07	0.79	11.29	27	12	2.25	
黄绵土 Yellow loessial soil	AS-18	0—20	0.78	0.05	0.45	9.78	4	6	0.67
		20—50	0.49	0.03	0.28	8.75	2	5	0.40
		50—250	0.33	0.02	0.19	9.05	1	0	—
		250—450	0.30	0.02	0.17	8.10	1	0	—
		450—600	0.20	0.01	0.12	10.91	1	1	1.00
	AS-44	0—13	0.62	0.05	0.36	7.83	2	5	0.40
		13—32	0.56	0.04	0.32	7.62	2	4	0.50

* 本表及表4,5中,黑垆土剖面中 AS-1 的 15—96cm; AS-39 的 37—317cm 为黑垆土剖面,其上为黄土覆盖层,其下为母质层。在分析讨论中,黑垆土剖面的分析数据不包括黄土覆盖层和母质层。

其相互比率和分子率与土壤风化度、淋溶强弱有关,移动速率快的物质随淋溶的增强而减少,土体钙镁率和钙钾钠铝率随风化度和淋溶作用加强而降低,钾钠率则反之。

从表5可见,黑垆土土体的钙镁率为0.6—0.7,钙钾钠铝率为0.8—0.9,比绵土(分别为2.5—2.7和1.7—1.9)明显地小,而钾钠率(0.80—0.93)又比绵土(0.60—0.78)大,说明黑垆土的淋滤作用比绵土强得多。从黑垆土剖面的化学组成中(表4)还可看到,二氧化硅和三氧化物也略有移动,黑垆土的CaO数量比绵土少得多,Fe₂O₃含量略低。

土壤粘粒是物质风化和成土过程的产物,粘粒的数量与组成能更好地说明成土过程的强弱和特征。与土体相比,土壤粘粒中铁、铝、钛、镁、钾等氧化物富集。我国土壤粘粒

表3 黑垆土与绵土的游离氧化物*

Table 3 Free oxide contents of dark loessial soil and loessial soil

土壤 Soil	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
黑垆土	0.20—0.28	0.14—0.19	1.01—1.26
绵土	0.21—0.24	0.11—0.15	0.83—0.99

* 用 Jarrellash-Tcap 900 型发射光谱仪测试游离氧化物用 DCB 法。

表 4 黑垆土及绵土的土体和粘粒 ($<2\mu$) 的化学组成
 Table 4 Chemical composition of dark loessial soil and loessial soil and clay ($<2\mu$)

