

燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣对盐碱土的改良效应

李 茜¹, 孙兆军¹, 秦 萍¹, 罗成科¹, 沈振荣²

(1. 宁夏大学新技术应用研究开发中心, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏农垦局, 宁夏 银川 750021)

摘 要: 通过盆栽试验, 研究了燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣对盐碱土的改良效应。结果表明: 施入燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣后的盐碱土, 土壤 pH 值、可溶性盐和碱化度(ESP)均有不同程度降低, 以燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣配合施用改良效果最为明显, 土壤 pH 值、可溶性盐和碱化度(ESP)分别由初始的 9.2、10.71%和 25.97%下降到 7.5、9.43%和 9.52%; 油葵的出苗率高达 68.3%, 明显比对照高出 60%, 差异达显著水平。

关键词: 燃煤烟气脱硫废弃物; 糠醛渣; 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)04-0070-04

盐碱地作为潜在耕地资源, 存在着巨大的开发潜力, 已成为区域经济发展的后备资源。作为宁夏区域经济发展黄金地段的引黄灌区, 现有盐渍化耕地 14.8 万 hm², 占耕地总面积的 33.54%; 从宁夏总体土壤盐渍化发展趋势看, 银北地区有加重趋势, 急需改造治理。盐碱地改良是一个长期、复杂的系统工程, 其改良利用的核心是减少土壤有害盐分, 改善作物生长发育的土壤环境。

燃煤烟气脱硫废弃物主要成分为 CaSO₄ 和 Ca-SO₃ 的混合物, 并富含 S、Ca、Si 等植物必需或有益的矿质营养, 因而在土壤改良上有广泛的应用前景^[1,2]。李焕珍等^[3]和 Chun 等^[4,5]在中国沈阳市康平县进行了脱硫石膏改良苏打碱化土壤的玉米大田试验, 发现脱硫石膏大大降低了土壤的 pH 值、ESP 和交换性 Na⁺, 提高了作物的产量。李跃进等^[6]在内蒙古土默川地区进行脱硫石膏改良碱化土壤的大田试验, 并取得了初步成功。糠醛渣是一种强酸性生物质, 有机质含量高, 含有一定的氮、磷、钾有效成分, 可用作土壤改良剂。国内糠醛渣改良土壤的研究甚少, 仅有秦嘉海^[7]、杨柳青^[8]、菜阿兴^[9]等开展了盐碱地的糠醛渣改良研究, 且均以耕作区的次生盐渍化土壤居多。目前, 国内利用单一废弃物改良土壤以提高土地生产力的试验研究很多, 但利用燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣混和配比改良盐碱土壤的研究还很少见。研究通过油葵苗期盆栽试验来探求利用改良剂配合施用对盐碱地改良的优化模式, 为大面积盐碱地改良提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土样取自宁夏石嘴山市惠农区上营子村, 北纬 39°06'51", 东经 106°40'28", 海拔 1 081 m, 该区属中度碱化盐渍龟裂碱土。将取来的土样自然风干, 用 2 mm 筛网过筛, 进行盆栽试验。盆钵为棕红色塑料桶, 规格为 21 cm×27 cm×27.5 cm, 盆钵底端打孔。供试燃煤烟气脱硫废弃物取自内蒙海渤湾电厂, 糠醛渣取自宁夏平罗糠醛厂。供试作物为美国油葵 G101。

表 1 供试土壤理化性状

Table 1 Physical and chemical properties of the tested soils	
土壤参数 Soil parameters	数值 Value
容重 Soil density (g/cm ³)	1.57
pH 值 pH value	9.20
可溶性盐 Soluble salt (%)	10.71
碱化度 ESP (%)	25.97

