

内蒙毛烏素砂区中东部固定砂丘 土壤的发生发育及其利用

李孝芳
(北京大学)

毛烏素砂区位于我国内蒙伊克昭盟南部、陕西北部和宁夏河东地区。研究地区属毛烏素砂区中东部,为干草原淡栗鈣土亚地带。經两年来的調查,发现該砂区中东部固定砂丘成土条件的植被因素較复杂,除砂生植物外,还夹有草本成分,个别砂丘全部生长針叶灌丛——臭栂。由于风积和风蝕頻繁,砂丘上的土壤不易保存完整的剖面。因此,土壤形成中的時間因素也就起着明显的作用。

一、固定砂丘土壤的形成条件

本区气候具有明显的温带季风影响。年均温 8°C, 1月均温 -10°C, 7月均温 24°C。一般年降水量为 400 毫米,多雨年 600 毫米以上,少雨年仅 200 毫米。其中 70% 集中于 7、8、9 三个月,12、1、2 三个月降水不足 10 毫米,尤以 6 月最为干旱。不仅年变率大,而且相对湿度也低,平均仅达 60% 左右。因之其总的特点是:冬寒夏暖,日照較强,寒暑剧变,风大砂多,干湿交替,但干季甚长。

調查区在地貌上属鄂尔多斯高平原及其东南部洼地,地势自西北向东南逐渐降低。在高平原上的中南部,又可分为梁滩平行排列的地貌单元。梁的高度自西北的 1,500 米向东南降至 1,200 米,梁地系由下白堊紀砂岩或夹有硅及碳酸鈣結核的第四紀沉积物构成。前者一般称为硬梁;后者称为軟梁。梁間多滩地和湖泊,很少河流。只在砂区东南部有数条流向东南、注入无定河的小溪。其上源多为大小不同的长条形滩地。滩地的地表組成物大部为全新統风积砂和冲积砂。

上述各岩层和地表組成物作为成土母質的共同特征是具有显著的砂性。这些砂性母質在干燥多风的条件下,在本区形成各种类型的砂丘。其中固定砂丘所占面积較广。植被覆盖度一般达 40—60%,高的可达 70%。以砂生植物为主,其次有各种灌木和草类。固定砂丘上的植物羣系可划分为以下几組:

1. 油蒿羣系:植物有油蒿 (*Artemisia ordosica*)、錦鷄儿 (*Caragana microphylla* var. *tomentosa*)、胡枝子 (*Lespedeza dahurica*)、白草 (*Pennisetum flaccidum*)、隱子草 (*Cleistogencs squroosa*)、紫菀 (*Aster alicus*)、沙葱 (*Allium mongolicum*)、砂棘豆 (*Oxytropis psammocharis*)、远志 (*Polygala tenuifolia*) 和砂芦草 (*Agropyrom mongolicum*) 等。地表有时尚有薄层的苔蘚和地衣。这类羣系在梁坡、高滩地的固定砂丘上分布較广。

2. 麻黃羣系:植物有麻黃 (*Ephedra sinica*)、阿尔泰紫菀、沙芦草、猪毛菜 (*Salsola collina*)、綠珠藜 (*Chenopodium glaucum*) 和柴胡 (*Bupleurums chinensis*)。在固定較久的

砂丘上也可見到本氏針茅 (*Stipa bungeana*) 和短花針茅 (*Stipa breviflora*)。这个羣系多分布于梁頂或梁坡的固定砂丘上。

3. 冷蒿羣系: 构成这个羣系的植物有冷蒿 (*Artemisia frigida*)、阿尔泰紫菀、达烏里胡枝子、沙棘豆、沙葱 (*Allium mongolicum*) 和少量的油蒿和錦鸡儿。这类羣系不仅見于高滩地, 也常見于梁坡及梁頂的老固定砂丘上。

4. 臭栢羣系: 植物为臭栢 (*Juniperus sabina*), 其中尚夹有蒙古薹 (*Caryopteris mongolicum*)。林下草本有苔草 (*Carx* sp.)、柴胡、山丹 (*Lilium tenuifolia*) 和黄精 (*Polygonatum verticillatum*) 等。并且在林下也出现了大量的干草原成分, 如冷蒿、隐子草和沙芦草等。生长这类植物羣系的固定砂丘多分布在高滩地和梁坡上。

二、砂土的特性

由于土壤形成条件非常复杂, 排水良好的固定砂丘上的土壤常形成不同发育程度和不同特性的剖面。本文仅就固定較长久、受风蝕或风积較少的剖面进行探討。

油蒿、麻黃和冷蒿羣系下的砂土 在这三类砂土中以油蒿砂土分布最广, 麻黃和冷蒿砂土分布面积較小。油蒿砂土为該区农牧业生产的基地, 植被覆盖度大。其形态剖面描述于下:

油蒿砂土: 剖面 62-152, 位于内蒙伊盟烏审旗巴音什利东南 2.5 公里, 为平梁頂部的固定砂丘。海拔 1,412 米, 坡度 4° — 5° , 起伏和緩, 排水良好。母質为风积砂。植被以油蒿为主, 其次有达烏里胡枝子、隐子草、阿尔泰紫菀等。