剖面号 Profile No.	深度 (cm) Depth		化 学 全 量 组 成 (%) Total composition (%)											
			Igni- tion loss	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	
黑垆土 (AS-1) Dark loessial soil	0—15	土体	6.76	71.72	4.03	11.62	0.65	0.06	5.12	1.91	2.45	2.08	0.10	
		$<2\mu$	16.56	58.19	8.46	23.30	0.97	0.04	0.17	2.96	4.34	0.77	0.13	
	15—24	土体	5.72	72.71	4.38	12.22	0.65	0.07	3.15	1.70	2.42	2.04	0.08	
		$<2\mu$	18.96	55.77	10.27	23.86	0.91	0.05	0.10	3.27	3.64	0.86	0.15	
	24—60	土体	4.76	73.43	4.41	12.55	0.66	0.07	1.72	1.62	2.54	2.01	0.08	
		$<2\mu$	19.40	55.87	10.15	23.76	0.94	0.05	0.12	3.18	3.64	0.97	0.15	
	60—96	土体	4.08	74.41	4.44	12.53	0.67	0.07	1.64	1.58	2.50	2.00	0.08	
		$<2\mu$	12.94	55.44	10.02	24.01	0.93	0.05	0.11	3.31	4.09	0.79	0.14	
	96— 123	土体	3.12	74.68	4.41	12.48	0.64	0.07	1.32	1.60	2.56	2.02	0.09	
		$<2\mu$	12.74	57.55	9.13	23.65	0.94	0.05	0.17	2.89	4.29	0.58	0.14	
	123— 156	土体	2.88	75.18	4.27	12.22	0.62	0.07	1.37	1.70	2.55	2.11	0.09	
		$<2\mu$	11.66	58.56	8.51	23.17	0.98	0.05	0.19	2.76	4.35	0.67	0.14	
	黑垆土 (AS-39) Dark loessial soil	0—16	土体	6.12	70.69	5.38	11.37	0.60	0.06	5.24	1.91	2.38	2.07	0.11
			$<2\mu$	10.36	55.00	9.59	24.35	0.88	0.06	0.23	3.51	5.31	0.50	0.13
16—37		土体	5.70	70.75	4.73	11.68	0.59	0.07	4.34	1.85	2.46	2.04	0.11	
		$<2\mu$	12.26	55.39	9.79	24.29	0.91	0.06	0.23	3.42	5.28	0.51	0.17	
37—53		土体	5.24	72.47	4.43	12.45	0.62	0.08	3.50	1.85	2.52	2.08	0.11	
		$<2\mu$	12.78	55.45	9.89	24.40	0.93	0.06	0.19	3.36	5.38	0.49	0.17	
53—79		土体	5.54	71.33	4.43	12.81	0.62	0.08	3.83	1.91	2.69	2.01	0.12	
		$<2\mu$	12.70	55.03	10.00	24.33	0.92	0.06	0.23	3.31	5.42	0.48	0.19	
79— 317		土体	5.12	71.46	3.75	12.23	0.64	0.08	2.81	1.97	2.80	1.98	0.12	
		$<2\mu$	13.32	55.53	9.76	24.13	0.91	0.05	0.13	3.22	5.28	0.51	0.17	
317— 400		土体	7.16	70.05	3.15	11.46	0.58	0.06	7.45	2.01	2.38	1.99	0.11	
		$<2\mu$	10.08	56.04	9.50	24.53	0.91	0.04	0.11	3.48	4.82	0.53	0.11	
0—16		土体	7.68	70.36	3.87	11.36	0.65	0.06	7.35	2.07	2.18	2.06	0.11	
		$<2\mu$	14.90	60.42	7.63	22.83	1.00	0.04	0.16	2.71	4.65	0.75	0.13	
轻绵土 (AS-8) Light loessial soil	16—40	土体	7.62	69.38	3.94	11.39	0.63	0.06	7.92	2.13	2.33	2.08	0.10	
		$<2\mu$	12.94	58.74	8.06	23.06	1.00	0.05	0.31	3.00	4.64	0.78	0.12	
	40—85	土体	7.58	69.27	3.97	11.58	0.62	0.06	8.22	2.19	2.22	2.06	0.10	
		$<2\mu$	10.14	56.75	8.91	23.39	0.95	0.04	0.21	3.34	4.46	0.99	0.12	

续表 4

剖面号 Profile No.	深度(cm) Depth		化 学 全 量 组 成 (%) Total composition (%)										
			Igni- tion loss	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
黄绵土 (AS-18) Yellow loessial soil	0-20	土体	8.38	67.64	4.35	12.13	0.65	0.08	8.44	2.35	2.41	1.93	0.10
		<2μ	12.12	58.12	8.89	23.10	0.94	0.05	0.13	3.28	4.42	0.74	0.13
	20-55	土体	8.02	67.74	4.46	12.18	0.66	0.08	7.78	2.35	2.42	1.85	0.11
		<2μ	12.52	55.37	9.13	22.90	0.80	0.05	0.25	3.74	4.48	0.50	0.18
黄绵土 (AS-44) Yellow loessial soil	0-13	土体	8.00	67.25	4.40	12.08	0.66	0.08	8.32	2.34	2.38	2.08	0.11
		<2μ	9.72	56.07	9.27	24.03	0.90	0.06	0.23	3.58	4.94	0.63	0.13
	13-32	土体	8.20	67.92	4.39	11.99	0.66	0.07	8.42	2.34	2.44	2.10	0.11
		<2μ	9.32	55.84	9.24	23.96	0.87	0.06	0.58	3.73	5.02	0.65	0.12

