

银北地区硫磺改良盐碱土初探

刘 刚¹, 李新平¹, 张永宏², 吕家珑¹, 魏迎春¹

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 宁夏农科院土肥所, 宁夏 银川 750001)

摘 要: 采用盆栽试验方法, 以石膏为对照, 探讨硫磺对宁夏平罗盐碱土的改良效果。结果表明: 施用硫磺能有效降低土壤 pH 值, 增大 EC 值; 土壤中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 SO_4^{2-} 含量增加明显, 交换性 Na^+ 有一定程度的降低; 玉米生物量增加, 其中低硫用量效果最为明显, 增加了 18.4%。

关键词: 硫磺; 宁夏; 盐碱土; 改良

中图分类号: S156.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)04-0079-04

宁夏银北地区地处银川平原北端, 由黄河冲积平原和贺兰山东麓洪积扇组成。位于宁夏引黄灌区下游, 水资源相对缺乏, 加之地势平缓, 排水条件差, 地下水位较高, 造成面积较大的盐碱荒地。银北灌区净耕地面积仅 15 万公顷, 但还有 15 万多公顷宜垦荒地(主要是盐碱荒地)^[1], 对其进行改良利用, 对于改善当地环境, 提高粮食安全有重要意义。

关于盐碱土的治理, 中外学者已经进行了广泛的研究。人工改良盐碱土通常采用物理法(修筑条田洗盐碱)、化学法(施用石膏等)、生物法(保护植被或引入耐盐碱植物), 其中化学法主要以施用有机物料及施用改良剂等^[2,3]。改良剂以石膏、硫酸铝^[4~6]等报道较多, 但是对硫磺改良的报道较少^[7]。

硫被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。近年来, 对于土壤缺硫的

报道较多^[8,9]。施用硫肥, 对作物产量和品质均能有很大的提高^[10,11]。本研究通过盆栽试验, 探讨了硫磺对于盐碱土 pH、EC、盐分离子、交换性钠离子和玉米生长的影响, 以期对盐碱土改良开辟一条新的途径。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 采样土壤剖面的基本理化性质 土样于 2006 年 7 月 25 日采自宁夏回族自治区石嘴山市平罗县姚伏镇大兴墩村, 所选地块以前种植臭椿树, 改种粮食作物有 2~3 a, 前茬为春小麦, 采样时休闲。分别以 0~5 cm, 5~25 cm, 25~46 cm, 46~58 cm, 58~75 cm 分层取剖面样, 同时取 0~20 cm 土样, 带回实验室, 风干, 过筛, 测定土壤理化性质, 进行盆栽试验。测定结果见表 1。

表 1 土壤剖面的基本理化性质
Table 1 Physical and chemical properties of soil profile

深度(cm) Depth	pH	CEC (cmol/kg)	ESP (%)	含盐量(g/kg) Salt content	机械组成(g/kg) Mechanical components		
					0.2~0.02 mm	0.02~0.002 mm	≤0.002 mm
0~5	8.74	5.23	9.56	0.72	550	178	272
5~25	9.17	7.93	11.0	0.62	325	311	364
25~46	9.63	7.15	8.11	0.69	186	416	398
46~58	9.78	7.54	55.4	0.89	213	304	483
58~75	9.52	7.67	54.5	1.05	373	306	321

从表 1 测定数据来看, 该土壤剖面 25~58 cm 的 pH($\text{pH} \geq 9.0$)、钠离子饱和度($\text{ESP} \geq 30\%$)、 $\leq 0.002 \text{ mm}$ 粘粒含量(该层较表层的相对增量 $\geq 4\%$)均达到了碱积层的条件, 结合野外剖面形态观

察和土壤水分状况等特性(58~75 cm 有锈纹锈斑), 确定该土壤为“潮湿碱积盐成土”。

1.1.2 供试土壤的基本性质 对 0~20 cm 土层的混合农化样分析得知, 供试土壤有机碳(C)为 8.43

g/kg,全氮(N)为 0.81 g/kg,碱解氮(N)为 55.13 mg/kg;全磷(P)为 0.73 g/kg,速效磷(P)为 10.82 mg/kg;全钾(K)为 23.32 g/kg,速效钾(K)为 110.94 mg/kg,EC 值为 0.22 $\mu\text{S}/\text{cm}$,pH 值为8.96。

