



王云贺, 王志春, 杨帆, 等. 施用脱硫石膏对稻田碱土和排水中可溶性盐分的影响[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(6): 113-116.

施用脱硫石膏对稻田碱土和排水中 可溶性盐分的影响

王云贺^{1,2}, 王志春^{1,3}, 杨帆^{1,3}, 安丰华^{1,3}, 杨洪涛^{1,2}, 鲍达^{1,3}

(1 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130102; 2 吉林农业大学 中药材学院, 吉林 长春 130118;
3 大安碱地生态实验站, 吉林 大安 131317)

摘要:【目的】探讨不同脱硫石膏施用量对稻田碱土和排水中可溶性盐分的影响。【方法】通过田间试验,研究了脱硫石膏3个施用量 29.17、16.68 和 4.17 t·hm⁻² (分别记为 S1、S2、S3) 对水田排水中可溶性盐分浓度的影响和苏打碱土的改良效果。【结果和结论】除碳酸根外,水稻分蘖期后水田排水中可溶性盐分的浓度趋于稳定,pH、电导率和残余碳酸钠含量(RSC)基本不变;0~20 cm 耕层土壤电导率随着石膏施入量的增加而升高,S1 和 S2 处理 10~20 cm 土壤的电导率存在显著差异($P < 0.05$),pH 和钠吸附比(SAR)则呈相反的变化趋势;0~40 cm 土壤 S1 处理的脱盐效果好于 S2 和 S3 处理。

关键词: 钠吸附比; 残余碳酸钠; 苏打碱土; 可溶性盐分; 稻田

中图分类号: S156.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2014)06-0113-04

Effects of desulfurized gypsum application on soluble salt in sodic soil and drainage water under rice cultivation

WANG Yunhe^{1,2}, WANG Zhichun^{1,3}, YANG Fan^{1,3}, AN Fenghua^{1,3}, YANG Hongtao^{1,2}, BAO Da^{1,3}

(1 Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, China;
2 College of Chinese Medicinal, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 3 Da'an Sodic Land Experiment Station,
Da'an 131317, China)

Abstract:【Objective】To explore the effects of desulfurized gypsum application on soluble salt in sodic soil and drainage water in paddy field. 【Method】A field experiment with three different application rates of desulfurized gypsum [29.17(S1), 16.68(S2) and 4.17(S3) t·hm⁻²] was carried out to assess the improvement effect of sodic soil and soluble salt ions concentration. 【Result and conclusion】The results showed that the soluble salt ions concentration except for carbonate in drainage water remained constant after rice tillering rear, and pH, electrical conductivity (EC) and residual sodium carbonate (RSC) in drainage water basically stayed unchanged. Differences in soil EC between S1 and S2 treatments were statistically significant at 10–20 cm soil depth ($P < 0.05$); soil EC increased with the increase of desulfurized gypsum application rates at 0–20 cm soil depth, however, the opposite trends were found for soil pH and sodium adsorption ratio (SAR). Improvement effects of S1 treatment on sodic soil were better than those of S2 and S3 treatments for 0 to 40 cm soil depth.

Key words: SAR; RSC; sodic soil; soluble salt; paddy field

收稿日期: 2013-09-28 优先出版时间: 2014-10-03

优先出版网址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20141003.1105.005.html>

作者简介: 王云贺(1984—), 女, 博士研究生, E-mail: wangyunhe@neigae.ac.cn; 通信作者: 王志春(1963—), 男, 研究员, E-mail: wangzhichun@neigae.ac.cn

基金项目: 中国科学院西部行动计划三期(KZCX2-XB3-16); 公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903001-06); 国家科技支撑计划(2009BADB3B03); 国家自然科学基金(31301233)

松嫩平原的盐碱土属内陆型苏打盐碱土,土壤呈强碱性反应,盐分组成以苏打(NaHCO_3 与 Na_2CO_3)为主^[1],pH多在8.5以上,重度盐碱地(pH 9.0~10.5)占多数.盐化严重,土壤渗透性差,水质盐碱化严重,多数为矿化度 $1\sim 2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的微咸水或 $3\sim 4\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的碱水^[2].同时,潜水位接近地表,蒸发强烈,土壤极易积盐、返盐,治理难度大.大量的研究表明脱硫石膏是改良盐碱土快速有效的方法之一^[3-9].但随化学改良剂的施入,水田排水的水质如何,尚缺乏足够的研究.为此开展不同脱硫石膏量改良盐碱土对水田排水可溶性盐离子浓度的影响研究,并结合盐碱土土壤改良效果的分析,提出合理的脱硫石膏用量和灌溉排水次数,为开发吉林省西部盐碱地种植水稻提供一定理论基础和技术支持.

