

# 硫磺改良对宁夏引黄灌区盐碱土 pH 及微量元素有效性的影响研究

曹莹菲, 赵毅, 赵文田, 吕家珑\*

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 采用田间试验方法, 以单纯施用氮磷肥和施用石膏为对照, 施入不同数量的硫磺, 通过对土壤 pH 和有效性微量元素的影响评价盐碱土的改良效果。结果表明: 施用 2 000 kg/hm<sup>2</sup> 石膏和 S1(施硫 1 000 g/hm<sup>2</sup>)、S2(施硫 2 000 kg/hm<sup>2</sup>)、S3(施硫 3 000 kg/hm<sup>2</sup>) 3 个水平硫磺处理, 都有降低 pH 值的作用; 其中, 施硫 1 000 g/hm<sup>2</sup> (S1) 处理效果最好。氮磷肥配合施用硫磺和石膏, 对 4 种微量元素铜、锌、铁、锰有效性有一定的影响, 但是, 除个别处理对有效铁和有效锌的影响达到显著水平外, 其它处理的影响都不是大明显。因此, 单纯施用化肥、化肥配合硫磺施用以及化肥配合石膏施用都可以在一定范围内起到改良碱土、降低土壤 pH 的作用。

**关键词:** 盐碱土; 硫磺; 改良; 微量元素; pH

**中图分类号:** S156.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)03-0199-03

盐碱地是重要的土地资源, 它是地球上广泛分布的一种土壤类型, 约占陆地总面积的 25%, 分布在世界各大洲干旱地区。我国约有盐碱地 0.27 亿 hm<sup>2</sup>, 其中耕地面积 0.06 亿 hm<sup>2</sup>, 0.21 亿 hm<sup>2</sup> 是盐碱荒地, 主要分布在东北、华北、西北内陆地区及长江以北沿海地带<sup>[1]</sup>。近年来, 随着土地日趋减少、人口的日益膨胀、可用淡水资源的逐渐匮乏, 盐碱地作为潜在耕地的后备资源, 存在着巨大的开发潜力。开发利用荒芜的盐碱地, 使之转变为可耕种的土地, 并且改良盐渍化的低产田, 不仅可以提高粮食总产量, 缓解粮食危机, 而且可以扩大绿化面积, 改善生态环境, 提高粮食品质。

平罗县位于宁夏引黄灌区下游, 日照充足, 四季分明, 尽管土地资源丰富, 但水资源相对缺乏, 干旱少雨, 蒸发强烈, 常年多风, 加之地势平缓, 排水条件差, 地下水位较高, 造成盐碱荒地面积较大<sup>[2]</sup>。有 75.6% 的耕地是盐渍化土壤, 因而农业生产水平较低, 农民收入增长缓慢<sup>[3]</sup>。因而改良当地盐碱地, 对提高土地生产质量, 改善当地生活水平有重要意义。

作为最为常用的材料, 硫磺对改良盐碱土有着重要作用。硫磺在土壤中氧化, 其氧化过程为:  $S \rightarrow S_2O_3^{2-} \rightarrow S_4O_6^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$ , 产生 H 离子, 从而降低 pH, 改良宁夏地区的盐碱土, 并可以活化阳离子型微量元素, 微量元素虽然需要量很少, 但它对植物的生长发育却起着至关重要的作用<sup>[4]</sup>。同时硫磺施入

土壤之后, 通过化学和生物过程被氧化, 成为植物可吸收的形态, 对作物产量和品质能有很大的作用, 并可增加植株体内可溶氮和葡萄糖的含量<sup>[5]</sup>。本研究通过田间试验, 不同剂量硫磺施入土壤后(以传统的施用氮磷肥和氮磷肥配合施用石膏为对照), 对 pH 及微量元素有效态的变化规律进行探讨, 为改良盐碱土以及对土壤中微量元素的影响提供理论依据。