1.2 试验设计

试验采用盆栽方法, 每盆装土 10 kg, 将燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣按照重量比与盐碱土混和均匀装入盆内。试验设计 3 个处理: 处理 1, 单独施入 1.5% 的燃煤烟气脱硫废弃物; 处理 2, 单独施入 0.5% 的糠醛渣; 处理 3, 同时施入 1.5% 燃煤烟气脱硫废弃物和 0.5% 的糠醛渣, 以原始土样为对照 (CK)。为增加改良效果, 用水淋洗三次, 让燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣与土壤充分反应, 余水排出。

收稿日期: 2007-09-10
基金项目: 宁夏自然科学基金项目 (NZ0701); 国家科技支撑计划项目 (2007BAQ00021-3); 国家农业综合开发科技项目 (农发) - (2007) - (4 号)
作者简介: 李 茜 (1981-), 女, 陕西汉中, 硕士, 主要从事盐碱地改良研究。E-mail: li_q@nxu.edu.cn

每个处理播种 20 粒种籽,播种日期为 2007 年 4 月 28 日。生长期采用表层灌水,追肥(各处理水肥管

理一致)。每个处理重复 3 次,试验过程中测定油菜的出苗率及土壤的 pH 值、可溶性盐含量和碱化度。

表 2 燃煤烟气脱硫废弃物组成和性状					
Table 2 Component and properties of byproduct of flue gas desulphurization(BFGD)					
pH	密度(g/cm ³) Density	自由水分(%) Free water	CaSO ₄ ·2H ₂ O	CaSO ₄ ·1/2H ₂ O	CaCO ₃
5.09	1.02	10.10	89.8	0.20	5.55

表 3 糠醛渣理化性质												
Table 3 Furfural residue properties list												
物理性质 Physical properties					化 学 性 质 Chemical properties							
pH	含水率(%) Water content	可溶性盐(%) Soluble salt								主要养分(%) Nutrient		有机质(%) Organic matter
		CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	TN	TP (P ₂ O ₅)	
1.95	64.795	0	0	1.8740	0.0198	0.1540	0.1032	0.0103	0.7430	0.2799	0.0474	87.03

1.3 测定方法

将提取的土样过 1 mm 筛,按 1:5 土水比与去离子水混合,充分振荡摇匀并过滤,取上层清液测定。pH 值用酸度计测定;可溶性盐用电导法;交换性钠(Na⁺)用乙酸铵—氢氧化铵—火焰光度法测定;阳离子交换量(CEC)用乙酸钠—火焰光度法测定^[10]。

碱化度(%)=Na⁺/CEC×100(改良后碱化度计算时 CEC 按照改良后各处理的实际 CEC 分别进行计算)

2 结果与分析

土壤中影响作物生长的两个关键因素是代换性 Na⁺的含量和 pH 值^[3],ESP 在评价碱(化)土壤上是一个关键的参数,ESP=15 是引起土壤结构恶化的临界值^[11]。试验结果表明(表 4):三个处理都能使土壤的 pH 值、可溶性盐和 ESP 显著降低,但降低的幅度有所不同,其中单独施入糠醛渣可显著降低土壤 pH 值,降幅最大;而单独施入脱硫废弃物对可溶性盐的降低最有效,对降低土壤 ESP 则以同时施入脱硫废弃物和糠醛渣最佳;对照土壤的 pH 值、可溶性盐和 ESP 含量在整个过程中基本没有变化。

2.1 不同处理土壤 pH 值的变化

由图 1 可知:三种处理后土壤的碱性大幅下降,土壤 pH 值均降到 8.0 以下,达到了植物可正常生长范围。处理 1,pH 值由原来的 9.2 下降到 7.9;处理 2,pH 值下降到 7.3;而处理 3,pH 值下降到 7.5。处理 2 对土壤 pH 值的降低最为有效,这主要由于糠醛渣是强酸性物质,其中大量的 H⁺与土壤中的

OH⁻发生中和反应的结果。本试验施入 0.5%的糠醛渣后,不仅使土壤保肥能力增加,同时有机质分解过程中产生的有机酸还可以有效降低土壤 pH 值,活化钙镁盐类,有利于离子代换及各种养分的释放^[12]。由此可见,糠醛渣对降低土壤 pH 值的效果非常显著。

