

科尔沁沙地乌兰敖都地区苏打盐渍土 碱化层性质初步研究*

律兆松

王汝楠

(中国科学院南京土壤研究所) (中国科学院应用生态研究所)

PRELIMINARY STUDY ON SOME PROPERTIES OF ALKALINE HORIZON OF SODA ALKALI-SALINE SOIL IN WULANAODU REGION, KEERQIN DESERT, NORTHEAST CHINA

Lü Zhaosong

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

Wang Ruyong

(Shenyang Institute of Applied Ecology, Academia Sinica)

科尔沁沙地位于我国东北西部的西辽河平原,系东北地区面积最大的沙丘分布区,区内沙化现象极其严重,其中地处内蒙古自治区赤峰市翁牛特旗东部的乌兰敖都地区为该沙地中的严重沙化、苏打盐渍化区。乌兰敖都地区位于该沙丘区中部偏西地带,即东经 $118^{\circ}38'$ 至 $120^{\circ}43'$ 、北纬 $42^{\circ}47'$ 至 $43^{\circ}25'$ 之间,海拔400米,年降水量为340.5毫米,蒸发量为2500毫米以上,属于半干旱气候区。大于 10°C 的积温在 3000°C 以上,无霜期130—150天。除沙漠化严重外,尚分布较多的苏打盐渍化土壤^[5,6]。

该区苏打盐渍土包括苏打盐土、苏打碱土及过渡性类型。苏打盐土多为“不毛之地”,地表裸露,周围生长着十分稀疏的耐盐植被,主要植物有碱蒿、角碱蓬、羊草、碱地风毛菊及地肤。从大地形上讲,多分布在沙丘间的甸子地中,而出现在微地形的低平部位。潜土层约1.0米左右,矿化度仅0.38克/升。苏打碱土与苏打盐土呈复区分布,常出现在微地形稍高处,地下水及其矿化度大致与盐土相同,唯生长有较多的耐盐碱植物。无论盐土还是碱土,除含有较多的 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 和较高的pH值外,都有一层较明显的碱化层。该层具有极其不良而又特殊的理化性质,系改良较难的类型之一。碱化层主要出现在50厘米以上土层内,厚度5—20厘米,有的裸露地表,有的出现在剖面中部,因层位不同性质略有差异。

* 本文系律兆松硕士论文一部分。田林杰、张岫岚、张素君老师及孙龚龙同志协助工作。承蒙王春裕老师审阅,在此一并致谢。

一、实验材料和分析方法

实验所用土样采自乌兰敖都苏打盐渍土区不同层位的碱化层,在当地采一个非碱化的碳酸盐草甸土进行比较,并进行了理化性质分析与原状土微形态结构扫描电子显微镜(SEM)观察。

1. 全盐量及 pH 值: 水土比为 5:1; 用玻璃电极测 pH; 分别测阴、阳离子含量,加合后为总盐量^[1]。
2. 盐分阴、阳离子: CO_3^{2-} 及 HCO_3^- 用双指示剂滴定法; Cl^- 用硝酸银容量法; Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 用 EDTA 滴定法; K^+ 、 Na^+ 用火焰光度法¹⁾。
3. 阳离子代换总量及代换性 Na^+ : 乙二醇-乙醇混合洗盐, NH_4Cl -乙醇代换法¹⁾。
4. 有机 C 及全 N 全 P: 有机 C 用丘林法; 全 N 全 P 用流动注射联合测定法¹⁾。
5. 机械组成用比重计法^[1]。
6. 微形态观察: 用扫描电镜在不同放大倍数下观察原状土壤的微形态结构。
7. 土壤水渗透性用铁管法^[1]。

二、实验结果

(一) 碱化层的性质

从表 1—2 可以看出碱化层性质有以下特征:

1. pH 值与残余碱度 碱化层的 pH 值变化为 9.8—10.5, 高于非碱化土壤的 8.7。高的 pH 值是与含有较多的 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Na^+ 及较少的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子相一致的。碱化层的残余碱度(RSC)均在 1 毫克当量/100 克土以上,最高可达 3.6,而非碱化土为负值。碱化层含盐量不高,但比非碱化层稍高。

2. 代换量和碱化度 碱化层的代换总量为 8.6—13.3 毫克当量/100 克土,比非碱化土壤低。而其碱化度却很高,除中位碱化层外,都在 50% 以上。说明代换性盐基中钠离子占优势, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 占的比重较小。

