

# 青藏高原石膏寒漠土的发生特点\*

顾国安

(中国科学院南京土壤研究所)

张累德

(中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所)

## 摘 要

寒漠土分布于我国青藏高原西北部的高寒荒漠带,它是在冰冻过程制约下形成的荒漠土壤,具有颗粒粗、粉粒和铁在表层(亚表层)聚积、有机质积累少等发生特征。

石膏寒漠土除有上述特征外,还有石膏强烈聚积,因此,它通常有三个基本发生层:(1)孔状结皮层,厚度1—4厘米,多孔、呈片状或鳞片状;(2)铁质化紧实层,位于结皮层之下,厚度3—5厘米,游离铁,活性铁和粘粒含量高于上下土层,块状结构;(3)石膏层,厚度10—20厘米,石膏含量12—25%,最高达40%,结晶形态良好。

根据寒漠土中具有典型的石膏层这一发生特征,拟划分出石膏寒漠土亚类。

青藏高原西北部,属高寒荒漠地带。在此寒冷、干旱的环境中所形成的寒漠土(曾称高山荒漠土、高山漠土),过去很少有人研究,无论在成土条件、形成过程或土壤特性方面,都缺乏比较详细的报道。笔者1987—1988年赴该区考察,收集了有关资料和进行了土壤标本的测试。经观察研究初步认为,这里的土壤不仅具有寒漠土的一般特征,而且还具有石膏寒漠土的特征。据野外观察在西起阿克赛钦盆地,东止库木库勒盆地,北接昆仑山南麓,南邻南羌塘高原,海拔5000—4000米间的古老洪积-冲积扇上,土壤剖面中发育有明显的石膏聚积层,厚度为10—20厘米,石膏含量为12—25%,最高可达40%,结晶形态清晰可见,说明我国青藏高原的高寒荒漠带土壤,与低海拔的暖温带、温带荒漠土壤一样,也可形成典型的石膏层和存在石膏寒漠土。本文拟就石膏寒漠土的发生特点作一介绍,为进一步研究它的发生及确定其在土壤分类中的位置,提供参考。

## 一、成土环境

石膏寒漠土的成土环境以寒冷和干旱为首要特征。以海拔5000米左右的阿克赛钦盆地为例:该盆地暖季只有60—100天,冷季长达260—300天,年均气温为负值,年降水量<50毫米,蒸发量大大超过降水量,大风日数多达百日(表1)。甜水海附近地面裸露覆砾,不见植物,极度荒凉。特别是中昆仑羊湖(海拔4800—4900米)一带更是高原极度干旱的中心,因此,土壤中的石膏层也特别发育,其石膏含量高达40%。

\* 本文系国家自然科学基金资助重大项目的阶段性研究成果。本文得到何同康同志指正,文中插图和理化分析资料由中科院南京土壤所绘图室和化验室提供,特此致谢。

表1 阿克赛钦盆地气象资料

Table 1 Meteorological information in the Aksayqin basin

地点 Location	海拔(m) Elevation	年降水量(mm) Annual precipitation	平均气温 Average temperature (°C)			年大风日数(天) Annual strong wind days
			全年 Total year	1月 Jan.	7月 July	
甜水海	4900	24	-7.7	-21.3	6.0	84.6
空喀山口	5278	29	-9.3	-19.9	4.2	103.2
天文点	5500	47	-9.8	-21.0	3.0	80.3

青藏高原在第四纪期间曾受比较广泛的冰川作用,成土风化壳大都处在幼年性的碎屑状风化壳、易溶盐-石膏风化壳和碎屑状碳酸盐风化壳阶段,因此,石膏来源较为丰富。

同时,由于降水极少,蒸发强烈,土体干燥。如1987年7月25日傍晚采自甜水海的石膏寒漠土,1—10厘米土壤含水量为17.9%,而10—100厘米则由7.9%降至2.6%。当时气温18°C,1—10厘米土温14°C,10—23厘米11.5°C,23—100厘米由9°C降至6°C。由于这种低温寒冷干旱的水热状况,致使高寒漠境地区风化与成土作用均甚微弱,风化产物的粒度较粗,并且多就地或在剖面中部累积,形成了漠境地区特殊的土壤地球化学的沉积规律。

