

山东省棕壤形成的特点*

张俊民 过兴度

(中国科学院南京土壤研究所)

施洪云 张玉庚

(山东农业大学) (山东师范大学)

摘 要

本文着重阐明山东省棕壤形成的特点,并与褐土作了比较。

棕壤形成的特点,突出反映在淋溶作用和粘化作用较褐土强。它一般呈酸性至微酸性,盐基不饱和至饱和,不含游离碳酸钙;褐土呈中性至碱性,盐基过饱和,多数含游离碳酸钙,假菌丝体发达。发育良好的棕壤剖面,不仅有粘粒的移动,而且有铁锰的淋溶淀积;褐土虽有粘粒的移动,但不如棕壤明显,且无铁锰淋溶淀积特征。

棕壤是1905年德国土壤学家拉曼命名的。作为一个发生学土类而言,他当年所下的定义不够明确,加上后来引用者的任意性,在“棕壤”名称下,实际上包括了许多发生学特性大不相同的土壤^[6]。早在1935年,美国土壤学家梭颇和我国土壤工作者在山东省进行土壤调查,发现这里的棕壤,受耕种、侵蚀、覆盖的影响很深,不同于欧美的棕壤,特命名为“山东棕壤”,并划分为“轻度至中度灰化的”和“轻微或无剖面发育的”两个亚类^[3]。前者发育于酸性结晶岩(指花岗岩和片麻岩)和砂页岩母质,后者发育于黄土和红色粘土母质。他们把当地成土条件、成土过程和属性很不不同的地带性土壤都划为“山东棕壤”,显然是欠妥的。1955年,苏联土壤学家B. A. 柯夫达到山东省济南市郊进行土壤调查,后来在专著中写到,梭颇认为的山东棕壤即他所称的褐色森林土,可是他在同一专著中却引用梭颇山东棕壤威海卫系的化验资料来说明棕色森林土(即棕壤)的特点^[4]。五十年代后期编的全国土壤图,将山东半岛大部分划为褐土分布区,而棕壤只在垂直带上出现,称为山东棕壤^[5]。七十年代编的全国土壤图有所改变,将棕壤的图斑扩大了,但仍将沿海日照县一带划为褐土区^[1]。造成上述混乱现象的原因,是实际研究工作做得少。1983年倪绍祥将欧亚大陆东、西部棕壤的成土条件与主要发生学性质进行对比研究时,由于国内缺少棕壤资料,不得已而用东北的暗棕壤和华北的山地棕壤资料来代替^[2]。

我们最近几年对山东省的棕壤进行了调查研究,发现这里的棕壤只是过去所称“山东棕壤”中的一部分,因为“山东棕壤”实际上包括了棕壤和褐土两个土类。

棕壤在山东半岛分布广泛,尤以鲁东丘陵区更为集中,在鲁中南山地丘陵区分布亦

* 参加土壤调查研究的有山东省土肥站曲克健、山东大学叶正丰、莱阳农学院杨延蕃、淄博市土肥站刘伟之、济宁市土肥站关敬秀、临沂地区土肥站杨崇淦、济南市农科所谢连庆、房素芝、魏德明等。
南京土壤所费振文鉴定土壤微形态,杨德涌、李淑秋等鉴定粘土矿物,对以上诸同志均此致谢。

广,既见于丘陵,亦见于山坡和山前扇形地,成土母质以花岗岩、片麻岩风化物为主,其次为砂岩和页岩风化物。褐土主要分布于鲁中南山地丘陵区的北部和西部,但以济南、淄博至潍坊一带分布比较集中,成土母质以黄土和石灰岩风化物为主,其次为钙质砂岩、页岩的风化物。棕壤集中分布区的气候条件虽较褐土区湿润,但是由于母质的不同,也可能分布褐土,即在过渡地带二者可以交错分布。本文着重阐明山东省棕壤的形成特点。