3. 颗粒分布、容重与透水性 在机械组成中,碱化层不但物理性粘粒含量低于碳酸盐草甸土,而且砂、粉砂及粘粒的比例悬殊。以砂粒为主占 70—80%,粘粒仅占 10% 左右,而粉砂占 4.2—22%。这样的粒径配比很不易形成团粒结构。碱化层容重(1.63—1.82 克/厘米³)比碳酸盐草甸土(1.28 克/厘米³)高 27—42%。而含水量仅为碳酸盐草甸土的 54—77%。透水率(0.56—2.40 毫米/小时)仅是碳酸盐草甸土的 1/200—1/800。容重随着碱化层的深度增加而增加,透水率和孔隙度反而减少。

(二) 碱化层扫描电镜微形态观察

从碱化层的扫描电镜微形态观察中,发现不同层位碱化层微形态结构是相似的,表现出一些共同的特征(图版 I)。从照片可看出碱化层的微形态结构特点:一是从形态结构上看,碱化层没有任何团粒结构,粗砂物质无规则地堆积在一起,孔隙之间断续充满着许多细小粉砂及粘粒物质,而更多的是孔径不均的互相连通的孔隙;二是从孔隙状况看,粗砂粒的堆积排列,形成了许多“墨水瓶”形的孔隙结构(见图版 I 照片 1-1)。“瓶”内外淀

1) 中科院林土所盐土组, 1978: 土壤可溶性盐分、代换量、腐殖质及其组成的测定方法。

表 1 碱化层中可溶性盐基及代换性盐基含量

| 土 层 | 土层深度 (cm) | pH | 盐基含量(毫克当量/100 克土) | | | | | | | 总盐量 (%) | 代换性盐基组成(毫克当量/100克土) | | | | 碱化度 (ESP) (%) | | |
|--------|--------------|------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|------------------|---------------------------------|------------|---------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------------|----------------|----|
| | | | CO ₃ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ +K ⁺ | | RSC | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | | K ⁺ | 总量 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 碳酸盐草甸土 | 0—20 | 8.7 | 0 | 0.695 | 0.084 | 0.098 | 0.439 | 0.319 | 0.125 | -0.062 | 14.440 | 1.074 | 1.455 | 0.451 | 17.42 | 8.35 | |
| 裸露碱化层 | 0—15 | 10.3 | 1.818 | 0.570 | 0.299 | 0.584 | 0.592 | 0.223 | 2.456 | 1.573 | 3.905 | 0.270 | 7.782 | 1.309 | 13.26 | 58.66 | |
| 浅层碱化层 | 10—25 | 10.5 | 2.864 | 1.127 | 0.201 | 0.212 | 0.129 | 0.221 | 4.054 | 3.641 | 1.182 | 0.998 | 6.111 | 0.355 | 8.65 | 70.68 | |
| 中位碱化层 | 20—40 | 9.8 | 0.686 | 0.611 | 0.196 | 0.174 | 0.100 | 0.111 | 1.456 | 1.085 | 8.029 | 0.050 | 4.038 | 0.043 | 12.16 | 33.21 | |
| 深位碱化层 | 40—50 | 10.3 | 1.430 | 1.330 | 0.187 | 1.125 | 0.150 | 0.761 | 3.251 | 1.849 | 3.498 | 0.635 | 5.202 | 0.618 | 9.95 | 52.26 | |

表 2 碱化层机械组成和物理性质

| 土 层 | 砂 粒 >0.05mm (%) | 粉 砂 0.05—0.001mm (%) | 粘 粒 <0.001mm (%) | 物理性粘粒 <0.01mm (%) | 透水常数 (mm/hr.) | 容 重 (g/cm ³) | 含 水 量 (%) | 孔隙度* (%) |
|--------|-----------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|-----------------------------|--------------|-------------|
| 碳酸盐草甸土 | 46.5 | 39.4 | 14.1 | 22.9 | 486 | 1.28 | 25.8 | 50.8 |
| 裸露碱化层 | 77.9 | 10.8 | 11.3 | 16.1 | 1.32 | 1.72 | 15.4 | 33.8 |
| 浅层碱化层 | 69.6 | 22.2 | 8.3 | 11.9 | 2.40 | 1.63 | 16.9 | 37.4 |
| 中位碱化层 | 70.1 | 18.0 | 11.9 | 15.9 | 0.98 | 1.66 | 16.0 | 36.4 |
| 深位碱化层 | 86.1 | 4.2 | 9.7 | 12.9 | 0.56 | 1.83 | 13.9 | 29.8 |

