

# 北京西北部山丘地区成土母质对 褐土的影响\*

徐礼煜

(中国科学院南京土壤研究所)

北京附近低山丘陵地区的土壤,曾称棕壤<sup>[7,13]</sup>,至五十年代初期始更名为褐土,并沿用至今。

褐土,作为一个独立的土类,是由 C. A. 查哈罗夫<sup>[10]</sup>于 1924 年首先提出的。И. П. 格拉西莫夫 (1954, 1979) 曾对褐土的研究作了全面的总结和概述<sup>[9-11,22]</sup>。

在我国,有关褐土形成和分布的概念,是 1954 年在华北平原土壤调查时确立的,认为它有别于棕壤。继后,不少中外学者对我国褐土的发生、分布作了研究,并正式将它列为独立的土类<sup>[2,12]</sup>。

许多研究者指出,褐土是发育在旱生森林-灌丛下的地带性土类,土壤表层含较多腐殖质。在一定深度土层中,因原生矿物强烈风化,而就地形成“变质粘化层”<sup>[12]</sup>;并认为变质粘化是褐土形成过程的主要特征之一。同时还把褐土中碳酸盐的有无及其在剖面中的分配特点,视为该种土壤发生分类的主要依据。

关于母质对褐土形成的影响,我国土壤学家也曾进行过初步研究。母质性质不仅可影响褐土中碳酸盐的含量和质地<sup>[7]</sup>,而且在同一地区内,不同母质甚至可形成与褐土不相同的其它土类<sup>[2,5]</sup>。因而强调指出,褐土研究中急待解决的问题“首先是褐土形成与母质的关系”<sup>[3]</sup>,但对这些问题,至今尚未进行比较系统和深入的研究。为此,作者试图对北京附近发育在三种不同成土母质上的褐土剖面,从土壤粘土矿物、微形态特征、铁锰水合氧化物和物质的淋溶与转化等方面进行初步研究,以进一步阐明不同母质对褐土发生的影响。

## 一、自然条件和土壤性状

本区位于华北平原西北边缘,西部为西山,属太行山脉的一部分;北部有军都山,为燕山山脉的一部分。二山相会于北京市南口附近,其间为海拔 500 米左右的怀来盆地。盆地周围的山麓海拔约 550—600 米。本文讨论的三个褐土剖面位于该盆地边缘的山麓和丘陵上,其海拔高度、植被类型、及小气候特点大致相似。地下水位深,排水良好,在年降水量约为 490 毫米的条件下,受土壤水分下渗影响,剖面均有不同程度发育(表 1)。但母

\* 本文是席承蕃导师指导下硕士论文的一部分。

在本文进行过程中得到了周明枞、陈家坊、许冀泉、赵其国、何同康等同志的指正和帮助。技术性工作由本所有关室组协助完成,一并致谢。

质不同，其发育程度有明显差异。黄土状母质发育的褐土，因遭流水浸蚀，加之结构较紧实，渗入土中水分较少，剖面较干燥，AB层和B层出现假菌丝体，土壤发育程度较弱。而凝灰岩和花岗岩母质发育的褐土，富含石砾和孔隙，有利于雨水下渗，土壤较湿润，生物作用较强，表层有机质含量较高，剖面形态特征分异明显。

在大陆性季风气候控制下，这三个土壤剖面内土体粘化作用均较弱。黄土状母质发育的褐土，全剖面富含碳酸盐，其余两个剖面虽无气泡反应，但也看不到铁锰移动的痕迹。

## 二、土壤的理化特性

化学分析表明(表2)三种土壤呈中性至微碱性反应，盐基饱和。黄土状母质发育的褐土水溶性盐类淋溶殆尽，游离碳酸盐移动明显，但淀积部位不深。凝灰岩和花岗岩母质发育的褐土全剖面无游离碳酸盐，剖面层次分异较明显。有机质含量比地中海地区大多数的褐土为少<sup>[9-11,21]</sup>，而与我国某些褐土相似<sup>[8]</sup>。

其次，从表2可见，不同母质发育的褐土土体部分代换量相差极悬殊。就A层而言，黄土状母质发育的褐土最低，仅11.86毫克当量/100克土，而凝灰岩和花岗岩母质发育者均较高，这与后两种母质发育的褐土富含有机质及凝灰岩母质发育的褐土含有较多的蒙脱石有关。在B、C两层，花岗岩母质发育的褐土代换量最低，这主要是受粘粒含量较低的影响。从全剖面看，黄土状母质发育的褐土上、下变化不大；凝灰岩母质发育的褐土B、C层明显增加，至C层代换量竟高达40.70毫克当量/100克土；而花岗岩母质者则随有机质和粘粒含量向下递减而急剧减少。

由表3可知，三种土壤的颗粒组成均以砂、粉粒为主，<0.001毫米的粘粒仅占10—20%，比地中海地区大多数褐土<sup>[9-11,21]</sup>及我国华北地区的某些褐土<sup>[8]</sup>为低，除凝灰岩母质发育的剖面以外，粘化作用均很微弱。这些与本区土壤物理风化较强而化学风化较弱有关。

由表4可知，黄土状母质发育的褐土硅铝率和硅铁铝率最高，其它两个剖面则较低。如以各层硅铝率和硅铁铝率的变异系数来反映剖面的分异程度，也有相同的趋势。此外，如用盐基指数<sup>1)</sup>反映土壤发育过程中盐基的淋失程度，其结果与硅铝率和硅铁铝率的表现趋势一致，以花岗岩母质发育的褐土最明显。说明生物气候条件相同，母质不同，土壤发育程度有一定差异。

## 三、微形态特征及粘土矿物组成

(一) **微形态特征** 通过对土壤及母岩的薄片微形态特征观察可以看出：(1)三种土壤剖面中均可发现骨骼颗粒周围，在正交偏光下有一定的消光现象(图版1，照片1, 2, 3)。这主要是由于土壤干湿交替，引起粘粒和细粉粒级的云母类矿物就地定向排列形成

1) 盐基指数：土体部分钾、钠、钙各氧化物的克分子数之和与氧化铝克分子数的比值。

表 1 自然条件与  
Table 1 Natural conditions and soil morphology of drab soils

自然条件 Natural conditions				深度 (cm) Depth	层次 Horizon
母质 Parent material	坡向、坡度 Topography	海拔 (m) Elevation	植被 Vegetation		
第四纪上更新世黄土状冲积-洪积物 Locessal material	S40°E 10°	560	山榆 <i>Ulmus pumila</i>	0—21	A
			蒿属 <i>Artemisia</i> spp.		
			酸枣 <i>Zizyphus spinosus</i>	21—39	AB
			山杏 <i>Prunus armeniaca</i>		
			白草 <i>Bothriochloa ischaemum</i>	39—110	B
			菅草 <i>Themeda japonica</i>	110—	C
侏罗纪安山质凝灰岩风化残积-坡积母质 Tuff	N50°W 20°	610	蒿属 <i>Artemisia</i> spp.	0—22	A
			荆条 <i>Vitex chinensis</i> Mill		
			二色胡枝子 <i>Lespedeza bicolor</i>	22—42	AB
			虎榛 <i>Ostryopsis davidiana</i> Dcne.		
			茄子梢 <i>Campylotropis macrocarpa</i> Rehd.	42—65	B
				65—105	C
震旦纪中-粗粒花岗岩风化物残积-坡积母质 Granite	S40°E 25°	740	小叶鼠李 <i>Rhamnus parvifolia</i> Bge.	0—20	A
			荆条 <i>Vitex chinensis</i> Mill	20—40	AB
			绣线菊 <i>Spiraea trilobata</i>		
			蒿属 <i>Artemisia</i> spp.	40—64	B
			酸枣 <i>Zizyphus spinosus</i>	64—100	C

\* B: brown; BD: boundary; L: loam; NE: non effervescent; P: pore; PM: pseudomycelium; R: roots.

