

工业废弃物在盐碱地改良中的应用研究进展

樊丽琴, 杨建国

(宁夏农林科学院 农业资源与环境研究所, 宁夏 银川 750002)

摘要: 盐碱地是地球陆地上分布广泛的一种土壤类型, 土壤盐渍化是困扰人类的五大土壤问题之一。在耕地面积减少、人口持续增长的巨大压力下, 盐碱地改良和开发利用日益引起人们的普遍关注。利用工业废渣改良盐碱地具有良好的经济效益和生态效益, 目前可用作盐碱土改良剂的工业废渣有脱硫石膏、粉煤灰、糠醛渣等。鉴于此, 就脱硫石膏、粉煤灰、糠醛渣 3 种废弃物改良盐碱化土壤的研究进展予以综述, 并针对存在的问题提出了建议。

关键词: 盐碱地改良; 工业废弃物; 脱硫石膏; 粉煤灰; 糠醛渣

中图分类号: S714 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2012)01-0021-04

Research Progress on Industrial Waste Improving Saline-alkali Land

FAN Li-qin, YANG Jian-guo

(Institute of Agricultural Resources and Environment, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China)

Abstract: Saline-alkali land is a widely distributed soil type on the earth. Soil salinization is one of five questions that beset human beings. Under the great pressure of the decreasing of cultivated land and the sustainable increasing of population, improvement, development and utilization of saline-alkali land cause people's widespread concern increasingly. Use of industrial waste to improve saline-alkali land has good economic and ecological efficiencies. At present, desulfurization gypsum, fly ash, furfural residue and so on can be used as saline-alkali soil amendments. This paper reviews the progress on three wastes improving alkaline soil including desulfurization gypsum, fly ash and furfural residue, and puts forward some proposals on the existing problems.

Key words: improvement of saline-alkali land; industrial waste; desulfurization gypsum; fly ash; furfural residue

盐碱地是地球陆地上分布广泛的一种土壤类型, 约占陆地面积的 1/4, 其范围遍及除南极洲以外的五大洲。土壤盐渍化是困扰人类的五大土壤问题之一, 土壤盐渍化严重制约着农业生产。尤其是灌溉农田在各国灌溉历史上, 土壤盐渍化曾是影响农业发展甚至决定国家盛衰的重要原因之一。我国也是盐渍土分布广泛的国家, 根据第二次全国土壤普查统计结果, 我国盐渍土总面积为 3 455 万 hm^2 , 其中盐土面积 1 688 万 hm^2 , 碱土 86.7 万 hm^2 , 各类盐化土 1 583

万 hm^2 , 碱化土 97.15 万 hm^2 , 主要分布在东北、华北、西北内陆地区及长江以北沿海地带^[1]。气候干旱、蒸发强烈、地势低洼、地下水埋深浅、矿化度高、母质及土壤含盐量高、不合理的水资源利用方式等是内陆盐碱土形成的主要原因^[2], 在耕地面积减少、人口持续增长的巨大压力下, 盐碱地改良和开发利用日益引起人们的普遍关注。

盐碱土的改良利用途径有 4 个方面, 一是水利工程措施, 二是农业生物措施, 三是化学改良措施, 四是

收稿日期: 2011-06-19

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2007BAC08B05)

作者简介: 樊丽琴 (1979-), 女, 河南漯河人, 助理研究员, 主要从事盐碱地改良和节水灌溉研究。E-mail: fanliqin80@sohu.com

培育抗盐品种。改良碱化土壤的化学改良剂有 2 类：一类是含钙物质，通过在碱性土壤中增加钙离子来置换出土壤胶体表面吸附的钠离子；另一类是酸性物质，以氢离子置换交换性钠离子和中和土壤碱性^[3]。施用化学改良剂是盐碱土改良的一种切实可行的方法。但由于化学改良剂改良土壤耗资巨大而难以大面积实施，因此，利用工业废渣改良土壤受到人们的重视。目前工业废弃物堆积已经成为制约社会经济发展且亟待解决的问题之一，而我国对废弃物的政策是减量化、资源化和无害化。因此，利用工业废渣改良盐碱地具有良好的经济效益和生态效益，目前可用作盐碱土改良剂的工业废渣有脱硫石膏、粉煤灰、糠醛渣等。