表 5 黑垆土与绵土的分子率

Table 5 Molecular ratio of dark loessial soil and loessial soil

土壤类型 Type	深度 (cm) Depth	SiO ₂ / Al ₂ O ₃		SiO ₂ / R ₂ O ₃		CaO/ MgO		K ₂ O/ Na ₂ O		(CaO+K ₂ O+ Na ₂ O)/Al ₂ O ₃	
		土体 Soil	粘粒 Clay	土体 Soil	粘粒 Clay	土体 Soil	粘粒 Clay	土体 Soil	粘粒 Clay	土体 Soil	粘粒 Clay
黑垆土 (AS-1) Dark loessial soil	0-15	10.49	4.25	8.59	3.45	1.91	0.04	0.78	3.73	1.33	0.27
	15-24	10.12	3.97	8.23	3.12	1.32	0.02	0.78	2.79	0.96	0.23
	24-60	9.95	4.00	8.13	3.14	0.76	0.03	0.83	2.48	0.76	0.24
	60-96	10.10	3.93	8.24	3.10	0.74	0.02	0.82	3.41	0.72	0.25
	96-123	10.17	4.14	8.30	3.32	0.57	0.04	0.84	4.88	0.68	0.25
	123-156	10.46	4.30	8.55	3.48	0.58	0.05	0.80	4.28	0.71	0.27
黑垆土 (AS-39) Dark loessial soil	0-16	10.57	3.84	8.13	3.07	1.96	0.05	0.76	7.00	1.37	0.29
	16-37	10.30	3.88	8.18	3.08	1.68	0.05	0.80	6.83	1.19	0.29
	37-53	9.90	3.86	8.07	3.07	1.35	0.04	0.80	7.24	1.01	0.29
	53-79	9.47	3.85	7.76	3.05	1.43	0.05	0.88	7.45	1.03	0.29
	79-317	9.18	3.91	7.78	3.11	1.02	0.03	0.93	6.83	0.86	0.28
	317-400	10.39	3.88	8.74	3.11	2.65	0.02	0.79	6.00	1.70	0.26
轻绵土 (AS-8) Light loessial soil	0-16	10.53	4.50	8.65	3.71	2.54	0.04	0.70	4.09	1.69	0.29
	16-40	10.36	4.33	8.48	3.54	2.66	0.07	0.74	3.92	1.79	0.30
	40-85	10.17	4.12	8.35	3.32	2.68	0.04	0.71	2.97	1.79	0.29
黄绵土 (AS-18) Yellow loessial soil	0-20	9.47	4.28	8.61	3.44	2.57	0.03	0.75	3.94	1.73	0.27
	20-50	9.27	4.11	8.00	3.28	2.40	0.48	0.70	5.91	1.67	0.45
黄绵土 (AS-44) Yellow loessial soil	0-13	9.60	3.97	8.96	3.18	2.56	0.05	0.69	5.17	1.81	0.28
	13-32	9.67	3.96	8.23	3.18	2.57	0.11	0.77	5.09	1.79	0.32