62-152¹⁾

0—10 厘米, A 湿润, 表面为黑綠色薄层结皮, 结皮下棕灰色砂壤土, 弱块状结构, 稍紧实, 根多, 少量细孔, 弱石灰反应, 向下层过渡的界限不清楚。

10—31 厘米, AB 湿润, 浅棕灰色, 紧砂土, 块状结构, 稍紧实, 根中量, 弱至中等石灰反应, 向下层过渡界限不清楚。

31—81 厘米, B 稍湿润, 浅棕灰色, 紧砂土, 块状结构, 紧实, 根少, 少量细孔和根孔, 极少量小砾石 (<3 毫米), 弱石灰反应, 向下层界不清楚。

81 厘米以下 湿润, 棕色, 疏松砂粒, 无结构, 少量小砾, 弱石灰反应。

62—151 位于巴音什利正南 2 公里, 属梁地背风坡固定砂地。植被与剖面 62-152 的相同, 只是由于过渡放牧, 植被和土壤都遭到不同程度的破坏, 故表层腐殖质含量稍低。

麻黃砂土: 在調查区内分布不广, 呈小片零星出现。剖面 C63-30 采自内蒙伊盟烏审旗烏审召公社北西約 10 公里。剖面位于固定砂丘中部。植物除麻黃外, 尚有冷蒿、阿尔泰紫菀、油蒿、錦鸡儿、砂葱和狗尾草 (*Setaria viridis*) 等主要附属种。覆盖度 60—70%, 母質为风积砂。目前不受地下水影响。

C63-30

0—1 厘米 黄棕色, 覆砂层, 干, 松散。

1—19 厘米 稍湿, 暗灰棕色, 砂壤, 块状结构, 稍紧实, 植物根极多, 向下层逐渐过渡。

1) 此剖面于雨后次日采集, 故較湿润。

- 19—45 厘米 稍湿,灰棕色,细砂-砂壤,块状结构,稍紧实,多量植物根,向下层过渡不明显。
- 45—62 厘米 稍湿,暗灰棕色,细砂,松,弱块状结构,中量植物根,向下层过渡不明显。
- 62—127 厘米 稍湿,暗黄棕色,不明显的块状结构,稍紧实,根极少,向下层过渡不明显。
- 127—180 厘米 稍湿,黄棕色,细砂,松,无结构,根极少。

冷蒿砂土: 在調查区分布不广,多分布在地势平坦的老固定砂丘上。当地称这类砂丘为“科对”,意即此土甚肥,故多在“科对”上开荒。

剖面 C63-35 位于内蒙伊盟烏审旗烏审召公社东北 2.5 公里。植被有冷蒿,附属植物主要为阿尔泰紫菀、达烏里胡枝子、砂棘豆及少数油蒿和錦鸡儿。覆盖度 60—70%,母质为风积砂,目前不受地下水影响。

C63-35¹⁾

- 0—8 厘米 稍湿润,棕灰色,砂壤,微现块状结构,稍紧实,根多量,中等石灰反应,向下层逐渐过渡。
- 8—30 厘米 湿润,暗灰棕色,砂壤,块状结构,稍紧实,根多量,中等石灰反应,层界不清楚。
- 30—42 厘米 湿润,暗棕色略带灰色,砂壤,块状结构,稍紧实,根多,强石灰反应,层界清楚。
- 42—63 厘米 湿润,暗棕色,砂壤,略现块状结构,紧实,根中量,中等石灰反应,层界清楚。
- 63—89 厘米 稍湿润,黄棕色,细砂,弱块状结构,松脆,根少量,弱石灰反应,向下层过渡较明显。
- 89—160 厘米 稍湿润,带绿色之黄棕色,细砂(比上层粗),无根,无结构,松,无石灰反应。

臭栢砂土: 分布面积次于油蒿砂土,但較麻黄砂土和冷蒿砂土分布面积广。这种土壤十分肥沃,但开荒后很易变为流砂。臭栢的覆盖度大,有时还有黄蘗和蒙古藓。林下草本植物有黄精、山丹、莎草和柴胡及一些显域生境的草类。草本植物的覆盖度达 80%。地表尚有苔藓、地衣和地錢,形成四层植物层片。所以对砂丘的固定作用较大。所研究的臭栢砂土剖面位于内蒙伊盟烏审旗图克公社梅林庙大队,阿車兔西北 4 公里烏尔兔滩,为高滩地固定砂丘,半水成性质,剖面下部多湿润,母质为风积砂。

