

烟气脱硫副产物改良碱性土壤过程中 化学指标变化规律的研究*

王金满¹ 杨培岭^{1†} 任树梅¹ 项光明²

(1 中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083)

(2 清华大学热能工程系, 北京 100084)

摘要 通过土柱淋洗试验的方法, 研究了脱硫副产物在改良碱性土壤过程中对碱性土壤化学指标(代换性钠、ESP、SAR、pH 值)的影响。本研究采用两种碱性土壤(强度碱化土和碱土), 两种土壤各分两个脱硫副产物施用水平(强度碱化土为 3 g kg^{-1} 和 3.6 g kg^{-1} ; 碱土为 7 g kg^{-1} 和 8.4 g kg^{-1})。结果表明, 经过施加烟气脱硫副产物和淋洗各种试验处理的代换性钠、ESP、SAR 和 pH 值都有了明显的降低, 碱性土壤得到了改良; 同时, 高烟气脱硫副产物施加水平的碱性土壤改良效果要优于低施加水平的碱性土壤; 强度碱化土和碱土分别施加 3.6 g kg^{-1} 、 8.4 g kg^{-1} 烟气脱硫副产物后, 在强度碱化土表层(0~40 cm)和碱土表层(0~20 cm) $\text{ESP} < 15$ 、 $\text{SAR} < 13$ 和 $\text{pH} < 8.5$, 已经降至中度碱化土水平, 改良效果显著。

关键词 脱硫副产物; 改良; 碱性土壤; 化学指标

中图分类号 S156 文献标识码 A

由于燃煤废气的排放对生态环境构成巨大威胁, 近年来热煤利用方面引入了烟气脱硫技术以减少二氧化硫排放, 同时又生成了一种脱硫副产物(脱硫石膏), 其主要成分为 CaSO_4 和 CaSO_3 的混合物, 性质与天然石膏相类似, 并含有丰富的 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前景^[1~3]。李焕珍等^[4]和 Chun 等^[5]在我国沈阳市康平县进行了脱硫副产物改良苏打碱化土壤的玉米大田试验, 发现脱硫副产物大大降低了土壤中的 pH 值、ESP、可溶性 Na^+ 。可石膏改良碱化土壤的理论能否直接应用到烟气脱硫副产物, 目前国内外在此方面的研究还比较少, 尚需进一步探讨。

碱性土壤由于胶体中含有过量的代换性钠离子、可溶性碳酸盐(以 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 形式存在), 因而土壤的 pH 值高 ($\text{pH} > 8.5$), 土壤粘粒扩散、膨胀, 具有很差的物理特性。碱化土壤改良的关键就是直接或间接提供二价阳离子源(通常为 Ca^{2+})来置换土壤胶体中的交换性 Na^+ ^[6]。碱化度(Exchangeable Sodium Percentage, ESP)在评价碱化土壤上是一个关键的参数, $\text{ESP} = 15$ 是引起土壤结构恶化

的临界值^[7]。当土壤溶液中的 Na^+ 含量过高时, 常使土壤粘粒和团聚体分散, 从而使土壤对水和空气的渗透性降低, 钠吸附比(Sodium Adsorption Ratio, SAR)是指灌溉水或土壤溶液中钠离子和钙镁离子的相对数量, 土壤溶液或灌溉水水质指标常以 SAR 作为钠含量的参数^[8]。SAR 代表的是水或土壤溶液中钠离子的状况, 易于测定, 常作为土壤溶液是否引起碱化的指标, 一般情况下, 将 $\text{SAR} = 13$ 作为强度碱化土和中度碱化土的界限。本研究旨在通过室内土柱淋洗试验, 获得不同碱性土壤在不同烟气脱硫副产物施加水平下, 碱性土壤主要化学指标(代换性钠、ESP、SAR、pH 值)的变化规律, 为碱性土壤的改良提供理论依据和指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土样取自内蒙古乌拉特前旗树林乡扰动土样, 根据测定的土壤原始参数, 利用碱化土壤的划分标准将试验用土分为强度碱化土和碱土两类, 分别选择典型点进行采样, 取样深度分为五层(0~5 cm、

* 国家高技术研究发展计划 863 基金项目(2001AA527015)资助

† 通讯作者: 杨培岭(1958~), 男, 汉族, 教授, 中国农业大学水利与土木工程学院副院长, 主要从事灌排理论与新技术方面的研究

作者简介: 王金满(1979~), 男, 汉族, 中国农业大学农业水土工程专业博士研究生

收稿日期: 2004-02-24; 收到修改稿日期: 2004-06-30

5~ 20 cm、20~ 40 cm、40~ 60 cm、60~ 100 cm), 将取来的土样自然风干, 用 2 mm 筛网过筛; 供试烟气脱硫副产物(脱硫石膏)来自华能第一热力公司。

1.2 试验处理

试验土柱用高 110 cm、直径 16 cm 的 UPVC 硬质塑料管制成, 将处理好的土样按容重分层回装(土壤体积含水率为 10%), 土柱各层土壤容重及装土重量见表 1。装土时, 每 5 cm 捣实一次, 捣实结束后将土壤表面划毛, 继续下一次装填。在回装的过程中, 脱硫石膏根据试验设计的用量施加于表层 0~ 20 cm

(在 0~ 5 cm、5~ 20 cm 中分别进行), 并与土样均匀混合, 土柱底部装有石英砂作为过滤层(厚度为 5 cm), 底层设有排水孔, 进行土柱淋洗试验。

