

# 晋北黄土高原盐碱化草地的土壤理化性质

许庆方, 秦立刚, 董宽虎, 杨桂英, 赵祥, 高文俊, 佟莉蓉

(山西农业大学动物科技学院, 山西 太谷 030801)

**摘要:**为探讨黄土高原不同盐碱化程度草地土壤的理化性质, 分别于2008年秋季、2009年春季和秋季, 在山西省右玉县盐碱草地0~10、10~20、20~30、30~50、50~75和75~100 cm土层取土样, 分析其物理特性和化学特性。结果表明, 样地平均土壤容重在1.37~1.44 g·cm<sup>-3</sup>, 平均土壤比重在2.67~2.81, 土壤呈砂质壤土的机械组成。所调查土壤碱化程度较高, 土壤pH值平均在8.69~9.19, 碱化度平均在20%以上。土壤可溶性盐分含量平均在0.61%~0.98%, 阴离子以Cl<sup>-</sup>和HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>为主, 阳离子以Na<sup>+</sup>和Ca<sup>2+</sup>为主, 有机质和全氮缺乏。

**关键词:**草地; 盐碱; 土壤; 理化性质

**中图分类号:** S812.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-0629(2012)02-0174-05

\* 1

山西省地处内陆, 据第2次全国土壤普查, 共有盐碱地30.13万hm<sup>2</sup>, 占土地总面积的9.7%<sup>[1]</sup>。全省按盐碱危害程度, 轻度危害的占53.6%, 中度危害的占23.3%, 重度危害的占14.1%, 极重度危害的占9.0%。按危害性质划分, 盐害面积17.66万hm<sup>2</sup>, 占56.4%; 碱害面积1.525万hm<sup>2</sup>, 占5.3%; 盐碱双重危害面积10.942万hm<sup>2</sup>, 占38.3%<sup>[1]</sup>。山西省盐碱地集中分布于大同、忻州、运城等几大盆地, 朔州、大同盆地的盐碱地占全省盐碱地面积的71.6%, 加上晋南盆地和忻州盆地占到全省总盐碱地面积的90%以上。主要盐碱地分布区集中连片, 地势平坦, 光照好, 热量充足, 水利条件好, 既具有有利的治理条件, 又具有开发利用的价值<sup>[2]</sup>。不同盐碱危害程度的土壤上, 虽然分布着相应的耐盐植物, 但随着盐碱程度的加剧, 植物的饲用价值与生物量有所降低<sup>[3-5]</sup>。

要做到盐碱地土壤资源的生态恢复与利用, 必须了解盐碱地的盐渍与碱化程度, 才能有的放矢地进行生态治理与高效利用。因此, 本研究对黄土高原具有典型盐碱地地貌的草地进行取样, 测定其土壤理化性质, 分析不同盐碱化程度草地土壤的理化特性, 以为山西省境内乃至其他区域同类的内陆盐碱草地植被重建、生态治理、土地资源的可持续利

用提供科学依据。

## 1 材料与方法

**1.1 研究地点** 本研究在山西省朔州市右玉县进行, 该区土地具有典型的盐碱地地貌特征。试验区域内草地植被主要为披碱草(*Elymus dahuricus*)和碱茅(*Puccinellia tenuiflora*)等。3个不同程度盐碱化的样地基本情况见表1。

表1 样地基本情况

Table 1 The basic information of the research site

样地号 Plot No.	坐标 Location	海拔 Altitude/m	地形 Topography	盐碱度 Salinity
I	112°19'22.7" N 39°59'03.5" E	1 331	平坦 Flat	轻度 Light
II	112°19'21.3" N 39°58'57.6" E	1 326	平坦 Flat	中度 Medium
III	112°19'26.4" N 39°59'20.1" E	1 321	平坦 Flat	重度 Heavy

**1.2 取样与测定** 分别于2008年10月(秋季)、2009年5月(春季)和2009年8月(秋季)在3个样地上按照“S”点取样法, 在每个样点人工挖掘9个100 cm深的土壤剖面, 分别取0~10、10~20、20~30、30~50、50~75和75~100 cm土层的土壤样

收稿日期: 2011-04-14 接受日期: 2011-06-30  
基金项目: “十一五”国家科技支撑计划课题“退化草地植被恢复与重建关键技术研究(2007BAD56B01)”  
作者简介: 许庆方(1972-), 男, 山西壶关人, 教授, 博士, 主要从事牧草栽培与加工利用的研究。E-mail: xqfsx@sohu.com  
通信作者: 董宽虎 E-mail: dongkuanhu@126.com