表 6 黑垆土的粘土矿物*
Table 6 Clay minerals of dark loessial soil

剖面号 Profile	序号 No.	角度 2θ	脉冲强度 Intensity	半峰宽 Width	底面距离 d	强度比 I/I ₀	矿物 Minerals
AS-1	24—60cm						
	1	8.740	268	0.360	10.109	34	水云母
	2	12.360	137	—	7.155	17	高岭石、绿泥石
	3	17.720	121	—	5.001	15	水云母
	4	19.740	262	0.480	4.494	33	
	5	20.820	203	—	4.263	26	石英
	6	24.820	134	—	3.584	17	高岭石
	7	25.100	144	—	3.545	18	绿泥石
	8	26.580	—	—	3.351	100	水云母、石英
	60—96cm						
	1	6.180	70	—	14.290	6	绿泥石
	2	8.740	702	0.390	10.109	62	水云母
	3	12.380	366	0.540	7.144	32	高岭石、绿泥石
	4	17.680	287	0.390	5.013	25	水云母
	5	18.700	155	—	4.741	14	绿泥石
	6	20.820	153	—	4.263	13	石英
7	24.820	281	0.300	3.584	25	高岭石	
8	25.080	329	0.300	3.548	29	绿泥石	
9	26.560	1135	0.360	3.535	100	水云母、石英	
AS-39	37—53cm						
	1	6.180	81	—	14.290	6	绿泥石
	2	8.760	1156	0.390	10.086	86	水云母
	3	12.420	476	0.480	7.121	35	绿泥石、高岭石
	4	17.680	418	0.420	5.013	31	水云母
	5	18.720	203	—	4.736	15	绿泥石
	6	20.820	167	—	4.263	12	石英
	7	24.840	315	0.360	3.582	23	高岭石
	8	25.100	420	0.300	3.545	31	绿泥石
	9	26.620	1346	0.420	3.346	100	水云母、石英
	53—79cm						
	1	6.200	131	—	14.244	10	绿泥石
	2	8.760	1314	0.420	10.086	96	水云母
	3	12.380	570	0.480	7.144	42	高岭石、绿泥石
	4	17.720	479	0.450	5.001	35	水云母
	5	18.700	218	—	4.741	16	绿泥石
	6	20.820	143	—	4.263	10	石英
	7	24.840	329	0.300	3.582	24	高岭石
8	25.120	449	0.330	3.542	33	绿泥石	
9	26.620	1369	0.390	3.346	100	水云母、石英	

续表 6

剖面号 Profile	序号 No.	角度 2θ	脉冲强度 Intensity	半峰宽 Width	底面距离 d	强度比 I/I ₀	矿物 Minerals
AS-39	79—317cm						
	1	6.200	63		14.244	6	绿泥石
	2	8.740	980	0.390	10.109	88	水云母
	3	12.360	418	0.570	7.155	37	高岭石、绿泥石
	4	17.680	333	0.450	5.013	30	水云母
	5	18.700	147	—	4.741	13	绿泥石
	6	20.820	158	—	4.263	14	石英
	7	25.080	306	0.330	3.548	27	绿泥石
	8	26.580	1118	0.510	3.351	100	水云母、石英
9	—	—	—	3.590	23	高岭石	

* 根据(日) D/max—IIIC X 射线衍射仪测定。

表 7 黄绵土的粘土矿物

Table 7 Clay minerals of yellow loessial soil (AS-18)

剖面 Profile	序号 No.	角度 2θ	脉冲强度 Intensity	半峰宽 Width	底面距离 d	强度比 I/I ₀	矿物 Minerals
AS-18	0—20cm						
	1	4.880	465		18.094	36	蒙皂石
	2	6.200	106		14.244	8	绿泥石
	3	8.760	1292	0.510	10.086	100	水云母
	4	12.400	523	0.600	7.132	40	高岭石、绿泥石
	5	17.680	452	0.390	5.013	35	水云母
	6	18.740	221		4.731	17	绿泥石
	7	20.820	149		4.263	11	石英
	8	24.800	352	0.300	3.587	27	高岭石
	9	25.060	425	0.330	3.551	33	绿泥石
	10	26.600	1256		3.348	97	水云母、石英
	11	27.900	163		3.195	13	长石
	20—50cm						
	1	4.780	1101		18.472	60	蒙皂石
	2	6.180	331		14.290	18	绿泥石
	3	8.780	1833	0.420	10.063	100	水云母
	4	12.380	1097	0.540	7.144	60	高岭石、绿泥石
	5	17.700	736	0.420	5.007	40	水云母
	6	18.700	425	0.360	4.741	23	绿泥石
	7	20.820	140		4.263	8	石英
	8	24.820	683	0.330	3.584	37	高岭石
	9	25.060	834	0.360	3.548	45	绿泥石
10	26.620	1727	0.600	3.346	94	水云母、石英	
11	27.900	167		3.195	9	长石	