## 剖面形态

derived from different parent materials

剖面形态  
Soil morphology剖面描述\*  
Description

棕色 (7.5YR4.5/5), 轻壤土, 小块状结构, 稍疏松, 多细小孔隙和根系, 强泡沫反应, 与下层过渡极不明显。  
B(7.5YR4.5/5), light silty L, fine blocky S, slightly friable, numerous fine P and R, VE, gradually smooth BD to

黄棕色 (8.75YR5.5/4), 轻壤土, 棱块状结构, 紧实, 干, 少量细小孔隙和根系, 强泡沫反应, 有少量假菌丝体, 与下层过渡不明显。  
YB(8.75YR5.5/4), light silty L, fine angular S, slightly compact, dry, a few fine P and R, VE, a few PM, no apparent BD to horizon underlain

棕色 (8.75YR4.5/4), 轻壤至中壤土, 大棱块状结构, 干至润, 几乎无根系, 假菌丝体明显, 泡沫反应强烈。  
B(8.75YR4.5/4), slightly clayey than above horizon, angular blocky S, slightly moist, few R, distinct PM, VE

与 B 层差异不大, 稍润, 假菌丝体很少。

The same as that of B horizon except that slightly moist and fewer PM

棕色 (6.25YR4/4) 轻壤土至中壤土, 小团块结构, 疏松, 润, 多孔隙和根系, 无泡沫反应, 含石砾约 10%, 与下层过渡明显。  
B(6.25YR4/4), light silty L, fine blocky S, friable, slightly moist, numerous P and R, NE, approximately 10 percent gravel, clear BD to the horizon underlain

棕色 (6.25YR4/5) 中壤土, 小团块结构, 稍疏松, 无泡沫反应, 石砾含量约 20%, 与下层过渡明显。  
B(6.25YR4/5), silty L, fine blocky S, slightly friable, NE, approximately 20 percent gravel, clear BD to the horizon underlain

棕色 (6.25YR4/4.5), 砂壤土至轻壤土, 块状结构, 紧实, 湿润, 有少量大孔隙和根系, 多半风化的岩石碎块, 其上有连续粘粒胶膜, 无泡沫反应, 与下层过渡明显。  
B(6.25YR4/4.5), sandy to silty L, blocky S, compact, moist, a few coarse P and R, many weathered gravel with continuous clay skin, NE, clear BD to the horizon underlain

棕色 (8.75YR4/3.5), 碎块状结构, 紧实, 湿润, 有很少量大孔隙和根系, 大量半风化体碎块, 无泡沫反应。  
B(8.75YR4/3.5), blocky S, compact, moist, a few of coarse P and R, abundant weathered gravel, NE

棕色 (8.75YR4/3.5), 砂壤土, 小团块结构, 极松散, 润, 多粗孔隙, 多根系, 无泡沫反应, 多半风化长石颗粒, 呈波状明显过渡至下层。  
B(8.75YR4/3.5), sandy L, fine blocky S, loose, slightly moist, numerous R and P, NE, a lot of slightly weathered feldspar particle, clear BD to the horizon underlain

棕色 (7.5YR4/4), 砂壤土, 小团块结构, 松散, 湿润, 根系和孔隙比 A 层少, 无泡沫反应, 大量半风化长石颗粒, 呈波状明显过渡至下层。  
B(7.5YR4/4), sandy L, fine blocky S, friable, moist, fewer R and P than A horizon, NE, a large quantity of slightly weathered feldspar particle, clear wavy BD to the horizon underlain

棕色 (7.5YR4.5/4), 砂壤土, 湿润, 无泡沫反应, 富含长石颗粒。

B(7.5YR4.5/4), sandy L, moist, abundant feldspar particle, NE

棕色 (8.75YR4.5/4.5), 为半风化体层, 无泡沫反应。

B(8.75YR4.5/4.5), slightly weathered rock, NE

S: structure; VE: violently effervescent; Y: yellow

表 2 不同母质发育的褐土的一般理化性质

Table 2 General features of brown soils derived from different parent materials

母质 Parent material	层次 horizon	pH (H <sub>2</sub> O)	CaCO <sub>3</sub> (%)	有机质 (%)	全氮 (%)	代换量 (meq/100g) (EC)	矿质全量分析(占<0.15毫米灼烧土重) (%)						SiO <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			
							TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	K <sub>2</sub> O			
黄土状母质 Loessial material	A	8.35	2.26	0.64	0.037	11.86	0.59	4.41	13.10	5.78	1.81	0.074	2.74	2.65	68.72	0.12
	AB	8.50	8.60	0.23	0.018	9.30	0.58	4.17	12.89	6.22	1.97	0.073	2.75	2.60	68.65	0.10
	B	8.35	6.55	0.26	0.019	11.10	0.60	4.51	13.35	5.20	1.99	0.079	2.72	2.49	68.94	0.12
	C	8.35	6.57	0.43	0.025	13.02	0.63	4.98	13.93	5.46	2.22	0.05	2.75	2.33	67.45	0.16
灰岩 Tuff	A	7.06	-	2.45	0.120	22.26	0.75	5.72	15.03	1.58	2.58	0.075	2.60	2.04	69.52	0.11
	Ar	7.40	-	1.10	0.036	22.62	0.74	5.93	15.87	1.38	2.14	0.059	2.67	1.90	69.24	0.07
	B	7.30	-	0.91	0.055	30.80	0.77	7.03	18.24	1.37	3.72	0.050	2.35	1.89	64.48	0.10
	C	7.40	-	0.66	0.034	40.70	0.92	6.28	20.12	2.07	4.19	0.061	2.29	1.84	60.00	0.23
花岗岩 Granite	A	6.80	-	5.25	0.282	21.18	0.80	5.20	15.49	1.49	2.07	0.098	2.81	2.30	69.48	0.17
	At	7.35	-	2.45	0.134	16.10	0.70	4.69	15.95	1.20	1.51	0.080	3.43	3.54	68.76	0.10
	B	7.35	-	0.84	0.036	8.64	0.61	3.65	18.14	1.08	0.74	0.060	1.83	2.51	71.13	0.05
	C	7.50	-	0.47	0.023	8.15	0.78	4.93	16.03	1.33	0.94	0.083	3.86	4.16	65.69	0.20

表 3 不同母质发育的褐土的颗粒组成

Table 3 Texture of drab soils derived from different parent materials

土壤 Soils	层次 Horizon	采样深度 (cm) Sampling depth	砾石含量(%) Gravel content				颗粒组成(%) Particle-size distribution				
			10—5	5—3	3—1	1— 0.25	0.25— 0.05	0.05— 0.01	0.01— 0.005	0.005— 0.001	< 0.001
(mm)											
黄土状母质 发育的褐土 Derived from loessial material	A	4—10	0	0	0	0.07	36.28	38.19	2.97	6.54	15.95
	AB	25—30	0	0	0	0.09	42.24	34.62	3.11	3.52	16.42
	B	60—80	0	0	0	0.28	32.83	41.66	3.29	5.69	16.25
	C	125—135	0	0	0	0.16	25.51	41.11	4.91	8.63	19.68
凝灰岩母质 发育的褐土 Derived from tuff	A	5—15	3.4	1.0	7.7	4.66	15.86	44.02	7.67	15.84	11.95
	AB	23—35	10.0	2.7	12.9	4.14	23.01	36.14	6.49	8.69	21.53
	B	54—65	18.4	5.1	4.3	14.43	23.07	24.51	5.11	17.62	15.26
	C	80—105	22.9	8.6	13.0	23.28	34.69	15.83	4.82	10.39	10.99
花岗岩母质 发育的褐土 Derived from granite	A	0—10	4.8	5.9	9.8	12.89	16.17	41.79	7.18	12.30	9.67
	AB	25—35	13.3	9.4	13.5	29.92	18.02	27.31	5.20	9.72	9.78
	B	50—60	13.3	15.9	14.9	39.56	29.94	13.76	4.21	6.74	5.79
	C	70—90	13.3	10.4	17.0	52.48	27.43	9.17	2.83	4.17	3.92