品,另外在每个土层用环刀法取样测定土壤容重<sup>[6]</sup>。

土壤样品带回室内测定理化特性。土壤水分用烘干法测定<sup>[6]</sup>,土壤比重用比重瓶法测定<sup>[6]</sup>,土壤机械组成用甲种土壤比重计法测定<sup>[14]</sup>。通过测定土壤比重与土壤容重,计算土壤孔隙度<sup>[6]</sup>。

土壤 pH 值用电位法测定<sup>[7]</sup>,土壤可溶性盐总量用重量法测定<sup>[7]</sup>,土壤电导率用电导率仪测定<sup>[7]</sup>,土壤阳离子交换量用乙酸钠火焰光度法测量<sup>[7]</sup>,土壤交换性钠用醋酸铵氢氧化铵火焰光度法测定<sup>[7]</sup>,土壤碱化度以土壤交换性钠占土壤阳离子交换量的百分比表示。土壤可溶性盐中  $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  和  $\text{Cl}^-$  用滴定法测定, $\text{SO}_4^{2-}$  用 EDTA 间接滴定法测定, $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  用 EDTA 络合滴定法测定, $\text{K}^+$  和  $\text{Na}^+$  用火焰光度法测定。土壤有机质用重铬酸钾容量法测定,土壤全氮用重铬酸钾-硫酸消化法测定,土壤全磷用硫酸-高氯酸消煮法测定<sup>[7]</sup>。

**1.3 数据分析** 应用 SAS 9.0 软件,对不同区域的样品数据进行方差分析与多重比较,结果以平均值表示。

## 2 结果与分析

**2.1 不同盐碱化程度草地土壤的 pH 值** 随着盐碱程度的加剧,土壤的 pH 值显著提高( $P < 0.05$ )(图 1),不同盐碱程度草地土壤的 pH 值分别为 8.69、9.02、9.19。

## 2.2 不同盐碱化程度草地土壤的物理特性

不同取样区域土壤样品水分含量差异显著( $P < 0.05$ )(表 2),样地 II、样地 III 土壤的含水量显著高于样地 I。不同取样时间土壤含水量差异显著。不同土壤层次间土壤含水量差异显著。

不同取样区域土壤样品容重差异显著( $P < 0.05$ ),样地 III 土壤容重显著高于样地 I 和样地 II。不同土壤层次间土壤容重差异显著。不同取样时间土壤容重差异不显著( $P > 0.05$ )。

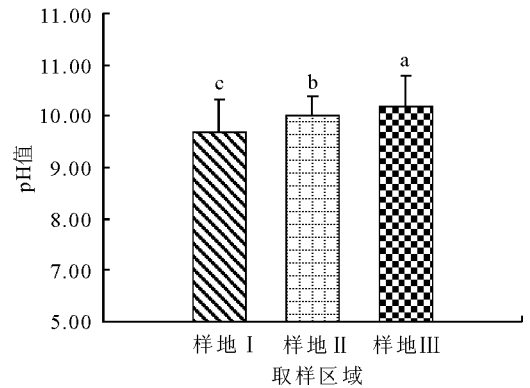


图 1 不同盐碱化程度草地土壤的 pH 值

Fig. 1 pH value of different saline-alkaline grassland

注:不同小写字母表示各样地间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lower case letters show significant difference at 0.05 level.

表 2 不同盐碱草地土壤的物理特性

Table 2 Physical properties of different saline-alkaline grassland

样地 Plot	水分 Water/ %	容重 Bulk density/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	比重 Specific gravity	总孔隙度 Total porosity/ %	机械组成 Mechanical composition/%		
					砂粒 Sand particle	粉粒 Silt particle	黏粒 Clay particles
I	11.74±3.85b	1.37±0.08b	2.81±0.08a	51.28±2.88a	56.94±3.33	27.11±3.31	15.94±1.30
II	17.31±3.47a	1.40±0.06b	2.76±0.10b	49.12±2.22a	58.50±2.46	25.89±2.11	15.61±0.78
III	17.37±8.26a	1.44±0.08a	2.67±0.10b	46.08±3.19b	56.44±3.11	27.17±2.64	16.39±1.04
取样区域 Sampling site	*	*	*	*	NS	NS	NS
土壤层次 Soil layer	*	*	*	*	NS	NS	NS
取样时间 Sampling time	*	NS	NS	*	NS	NS	NS

注: \* 表示差异显著( $P < 0.05$ ); NS 表示差异不显著( $P > 0.05$ ); 不同字母表示同一特性各样地间差异显著( $P < 0.05$ )。下同。

Note: \* show significant difference at 0.05 level; NS mean non significance; Different lower case within the same column show significant difference at 0.05 level. The same below.