1 试验地概况与试验方法

1.1 试验概况

试验地点为中国科学院大安碱地生态实验站($45^{\circ}35'N\sim 45^{\circ}36'N$, $123^{\circ}50'E\sim 123^{\circ}51'E$),位于松嫩平原腹地.供试土壤为苏打碱土,根据国际土壤颗粒质地分类标准,供试土样为粘土.2011年碱斑地开垦为水田,施“脱碱1号”改良剂 $4.17\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$,2011—2012年连续种植水稻(品种为“G19”).

1.2 试验设计

选取盐碱程度一致的水田,设置3个处理S1、S2、S3,分别施入脱硫石膏 29.17 、 16.68 、 $4.17\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$.小区面积 50 m^2 ,3次重复.脱硫石膏的重金属含量均低于我国肥料中砷、镉、铅、铬、汞生态指标(GB/T 23349—2009).灌溉水源为深层地下水(pH 8.55、EC $0.9\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 、RSC $5.29\text{ mmol}_c\cdot\text{L}^{-1}$).2012年5月24日插秧,此后每周排水1次.用PVC

塑料瓶采集水样,测定其pH、EC及盐分离子(Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-})浓度.试验结束后分层(0~10、10~20、20~40、40~60、60~80和80~100 cm)取土壤样品,自然阴干后测定土壤化学性质.

1.3 测定方法和统计分析

土壤可溶性盐的测定:将自然风干土样研磨并过 1 mm 孔径筛.按土水质量比为1:5浸提进行水溶性盐分析,pH和EC用TOLEDO-326便携式pH、电导仪进行测定, Na^+ 、 K^+ 离子采用火焰光度计法测量, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 采用EDTA滴定法, CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 离子采用双指示剂中和滴定法测量, Cl^- 离子采用硝酸银滴定法测量.重金属测定方法参照GB/T 23349—2009.

钠吸附比(SAR)和残余碳酸钠(亦称残余碱度,RSC)按下式计算^[10]:

$$\text{SAR} = \rho(\text{Na}^+) / \sqrt{[\rho(\text{Ca}^{2+}) + \rho(\text{Mg}^{2+})] / 2};$$

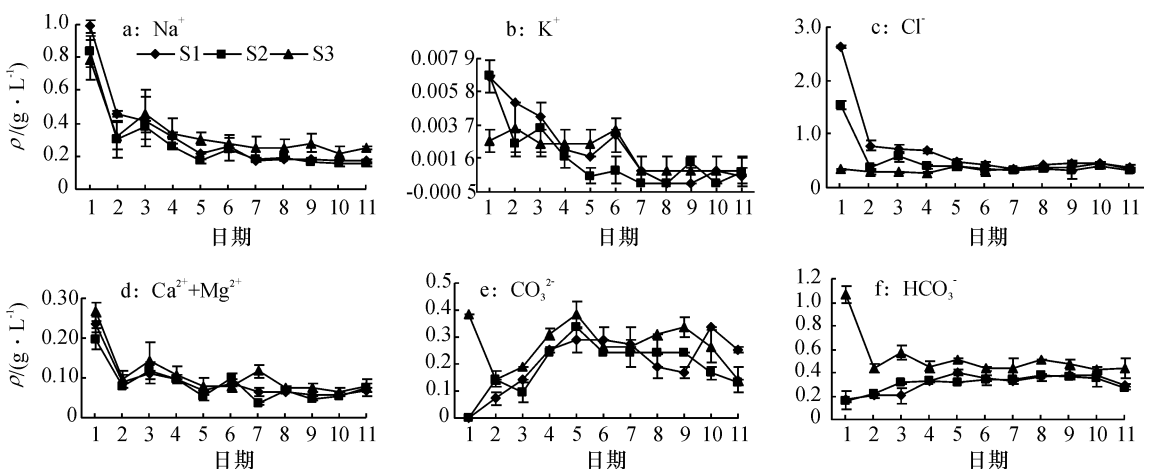
$$\text{RSC} = [\rho(\text{HCO}_3^-) + \rho(\text{CO}_3^{2-})] - [\rho(\text{Ca}^{2+}) + \rho(\text{Mg}^{2+})].$$

采用DPS软件分析数据,用Excel软件绘制趋势图.

2 结果与分析

2.1 排水中可溶性离子的浓度变化

施用不同量脱硫石膏的盐碱地水田本田期排水主要盐分离子 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 Cl^- 质量浓度变化如图1.在本田期初始阶段,随着排水次数的增加, Na^+ 质量浓度呈明显的下降趋势,到7月19日以后,其变化趋缓,3种处理呈现相似的趋势. Cl^- 、 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 和 HCO_3^- 质量浓度变化趋势和 Na^+ 基本一致.3种处理在本田期排水中 K^+ 和 CO_3^{2-} 质量浓度变化的规律性不强.



1~11分别为5月31日、6月6日、6月14日、7月12日、7月19日、7月26日、8月5日、8月12日、8月19日、8月26日、9月2日.