63-631

- 0—0.5 厘米 未分解或半分解的残落物层。
- 0.5—1.5 厘米 干,灰褐色砂壤,粒状结构,稍紧实,多量苔藓残落物,中度石灰反应,层界清楚。
- 1.5—6 厘米 稍湿润,灰褐色砂壤,粒状-块状结构,稍紧实,多量草根和臭栢灌木根,中度石灰反应,向下层逐渐过渡。
- 6—16 厘米 稍湿润,浅灰棕色砂壤,碎块状结构,疏松,中量植物根,向下层逐渐过渡。
- 16—34 厘米 稍湿润,浅黄棕色细砂,无结构,疏松,根中量。
- 34—61 厘米 稍湿润,浅黄棕色细砂,偶见弱块状结构,疏松,有半分解根和臭栢根,向下层逐渐过渡。
- 61—96 厘米 稍湿润,浅黄棕色细砂,中量植物根,偶见弱块状结构,疏松。
- 96—147 厘米 湿润,浅黄棕色细砂,少量植物根,极弱块状结构,疏松。
- 147—180 厘米 湿润,浅黄棕色细砂,无根,无结构,疏松。

1) 此剖面与 C63-30 系地理所沙漠室陈隆享及北大毕业生杨柳林所采,在此一并致谢。

从形态剖面 and 一般理化性质的分析上看 (表 1 和表 2), 上述前三个剖面具有共同的特点: 剖面层次分化不明显, 没有腐殖质层和钙积层的分异。表层腐殖质含量低, 0.6—1.79%, 但腐殖质层次较厚, 约达 20—30 厘米。全剖面钙积层多不明显, 碳酸盐含量也低, 一般在 1—2% 之间。土体疏松, 机械组成多砂质, 仅表层为砂壤质, 物理粘粒及粘粒的含量皆低, 前者表层在 6.47% 至 10.25% 之间; 后者表层 1.74—7.05%。在同一剖面中其含量在上下各层变化不大。这些共同的特点与当地典型淡栗钙土相比 (表 1 和表 2), 充分表明这些砂土发育尚在初期阶段。只有 C63-35 冷蒿砂土在腐殖质含量及碳酸钙含量上颇与当地典型淡栗钙土相似, 特别是 C63-35 剖面中部 30—42 厘米处有一钙积层的雏形, 碳酸钙含量达 1.67%, 为全剖面含碳酸钙最高的层次。这点特征表明冷蒿砂土的发育更接近典型淡栗钙土。

表 1 固定砂丘土壤剖面的一般理化特性

剖面编号	土壤命名	发生层次	深度 (厘米)	碳酸钙含量 (%)	腐殖质含量 (%)	pH
62-151	砂质原始栗钙土 (油蒿砂土)		0—8	0.58	0.69	7.2
			8—13	0.99	0.66	7.7
			13—74	0.84	0.28	7.7
			74以下	—	0.35	7.8
62-152	同上		0—10	0.46	0.86	7.6
			10—31	0.54	0.52	7.5
			31—81	0.52	0.31	7.5
			81以下	0.51	0.14	7.4
C63-30	砂质原始栗钙土 (麻黄砂土)		1—19	0.79	1.05	8.0
			19—45	0.81	0.84	8.2
			45—62	0.31	0.31	8.2
			62—127	0.01	0.15	7.6
			127—180	0.00	0.00	7.4
C63-35	砂质淡栗钙土 (冷蒿砂土)		0—8	1.09	1.79	8.2
			8—30	1.01	1.03	8.2
			30—42	1.67	0.59	8.2
			42—63	0.63	0.37	8.1
			63—89	0.16	0.16	7.4
			89—160	0.00	0.00	7.2
63-631	砂质变质栗钙土 (臭柏砂土)		0.5—1.5	3.50	2.58	8.0
			1.5—6	3.38	2.63	8.1
			6—16	0.45	1.32	7.8
			16—34	0.00	—	7.3
62-002	典型淡栗钙土 (内蒙伊盟 乌审旗巴音 什利大队硬 梁地)	A'	0—10	1.70	1.57	7.5
		A''	12—19	3.80	1.14	7.5
		B	33—44	17.90	0.76	7.7
		BC	54—64	19.80	0.21	7.8
		C	89以下	—	—	—