表 4 不同母质发育的褐土的几种克分子比率

Table 4 Molar ratios of drab soils derived from different parent materials

土壤 Soils	黄土状母质发育的褐土 Derived from loessial material				凝灰岩母质发育的褐土 Derived from tuff				花岗岩母质发育的褐土 Derived from granite						
	A	AB	B	C (S/M*)	A	AB	B	C (S/M)*	A	AB	B	C (S/M)*			
层 次 Horizon	A	AB	B	C (S/M*)	A	AB	B	C (S/M)*	A	AB	B	C (S/M)*			
$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	8.91	9.05	8.78	8.23	0.04	7.86	7.42	6.01	5.07	0.20	7.62	7.31	6.66	6.22	0.09
$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$	7.34	7.50	7.22	6.70	0.05	6.32	5.99	4.82	4.01	0.20	6.26	6.15	5.87	5.29	0.07
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}$ $\text{Al}_2\text{O}_3$	1.36	1.44	1.24	1.20	0.08	0.61	0.54	0.45	0.46	0.15	0.62	0.73	0.45	0.75	0.22

\* 变异系数 S/M, S 为某土壤剖面中各层次硅铝率或硅铁铝率等的标准差, M 为算术平均数。

的, 并有部分云母类矿物进一步风化成光性定向粘粒。但因土壤湿润季节短暂, 干旱期较长, 故定向程度不强, 常呈不连续消光。(2) 黄土状母质发育的褐土薄片中发现许多碳酸盐凝团和淀积胶膜, 反映了碳酸盐移动和聚积的特征。其它两剖面未见碳酸盐聚积物, 剖面层次分异较明显, B 和 C 层在微形态上表现出一定的粘粒形成特征。表明后两个剖面发育较好。(3) 黄土状母质发育的褐土, 组成均一, 孔隙大小一致(直径 0.1 毫米左右)(图版 I, 照片 4; 图版 II, 照片 5), 孔隙总面积较少, 约占薄片面积的 10%, 不利于水分在土壤中移动。而凝灰岩和花岗岩母质发育的褐土, 矿物颗粒和孔隙大小相差甚大, 大孔隙数量多, 总孔隙面积可占薄片面积 1/4—1/2, 有利于水分渗透和剖面发育。(4) 不同母质发育的褐土主要矿物风化程度不同。黄土状母质发育的褐土中, 云母、长石、石英等无明显

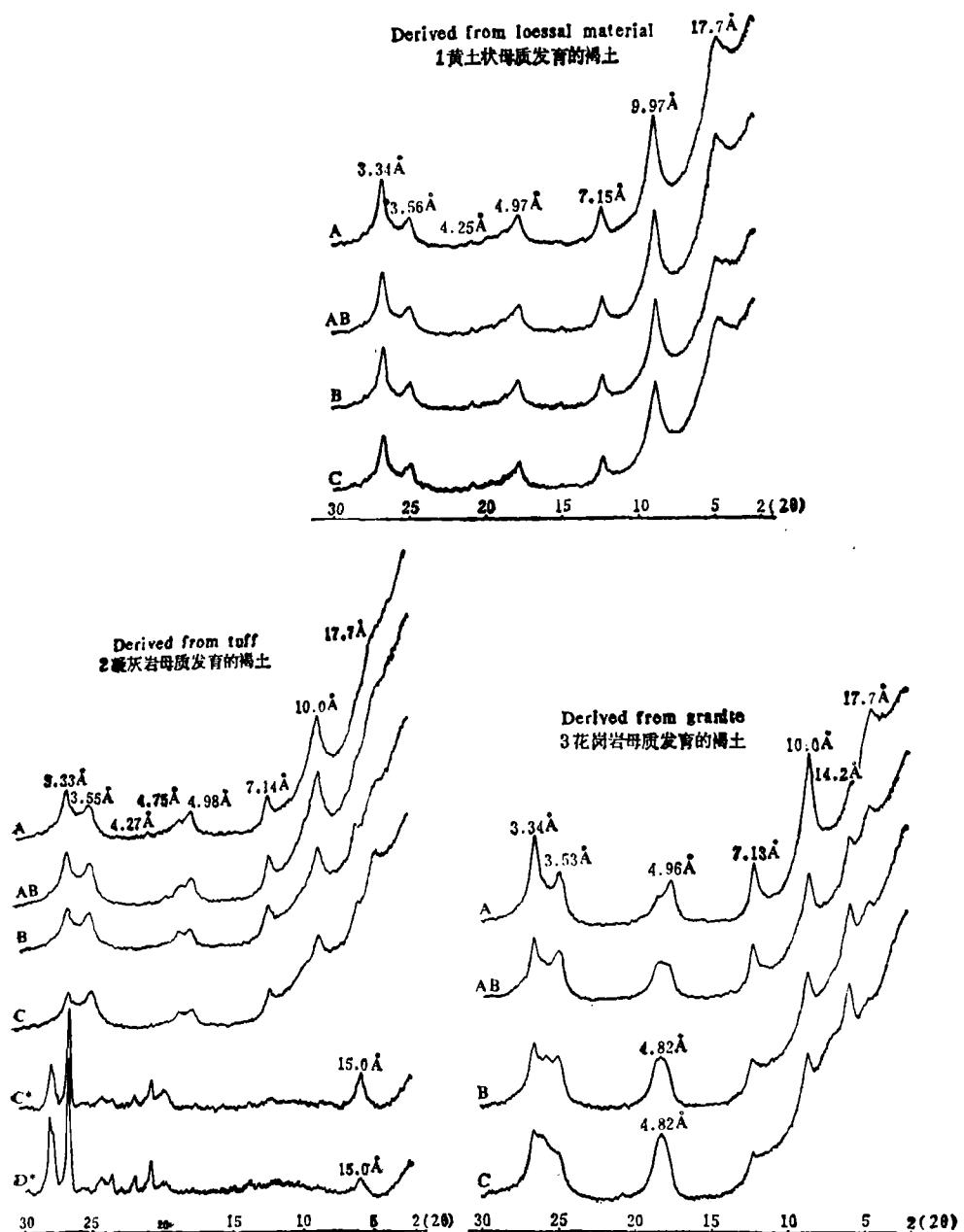
表5 不同母质发育的褐土胶体( $<0.001\text{mm}$ )矿质分析和不同粒级的代换量Table 5 Chemical analysis of clay fraction ( $<0.001\text{mm}$ ) and CEC in different fractions of drab soils derived from different parent materials

土壤 Drab soils	层次 Horizon	胶体矿质分析(占灼烧土) Chemical analysis (percent on ignited mater) (%)								分子比 Molar ratios			代换量 CEC (mm)			
		SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<1  <0.001 CEC (mm)			
黄土状母质 发育的褐土 Derived from loessial material	A	57.48	8.21	25.48	0.17	3.18	0.93	0.04	4.02	0.49	3.84	3.18	18.62	11.86	58.43	2.97
	Ab	57.70	8.04	25.36	0.20	3.15	1.05	0.04	3.95	0.51	3.87	3.22	19.09	9.30	45.95	2.10
	B	57.74	8.19	25.16	0.18	3.06	1.01	0.04	4.10	0.52	3.90	3.23	18.78	11.10	53.03	2.94
	C	58.03	8.51	25.01	0.14	3.14	0.84	0.04	3.81	0.48	3.94	3.24	18.15	13.02	57.24	2.16
凝灰岩母质 发育的褐土 Derived from tuff	A	54.40	9.98	26.97	0.17	3.78	0.83	0.07	3.36	0.44	3.43	2.77	13.78	22.20	54.94	17.22
	Ab	53.58	10.97	27.20	0.23	3.57	0.82	0.07	3.16	0.40	3.35	2.66	13.00	22.62	59.16	12.61
	B	53.69	10.71	27.97	0.23	3.42	0.75	0.07	2.81	0.35	3.26	2.62	13.35	30.80	57.66	25.95
	C	54.79	9.92	28.19	0.17	3.33	0.72	0.05	2.45	0.38	3.31	2.70	14.70	40.70*	63.76	37.85
花岗岩母质 发育的褐土 Derived from granite	A	53.42	10.60	26.71	0.17	3.47	0.99	0.08	4.06	0.50	3.40	2.71	13.41	21.18	51.85	17.59
	Ab	51.67	11.38	28.74	0.26	2.99	0.80	0.11	3.47	0.58	3.06	2.44	12.09	16.10	47.54	12.68
	B	51.35	9.47	31.42	0.47	2.45	0.43	0.07	3.79	0.55	2.78	2.33	14.43	8.64	44.10	6.46
	C	50.83	9.08	32.07	0.46	2.54	0.43	0.10	4.01	0.48	2.69	2.28	14.90	8.15	43.86	6.70

\* 稍风化的基岩的代换量为 24.5 meq/100g。CEC of slightly weathered rock is 24.5 meq/100g

\*\* 根据计算而得。Data obtained from recalculation.