青藏高原的地形,实际上是山脉与山间盆地的组合<sup>[1]</sup>。那些源自盆地四周山地的季节性内流河(多数河流暖季有水,有的只有白天见水),具有流量小、流程短、迁运能力弱和都以盆地湖泊或洼地为归宿等特点。加之高原区土壤冻结期长,即使在暖季,宽谷或湖盆的融化深度也只有80厘米左右<sup>[2]</sup>。上述水文特征影响了土壤水分的运动,进而制约着土壤物质的淋移和淀积,除最活泼的易溶盐多被迁移至盆地中洼地或湖泊四周外,石膏和碳酸盐基本上未被淋失和迁移,以致在古老而较稳定的洪积-冲积扇上,石膏得以聚积、结晶、发育,促成了石膏寒漠土。

高等植物在成土过程中的作用甚微。主要有垫状驼绒藜,株高仅8—15厘米,主根不深,覆盖度<5%。

## 二、土壤发生特征

石膏寒漠土形成于低温,冰冻和干旱环境下,土壤形成的基本过程为冰冻过程制约下的“原始”荒漠过程,其主要特征如下。

### (一) 土层浅,颗粒粗,粉粒表聚

青藏高原的成土风化壳,如上所述,具有原始性和粗骨性,因寒冷干旱的气候使寒冻风化作用强烈,而化学风化和生物风化作用相对微弱,故岩石是以机械崩解的物理风化为,其结果必然土层浅,一般不超过50厘米,多为石砾和砂粒。风化产物的粒度,虽也受母岩性质、地形、植物等因素的影响,但其细粒大多数仍停滞在直径0.05—0.002毫米的粉粒级,并以表层含量相对较高,粘粒(<0.002毫米)含量少(图1)。这一现象可大体上作为高原和极地等寒冷地带的风化过程及其风化产物的特征之一<sup>[3]</sup>。

### (二) 表层聚铁

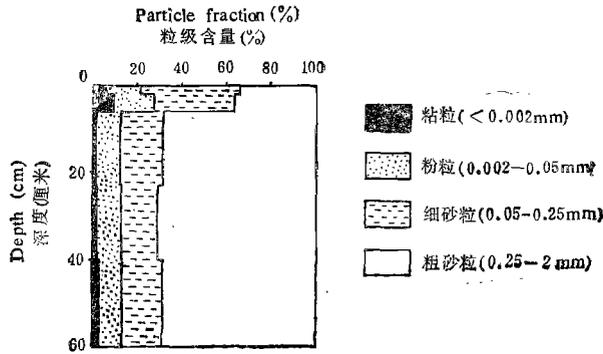


图1 石膏寒漠土的颗粒剖面分布

Fig. 1 Particle distribution in profile of gypsic frigid desert soils

干旱区降水稀少,日较差大、大风频繁,土壤表层受到强烈影响,而亚表层的水热状况则相对较为稳定,有利于矿物风化,并促进粘化和铁质化过程进行。虽因重力作用,此层中铁的三氧化物等风化产物可随土壤溶液下移,但由于青藏高原土壤冻结期长,暖季短,融化深度浅,表土夜冻昼融交替频繁,不但滞缓了溶液下移,而且还促进了自下而上运行的土壤溶液循环,使铁随之向冻结了的土壤表层移动而有表层聚铁过程的发生。因此,表层或亚表层的游离铁和活性铁含量较高。如表3所列,2—6厘米游离铁和活性铁的含量分别为0.45%和0.12%,其余土层相应为0.33%—0.43%和0.06%—0.09%。类似的特征也出现在南极大陆寒冷荒漠带的土壤中(Tedrow, 1977)。这是寒冷地区土壤发生的重要特征之一<sup>[4]</sup>。

### (三) 有机质累积很少

高寒荒漠带地面基本裸露,植被稀疏,覆盖度<5%,植物低矮,呈垫状,每年的残落物很少,且易被大风吹走,有机质主要来源于植物地下部分的残体。因此,土壤有机质含量很低,多数<0.5%,只有表层以下含量相对较高,腐殖质组成中富里酸占优势,这是寒冷地区土壤有机质累积的特征,也是土壤的发生特点之一。

