

硫磺改良盐碱土的微生物效应研究

白亚妮, 来航线, 温小玲, 李新平

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】 **【目的】**探讨硫磺对盐碱土的改良效果。**【方法】**以不施肥(CK₀)、施 N、P(CK₁)、施石膏(CK₂)为对照,在施入 N、P 的基础上,分别施入 75, 150, 225 kg/hm² 硫磺,通过盆栽试验和大田试验,研究硫磺对宁夏平罗和陕西渭南地区盐碱地土壤微生物种类和含量及 pH 值和 EC 值的影响。**【结果】**盐碱土施入硫磺后微生物活性显著提高,微生物含量和种类均明显增加,pH 值降低,EC 值增加。硫磺对宁夏平罗碱性较大盐碱土各项指标的改善幅度均大于陕西渭南地区碱性较小而含盐量较高的土壤。**【结论】**硫磺对盐碱土具有明显的改良作用,且对碱性较大的盐碱土的改良效果尤佳。

【关键词】 硫磺;盐碱土;微生物区系;pH 值;EC 值

【中图分类号】 X172

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)02-0153-05

Study on microflora in the remediation of saline-alkali soil by addition of Sulfur

BAI Ya-ni, LAI Hang-xian, WEN Xiao-ling, LI Xin-ping

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

Abstract: **【Objective】** The study was done to study the effect of adding sulfur on amendment of the saline-alkali soil in Pingluo, Ningxia province and Weinan in Shaanxi province. **【Method】** We studied the changing rules of microflora, the soil pH value and EC value both in pot experiment or field experiment. The control treatments were original soil (CK₀), adding NP fertilizer (CK₁) and adding CaSO₄ · 2H₂O (CK₂). The treatment was on the basis of NP fertilizer, adding 75, 150, 225 kg/hm² sulfur respectively. **【Result】** When sulfur was added to the saline-alkali soil, the activity of microorganism was enhanced significantly, both quality and variety of the microorganism increased, the pH values decreased in soil, and the EC value increased. It showed that the effect of the sulfur on the alkaline soil in Ningxia Pingluo is better than that on the saline soil in Weinan Shaanxi. **【Conclusion】** After adding sulfur to the soil, the remediation effect is significant in a positive way, especially in alkaline soil.

Key words: sulfur; saline-alkali soil; microflora; pH value; EC value

当前,全球盐碱地面积已达 9.5 亿 hm²^[1],而且还在以每年 100~150 万 hm² 的速度增长^[2]。由于盐碱土是低产土壤,其已成为农业生产中建设高产稳产田的障碍。我国的盐碱土约占耕地面积的 6.2%^[3],绝大部分盐碱土分布在干旱、半干旱地

区^[4],例如西北地区的宁夏回族自治区,水分蒸发以后,盐分在土壤表层积累,盐离子达到一定浓度时,就会发生土壤盐碱化^[5]。另外,如果长期使用盐离子含量过高的水灌溉,也会使盐离子在土壤中过量积累,发生盐碱化^[6]。了解盐碱地的资源现状、成因

* [收稿日期] 2009-06-15

[基金项目] 日本 COMSO 石油株式会社与西北农林科技大学合作项目“中国黄土高原土壤改良”

[作者简介] 白亚妮(1983—),女,陕西铜川人,在读硕士,主要从事环境微生物资源利用和微生物生态研究。

[通信作者] 来航线(1964—),男,陕西礼泉人,副教授,硕士生导师,主要从事微生物资源利用和微生物生态研究。

E-mail: laihangxian@163.com

和特征,并进行改良,对于当前农业生产的发展具有十分重要的意义。

目前,人工改良盐碱土通常采用的方法有物理法(修筑条田洗盐碱)、化学法(施用化学改良剂等)、生物法(保护植被或引入耐盐碱植物)^[7-8]等。在化学改良剂研究中,以石膏、硫酸铝^[9-10]等报道较多,而有关硫磺改良盐碱土的报道较少^[11]。近年来,随着人们对硫元素在作物种植中重要性认识的增强,土壤缺硫的研究报道逐渐增多^[12],硫已被普遍认为是植物生长发育所需要的四大营养元素之一,仅次于氮、磷、钾。本研究以硫磺为改良剂,对硫磺改良盐碱土壤的微生物数量、pH 和电导率(EC)值变化进行分析,以期探明硫磺在改良盐碱土中的效果,为硫磺在盐碱土改良中的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