风化痕迹;凝灰岩母质发育的褐土,可见到较多岩屑周围生成的蒙脱石及铁质化和脱玻璃化岩屑(图版 I, 照片 2; 图版 II, 照片 6);而花岗岩母质发育者其云母、长石均处于不同程度的风化阶段(图版 II, 照片 7, 8),裂隙中有大量游离铁渗入(图版 I, 照片 3)。可见后



\* 为过 100 目粉末;其余均为 Mg-甘油处理的定向薄膜。  
 \* denotes the sample powdered, and the others are oriented clay (0.001mm) treated by Mg-glycerol.

图 1 不同母质发育的褐土粘粒的 X 射线衍射图谱 (CuK $\alpha$ )

Fig. 1 X-ray diffraction patterns of drab soils derived from different parent materials

两种土壤成土过程较活跃。(5)不同母质发育的褐土动、植物活动强度不同，并不同程度地影响到土壤发育。黄土状母质发育的褐土薄片中仅见动、植物活动的微弱痕迹；而其余两种土壤结构疏松，多微团聚体和孔隙（图版 III，照片 9），植物活动产物也较丰富（图版 III，照片 10, 11）。

**（二）粘土矿物组成** 由图 1 可见，三种母质发育的褐土粘粒均有很高的  $10\text{ \AA}$  衍射峰。此外，尚有  $17.7\text{ \AA}$ 、 $7.13\text{ \AA}$ 、 $4.97\text{ \AA}$ 、 $3.34\text{ \AA}$  等。说明三种土壤的主要粘土矿物是水云母和蒙脱石，并有少量高岭石（图版 III，照片 12；图版 IV，照片 13）。粘粒的硅铝率可高达 3.40—3.94（表 5），表明其脱硅风化程度较弱，这是不同母质发育的褐土的共同特征。但母质不同，土壤粘土矿物仍有一定差异。首先，不同母质对水云母含量有明显影响。黄土状母质发育的褐土，胶体中  $\text{K}_2\text{O}$  含量最高，达 3.81—4.10%。如以水云母平均含  $\text{K}_2\text{O}$  6% 计算<sup>[4]</sup>，其水云母的含量可达 63—68%；而凝灰岩上发育的褐土含水云母约 41—56%；花岗岩上的褐土为 58—68%。同时，水云母在各层次中的变化趋势也不一致。图 1 表明，黄土状母质发育的褐土， $10\text{ \AA}$  的水云母衍射峰在剖面上下无明显变化；而其余两种土壤自上而下有减弱的趋势。对蒙脱石而言，黄土状母质发育的褐土全剖面无明显变化；花岗岩母质发育者，蒙脱石衍射峰（ $17.7\text{ \AA}$ ）自下而上有增高的趋势；凝灰岩母质发育者自下而上逐渐减弱。电镜和微形态薄片观察表明（图版 IV，照片 13, 14；图版 I，照片 2），该土壤全剖面，尤其是下层均含大量蒙脱石。此外，在轻度风化的母岩中（100 目，粉末）亦可见到明显的  $15.0\text{ \AA}$  蒙脱石衍射峰（图 1）。（3）由表 5 可见，凝灰岩母质发育的褐土，无论是土体部分（< 1 毫米），还是非粘粒部分（1—0.001 毫米）代换量均较高，这与蒙脱石含量密切相关。以剖面下层和母岩（100 目）的 X 射线图谱的比较可以看出：蒙脱石绝大部分存在于较粗的矿物颗粒中。随着成土过程加强，粗粒部分的蒙脱石逐渐减少，致使非粘粒部分的代换量自下而上逐渐变低，说明土壤粘土矿物对土壤性质有明显的影响。（4）三种褐土在次要粘土矿物组成上有明显差异。黄土状母质发育的褐土除水云母、蒙脱石外，仅见少量高岭石和胶体石英；其余两种土壤除含上述矿物外，还有蛭石和绿泥石。此外，花岗岩母质发育的土壤剖面下层的胶体中，还有一个微弱的  $4.82\text{ \AA}$  X 射线衍射峰，表明可能有少量三水铝石存在。

以上资料说明，在不同母质上形成的褐土发育程度不同。黄土状母质上的褐土，自上而下粘土矿物无明显差异，而另两种土壤粘粒部分的硅铝率和硅铁铝率较低；粘土矿物有一定的演变过程，成土过程中有较强的脱钾-复钾作用。尤其是花岗岩母质发育的剖面下层的少量三水铝石和相当数量的赤铁矿（图版 IV，照片 15, 16）的存在，说明这种土壤剖面发育较好。

#### 四、水合氧化物的特性

土壤中氧化物的活化程度可显示土壤的风化状态和近代成土过程的强弱<sup>[16]</sup>，并可间接反映母质对成土作用的影响。表 6 表明：（1）三种褐土用草酸盐溶液<sup>[17]</sup> 提取时所得可溶性铁（ $\text{Fe}_\text{o}$ ）均不高，以  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  表示，在 0.16—0.44%。而连二亚硫酸盐溶液<sup>[14, 18]</sup> 可提取铁（ $\text{Fe}_\text{d}$ ）为 1.1—1.7%， $\text{Fe}_\text{d}/\text{Fe}_\text{o}$  为 0.21—0.35， $\text{Mn}_\text{d}/\text{Mn}_\text{o}$  为 0.34—0.68。这些数值与地中

表 6 不同母质发育的褐土铁、锰水合氧化物  
(Table 6 Iron and manganese hydrous oxides of brown soils (air-dried,  $<0.25\text{mm}$ ) derived from different parent materials  
(recalculated based on ignited soils))

土 壤 Soils	层 次 horizon	Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	Mn <sub>o</sub>	Mn <sub>d</sub>	Mn <sub>t</sub>	$\frac{\text{Fe}_d}{\text{Fe}_o}$				$\frac{\text{Fe}_d}{\text{Fe}_t}$				$\frac{\text{Mn}_d}{\text{Mn}_o}$				$\frac{\text{Mn}_d}{\text{Mn}_t}$				$\frac{\text{Fe}_d}{\text{clay}^*} \times 10^4$				$\frac{\text{Fe}_d}{\text{clay}^*} \times 10^4$			
								(比值 ratio)				(比值 ratio)				(比值 ratio)				(比值 ratio)				(比值 ratio)				(比值 ratio)			
发育于黄土状 母质的褐土 Derived from loessal material	A	0.16	1.20	4.41	0.034	0.042	0.069	0.13	0.27	0.82	0.59	1.0	7.5																		
	AB	0.20	1.10	4.17	0.029	0.038	0.069	0.18	0.26	0.75	0.55	1.2	6.7																		
	B	0.22	1.15	4.51	0.036	0.045	0.075	0.19	0.25	0.81	0.64	1.3	7.0																		
	C	0.28	1.32	4.98	0.040	0.045	0.080	0.21	0.27	0.88	0.56	1.4	6.7																		
发育于砾灰岩 母质的褐土 Derived from tuff	A	0.35	1.53	5.72	0.044	0.045	0.070	0.23	0.27	0.99	0.64	2.7	11.6																		
	AB	0.37	1.62	5.93	0.028	0.031	0.056	0.23	0.27	0.92	0.55	1.9	7.5																		
	B	0.40	1.70	7.03	0.019	0.016	0.047	0.24	0.24	1.21	0.34	2.6	11.1																		
	C	0.32	1.75	8.28	0.033	0.034	0.057	0.18	0.21	0.96	0.60	2.9	15.9																		
发育于花岗岩 母质的褐土 Derived from granite	A	0.42	1.73	5.29	0.061	0.062	0.092	0.24	0.33	0.98	0.68	4.3	17.8																		
	AB	0.44	1.64	4.69	0.052	0.050	0.080	0.27	0.35	1.03	0.63	4.5	16.7																		
	B	0.34	1.22	3.85	0.029	0.028	0.060	0.28	0.32	1.05	0.47	5.9	21.0																		
	C	0.37	1.49	4.93	0.050	0.049	0.081	0.25	0.30	1.03	0.60	9.5	38.2																		

○ 草酸-草酸铵提取液。Oxalic acid-ammonium oxalate soluble.

d 连二亚硫酸钠-柠檬酸钠-重碳酸钠提取液。Dithionite soluble.