1 脱硫石膏对盐碱地的改良

在国内外，采用石膏改良碱土已是成功的经验，石膏改良盐碱土的作用在于改善盐碱土壤的理化性质，降低土壤 pH 值、碱化度、容重及土壤硬度，提高土壤的孔隙度、渗透能力等，从而改善了土壤结构^[4-6]。我国在 20 世纪 50 年代开始了石膏改良盐碱土的研究，但采用天然石膏来改良土壤，成本太高，对于我国拥有大面积的碱土以及碱化土壤而言，大面积实施比较困难。烟气脱硫石膏技术于 20 世纪 60 年代中期在美国开始应用，70 年代在美国迅速发展，利用脱硫副产物成本低、富含 CaSO_4 的特点改良盐碱地，不仅避免了副产物贮存过程中的二次污染，而且开辟了盐碱地改良技术的新途径。在国外，利用燃煤烟气硫废弃物改良土壤的研究始于 20 世纪 90 年代，大多集中在美国，而且研究对象主要是酸性土壤^[7-12]，将其用于盐碱地改良的研究则不多见^[13]。

近年来，由于烟气脱硫是我国目前对燃煤电厂强制执行的一项环境保护措施，用脱硫石膏改良碱化土壤引起了许多农业土壤学者的关注^[14]。李焕珍等^[15]在多年撂荒的重度盐碱地上的研究表明，加入脱硫石膏能显著提高玉米的产量，但增加了土壤电导率。王金满等^[16-18]分别通过土柱淋洗和盆栽试验研究脱硫石膏对碱化土壤的改良效果，土柱淋洗试验表明，施加烟气脱硫石膏能显著降低碱化土壤的代换性钠、碱化度(ESP)、钠吸附比(SAR)和 pH 值，烟气脱硫石膏高施加水平对碱性土壤的改良效果要好于低施加水平；淋洗措施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。盆栽试验表明，适量施加烟气脱硫石膏可增加苗期向日葵的出苗率，同时降低碱化土壤的 ESP、pH 值和全盐量(TDS)，但过量施加脱硫石膏则会抑制作物的出苗和生长。陈

欢等^[19]在内蒙古托克托县以玉米为种植作物，进行碱化土壤脱硫石膏改良试验示范工作，2 a 多的田间试验也证明了这一效果。石懿等^[20]通过对碱土和强碱化 2 种土壤施加不同数量脱硫石膏进行了改良大田试验研究，探讨了土壤 SAR 以及土壤溶液 pH 值的变化规律。研究结果表明：在施加脱硫石膏淋洗后，耕作层范围内(0~15 cm)的土壤胶体上吸附的 Na^+ 都明显降低，但由于碱土恶劣的渗透性能，使上层土壤淋洗的盐分不能全部排出土体，导致 Na^+ 在下层积累，pH 值升高。张海军等^[21]通过田间试验，研究了脱硫石膏在改良碱土过程中对碱土特征值(盐分组成、pH 值、碱化度、土壤渗透性及硬度)的影响，研究结果表明：土壤理化性质的改善与脱硫石膏施用量呈正相关，特别是物理性质，脱硫石膏施用量越大，土壤渗透性越好、硬度明显降低，但土壤全盐量随脱硫石膏施用量的增多而增大。“十一五”以来，清华大学、内蒙古农业大学、宁夏大学等在黄河河套地区的内蒙古土默川平原、宁夏前进农场和暖泉农场等地开展了利用燃煤电厂脱硫石膏改良碱化土壤的田间试验研究，取得了初步成果。研究表明，利用脱硫石膏改良碱化土壤具有成本低、见效快、改良效果显著等优点^[22-24]。