## 1 材料与试验方法

### 1.1 供试土壤的基本性质

供试土壤的母质为洪积 - 冲击物, 土壤盐碱化较重<sup>[6]</sup>。有机碳为 8.43 g/kg, 全氮为 0.81 g/kg, 碱解氮为 55.13 mg/kg; 全磷为 0.73 g/kg, 速效磷为 10.82 mg/kg; 全钾为 23.32 g/kg, 速效钾为 110.94 mg/kg, EC 值为 0.22 μS/cm, pH 值为 8.96<sup>[7]</sup>。

### 1.2 试验设计

1.2.1 田间试验设计 该试验采取田间试验随机区组设计, 共设 6 个处理(见表 1), 以不施肥(CK1), 施 N、P 肥(CK2)作为对照。根据许多研究<sup>[8,9]</sup>表明石膏对盐碱土有改良作用, 所以也将施用石膏作为对比(CK3), 同时设计 3 个水平的硫磺用量, 来研究硫磺的作用。试验选取三块土地作为重复, 分别以 I、II、III 表示, 三个重复内的 6 个处理随机排列, 所得数据求三个重复的平均值。

田间试验于 2007 年 4 月开始, 整个试验小区大田的基础条件一致。

收稿日期: 2009-11-27

基金项目: 日本 Cosmo 石油株式会社资助

作者简介: 曹莹菲(1987-), 女, 山西平陆人, 硕士, 主要从事土壤化学和土壤改良研究。

\* 通讯作者: 吕家珑, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为土壤化学。

表 1 田间试验设计  
Table 1 Field experimental design

处理编号 Treatment No.	处理 Treatment	硫磺或者石膏 用量(kg/hm <sup>2</sup> ) Amount of sulfur or gypsum	备注 Note
1	不施肥 No fertilizer		CK1
2	施 N、P 肥 Applying N and P		CK2
3	施 N、P 肥 + 硫磺用量 1 Applying N and P + Amount 1 of sulfur	1000	S1
4	施 N、P 肥 + 硫磺用量 2 Applying N and P + Amount 2 of sulfur	2000	S2
5	施 N、P 肥 + 硫磺用量 3 Applying N and P + Amount 3 of sulfur	3000	S3
6	施 N、P 肥 + 石膏 Applying N and P + CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	2000	CK3

小麦品种为永宁 4 号,采用条播播种方式,播种量为 27.5 kg/667m<sup>2</sup>。小区面积(50 m<sup>2</sup>),氮肥和磷肥分别采用磷酸二氢铵(NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)和磷肥(12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)。根据当地种植习惯,化肥施用量为:磷酸二氢铵 15 kg/667m<sup>2</sup>,磷肥 20 kg/667m<sup>2</sup>。

硫磺中 S 含量为 98%;石膏(CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O)达国家一级标准,CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 含量为 96%。肥料与改良剂混合,采用条施的方式施入 0~20 cm 表层土壤。

分别于 4 月 20 日、6 月 27 日灌水,田间管理依照当地耕作习惯。

2007 年 8 月收获第一年的小麦,2008 年 8 月收获第二年的小麦,0~20 cm 和 20~40 cm 每个区分别采取土样,主要测量混合土样的 pH 值和 pH 变化影响较大的微量元素(铁、锰、铜、锌)有效态的变化。

### 1.2.2 分析方法

(1) pH:水土比 2.5:1, DELTA-320 型 pH 计测定;

(2) 微量元素:有效态铁、锰、铜、锌,用 DTPA-TEA 浸提-AAS 法<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 施用硫磺对土壤 pH 的影响

土壤 pH 的变化是判断改良效果最直接的标准之一。该试验测定 0~20 cm 和 20~40 cm 土层土壤 pH,每个样品重复两次,最后求平均值(表 2)。

由表 2 可知,与 CK1 比较,施氮磷肥处理、施用石膏处理以及 3 个水平硫磺处理均有降低土壤 pH 值的功效(0~20 cm 和 20~40 cm);说明单纯施用化肥、化肥配合硫磺施用以及化肥配合石膏施用都可以在一定范围内起到改良碱土、降低土壤 pH 的作用。在同样适用氮磷化肥的前提下,施用石膏和 3