图1 排水中可溶性盐离子的含量变化

Fig. 1 Changes of soluble salt ions concentration in drainage water

2.2 排水盐碱指标的变化

pH、EC、SAR 和 RSC 是衡量水质盐碱化程度的重要指标. 如图2所示,插秧后至6月14日前,水田排水 pH 变化显著,S1 处理排水 pH 呈先降低后升高的变化趋势,期间 S2 和 S3 处理排水 pH 随排水次数的增加有所升高. 7月12以后至9月初水田停止灌溉,各处理水田排水 pH 变化平缓. 盐碱化水田排水的电导率随着排水次数的增加而降低,6月14日后3个处理的水田排水电导率变化不明显,但均低于初始排水的电导率,表明即使施入不同量的脱硫石膏,水稻分蘖期以后随排水排出的盐分变化不明显. 7月12日前,S3 和 S1、S2 排水 RSC 的变化不一致,而此后变化基本一致. 3个处理在各个时期排水中的 SAR 变化基本一致,平均值分别为 5.8、6.0 和 9.3 ($\text{mmol}_c \cdot \text{L}^{-1}$)^{1/2},S3 大于 S1 和 S2.

上述结果表明,施用脱硫石膏对苏打碱土的化学改良作用主要发生在水田本田期的初始阶段,部分土壤盐分通过水平排水排出水田. 水稻分蘖期结

束以后(7月12日后),随水平排水排出的土壤盐分趋于稳定. 根据联合国粮农组织 (FAO) 推荐的灌溉水质标准,在本试验中的脱硫石膏用量范围内,6月14日以后的盐碱地水田排水再利用的限制程度为轻微和中等,说明在水稻分蘖期以后,在水资源短缺的干旱地区,可以对水田排水进行适当的再利用.

2.3 不同土层盐碱化指标变化

如图3所示,苏打碱土经不同剂量的脱硫石膏改良后,0~40 cm 土层的 pH 发生明显的变化,由小到大的顺序依次为:S1 < S2 < S3. 不同土层的电导率在 0.5~0.9 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ 之间波动,在 0~20 cm 土层土壤电导率随着脱硫石膏使用量的增加而增加,20 cm 以下土层土壤电导率在不同改良剂用量之间呈现不规则变化. 在 0~40 cm 土层,随着土层的加深,SAR 呈增加趋势,且随脱硫石膏用量的增加,土壤 SAR 降低;在 40 cm 以下土层,3种处理土壤 SAR 变化规律性不明显. 上述结果表明,脱硫石膏对苏打碱土的改良作用主要发生在 0~20 cm 耕作层,土壤 pH