2 粉煤灰对盐碱地的改良

粉煤灰是火力发电厂排出的工业废渣，在今后相当长的时期内，火电仍然是我国电力工业发展的主流，粉煤灰的产量必将随之快速增长，粉煤灰的大量排放不仅占用了大量土地，还污染了环境。因此，大规模开展粉煤灰综合利用将更为迫切。建筑材料、道路工程材料、矿坑回填材料、化学添加剂、污水处理材料等几种用途对粉煤灰的消耗是有限的，相对于粉煤灰的年排放量和总堆积量来说，仍然不能抑制粉煤灰堆积的绝对增长量，因而不能从根本上治理粉煤灰给环境带来的影响。应当寻求能够大量消耗粉煤灰的途径，即粉煤灰的农、林资源化。

粉煤灰是一种复杂的细分散固体物质，具质轻、多孔、多砂、渗透快、吸水性强、吸附性高的特征特性，还含有一定的对作物有益的元素，其对土壤的有利作用主要是改善土壤结构、降低容重、增加孔隙度、提高地温、缩小膨胀率，特别是对黏质土壤有很好的效果，并且有利于保湿保墒，使水、肥、气、热趋向协调，为作物生长创造了良好的土壤环境^[25-26]，因而粉煤灰也用作土壤改良剂。这方面的报道也很多^[27-32]，但用在盐碱地改土方面的研究报道不多，试验表明：粉煤灰既可增加盐碱土的营养成分，降低土壤含盐量和碱化

度,改变土壤的化学性质,又能增大土壤孔隙度,使土壤结构疏松,增强土壤的透气性和透水性^[33]。

3 糠醛渣对盐碱地的改良

糠醛渣是以玉米穗轴等农副产品粉碎后加入硫酸或磷酸钙等在一定的温度和压力作用下,发生一系列水解化学反应提取糠醛后剩下的废渣。糠醛渣作为燃料燃烧会污染大气环境,堆放期间会占用土地,污染土壤和地下水。因此,糠醛渣的农业资源化利用引起了人们的重视。糠醛渣 pH 值为 1.86~3.15,含速效氮 328~533 mg/kg,速效磷 109~393 mg/kg,速效钾 700~750 mg/kg,因其含有机质和养分,且是一种强酸性物质,对碱土改良和预防土壤次生碱化效果明显,目前,秦嘉海等^[34]、杨柳青等^[35]、蔡阿兴等^[36]、罗成科等^[37]、杜伟光等^[38]开展了盐碱地的糠醛渣改良研究,认为糠醛渣对碱土改良和预防土壤次生碱化效果明显,在降低土壤 pH 值、碱化度,降低土壤容重和提高作物产量等方面效果显著。杨全刚等^[39]通过盆栽试验,研究了包括糠醛渣在内的 4 种改良剂的不同组合对盐碱土化学性质和菠菜的产量及生长效应的影响。结果表明,腐殖酸、硫、石膏、糠醛渣是改良盐碱土,促进菠菜生长的最佳组合。李宏广等^[40]、李茜等^[41]的研究表明,脱硫废弃物和糠醛渣配合施用对碱化土壤的改良效果显著。杨海儒等^[42]通过田间试验研究了石膏、粉煤灰及糠醛渣组合对盐碱土改良的作用及改良机制,并与单一改良剂的影响进行了比较,结果表明:石膏、粉煤灰与糠醛渣组合比单施石膏、粉煤灰与糠醛渣对盐碱土理化性质的改良效果更显著。