1.1.3 试验改良剂 试验所用硫磺为 98%工业硫磺,石膏为含量 96%的工业石膏。

1.2 试验设计

将取来的土样自然风干,用 5 mm 筛网过筛,进行盆栽试验。试验地点选在西北农林科技大学资环学院南校区温室内进行。

2006 年 8 月 6 日开始盆栽试验。试验玉米品种为陕单 308,每盆播种 5 颗,待出苗后间苗,保留 3 株。试盆为深色花盆,每盆装土 6 kg(为测定硫磺、石膏对土壤 EC 值影响,试盆底部未留孔),根据田间持水量定期浇水。试验设 5 个处理,3 个重复,方案如表 2 所示。

表 2 试验方案
Table 2 Experimental design

处理编号 Treatments No.	处理 Treatments	注 Note
1	施 N、P 肥 Applying N and P	CK1
2	施 N、P 肥+硫磺用量 1 Applying N and P + amount 1 of sulfur	S1
3	施 N、P 肥+硫磺用量 2 Applying N and P + amount 2 of sulfur	S2
4	施 N、P 肥+硫磺用量 3 Applying N and P + amount 3 of sulfur	S3
5	施 N、P 肥+石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) Applying N and P + $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	CK2

其中,纯 N 施用量为 0.25 g/kg,纯 P 施用量为 0.20 g/kg,硫磺用量 1 为 1.5 g/kg,硫磺用量 2 为 3.0 g/kg,硫磺用量 3 为 4.5 g/kg,石膏用量为 3.0 g/kg,氮肥和磷肥分别采用尿素和磷酸二氢钾(KH_2PO_4)。

从 2006 年 8 月 6 日播种开始,至 2006 年 10 月 11 日结束试验时共培养 66 d。

1.3 样品采集和分析

2006 年 9 月 6 日(t1)、2006 年 10 月 11 日(t2)采集土样,测定 pH 值和 EC 值。2006 年 10 月 11 日收获,用剪刀将玉米植株沿基部剪下,将所得到的植物样品烘干,称取干重(先在 90℃下杀青 30 min,再在 60℃下烘干 24 h)。同时采集土壤样品,磨细,过筛备用。

土壤 pH 及电导率(EC)值分别采用 pH 计(DELTA-320)和电导仪(DDS307)测定

土壤中 8 种离子的测定:土壤样品经蒸馏水浸提后(水土比 5:1), K^+ 、 Na^+ 用火焰光度计法测定; Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 测定用 EDTA 滴定法; CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 用双指示剂—中和滴定法测定; Cl^- 用硝酸银滴定法测定; SO_4^{2-} 用 EDTA 滴定法测定。

阳离子交换量(CEC)用乙酸钠法,交换性 Na^+ 的测定采用 $\text{NH}_4\text{OAc}-\text{NH}_4\text{OH}$ 火焰光度法^[12]。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤 pH 值和 EC 值的影响

土壤 pH 值是判断土壤碱化的最重要指标之一,pH 值可直接影响土壤养分的存在、转化和有效性,对植物的生长具有直接的影响。通过图 1 可以明显看出,施用硫磺、石膏均能有效降低土壤的 pH 值。S1、S2、S3 和石膏处理的 pH 分别降低了 0.77、0.76、0.82、1.06。电导率(EC 值)能够反映土壤的盐分状况。试验结果表明(图 2),施用硫磺、石膏均增加了土壤的 EC 值。