分析者: 张养贞、孟宪玺、戴鹤彬、杨柳林。

表 2 固定砂丘土壤及典型淡栗钙土的机械组成

土壤编号名称	层次	采样深度 (厘米)	各级颗粒所占的百分比 % (毫米)						物理粘 粒含量 (%)	质 地
			1—0.25	0.25— 0.05	0.05— 0.01	0.01— 0.005	0.005— 0.001	<0.001		
62-151 砂质原始栗钙土 (油蒿砂土)	A	0—8	2.27	79.62	7.86	1.50	1.70	7.05	10.25	砂壤土
	AB	8—13	2.69	81.60	7.33	0.53	1.90	5.95	8.38	紧砂土
		13—74	5.24	82.51	4.45	0.98	1.05	5.77	7.80	” ” ”
62-152 砂质原始栗钙土 (油蒿砂土)	A	0—10	—	79.53	12.97	0.55	2.06	4.89	7.50	紧砂土
	AB	10—31	0.02	84.37	6.55	0.57	3.35	5.14	9.06	” ” ”
		31—81	0.50	85.55	6.41	0.11	2.17	5.26	7.54	” ” ”
		81以下	0.76	88.00	4.04	0.11	2.29	4.80	7.20	” ” ”
C63-30 砂质原始栗钙土 (麻黄砂土)	A	1—19	11.83	60.65	21.05	1.85'	2.88	1.74	6.47	” ” ”
	AB'	19—45	10.21	77.65	6.67	2.72	1.74	0.92	5.38	” ” ”
	AB''	45—62	15.44	74.35	5.35	2.38	1.79	0.69	4.86	” ” ”
	BC	62—127	23.63	70.79	1.62	2.07	1.35	0.54	3.96	松砂土
	C	127—180	47.34	47.96	2.02	0.94	1.21	0.53	2.68	” ” ”
C63-35 砂质淡栗钙土 (冷蒿砂土)	A'	0—8	13.18	58.41	20.69	1.66	2.87	3.19	7.72	紧砂土
	A''	8—30	14.99	67.87	10.25	2.37	2.46	2.06	6.89	” ” ”
	B'	30—42	14.28	53.11	25.03	1.95	2.88	2.75	7.58	” ” ”
	B''	42—63	19.50	69.31	6.90	0.79	1.66	1.84	4.29	松砂土
	BC	63—89	25.62	69.51	2.09	1.05	0.91	0.82	2.78	” ” ”
	C	89—160	62.13	35.30	1.59	0.41	0.53	0.04	0.98	” ” ”
63-631 砂质变质栗钙土 (臭栒砂土)	A'	0—1.5	6.00	40.31	42.21	4.21	3.00	4.27	11.48	砂壤土
	A''	1.5—6	6.75	44.48	32.53	8.48	3.58	4.18	16.24	” ” ”
	A'''	6—16	19.35	59.07	10.35	5.03	3.72	2.48	11.23	” ” ”
	B	16—34	37.80	56.35	3.06	1.03	0.54	1.22	2.79	松砂土
	C	34—61	57.68	38.00	1.60	1.04	0.50	0.28	1.82	” ” ”
		61—96	51.32	47.34	0.43	0.34	0.38	0.19	0.91	” ” ”
		96—147	68.94	29.45	0.76	0.33	0.38	0.14	0.85	” ” ”
		147—180	72.14	25.40	0.94	0.68	0.72	0.12	1.52	” ” ”
62-002 典型淡栗钙土 (内蒙伊盟乌 审旗白银敖包)	A'	0—10	5.44	80.53	2.08	0.90	3.81	7.24	11.95	砂壤土
	A''	10—19	4.67	70.65	10.41	1.94	4.94	8.39	15.27	” ” ”
	B	33—44	3.01	69.03	11.21	3.56	4.62	8.57	16.75	” ” ”
	C	54—64	1.09	83.58	6.14	0.40	3.72	5.07	9.19	紧砂土

分析者：孟宪玺、张养贞、戴鹤彬、杨柳林。

臭栒砂土则剖面层次分化明显，腐殖质含量 0.5—6 厘米达 2.6%，6—16 厘米还有 1.3%，不仅比其他砂丘土壤的含量高，甚至还高于典型淡栗钙土。这不只是由于臭栒这种针叶灌木造成土壤具有森林土壤的性状，而且这个剖面还具有半水成土壤的性质，地表草甸植物和茂密的四层植物层片都促使腐殖质积累较多。

臭栒砂土碳酸钙含量相当高，但无钙积层，从表层向下碳酸钙的含量逐渐减少。机械组成与上述各砂丘土壤剖面相似。

表 3 腐殖质分析表明，油蒿砂土、麻黄砂土和冷蒿砂土的胡敏酸与富里酸含碳量之比分别为 1.37, 1.29 和 1.18。科诺诺娃曾指出这个比值极具有代表性^[10]。并且在她的最近

表 3 固定砂丘及典型淡栗钙土的土壤腐殖质分析

剖面编号和名称	深度 (厘米)	层次	土壤 总碳量 (%)	腐殖质组成含量 (占土壤总碳量的%)						胡敏酸 富里酸	占胡敏酸总碳量的 %		残渣 含碳 (%)
				酸溶 性腐 殖质	游离的和非 硅酸盐形式 的 R_2O_3 结 合的腐殖质		与钙结合 的腐殖质		游离的 和非硅酸 盐形式 的 R_2O_3 结 合的胡敏 酸		与钙结 合的胡 敏酸		
					胡敏酸	富里酸	胡敏酸	富里酸					
62-152 砂质原始栗钙土	0—10	A	0.50	4.40	7.70	11.00	21.00	10.00	1.37	26.80	73.20	50.30	
	10—31	AB	0.30	4.67	2.70	19.00	16.33	19.00	0.50	14.00	86.00	42.97	
C63-30 砂质原始栗钙土	1—19	A	0.61	7.00	10.33	11.14	14.44	10.19	1.29	37.60	52.40	53.90	
	19—45	AB	0.49	6.40	9.90	14.20	18.12	14.06	0.99	35.30	64.70	43.72	
C63-35 砂质淡栗钙土	0—8	A'	1.04	8.50	9.72	15.50	25.33	14.12	1.18	27.73	72.27	35.33	
	8—30	A''	0.60	4.30	6.61	12.14	14.09	14.64	0.77	31.94	68.06	52.52	
63-631 砂质变质栗钙土	0.5—1.5	A'	1.50	8.00	15.88	14.14	9.73	10.22	1.05	62.00	37.99	50.03	
	1.5—6	A''	1.53	5.40	16.99	20.54	7.55	7.05	0.89	69.23	30.76	47.87	
	6—16	A'''	0.76	6.20	11.17	23.15	5.94	4.44	0.62	65.28	34.72	55.30	
62-002* 典型淡栗钙土	0—10	A'	0.91	4.41	2.41	5.24	8.78	9.77	0.74	21.46	78.53	73.80	
	12—19	A''	0.66	6.92	—	—	3.04	11.54	—	—	—	—	