* 本区沙土比重按 2.6 计。引自巴達辰《昭盟翁旗东部沙土的水物理性质和开沟造林》, 风沙干旱综合治理资料选编, 翁旗科学技术委员会, 1980 年。

积着一层凝胶物质，“瓶口”窄细，很容易被细粒及胶体物质所堵塞。因为“瓶口”很细，在弯液面力作用下，致使水分极不容易注入“瓶”中。即使水分一旦注入，则其排出又需要很大的土壤水吸力，另外还有可能将空气封闭在内，水分出入更加困难。实际上这种孔隙不但不能导水，而且对水分上下移动起到阻隔作用；三是碱化层柱状结构中粗砂粒表面沉积有粘土物质及胶体物质(图版 I 照片 1-2)，而这些物质具有胶结作用的。一方面堵塞土壤孔隙，另一方面就象水泥连结石子一样，将粗砂粒胶连在一起。当土壤处于干燥状态时，胶结物质失水凝固，将颗粒间的接触点牢牢地粘连在一起，使颗粒不易错动和分离。而当土壤湿润时，胶结物质吸水膨胀、分散、但并不发生移动。在外力作用下，颗粒发生滑动式错动。这样，碱化层在宏观上表现为干时坚硬，湿时泥泞。胶结物质还可以将粉粒、较大的粘粒粘结在一起，形成大小不同的粘团，而这种粘团常填充于不同孔隙中(图版 I 照片 1-3)，从而阻碍了水分流动。尤其在粘团吸水膨胀时，这种阻力更大。正是碱化层“墨水瓶”式的孔隙结构及粘粒无定形物质的胶结作用，造成了该层柱状结构及其恶劣的物理性质。

相反，碳酸盐草甸土的微形态结构表现出明显的差异。首先，从图版 I 照片 1-4 可知，土壤中的粘粒物质和有机质增加，使粗砂粒和细质物质结合在一起，很大程度上消除了光秃的粗砂粒的无规则堆积的景象。其次，土壤中形成了团粒结构从而使土壤孔隙状况发生了实质性变化。反映于团粒与团粒间，结合较疏松，胶结物质较少，形成了较均匀而畅通的大导水孔隙。在高放大倍数下观察团粒的内部结构，发现各部分间结合紧密，连结牢固，只分布有孔径几微米到十几微米的较小的导气贮气孔，稳定性较高。这种大孔隙导水，小孔隙通气贮气，大小孔隙适当配比的孔隙状况，使土壤水、气达到均匀分布协调发展，有利于协调土壤的水、气、热状况，从而具有较高的肥力。

三、讨 论

苏打盐渍土碱化层主要的理化性质，是低含盐量、强碱化、高碱化度、高容重及低透水性。主要微形态特征是粒级分布不均，形成了“墨水瓶”式的孔隙结构，隙间被凝胶及粘团分隔堵塞，粒间接触点被胶体物质所胶结。这些性质具有相辅相成的关系。

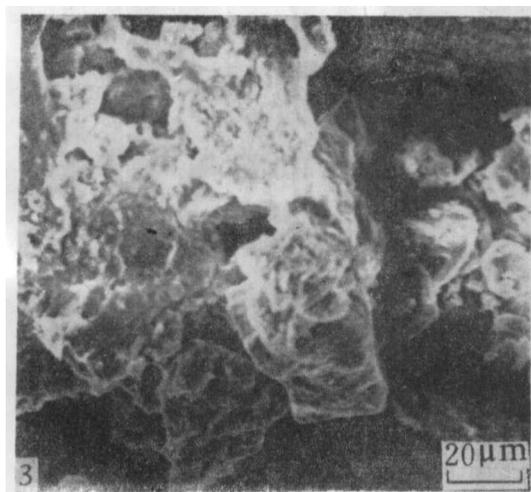
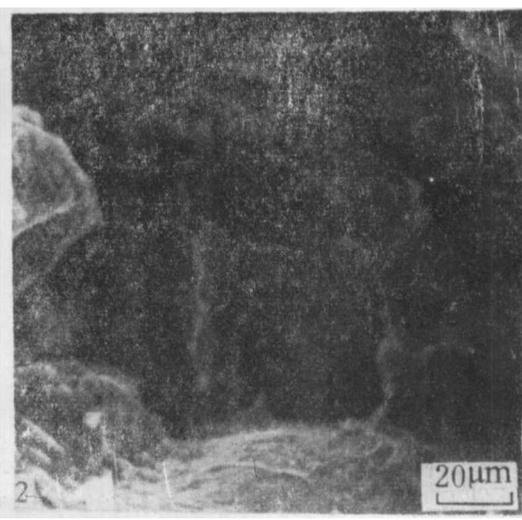
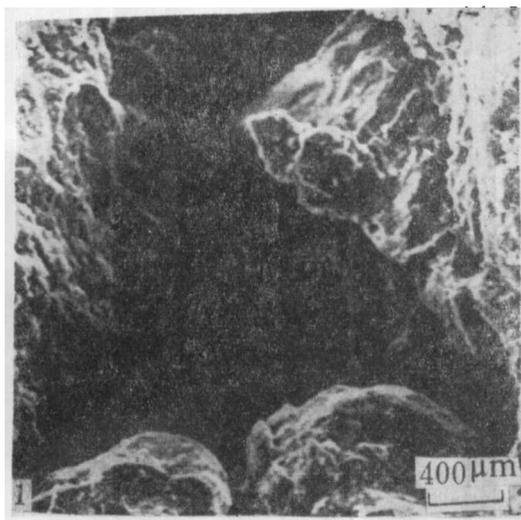
国内外许多实验^[4,5,10-13,15,16]表明，当用不同的钠吸附率(SAR)和电解质浓度(C)的NaCl-CaCl₂溶液淋洗土壤或由粘土与砂粒混成的模拟土壤介质时，土壤饱和导水率随着电解质浓度降低或土壤交换钠(ESP)的增加而降低，且C越低ESP越高，降幅越大。降低的原因是粘粒的膨胀与分散，堵塞和压缩了孔隙。只要土壤中粘粒含量>8%，ESP>10%即可发生这一现象。苏打盐渍土碱化层中高的pH、低的含盐量及异常高的ESP，恰好与上面条件相符，不怪乎其导水率极低。碱化层微形态的观察结果证明了上面解释的正确性，并与国外一些研究结果^[2,7,9,14]相似。