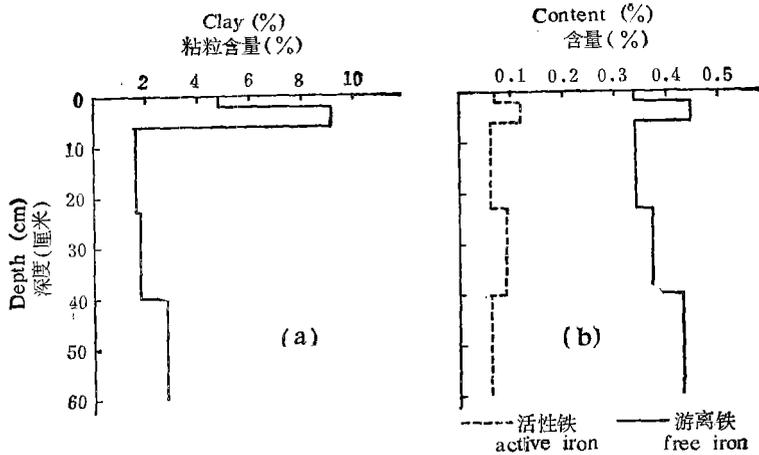
石膏寒漠土除了与其他寒漠土有上述共同特征外,还有石膏强烈聚积的特征。石膏寒漠土一般有三个基本发生层:

1. 孔状结皮层: 其厚度1—4厘米不等,多孔,略呈片状或鳞片状,松脆易碎,孔径1—2毫米,一般上部较大,下部较小。图版I,照片1的黑色部分为结皮层的气孔。

气孔的形成主要是融冻作用的结果,因为暖季夜间土表冻结,下层的气态水和毛管水向地表移动凝结,增加了表土的湿度;白天强烈的太阳辐射,使地表迅速升温,表土融化,水分蒸发,这样的湿干交替反复进行,使其间CO<sub>2</sub>等气体被挤压后多沿水平横向逸出,遂形成多孔片状结皮层(图版I照片1)。

2. 铁质化紧实层: 结皮层以下一般为3—5厘米的红棕色或玫瑰色铁质化紧实层,块状结构,或间个别小砾。图2示剖面K88-48深度为2—6厘米的铁质化紧实层,其粘粒和游离铁、活性铁含量均高于上下土层。

3. 石膏层 石膏寒漠土的石膏层多位于亚表层之下,其厚度为10—20厘米,石膏



2 a 粘粒含量分布

2b 游离铁、活性铁分布

图 2 石膏寒漠土粘粒和游离铁、活性铁的剖面分布

Fig. 2 Clay and free iron, active iron distribution in profile of gypsic frigid desert soils

含量 12—25%，绝对含量高出于下垫层 5% 以上。而一般寒漠土的石膏含量不超过 4%。同时，我们还发现：采自海拔 4900 米甜水海附近的石膏寒漠土，同一剖面中出现几个石膏层（图 3），第一层出现在 1—10 厘米，第二、三层分别出现在 38—55 厘米和 80—100 厘米；青藏高原良好的石膏结晶并不比塔里木盆地暖温带荒漠土壤中的石膏结晶逊色（图版 I 照片 2）。

### 三、土壤理化特性

石膏寒漠土，地表普遍覆砾，有白色盐霜和龟裂状裂缝。土层浅、颗粒粗，表 2 所示，石砾含量表层 25.5%，向下增至 66.7%。土体中砂粒占绝对优势，含量达 73.4%—87.8%，其次以粉粒为多，粘粒很少，而且均以亚表层 2—6 厘米的含量较高。特别是粉粒级的这一特征反映了青藏高原尚处于物理风化为主的风化阶段，也是寒冷地区土壤物理性质的特点之一。

由表 3 所示，石膏层 6—23 厘米石膏含量为 11.85%，而 40—60 厘米仅 3.88%，绝对量超过 8%，石膏呈白色或浅黄棕色纤维状结晶。碳酸钙在剖面中分异不明显，但表层含量较低，为 7.99%，似有下移趋势。易溶盐含量较高，略呈上多下少，表明在高寒干旱气候下，易溶盐尚未全部淋失。