一、淋溶作用

(一) 土壤酸碱度和盐基饱和度

棕壤在母岩风化过程中所产生的钙、镁、钾、钠等盐基成分已大量淋失,故一般呈酸性至微酸性反应,盐基饱和度多为 60—90%。发育良好的棕壤剖面具有亮棕色(7.5YR 5/6)的 B 层。而褐土的淋溶作用甚弱,尚处于碳酸盐的淋溶淀积阶段,一般呈中性至碱性反应, $\text{pH} > 7.0$, 大多在 8.0 上下,盐基高度饱和(图 1)。发育良好的褐土剖面具有暗红棕色(5YR 4/4)的 B 层。

棕壤的 pH 值和盐基饱和度均低于褐土,这是土壤中 CaO 和 MgO 淋失较多的结果,特别是 CaO 淋失更多,故棕壤的 CaO/MgO 为 0.7, 而褐土为 1.72。K₂O/Na₂O 的趋势相同,棕壤为 0.78, 而褐土为 1.27。CaO + K₂O + Na₂O/Al₂O₃ 的比值也是棕壤小于褐土(表 1)。

(二) 粘粒的剖面分布

凡地势平坦、土层深厚、剖面发育良好的棕壤,粘粒均有向下移动现象。剖面上部粘粒含量减少,形成淋溶层;剖面中部粘粒含量增加,形成淀积层(图 2)。从棕壤微形态薄片观察,剖面中下部的孔隙壁上普遍有粘粒淀积胶膜(图版 I, 照片 1)。这是土壤剖面上

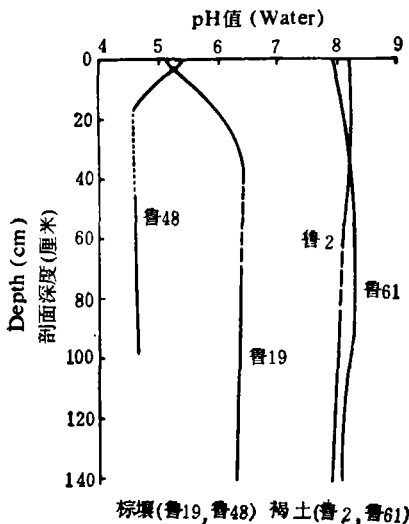


图 1 棕壤和褐土 pH 值的比较

Fig. 1 Comparison of pH value between brown earth and cinnamon soil

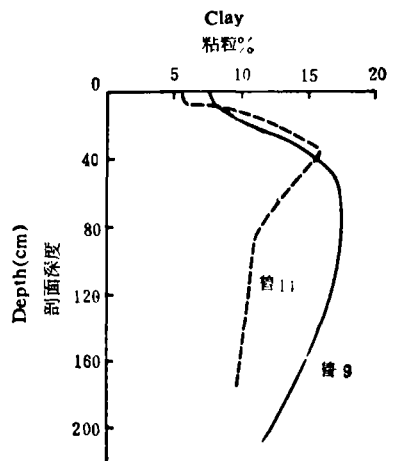


图 2 棕壤粘粒的剖面分异

Fig. 2 Segregation of clay in brown earth profile

表 1 棕壤和褐土体的化学组成*

Table 1 Chemical composition

土 类 Soils	项 目 Item	化 学 组 成 Chemical composition						分 子 率 Molar ratios			
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	CaO/ MgO	K ₂ O/ Na ₂ O	CaO+K ₂ O+Na ₂ O/ Al ₂ O ₃
棕 壤 Brown earth	范围值 Variation	54.82—75.23	13.70—19.01	0.29—5.44	0.63—5.21	1.02—3.91	1.44—3.34	4.94—9.36	0.29—1.26	0.20—1.09	0.44—0.98
	加权平均值 \bar{x}	69.78	16.05	1.79	1.81	2.35	2.13	7.49	0.70	0.78	0.58
	变异系数 (CV%)	7.44	9.82	76.73	61.52	30.44	24.70	15.56	42.17	35.39	20.46
褐 土 Cinnamon soil	范围值 Variation	58.78—72.57	13.24—16.59	1.36—9.74	1.61—3.69	1.90—3.57	0.67—2.12	6.32—8.82	0.53—2.85	0.74—3.46	0.53—1.44
	加权平均值 \bar{x}	68.01	14.35	5.33	2.34	2.42	1.59	8.07	1.72	1.27	1.05
	变异系数 (CV%)	5.96	8.16	54.76	34.96	18.88	35.15	10.79	51.28	74.98	35.68