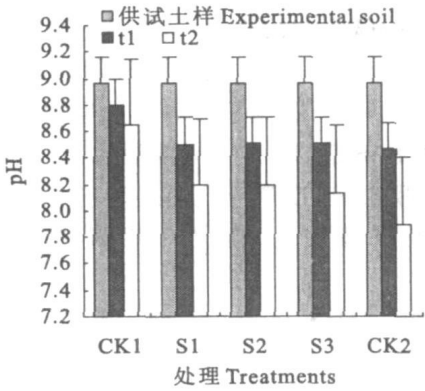


图 1 土壤 pH 值的变化
Fig.1 Changes of soil pH

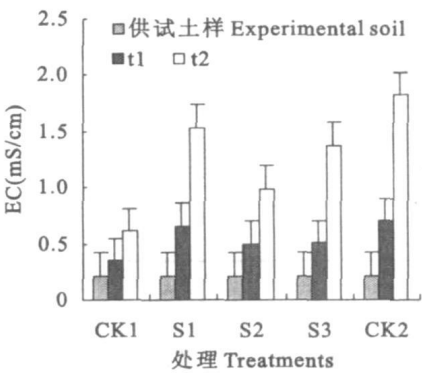


图 2 土壤 EC 值的变化
Fig.2 Changes of soil EC

其中,施用石膏(CK2)的土壤 EC 值变化最为明显,增加了 1.46 mS/m;硫磺处理随用量增大,分别增加了 1.29 0.77、1.16 mS/m。石膏处理降低土

壤 pH 和增加 EC 值的效果最为明显,可能是因为石膏的易溶性,施用石膏土壤直接增大了土壤 EC 值。而硫磺则需要在微生物作用氧化成 SO_4^{2-} 再起作用,受气候、水分等因素限制,从而起效较慢。

硫磺处理中,随着硫磺用量的增加,虽然 pH 值不断降低,但是通过方差分析,效果并不显著(2006 年 9 月 6 日采样测定 pH 值亦表现相同的现象),可能与试验过程较短,天气转冷,微生物活动受到抑制而影响了硫磺的转化有关。

2.2 不同处理对土壤阳离子交换量和交换性 Na^+ 的影响

阳离子交换量(CEC)通常作为评价土壤肥力的重要指标。由表 3 可以看出,对比 CK1,CEC 变化幅度不是很大,施硫处理和 CK2 土壤 CEC 分别增大 0.42、0.38、0.16 和 -0.05 cmol/kg。其中的交换性 Na^+ 则分别降低了 0.03、0.13、0.20、0.15 cmol/kg,相应的碱化度(ESP)降低了 0.66%、1.76%、2.54%和 1.82%。原因在于,CEC 的高低主要取决于粘粒的多少和胶体的类型,在短的时间内对这些都没有太大的影响。对于交换性 Na^+ 的变化,一方面石膏(硫酸钙)中的 Ca^{2+} 可以置换土壤胶体所吸附的交换性 Na^+ ;另一方面,S 则转化为 SO_4^{2-} ,土壤 pH 值降低,土壤中难溶解的碳酸钙开始溶解并置换交换性 Na^+ 。随着硫磺施用量的增加置

换量亦不断增加,交换性 Na^+ 最大降低 43.6%(S3)。与同用量石膏相比,硫磺表现出更明显的效果。

表 3 阳离子交换量和交换性 Na^+ 的变化
Table 3 Trend of cation exchange capacity and exchangeable Na^+

处理 Treatments	CEC (cmol/kg)	交换性 Na^+ Exchangeable Na^+ (cmol/kg)	ESP (%)
CK1	8.11	0.51	6.28
S1	8.53	0.48	5.62
S2	8.49	0.38	4.52
S3	8.27	0.31	3.74
CK2	8.06	0.36	4.46

2.3 不同处理对土壤离子的影响

通过表 4 可以看出,与试验前相比,1/2 SO_4^{2-} 增加了 0.354、2.521、4.624、4.25 和 1.458 cmol/kg。相对于 CK1,土壤中 1/2 SO_4^{2-} 分别增加了 288.9%、569.3%、519.5%和 147.2%,说明硫磺开始氧化为 SO_4^{2-} ,但并不随着硫磺用量的增加而增加。 HCO_3^- 和 Cl^- 变化不明显。阳离子中 1/2 Ca^{2+} + 1/2 Mg^{2+} 则增加了 2.875、5.525、6.486 和 1.826 cmol/kg,并随着硫磺用量的增加而增加。 Na^+ 有一定增加,其含量分别达到 0.928、0.957、0.986 和 1.00 cmol/kg,说明了土壤中大量交换性 Na^+ 为 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 所交换。