亚表层 2—6 厘米的游离铁和活性铁含量最高，分别为 0.45% 和 0.12%，表层聚铁过

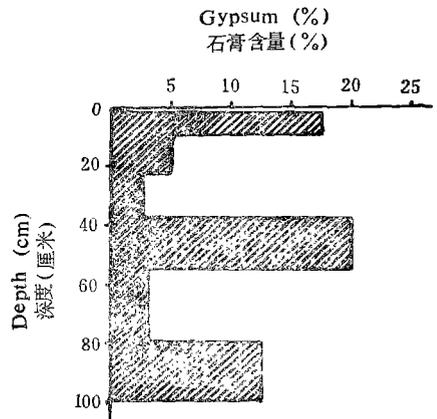


图 3 石膏寒漠土的石膏层

Fig. 3 Gypsic horizon in gypsic frigid desert soils

表 2 石膏寒漠土颗粒组成(K88-48)

Table 2 Particle composition of gypsic frigid desert soils

深度 (cm) Depth	石砾>2mm Gravel (%)	各级颗粒含量(%)(粒径: mm) Particle fraction (%)								
		砂粒 Sand					粉粒 Silt			粘粒 Clay <0.002
		2—1	1—0.5	0.5— 0.25	0.25— 0.1	0.1— 0.05	0.05— 0.01	0.01— 0.005	0.005— 0.002	
0—2	25.5	3.2	13.8	18.3	30.9	12.6	10.6	2.6	3.2	4.8
2—6	28.6	6.4	16.3*	14.4	21.6	14.7	13.0	3.3	1.2	9.1
6—23	37.5	19.8	32.9	16.5	12.9	5.7	9.5	0.2	0.9	1.6
23—40	59.3	27.3	33.5	10.1	8.5	7.2	10.2	1.1	0.4	1.7
40—60	66.7	17.6	35.3	15.5	11.7	6.4	8.9	0.7	1.1	2.8

程及其标志——铁质化十分明显(见图 2)。

在土壤剖面中看不到明显的腐殖质层,有机质含量甚低,多在 0.5% 以下,常以亚表层较高,2—23 厘米有机质含量为 0.42—0.45%,表层为 0.31%,23—60 厘米为 0.37—0.19%。土壤反应碱性,pH 8.6—8.8。阳离子交换量为 2—3 毫克当量/100 克土。全钾含量在 1.65%—2.55% 之间,表明矿物风化程度较差。

表 3 石膏寒漠土化学性质(K88-48)

Table 3 Chemical properties of gypsic frigid desert soils

深度 (cm) Depth	pH H <sub>2</sub> O(1:2.5)	有机质 (%) O.M.	全氮(%) Total N	全钾(%) Total K <sub>2</sub> O	全盐(%) Total salt	石膏(%) Gypsum	碳酸钙 (%) CaCO <sub>3</sub>	阳离子 交换量 (me/100g) CEC	游离铁 (%) Free Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	活性铁 (%) Active Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
0—2	8.6	0.31	0.020	2.31	1.008	11.52	7.99	1.84	0.33	0.07
2—6	8.6	0.42	0.025	2.55	1.152	4.80	10.42	3.22	0.45	0.12
6—23	8.6	0.45	0.025	1.65	1.152	11.85	9.55	2.34	0.34	0.06
23—40	8.7	0.37	0.023	2.00	0.988	8.70	11.98	2.44	0.37	0.09
40—60	8.8	0.19	0.013	2.36	0.965	3.88	10.94	2.19	0.43	0.06

#### 四、结 语

在喀喇昆仑山-昆仑山区实地考察发现,高寒荒漠带部分土壤中有石膏强烈聚积,形成了厚度 10—20 厘米,石膏含量 12—25%,最高达 40%,并具有良好的结晶形态的石膏层。说明我国青藏高原的高寒荒漠带土壤与低海拔的暖温带、温带荒漠土壤一样,也可有典型的石膏层形成,因此,拟划分出石膏寒漠土亚类。

#### 参 考 文 献

- [1] 文振旺等,1965: 新疆土壤地理。科学出版社。
- [2] 高以信等,1985: 西藏土壤。科学出版社。
- [3] 何同康,1988: 高山土壤发生和分类研究的进展,《国际土壤分类述评》,科学出版社。
- [4] Tedrow, J.C.F., 1977: Soils of the Polar Landscapes. Rutgers University Press. New Brunswick, New Jersey, USA.