* 根据棕壤 13 个剖面 and 褐土 9 个剖面的资料统计。

表 2 棕壤氧化铁、锰的剖面分异(占烘干土%)

Table 2 Segregation of iron and manganese in the profile of brown earth (% of oven dried soil)

剖面号 No. of profiles	深度 (cm) Depth	发生层次 Horizons	粘粒 (<0.001 min) (%) Clay	全铁 (Fe_2O_3) (%) Fe_t^3	全锰 (MnO) (%) Mn_t	游离铁 (Fe_2O_3) (%) Fe_d^3	游离锰 (MnO) (%) Mn_d	活性铁 (Fe_2O_3) (%) Fe_a^3	活性锰 (MnO) (%) Mn_a	游离度 (%)		活化度 (%)	
										Fe_d/Fe_t	Mn_d/Mn_t	Fe_a/Fe_d	Mn_a/Mn_d
鲁 9	0-12	A	7.8	5.13	0.089	1.34	0.045	0.221	0.052	26.1	50.6	16.5	115
	12-30	AB	10.7	5.45	0.098	1.47	0.047	0.259	0.053	27.4	48.0	17.6	113
	30-80	B ₁	17.4	5.75	0.097	1.56	0.056	0.286	0.068	27.1	57.7	18.3	121
	80-170	B ₂	16.4	5.80	0.115	1.65	0.059	0.219	0.071	28.4	51.3	13.3	120
	170-210	BC	12.7	5.87	0.107	1.75	0.054	0.213	0.061	29.8	50.5	12.2	113
鲁 14	0-14	A	5.7	4.77	0.055	1.63	0.034	0.232	0.037	34.2	61.8	14.2	108
	14-28	AB	12.6	4.80	0.057	1.64	0.036	0.231	0.040	33.7	63.2	14.7	110
	28-47	B ₁	15.5	5.02	0.058	1.73	0.038	0.233	0.045	34.5	65.5	14.8	118
	47-113	B ₂	11.1	5.39	0.062	1.92	0.041	0.232	0.043	35.6	66.1	14.5	105
	113-170	BC	10.1	5.96	0.065	2.09	0.046	0.241	0.046	35.1	70.8	11.5	100

1) d: extracted by dithionite; 2) o: extracted by oxalate; 3) t: total content.

表 3 棕壤和褐土粘粒的水合氧化物*

Table 3 Hydroxides in clay fraction (<0.001 mm)

土类 Soils	项 目 Item	游离氧化物(%)			活性氧化物(%)			游离度(%)			活化度(%)		
		Fe_2O_3	Fe_d	Mn_d	Fe_2O_3	Fe_a	Mn_a	Fe_d/Fe_t	Mn_d/Mn_t	Fe_a/Fe_d	Mn_a/Mn_d	Fe_a/Fe_d	Mn_a/Mn_d
棕壤 Brown earth	范围值	3.6-8.79	0.57-4.37	0.027-0.086	3.18-56.9	1.33-51.1	10.1-38.1	3.18-56.9	1.33-51.1	10.1-38.1	68.0-158.0		
	加权平均值 \bar{x}	6.06	1.42	0.059	45.80	41.22	25.3	45.80	41.22	25.3	130.6		
	变异系数 (CV%)	19.86	54.79	32.74	16.26	43.25	67.4	16.26	43.25	67.4	35.38		
褐土 Cinnamon soil	范围值	3.35-7.10	0.55-1.60	0.031-0.040	27.7-48.8	25.8-34.8	15.1-29.7	27.7-48.8	25.8-34.8	15.1-29.7	8.5-129.0		
	加权平均值 \bar{x}	4.60	0.99	0.037	34.9	30.5	22.2	34.9	30.5	22.2	117.7		
	变异系数 (VC%)	30.18	30.28	23.4	23.31	17.70	25.58	23.31	17.70	25.58	23.38		