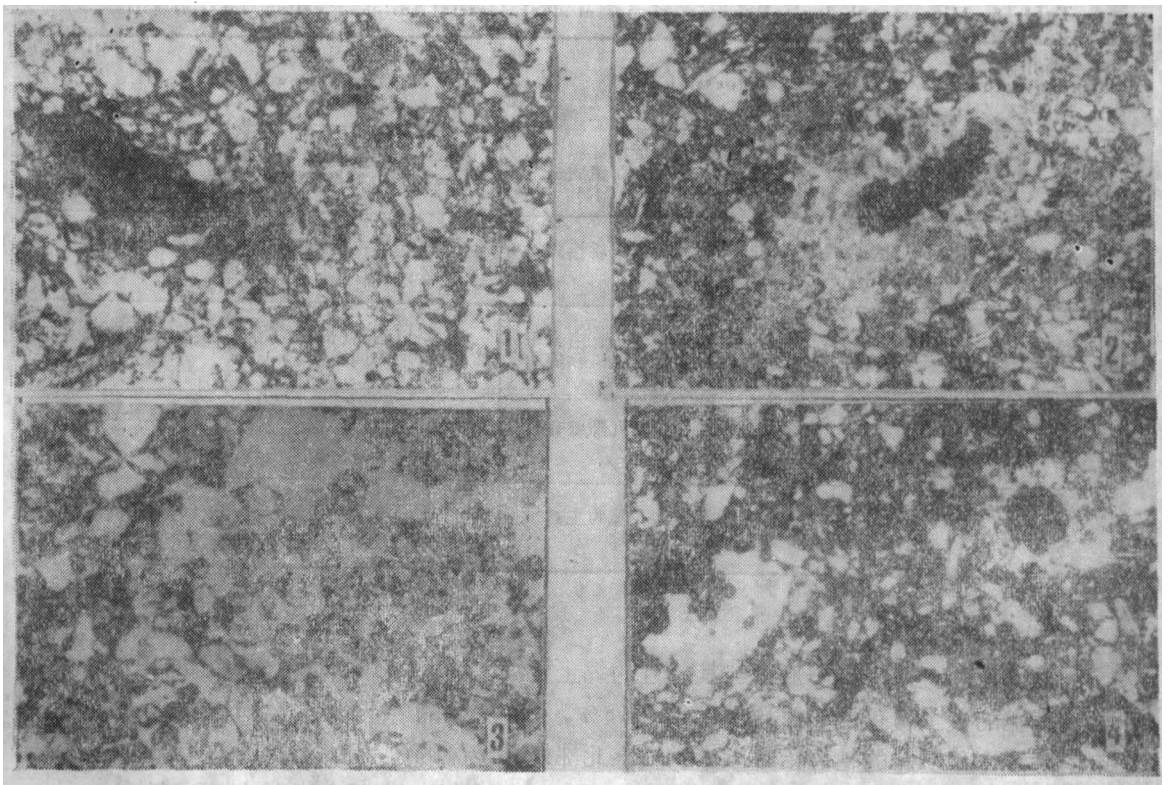
的硅铝率和硅铝铁率随风化作用和淋溶的增强呈有规律地减少, 游离氧化物的数量则反之, 成土过程越强, 游离氧化物数量越多。

安塞黑垆土粘粒的 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 在 3.1 左右, 较绵土 (3.18—3.71) 为小 (表 5), 表征黑垆土在湿润和较强的生物活动参与下的土壤风化度较绵土等土壤强。这一特征也可以从黑垆土的活性和游离氧化物含量均比绵土高中能够说明, 由表 3 可知黑垆土的铁、铝游离氧化物数量较绵土明显要多, 说明黑垆土的成土过程比绵土强。