表 4 不同处理土壤化学指标变化			
Table 4 Soil chemical index changes under different treatment			
处理 Treatments	pH	可溶性盐(‰) Soluble salt	碱化度(%) ESP
改良前 Before soil amelioration	9.2	10.71	25.97
对照 CK	9.2 a	10.56 a	25.96 a
处理 1 Treatment 1	7.9 b	9.04 c	11.58 c
处理 2 Treatment 2	7.3 c	9.37 b	16.42 b
处理 3 Treatment 3	7.5 c	9.43 b	9.52 d

注:表中数据为不同处理的平均值;数据后面的字母表示多重比较的结果,标有相同字母表示无显著差异(α=0.05)。
Note:The data in the table is the mean value of different treatments. The letter after data means multiple comparison results, and that with the same letter means that there was no significant difference(α=0.05).

2.2 不同处理土壤可溶性盐的变化

不同处理土壤可溶性盐含量变化见图 2,各处理的可溶性盐含量都有所降低,下降幅度为处理 1>处理 2>处理 3。惠农区土壤盐分组成以氯化物—硫酸盐或硫酸盐—氯化物为主,其土壤原始盐离

子组成对可溶性盐的变化有一定影响。处理 1 对土壤可溶性盐的降低效果最为明显,其含量由原来的 10.71% 下降到 9.04%,因为燃煤烟气脱硫废弃物中含有的 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 进入土壤后,有利于交换出土壤胶体中的交换性 Na^+ ,并通过淋洗将 Na^+ 排出土体。随着土壤胶体中 Na^+ 的降低,碱化土壤的孔隙结构和渗透性得到改善,从而降低 Na^+ 的危害,使土壤相应的可溶性盐含量降低,这与王金满^[13]的结论是一致的。

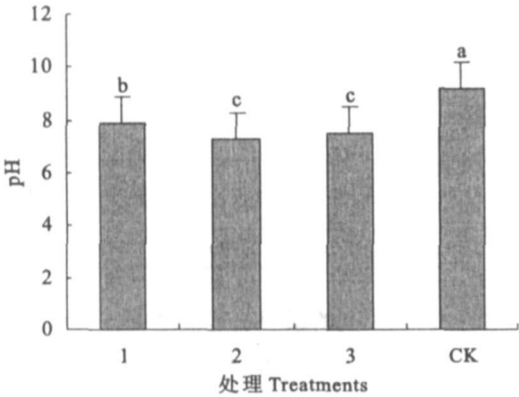


图 1 不同处理 pH 值变化

Fig. 1 pH value variation under different treatments

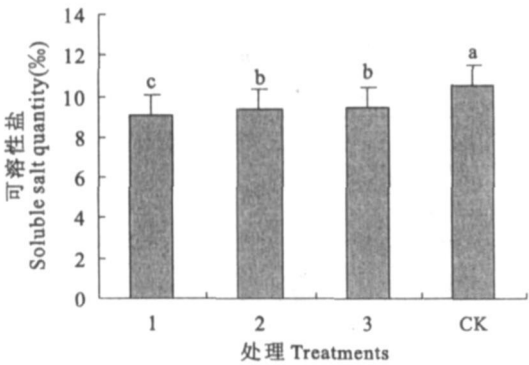


图 2 不同处理可溶性盐变化

Fig.2 Soluble salt content variation under different treatments

2.3 不同处理土壤 ESP 的变化

土壤经过三种处理后,其碱化度的变化相对最为明显。由试验(图 3)可知,处理 1 使 ESP 由原来的 25.97% 下降到 11.58%,这是由于燃煤烟气脱硫废弃物中的大量 Ca^{2+} 可有效置换土壤胶体中的交换性 Na^+ ,而且交换性 Na^+ 含量的减小直接引起 ESP 的降低;处理 2 使 ESP 由原来的 25.97% 下降到 16.42%,虽然糠醛渣也使土壤 ESP 降低,但是减小量明显不如处理 1;处理 3 对土壤 ESP 的改良效果最好,ESP 从原来的 25.97% 下降到 9.52%,降幅最大,可以说同时施入燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛

渣后,大量的 Ca^{2+} 使 Ca^{2+} 、 Na^+ 二者间的离子交互作用更为明显,对土壤胶体中交换性 Na^+ 的置换更加有效,从而引起 ESP 的显著降低。

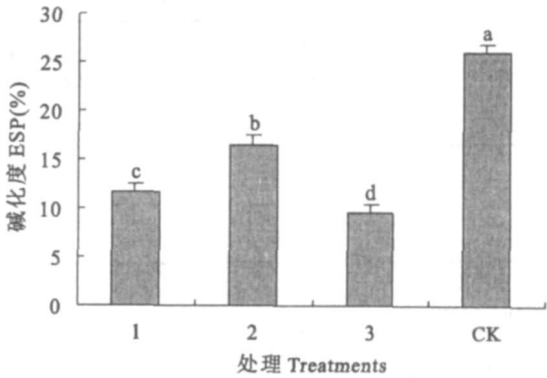


图 3 不同处理碱化度变化

Fig.3 ESP variation under different treatments

2.4 油葵出苗率的变化

播种 10 d 后,油葵陆续出苗,且幼苗长势良好。三种处理都相应提高了油葵的出苗率(见表 5),处理 2 的出苗率为 45.0%,比处理 1 的出苗率略有提高,可能与糠醛渣里还含有大量有机质,提高了土壤的肥力有关,因此对油葵的出苗有一定的促进作用;处理 3 的出苗率最高,达到 68.3%,比对照高出 60%,由于脱硫废弃物和糠醛渣在降低土壤 ESP 和 pH 的同时其所含高价离子的介入降低了土壤胶体表面由于负电荷相互排斥而产生的电位势,促进了土壤胶体由于相互吸附而凝聚,有利于土壤团粒结构的生成,增加了孔隙度,降低了土壤容重,提高土壤持水性能,改善了作物根系生长环境,所以油葵的出苗率显著提高;同时,钙元素的增加可作为钙信使参与调节植物的生长发育过程,促进作物的正常生长发育^[14]。

表 5 不同处理油葵平均出苗率(%)

Table 5 Sunflower average germination rate under different treatments

项目 Item	处理 1 Treatment 1	处理 2 Treatment 2	处理 3 Treatment 3	对照 CK
出苗率(%) Germination rate	43.3 b	45.0 b	68.3 a	8.3 c

注:表中数据为三次重复的平均值;出苗率后的字母表示多重比较的结果,标有相同字母表示无显著差异($\alpha=0.05$)

Note:The data in the table is the mean value of three repeated. The letter after germination rate means multiple comparison results, and that with the same letter means that there was no significant difference ($\alpha=0.05$)

3 结论与讨论

土壤改良剂是有别于传统土壤改良的方法,在一定程度上能够松土、保湿、改良土壤理化性质,促进植物对养分和水分的吸收。燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣由于自身具有提高土壤孔隙度、激活离子、增加养分和增强酶生物学活性等作用,可做为改良盐碱土壤的改良剂。试验结果表明,燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣配合施用,可有效改善土壤理化性质。改良后的土壤 pH 值、可溶性盐和 ESP 分别由初始的 9.2%、10.71%和 25.97%下降到7.5%、9.43%和 9.52%;油葵的出苗率高达 68.3%,明显高出对照 60%,出苗率差异达显著水平。这说明燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣配合施用,使二者改良土壤的优势互补,相互促进,能够达到单独施用燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣时所不可能获得的效果。

