

不同土壤改良剂对碱积盐成土改良效果研究

安 东¹, 李新平¹, 张永宏², 毛文娟¹, 朱慧娟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: 大田试验结合玉米室内模拟盆栽, 研究宁夏回族自治区石嘴山市平罗县姚伏镇大兴墩村的盐碱土在施用硫磺、石膏、有机肥、PAM等不同改良剂后, 土壤水分及相关性质的变化。结果表明:(1) 4种改良剂均有效降低了土壤容重, 土壤孔隙度随之增加, 土壤物理结构的改善与水分利用相互配合, 共同促进了盐碱土的改良;(2) 硫磺的最佳用量在 675~900 kg/hm² 之间;(3) 就4种改良剂综合而言, PAM表现出最佳效果。

关键词: 土壤改良剂; 盐碱土; 水分性质; 土壤结构

中图分类号: S156.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)05-0115-04

我国盐渍土资源面积约为 9.913×10^7 hm², 占国土面积的 3.26%^[1], 主要分布于新疆的准噶尔盆地、塔里木盆地, 甘肃的河西走廊, 青海的柴达木盆地, 宁夏的银川平原, 内蒙古的河套平原, 山西的汾渭河谷平原, 河北的海河平原以及东北的松嫩平原、东部和南部沿海低平原^[2]。随着土地日趋减少、人口的日益膨胀, 促使人们将注意力逐渐转移到大片分布的盐碱地上, 开发利用荒芜的盐碱地, 使之转变为可耕种的土地, 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, 提高人们的生活质量。

宁夏银北地区地处银川平原的北端, 是由黄河冲积平原和贺兰山东麓洪积扇组成。它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。根据中国土壤系统分类以及对试验田土壤剖面诊断特性的识别, 确定宁夏银北地区形成的盐成土属于碱积盐成土, 其主要特征是: 在土表至 75 cm 范围内有碱化层。银北灌区净耕地面积仅 14.67 万公顷, 耕地面积占灌区的一半, 但还有 15.33 万公顷宜垦荒地(主要是盐碱荒地)^[3]。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。

盐碱土改良常采用工程法(修筑条田洗盐碱)、生物法(种植水稻等耐盐碱植物脱盐)施用有机物料及施用改良剂等^[4,5]措施。其中, 改良剂则以石膏、硫酸铝^[6-8]等为主, 有研究表明施用硫磺能有效降低土壤 pH 值, 增大 EC 值; 土壤中 Ca²⁺, Mg²⁺ 含量增加明显^[9], 但在分析结果中往往以化学性质变化

和产量为主要指标, 缺乏从土壤水分和物理性状的研究和论证。本研究主要通过分析 4 类改良剂对宁夏盐碱土水分相关性质的影响, 以确定最佳的改良剂与施用剂量。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

由于该区地处中温带半干旱、干旱区, 降水稀少(平均年降水量 292 mm), 蒸发强烈(水面蒸发量 1 296 mm), 当地水资源总量为 11.7 亿 m³, 仅占全国水资源总量的 0.04%, 加之地势平缓, 排水条件差, 地下水位较高, 导致耕地盐碱化日趋严重^[10]。宁夏的银川以南地区分布的是斑状轻度盐化浅色草甸土, 以北地区分布的是斑状中、强度盐化草甸土和浅色草甸盐土, 在地势低洼地区盐土呈大面积分布。此次改良试验位于宁夏银北地区的石嘴山市平罗县。

1.2 试验材料

(1) 供试土壤。土样于 2008 年 3 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, 所选地块改种粮食作物有 2~3 a, 前茬为春小麦, 采样时休闲。成土母质为冲积物和洪积物, 南高北低坡度 8‰ 左右。植被稀疏, 伴有红柳、骆驼刺、黑刺等植被, 覆盖度小且不均匀。由于冬季降雪, 项目区大部分地下水位较高, 土壤水分条件较好, 在土壤表层产生一定的有机质积累; 同时地下水通过毛管水浸润土体, 在土体内发生氧化-还原反应, 在一定深度内形成锈纹、锈斑。分别以 0~20, 20~40, 40~