* 根据 9 个棕壤剖面 and 2 个褐土剖面的资料统计。

表 4 棕壤区和褐土区地下水的 pH 值和化学组成

Table 4 pH value and chemical composition of ground water

土 壤 Soils	水 样 号 No. of water sample	采 集 地 点 Location	母 岩 和 母 质 Parent material	pH	化 学 组 成 Chemical composition (毫克/升)								
					Si	Fe	Al	Mn	Ca	Mg	K	Na	P
棕 壤 Brown earth	7	泰山普照寺	片岩、片麻岩	7.82	7.26	0.19	0.32	微	59.30	11.80	1.91	20.20	微
	9	泰山中天门	斜长角闪岩	6.50	6.19	微	0.14	微	11.40	3.32	2.32	5.19	0.03
	16	泰山黑龙潭	片岩、片麻岩	7.50	3.43	微	0.41	微	21.60	4.38	1.66	8.01	微
	12	威海市凤林	片麻岩	6.52	7.66	微	0.20	微	51.10	31.6	1.66	—	0.02
	平 均 值			(\bar{X})		6.14	0.04	0.27		35.89	12.78	1.89	11.13
褐 土 Cinnamon soil	5	济南灵岩寺	钙质紫色砂页岩	7.52	4.27	0.14	0.31	微	39.80	11.60	1.33	5.94	微
	6	济南灵岩寺	石灰岩	7.39	6.59	0.13	0.23	微	58.60	11.60	1.91	6.75	微
	40	济南龙洞	石灰岩	7.75	5.49	微	微	微	77.20	13.60	2.32	5.94	微
	10	济南千佛山	石灰岩	7.49	8.98	微	—	微	98.20	23.00	2.58	4.45	0.30
	21	济南北园	黄 土	7.53	5.97	微	0.73	未检出	141.40	38.90	1.32	37.1	0.02
平 均 值			(\bar{X})		6.26	0.05	0.46		83.04	19.74	6.54	12.04	0.06

部的粘粒向下部淋溶淀积和定向排列的结果,也是判别土壤淀积粘化作用的重要标志。

(三) 水合氧化物的剖面分异

发育良好的棕壤剖面,不仅有粘粒的移动,而且有铁锰水合氧化物的淋溶淀积。在野外观察土壤剖面时,便能看出这一特点,而褐土则否。从土壤薄片观察,更能清晰看到棕壤剖面中、下部的结构面上,具有黑色的淀积铁锰胶膜和各种形态的铁质凝聚体(图版 I, 照片 2)。铁质胶膜常与淀积粘粒胶膜形成复合胶膜(图版 I, 照片 3),更能说明前者也是淋溶淀积形成的。角闪石和云母等原生矿物在风化过程中有铁质化现象(图版 I, 照片 4)。褐土剖面中、下部则无铁锰水合氧化物的淀积,但有作为褐土重要特征的碳酸盐假菌丝体(图版 II, 照片 5),有的深层土壤孔隙中有隐晶质碳酸盐(图版 II, 照片 6)。