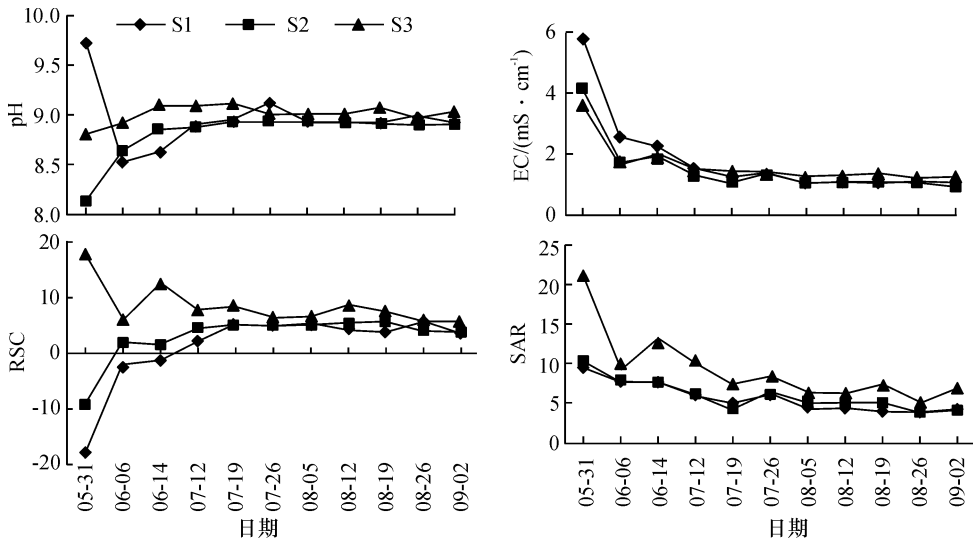


图2 排水 pH、EC、RSC 和 SAR 的变化

Fig. 2 Changes of pH, EC, RSC and SAR in drainage water

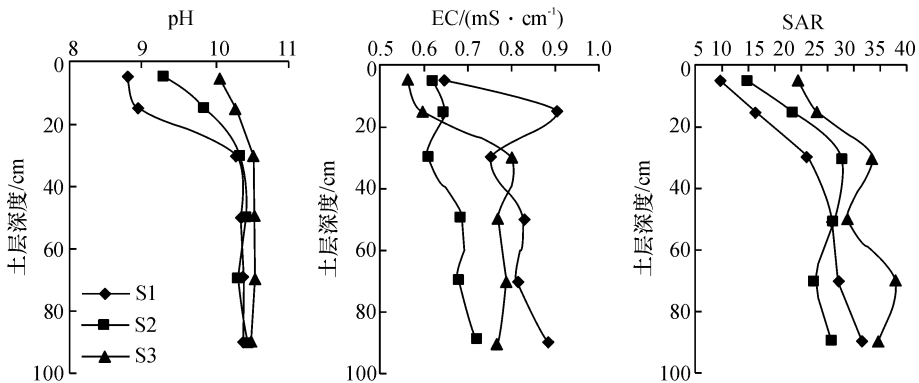


图3 不同土层盐碱化参数变化

Fig. 3 Salinization parameters distribution in different soil depth

和 SAR 随着脱硫石膏用量的增加而降低,而指示土壤含盐量的土壤电导率随着脱硫石膏用量的增加而增加,这与改良剂施在土壤表层有关.

3 结论

盐碱地区多为干旱或半干旱缺水地区,而水田又是需水的农作方式,探索水田排水再利用可行性和技术途径对盐碱地种稻可持续发展具有重要意义.在种植水稻条件下,施用脱硫石膏在改良碱土的同时,对稻田排水中的可溶性盐分浓度产生影响.在水稻分蘖结束前(7月12日前),随水田排水次数的增加,排水主要盐碱指标下降.而分蘖期以后(7月12日后),各处理排水主要盐碱指标的变化趋缓,而且不同脱硫石膏用量处理均呈现相似的变化规律.在盐碱地水稻灌溉管理上,水稻分蘖期以前,施用脱硫石膏改良的苏打碱土要增加水平排水次数,以达到水平冲洗盐分的效果;水稻分蘖期以后,水平排水可溶性盐离子含量无显著的变化,可减少排水次数,以提高水资源利用率.

脱硫石膏主要成分是硫酸钙,脱硫石膏改良碱土的原理是土壤胶体吸附的钠离子被钙离子置换出来,从而使土壤代换性钠降低^[11].脱硫石膏对种稻碱土盐碱指标的影响主要在耕层.随着脱硫石膏用量的增加,耕层土壤 pH 下降、SAR 降低,说明耕层土壤胶体上吸附的 Na^+ 被 Ca^{2+} 充分置换并随淋洗向下运动.耕作层以下,土壤盐碱指标呈现不规律性变化,说明水盐运动受到土壤理化性质影响复杂,水田不同土层脱盐效果不一致.下一步需要在更大田间尺度上系统研究脱硫石膏改良对水田土壤和排水可溶性盐分含量的影响,为盐碱地土壤改良和水田灌排制度的确立提供科学依据.

参考文献:

- [1] 李彬,王志春. 松嫩平原苏打盐渍土碱化特征与影响因素[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(6): 183-191.
- [2] 王遵亲,祝寿泉,俞仁培. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [3] 王云贺,王志春,杨帆,等. 不同改良物质对苏打碱土盐碱度及水稻生长的影响[J]. 华南农业大学学报, 2013, 34(4): 445-449.
- [4] 王立志,陈明昌,张强,等. 脱硫石膏及改良盐碱地效果研究[J]. 中国农学通报, 2011, 20(27): 241-245.
- [5] 罗成科,肖国举,张峰举,等. 脱硫石膏改良中度苏打盐渍土施用量的研究[J]. 生态与农村环境学报, 2009, 25(3): 44-48.
- [6] 肖国举,罗成科,白海波,等. 脱硫石膏改良碱化土壤种植水稻施用量研究[J]. 生态环境学报, 2009, 18(6): 2376-2380.
- [7] 张海军,李跃进,陈昌和,等. 脱硫石膏改良碱土过程中特征值变化的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(7): 165-168.
- [8] QADIR M, QURESHI R H, AHMAD N. Horizontal flushing: A promising ameliorative technology for hard saline-sodic and sodic soils[J]. Soil Till Res, 1998, 45(1): 119-131.
- [9] TESAREK P, DRCHALOVA J, KOLÍSKO J, et al. Flue gas desulfurization gypsum: Study of basic mechanical, hydric and thermal properties [J]. Constr Build Mater, 2007, 21(7): 1500-1509.
- [10] USDA. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils [M]. Washington DC: Government Printing Office, 1954: 160.
- [11] PLAYÁN E, PÉREZ-COVETA O, MARTÍNEZ-COB A, et al. Overland water and salt flows in a set of rice paddies [J]. Agric Water Manage, 2008, 95(6): 645-658.

【责任编辑 周志红】