收稿日期: 2009-12-09

基金项目: 日本 Cosmo 石油株式会社资助项目

作者简介: 安 东(1982—), 男, 陕西咸阳人, 硕士研究生, 现从事土壤物理及改良研究。

通讯作者: 李新平(1961—), 男, 陕西武功人, 副教授, 主要从事土壤物理及生态研究工作。

60, 60~80, 80~100 cm 为层取剖面样, 同时取 0~20 cm 土样, 带回实验室, 风干混合均匀, 过 5 mm 筛, 测

定土壤理化性质, 进行盆栽试验。供试土壤基本性质见表 1。

表 1 供试土壤基本理化性状

Table 1 The basic physical and chemical properties of soil profile

项目 Item	pH	EC (S/m)	吸湿水含量 Water content (%)	CEC (cmol/kg)	有机质 Organic matter (g/kg)	速效氮 Available N (mg/kg)	速效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)
含量 Content	10.21	0.25	0.23	7.25	15.95	47.3	14.9	107.4

(2) 试验材料。试验所用硫磺为 98% 工业硫磺, 硫磺用量 1 为 7.5 g/kg, 硫磺用量 2~6 依次为每公斤 15.30 g, 22.96 g, 30.6 g, 38.26 g; 石膏为含量 96% 的工业石膏, 石膏用量为 3.5 g/kg; 有机肥为牛粪与鸡粪混合物, 有机肥用量为 6 g/kg; 特殊改良剂为 PAM(聚丙烯酰胺, Polyacrylamide, 简称 PAM), 用量为 0.02 g/kg。

(3) 供试肥料。用氮肥和磷肥作为底肥, 施氮量为 0.08 g N/kg 干土, P_2O_5 用量为 0.08 g/kg 干土。即每盆施氮 0.2 g, 折合成尿素(含 N46%)为 0.43 g, 五氧化二磷 0.2 g, 折合成磷酸二氢钾(含 P_2O_5 52.2%)为 0.38 g。

1.3 试验设计

试验自 2008 年 4 月底起, 持续 3 个月。将混合均匀, 过筛后的风干土样准确称取 5 kg 装盆, 播种后用烧杯每盆浇水 400 ml, 以后每次浇水均严格控制, 以减小水分参数的误差。试验玉米品种为陕单 308, 穴播每盆 6 粒, 待出苗后间苗, 保留 3 株。试验设 8 个处理, 3 次重复。试验方案见表 2。容重测量方法为环刀法, 萎蔫系数采用大麦生长法测定, 全部指标的测定时间都在玉米成熟收获后。

表 2 试验方案

Table 2 Experimental design

处理编号 NO.	内容 Treatment	注 Note
1	不施肥	CK
2	N、P 肥	T1
3	N、P 肥 + S 225 kg/hm ²	S1
4	N、P 肥 + S 450 kg/hm ²	S2
5	N、P 肥 + S 675 kg/hm ²	S3
6	N、P 肥 + S 900 kg/hm ²	S4
7	N、P 肥 + S 1125 kg/hm ²	S5
8	施 N、P 肥 + PAM	T2
9	施 N、P 肥 + 有机肥 Organic fertilizer 1(牛粪, 鸡粪混合物)	T3
10	施 N、P 肥 + 石膏	T4

2 结果与分析

2.1 不同改良剂对土壤容重的影响

土壤容重是指自然状态下单位容积土体的质量。通过表 3 可以看到, 就硫处理而言, 硫磺的施用对于改变盐碱土土壤的容重有一定的作用, S3 用量达到最佳的改良效果, 土壤容重降低到原土的 2.02%, 之后出现拐点; PAM 在一定程度上降低了土壤容重, 有机肥和石膏明显降低了土壤容重, 通过方差分析达到显著水平。但其改良原理略有不同, 有机质通过促进团聚体的形成, 从而降低了土壤容重, 而石膏施用后, 大量 Ca^{2+} 将土壤胶体复合体上吸附的交换性钠离子交换出来, 使高度分散的土壤颗粒很快形成微团聚体, 从而减低了土壤容重。

表 3 不同改良剂对土壤容重的影响

Table 3 Influences of different treatments on soil bulk density

处理编号 NO.	土壤容重(g/cm ³) Soil bulk density	与对照比较变化量 Compared with CK
CK	1.563a	
T1	1.569a	-0.39%
S1	1.563ab	0.06%
S2	1.555a	0.57%
S3	1.532ab	2.02%
S4	1.55ab	1.11%
S5	1.566a	-0.20%
T2	1.519ab	2.86%
T3	1.490bc	4.68%
T4	1.455bc	6.95%

注: 同列数据后字母相同者表示差异不显著($P > 0.05$), 字母不同者表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

Note: The same letter means insignificant difference($P > 0.05$), while different letters mean significant difference($P < 0.05$). The same as below.

