

# 不同改良剂对宁夏地区盐碱土土壤结构的影响

毛文娟<sup>1</sup>, 李新平<sup>1</sup>, 安东<sup>1</sup>, 张永宏<sup>2</sup>, 朱辉娟<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 宁夏农林科学院 农业资源与环境研究所, 宁夏 银川 750001)

**摘要:** 采用玉米室内盆栽试验的方法, 研究了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、有机肥、石膏、PAM 等不同土壤改良剂对土壤结构的影响。研究结果表明, 4 类改良剂均有效降低了土壤容重, 土壤空隙度随之增加, 土壤物理结构的改善与水分利用相互配合, 共同促进了当地盐碱土的改良; 硫磺的最佳用量确定为在 30.45 g/盆, 并需要注意土壤通气性, 防止发生反硫化作用, 对玉米根系产生毒害; 综合而言, PAM 改良效果最佳, 其次是石膏和 S<sub>3</sub> 处理。

**关键词:** 土壤改良剂; 盐碱土; 土壤结构

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)04-0190-03

中图分类号: S156.4

## Effects of Different Soil Conditioners on Soil Structure of Alkali Soil in Ningxia Hui Autonomous Region

MAO Wenjuan<sup>1</sup>, LI Xinping<sup>1</sup>, AN Dong<sup>1</sup>, ZHANG Yonghong<sup>2</sup>, ZHU Hujuan<sup>1</sup>

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

2. Institute of Resources and Environment, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750001, China)

**Abstract:** The effects of the application of different soil conditioners (sulfur, organic, gypsum, fertilizer, and PAM) on soil structure were studied by pot experiment with alkali-saline soil in Pingluo, Ningxia Hui Autonomous Region. All of the four soil conditioners reduced soil bulk density and increased soil total porosity. The improvement of soil physical structure, in combination with water use, promoted the improvement of local alkali soil. The best amount of sulfur was found to be 30.45 g/pot. Great attentions should be paid to soil aeration and prevention of the occurrence of anti-vulcanization. Among the four soil conditioners, PAM showed the best effect, followed by gypsum and S<sub>3</sub> treatments.

**Keywords:** soil conditioner; alkali-saline soil; soil structure

土壤结构性差是盐碱化土壤影响农业生产的一个很重要因素, 在大田中表现尤为明显, 湿时土壤泥泞不透水, 大量水分从地面流失; 干时形成板结, 甚至坚实结壳, 严重影响了作物出苗和根茎生长。因此改良土壤结构对于盐碱地尤为重要。

宁夏自治区银北地区地处银川平原的北端, 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。银北灌区净耕地面积约  $1.47 \times 10^5$  hm<sup>2</sup>, 耕地面积仅占灌区的 1/2, 但还有  $1.53 \times 10^5$  hm<sup>2</sup> 宜垦荒地(主要是盐碱荒地)可进行改良利用<sup>[1]</sup>, 这对于改善当地生态环境, 提高农民收入, 保障粮食安全有重要意义。

国内外科研人员对改良剂在改良盐碱土上的应

用研究很多, 但在分析结果中往往以土壤养分和盐分的变化为主要指标, 较缺乏从土壤结构上的研究和论证。

本研究主要通过分析 4 类改良剂对宁夏盐碱土土壤结构的影响, 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

宁夏自治区银川市以南地区分布有斑状轻度盐化浅色草甸土, 银川市以北地区分布有斑状中、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, 经土壤系统分类检索结合剖面观察, 确定该地区盐碱土类型为潮湿碱积盐成土<sup>[2]</sup>。

收稿日期: 2009-06-09

修回日期: 2010-03-06

资助项目: 日本 Cosmo 石油株式会社资助

作者简介: 毛文娟(1983—), 女(汉族), 陕西省临潼区人, 硕士研究生, 主要从事土壤物理及改良研究。E-mail: maomao7096974@163.com。

通信作者: 李新平(1961—), 男(汉族), 陕西省武功县人, 副教授, 主要从事土壤物理及生态研究工作。E-mail: kzxpili@yahoo.com.cn。

## 1.2 试验材料

(1) 供试土壤。土样于2008年3月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,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 cm, 20—40 cm, 40—60 cm, 60—80 cm, 80—100 cm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。供试土壤基本性质见表1。

表1 供试土壤基本理化性状

pH 值	吸湿水含量/%	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	速效氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )
9.59	0.23	15.95	47.3	14.9	107.4