硫磺(S),含量为 98%,由江西恒兴源化工有限公司生产;石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$),达国家一级标准,含量为 96%,山东泰山鹏程石膏制品有限公司产品。种植作物:玉米品种为沈单 16 号,棉花品种为陕 4080,小麦品种为永宁 4 号,均购自西北农林科技大学种子公司。

1.2 培养基^[13]

(1)牛肉膏蛋白胨培养基(细菌培养用):牛肉膏 3.0 g、蛋白胨 10.0 g、食盐 5.0 g、琼脂 18~20 g、水 1 000 mL,调 pH 8.5 以上,121 ℃灭菌 30 min。

(2)高氏一号培养基(放线菌培养用):可溶性淀粉 20.0 g、 KNO_3 1.0 g、 K_2HPO_4 0.5 g、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 g、NaCl 0.5 g、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.01 g、琼脂 18~20 g、水 1 000 mL,调 pH 8.5 以上,121 ℃灭菌 30 min。

(3)PDA 固体培养基(真菌培养用):土豆 200 g、蔗糖 20 g、琼脂 18~20 g、乳酸 3 mL、水 1 000 mL,121 ℃灭菌 30 min。

1.3 方 法

1.3.1 大田试验 (1)宁夏平罗地区。试验于 2006-07-25—10-07 在宁夏平罗地区进行,供试作物为玉米,窝播(每窝 2 粒种子),株距 30 cm,行距 50 cm,小区面积 30 m²。肥料与改良剂混合,于播前采用条施的方式施入 0~20 cm 表层土壤。试验处理见表 1,每处理 3 次重复,随机区组排列,由田地的所有者管理。

(2)陕西渭南地区。试验于 2006-04-01—07-02

在陕西渭南地区进行,供试作物为棉花。试验处理见表 1,无 CK₀ 处理,处理重复数、小区面积和分布及田间管理均同宁夏地区。

1.3.2 盆栽试验 试验于 2007-04-10—06-09 在陕西杨凌进行,土样分别采自宁夏平罗地区和陕西渭南地区大田试验地,供试作物为小麦。试验所设处理见表 1,肥料及含硫试剂与原土混合装入盆中,每盆装 5 kg,每处理 3 次重复,置于水培室中,恒温 18~25 ℃、24 h 光照,由试验者管理。

表 1 田间试验设计

Table 1 Field experimental design

编号 Number	处理 Treatment
CK ₀	不施肥 Original soil
CK ₁	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 2 235 kg/hm ² , 12% P_2O_5 20 kg/hm ²
CK ₂	CK ₁ +石膏 150 kg/hm ² CK ₁ + $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 150 kg/hm ²
S ₇₅	CK ₁ +硫磺 75 kg/hm ² CK ₁ +sulfur 75 kg/hm ²
S ₁₅₀	CK ₁ +硫磺 150 kg/hm ² CK ₁ +sulfur 150 kg/hm ²
S ₂₂₅	CK ₁ +硫磺 225 kg/hm ² CK ₁ +sulfur 225 kg/hm ²

1.4 测定项目及方法

1.4.1 土样的采集 大田试验于作物盛花期分别采集试验小区 0~20, 20~40 cm 土壤混合样;盆栽试验土样在作物生长旺盛的拔节期采集。将采集的土样分为 2 份,一份鲜样用于微生物区系测定,另一份风干用于土壤 pH 值和 EC 值的测定。

1.4.2 微生物区系的测定 采用稀释平板分离法测定,28 ℃培养 3~7 d,记录微生物的种类和含量。

1.4.3 pH 值及 EC 值的测定^[14] 用蒸馏水浸提, V(水, mL) : m(土, g) = 5 : 1, pH 值用 DELTA-320 pH 计测定, EC 值用 DDS-307 电导仪测定。