土柱试验设置 4 个处理, 其中强度碱化土和碱土各 2 个。强度碱化土和碱土施加脱硫石膏量各分为 2 个级别, 其中第一个级别是根据实际计算的脱硫石膏量进行施加, 第二个级别是在实际计算的数值基础上乘以一个 1.2 的系数。对这 4 种方式施加脱硫石膏的土柱分别进行 1~ 4 次的淋洗(见表 2), 1、2、3、4 分别代表淋洗的次数为第 1、2、3、4 次。

表 1 土柱各层土壤容重及装土重量

Table 1 Bulk density and soil weight of every soil layer in the soil column

土层 Soil layer (cm)	强度碱化土 Strongly alkalinized soil			土层 Soil layer (cm)	碱土 Alkaline soil		
	土壤容重 Bulk density (g cm ⁻³)	装土重量 Soil weight (kg)	总重 Total weight (kg)		土壤容重 Bulk density (g cm ⁻³)	装土重量 Soil weight (kg)	总重 Total weight (kg)
0~ 5	1.412	1.28		0~ 5	1.579	1.43	
5~ 20	1.458	3.97		5~ 20	1.515	4.12	
20~ 40	1.414	5.13	26.13	20~ 40	1.455	5.28	
40~ 60	1.465	5.32		40~ 60	1.454	5.28	26.72
60~ 100	1.437	10.43		60~ 100	1.463	10.61	

表 2 脱硫石膏施加量与试验处理布置

Table 2 Application rates of desulfurized gypsum (DG) and design of experiment treatments

土壤 Soil	脱硫石膏处理 Desulfurized gypsum		处理组合 Experiment treatments			
	分级 Classification	用量 Rate of DG (g kg ⁻¹)	第 1 次淋洗 The 1st leaching	第 2 次淋洗 The 2nd leaching	第 3 次淋洗 The 3rd leaching	第 4 次淋洗 The 4th leaching
强度碱化土 Strongly alkalinized soil	I	3.00	I 1	I 2	I 3	I 4
	II	3.60	II 1	II 2	II 3	II 4
碱土 Alkaline soil	III	7.00	III 1	III 2	III 3	III 4
	IV	8.40	IV 1	IV 2	IV 3	IV 4

注: 将碱土施加脱硫石膏量为 3.0 g kg⁻¹ 的 4 次淋洗看成一个处理组合, 定义为强度碱化土处理 I, 其余类推

在每次(时间间隔为 12d)加水淋洗之前, 用土钻分层(0~ 5、5~ 10、10~ 20、20~ 40、40~ 60、60~ 80、80~ 100 cm)提取土样, 每个处理组合(强度碱化土处理 I、处理 II; 碱土处理 III、处理 IV)各采集一个土柱, 测定可溶性盐组成、pH、EC、代换性钠和 CEC。

1.3 测试方法

将提取的土样过 1 mm 筛, 按 1: 5 土水比与不含 CO₂ 的蒸馏水混合, 充分振荡摇匀并过滤, 取上层清液进行测定。可溶性盐测定: CO₃²⁻ 和 HCO₃⁻ 采用双指示剂滴定法测定; Cl⁻ 采用 AgNO₃ 滴定法测定; SO₄²⁻ 采用 EDTA 回滴法测定; Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 采用 EDTA 滴定法测定; K⁺ 和 Na⁺ 由差减法计算; pH 用酸度计

实测; EC 用电导仪实测。交换性盐基测定: K⁺ 和 Na⁺ 用醋酸钠浸提、火焰光度计法测定; Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 用醋酸钠浸提、EDTA 滴定法测定。

