

宁夏银北地区盐化土壤改良成效研究

张俊华¹, 贾科利², 孙兆军¹

(1. 宁夏大学新技术应用研究开发中心, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏大学资源环境学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要: 系统分析了利用系列专用改良剂对宁夏银北盐化土壤的改良效应, 结果表明: 施用专用改良剂后土壤容重平均降低 6.44%, 孔隙度增加 6.62%, 土壤粘粒含量减少, 粉粒、砂粒含量普遍增加; 土壤 pH 和全盐均有不同程度的下降; 土壤有机质和养分含量、产量都有较大幅度的增加, 其中施用改良剂Ⅲ的增幅最大, 改良剂Ⅳ次之, 但考虑改良剂原料成本后施用改良剂Ⅱ当年最终经济效益最大。

关键词: 土壤改良剂; 盐化土壤; 银北地区

中图分类号: S143 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)06-0232-04

土壤盐渍化是在特定气候、地形、水文、地质及土壤等自然因素综合作用下, 以及人为引水灌溉不当引起土壤盐化与碱化的土地质量退化过程。土壤盐渍化也是危及农业生产的重大生态环境问题, 其危害主要有两个方面: 一是使农作物减产甚至绝收; 土壤中的盐碱成分过多, 不利于农作物根系吸收水分, 从而造成农作物脱水, 甚至死亡。二是使土壤贫瘠; 土壤中的盐碱成分过多, 会抑制土壤微生物的活动, 使土壤内部、土壤与农作物之间的养分转化受到阻碍, 久而久之, 土壤就会变成不毛之地^[1]。盐碱地分布十分广泛, 其范围遍及除南极洲以外的五大洲, 联合国粮农组织的资料表明, 其总面积约达 9.5 亿 hm^2 , 占地球陆地面积的 7.26%^[2]。我国也是盐碱地分布广泛的国家, 其面积约为 1.0 亿 hm^2 , 分布于辽、吉、黑、冀、鲁、豫、晋、新、陕、甘、宁、青、苏、浙、皖、闽、粤、内蒙古及西藏等 19 个省区。针对宁夏引黄灌区中低产田的调查结果表明: 灌区耕地面积为 $3.91 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 其中不同盐渍化耕地占总耕地面积的 73.3%, 大面积由盐渍化导致的中低产田严重制约着当地农业的发展和农民生活水平的提高^[3]。改良该地区的盐渍化土壤, 对提高该区粮食综合生产能力、保障该区粮食安全有重要意义。

当地几十年来采取了很多改良措施, 也取得了一些阶段性的成果, 但有的需要投入大量的人力、物力或财力, 有的改良后很快又会返盐返碱。施用土壤改良剂是在现代化工业的基础上发展起来的有别于传统土壤改良的新方法。近年来, 采用燃煤烟气脱硫废弃物改良碱化土壤的方法已引起土壤改良工作者的重视^[4~7], 清华大学、宁夏大学在当地的龟裂

碱土上取得了显著的效果, 但对盐化土壤改良效果仍然不明显^[8,9]。国家科技支撑项目“黄河河套地区盐碱地改良及脱硫废弃物资源化利用关键技术研究”针对该地区土壤的盐分分布特征和土壤理化性状, 研发了系列盐化土壤专用改良剂, 本文系统研究了几种专用改良剂改良盐化土壤后土壤理化性状的变化情况, 推荐一种最有效的土壤改良剂, 以期提高当地耕地质量、增加耕地面积、改善生态环境, 并为同类型地区的土壤改良提供科学依据和有效的技术措施。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验位于宁夏银北惠农区礼和乡(东经 $106^{\circ}11'$ ~ $106^{\circ}54'$, 北纬 $38^{\circ}59'$ ~ $39^{\circ}23'$), 海拔 1 094 m。年平均降雨量 186 mm, 年平均蒸发量 2 444 mm。年平均气温 8.2°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温 $3\ 292.9^{\circ}\text{C}$, 无霜期 160 d。由于处于青铜峡灌区末端, 地势低平, 排水不畅, 所以土壤盐渍化较为严重。盐分类型主要有 Na_2SO_4 、 NaCl 、 NaHCO_3 。