表 2 的化学分析结果表明,棕壤的全量铁锰、游离铁锰和活性铁锰的含量均以 B 层为高,说明铁锰有淋溶淀积现象,这与剖面形态观察和微形态鉴定的结果是一致的。

棕壤和褐土粘粒中水合氧化物的含量有一定的差异。由表 3 可见,棕壤的游离氧化铁锰和活性氧化铁锰的含量均较褐土为高,铁锰的游离度和活化度趋势相同。

(四) 地下水的化学性质

从表 4 可知,棕壤与褐土区地下水的化学组成有较大差别:第一,前者的 pH 值为 6.50—7.82,其中半数低于 7.0;后者的 pH 值为 7.39—7.75,全部高于 7.0;第二,后者化学组成中的 Ca, Mg, K 和 Na 都明显高于前者,特别是 Ca 高出 47.19 毫克/升,这说明褐土处于脱钙阶段,而棕壤的淋溶作用较褐土为强。

二、粘化作用

山东半岛年平均温度 11—14°C,年降水量 700—900 毫米,既具有淀积粘化的气候条

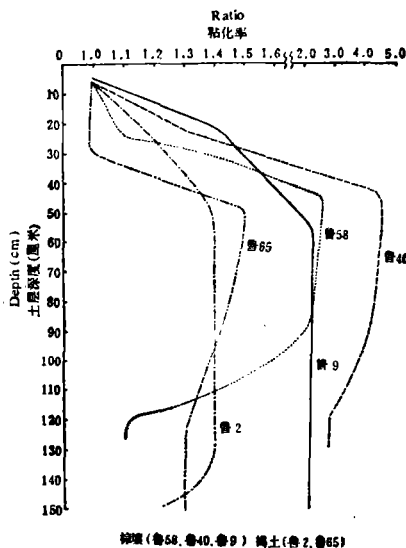
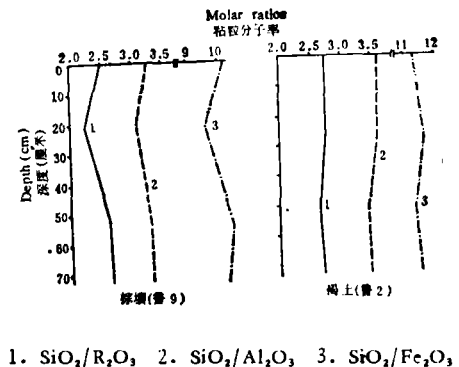


图 3 棕壤和褐土粘化率的比较

Fig. 3 Ratios of clay content in B horizon to that in A horizon of the soils



1. $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$, 2. $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, 3. $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$

图 4 棕壤与褐土粘粒分子率比较

Fig. 4 Molar ratios of clay (<0.001 mm)

表 5 棕壤和褐土粘粒(<0.001 毫米)化学组成的比较*
Table 5 Chemical composition in clay fraction (<0.001 mm)

土 类 Soils	项 目 Item	烧 失 量 (%) Ignored losses	化 学 组 成 Chemical composition										分 子 率 Molar ratio		
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂ / R ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / Fe ₂ O ₃
棕 壤 Brown earth	范 围 值 Variation	8.04— 11.24	39.65— 54.26	24.69— 31.78	11.76— 20.06	0.07— 0.97	2.02— 4.90	0.76— 2.59	0.028— 0.14	1.52— 3.34	0.25— 1.21	0.123— 1.02	1.72— 2.67	2.47— 3.43	5.29— 12.15
	加 权 平 均 值 (\bar{x})	9.59	50.15	28.18	13.50	0.27	2.95	1.27	0.096	2.50	0.64	0.32	2.33	3.03	10.26
	变 异 系 数 (CV%)	10.22	7.75	5.47	17.42	95.97	28.83	36.47	32.59	19.71	40.54	102.0	11.49	9.74	18.63
褐 土 Cinnamon soil	范 围 值 Variation	7.06— 9.74	52.18— 56.25	23.21— 26.09	11.53— 13.23	0.05— 0.30	1.95— 3.95	0.77— 1.14	0.03— 0.089	2.85— 4.18	0.25— 0.67	0.15— 0.37	2.68— 3.11	3.56— 4.07	10.40— 13.04
	加 权 平 均 值 (\bar{x})	7.96	54.98	24.55	12.30	0.15	2.91	0.93	0.057	3.32	0.38	0.21	2.91	3.82	12.00
	变 异 系 数 (CV%)	11.28	2.6	4.48	5.69	60.01	19.07	17.24	35.07	13.46	45.37	35.33	6.30	6.03	7.75