† 矿质全量分析。Total analysis.

\* 粘粒含量(%)。

海地区褐土相比,不但数量较少,而且在剖面中的分异也较小<sup>[22]</sup>,似乎这与生物气候条件及母质特性有关。(2)从  $Fe_o/Fe_d$  值看来,黄土状母质发育的褐土最低,凝灰岩母质者次之,而花岗岩母质者最高。可见三者的氧化铁的活化度不同。(3)  $Fe_o$ 、 $Fe_d$  以及  $Fe_o/Fe_d$  与各土层粘粒(百分含量)比值表明,以黄土状母质发育的褐土最小,在剖面层次中也无明显变化,反映了母质的均质性和土壤发育的幼年性。其余两个剖面,上述比值随深度相应增高。反映了该地区在一年内大部分月份中,土壤湿润度随深度而增加的客观规律。但是,该趋势在表层显著减弱,甚至相反。这与表层有机质含量较高以及植物对铁的富集作用等因子有关<sup>[21]</sup>。(4)花岗岩母质发育的褐土  $Fe_o$ /粘粒、 $Fe_d$ /粘粒比值,远比凝灰岩和黄土状母质发育者为高。除了有机质的原因外(表 2),这还与花岗岩母质含  $Fe$ 、 $Mg$  等元素较少、土壤的通透性好,以及结晶颗粒的机械破碎有关。(5)在三个剖面中,  $Mn_o$ 、 $Mn_d$  的分配趋势与  $Fe_o$ 、 $Fe_d$  相一致。不同的是  $Mn_o$ /粘粒、 $Mn_d$ /粘粒在各层次间的差异更为明显,这主要是由于锰体系的标准氧化还原电位较铁体系为高的缘故<sup>[23]</sup>。

## 五、土壤矿物质的转化、移动和积累

以土体部分的硅作为相对稳定指标 (Index) 对其它物质进行计算<sup>[24,25]</sup>,结果由表 7 表明:土壤中砂、粉粒、粘粒间的转化以黄土状母质发育的褐土最不明显,在剖面层次中变化也不大。凝灰岩母质发育的褐土转化明显,A 层砂粒损失 40.28 克(以 100 克灼烧母质为基础,下同),而粉粒和粘粒增加 26.57 克,约占砂粒损失量的 66%,其差额 13.71 克则从 A 层淋失。而花岗岩母质发育的褐土转化尤为显著,A 层所损耗砂粒的 90% 可就地转化为粉粒和粘粒。

从 AB 层看,颗粒间的转化有以下几个特点:(1)此层砂粒向粉粒和粘粒转化;(2)矿物质从 A 层淋洗,沉积于 AB 层;(3)可溶物质或微细颗粒向下层迁移,或从整个剖面中淋失。计算结果表明,该层颗粒间的转化不如 A 层强烈,凝灰岩母质发育的褐土所获得的粉粒和粘粒总量约占砂粒损失量的 61%;花岗岩母质者占 87%。但此两剖面 AB 层的总淋失量均与各自的 A 层相似。不同土层中颗粒转化强度的差异,主要与不同土层的物理风化强度有关,A 层强烈,而心土和底土则较微弱。

从表 7 还可以看出,粘粒获得量在凝灰岩上发育的褐土,以 B 层较高;而花岗岩上发育的褐土以 A 层及 AB 层较高。这是因为花岗岩母质的组成矿物结晶好,加之北京地区地表冰冻日数长,每年可达 207 天<sup>1)</sup>,这就促使其表层物理风化强烈,因而使该母质发育的褐土粘粒( $<0.005$  毫米)获得量在 A 层和 AB 层明显增高。

在化学元素的得失上由表 8 可见,黄土状母质发育的褐土各层间差异并不明显;其余两个剖面上部铝和铁的淋失量相对增高。这是因为剖面上部有机质较多、酸度较高、水分淋洗较强,有利于铁铝的活化和移动。此外,表 8 还表明凝灰岩母质发育的褐土,钾、钠淋失量明显低于花岗岩母质发育的土壤;而钙、镁淋失量则以凝灰岩母质发育者为高,这与母质本身的元素含量有关。

1) 根据延庆县气象站 1961—1978 观察记载资料。

表7 不同母质发育的褐土砂、粉、粘粒的得失量(单位: g)

Table 7 Gains or losses of sand, silt, clay particles in drab soils derived from different parent materials

土壤层次 Horizon	发育于黄土状母质的褐土 Derived from loessal material				发育于凝灰岩母质的褐土 Derived from tuff				发育于花岗岩母质的褐土 Derived from granite			
	砂 Sand	粉 Silt	粘 Clay	Σ	砂 Sand	粉 Silt	粘 Clay	Σ	砂 Sand	粉 Silt	粘 Clay	Σ
	A	10.00	-5.62	-6.24	-1.86	-40.28	23.96	-2.61	-13.71	-52.43	34.30	12.68
AB	15.92	-8.95	-8.74	-1.77	-34.44	16.29	4.81	-13.34	-34.11	19.06	10.59	-4.46
B	6.72	-2.04	-6.84	-2.16	-23.08	6.91	9.21	-6.96	-15.73	4.60	3.48	-7.65

砂粒 (sand): 1—0.05mm; 粉粒 (silt): 0.05—0.005mm; 粘粒 (clay): <0.005mm。

表8 不同母质发育的褐土土体部分各元素的得失量(单位: g)

Table 8 Gains or losses of elements of drab soils derived from different parent materials

化学组成 Chemical components	发育于黄土状母质的褐土 Derived from loessal material			发育于凝灰岩母质的褐土 Derived from tuff			发育于花岗岩母质的褐土 Derived from granite		
	A	AB	B	A	AB	B	A	AB	B
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-1.07	-1.27	-0.87	-7.15	-6.37	-3.15	-3.38	-2.75	-1.28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.65	-0.88	-0.57	-3.33	-3.14	-1.74	0.07	-0.45	-1.37
CaO	0.21	0.65	-0.37	-0.71	-0.87	-0.80	0.08	-0.18	-0.33
MgO	-0.44	-0.28	-0.27	-1.96	-2.34	-0.73	1.02	0.50	-0.26
K <sub>2</sub> O	-0.06	-0.05	-0.09	-0.05	-0.02	+0.10	-1.20	-0.58	-2.17
Na <sub>2</sub> O	0.27	0.22	0.11	-0.08	-0.19	-0.08	-1.99	-0.78	-1.84
MnO	0	-0.02	0	0	-0.01	-0.01	0	0	0
TiO <sub>2</sub>	-0.05	-0.06	-0.04	-0.27	-0.28	-0.20	0	-0.11	-0.22
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0.04	-0.06	-0.04	-0.14	-0.17	-0.14	-0.04	-0.10	-0.15
Σ	-1.83	-1.75	-2.14	-13.69	-13.35	-6.95	-5.44	-4.45	-7.62

表9 不同母质发育的褐土胶体(&lt;0.001mm)部分各元素的得失量(单位: g)

Table 9 Gains or losses of elements of clay particles (<0.001mm) in drab soils derived from different parent materials

化学组成 Chemical component	发育于黄土状母质的褐土 Derived from loessal material			发育于凝灰岩母质的褐土 Derived from tuff			发育于花岗岩母质的褐土 Derived from granite		
	A	AB	B	A	AB	B	A	AB	B
SiO <sub>2</sub>	-3.74	-5.14	-4.04	1.34	2.32	4.72	6.99	5.54	1.83
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-1.46	-2.12	-1.68	0.44	1.09	2.53	2.96	2.78	1.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.60	-0.84	-0.65	0.27	0.75	1.16	1.47	1.40	0.37
CaO	0	0	0	0	0.02	0.03	0	0.01	0.01
MgO	-0.19	-0.26	-0.23	0.20	0.22	0.34	0.51	0.35	0.07
K <sub>2</sub> O	-0.19	-0.31	-0.20	0.29	0.31	0.34	0.52	0.32	0.12
Na <sub>2</sub> O	-0.03	-0.04	-0.03	0.03	0.02	0.03	0.06	0.07	0.02
MnO	0	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0
TiO <sub>2</sub>	-0.03	-0.03	-0.02	0.05	0.06	0.08	0.18	0.12	0.02
Σ	-6.24	-8.74	-6.85	2.63	4.80	9.24	12.70	10.60	3.49