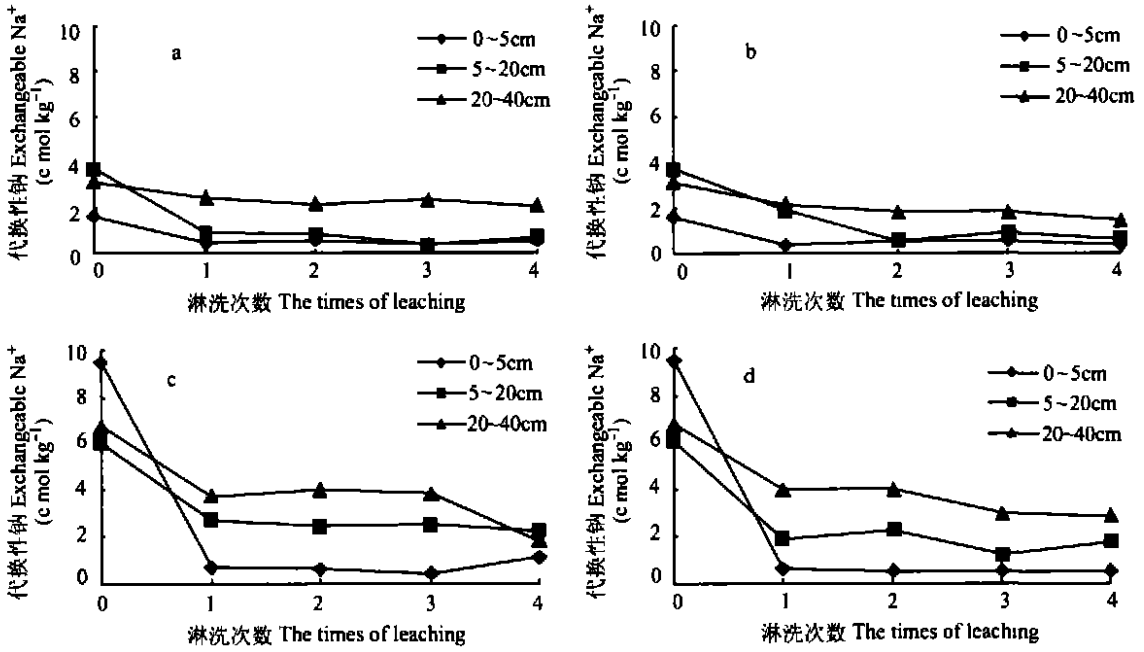
2 结果与讨论

2.1 不同脱硫石膏施加量和淋洗次数对代换性钠变化的影响

阳离子代换性能是土壤的重要特性, 通常是评价土壤保水保肥能力的指标, 尤其对碱性土壤来说, 则是更为重要的土壤改良指标, 碱性土壤的许多不良性质是与其代换性钠(ES)的数量密切相关的^[2],

大量的代换性钠能导致土壤性质不断恶化。供试土壤施加脱硫石膏后,随着淋洗次数的增加,各处理、各土层代换性钠都呈减小的趋势,且 $ES_{0\sim 5} < ES_{5\sim 20} < ES_{20\sim 40}$ (见图 1),表层 0~5 cm 的代换性钠由初始的最大变为最小;第一次淋洗各层代换性钠下降幅度最大,尤其在 0~5 cm。代换性钠的降幅和脱硫石膏施用量成正相关,且碱土区变化要比强度碱化区明显;4 次淋洗改良后,强度碱化区的代换性钠低于碱土区(见图 2)。可见,淋洗在改良过程中起着至关重要的作用,首先脱硫石膏提供了 Ca^{2+} 源,将

碱性土壤胶体中的代换性钠置换出来,然后通过淋洗,将 Na^+ 洗走,改良效果首先在表层;虽然置换反应可以在短时间内完成,改良可以在短时间内取得一定成效,但是由于碱性土壤恶劣的物理特性,渗透性差,置换出来的 Na^+ 不能迅速被淋洗出土体,不能形成 $Ca^{2+} \rightarrow Na^+$ 单向置换机制,导致 $Ca^{2+} \leftrightarrow Na^+$ 可逆代换,改良效果减缓,如果要达到很好的改良效果,需要的时间比较长;改良碱性土壤所需要的脱硫石膏用量并不是与土壤的碱化呈正比的,碱化程度越大,所需脱硫石膏的相对增加量越大,改良也越难。

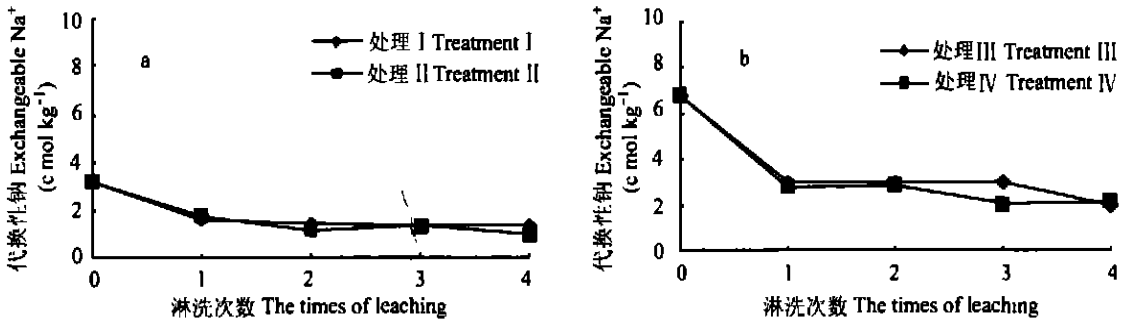


a. 强度碱化土处理 I (施脱硫石膏 3 g kg⁻¹); b. 强度碱化土处理 II (施脱硫石膏 3.6 g kg⁻¹);
 c. 碱土处理 III (施脱硫石膏 7 g kg⁻¹); d. 碱土处理 IV (施脱硫石膏 8.4 g kg⁻¹)

a. Strongly alkalized soil treatment I (3 g kg⁻¹ desulfurized gypsum); b. Strongly alkalized soil treatment II (3.6 g kg⁻¹ desulfurized gypsum);
 c. Alkaline soil treatment III (7 g kg⁻¹ desulfurized gypsum); d. Alkaline soil treatment IV (8.4 g kg⁻¹ desulfurized gypsum)

图 1 强度碱化土和碱土代换性钠随淋洗次数变化

Fig. 1 Variation of soil exchangeable Na⁺ with the times of leaching in strongly alkalized soil and alkaline soil



a. 强度碱化土处理 I 和处理 II; b. 碱土处理 III 和处理 IV; 图中代换性钠是指土壤表层 0~40 cm 的加权平均值

a. Strongly alkalized soil treatment I and treatment II; b. Alkaline soil treatment III and treatment IV;