分析者: 杨柳林、孟宪玺、张养贞。

分析方法: M. M. 科诺诺娃: “Органическое вещество почвы”第七章矿质土壤腐殖物质测定快速法, 228—234 页, 莫斯科, 1963。

* 这个剖面是比较能够代表毛乌素沙区淡栗钙土的。这类土壤表层经过长期的剥蚀, 故其腐殖质含量低, 腐殖质组成中胡敏酸与富里酸含碳量之比小于一般淡栗钙土的。

著作“土壤有机质”一书中表 48 和表 51 所列出的栗钙土和淡栗钙土的这项比值为 0.63—1.38^[1]。此外, 在胡敏酸与钙结合的含碳量中油蒿砂土和冷蒿砂土都达到 73.20—72.27% 和 86.00—68.06%, 与当地典型淡栗钙土大致近似, 麻黄砂土的此项数值为 52.40% 及 64.70%, 较典型淡栗钙土略偏低。但总的看来三类砂土的这个数值都比游离的胡敏酸的含碳量高。在富里酸中与钙结合的及游离的含碳量相差不大¹⁾。酸溶性腐殖质含碳量约 4%—8%。不仅这三类砂土的腐殖物质的组成上有这些共同的特点, 而且它们与当地典型淡栗钙土也比较近似。

臭栢砂土的胡敏酸与富里酸含碳量之比表层大于 1, 但与钙结合的分别为 9.73% 和 10.22%, 远低于游离的胡敏酸 15.88% 和游离的富里酸 14.14%。腐殖质组成上的这一特点不仅表现在第一层, 第二和第三层也具同样情况, 这与油蒿砂土、麻黄砂土、冷蒿砂土, 甚至典型淡栗钙土的腐殖质组成都不相同。造成这种现象的原因首先应归结于这个土壤的有机质来源不同。土壤的有机质的主要来源是臭栢的枯枝落叶, 这些针叶形成的腐殖质缩合能力较低, 含碳少, 而含氮氧较多。所以形成的腐殖质中与钙结合的胡敏酸反而少于游离的胡敏酸。

1) 乃指游离的和非硅酸盐形式的 R_2O_3 结合的胡敏酸或富里酸。以下简称游离的胡敏酸或游离的富里酸。

粘粒矿物的化学组成和分子率的分析(表4)表明,麻黄砂土和冷蒿砂土两个剖面所含的 SiO_2 约为 52.69—54.39%, Al_2O_3 为 24.15—25.54%, Fe_2O_3 9.67—10.94%。它们的分子率,无论是硅铝率、硅铁率或硅铝铁率也都很相似。可见它们的化学组成和分子率的层间变化都很小。这两个剖面的上述数值又颇似张家口偏西的典型淡栗钙土。至于油蒿砂土各层间粘粒矿物的含量略有差别,表层 SiO_2 43.82%, Al_2O_3 22.17%。AB层分别为 57.11 和 19.27%。这并非是由于粘粒在各层间有什么变化。根据野外观察,剖面 62-152 0—10 厘米这层可能是近期的覆砂层,并且在新沉积的砂上广布胡枝子豆科植物¹⁾。这种现象同样出现于剖面 62-002 上,其 A' 层 SiO_2 43.49%, 而 A'' 层为 53.34%。除去 SiO_2 在 10 厘米深度上下层间略有变化外,上述三个砂土剖面在粘粒矿物的化学组成和分子率数值上都与典型淡栗钙土十分近似。