黑垆土粘粒的硅、铁、铝等主要化学组成与绵土等土壤差异不太明显, 说明从大范围来说, 这些土壤矿物风化和解理水平大致相似。但在黑垆土的另一剖面中, 黑垆土层粘粒的铁铝氧化物略高而氧化硅和氧化钙的数量低。这也是黑垆土形成时期湿度状况较大、淋溶作用和化学风化度较强的标志, 具有指示环境的意义。

(六) 粘土矿物类型

黑垆土的粘土矿物以水云母和高岭石为主, 绿泥石次之, 这与其它在黄土母质上发育的土壤相似。但与绵土相比, 黑垆土在 $3.54 \times 10^{-10}\text{m}$ 附近绿泥石的脉冲强度较小。由表



照片 1 AS-39(72—120cm)×66, 单偏光, 基底为胶结型式和有一些过去耕作层表面形成的细粒沉降物碎段(左)。

照片 3 AS-1 (15—24cm)×66, 单偏光, 示包膜-接触(右、中、下)、包膜-桥接(中)和填隙状(左)胶结型式。

照片 2 AS39 (317—400cm)×50, 正交偏光, 碳酸盐胶膜(中), 黑色为孔隙。

照片 4 AS-1(60—96cm)×50, 正交偏光, 碳酸盐胶膜(右上)和不完全方解石填充物(左)

照片 黑垆土的微形态特征

Photo Micromorphology of Dark loessial soil

6、7 可见, 垆土层 $3.54 \times 10^{-10} \text{m}$ 峰强为 144—449, 而黄绵土为 425—926, 黑垆土 I/I₀ 为 18—33, 黄绵土为 32—45。绿泥石的存在是土壤发育较弱的标志, 上述差异可说明黑垆土成土风化过程比绵土相对较强。

安塞黑垆土的粘土矿物的另一特点是没有蒙皂石, 而其上的黄土覆盖层、下部的母质层和绵土均有一定数量或较多蒙皂石, 这也是黑垆土水分状况好的标志。蒙皂石可能随水分或沿较多植物根孔运动而流失。

(七) 土壤微形态

土壤微形态特征对于鉴别土壤发生及形成环境有重要意义^[6]。黑垆土与其上覆盖的黄土及其下部的母质, 在微形态特征方面有明显差异(见表 8 和照片 1—4)。

与普通黄土不同, 黑垆土细粒物质较多, 呈由腐殖质引起的棕色, 骨骼颗粒呈斑晶状分布于细粒物质之中, 方解石较少, 碳酸盐胶膜少, 有较多的铁质化矿物等特征都反映黑垆土风化度稍强和多湿条件下的碳酸盐淋失。

表 8 黑垆土与黄土的微形态特征

Table 8 Micromorphological characteristics of dark loessial soil and yellow loessial soil

判断指标 Discriminatory index	黑垆土 Dark loessial soil	黄土 Yellow loessial soil
基 质	粘质基质, 在斜反射光下泛油红棕色 (5YR5/4), 直感带棕色 (主要由腐殖质引起), 粗骨颗粒与基质之比为 1.5(2):1	粘质基质, 在斜反射光下泛橙色 (5YR 6.5/8), 粗骨颗粒与基质之比为 3:1
胶结形式	基底式, 质地较粗时为包膜—桥接式和填隙式	包膜—接触式、包膜桥接式和填隙式、土体疏松
矿物组成	以石英、长石为主, 次为黑云母、白云母、角闪石、方解石较少, 较多铁质化矿物碎屑	以石英、长石、方解石为主, 未见铁质化矿物碎屑
胶 膜	仅有少数碳酸盐胶膜和少数孔隙壁有少量针状方解石聚集	孔隙型碳酸盐胶膜, 局部微地段基质内碳酸盐聚集状况比黑垆土明显, 少数孔隙壁有少量方解石聚集
孔 隙	以小孔洞或半开放堆集性孔隙为主, 也有较多不规则形结构间隔的孔隙	孔隙以小孔洞和半开放堆集性孔隙或填集有不规则孔穴为主