表3 不同盐碱化程度草地土壤的化学特性  
Table 3 Chemical properties of different saline-alkaline grassland

指标 Parameter	样地 I Plot I	样地 II Plot II	样地 III Plot III	显著性检验 Significance test		
				取样区域 Sampling site	土壤层次 Soil layer	取样时间 Sampling time
可溶性盐 Soluble salt/%	0.61±0.21b	0.87±0.35ab	0.98±0.46a	*	*	*
电导率 Conductivity/ ×10 <sup>-4</sup> μS·cm <sup>-1</sup>	0.17±0.06c	0.39±0.19b	0.57±0.21a	*	*	*
阳离子交换量 Cation ex- change capacity/cmol·kg <sup>-1</sup>	3.37±0.41a	3.25±0.43ab	2.92±0.52b	*	*	NS
交换性钠 Exchangeable sodium/cmol·kg <sup>-1</sup>	0.69±0.26b	0.88±0.42ab	1.22±0.25a	*	*	NS
碱化度 Exchangeable sodi- um percentage/%	20.45±7.18c	26.34±10.90b	41.73±4.63a	*	*	NS
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> /%	0.02±0.01b	0.03±0.03ab	0.05±0.04a	*	*	*
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /%	0.06±0.02b	0.10±0.05a	0.12±0.06a	*	*	NS
Cl <sup>-</sup> /%	0.23±0.06b	0.27±0.06ab	0.29±0.05a	*	*	*
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /%	0.001±0.001b	0.002±0.001ab	0.002±0.002a	*	*	*
Ca <sup>2+</sup> /%	0.014±0.005a	0.013±0.003b	0.013±0.007b	*	*	*
Mg <sup>2+</sup> /%	0.004±0.002a	0.003±0.002ab	0.002±0.001b	*	*	*
K <sup>+</sup> /%	0.01±0.01a	0.01±0.01a	0.01±0.01a	NS	*	*
Na <sup>+</sup> /%	0.04±0.03b	0.04±0.03b	0.07±0.04a	*	*	*
有机质 Organic matter/%	0.68±0.22a	0.65±0.13ab	0.63±0.10b	*	*	*
全氮 Total N/%	0.05±0.01a	0.04±0.01a	0.03±0.01b	*	*	*
全磷 Total P/%	0.05±0.01a	0.05±0.01a	0.03±0.01a	NS	NS	NS

样地 I 土壤比重显著高于样地 II 和样地 III ( $P < 0.05$ )。不同土层土壤比重差异显著。不同取样时间土壤比重差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

不同取样区域土壤孔隙度差异显著 ( $P < 0.05$ )，样地 III 土壤孔隙度显著低于样地 I 和样地 II，土壤层次和取样时间显著影响土壤孔隙度 ( $P < 0.05$ )。

3 个样地土壤机械组成中，砂粒占 57%，粉粒占 27%，黏粒占 16%，说明所取样地属于砂质壤土。不同取样区域、不同土壤层次、不同取样时间对土壤机械组成无显著影响 ( $P > 0.05$ )。

### 2.3 不同盐碱化程度草地土壤的化学特性

随着土壤盐碱化程度的加剧，土壤可溶性盐含量、电导率、交换性钠、碱化度、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 含量、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量、Cl<sup>-</sup> 含量、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 含量、Na<sup>+</sup> 含量显著增加 ( $P < 0.05$ )，土壤阳离子交换量、Ca<sup>2+</sup> 含量、Mg<sup>2+</sup> 含量和

有机质含量显著下降。土壤 K<sup>+</sup> 含量在不同盐碱草地间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。样地 III 土壤全氮含量显著低于样地 I 和样地 II 的土壤。样地 I 土壤全磷含量高于样地 II 和样地 III 的土壤，样地 III 土壤全磷含量低于样地 I 和样地 II 的土壤，但是差异不显著 (表 3)。

不同取样时间相比，土壤可溶性盐含量、电导率、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 含量、Cl<sup>-</sup> 含量、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 含量、Ca<sup>2+</sup> 含量、Mg<sup>2+</sup> 含量、K<sup>+</sup> 含量、Na<sup>+</sup> 含量、有机质含量和土壤全氮含量差异显著 ( $P < 0.05$ )，土壤阳离子交换量、交换性钠、碱化度、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量、全磷含量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

不同取样区域土壤全磷含量和 K<sup>+</sup> 含量差异不显著 ( $P > 0.05$ )，土壤可溶性盐含量、电导率、阳离子交换量、交换性钠、碱化度、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 含量、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