2.2 不同改良剂对土壤田间持水量的影响

田间持水量的大小, 主要受质地、有机质含量、结构、松散状况的影响。由表 4 可以看出仅施肥对田间持水量基本无影响; 硫磺处理均不同程度提高了土壤含水量, 其中 S3 处理最为明显, 增幅达到 10.22%; T2 和 T4 处理增幅也很显著, 但是其改良

原理有差别,S3是由于土壤中 SO_4^{2-} 含量的增加,结合了土壤中碱性的 Na^+ ;T2处理是因为PAM增加了土壤水稳性团聚体含量^[11],尤其是增加大于0.25 mm的土壤团粒含量,另外PAM本身具有节水增产效应和较强的抗蒸保墒效果;T4处理是由于石膏有效的降低了土壤硬度^[12],利于植物根系的生长发育,从而水分利用效率变高。

表4 不同改良剂对土壤田间持水量的影响

Table 4 Influences of different treatments on field moisture capacity

处理编号 NO.	田间持水量(%) Field moisture capacity	与对照比较变化量 Compared with CK
CK	19.741d	
T1	19.686d	-0.28%
S1	20.365c	3.16%
S2	20.965b	6.20%
S3	21.758a	10.22%
S4	21.156b	7.17%
S5	20.985b	6.30%
T2	21.863a	10.75%
T3	21.635a	9.59%
T4	20.908b	5.91%

2.3 不同改良剂对土壤萎蔫系数的影响

萎蔫系数是指在土壤中生长的植物发生永久萎蔫时的土壤含水量。不同质地的土壤,不同植被覆盖都会影响萎蔫系数。一般把田间持水量视为土壤有效水的上限,把土壤萎蔫系数看作土壤有效水的下限,两者之间的差值即土壤有效水最大含量。由表5可以看出随着改良剂的施用,土壤萎蔫系数呈下降趋势,其中S5,T2,T4较为显著,S4最为显著,与对照相比降幅为19.97%,与T1相比也达到了显著水平,从有效水最大含量的变化也可以看出,改良后盐碱土能利用的有效水明显增大。由于盆栽实验中没有考虑蒸发,风力等因素的影响,故有效水最大含量建议仅作为参考指标。

2.4 不同改良剂对作物生长的影响

从表6可以看出,就玉米株高来说,经差异显著性分析,所有处理与对照相比均达到差异极显著水平,其中S2表现出最佳的效果,与对照相比增加了36.9%,T2的效果次之,比对照增加了33.5%;而对于玉米地上部分生物量干重来说,S3增幅最大,之后生物量随着硫磺用量的增加而减少,据分析,可能由于是过量S在有限的盆栽空间中得不到充分的氧化而导致,其实T2处理也表现出较好的效果,有机质的施用一方面降低了土壤pH,同时也提供了更

多的养分,促进了植株的生长;T3,T4与对照相比也有变化,但是没有显著差异。

表5 不同改良剂对土壤萎蔫系数的影响

Table 5 Influences of different treatments on wilting coefficient

处理编号 NO.	萎蔫系数(%) Wilting coefficient	与对照比较 变化量 Compared with CK	有效水最大含量(%) Maximum available soil water content
CK	6.76a		12.981
T1	6.75a	0.15%	12.936
S1	6.59ab	2.51%	13.775
S2	6.34bc	6.21%	14.625
S3	6.19dc	8.43%	15.568
S4	5.41e	19.97%	15.746
S5	5.87d	13.17%	15.115
T2	5.91ab	12.57%	15.953
T3	6.37bc	5.77%	15.265
T4	6.06cd	10.36%	14.848