个水平硫磺处理,除去 S3 处理在 20~40 cm 土层外,其它均有降低 pH 值的作用;综合分析,S1 处理的改良效果最为明显,特别是在 20~40 cm 土层,已经达到显著效果。

表 2 不同土层土壤 pH 的变化  
Table 2 Trend of soil pH in different layers

处理 Treatment	0~20 cm		20~40 cm	
	pH	- CK1	pH	- CK1
CK1	8.38a	0	8.84a	0
CK2	8.29a	-0.09	8.38b	-0.46
S1	7.94a	-0.44	8.01c	-0.83
S2	8.07a	-0.31	8.11b	-0.73
S3	8.18a	-0.20	8.50ab	-0.34
CK3	8.22a	-0.16	8.32b	-0.52

注:小写英文字母表示 Duncan 氏新复极差检验后的多重比较结果( $\alpha = 5\%$ )。下同。

Note: Lowercase letters indicate the results of Duncan's new multiple comparisons( $\alpha = 5\%$ ). The same as below.

### 2.2 施用硫磺对土壤微量元素有效性的影响

0~20 cm、20~40 cm 土层土壤中有有效态微量元素的测定结果(三个试验平均值)分别列于表 3(Fe 和 Mn)和表 4(Cu 和 Zn)。

表 3 不同土层土壤有效铁和有效锰含量(mg/kg)

处理 Treatment	Fe		Mn	
	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm
CK1	11.10a	9.35b	7.27a	5.47a
CK2	11.02a	9.49ab	7.33a	4.87a
S1	11.74a	9.72ab	6.13a	5.82a
S2	11.31a	9.24b	7.77a	6.53a
S3	10.59a	10.19ab	6.62a	6.12a
CK3	10.19a	10.73a	7.03a	5.42a

表 4 不同土层土壤有效铜和有效锌含量(mg/kg)

处理 Treatment	Cu		Zn	
	0~20 cm	20~40 cm	0~20 cm	20~40 cm
CK1	1.48ab	1.52a	0.39a	0.25a
CK2	1.52ab	1.44a	0.42a	0.27a
S1	1.57ab	1.57a	0.41a	0.27a
S2	1.43b	1.41a	0.39a	0.25a
S3	1.55ab	1.52a	0.50a	0.31a
CK3	1.59a	1.60a	0.42a	0.27a

由表 3、表 4 可以看出,氮磷肥配合施用硫磺和

石膏,对4种微量元素有效性有一定的影响,但是,除个别处理对有效铁和有效锌的影响达到显著水平外,其它处理的影响都不是太明显。

对铁有效性的影响,0~20 cm 土壤 S1 处理的有效态含量最高,但是处理间的差异都没有达到显著水平;20~40 cm 土壤中施用石膏和施用高量硫磺(S3)处理比其它处理显著增加铁的有效态含量,其它处理间差异不显著。

对锰和铜有效性的影响,不论是0~20 cm 还是20~40 cm,所有处理间都没有达到显著水平。

对锌有效性的影响,0~20 cm 土壤中所有处理间差异不显著;20~40 cm 土壤 S1、S3 和 CK3 处理较其他处理有显著的增加锌有效态含量的作用。

### 3 结论与讨论

本研究采用硫磺对宁夏银北地区盐渍土进行改良试验,由以上结果可以看出,施用硫磺过程中,能有效降低土壤 pH 值,这与赵晓进<sup>[11]</sup>、刘刚<sup>[8]</sup>的研究结果一致。

但是施用硫磺对微量元素有效性的影响,并不像对 pH 值的影响那样显著;究其原因可能为:一方面,土壤的 pH 值还比较高,这些微量元素离子很容易形成氢氧化物形态的沉淀而使有效性没有明显提高;另一方面,土壤中碳酸根的存在也容易与这些微量元素离子形成难溶性的碳酸盐<sup>[12]</sup>,因而其有效性的提高也凸显不出来。