土壤胶体部分的元素得失量可以从表9看出。凝灰岩母质发育的褐土，硅的获得量顺序为A层<AB层<B层；铁、铝获得量的顺序也与硅相同；花岗岩母质发育的土壤则正好与此相反，这与各自剖面中粘粒自上而下的获得量相一致；表明不同母质形成的粘粒，不但数量不同，而且元素组成和粘土矿物类型也不尽相同。

## 六、结 论

### (一) 在大陆性半干旱气候条件下，北京西北部山丘地区由不同母质发育的土壤剖面具有共同的特征

首先，水溶盐淋洗殆尽，游离碳酸盐移动明显，土壤呈中性至微碱性反应，盐基饱和；胶体部分  $\text{SiO}_2$  较高，脱硅微弱，土体硅铝率变化不大；粘土矿物以水云母、蒙脱石为主，并含有一定量的水合氧化物。其次，土体中有一定的颗粒转化作用，它们主要是由于强烈的物理风化的结果。但另一方面，因气温低、降水少、变率及强度大，加上遭受一定程度的土壤侵蚀，以致土壤中水合氧化物含量及活化度低；铁的移动微弱。

### (二) 在相同生物气候条件下，不同母质对土壤的形成和发育有不同程度的影响

发育于黄土状母质的土壤，由于组成物质均一，土壤孔隙、尤其是非毛管孔隙甚少。加之土壤中含有大量碳酸盐，阻滞了水分的渗透并延缓了成土过程的进行，其剖面发育甚为微弱。表现在该土壤水合氧化物含量及活化度低；呈微碱性反应；胶体部分硅铝率高，剖面层次分异不甚明显。

凝灰岩和花岗岩母质发育的土壤，均含有一定量石砾和大小不等的结晶矿物颗粒，土壤通透性好，结构疏松，水分渗透量较大，且速度快；淋溶较强，因而有利于水合氧化物从铝硅酸盐中释放和盐基的淋失，有利于云母、长石等矿物的风化，促进土壤生物活动和成土过程的进行。这两种土壤水合氧化物含量均较高，盐基指数较低；有一定的粘粒形成作用；胶体部分铝的含量有所增加，硅铝率和硅铁铝率明显较低，全剖面不含游离碳酸盐；剖面层次分异亦较明显。说明这两种土壤的发育程度均较黄土状母质发育的土壤为深。

花岗岩母质发育的土壤由于母质组成矿物结晶好，颗粒较大，通透性好，物理风化强烈，因而有利于无定形氧化物的增加，使成土过程进行更为明显。表现在，水合氧化物含量较高，胶体硅铝率、硅铁铝率偏低，粘粒部分的铝有较明显的移动，粘土矿物中含有较多赤铁矿和少量三水铝石；剖面中颗粒粒级间的转化更为强烈。而凝灰岩母质发育的土壤，因母质含有大量含镁甚高的非晶质火山灰，土壤中含有大量蒙脱石，增加了土壤代换量，土壤发育程度则仅次于花岗岩母质发育的土壤。可见不同母质的矿物学特性和化学组成对土壤淋溶强度、物质转化、理化性质和成土过程强度有不同影响。

参照暂行中国土壤分类系统<sup>[6]</sup>，拟将本文所研究的三种土壤归入褐土土类，其中黄土状母质发育的褐土归为碳酸盐褐土亚类，花岗岩和凝灰岩母质发育的褐土归为淋溶褐土亚类。

## 参 考 文 献

- [1] 马溶之, 1957: 中国土壤的地理分布规律。土壤学报, 第5卷第1期, 1—18页。
- [2] 中国科学院自然区划委员会, 1959: 中国土壤区划(初稿), 第100页, 科学出版社。
- [3] 文振旺等, 1957: 热河省土壤地理概要。土壤专报, 第39号, 20—27页。
- [4] 许冀泉, 1961: 褐土胶体矿物组成。土壤学报, 第9卷3—4期, 103页。
- [5] 李孝芳, 1959: 华北平原附近山地棕色森林土的分布和特性的初步探讨。北京大学学报(自然科学), 第3期, 271—276页。
- [6] 龚子同等整理, 1978: 中国土壤分类暂行草案。土壤, 第5期, 168—170页。
- [7] 熊毅、席承藩, 1961: 华北平原土壤。87页, 科学出版社。
- [8] 同[7], 88页, 113—116页。
- [9] 格拉西莫夫(文振旺等译, 1956), 1954: 地中海区域的褐色土。地理译报, 第1期, 58—64页。
- [10] 格拉西莫夫, 1957: 干旱森林和灌木草地草原褐色土(一)。土壤学译报, 第3期, 5—12页。
- [11] 格拉西莫夫, 1957: 干旱森林和灌木草地草原褐色土(二)。土壤学译报, 第4期, 7—13页。
- [12] 格拉西莫夫, 马溶之, 1958: 中国土壤发生类型及其地理分布。土壤专报, 第32号, 6, 20—23页。
- [13] 梭颇(李连捷、李庆连译, 1936) 1936: 中国之土壤。土壤特刊乙种, 第1号, 101—111页。
- [14] Black, C. A. et al., 1965: Method of soil analysis Vol. I. Amer. Soc. of Agron. Inc. Publisher, Madison, Wis., 578—603.
- [15] Blume, H. P., Schwertmann, U., 1969: Genetic evaluation of profile distribution of aluminum, iron and manganese oxides. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33(2): 438—444.
- [16] FitzPatrick, E. A., 1980: Soils, Longman, London and N. Y. 115.
- [17] McKeague, J. A., Day, J. H., 1965: Dithionite and Oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating Various classes of Soils, Can. J. Soil Sci. Vol. 46: 13—22.
- [18] Mehra, O. P., Jackson, M. L., 1960: Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clay and Clay minerals. Vol. 5, 7th Nati. Conf. on Clay and Clay Minerals, 317—327.
- [19] Nikiforoff, C. C., Drosdoff, M., 1943: Genesis of a claypan Soil: I. Soil Sci. 55: 459—481.
- [20] Nikiforoff, C. C., Drosdoff, M., 1943: Genesis of a claypan Soil: II. Soil Sci. 56: 43—62.
- [21] Schwertmann, U., Fischer, W. R., Papendorf, H., 1968: The influence of organic compounds on the formation of iron oxides. 9th. Intern. Cong. of Soil Sci. Trans. Vol. I, 645—652.
- [22] Герасимов, И. П., 1979: Генетические Типы Почв Суворопников Закавказья. М. «Наука», 126—198.