* 根据棕壤 14 个剖面、褐土 7 个剖面的资料统计。

件,也具有明显的淀积粘化的性态特征。如前所述,凡发育良好的棕壤,剖面下部普遍有淀积粘粒胶膜。

棕壤的粘化作用强于褐土,因其粘化率较大,在 2.2—2.6 之间,而褐土显著较小,在 1.2—1.5 之间(图 3)。这也反映了棕壤的风化作用和淋溶作用都较褐土为强的特点。

棕壤粘粒的硅铁铝率、硅铝率和硅铁率分别为 2.33, 3.03 和 10.26,比褐土均小,后者

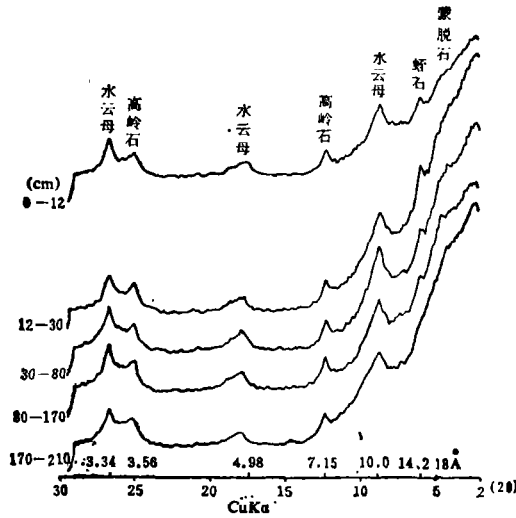


图 5 普通棕壤(鲁 9)胶体 (<0.001mm) X 射线衍射谱
Fig. 5 X-ray diffraction patterns of brown earth (No. S9)

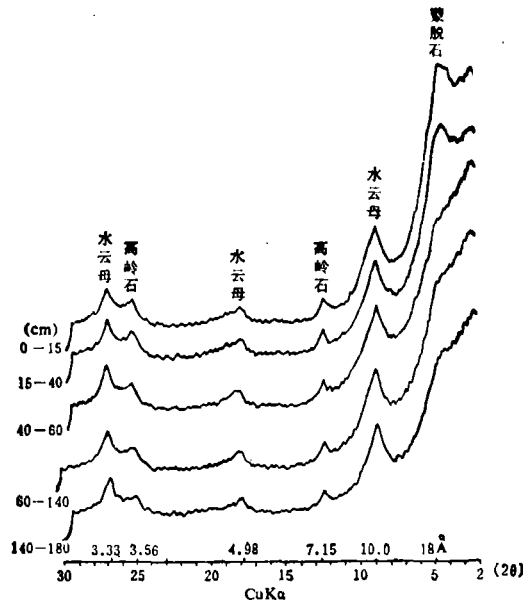


图 6 普通褐土(鲁 2)胶体 (<0.001mm) X 射线衍射谱
Fig. 6 X-ray diffraction pattern of cinnamon soil (No. S2)

分别为 2.91, 3.82 和 12.0 (表 5)。但二者上述的三种分子率全剖面基本一致(图 4), 说明同一剖面的粘粒均未遭受破坏和粘土矿物的一致性。

从 X 射线衍射谱亦可看出棕壤和褐土全剖面粘土矿物的一致性。不过二者在粘土矿物的类型上略有不同。尽管二者都是以水云母为主, 并含有高岭石, 但棕壤含有较多的蛭石, 而褐土含有较多的蒙脱石(图 5、6 和图版 II, 照片 7、8)。