(八) 其它特性

黑垆土的机械组成一般比与其邻近的绵土要细, 就同一剖面而言, 黑垆土的粘粒含量要比其上的黄土覆盖层和母质层高 12—18%, 在垆土层的中下部粘粒含量往往较高, 这里由淋溶作用引起的粘粒相对积聚。安塞北部轻绵土区的黑垆土颗粒较粗, 南部较细。值得提出的是, 在黄土高原还分布有不少质地很粘的黑垆土。据延安专区土肥站资料, 这种土壤仅洛川县就有 4.5 万亩。该土腐殖质层深厚; 无或极弱石灰反应; 物理性粘粒可高达 40% 以上。如此多的粘粒已不能完全用黄土母质及其成土风化过程加以解释。根据这种土壤分布在河谷附近或稍低的地形部位, 它显然得到来自地表水携带粘粒的补充。这种随水分运动的粘粒沉积作用与土壤风化形成的粘粒及其移动是不同的。朱显谟认为, 黄土高原的厚层黄土主要由季风以雨土凝聚自重降落为主, 雨淋降落为辅, 这些沉积物在降

落前细粒物质已有一定程度的凝聚。在成土作用强的古土壤中,这种细团粒也清晰可见。这说明在黄土上发育的各种土壤,在其形成过程中土壤本身的粘化和风化作用并不强烈,黑垆土也如此。

另外,在黑垆土剖面之上,一般均有厚薄不等的浅色黄土覆盖层(在分类中,我们把该层厚度以 50cm 为划分依据)。该层与其下部的黑垆土腐殖质层无论在色泽和理化特性方面均有明显差异,其性质与黄土母质相似。显然这是最新的黄土沉积层。它的存在清楚反映黑垆土成土环境的转变和成土过程的阶段性。也说明黑垆土成土环境发生变化后,降尘作用强度超过了成土过程强度。反之,在黑垆土形成时期,黑垆土的成土过程强度大大超过了降尘作用。其它古土壤也是在这种相对运动中发展、形成和演变的。

三、结 论

以上资料和讨论清楚表明黑垆土形成环境与其性态特征的一致性,表明黑垆土是在热量低、湿度大、草原植被丰茂条件下形成的,它与黄土高原其它土壤如绵土等土壤的水热生物环境有明显差异。由于土壤侵蚀和最新黄土的沉积和覆盖,黑垆土现存面积很少,仅作为残存土壤而存在。现存黑垆土的主要性态特征是古生物气候条件的产物,是一种古土壤。全新世以来,三个不同时期的黑垆土可以同时出现于地表是土壤侵蚀作用的结果。

在现代稀少植被、半干旱气候和不断遭受土壤侵蚀的条件下,虽然绵土的成土过程较弱,发育较差,但它是具有黄土高原区域性特征的分布最广泛的土壤。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所主编,1978:中国土壤。573—585 页,科学出版社。
- [2] B.A. 柯夫达著,1960:中国之土壤与自然条件概论。科学出版社。
- [3] 朱显谟著,1964:壤土。农业出版社。
- [4] 朱显谟,1957:黄土地区土壤分布规律。科学通报,第 15 期。
- [5] 朱显谟,1959:暂拟陕西土壤分类系统。土壤通报,第 1 期。
- [6] 曹开康,1980:土壤微形态在土壤发生分类研究中的应用。土壤专报,37 号。
- [7] 黄自立等,1987:陕西黄绵土的性质与改良利用。土壤通报,第 18 卷第 3 期。
- [8] 罗贤安、朱显谟,1961:黄土地区主要土壤腐殖质组成及其特性的初步研究。土壤,第 6 期。
- [9] 罗贤安,1981:黄土区土壤腐殖质的化学性质及其与成土条件的关系。土壤学报,第 18 卷第 4 期,353—359 页。
- [10] 刘东生等著,1985:黄土与环境。84—108 页,176—190 页,277—304 页,科学出版社。
- [11] 王永焱、崔鹤贞编,1985:中国黄土研究的新进展。陕西人民出版社。
- [12] 刘东生等著,1965:中国黄土堆积。172—220 页,科学出版社。
- [13] 刘东生等著,1964:黄河中游黄土。171—195 页,科学出版社。
- [14] 陕西省计划委员会编,1985:陕西国土资源。陕西人民出版社。