含量、 $\text{Cl}^-$  含量、 $\text{SO}_4^{2-}$  含量、 $\text{Ca}^{2+}$  含量、 $\text{Mg}^{2+}$  含量、 $\text{Na}^+$  含量、有机质含量和土壤全氮含量差异显著 ( $P < 0.05$ )。

### 3 讨论

土壤的容重、比重、孔隙度、质地等物理特征,对土壤的保肥、供肥、通气、透水等性能具有重要的影响<sup>[8]</sup>。本研究发现,研究区域内的土壤为砂质壤土,除样地Ⅲ孔隙度较低外,其他土壤孔隙度范围相对适中。盐渍土土壤容重一般为  $1.35 \sim 1.50 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,碱化土壤容重一般为  $1.40 \sim 1.50 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,甚至达  $1.70 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ <sup>[9]</sup>,本研究区域土壤容重平均在  $1.37 \sim 1.44 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,比重在  $2.67 \sim 2.81$ ,表明土壤容重和土壤比重也相对适中。

土壤水分是土壤的重要组成部分,是土壤物质、能量交换的基本条件。土壤水分除供植物生长发育所需以外,还协调肥、气、热,影响土壤化学、物理和生物一系列特性。山西及邻近省区,以自然降水为土壤水分的主要来源。研究区域土壤的含水量在  $11.74\% \sim 17.37\%$ 。

当土壤交换性盐基中交换性钠大于  $5\%$  时为碱化土,超过  $20\%$  时为碱土。分析本研究 pH 值和碱化度, pH 值在  $8.69 \sim 9.19$ ,研究碱化度为  $20.45\% \sim 41.73\%$ ,说明本研究样地中的土壤为碱土<sup>[8,10]</sup>。通过可溶性盐和电导率以及阴、阳离子的测定,可知本区域内土壤既有碱化效应,同时也存在盐渍效应,并且最主要的阴离子为  $\text{Cl}^-$ ,其次是  $\text{HCO}_3^-$ ,最主要阳离子为  $\text{Na}^+$ ,其次是  $\text{Ca}^{2+}$ 。李文银和张永武<sup>[11]</sup>在山西省盐碱土土属分类研究中,取样分析得知 pH 值在  $7.87 \sim 10.31$ ,全盐含量在  $0.050\% \sim 1.159\%$ , $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{N}^+ + \text{K}^+$  含量分别在  $0 \sim 7.613$ 、 $0 \sim 3.285$ 、 $0.047 \sim 8.375$ 、 $0.020 \sim 9.378$ 、 $0.010 \sim 5.818$ 、 $0.060 \sim 4.677$ 、 $0.70 \sim 18.93 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

土壤有机质在土壤肥力诸因素中起主导地位,土壤氮、磷、钾是植物生长不可缺少的大量营养元素。区域内土壤的有机质含量较低,表现为缺乏 ( $0.6\% \sim 1.0\%$ ) 或极缺 ( $< 0.6\%$ )。全氮含量大都表现为缺乏 ( $< 0.05\%$ )<sup>[12]</sup>。

本研究揭示了晋北黄土高原盐碱化草地的土壤情况,但还需要采用各种措施对其改良,以发挥草地的功能<sup>[13-15]</sup>。

### 4 结论

本研究区域土壤容重、比重和孔隙度较适中,土壤呈砂质壤土的机械组成。土壤碱化程度较高,土壤呈微碱程度以上。土壤可溶性盐分含量呈盐渍土壤特性,阴离子以  $\text{Cl}^-$  和  $\text{HCO}_3^-$  为主,阳离子以  $\text{Na}^+$  和  $\text{Ca}^{2+}$  为主,有机质和全氮缺乏。