## SOIL-FORMING CHARACTERISTICS OF GYPSIC FRIGID DESERT SOILS IN THE QINGZHANG PLATEAU

Gu Guoan

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

Zhang Leide

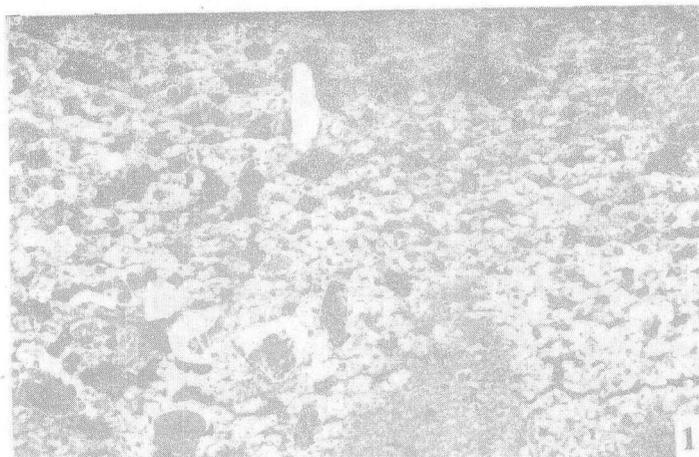
*(Institute of Biology, Pedology and Psammology, Academia Sinica, Xinjiang)*

### Summary

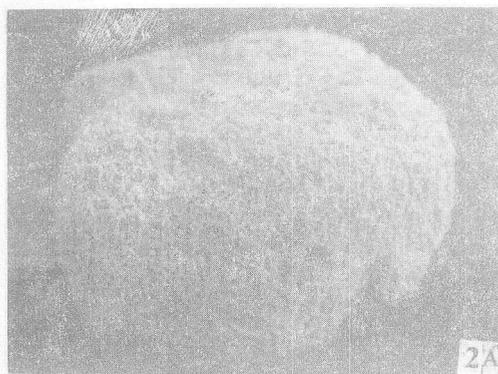
Frigid desert soils belong to desert soils formed under freezing conditions which are distributed in the high and cold desert zone of the Northwest Qingzhang plateau with genetic features of coarse particles, silt enrichment, iron accumulated in surface or subsurface horizon and low O. M. content, etc.

Besides, gypsum obviously accumulated in gypsic frigid desert soils. In general, there are three basic genetic horizon: 1) vesicular crust horizon, with a thickness of 1—4 cm and many pores, and being plate or squamose-shaped; 2) ferric compact horizon under vesicular crust horizon, with a thickness of 3—5 cm, contents of free iron, active iron and clay being higher than those of its upper and lower horizons and blocky in structure; and 3) gypsic horizon, with a thickness of 10—20 cm, gypsum content of 12—25% even 40% somewhere and good crystallization.

Thus, gypsic frigid desert soils are classified as a subgroup of frigid desert soils according to the presence of typical gypsic horizon.



照片 1 孔状结皮表层的气孔(黑色部分)正交偏光, ×20  
Photo 1 Stomata in vesicular crust surface horizon (black part) crossed polarized light, ×20



A. 青藏高原石膏寒漠土  
(甜水海, 1—10 厘米)  
A. Gypsic frigid desert soils in the  
qingzhang plateau  
(Tianshuihai, 1—10cm)



B. 塔里木盆地石膏棕漠土\*\*  
(乌什他拉, 11—16 厘米)  
B. Gypsic brown desert soils in  
the Tarim basin  
(Wushitara, 11—16cm)

照片 2 石膏结晶  
Photo 2 Gypsum crystallization

\* 由金光、曹升广同志磨片和鉴定。  
\*\* 由崔荣浩同志拍摄。