表 4 固定砂丘及典型淡栗钙土粘粒矿物化组成和分子率

土壤编号 和名称	深度 (厘米)	层次	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	R_2O_3 (%)	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$
62-152 砂质原始栗 钙土	0—10	A	43.82	22.17	10.94	33.11	3.35	10.56	2.55
	10—31	AB	57.11	19.27	13.07	32.34	5.03	11.59	3.51
	31—81	B	57.03	18.49	13.52	32.01	5.24	11.19	3.56
C63-30 砂质原始栗 钙土	1—19	A	54.39	22.54	10.19	32.73	3.96	14.15	3.07
	19—45	AB'	52.96	24.15	10.94	35.09	3.72	12.78	2.88
C63-35 砂质淡栗钙土	0—8	A'	52.69	24.99	10.22	35.21	3.58	13.69	2.83
	8—30	A''	53.30	25.54	9.67	35.21	3.53	14.52	2.84
62-002 典型淡栗钙土	0—10	A'	43.49	20.33	10.98	31.31	3.62	10.94	2.70
	12—19	A''	53.34	20.76	9.33	30.09	4.35	15.31	3.39
	33—44	B	49.02	19.93	8.65	28.58	4.17	17.00	3.34
典型淡栗钙土*	0—10	—	52.66	25.41	10.13	—	3.52	13.83	2.80
	10—20	—	48.47	23.89	9.50	—	3.44	13.56	2.75
	20—60	—	41.53	18.67	8.11	—	3.78	11.96	2.87
	60—75	—	47.15	21.36	10.11	—	3.75	12.40	2.88
63-631 砂质变质栗 钙土	0.5—1.5	A'	67.59	24.29	6.23	30.52	4.72	28.84	4.06
	1.5—6	A''	52.70	24.41	9.63	34.04	3.66	22.48	3.17
	6—16	A'''	54.39	—	—	—	—	—	—
	16—34	B	51.99	26.71	8.77	35.48	3.30	15.72	2.73

分析者:戴鹤彬。

* 引自中国科学院自然区划工作委员会编:中国土壤区划(初稿)。49页,表20,1959。

但是 SiO_2 在臭栉砂土剖面中变化甚大,在 0.5—1.5 厘米层次出现了特高的含量,竟达 67.59%;但在 1.5 厘米以下又与上述砂土及典型淡栗钙土相似。由于 SiO_2 有这样突然增高的现象,因此 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 及 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 自然要偏高些。这个 0.5—1.5 厘米层次实际是与地表苔藓层紧密结合,形成了一个 0.5 厘米厚的结壳。苔藓下边土壤中含有大量已分解的苔藓残体,呈粘粒状。表 5 的分析表明苔藓中含大量的 SiO_2 , 因之造成

1) 剖面 62-152 0—10 厘米层在腐殖物质组成上也具有一定的特点,参阅表 3。

表层粘粒中 SiO_2 含量特別高。

表 5 臭栢固定砂丘的主要植物灰分分析(占植物干重%)

植物名称	植物部分	灰分	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3
臭栢	叶	—	0.88	0.43	0.09
	枝	4.48	1.73	0.57	0.23
	根	14.52	8.86	—	0.84
苔藓		39.39	30.70	5.33	2.62

根据以上討論,前三类砂丘土壤的最主要特性,如腐殖物质的組成和粘粒化学組成表明它們的发育程度已十分接近地带性土壤。但由于形成的时期尚短和砂生植被及覆盖度較低等原因,腐殖质的含量一般均較低,其中只有冷蒿砂土 30 厘米以上的腐殖质含量甚至超过当地的典型淡栗鈣土。冷蒿砂土不仅腐殖质含量高,腐殖质层較厚,而且土层中已有碳酸鈣积累。从以上砂丘土壤发育的程度来看,油蒿砂土和麻黄砂土应属砂质原始栗鈣土阶段;而冷蒿砂土則属砂质淡栗鈣土阶段。前者由于发育程度較弱,碳酸鈣积累还不明显,很难就认为已达到淡栗鈣土发育阶段。根据实地观察,造成上述发育上的差异的原因,应该是“时间”因素。凡是长久未受剝蝕和堆积的老固定砂丘,地带性草类和小灌木已侵入砂生植被,并且由于长久的固定,砂丘的起伏逐渐变得和緩,这也是有利于腐殖质和碳酸鈣的积累的。所以砂丘土壤发育上的差异并不完全是由于植被不同造成的。

臭栢砂土的剖面层次分化极其明显,并且腐殖质組成和粘粒的化学成分等特性都充分反映了森林土壤的特点和半成土土壤的特性¹⁾。根据这些特点,是否就可以认为臭栢砂土、油蒿砂土和麻黄砂土全然无共同之处呢?或者甚至如蔡蔚祺^[2]所提出的应另划为独立的土类呢?通过上述討論,就其水热条件、母质和地形特点及附属植物的相似性来看,它們的成土条件还是大致近似的,而理化特性方面也有較多的共同点,因此,应该认为它們的相似性是主要的。