2 结果与分析

2.1 硫磺对田间试验土壤微生物区系、pH 和 EC 值的影响

2.1.1 宁夏平罗地区田间试验 从表 2 可以看出,田间试验土壤中 CK₀ 与 CK₁ 的微生物含量及种类基本处于同一水平,CK₁ 略高;土壤中施入石膏(CK₂)后,其细菌和放线菌含量高于 CK₀ 与 CK₁,证明盐碱土中施入适量石膏,有利于增加土壤微生物活性。在施入硫磺的 3 个处理中,细菌含量较 CK₀ 增长了 2 倍以上,有的甚至达到了 5 倍之多,细菌的种类也相应有所增加,尤以 150 kg/hm² 硫磺处理作用最为明显;真菌含量及种类的变化规律与细菌相同,但其含量及种类的增加以 225 kg/hm² 硫磺处理最高;放线菌的含量及种类较对照也有所增加,但随

着硫磺施用量的增大,放线菌的含量和种类逐渐减少,种类和含量最多的是 75 kg/hm² 硫磺处理。从微生物含量和种类总的变化趋势可以看出,150 kg/hm² 硫磺处理效果较好,表明此处理硫磺用量可有效地增强土壤中微生物的活性。

从表 2 还可以看出,施用硫磺可降低土壤的 pH,其中以 75 kg/hm² 处理对土壤 pH 值的降低效

果最明显,随着硫磺用量的增加,土壤 pH 值反而呈逐渐升高的趋势,但仍低于 CK₀ 和 CK₁。土壤 EC 值的变化规律与 pH 值正好相反,即施用硫磺可增加土壤 EC 值,而随着硫磺用量的提高,EC 值呈逐渐降低趋势,但即使是硫磺用量最高(225 kg/hm²) 的处理,其土壤 EC 值仍然高于 CK₀ 和 CK₁。

表 2 施用硫磺对宁夏平罗田间土壤中细菌、真菌、放线菌含量及土壤 pH 值和 EC 值的影响

Table 2 Effect of sulfur on the amount of microbes,soil pH and EC value in field experiment in Pingluo Ningxia

处理 Treatment	细菌 Bacteria		真菌 Fungi		放线菌 Actinomycete		pH	EC/ ($\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$)
	含量/ ($\times 10^7\cdot\text{g}^{-1}$)	种类数 Type	含量/ ($\times 10^3\cdot\text{g}^{-1}$)	种类数 Type	含量/ ($\times 10^5\cdot\text{g}^{-1}$)	种类数 Type		
	Amount		Amount		Amount			
CK ₀	0.75	7	0.23	1	1.58	7	8.88	250
CK ₁	0.96	8	0.23	2	1.62	9	8.79	350
CK ₂	1.30	6	0.22	2	1.76	8	8.64	700
S ₇₅	1.97	10	0.45	5	4.75	10	8.02	660
S ₁₅₀	4.02	13	1.96	5	3.11	11	8.06	510
S ₂₂₅	2.13	16	3.62	6	1.82	10	8.07	500

2.1.2 陕西渭南地区田间试验 从表 3 可以看出,CK₁ 与 CK₂ 土壤中细菌的含量及种类差异不大。在施入硫磺的 3 个处理中,随着硫磺施用量的增大,细菌种类增加较为明显,但含量变化不大;真菌的含量和种类增加明显,这是因为向土壤中施入硫磺降低了土壤的 pH,而真菌生长的最适条件是偏酸性环境,因而硫磺的施入对真菌的影响比较大;放线菌

含量变化不大,种类略有增加。

从表 3 还可以看出,施用硫磺可降低土壤 pH 值,而且较低的硫磺用量(75 kg/hm²)对土壤 pH 值的降低效果更为明显;石膏的施用对降低土壤 pH 值效果不明显。施用硫磺可增加土壤 EC 值;随着硫磺用量的提高,EC 值逐渐降低。