综上所述, 说明过去所称的“山东棕壤”, 实际上包括棕壤和褐土两个土类, 前者的淋溶作用和粘化作用均较后者为强。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤所研究主编, 1978: 中国土壤。科学出版社。
- [2] 倪绍祥, 1983: 欧亚大陆西部棕壤的成土条件与主要发生学性质的初步比较。地理科学, 第 3 卷, 第 1 期。
- [3] 梭颇、周昌芸, 1936: 山东土壤纪要。土壤专报, 第 14 号。
- [4] B. A. 柯夫达(陈恩健译), 1960: 中国之土壤与自然条件概论。科学出版社。
- [5] И. П. 格拉西莫夫、马裕之, 1958: 中国土壤发生类型及其地理分布。土壤专报, 第 32 号。
- [6] Ю. А. 李维罗夫斯基(戴昌达译)1957: 棕色森林土的发生和地理分布。土壤译报, 第 3 期。

GENETIC CHARACTERISTICS OF BROWN EARTH IN SHANDONG PROVINCE

Zhang Junmin and Guo Xindu

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing*)

Shi Hongyun

(*Shandong Agricultural University*)

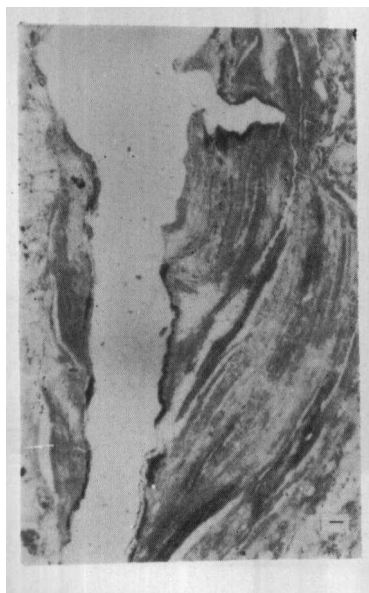
Zhang Yugeng

(*Shandong Teachers University*)

Summary

This paper deals with the genetic characteristics of brown earth in Shandong province, in comparison with cinnamon soil. The brown earth having been named Shandong brown earth, in fact, includes two groups, i.e. brown earth and cinnamon soil. The brown earth is widely distributed in Shandong peninsula, while the cinnamon soil is spreaded in the northwest part of this province. And in the transitional area the two groups of soils are often distributed as complex association.

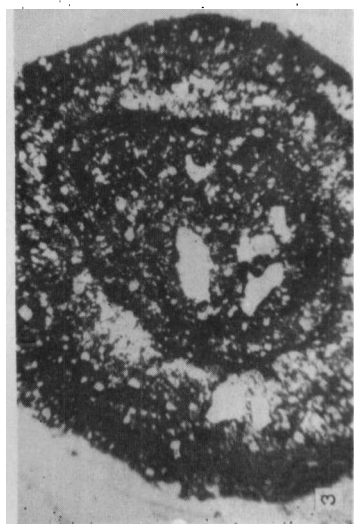
As comparison with the cinnamon soil, the brown earth has stranger eluviation and argillization processes, and it is acid to slightly acid in reaction with a pH value of less than 7.0, low base saturation and no free carbonate. While the cinnamon soil is alkline in reaction with a pH value of more than 7.0, high base saturation, and in most cases, contain carbonate and pseudomycelia especially in B horizon. In well developed profile of brown earth, there exists not only migration of clay, but also eluviation and illuviation of iron and manganese. While in cinnamon soil there is no eluviation and illuviation of iron and manganese although there exists weak clay migration.