1.2 试验设计

试验处理: 处理 1 为对照(CK, 不施用改良剂); 处理 2 为施用改良剂Ⅰ; 处理 3 为施用改良剂Ⅱ; 处理 4 为施用改良剂Ⅲ; 处理 5 为施用改良剂Ⅳ。改良剂用量均为 7.5 t/hm^2 。

共 5 个处理, 5 次重复, 采用拉丁方设计。小区面积均为 $5 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ (40 m^2), 各小区之间间隔 0.50 m。小区之间打埂, 高 30 cm, 宽 50 cm。之后根据试验处理田间排列划定小区分布, 按照处理要求施入

收稿日期: 2009-05-31

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2007BAC08B03)

作者简介: 张俊华(1977—), 女, 宁夏中卫人, 博士, 讲师, 主要从事盐碱地改良方面的研究。E-mail: zhangjunhua728@163.com。

化肥和改良剂,人工用铁锹翻地、耙地,然后进行人工播种。种植作物为油用向日葵。

试验材料:改良剂原料之一是选用一种工业废弃物(采用其主要成分中的阳离子置换土壤中的交换性钠)以解决钠离子浓度过高的问题;另外一种酸性工业废弃物来改善土壤的物理性状,提高土壤养分含量,中和盐化土壤中的碱性成分。四种改良剂不同之处在于:除了前两种原料共有外,改良剂Ⅰ~Ⅳ添加了另外不同来源的工业或农业废弃物,这些工农业废弃物来源广泛且价格低廉。

1.3 测定指标

1.3.1 土壤理化性状及作物产量的测定 土壤(0~20 cm):容重、孔隙度、机械组成、pH、碱化度、全盐、分盐、有机质、碱解氮、速效磷、速效钾;作物:产量

1.3.2 测定方法 土壤容重—环刀法;孔隙度—计算法;机械组成—吸管法;pH—酸度计法;碱化度—计算法;全盐—质量法;分盐—EDTA 络合滴定法等;有机质—重铬酸钾容量法—外加热法;碱解氮—碱解扩散法;有效磷—Olsen 法;速效钾—乙酸铵提取—火焰光度计法^[10]。

1.4 数据处理

测定数据采用 SAS 软件进行差异性显著分析^[11]。

2 结果与分析

2.1 土壤容重、孔隙度和机械组成

土壤容重是土壤的基本物理性质,它反映了土壤的质地、结构和有机质含量等综合状况^[12]。该地区土壤较粘重,未经改良的表层土壤(0~20 cm)容重较种植前略有降低,而施用专用改良剂后容重下降程度加大(降幅平均为 6.44%)。经过 4 种专用改良剂改良后的土壤孔隙度显著增大(如表 1 所示),这样土壤孔性良好,能够同时满足作物对水分和空气的要求,有利于养分状况的调节,有利于植物根系的伸展。施用改良剂Ⅲ对土壤容重和孔隙度的改良效果最佳。

表 1 不同改良条件下土壤的容重和孔隙度变化

Table 1 Variation of soil bulk density and porosity under different soil amendments

指标 Soil parameter	CK	AⅠ	AⅡ	AⅢ	AⅣ
容重降低率(%) Decreasing rate of bulk density	0.67	2.00	5.33	7.33	6.67
孔隙度增长率(%) Increasing rate of porosity	1.17	1.61	5.43	7.58	6.87

根据国际制分类标准,从表 2 可知,改良前土壤属于壤质粘土(粘粒:250~450 g/kg;粉粒:0~450 g/kg;砂粒:100~550 g/kg)。种植后对照处理粘粒含量仍较高,占总量的 26.65%;粉粒含量最高,其中粒径在 0.005~0.002 mm 的颗粒较多,但土壤质地名称未变;经改良剂改良后各处理粘粒含量显著降低,粉粒和砂粒含量则有不同程度的增加,其中施用改良剂Ⅳ处理的土壤粘粒含量降幅最大,粉粒增幅最大,土壤由改良前的壤质粘土改良为粉砂质壤土(粘粒:0~150 g/kg;粉粒:450~1 000 g/kg;砂粒:0~550 g/kg);施用改良剂Ⅱ处理的土壤砂粒增量较大,土壤转变为壤土(粘粒:0~150 g/kg,粉粒:350~450 g/kg,砂粒:400~550 g/kg),其它两个施用改良剂的处理土壤质地也转变为粘质壤土(粘粒:150~250 g/kg,粉粒:250~450 g/kg,砂粒:300~550 g/kg)。因此,施用盐化土壤专用改良剂后当年土壤中各颗粒组成比例适当,使土壤具有良好的结构性、通透性和保水保肥性,适于作物根系生长。