The exchangeable Na⁺ in the figure is the mean value of the 0~40 cm surface soil

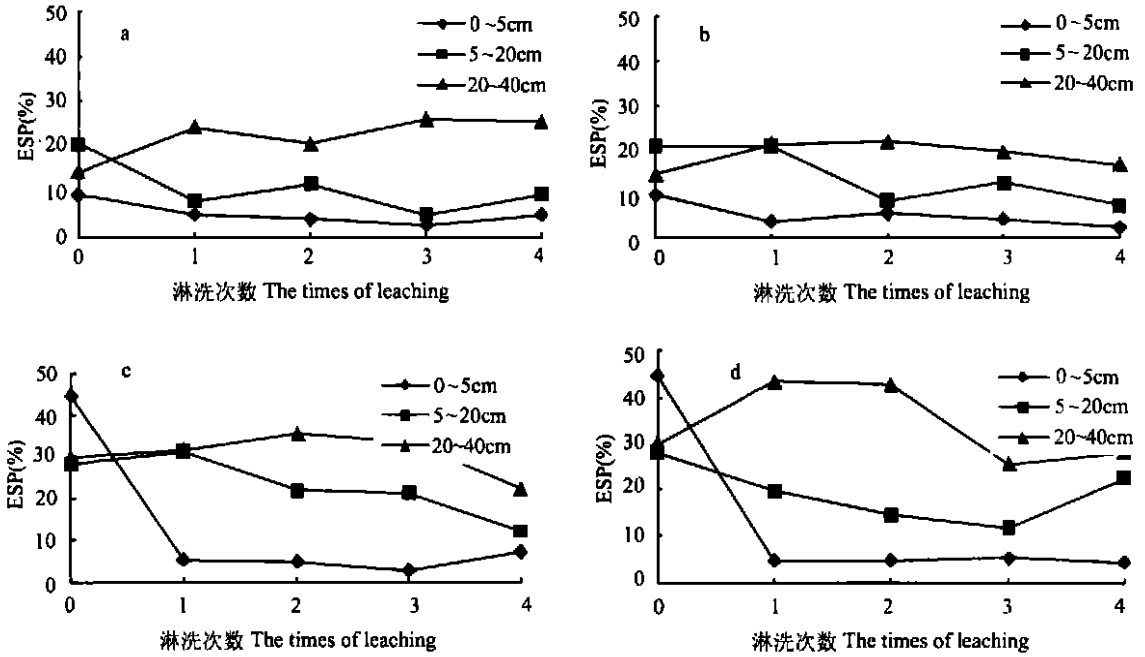
图 2 不同脱硫石膏处理强度碱化土和碱土代换性钠变化

Fig. 2 Variation of exchangeable Na⁺ in the strongly alkalized soil and alkaline soil with the rate of the desulfurized gypsum treatments

2.2 不同脱硫石膏施加量和淋洗次数对 ESP 变化的影响

施加脱硫石膏后, 随着淋洗次数的增加, 各处理、各土层 ESP 都呈减小的趋势, 且 $ESP_{0-5} < ESP_{5-20} < ESP_{20-40}$ (图 3); 强度碱化区表层 0~20 cm 和碱土区表层 0~5 cm 的 ESP 已经降至 15 以下, 低于强度碱化土 ESP 的临界值, 强度碱化区表层 0~5 cm 的 ESP 基本低于 5, 已经属于非碱化土; 脱硫石

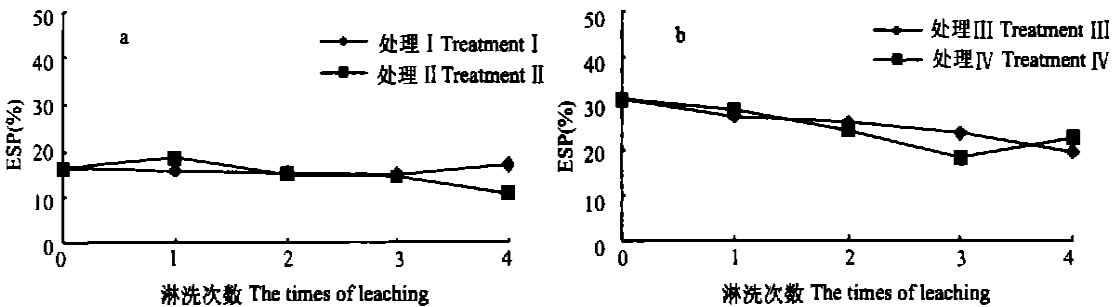
膏用量愈大, ESP 降低的也愈大, 改良后的 ESP 与脱硫石膏的施用量成反比的关系 (见图 4), 但脱硫石膏用量增大, 必然会引起盐分累积。因此, 脱硫石膏存在一个优化利用的问题。一般情况下脱硫石膏利用效率在 85% 左右, 本试验处理 II 和处理 IV 脱硫石膏的施用量是实际计算量的 1.2 倍, 分别比处理 I 和处理 III (脱硫石膏施加量按实际计算获得) 取得了更好的效果。



a. 强度碱化土处理 I (施脱硫石膏 3 g kg^{-1}); b. 强度碱化土处理 II (施脱硫石膏 3.6 g kg^{-1});
c. 碱土处理 III (施脱硫石膏 7 g kg^{-1}); d. 碱土处理 IV (施脱硫石膏 8.4 g kg^{-1})
a. Strongly alkalized soil treatment I (3 g kg^{-1} desulfurized gypsum); b. Strongly alkalized soil treatment II (3.6 g kg^{-1} desulfurized gypsum);
c. Alkaline soil treatment III (7 g kg^{-1} desulfurized gypsum); d. Alkaline soil treatment IV (8.4 g kg^{-1} desulfurized gypsum)