照片 1 普通棕壤(鲁 14), 47—113 厘米, 孔隙
壁的淀积粘粒胶膜(单偏光, ×72)
Fig. 1 Illuvated clayskin inside void, plain light, ×72, brown
earth (S14), with a depth of 47—113 cm in the profil



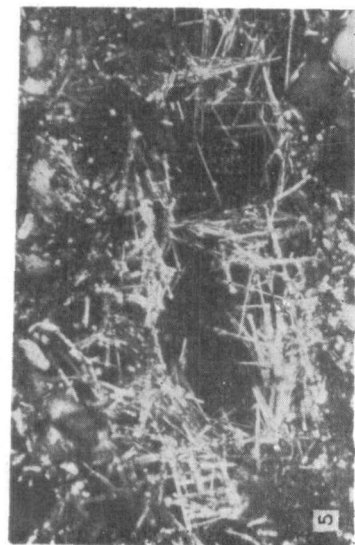
照片 2 普通棕壤(鲁 21), 17—40 厘米, 具同心圆
全结的铁质结核(单偏光, ×23)
Fig. 2 Ferric-concretion, plain light, ×23, brown
earth (S21), with a depth of 17—40 cm



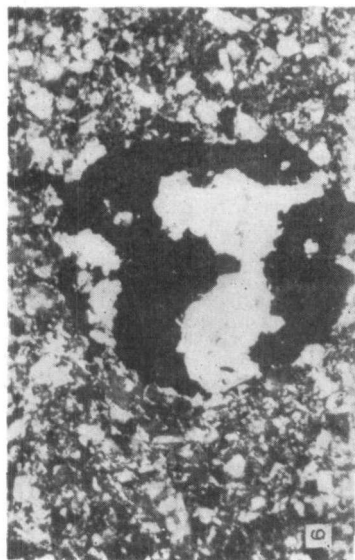
照片 3 普通棕壤(鲁 19), 45—108 厘米, 铁
质-粘粒复合胶膜(单偏光, ×72)
Fig. 3 Ferric-clayskin, plain light, ×72, brown earth
(S19), with a depth of 45—108 cm



照片 4 普通棕壤(鲁 14) 14—28 厘米, 铁质化的
黑云母碎片(单偏光, ×72)
Fig. 4 The fragment of ferric-mica, plain light, ×72,
brown earth (S14), with a depth of 14—28 cm



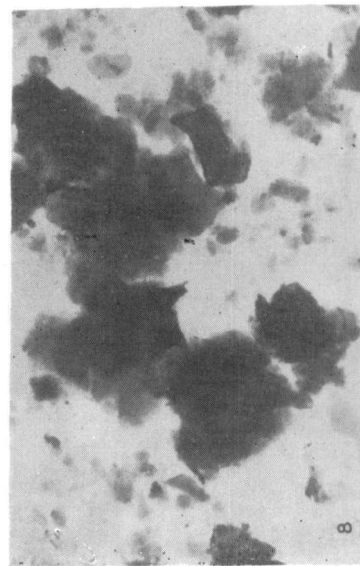
照片 5 普通褐土(鲁 31), 30—80 厘米, 孔隙中的针状碳酸盐结晶体(正交偏光, $\times 303$)
Fig. 5 The needle-like crystalline carbonate inside the voids, crossed polarizers, $\times 303$, cinnamon soil (S31), with a depth of 30—80cm



照片 6 普通褐土(鲁 2), 140—180 厘米, 孔隙中的隐晶质碳酸盐(正交偏光, $\times 72$)
Fig. 6 Aphanitic carbonate inside void, crossed polarizer, $\times 72$, cinnamon soil (S2), with a depth of 140—180 cm



照片 7 普通棕壤(鲁 9), 30—80 厘米, 水云母和蛭石($\times 1.5$ 万)
Fig. 7 Hydromica and vermiculite, $\times 15000$, brown earth (S₂), with a depth of 30—80 cm



照片 8 普通褐土(鲁 2), 40—60 厘米, 蒙脱($\times 1.5$ 万)
Fig. 8 Montmorillonite, $\times 15000$, cinnamon soil (S₂), with a depth of 40—60 cm