本试验研究探讨了燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣单独施用和配合施用对土壤的 pH 值、可溶性盐和 ESP 的改良效果,但二者改良土壤理化性质的机理、交互作用及最佳施用配比还有待进一步深入研究。

利用燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣改良盐碱地,具有成本低、施用方法简单等特点,在盆栽试验成功的基础上可大面积推广进行盐碱地改良。不仅为热电厂和农作物副产品资源化利用提供技术支撑,而且可恢复生态平衡,实现工农业经济的循环发展。

参考文献:

[1] Clark R B, Ritchey K D, Baligar VC. Benefits and constraints for use of FGD products on agricultural land [J]. Fuel, 2001, 80;

821—828.
[2] 李淑仪, 蓝佩玲, 徐胜光, 等. 燃煤烟气脱硫副产物在酸性土壤的农业资源化利用[J]. 生态科学, 2003, 22(3): 222—226.
[3] 李焕珍, 徐玉佩, 杨伟奇, 等. 脱硫石膏改良强度苏打盐渍土效果的研究[J]. 生态学杂志, 1999, 18(1): 25—29.
[4] Chun S, Nishiyama M, Matsumoto S. Sodic soil sreclaimed with by-product from flue gas desulfurization; corn production and soil quality [J]. Environmental Pollution, 2001, 114: 453—459.
[5] 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 & Sed-iment Contamination, 2004, 13(1): 65—80.
[6] 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(S1): 10—15.
[7] 秦嘉海, 吕 彪, 南永慧, 等. 糠醛渣的改土增产效应[J]. 土壤通报, 1994, 25(5): 237—238.
[8] 杨柳青, 付明鑫. 糠醛渣对苏打盐渍土的改良效果研究[J]. 环境工程, 1999, 17(3): 54—55.
[9] 菜阿兴, 宋荣华. 糠醛渣防治碱土及增产效果的初步研究[J]. 土壤肥料, 1992, (2): 13—16.
[10] 孙 权. 农业资源与环境质量分析方法[M]. 银川: 宁夏人民出版社, 2004.
[11] Mitchella J P, Shennana C, Singerb M J, et al. Impacts of gypsum and winter cover crops on soil physical and productivity when irrigated with saline water [J]. Agricultural Water Management, 2000, 45: 55—71.
[12] 郭继勋, 张保田, 温明章. 盐碱化草地的物理及化学方法改良[J]. 农业与技术, 1994, (3): 9—13.
[13] 王金满, 杨培岭, 张建国, 等. 脱硫石膏改良碱化土壤过程中的向日葵苗期盐响应研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(9): 33—37.
[14] 杨利玲, 张桂兰. 土壤中的钙化学与植物的钙营养[J]. 甘肃农业, 2006, (10): 272—273.
[15] 徐胜光, 李淑仪, 廖新荣, 等. 花生施用燃煤烟气脱硫副产物研究初报[J]. 土壤与环境, 2001, 10(1): 23—26.

Amelioration of saline-sodic soil with the by-product of flue gas desulphurization(BFGD) and furfural residue

LI Qian¹, SUN Zhao-jun¹, QIN Ping¹, LUO Cheng-ke¹, SHEN Zhen-rong²

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

Ningxia 750021, China; 2. Ningxia Bureau of State Farms and Land Reclamation, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: A pot experiment was conducted to study the effect of by-product of flue gas desulphurization (BFGD) and furfural residue on ameliorating saline-sodic soil. The results showed that: pH, sobuble salts and the exchangeable sodium percentage (ESP) were decreased at different degrees by applying the BFGD and furfural residue, but most obvious effect was made by applying the BFGD and furfural residue at the same time, and pH, soluble salts and ESP from the initial 9.2, 10.71% and 25.97% went down to 7.5, 9.43% and 9.52%; Sunflower germination rate was as high as 68.3%, 60% higher than that of the control.

Key words: by-product of flue gas desulphurization (BFGD); furfural residue; saline-sodic soil; amelioration
(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>