图 3 强度碱化土和碱土 ESP 随淋洗次数变化

Fig. 3 Variation of ESP in the strongly alkalized soil and alkaline soil ESP with the times of leaching



a. 强度碱化土处理 I 和处理 II; b. 碱土处理 III 和处理 IV; 图中 ESP 是指土壤表层 0~40 cm 的加权平均值
a. Strongly alkalized soil treatment I and treatment II; b. Alkaline soil treatment III and treatment IV;

The ESP in the figure is the mean value of the 0~40 cm surface soil

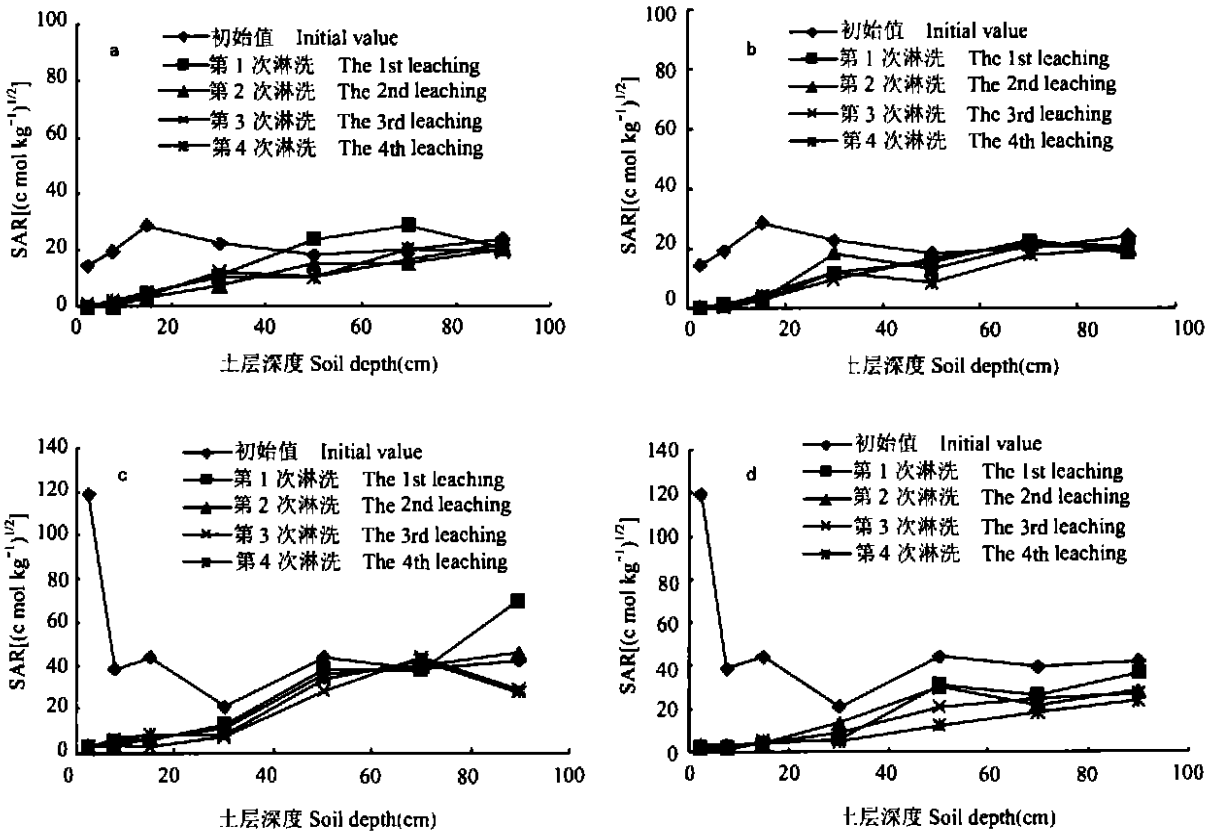
图 4 不同脱硫石膏处理强度碱化土和碱土 ESP 变化

Fig. 4 Variation of ESP in the strongly alkalized soil and alkaline soil with the rate of the desulfurized gypsum treatments

2.3 不同脱硫石膏施加量和淋洗次数对 SAR 变化的影响

在施加脱硫石膏后, 经过淋洗, 各种处理的碱性土壤的表层 SAR 都有所减少, 在土层的中部 SAR 基本保持不变; 强度碱化土处理 I、强度碱化土处理 II、碱土处理 III 和碱土处理 IV 淋洗后 SAR 低于初始值的土层分别为 0~ 50 cm、0~ 60 cm、0~ 40 cm 和 0~ 50 cm, SAR 低于 13 的土层分别为 0~ 50 cm、0~ 50 cm、0~ 30 cm 和 0~ 30 cm; SAR 低于初始值的土层深度, 强度碱化土大于碱土, 处理 II 和处理 IV 分别

大于处理 I 和 III。SAR 和淋洗次数呈负相关关系, 土壤条件越好, 淋洗速率越高, 改良效果越好。在相同土壤条件下, 多次淋洗改良土壤效果可能更好。SAR 由表层到底层呈逐渐增加的趋势(见图 5)。在不同处理中, 碱土区 $SAR_{TIV} < SAR_{TIII}$ (T_{III} , T_{IV} 分别代表处理 III 和处理 IV), 处理 IV 中, SAR 基本都在初始值之下; 而处理 III 中, 在表层 0~ 50 cm, 淋洗后的 SAR 小于初始值, 在底层 50~ 100 cm, 淋洗后的 SAR 大于初始值(见图 6), 说明盐分在土壤底层产生了累积, 必须加强淋洗。



a. 强度碱化土处理 I (施脱硫石膏 3 g kg^{-1}); b. 强度碱化土处理 II (施脱硫石膏 3.6 g kg^{-1});
c. 碱土处理 III (施脱硫石膏 7 g kg^{-1}); d. 碱土处理 IV (施脱硫石膏 8.4 g kg^{-1})

a. Strongly alkalinized soil treatment I (3 g kg^{-1} desulfurized gypsum); b. Strongly alkalinized soil treatment II (3.6 g kg^{-1} desulfurized gypsum);
c. Alkaline soil treatment III (7 g kg^{-1} desulfurized gypsum); d. Alkaline soil treatment IV (8.4 g kg^{-1} desulfurized gypsum)