表 3 施用硫磺对陕西渭南田间土壤中细菌、真菌、放线菌含量及土壤 pH 值和 EC 值的影响

Table 3 Effect of sulfur on the amount of microbes,soil pH and EC value in field experiment in Weinan Shaanxi

处理 Treatment	细菌 Bacteria		真菌 Fungi		放线菌 Actinomycete		pH	EC/ ($\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$)
	含量/ ($\times 10^7\cdot\text{g}^{-1}$)	种类数 Type	含量/ ($\times 10^3\cdot\text{g}^{-1}$)	种类数 Type	含量/ ($\times 10^5\cdot\text{g}^{-1}$)	种类数 Type		
	Amount		Amount		Amount			
CK ₁	1.13	13	1.57	6	1.28	3	8.54	1 127
CK ₂	1.28	11	1.67	7	1.34	3	8.54	1 567
S ₇₅	1.65	26	2.79	14	1.26	3	7.83	1 237
S ₁₅₀	1.63	23	2.53	13	1.53	5	7.94	1 230
S ₂₂₅	1.73	28	2.26	15	1.26	5	8.02	1 220

2.2 硫磺对盆栽试验土壤中微生物区系、pH 和 EC 值的影响

2.2.1 宁夏平罗地区盆栽试验 从表 4 可以看出,在宁夏平罗地区土壤的盆栽试验中,3 大类微生物

含量及种类的变化规律与田间试验大致相同,其中施石膏和硫磺处理放线菌含量及 EC 值明显增加,pH 值明显降低。

表 4 施用硫磺对宁夏平罗地区盆栽试验土壤中细菌、真菌、放线菌含量及土壤 pH 值和 EC 值的影响

Table 4 Effect of sulfur on the amount of microbes,soil pH and EC value in pot experiment in Pingluo Ningxia

处理 Treatment	细菌 Bacteria		真菌 Fungi		放线菌 Actinomycete		pH	EC/ ($\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$)
	含量/ ($\times 10^7\cdot\text{g}^{-1}$)	种类数 Type	含量/ ($\times 10^3\cdot\text{g}^{-1}$)	种类数 Type	含量/ ($\times 10^5\cdot\text{g}^{-1}$)	种类数 Type		
	Amount		Amount		Amount			
CK ₀	1.85	12	0.23	2	3.25	6	8.80	370
CK ₁	1.95	11	0.26	2	3.71	5	8.44	610
CK ₂	1.56	13	0.23	2	5.98	9	8.29	1 680
S ₇₅	2.13	23	0.46	2	6.19	7	7.79	1 510
S ₁₅₀	2.26	20	0.68	3	6.98	9	7.85	990
S ₂₂₅	2.48	22	0.91	3	7.89	9	7.74	1 380

2.2.2 陕西渭南地区盆栽试验 从表 5 可以看出,陕西渭南地区土壤盆栽试验的微生物含量和种类的变化规律与田间试验基本相同,随着硫磺的施用,微生物的种类和含量都有相应增加,说明硫磺的施入增加了土壤中微生物的活性。与对照相比,硫磺与

石膏的施用均在不同程度上降低了土壤的 pH 值,且硫磺的效果要好于石膏;随着硫磺用量的增加,土壤 pH 值呈下降趋势,EC 值的变化不明显。盆栽试验结果进一步验证了硫磺在盐碱土改良过程中的作用。

表 5 施用硫磺对陕西渭南地区盆栽试验土壤中细菌、真菌、放线菌含量及土壤 pH 值和 EC 值的影响

Table 5 Effect of sulfur on the amount of microbes,soil pH and EC value in pot experiment in Weinan Shaanxi