## 1.3 试验设计

将采集的土样自然风干,用5 mm筛网过筛,进行盆栽试验。试验玉米品种为陕单308,每盆播种6颗,待出苗后间苗,保留3株。每盆装土5 kg。试验设10个处理,3次重复。其中,用氮肥和磷肥作为底肥,纯N施用量为0.25 g/kg,纯P施用量为0.20 g/kg。氮肥和磷肥分别采用尿素和磷酸二氢钾(KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)。硫磺用量S<sub>1</sub>为7.65 g/盆(硫磺为98%工业硫磺),硫磺用量S<sub>2</sub>—S<sub>5</sub>依次为15.30, 22.95, 30.45, 37.95 g。有机肥用量为6 g/盆,石膏用量为3.5 g/盆(石膏达国家一级标准,含量为96%),土壤改良剂用量为PAM,用量为1.3 g/m<sup>2</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同改良剂对土壤容重的影响

土壤容重是土壤重要的物理性质之一,它不仅直接影响到土壤孔隙度与孔隙大小分配、土壤的穿透阻力及土壤水肥气热变化,而且影响植物生长及根系在

土壤中的穿插和活力大小<sup>[3]</sup>。结构良好的土壤容重较小,具有良好的孔隙度,有益于土壤水、肥、气、热状况的调节和植物根系的活动。这样结构的土壤通气、透水、保水、保肥,土壤养分的利用率高,有益于植物的发育生长。

从表2可以看出来硫磺处理中S<sub>4</sub>表现出最佳效果,之后随着硫磺的用量增加土壤容重成上升趋势,S<sub>5</sub>处理反而出现升高趋势,其原因是由于过大剂量的硫磺在狭小的盆栽中无法得到充分的氧化;其它处理中均比对照有所下降,其中T<sub>3</sub>和T<sub>4</sub>处理比对照分别下降了5.08%和7.34%,达到显著水平,从盆栽试验中也观察到在玉米生长后期浇水后,其它处理土壤表面板结现象比较严重,板结裂痕较大,而T<sub>3</sub>和T<sub>4</sub>处理板结有明显减轻。这一变化与前人研究的结果是一致的,有机质可以促进团聚体的形成,从而降低了土壤容重,而石膏施用后,大量Ca<sup>2+</sup>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2 不同改良剂对土壤容重的影响

编号	处理	土壤容重/(g·cm <sup>-3</sup> )	与对照比较变化量/%
CK	不施肥	1.57 <sup>a</sup>	
T <sub>1</sub>	N, P 肥	1.56 <sup>a</sup>	- 0.41
S <sub>1</sub>	N, P 肥+ S 7.65 g/盆	1.51 <sup>b</sup>	- 3.36
S <sub>2</sub>	N, P 肥+ S 15.30 g/盆	1.49 <sup>bc</sup>	- 4.80
S <sub>3</sub>	N, P 肥+ S 22.95 g/盆	1.47 <sup>bcd</sup>	- 6.00
S <sub>4</sub>	N, P 肥+ S 30.45 g/盆	1.47 <sup>dc</sup>	- 6.30
S <sub>5</sub>	N, P 肥+ S 37.95 g/盆	1.47 <sup>bcd</sup>	- 5.95
T <sub>2</sub>	施 N, P 肥+ 有机肥 6 g/盆	1.48 <sup>bc</sup>	- 5.17
T <sub>3</sub>	施 N, P 肥+ 石膏 3.5 g/盆	1.49 <sup>bc</sup>	- 5.08
T <sub>4</sub>	施 N, P 肥+ PAM 1.3 g/m <sup>2</sup>	1.45 <sup>d</sup>	- 7.34

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)。

### 2.2 不同改良剂对总孔隙度和非毛管空隙度的影响

土壤孔隙度是指土壤中孔隙容积占土壤总容积的百分数。土壤孔隙的大小、数量及分配是土壤物理性质的基础,也是评价土壤结构特征的重要指标和农田管理和土建工程中常用的参数<sup>[4]</sup>。土壤的孔隙度

的计算公式为:

$$\text{土壤孔隙度}(\%) = 1 - \frac{\text{土壤容重}}{\text{土壤比重}} \times 100 \quad (1)$$

作物所需的水、肥及微量元素等都通过植物根部系统从土壤中吸收,而土壤团粒间的非毛管孔隙主要

起到透气作用,有利于好氧性微生物的活动,使土壤养分分解迅速,及时为植物供肥,从而协调了土壤保肥与供肥的矛盾<sup>[5]</sup>。非毛管孔隙为土壤水分的暂时贮存提供了空间,这种贮存水对植物的生长和逆境下吸水极为重要,因此也具有实际的生产意义。非毛管孔隙度的计算公式为:

$$\text{非毛管孔隙度}(\%) = \text{总孔隙度} - \text{毛管孔隙度} \quad (2)$$

表 3 给出了土壤孔隙度和毛管孔隙度的方差变异,各处理与对照相比均达到显著水平,就土壤总孔隙度来说, T<sub>4</sub> 处理改良效果最佳,其次是 S<sub>4</sub> 和 T<sub>2</sub> 处理。土壤总孔隙度分别比对照增加了 11.02%, 8.27% 和 7.85%; 不同硫磺用量对土壤总孔隙度的无明显差异; 就非毛管孔隙度来说, T<sub>4</sub> 也是最佳处理,其次是 T<sub>2</sub> 和 S<sub>4</sub>, 非毛管孔隙度分别比对照增加了 5.5%, 4.8% 和 3.7%。由于土壤孔隙度和土壤容重有一定的数量关系,由公式(1)可知,土壤孔隙度随着土壤容重的降低而增大(在没有考虑土壤比重情况下),而非毛管空隙度的增大是在土壤总孔隙度整体增大的情况下而改变的。