表6 不同改良剂对植物株高和生物量的影响

Table 6 Influences of different treatments on plant height and biomass

处理编号 NO.	株高(cm) Plant height	地上部分生物量 干重(g) Aboveground biomass
CK	80.5g	9.14c
T1	83.6f	10.30bc
S1	100.7d	11.53abc
S2	110.2a	12.50ab
S3	105.8c	14.25a
S4	108.9ab	10.05bc
S5	100.4d	10.45bc
T2	107.5bc	12.36ab
T3	101.8d	10.86bc
T4	98.5e	10.49bc

3 结论与讨论

土壤物理性质是影响植物生长发育的重要因素,是反映土壤肥力的重要指标。土壤物理性质的差异会造成土壤水、气、热、肥的差异,从而影响土壤中矿物质与养分的迁移与供应。实验结果表明,在经过几种改良剂的改良后,宁夏碱积盐成土土壤物理性质得到明显改善,具体表现在,土壤总空隙度增大,土壤容重呈下降趋势,田间持水量增大,随之萎蔫系数也呈下降趋势。

1) 硫磺的施用释放出大量 SO_4^{2-} 中和掉盐碱土中碱性部分,改善土壤中微环境,降低pH值,最终达到改良土壤的目的;在5种剂量下,S3~S4的用量表现出较明显的效果。

2) 有机肥料则是通过在分解过程中可以产生有机酸,改善土壤结构,增强土壤的保水保肥能力;PAM 作为土壤结构稳定剂,PAM 能大大减少土壤表面结皮的形成并增加土壤水稳性团聚体含量和水稳稳定性,提高渗透率,在玉米整个生长过程中,经 PAM 处理的 0~60 cm 土壤含水量均高于对照。石膏有效的降低了土壤 pH 值,而 pH 可直接影响土壤养分的存在状态、转化和有效性,石膏随改良周期的增大表现出较好的增产效益。

但是由于室内盆栽实验不能完全模拟出大田中蒸发,径流,风力侵蚀以及地下水位等因素的影响,因而改良剂在大田中的改良效果有待进一步研究。

参 考 文 献:

- [1] 王遵亲.中国盐渍土[M].北京:科学出版社,1993.
- [2] 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.
- [3] 杨全刚,邢尚军,马海林,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):3-5.
- [4] 宋 轩,杜丽平,张成才,等.有机物料改良盐碱土的效果研究[J].河南农业科学,2004,(8):58-60.
- [5] 蔡阿兴,蒋其鳌,常运城,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.
- [6] 任 坤,任树海,杨培岭,等. CaSO_4^{2-} 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.
- [7] 高玉山,朱知运,毕业莉.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.
- [8] 王文科,韩锦萍,赵彦琦,等.银川平原水资源优化配置研究[J].资源科学,2004,26(2):37-41.
- [9] 李新平,刘 刚,吕家珑,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.
- [10] 俞仁培,尤文瑞.土壤碱化的监测与防治[M].北京:科学出版社,1993:85-90.
- [11] 蔡强国,王贵平,陈永宗.黄土高原小流域侵蚀产沙过程与模拟[M].北京:科学出版社,1998.
- [12] 赵锦慧,乌力更,红 梅,等.石膏改良碱化土壤中所发生的化学反应的初步研究[J].土壤学报,2001,41(3):480-488.

Study on effect of different soil conditioners on water content and other characteristics of alkali soil

AN Dong¹, LI Xin-ping¹, ZHANG Yong-hong², MAO Wen-juan¹, ZHU Hui-juan¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Fertilizer, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750001, China)

Abstract: With field and pot experiments, a research was carried out on the effect of different soil conditioners (sulfur, PAM, organic fertilizer) on water and other characteristics of alkali-saline soil in Ni Xia. The results were shown as the followings: (1) All of four soil conditioners decreased soil bulk density efficiency, and the improvement of soil physical structure in combination with water use promoted alkali soil commonly; (2) The best amount of sulfur was between 675~900 kg/hm²; (3) Among four soil conditioners, PAM showed the best effect.

Keywords: soil conditioner; alkali-saline soil; water characteristics; soil structure