三、固定砂丘土壤的发育方向

文振旺命名固定砂丘上的土壤为松砂质原始栗鈣土,并且认为松砂质原始栗鈣土是栗鈣土发育的雛形^[3]。宋达泉在研究內蒙呼納盟土壤时认为在砂地上发育的土壤,如剖面长期固定,可能逐步发展为栗鈣土^[4]。苏联学者罗贊諾夫称苏联荒漠地区很少受侵蝕的固定砂丘土壤为“砂质灰鈣土”^[4]。另外,米切利娜在研究里海地区的砂土时指出,該区土壤的发育程度与分布地区的年龄、地形发育阶段有密切关系,不同条件下发育为不同的土壤,显域生境則逐步接近于地带性土壤^[5]。上述学者的共同点即在于他們承认显域生境上的砂土最終必然发展为地带性土壤。本文对砂土特性的討論,也认为这些幼年土壤如果不受其他干扰最終将发育为地带性土壤。

虽然固定砂丘土壤具有共同的发育方向,但是它們是处在不同的发育阶段。冷蒿砂土已发育成为淡栗鈣土,亚地带特性表現明显;而油蒿砂土和麻黄砂土,甚至臭栢砂土都

1) 见臭栢剖面描述,96 厘米以下土层湿润,已受地下水的影响。

只表现了栗钙土的一些共同特性，亚地带的特征尚未表现出来。油蒿砂土和麻黄砂土还处在原始栗钙土的阶段。臭栢砂土是在草甸栗钙土的过程上又迭加了臭栢灌丛的影响，应属于变质草甸栗钙土。

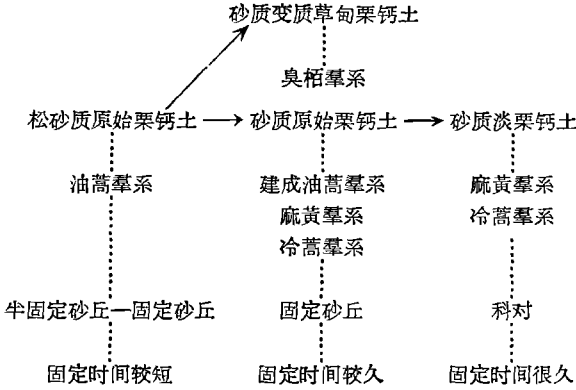


图1 毛乌素沙区中东部固定砂丘土壤发育方向图示

四、毛烏素沙区固定砂丘土壤的利用問題

本区固定砂丘的土壤多易受风蚀，尤其是经过樵采、放牧或开垦以后，土表细粒很容易被风吹跑，或者表层全被蚀掉。当地群众采取的倒山种地方式，极不利于保存土壤肥力。其次，砂土本身所含水分和营养元素都很少，按照目前耕作方式，旱年常遭歉收。

虽然砂土在生产上有上述缺点，但在农业上由于劳动生产率高，故大多已开垦，为了保持和不断提高砂土的肥力，今后开垦时应选背风而平坦的地形部位，面积不宜过大；有条件的地区最好进行施肥和灌溉，同时应采用草田农作制、营造护田林和种植牧草等。

在牧业上固定砂丘为小牲畜的良好牧场，但因载畜量过大，植被覆盖度减小，易引起风蚀。合理的利用方式是实行轮牧、封育或部分封育。这样，既可恢复牧草生长，又可提高土壤肥力。

砂土上的植被也是最好的燃料，但不便过分樵采。为了解决燃料问题，应有计划地分区樵采和种植薪炭林。

根据在当地的访问，发育良好的臭栢砂土肥力最高，开垦后亩产可达百斤，故这类砂丘开垦的最多。陈昌篤曾指出：“鄂尔多斯南部以前‘臭栢巴拉’的分布面积一定要较现在广泛得多，目前分散各处的小片臭栢群落，不过是从前大面积臭栢群落的残余。这点无论从历史文献记载和老乡记忆都可以得到证明^[1]”。目前臭栢在毛乌素仅零星分布，已开垦的地区撩荒后臭栢便不能自然繁殖。伊盟还未开始种植臭栢，陕北林业方面已探索出臭栢的各种人工繁殖方法，宜速加推广，以便防止继续风蚀，从而提高土壤肥力。

参 考 文 献

[1] Зонн, С. В. и Леонтьев, В. Л.: О повообразовательной значении саксаула на песках пустыни Кара-Куи. почвоведение, № 8, 34—43, 1942.
 [2] Попазов, Д. И.: Некоторые итог почвенных исследований в юго-западной части волжскоуральского песчаного массива. почвоведение, № 5, 63—68, 1954.