## EFFECT OF PARENT MATERIALS ON DRAB SOILS IN NORTHWESTERN HILLY REGION OF BEIJING

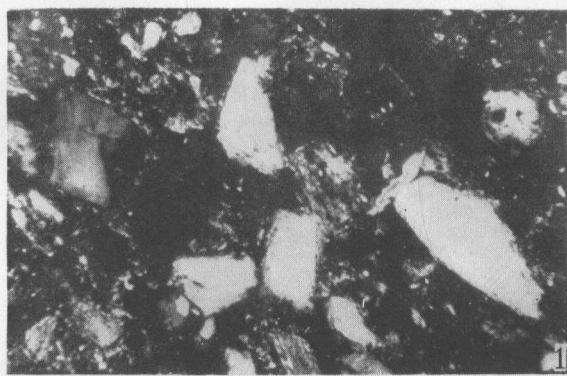
Xu Liyu

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

### Summary

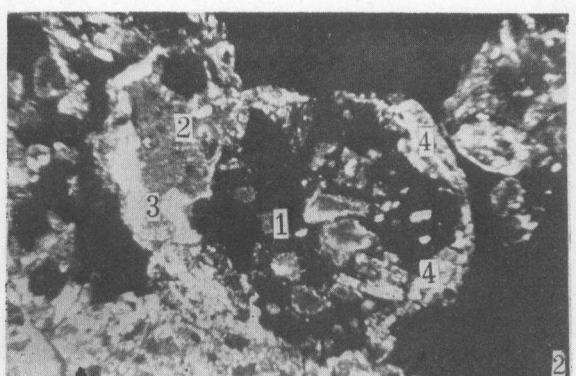
Present paper deals with the comparative study of three soils which are derived from loessal material, tuff and granite respectively on the hills in the northwest of Beijing. The results obtained are as follows:

1. Under semi-arid continental climatic conditions, the soils are more or less developed and characterized by such common features as lack of water-soluble salts in the soil due to leaching, apparent movement of carbonates in soils, more clays in subsoil due to physical weathering in situ, base saturated, neutral to slightly alkaline in reaction, comparatively uniform  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  ratios through profile, and hydromica and montmorillonite as the main clay minerals in soils.
2. The development of the soils varies with different parent materials under similar environmental condition. The soil derived from loessal material is weakly developed with slightly alkaline reaction and higher  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  ratio, less hydrated oxides and indistinct boundaries of horizon in profile, because the loessal material on which the soil is developed is homogenous in texture and rich in carbonate. While the soils developed on tuff and granite contain large amount of gravels and crystalline mineral particles in different sizes, the soils with a friable solum and good permeability are favorable for the release of hydrated oxides from aluminium silicates. According to the analytical data, it is showed that both soils derived from tuff or granite are free from carbonates, rich in hydrated oxides, with lower content of basic ions, and the soils are well developed with distinct horizons in profile.
3. In comparison with the soil developed on tuff, the soil derived from granite is better developed, and the former contains more montmorillonite.
4. According to the Soil Classification System of China, the three soils may be classified as drab soils. The soil derived from loessal material may be regarded as calcic drab soil which corresponds to Entisol; and the soils derived from tuff and granite may be regarded as leached drab soil which corresponds to Inceptisol in US Soil Taxonomy.



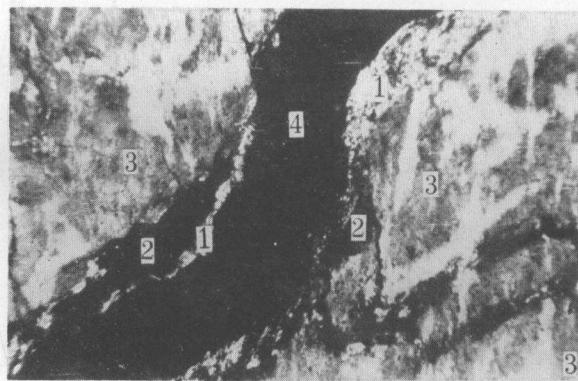
照片 1 黄土状母质发育的褐土(B层)中矿物颗粒周围的薄层基质胶膜(正交偏光,  $\times 160$ )

Photo 1 Thin matans around lithiskels in B horizon of drab soil derived from loessial material (under crossed polarized light,  $\times 160$ )



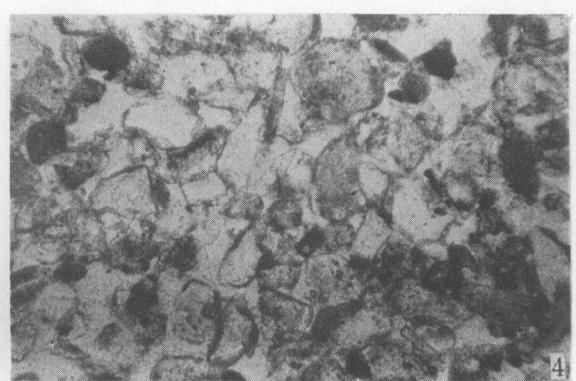
照片 2 凝灰岩母质发育的褐土中(C层)的黑色玻基斑晶结构的岩屑及其边缘生成的细土物质(正交偏光,  $\times 32$ )(1, 岩屑; 2, 细土物质; 3, 光性粘粒集合体; 4, 蒙脱石)

Photo 2 Tuff detritus with black vitrified structure 1. with much plasma 2. around it, in C horizon of drab soil derived from tuff (under crossed polarized light,  $\times 32$ ) 3. oriented clays; 4. montmorillonite



照片 3 花岗岩母质发育的褐土(C层)中的游离铁和由长石风化成的定向粘粒(正交偏光,  $\times 100$ )(1, 定向粘粒; 2, 游离铁; 3, 长石; 4, 间隙)

Photo 3 Free iron oxides and oriented clays weathered from feldspar in C horizon of drab soil derived from granite (under crossed polarized light,  $\times 100$ ) (1. oriented clays; 2. free iron oxides; 3. feldspar; 4. crack)



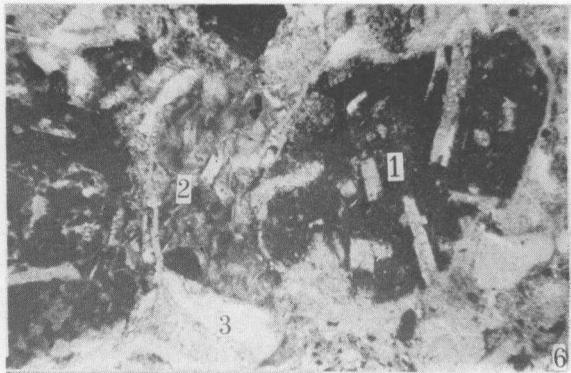
照片 4 黄土状母质发育的褐土A层的包膜-接触状胶结(透射光,  $\times 100$ )

Photo 4 Coated-grains-bound pattern in A horizon of drab soil derived from loessial-like material (under transmitted light,  $\times 100$ )



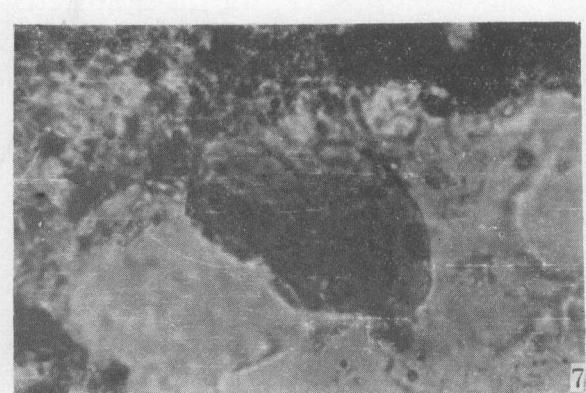
照片 5 黄土状母质发育的褐土 (AB 层) 中的孔隙 (正交偏光,  $\times 20$ )

Photo 5 Voids in AB horizon of drab soil derived from loessal-like material (the section under crossed polarized light,  $\times 20$ )



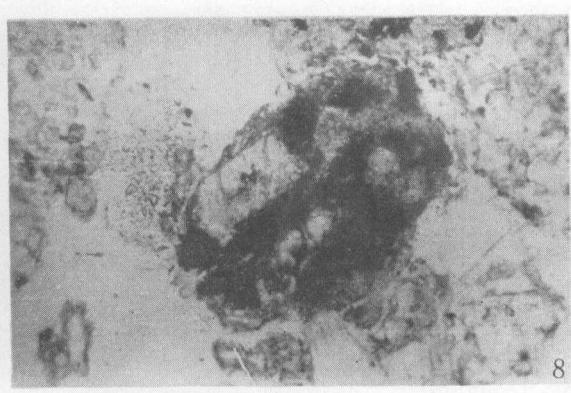
照片 6 凝灰岩母质中的黑色玻基, 铁质化玻基和蒙脱化矿物 (部分正交偏光,  $\times 100$ ) (1, 黑色玻基; 2, 铁质化玻基; 3, 蒙脱化矿物)

Photo 6 Black vitrophic structure (1), ferruginized vitrophic structure (2), and montmorillonite (3), in slightly weathered tuff (under crossed polarized light,  $\times 100$ )