### 2.3 不同改良剂对土壤分散系数的影响

土壤分散度是土壤碱化以后在物理性质的重要

$$\text{分散系数}(\%) = \frac{\text{土壤微团聚体分析结果中} \leq 0.002 \text{ mm 粒级含量}}{\text{土壤颗粒组成分析中} \leq 0.002 \text{ mm 粒级含量}} \times 100 \quad (3)$$

表 4 不同改良剂对土壤分散系数的影响

处理	≤0.002 mm 的团聚体/ %	≤0.002 mm 的颗粒组成/ %	分散系数	结构系数
CK	19.9	31.9	62.38	37.62
T <sub>1</sub>	19.8	31.7	62.46	37.54
S <sub>1</sub>	19.8	31.9	62.07	37.93
S <sub>2</sub>	19.7	31.9	61.76	38.24
S <sub>3</sub>	19.3	32.1	60.12	39.88
S <sub>4</sub>	19.3	32.6	59.20	40.80
S <sub>5</sub>	19.2	30.8	62.34	37.66
T <sub>2</sub>	18.9	31.9	59.25	40.75
T <sub>3</sub>	19.1	32.9	58.05	41.95
T <sub>4</sub>	18.9	32.8	57.62	42.38

从表 4 我们可以看到经过改良后, ≤0.002 mm 的团聚体含量变化不大,只有 T<sub>2</sub> 处理和 T<sub>4</sub> 处理变化明显, ≤0.002 mm 的颗粒组成有一定得增大趋势,其中 T<sub>3</sub> 处理效果最为显著,比对照增加了 4.44%,其次是 T<sub>4</sub> 处理,增幅为 4.13%,虽然 T<sub>3</sub> 处理增大幅度大于 T<sub>4</sub>,但是与 T<sub>4</sub> 处理无显著差异,加之 T<sub>4</sub> 处理对 ≤0.002 mm 的团聚体含量的降低效果显著,所以由公式 3 得出 T<sub>4</sub> 的改良效果略优于 T<sub>3</sub>。从分散系数的变化,我们可以看到经过改良后土壤分散系数有下降的趋势, T<sub>4</sub> 处理降幅最大,为 7.63%,

表现,它与土壤碱化度密切相关(表 4)。同一质地土壤,土壤碱化度愈高,其分散度愈大。土壤的分散性可以用分散系数来表示,用来说明土壤团聚体在水中被破坏的程度。分散系数越大,土壤微团聚体的水稳定性越差<sup>[6]</sup>,其保水保肥能力越差;土壤结构系数反映了土壤中的结构化程度,土壤结构系数越高表明土壤结构越理想,良好的土壤结构能降低磷的固定和增加 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 的保蓄<sup>[7]</sup>。土壤分散系数的测定公式为:

表 3 不同改良剂对总孔隙度和非毛管空隙度的影响

处理	土壤孔隙度/ %	非毛管空隙度/ %
CK	40.63 <sup>c</sup>	27.65 <sup>c</sup>
T <sub>1</sub>	41.00 <sup>c</sup>	28.06 <sup>b</sup>
S <sub>1</sub>	42.92 <sup>ab</sup>	29.15 <sup>a</sup>
S <sub>2</sub>	43.60 <sup>ab</sup>	28.98 <sup>b</sup>
S <sub>3</sub>	43.81 <sup>ab</sup>	28.24 <sup>b</sup>
S <sub>4</sub>	43.99 <sup>ab</sup>	28.24 <sup>b</sup>
S <sub>5</sub>	44.15 <sup>ab</sup>	29.04 <sup>ab</sup>
T <sub>2</sub>	43.82 <sup>ab</sup>	28.97 <sup>b</sup>
T <sub>3</sub>	43.76 <sup>ab</sup>	28.50 <sup>b</sup>
T <sub>4</sub>	45.11 <sup>a</sup>	29.16 <sup>a</sup>

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 ( $P < 0.05$ )。

其次为 T<sub>3</sub> 处理,降幅为 6.94%。但是除 T<sub>3</sub> 和 T<sub>4</sub> 处理,其它处理都没有显著性差异。相应的土壤结构系数有趋于增大的趋势,表明土壤结构向良性发展。