- [3] Якубов, Т. Ф. и Беспалова, Р. Е.: Процессы почвообразования при зарастании песков в пустынной северном прикаспии. Почвоведение, № 6, 77—86, 1961.
- [4] 罗赞诺夫(文振旺等译): 中亚细亚灰钙土. 科学出版社, 1958.
- [5] Bramao, D. Luis and Lemos, Petezval:
Soil Map of South America.
7th Intern. Congr. Soil Sci. Madison, Wisc., 4:1—10, 1960.
- [6] D'Hoore, J. L.: The Soils Map of Africa South of Sabara.
7th Intern. Congr. Soil Sci. Madison, Wisc., 4:11—19, 1960.
- [7] Stephens, C. G.: The Australian Soil Landscape.
7th Intern. Congr. Soil Sci. Madison, Wisc., 4:20—26, 1960.
- [8] Wright, T. W.: Profile Development in the Sand Dunes of Culbin Forest Morayshire. I. Physical Properties, *J. Soil Sci.*, 6:270—283, 1955.
- [9] Wright, T. W.: Profile Development in the Sand Dunes of Culbin Forest Morayshire. II. Chemical Properties, *J. Soil Sci.*, 7:33—42, 1956.
- [10] М. М. 科诺诺娃: 土壤有机质. 科学出版社, 1959.
- [11] Кононова, М. М.: Органическое вещество почвы. Изд. Ака. Наук СССР. Москва, 1963.
- [12] 蔡蔚祺: 西北及内蒙古六省(区)沙地土壤类型及其改良利用. 治沙研究, 第四号, 210—215 页, 1962.
- [13] 文振旺: 内蒙古自治区土壤区划. 土壤专报, 34 号, 41—107 页, 1959.
- [14] 宋达泉等: 西辽河流域坳甸地土壤发生类型理化特性及改良利用. 全国地理学会学术论文, 1963.
- [15] Метелина, А. М.: 里海地区砂土土壤形成作用的特点(节译). 土壤译报, 1: 50—51 页, 1958.
- [16] 陈昌筠: 内蒙伊克昭盟乌审旗乌兰讨老亥公社植被调查报告. 1962. (未刊稿)

THE GENESIS AND DEVELOPMENT OF STABILIZED SAND DUNE SOILS IN CENTRAL EASTERN PART OF THE MOYUSU DESERT OF THE ORDOS PLATEAU

LI HSIAO-FANG
(Peking University)

SUMMARY

The present paper is dealing with genesis and development of the stabilized sand dune soils of the surveyed area. Fixed sand dunes are particularly widespread in the Moyusu Desert region of the Ordos Plateau. They are luxuriantly covered with natural vegetation of psammophyte, such as *Artemisia ordosica* and *Caragana microphylla* Var. *tomentosa*. A great deal of zonal vegetation such as *Aster alticus*, *Pennisetum flaccidum* and *Lespedeza dahurica* occurs as participant on the dunes. In addition to the psammophyte, even *Juniperus sabina* formation, as scrubs creeping on the dunes, also occupies a considerable area of the dunes.

Field observation and laboratory studies show the following genetic properties of the sandy soils. There are few perfect developed profiles, the surface layer has alternately been modified by wind erosion or sand burying. Although there is no differentiation between the humus horizon and calcium carbonate layer, however, on the well-drained stabilized sand dunes have, more or less, a profile development with A and AB horizons, sometimes, even an incipient development of calcium carbonate horizon. Whereas, looking over the profile of the soils under *Juniperus sabina* formation one cannot help being struck by the fact that there are A_{00} and A_0 horizons, underlying the A_{00} layer lichen and moss are widespread.

The soils are respectively covered by the following natural vegetation, classified into four formations: *Artemisia ordosica*, *Artemisia frigida*, *Ephedre sinica* and *Juniperus sabina*. The humus content of the soils under the former three formations amounts 0.69%—2.61%. The thickness of humus layer ranges from 20—30 cm. Humic/fulvic acid ratio of the surface layer reaches 1.18—1.37. The calcium binding humic acid occupies 52.4—73.2% of the total organic carbon, larger than that of the free humic acid. The content of organic matter of soils under the cover of *Juniperus sabina* is considerably higher than that of the above mentioned soils. Although humic/fulvic acid ratio has the order of 1.05, the free humic and fulvic acids prevail, and they are predominantly bound with R_2O_3 , more than with $CaCO_3$. Apparently the available data leaves us the impression that the soils is somewhat characteristic of forest soils.

The chemical analysis of clay mineral (<0.001 mm.) from the soils of the four formations has respectively shown that SiO_2 52%—54%, Al_2O_3 23%—25% and Fe_2O_3 8%—10%, except the horizon recently buried by flowing sand. The ratio of silica sesquioxide has the order of 3.09—2.26. The content of $CaCO_3$ amounts from 0.45%—3.5%, and almost evenly distributed throughout the entire profile. The mechanical analysis suggests that the clay mineral (<0.001 mm.) occupies 7.5%—10.25% and only the surface layer ranges in texture of sandy loam, below the surface sands predominate.

The generalization of the genetic properties of the soils involved not only confirms Professor Wen's idea that the fixed sand dunes soils can be classified as loosely sandy primary chestnut soils, but also points out that the soils under psammophyte can be ordered into several stages of development: loosely sandy primary chestnut soils, sandy primary chestnut soils and sandy light chestnut soils. Of the former two taxonomical units, the soils, which develop under the cover of *Artemisia ordosica* and *Ephedre sinica*, still remain in the primitive stage of development; the soils under *Artemisia frigida* formation display clearly the genetic properties of light chestnut soils with sandy texture. As far as the soils under *Juniperus sabina* is concerned, the author would like to put it into the taxonomical unit as degraded sod-chestnut soils.