表 4 土壤离子的变化
Table 4 Trend of soil ions

处理 Treatments	HCO_3^- (cmol/kg)	Cl^- (cmol/kg)	1/2 SO_4^{2-} (cmol/kg)	K^+ (cmol/kg)	Na^+ (cmol/kg)	1/2 Ca^{2+} (cmol/kg)	1/2 Mg^{2+} (cmol/kg)
CK1	0.410	0.197	0.75	0.179	0.913	0.42	0.844
S1	0.377	0.169	2.917	0.282	0.928	1.75	2.369
S2	0.361	0.141	5.020	0.308	0.957	2.90	3.869
S3	0.410	0.169	4.646	0.333	0.986	4.50	3.230
CK2	0.443	0.254	1.854	0.308	1.00	1.05	2.020

2.4 不同处理对玉米生长量的影响

与 CK1 对比,施硫处理和 CK2 玉米生物量分别增加 1.00、0.59、0.66 和 0.06 g。其中处理 S1 效果最为明显,增幅达到了 18.4%。这与硫磺在土壤中转化的速率可能有很大关系。联系土壤 EC 值、CEC、1/2 SO_4^{2-} 、 Na^+ 和 1/2 Ca^{2+} + 1/2 Mg^{2+} 的变化,随着时间的延长,S2 和 S3 处理可能会表现出更好的效果。

3 结论与讨论

本试验研究结果表明,施用硫磺能有效降低土

壤 pH 值,有利于各种营养元素的释放,有效降低了土壤的钠离子饱和度(ESP)。同时,硫作为植物生长必需元素,可以促进作物生长。虽然施用硫磺增大了土壤的 EC 值,但增幅不大,对作物生长没有太大的影响。与传统改良剂石膏相比,石膏对于降低土壤 pH 值效果更为明显,但对于活化离子,促进作物生长,硫磺的效果更好一些。

虽然不同用量硫磺均能对土壤起到有效的改良作用,但是对于土壤 pH 的降低没有表现出明显差异,而对于作物生长,低用量硫磺使用效果最为明显。分析可能是以下原因:一,由于盆栽试验时间过

短,高用量硫磺处理尚有大量硫磺没有转化为 SO_4^{2-} ,如果能继续观测,可能会有更好的效果;二,硫磺在土壤中的氧化反应过程复杂,影响因素较多;三,由于盐碱土施用硫磺的研究较少,对于硫磺的合理用量不能确定, S_2 、 S_3 的用量有过大的可能。

总之,施用硫磺改良盐碱土有较好的效果。对于硫磺长效作用以及合理用量的确定尚待进一步的探索、研究。

参 考 文 献:

[1] 张学军.宁夏银北地区种稻改良利用盐碱地的技术措施探讨[J].盐碱地利用,1994,4,11—12.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 任 坤,任树梅,杨培岭,等. CaSO_4 在改良碱化土壤过程中对

其理化性质的影响[J].灌溉排水学报,2006,25(4),77—80.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 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.

[9] 迟凤琴,魏 丹,申惠波,等.黑龙江省主要类型稻田土壤硫现状及硫肥效果的研究[J].土壤肥料,1999,(6),7—11.

[10] 孙克刚,王继印,杨稚娟,等.河南省耕地土壤硫素现状、硫肥增产效应及土壤硫素平衡概况[J].磷肥与复肥,2004,19(4),70—72.

[11] 张勤争,胡金书,竺陆春,等.硫肥对油菜的增产效应[J].中国油料,1995,17(3),66—68.

[12] 鲍士旦.土壤农化分析[M].第三版.北京:中国农业出版社,1999.

Primary study on function of sulfur on saline—alkali soil in Yinbei Area

LIU Gang¹, LI Xin-ping¹, ZHANG Yong-hong², LU Jia-long¹, WEI Ying-chun¹

(1. College of Resources and Environment, Northwestern A & F University, Yangling, Shannxi 712100; 2. Institute of Resources and Environment, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750001, China)

Abstract: Through the pot-culture method, with the gypsum as the comparison, we discussed the effect of applying sulfur on the alkali-saline soil in Pingluo, Ningxia Hui Autonomous Region. The results indicate that applying sulfur can effectively reduce the soil pH and enhance the soil EC. The exchangeable Ca^{2+} , Mg^{2+} and SO_4^{2-} content increase significantly, while the exchangeable Na^{+} reduces significantly. The application of sulfur can also promote the corn's growth.

Key words: sulfur; Ningxia; alkali—saline soil; improvement