## 3 结论

从试验结果可以看出,4 种改良剂均降低了土壤容重,土壤孔隙度也随之增大,土壤分散系数变小,土壤结构的变化有利于根系对水分,养分的运输和吸收,从而为植物的生长创造了良好的条件,同时硫磺处理和有机肥处理为作物生长提供了更多的养分,巩固了改良效果。除 PAM 处理外,其它处理之间差异性不显著。在硫磺使用时注意控制用量和及时疏松土壤,防止在其不良通气条件下发生反硫化作用,形成硫化氢,对玉米根系产生毒害。硫磺用量和分散系数之间没有显著的相关性。综合而言,其它处理对微结构的影响很小,这是因为土壤微结构的变化需要长期连续性的实验与观察,并且土壤微结构与其本身性质关系紧密,所以导致这一变化不明显。有机肥对作物产量指标影响很大,但是单施有机肥对土壤结构的影响并不大,可以考虑有机肥和其它改良剂配合施用。PAM 改良效果最佳,其次是石膏和 S<sub>3</sub> 处理。

(下转第 197 页)

品基地的发展方向,建立了完整的工程防护体系,促进了农业生态体系的良性发展,使该流域经济效益迅猛提高。2008年全流域农业总产值达到955.98万元,粮食总产量达到 $1.05 \times 10^7$  kg,人均310 kg;经济总收入764.78万元,人均收入2250元。在经济收入中,林副业食用菌和辛夷经济林收入增加83.9万元和35万元,两项合计增加收入118.9万元,人均增收350元。

### 3.3 社会效益

清水河流域生态修复和治理开发的社会效益也十分显著,具体表现为3个方面:(1)解决了群众的温饱问题,为逐步走上小康之路奠定了基础。开发治理为山区脱贫致富找到了出路,随着经济林果逐步进入盛产期,林副土特产大量增加,不断供应社会需求,群众收入不断增加,山区群众安居乐业,促进了社会稳定。(2)防护体系缓洪减少水土流失效益十分显著,对减少下游昭平台水库(大型水库)的泥沙淤积起到积极作用。同时,经过生态修复和治理开发,增加了群众的商品意识,坚定了开发治理的信心,为进一步巩固生态建设成果实现山区生态建设的可持续发展创造了有利条件。(3)为开展流域生态旅游奠定了基础,2005年以来当地村民开发了“清水河风景区”,为当地经济发展注入了新的生机和活力。

## 4 结论

清水河小流域从坡面治理到沟道治理,从生物措施到工程措施,经过连续治理,形成较完整的水土保持防护体系和农业生态系统。流域内开发性治理与商品基地建设同步发展,为小流域治理与市场经济接轨奠定了良好基础,取得了显著的生态、经济和社会效益。该流域经过多次暴雨考验,防护体系完好率在95%以上,为暴雨中心区小流域生态修复探索出了良好模式。

### [参考文献]

- [1] 河南省水利勘测设计院.河南省中小流域设计暴雨洪水图集[M].郑州:黄河水利出版社,1984.
- [2] 张国亮,李志华,刘占欣,等.伏牛山区水土保持技术[M].郑州:黄河水利出版社,2006.
- [3] 河南省技术监督局,平顶山市水利局,鲁山县水土保持试验站.平顶山市水土保持工程标准(DB/T4100 P90 001.1-001.10)[S].1989.
- [4] 李志华,尹秋育,冀长甫.加强辛夷基地建设,发挥地域特产优势[J].中国水土保持,1995(4):44-45.
- [5] 沈燕舟,张明波.大通江、平洛河水土保持措施减水减沙分析[J].水土保持通报,2002,9(1):34-37.

(上接第192页)

盐碱土的改良是一个长期,持续的过程,特别是重度盐碱地,土壤结构的变化也是需要长期的观测和研究,某些参数数据的变化还需要长期的收集才能最终形成定论。所以此项研究仍需深入开展。

### [参考文献]

- [1] 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.
- [2] 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.

- [3] 李志洪,王淑华.土壤容重对土壤物理性状和小麦生长的影响[J].土壤通报,2000,31(2):45-46.
- [4] 陈红跃,刘钱,康敏明,等.东江水源林不同混交组合林地枯落物和土壤持水能力研究生态环境[J].2006,15(4):796-801.
- [5] 王玉江,吴涛.磷石膏改良盐碱地的研究进展[J].安徽农业科学,2008,36(17):7413-7414.
- [6] 俞仁培,杨道平,石万普,等.土壤碱化及其防治[M].北京:农业出版社,1984:160.
- [7] 姚贤良,于德芬.赣中丘陵地区红壤的不同结构状况对土壤养分的影响[J].土壤学报,1979,16(1):75-80.