GENETIC ENVIRONMENT OF DARK LOESSIAL SOIL

Ji Genshan

(*Jiangsu Institute of Environmental Science, 210029*)

Summary

Base on the determination of soil age, spore-pollen in soil, composition of humus, soil micromorphology, X-ray diffraction, soil profile morphological character, soil physical and chemical properties, the genetic environment of dark loessial soil are discussed. The results show that dark loessial soil is a palesol. Many characteristics of dark loessial soil are the result of paleontology climatic conditions.

¹⁴C soil age. The genesis of dark loessial soil includes three year ranges: 8100—8500, 4600—7400, and 2000—3000 years B.P., which were cold in the climate.

Spore-pollen appraisal. According to the appraisal of spore-pollen in Xian, Luochuan, Ansai, Longxi and Xifeng, a conclusion can be drawn that the herb is predominant and the environment is cold and damp in the genetic period of dark loessial soil.

Humus. The humus horizon of dark loessial soil is more than sixty to 100 centimetres, in which shows moist climate and luxuriant plants in the period of soil formation. The HA is as high as 40% of total carbon and HA/FA > 2 in the dark loessial soil of the northeastern part of China, being quite different from other soils which have a HA/FA ratio of about 0.5 in the loess plateau.

Content of calcium carbonate. Richment of calcium carbonate is a basic feature of loess in China (the CaCO₃ content is about 10%). According to the data obtained in the fifteen profiles of dark loessial soil in all parts of loess plateau, 40 per cent have a CaCO₃ content of < 1%, 35 per cent 2—3% and the rest profiles 5—10%, but the CaCO₃ content is 30—50% lower than that of loess. The leaching out of calcium carbonate has proved that there is much water moving along the profile during the formation of dark loessial soil.

Chemical composition and molecular ratio. The molecular ratio of CaO to MgO (0.6—0.7) and CaO + K₂O + Na₂O / Al₂O₃ (0.8—0.9) of dark loessial soil is smaller than those of loessial soil (2.5—2.7 and 1.7—1.9 respectively), but the K₂O / Na₂O ratio of dark loessial soil is greater than that of loessial soil (0.6—0.78). By contrast with loessial soil, the Fe₂O₃ content of dark loessial soil is slightly lower, the activity of Fe₂O₃ and the quantity of free oxides are higher but the CaO content is much lower. The aforementioned facts show that dark loessial soil is higher in humidity and intense in the leaching and forming processes, being of significance in indicating environment.

Clay minerals. It is a sign of weakly developed soil that there is chlorite in soil. The chlorite content of dark loessial soil is lower than that of loessial soil, indicating relatively intense forming process of dark loessial soil. Another feature of dark loessial soil is free of smectite, which is also a sign of better water regime in the soil.

Soil micromorphology. There are more fine-grained matter and iron minerals but less calcite and carbonate capsule in dark loessial soil. These are related to the relatively intense weathering and greater leaching loss of carbonates.

Other characteristics. There is a higher content of clay in dark loessial soil. The physical clay may reach 40 per cent in some of the soils, as a result of the deposition of clay carried in water movement.

The profile of dark loessial soil is generally covered by a layer of loess which is the latest deposit and differs greatly from the dark loessial soil in color and physico-chemical properties. The existence of the overlaying horizon of loess clearly reflects the change of the environment in the formation of dark loessial soil.

Key words Dark Loessial Soil, Environment