处理 Treatment	细菌 Bacteria		真菌 Fungi		放线菌 Actinomycete		pH	EC/ ($\mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$)
	含量/ ($\times 10^7 \cdot \text{g}^{-1}$)	种类数 Type	含量/ ($\times 10^3 \cdot \text{g}^{-1}$)	种类数 Type	含量/ ($\times 10^5 \cdot \text{g}^{-1}$)	种类数 Type		
	Amount		Amount		Amount			
CK ₀	0.18	3	1.06	5	1.16	4	8.44	1 820
CK ₁	0.20	6	1.26	6	1.33	5	8.36	1 920
CK ₂	0.19	6	1.23	4	0.82	3	8.26	2 070
S ₇₅	0.25	3	2.02	8	1.84	7	7.93	1 920
S ₁₅₀	0.16	9	2.82	10	2.48	6	7.88	1 880
S ₂₂₅	0.39	10	2.41	9	2.76	8	7.78	1 970

3 讨 论

微生物活性是土壤的一个重要指标,本研究结果表明,土壤中施入石膏后,其微生物含量高于对照,证明盐碱土中施入适量石膏有利于增加土壤的微生物活性,但效果明显次于硫磺处理。由此可见,相对于传统的土壤改良剂石膏而言,硫磺在提高土壤质量、生产力方面作用更好。

本研究结果显示,石膏处理土壤 pH 值降低效果并不明显,其原因是石膏为强酸弱碱盐,也不能利用其他微生物所产生的酸,因此对盐碱土改良作用不大。硫酸铝改良剂效果不佳的原因也是如此。经过比较可见,传统的盐碱土改良剂,如石膏只适用于 pH 较高的碱性土壤,而硫磺改良适用的碱土 pH 值范围更广。

本研究从实践上证明了硫磺改良盐碱土的可行性。与空白对照和石膏对照相比,施用硫磺不同程度地降低了土壤的 pH 值,增加了 EC 值,这与 Wang 等^[15]向每 kg 土中加入 20 g 硫磺,64 d 之内土壤 pH 降低了 3 个单位的研究结果一致。但是本试验在盐碱土中进行,pH 降幅并没有达到 3 个单位,这可能与土壤含盐量有关。微生物的生长受到盐的抑制,因而产酸量减少。

横向比较本研究 2 组大田试验结果可知,在宁夏平罗碱性较高的土壤中施用硫磺效果较好,其 pH 降低了 0.8~0.9 个单位,但在陕西渭南稍偏碱性而含盐量较大的土壤中,pH 仅降低了 0.5~0.6 个单位。

综上所述,硫磺在盐碱土改良中具有良好的效果,特别是针对宁夏平罗地区的碱性土壤。

[参考文献]

[1] Malcdm E, Sumner R N. Sodic soils-distribution, properties, management, and environmental consequences [M]. New York:Oxford University Press,1998.

[2] Kovda V A. Loss of productive land due to salinazation [J]. Am Bio,1983,XⅡ (2):91-93.

[3] 陈耀邦. 中国土壤 [M]. 北京:中国农业出版社,1995.
Chen Y B. Chinese soil [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press,1995. (in Chinese)

[4] 刘小京,刘孟雨. 盐生植物利用与区域农业可持续发展 [M]. 北京:气象出版社,2002:221-225.
Liu X J, Liu M Y. Halophyte utilization and regional sustainable development of agriculture [M]. Beijing: China Meteorological Press,2002:221-225. (in Chinese)

[5] Doran, John C, Turnbull J W. Australian trees and shrubs: species for land rehabilitation and farm planting in the tropics [M]. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research,1997.

[6] 张建锋. 流苏和香椿种子在盐分胁迫下的发芽研究 [J]. 北京林业大学学报,2003,25(4):88-90.
Zhang J F. Seed germination of *Chionanthus retusa* and *Cedrela sinensis* under salinity stress [J]. Journal of Beijing Forest University,2003,25(4):88-90. (in Chinese)

[7] 宋 轩,杜丽平,张成才. 有机物料改良盐碱土的效果研究 [J]. 河南农业科学,2004(8):57-60.
Song X, Du L P, Zhang C C. Studies on amelioration effect of salinization soil with the organic matter [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences,2004(8):57-60. (in Chinese)

[8] 蔡阿兴,蒋其鳌,常运诚,等. 沼气肥改良碱土及其增产效果研究 [J]. 土壤通报,1999,30(1):4-6.
Cai A X, Jiang Q A, Chang Y C, et al. The remedy of alkaline soil by biogas waste fertilizer and the effect of biogas waste fertilizer on increasing the yield [J]. Chinese Journal of Soil Science,1999,30(1):4-6. (in Chinese)

[9] 高玉山,朱知运,毕亚莉. 石膏改良苏打盐碱土田间定位试验研

究 [J]. 吉林农业科学,2003,28(6):26-31.