总体而言,硫磺降低了土壤 pH 值,并对微量元

素有效态含量有所提高,与石膏的改良作用相似。因此,对于宁夏平罗盐碱土,都可以通过施用硫磺和石膏得以改良。但是对硫磺改良盐碱土的研究较少,因而还需要长期观察,并对硫磺最佳改良施用量作进一步的研究。

#### 参考文献:

- [1] 吴淑杭,周德平,姜震方.盐碱地改良与利用研究进展[J].上海农业科技,2007,(2):23—24.
- [2] 李 茜,孙兆军,秦 萍.宁夏盐碱地现状及改良措施综述[J].安徽农业科学,2007,32(增刊1):10808—10810,10813.
- [3] 班乃荣,张永宏.宁夏银北地区盐碱地枸杞栽培技术[J].甘肃农业科技,2004,(4):55—56.
- [4] 刘桂兰.微量元素对植物生长发育的作用[J].现代农村科技,2009,(3):55.
- [5] 周 卫,林 葆.土壤与植物中硫行为研究进展[J].土壤肥料,1997,(5):8—11.
- [6] 刘茂松,鲁小珍,王汉杰,等.宁夏平罗西大滩人类有序活动的环 境效应及发展对策[J].南京林业大学学报(自然科学版),2001,25(3):83—88.
- [7] 孙 毅,高云山,闫孝贤,等.石膏改良苏打盐碱土研究[J].土壤通报,2001,32(增刊):97—101.
- [8] 刘 刚,李新平,张永宏,等.银北地区硫磺改良盐碱土初探[J].干旱地区农业研究,2008,26(4):79—82.
- [9] 李焕珍,徐玉佩,杨伟奇,等.脱硫石膏改良强度苏打盐渍土效果的研究[J].生态学杂志,1999,18(1):25—29.
- [10] 鲍士旦.土壤农化分析(第三版)[M].北京:中国农业出版社,1999:133—134,141,237—239.
- [11] 赵晓进,李亚芳,买文选,等.硫磺改良盐渍土效果初探[J].干旱地区农业研究,2008,26(4):74—78.
- [12] Lu Jialong, Dong Linxiao, Zhang Yiping, et al. Effect of Phosphate on Zinc Transport in Lou Soil[J]. Pedosphere, 1998, 8(4):355—360.

## Research on effect of sulfur application on saline-alkaline soil pH and availability of trace elements in Huanghe River irrigation district in Ningxia

CAO Ying-fei, ZHAO Yi, ZHAO Wen-tian, LU Jia-long\*

(College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** A field test method was carried out with single application of N, P and K fertilizer and gypsum as the comparison, in which different amount of sulfur was applied, and by measuring pH and available microelements to study the effects of sulfur on the improvement in saline-alkaline soil. The results indicate that application of 2 000 kg/hm<sup>2</sup> gypsum and three levels of sulfur treatment, which is S1(sulfur 1 000 kg/hm<sup>2</sup>), S2(sulfur 2 000 kg/hm<sup>2</sup>) and S3(sulfur 3 000 kg/hm<sup>2</sup>), could all effectively lower pH; Among them, the effect of 1 000 kg/hm<sup>2</sup> sulfur application(S1) is the best. Nitrogen and phosphorus with sulfur and gypsum application on the effectiveness of four kinds of trace elements have a certain impact. But, in addition to individual treatment on the effective state of iron and zinc could reach a significant level of influence, other treatment effects are not very obvious. Therefore, single application of fertilizer, chemical fertilizer application together with sulfur, as well as chemical fertilizer application together with gypsum can improve within a certain range the alkaline soil and reduce soil pH.

**Keywords:** saline-alkaline soil; sulfur; improvement; trace element; pH