碱化层中粗砂粒无序排列，粉砂粘团充其孔隙，凝胶物质胶结颗粒接触点，使土壤基质形成缜密整体，容重极高。也正是由于胶结物粘连的是粒间接触点，因而，尽管碱化层粘粒含量不高，但形成的柱状结构硬度大，抗机械破碎力强。另外，因胶结物在土体中分布不均，土壤强烈失水收缩时，沿一定断面断裂，形成直径由几厘米到十几厘米的柱状棱

柱状结构。

参 考 文 献

- [1] 中科院南京土壤所, 1978: 土壤理化分析。上海科学技术出版社, 490—508 页。
- [2] 周传槐译, 1979: 土壤盐渍度对土壤物理性质影响。土壤学进展, 第 2 期, 16—25 页。
- [3] 刘孝义, 1982: 土壤物理及土壤改良研究方法。上海科学技术出版社, 87—90 页。
- [4] 俞仁培, 1984: 土壤碱化及其防治。土壤, 第 16 卷 5 期, 163—170 页。
- [5] 曹新孙, 1984: 内蒙古东部地区风沙干旱综合治理研究。内蒙古人民出版社, 45—58 页。
- [6] 王春裕、王汝楠等, 1987: 东北苏打盐渍土的性质与改良。土壤通报, 第 2 期, 57—60 页。
- [7] Chen Y., Banin S., 1975: Scanning electron microscopy observation of soil structure change induced by sodium-calcium exchange in relation to hydraulic conductivity. *Soil Science*, 120: 429—436.
- [8] Dane J. H., Klute A., 1977: Salt effects on hydraulic properties of a swelling soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41: 1043—1049.
- [9] Saha A. K. et al., 1978: The modifying effect of exchangeable sodium on some soil physical properties and sodic soil reclamation. *J. Ind. Soc. Soil Sci.*, 26(3): 243—253.
- [10] Frekri H. et al., 1978: Effect of clay type and content, exchangeable sodium percentage and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42(1): 32—39.
- [11] Arora H. S., Coleman N. T., 1979: The influence of electrolyte concentration on flocculation of clay suspension. *Soil Science*, 127(3): 134—139.
- [12] Park C. S., O'Connog G. A., 1980: Salinity effects on hydraulic properties of soil. *Soil Science*, 130(3): 167—174.
- [13] Chen Y., et al., 1983: Effect of potassium on soil structure in relative to hydraulic conductivity. *Geoderma* 30: July.
- [14] Eawaran H., 1983: Characterization of domains with the Scanning Electron Microscopy. *Pédologie* 33(1): 41—54.
- [15] Suarez D. L. et al., 1984: Effect of pH on saturated hydraulic conductivity and soil dispersion. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48: 50—55.
- [16] Vonten A. J. A., Nye P. H., 1985: Transport and deposition of dilute colloidal suspensions in soils. *J. of Soil Sci.* 36(4): 531—541.



1, 2, 3 碱化层照片放大倍数分别为 250, 500, 500 倍

4 为碳酸盐草甸土照片(对照)放大倍数 50 倍

1, 2, 3: Photos for alkaline horizon with a magnification of 250, 500, 500 respectively

4: Photo for calcareous meadow with a magnification of 50

照片 1 微形态扫描电镜照片

Photo 1 SEM photos of micromorphology