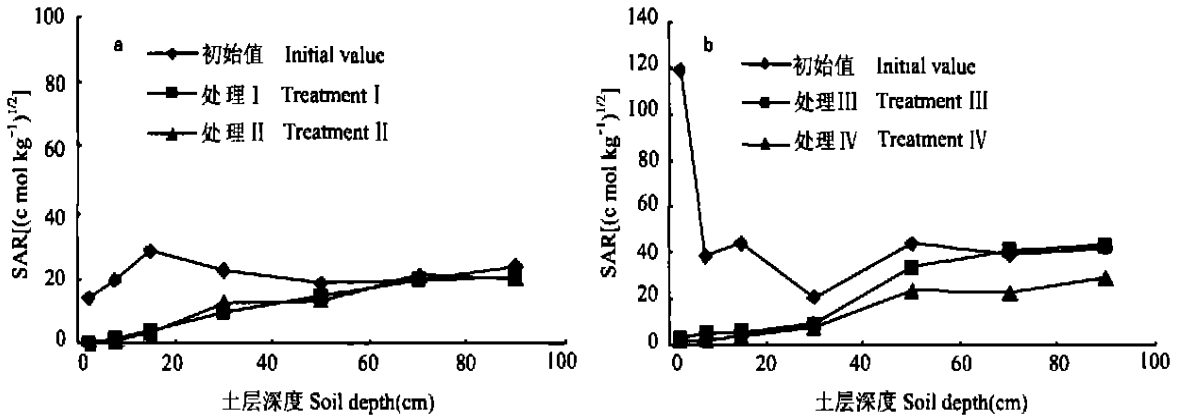
图 5 强度碱化土和碱土 SAR 随淋洗次数变化

Fig. 5 Variation of SAR in the strongly alkalinized soil and alkaline soil with the times of leaching

2.4 不同脱硫石膏施加量和淋洗次数对 pH 变化的影响

通过施加脱硫石膏和淋洗改良, 碱性土壤表层的 pH 显著降低。强度碱化土处理 I、强度碱化土处理 II、碱土处理 III 和碱土处理 IV 土壤 pH 明显降低的土层深度分别为 40 cm、40 cm、20 cm 和 20 cm,

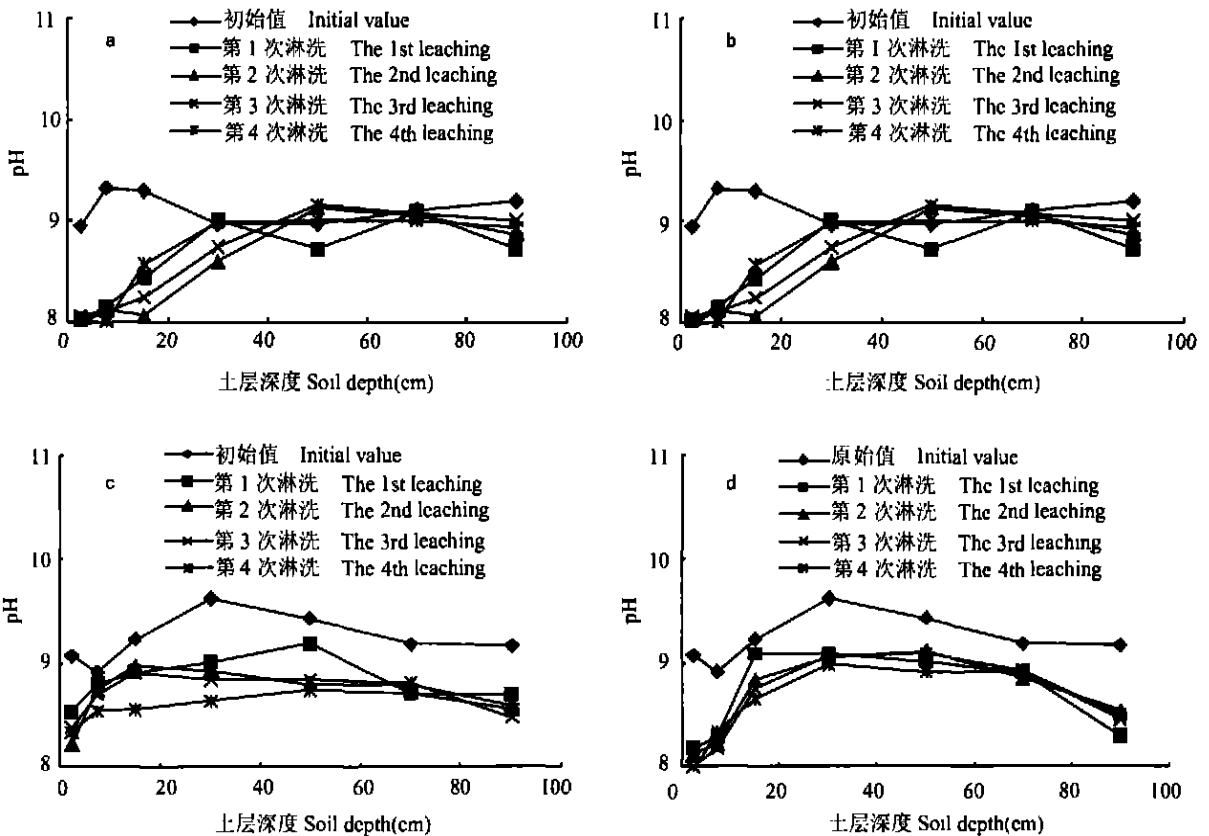
其土壤 pH 低于 8.5 的土壤深度分别为 0~ 20 cm、0~ 20 cm、0~ 5 cm 和 0~ 10 cm(见图 7)。对于不同脱硫石膏处理, 强度碱化土表层 0~ 60 cm, 处理 II 的 pH 小于处理 I, 而在 60 cm 以下大于处理 I; 碱土表层 0~ 20 cm, 处理 IV 的 pH 小于处理 III, 而在 20 cm 以下处理 IV 大于处理 III(见图 8)。