表 2 不同处理土壤机械组成与对照土壤机械组成的差量
Table 2 Difference of soil texture in different treatment to CK's

处理 Treatment	砂粒 Sandy 0.2~0.02 mm (g/kg)	粉粒 Silt 0.02~0.002 mm (g/kg)	粘粒 Clay <0.002 mm (g/kg)	土壤质地名称 Soil texture
CK	0.00	0.00	0.00	壤质粘土 Loamy clay
AⅠ	-9.40	43.82	-34.84	粘质壤土 Loamy clay
AⅡ	56.33	27.95	-81.70	壤土 Loamy soil
AⅢ	37.75	19.04	-47.60	粘质壤土 Clay loam
AⅣ	17.90	80.51	-88.04	粉砂质壤土 Silty loam

2.2 土壤 pH、全盐和分盐含量

供试土壤种植作物前 pH 值为 8.88,种植后各处理 pH 和全盐均有下降,不施专用改良剂的处理分别下降了 0.12 g/kg 和 1.11 g/kg,施用了改良剂后土壤 pH 均小于 8.5,而全盐含量平均下降了 2.23 g/kg。改良与非改良土壤表层的 CO₃²⁻ 差异最大,施用改良剂Ⅲ和改良剂Ⅳ的处理 CO₃²⁻ 分别为 0.01 g/kg 和 0;施用改良剂后 Ca²⁺ 和 SO₄²⁻ 均有所增加。

2.3 土壤有机质和养分

不同改良剂改良后 0~20 cm 土层有机质表现为:改良剂Ⅲ>改良剂Ⅳ>改良剂Ⅱ>改良剂Ⅰ>对照(如图 1 所示),所以施用改良剂后土壤有机质增加,从而改善了土壤的物理性质,促进了土壤团粒

结构的形成,改善了土壤结构,协调了土壤水、肥、气、热状况,以及作物对盐碱、有毒物的缓冲能力^[13]。碱解氮和速效磷的增加趋势和有机质的增加趋势相同,改良剂Ⅲ表现均最佳,施用改良剂Ⅳ