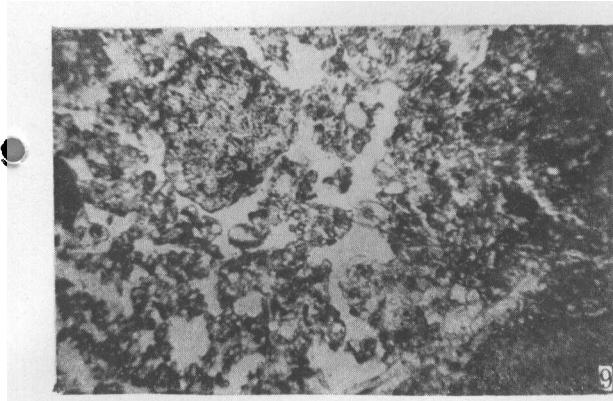
照片 7 花岗岩母质发育的褐土 (A 层) 中的蛭化黑云母 (透射光,  $\times 640$ )

Photo 7 Vermiculated biotite in A horizon of drab soil derived from granite (the section under transmitted light,  $\times 640$ )



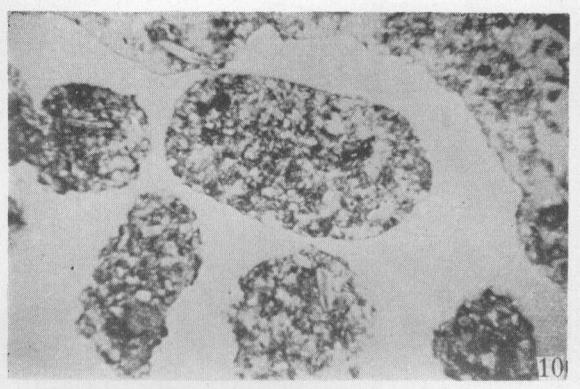
照片 8 花岗岩母质发育的褐土 (AB 层) 中的铁质化长石 (透射光,  $\times 64$ )

Photo 8 Ferruginized feldspar in AB horizon of drab soil derived from granite (under transmitted light,  $\times 64$ )



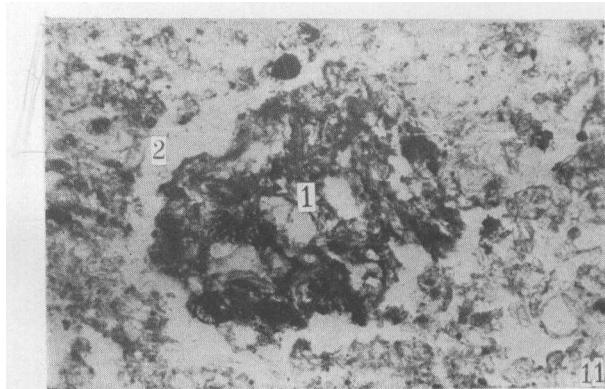
照片 9 凝灰岩母质发育的褐土(AB层)中的孔隙和团聚体(透射光,  $\times 20$ )

Photo 9 Voids and microaggregates in AB horizon of drab soil derived from tuff (under transmitted light,  $\times 20$ )



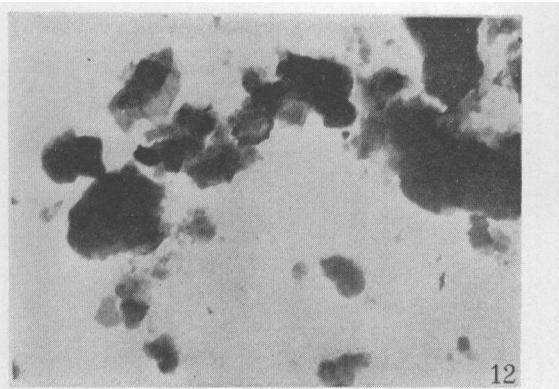
照片 10 凝灰岩母质发育的褐土(AB层)中, 动物穴内的动物粪便(透射光,  $\times 20$ )

Photo 10 Fecall pellets in animal burrows in AB horizon of drab soil derived from tuff (under transmitted light,  $\times 20$ )



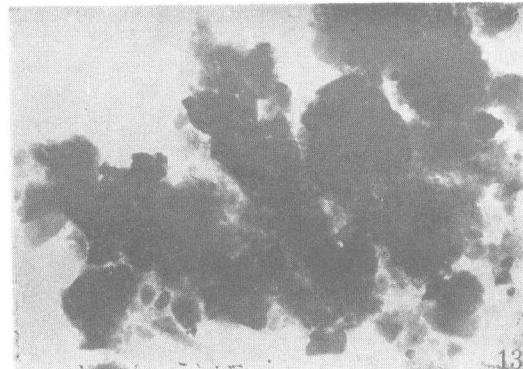
照片 11 发育于花岗岩母质的褐土(A层)中, 由植物残体和粉砂颗粒组成的中型动物粪粒(透射光,  $\times 64$ ) (1. 粪粒; 2. 孔隙)

Photo 11 Fecal pellets composed of phytorelicts and silt particles in A horizon of drab soil derived from granite (under transmited light,  $\times 64$ ) (1. fecal pellets; 2. void)



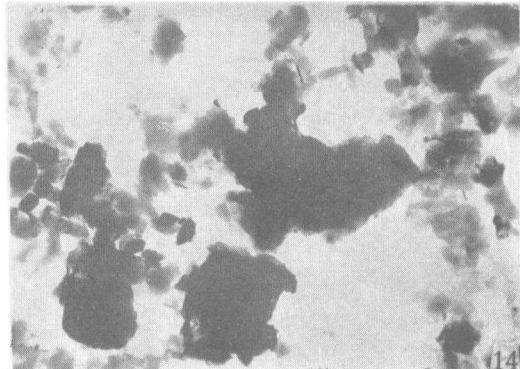
照片 12 黄土状母质发育的褐土(C层)的水云母和蒙脱石( $\times 10,000$ )

Photo 12 Hydro-micas and montmorillonite in C horizon of drab soil derived from loessial materials ( $\times 10,000$ )



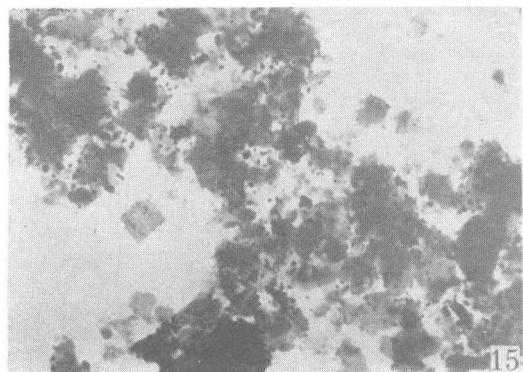
照片 13 凝灰岩母质发育的褐土 C 层的蒙脱石  
( $\times 10,000$ )

Photo 13 Montmorillonite in C horizon of drab soil derived from tuff ( $\times 10,000$ )



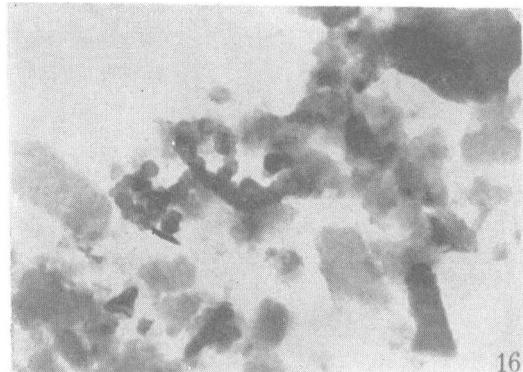
照片 14 凝灰岩岩石(已轻度风化)中的蒙脱石  
和水云母( $\times 15,000$ )

Photo 14 Montmorillonite and hydromicas of slightly weathered tuff ( $\times 15,000$ )



照片 15 花岗岩母质发育的褐土 (C 层) 中的  
氧化铁(?)三水铝矿(?) ( $\times 10,000$ )

Photo 15 Iron oxides (?) gibbsite (?) in C horizon of drab soil derived from granite ( $\times 10,000$ )



照片 16 花岗岩母质发育的褐土 (AB 层)  
中的赤铁矿 ( $\times 20,000$ )

Photo 16 Hematite in AB horizon of drab soil derived from granite ( $\times 20,000$ )