a. 强度碱化土处理 I 和处理 II; b. 碱土处理 III 和处理 IV; 图中 SAR 是指各土层 4 次淋洗的平均值
 a. Strongly alkalized soil treatment I and treatment II; b. Alkaline soil treatment III and treatment IV;
 The SAR in the figure is the mean value of 4 leaching in every soil depth

图 6 不同脱硫石膏处理强度碱化土和碱土 SAR 变化

Fig. 6 Variation of SAR in the strongly alkalized soil and alkaline soil with the rate of desulfurized gypsum

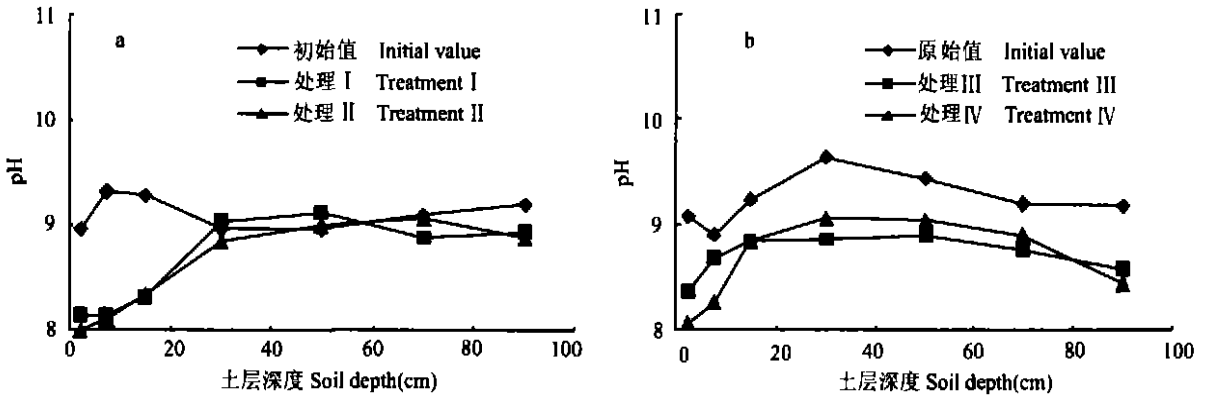


a. 强度碱化土处理 I (施脱硫石膏 3 g kg^{-1}); b. 强度碱化土处理 II (施脱硫石膏 3.6 g kg^{-1});
 c. 碱土处理 III (施脱硫石膏 7 g kg^{-1}); d. 碱土处理 IV (施脱硫石膏 8.4 g kg^{-1})

a. Strongly alkalized soil treatment I (3 g kg^{-1} desulfurized gypsum); b. Strongly alkalized soil treatment II (3.6 g kg^{-1} desulfurized gypsum);
 c. Alkaline soil treatment III (7 g kg^{-1} desulfurized gypsum); d. Alkaline soil treatment IV (8.4 g kg^{-1} desulfurized gypsum)

图 7 强度碱化土和碱土 pH 随淋洗次数变化

Fig. 7 Variation of pH in the strongly alkalized soil and alkaline soil with the times of leachings



a. 强度碱化土处理 I 和处理 II; b. 碱土处理 III 和处理 IV; 图中是指各土层 4 次淋洗的平均值

a. Strongly alkalized soil treatment I and treatment II; b. Alkaline soil treatment III and treatment IV;

The pH in the figure is mean value of 4 leadings in every soil depth

图 8 不同脱硫石膏处理强度碱化土和碱土 pH 变化

Fig. 8 Variation of pH in the strongly alkalized soil and alkaline soil with the rate of desulfurized gypsum treatments

3 结论

经过以上分析, 可得出以下结论:

1) 强度碱化土分别施加 3 g kg^{-1} 、 3.6 g kg^{-1} 、碱土分别施加 7 g kg^{-1} 、 8.4 g kg^{-1} 脱硫石膏经过 4 次淋洗后, 土壤表层的代换性钠、ESP、SAR 和 pH 均显著降低。在表层 0~5 cm 四种处理的代换性钠分别降低到 0.50 、 0.35 、 1.18 和 $0.49 \text{ c mol kg}^{-1}$; ESP 分别降低到 5.13% 、 2.45% 、 7.20% 和 4.24% ; SAR 分别降低到 0.30 、 0.24 、 2.01 和 $1.51 (\text{c mol kg}^{-1})^{1/2}$; pH 分别降低为 8.08 、 7.98 、 8.34 和 7.97 。在表层 5~20 cm 四种处理的代换性钠分别降低到 0.68 、 0.62 、 2.30 和 $1.78 \text{ c mol kg}^{-1}$; ESP 分别降低到 9.32% 、 7.47% 、 11.91% 和 20.50% ; SAR 分别降低到 2.05 、 0.53 、 6.78 和 $4.10 (\text{c mol kg}^{-1})^{1/2}$; pH 分别降低为 8.64 、 8.58 、 8.65 和 8.62 。在表层 20~40 cm 四种处理的代换性钠分别降低到 2.09 、 1.43 、 2.85 和 $2.91 \text{ c mol kg}^{-1}$; ESP 分别降低到 25.83% 、 16.69% 、 28.17% 和 25.83% ; SAR 分别降低到 10.06 、 10.79 、 8.48 和 $4.33 (\text{c mol kg}^{-1})^{1/2}$; pH 分别降低为 9.00 、 9.00 、 8.64 和 8.90 。且在强度碱化土 0~40 cm、碱土区 0~20 cm, 基本上达到了 $\text{ESP} < 15$ 、 $\text{SAR} < 13$ 和 $\text{pH} < 8.5$ 的中度碱化土水平, 碱性土壤得到了改良。

2) 淋洗在改良过程中起着至关重要的作用, 改良效果和淋洗次数呈正相关关系。

3) 虽然置换反应可以在短时间内完成, 改良可以在短时间内取得成效, 第一次淋洗取得的效果最

为明显, 但是由于碱性土壤的物理特性较差, 达到很好的改良效果需要更长的时间。

4) 由于脱硫石膏存在着利用效率问题, 在实际计算量的基础上增加 20%, 改良效果更佳。

5) 表层土壤改良效果最为明显, 改良初期由于淋洗累积的作用, 中底层土壤碱化程度还略有加重。

参考文献

- [1] Clark R B, Richey K D, Baligar V C. Benefits and constraints for use of FGD products on agricultural land. *Fuel*, 2001, 80: 821~828
- [2] 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. *土壤与环境*, 2001, 10(1): 23~26. Xu S G, Li S Y, Liao X R, *et al.* Study on the use of desulphurisation products in planting peanut in a pot experiment (In Chinese). *Soil and Environmental Sciences*, 2001, 10(1): 23~26
- [3] 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. *生态科学*, 2003, 22(3): 222~226. Li S Y, Lan P L, Xu S G, *et al.* Agriculture resource use study of desulphurization byproduct of hum coal smoke with acid soils (In Chinese). *Ecologic Science*, 2003, 22(3): 222~226
- [4] 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. *生态学杂志*, 1999, 18(1): 25~29. Li H Z, Xu Y P, Yang W Q, *et al.* Study on effect of using sulfur remarl gypsum as an amendment to the heavy soda saline alkaline soil (In Chinese). *Chinese Journal of Ecology*, 1999, 18(1): 25~29
- [5] Chun S, Nishiyama M, Matsumoto S. Sodid soils reclaimed with by product from flue gas desulfurization: Corn production and soil quality. *Environmental Pollution*, 2001, 114: 453~459
- [6] US Salinity Laboratory Staff. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. US Department of Agriculture Handbook 60, Washington, DC: US Government Printing Office, 1954
- [7] 张明柱, 黎庆淮, 石秀兰. *土壤学与农作学*. 北京: 水利电力

出版社, 1994. Zhang M Z, Li Q H, Shi X L. Soil and Crop Science
(In Chinese). Beijing: Water and Electric Power Press, 1994

Y Z, Li B G. Soil Solute Transport (In Chinese). Beijing: Science
Press, 1998

[8] 李韵珠, 李保国. 土壤溶质运移. 北京: 科学出版社, 1998. Li

VARIATION OF CHEMICAL INDICES OF ALKALINE SOIL AMELIORATED WITH DESULPHURIZATION BYPRODUCTS

Wang Jinman¹ Yang Peiling^{††} Ren Shumei¹ Xiang Guangming²

(1 College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

(2 Department of Thermal Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract The soil column leaching method was adopted to study effects of application of desulphurisation products on chemical indices (exchangeable Na^+ , ESP, SAR and pH) of alkaline soil when they were used as amendment to ameliorate sodic soil. Two kinds of alkaline soils, strongly alkalized soil and alkaline soil, were tested in this experiment, with four levels of desulphurisation products, 3 g kg^{-1} and 3.6 g kg^{-1} for the former and 7 g kg^{-1} and 8.4 g kg^{-1} for the latter. The results show that exchangeable Na^+ , ESP, SAR and pH decreased significantly after desulphurisation products were applied and the soils were leached in all the treatments, and the soils were improved. The effects of high rates of desulphurisation products were much better than of the low rates. After 3.6 g kg^{-1} and 8.4 g kg^{-1} of desulphurisation products were applied, respectively, in the 0~40 cm surface layer of the strongly alkalized soil and 0~20 cm surface layer of the alkaline soil the chemical indices were all reduced to $\text{ESP} < 15$, $\text{SAR} < 13$ and $\text{pH} < 8.5$, the criteria for moderately alkalized soils.

Key words Desulphurisation by products; Amelioration; Alkaline soil; Chemical indices