### 参考文献

- [1] 郑必昭. 山西省盐碱地改良利用近况[J]. 山西农业科学, 1999, 27(4): 89-91.
- [2] 杨彦军. 盐碱地植被恢复技术[J]. 山西林业科技, 2005(2): 33-35.
- [3] 桂枝, 高建明, 袁庆华. 盐胁迫对紫花苜蓿品质和产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(19): 7990-7992, 8013.
- [4] Endris S, Mohammed M J. Nutrient acquisition and yield response of barley exposed to salt stress under different levels of potassium nutrition[J]. International Journal of Environment Science and Technology, 2007, 4(3): 323-330.
- [5] 李长有, 胡亚忱, 倪福太, 等. 盐碱胁迫对虎尾草生长的影响[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2008(4): 24-27.
- [6] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978: 466-524.
- [7] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业学常规分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 67-220.
- [8] 刘耀宗, 张经元. 山西土壤[M]. 北京: 北京科学出版社, 1992: 219-264.
- [9] 谢承陶. 盐渍土改良原理与作物抗性[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1993: 108.
- [10] 潘剑君. 土壤资源调查与评价[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 220-221.
- [11] 李文银, 张永武. 聚类分析在山西省盐碱地土属分类中的应用初探[J]. 土壤学报, 1986, 23(2): 172-178.
- [12] 董振国, 吴家燕, 刘瑞文. 内陆盐碱土开发治理[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995: 38.
- [13] 宁虎森, 吉小敏, 梁继业, 等. 牧草对塔里木河上游灌区盐渍土的适应和改良效应初探[J]. 草业科学, 2010, 27(11): 71-76.
- [14] 陈卫民, 黄菊莹, 孙兆军, 等. 改良盐碱土和种植技术对土壤性质和树木成活率的影响[J]. 草业科学, 2010, 27(6): 45-49.
- [15] 黄立华, 梁正伟, 马红媛. 苏打盐碱胁迫对羊草光合、蒸腾速率及水分利用效率的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(5): 25-30.

## A study on physico-chemical properties of saline-alkaline grassland soil in Loess Plateau of the north of Shanxi Province

XU Qing-fang, QIN Li-gang, DONG Kuan-hu, YANG Gui-ying,

ZHAO Xiang, GAO Wen-jun, TONG Li-rong

(College of Animal Science and Veterinary Medicine, Shanxi Agricultural University,

Taigu 030801, China)

**Abstract:** To explore the physico-chemistry properties of saline-alkaline grassland soil in the Loess Plateau, the soil of saline-alkaline grassland at layers of 0—10 cm, 10—20 cm, 20—30 cm, 30—50 cm, 50—75 cm and 75—100 cm were sampled and analyzed in the fall of 2008, the spring and autumn of 2009 respectively. The results indicated that the average soil bulk density of plots was 1.37 to 1.44 g/cm<sup>3</sup>, and the average specific gravity of soil was 2.67 to 2.81. The soil was sandy loam of the mechanical components. The soil alkalinized degree was high with average soil pH between 8.69 to 9.19 and average exchangeable sodium percentage above 20%. The average soil soluble salinity content was between 0.61% to 0.98%, the anion by Cl<sup>-</sup> and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> primarily and the positive ion by Na<sup>+</sup> and Ca<sup>2+</sup> primarily. The organic matter and the total nitrogen in the soil were lack.

**Key words:** grassland; saline-alkaline; soil; physico-chemical properties

Corresponding author: DONG Kuan-hu E-mail: dongkuanhu@126.com

### 2012年1月国际市场主要饲料与畜产品价格分析

国际饲料价格涨跌互现。美国玉米期价环比下降0.7%；高粱价格较12月上涨1.1%；大豆价格环比下降0.5%。

国际畜产品价格普遍下跌。瘦肉猪价格环比下降4.8%，育肥牛较12月下降1.3%；欧盟猪肉价格跌幅为5.9%。

表1 1月国际市场主要饲料与畜产品平均价格

饲料	价格	畜产品	价格
玉米	236.53 USD · t <sup>-1</sup>	瘦肉猪	1.79 USD · kg <sup>-1</sup>
大豆	421.09 USD · t <sup>-1</sup>	育肥牛	3.16 USD · kg <sup>-1</sup>
大麦	213.33 AUD · t <sup>-1</sup>	猪肉*	2.06 USD · kg <sup>-1</sup>
春小麦	397.51 AUD · t <sup>-1</sup>	鸡肉**	2.00 USD · kg <sup>-1</sup>
高粱	223.33 USD · t <sup>-1</sup>	牛肉**	4.36 USD · kg <sup>-1</sup>
豆粕	365.95 USD · t <sup>-1</sup>	羊肉***	2.64 USD · kg <sup>-1</sup>
菜籽	520.92 CAD · t <sup>-1</sup>	羊羔肉***	4.61 USD · kg <sup>-1</sup>
豆饼	302.96 USD · t <sup>-1</sup>	牛奶	0.31 USD · kg <sup>-1</sup>
棉籽饼	245.50 USD · t <sup>-1</sup>		
苜蓿粉	326.29 USD · t <sup>-1</sup>		

注：\* 表示欧盟，\*\* 表示美国，\*\*\* 表示新西兰。1月参考汇率为 1 CNY(人民币)=0.159 USD(美元)=0.147 AUD(澳元)=0.158 CAD(加元)=0.100 GBP(英镑)。

(兰州大学草地农业科技学院 孙义)