的处理速效钾含量增幅最大,但与施改良剂Ⅱ、Ⅲ的处理并无显著差异。施用改良剂Ⅰ对土壤有机质和有效养分含量影响较小。

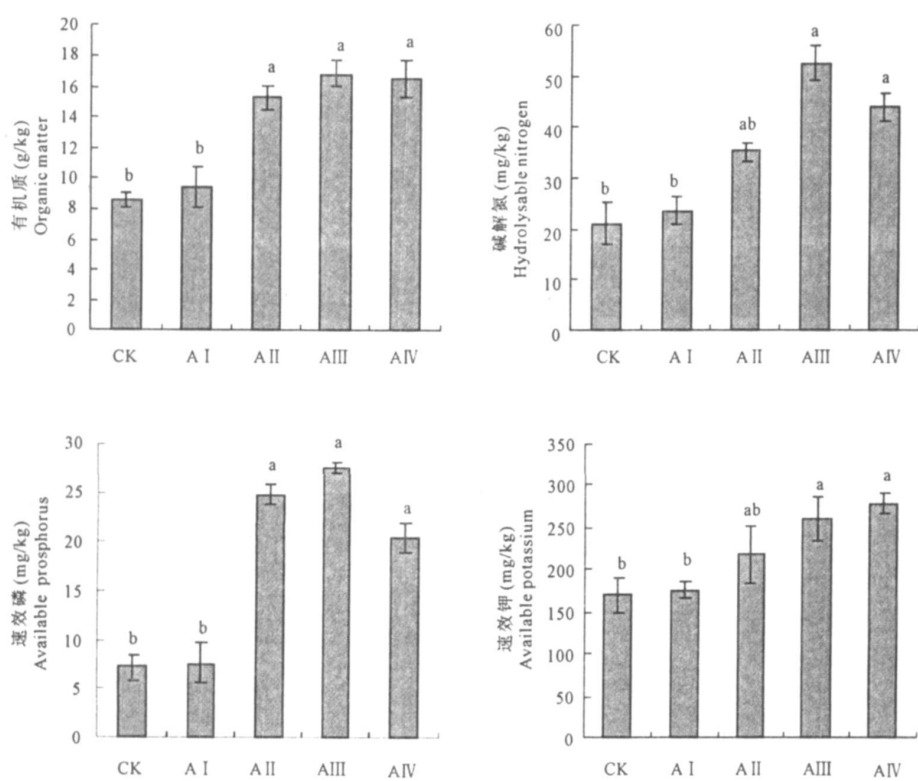


图 1 不同改良条件下各处理的有机质和养分的变化情况

Fig.1 Variation of soil organic matter and nutrients in different improvement methods

2.4 产量与经济效益

作物产量是衡量土地生产力最重要的指标。从表 3 可以看出,施用与未施用改良剂的处理产量呈显著性差异,施用专用改良剂Ⅲ的处理产量增幅最大。当年直接经济效益为当年向日葵产量收入,当年最终经济效益则为当年向日葵收入减去专用改良剂原料费用,不计相同的种子、农药和人工等费用。采用改良剂的处理当年最终经济效益比未经改良的处理平均增加了 27.18%,施用改良剂Ⅲ的当年直接经济效益高达 6 783.75元/hm²,但由于其原料成本高,最终经济效益为4 467.08元/hm²,甚至低于未经改良处理的当年最终经济效益,施用改良剂Ⅱ的当年最终经济效益最高,施用改良剂Ⅳ次之,均高于对照。但是专用改良剂改良土壤后土壤理化性状不会在短期内回归到未改良前的状态,故其当年的经济效益并不能代表长期经济效益。整体来看,采用专用改良剂Ⅱ和Ⅳ的处理最终经济效益都较未经改良的处理有不同程度的增加,这样既改良了土壤,提

高了当地耕地质量,增加了农民收入,又解决了几种工农业废弃物的二次利用问题,兼顾了环境效益。

表 3 不同改良条件下各处理产量和经济效益情况

Table 3 Variation of yield and economic effect in different improvement methods

处理	增产	产量增长率	直接经济效益	最终经济效益
Treatment	Increasing of yield (kg/hm ²)	Increasing rate of yield (%)	Direct economic benefit (元/hm ²)	General economic benefit (元/hm ²)
CK	0.00 c	0.00 c	5035.50 b	5035.50 a
A I	333.75 b	11.93 b	5636.25 a	4736.25 a
A II	862.50 a	30.83 a	6588.00 a	5411.63 a
A III	971.25 a	34.72 a	6783.75 a	4467.08 a
A IV	873.75 a	31.23 a	6608.25 a	5232.00 a

3 讨论与结论

宁夏银北的盐化土壤质地较为粘重,专用改良剂施用后容重平均降低 6.44%,孔隙度增加6.62%;改良后土壤粘粒含量降低,砂粒和粉粒含量增加,土

壤质地由改良前的壤质粘土转变为粘质壤土、壤土或粉砂质壤土,使土壤的物理性质得到改善。这是由于专用改良剂原料中含有大量的腐殖酸类物质,具有较强的离子交换性能,表面吸附性能及凝聚溶胶的作用,施入后增加土壤盐基交换总量,可使土壤微团聚体增加,改善了土壤容重、孔隙度、空气含量、渗透速度以及土壤板结等物理性质,提高土壤的蓄水保墒能力^[14]。施用系列专业改良剂后,土壤 pH、全盐平均分别降低 0.19 g/kg 和 2.23 g/kg,且土壤表层的 CO₃²⁻ 含量急剧下降,与李茜、秦萍等研究指出脱硫废弃物能使土壤 pH 值、可溶性盐和 ESP 均有不同程度降低的结果一致^[15,16]。土壤有机质和养分含量也有不同程度的增加,其中改良剂Ⅲ增效最显著,改良剂Ⅰ对土壤有机质和有效养分含量影响较小。说明原料在改善土壤结构的同时还可增加土壤养分和有机质含量。这样既增加了土壤养分供作物吸收,也提高了作物的抗盐碱能力和缓冲能力。施用专用改良剂Ⅲ的作物产量、当年直接经济效益都最高,改良剂Ⅳ的改良效果次之,然后为改良剂Ⅱ;当考虑到改良剂原料成本后,施用改良剂Ⅱ的当年最终经济效益最大,改良剂Ⅳ次之。但本试验只研究探讨了施用专用改良剂后土壤理化性状和产量的变化情况,由于改良剂施入后土壤理化性状的改善不是短期的,所以未来几年的最终经济效益比未经改良的土壤会有更大的差异,具体改良效果还有待进一步深入研究。