Gao Y S,Zhu Z Y,Bi Y L. Researches on application of gypsum for the improvement of soda saline and alkaline soil [J]. Jilin Agricultural Sciences,2003,28(6):26-31. (in Chinese)

[10] 王 宇,韩 兴,赵兰坡,等. 硫酸铝对苏打盐碱土的改良作用研究 [J]. 水土保持学报,2006,20(4):50-53.

Wang Y,Han X,Zhao L P,et al. Study on function of aluminum sulfate on soda alkali-saline soil improvement [J]. Journal of Soil and Water Conservation,2006,20(4):50-53. (in Chinese)

[11] 杨全刚,邢尚军,马海水,等. 硫对盐土扦插杨树成活率及耐盐性生理指标的影响 [J]. 山东林业科技,2004(1):3-4.

Yang Q G,Xing S J,Ma H S,et al. The effect of sulfur on the survival rate of cutting popular tree on saline soil and the physiological index of salt tolerance [J]. Journal of Shandong Forestry Science and Technology,2004(1):3-4. (in Chinese)

[12] 李贵宝. 硫肥的增产效应及其在河南省的应用前景 [J]. 河南农业科学,1997(3):21-23.

Li G B. Prospect of sulphur fertilization in Henan Province [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences,1997(3):21-23. (in Chinese)

[13] 程丽娟,薛泉宏,来航线,等. 微生物学试验技术 [M]. 北京:世界图书出版公司,1988.

Cheng L J,Xue Q H,Lai H X,et al. Experimental techniques of microbiology [M]. Beijing:World Publishing Corporation,1988. (in Chinese)

[14] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京:中国农业出版社,2005.

Bao S D. Soil and agricultural chemistry analysis methods [M]. Beijing:Chinese Agricultural Press,2005. (in Chinese)

[15] Wang Y P,Li Q B,Wang H,et al. Effect of sulphur on soil Cu/Zn availability and microbial community composition [J]. Journal of Hazardous Materials,2008,159:385-389.

(上接第 152 页)

[11] 尚忠林,马力耕. 异三聚体 G 蛋白参与调节花粉细胞内钙离子浓度 [J]. 自然科学进展,2003,13(7):746-749.

Shang Z L,Ma L G. The heterotrimeric G protein regulate the concentration of Ca^{2+} inside the pole cell [J]. Progress in Natural Science,2003,13(7):746-749. (in Chinese)

[12] 尚忠林,李建华,李 冰. 钙通道抑制剂对川百合花粉萌发的影响 [J]. 河北师范大学学报:自然科学版,2004,28(5):510-513.

Shang Z L,Li J H,Li B. The effect of calcium channel blockers on pollen germination of *lilium daviddi* [J]. Journal of Hebei Normal Univesity:Natural Science Edition,2004,28(5):510-513. (in Chinese)

[13] Cousson A,Vavsseur A. Putative involvement of cytosolic Ca^{2+} and GTP-binding proteins in cyclic-GMP-mediated induction of stomatal opening by auxin in *Commelina communis* L [J]. Planta,1998,206.308-314.

[14] Gelli A,Higgins V J,Blumwarld E. Activation of plant plasma membrane Ca^{2+} -perneable channels by race-specific fungal elicitors [J]. Plant Physiol,1997,113:269-279.

[15] Aharon G S,Snedden W A,Blumwald E. Activation of a plant plasma membrane Ca^{2+} channel by $\text{TG}\alpha 1$, a heterotrimeric G protein α -subunit homologue [J]. FEBS Lett,1998,424:17-21.