利用盐化土壤专用改良剂改良盐碱地,具有低成本、环保、高效、施用方法简单等特点,这不仅为工农业废弃物的资源化利用提供技术支撑,而且可以为恢复生态平衡,实现工农业经济的循环发展做贡献。

参 考 文 献:

[1] 亢 庆. 土地退化评价中土壤因子的遥感信息提取研究[D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所, 25—27.

[2] Mettemicht G I, Zinck J A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 85, 1—20.

[3] 樊丽琴, 杜永霞, 杨建国. 宁夏银北中低产田土壤障碍性特征研究[J]. 河南农业科学, 2008, (7): 61—63.

[4] Clark R B, Ritchey K D, Baligar V C. Benefits and constraints for use of FGD products on agricultural land[J]. Fuel, 2001, 80, 821—828.

[5] Chun S, Nishiyama M, Matsumoto S. Sodic soil reclaimed with by-product from flue gas desulfurization: corn production and soil quality [J]. Environmental Pollution, 2001, 114, 453—459.

[6] Sakai Y, Matsumoto S, Sadakata M. Alkali soil reclamation with flue gas desulfurization gypsum in China and assessment of mental content in corn grains [J]. Soil Sediment Contamination, 2004, 13(1): 65—80.

[7] 李跃进, 乌力更, 芦永兴, 等. 燃煤烟气脱硫副产物改良碱化土壤田间试验研究[J]. 华北农学报, 2004, 19(11): 10—15.

[8] 李 茜, 孙兆军, 秦 萍, 等. 燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣对盐碱土的改良效应[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(4): 70—73.

[9] 秦 萍, 肖国举, 罗成科. 燃煤电厂脱硫石膏改良碱化土壤种植甜高粱的施用量研究[J]. 现代农业科学, 2008, 15(12): 32—35.

[10] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.

[11] 胡小平, 王长发. SAS 基础应用分析方法[M]. 西安: 西安地图出版社.

[12] 朱祖祥. 土壤学[M]. 北京: 农业出版社, 1982.

[13] 陕西省土壤普查办公室. 陕西土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1992.

[14] 王遵亲, 祝寿泉, 俞仁培, 等. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993.

[15] 李 茜, 孙兆军, 秦 萍, 等. 燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣对盐碱土的改良效应[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(4): 70—73.

[16] 秦 萍, 肖国举, 罗成科, 等. 燃煤电厂脱硫石膏改良碱化土壤种植甜高粱的施用量研究[J]. 现代农业科学, 2008, 15(12): 32—35.

Effect of special soil amendment for improvement of saline soil
in northern Yinchuan of Ningxia

ZHANG Jun-hua¹, JIA Ke-li², SUN Zhao-jun¹

(1. Development Center of New Technique Application and Research, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China;

2. College of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: A field experiment was conducted to analyze the effect of special soil amendments in improving saline soil in northern Yinchuan of Ningxia. The results indicate that applying special soil amendments can decrease soil bulk density by 6.44% and increase porosity by 6.62%; decrease soil clay and increase silt and sandy content; decrease soil pH and total saline, improve soil organic matter, nutrients content and yield significantly. The effect of amendment Ⅲ is the best method in improving physical and chemical properties of saline soil. However, the general economical benefit of special soil amendment Ⅱ is the highest when the cost of soil amendments is considered.

Keywords: soil amendment; saline soil; northern Yinchuan