4 工业废弃物改良盐碱地存在的问题与建议

利用工业废弃物改良盐碱土的研究虽取得了一定的进展,但仍存在以下 4 个问题,一是施用单一废弃物改良盐碱土壤的研究成果较多,这样可能存在营养元素比例失调、改良效果单一等问题,容易造成不同类型不同程度的负面影响,认为应从改善土壤物理性质、平衡供给养分、提高土壤有益微生物活性等多方面入手考虑选择合适的废弃物及其组合,避免造成新的障碍因子;二是干旱和半干旱地区的盐碱化多是由于人类不合理灌溉引起的,同时废弃物含有作物所需要的营养元素,认为开展废弃物的施用结合节水及施肥措施的研究对工农业可持续发展意义更为重大;三是利用废弃物改良中重度碱化土壤的研究成果多,中重度盐化土壤的研究成果少,实际上,钠质盐化土

壤在我国西北、华北内陆干旱地区、东部滨海地区是非常普遍的。这些地区土壤盐分以氯化钠和硫酸钠为主,ESP 较高,但 pH 值一般 <8.5 ^[43],因脱硫石膏、粉煤灰等工业废弃物在某种程度上也是一种盐分,这方面的研究应考虑在施用废弃物的同时如何避免增加土壤剖面盐分,减少土壤盐渍化进一步加重的风险;四是注重工业废弃物对盐碱地土壤理化性质的改良,目前的研究很少把植物—土壤—地下水作为一个整体系统来进行,忽视了废弃物对植物品质、土壤环境、地下水水质的影响。

由于土壤是一个十分复杂的体系,因此,含有一定量重金属的工业废弃物的施用是一个需要非常慎重的问题,工业废弃物是否对土壤环境友好,需要长期定点试验进行系统的研究和验证。笔者认为,通过施用工业废弃物来提升盐碱地耕地质量,使土壤环境良性发展,需要农业科技工作者长期不懈的努力,从而为工业废弃物在农业生产上实现资源化和无害化利用提供理论依据和技术支撑。

参考文献:

- [1] 王遵亲. 中国盐渍土[M]. 北京:科学出版社,1993.
- [2] 罗斌. 我国的盐碱化土地与治理技术[J]. 林业科技通讯,1994(3):8-10.
- [3] Rhoades J D, Loveday J. Salinity in irrigated agriculture[M]//Steward B A, Nielsen D R. American Society of Civil Engineers. Irrigation of Agricultural Crops. American Society of Agromonists; Madison, WI, 1990: 1089-1142.
- [4] 孙毅,高玉山,闫孝贡,等. 石膏改良苏打盐碱土研究[J]. 土壤通报,2001,32(6):97-101.
- [5] 高玉山,朱知运,毕业莉,等. 石膏改良苏打盐碱土田间定位试验研究[J]. 吉林农业科学,2003,28(6):26-31.
- [6] Shainberg I, Sumner M E, Miller W P, et al. Use of gypsum on soils: a review[J]. Advances in Soil Science, 1989(9):1-11.
- [7] Wendell R R. High-calcium flue gas desulfurization products reduce aluminum toxicity in an appalachian soil[J]. Journal of Environment Quality, 1996, 27(6): 1401-1410.
- [8] Stout W L. Use of flue gas desulfurization(FGD) by-product on alfalfa[J]. Communications in Soil Science Plant Analysis, 1996, 27(9/10): 2419-2432.
- [9] Clark R B, Zero S K, Ritchey K D, et al. Growth of forages on acid soil amended with flue gas desulfurization by-products[J]. Fuel, 1997, 76(8): 771-775.
- [10] Crews J T. Liming acid forest soils with flue gas desulfurization by-product: growth of northern red oak

- and leachter quality [J]. Environmental Pollution, 1998, 103(1): 55-61.
- [11] Chen L, Dick W A, Nelson S. Flue gas desulfurization by-products additions to acid soil: alfalfa productivity and environmental quality [J]. Environmental Pollution, 2001, 114(2): 161-168.
- [12] Clark R B, Baligar V C. Growth of forages legumes and grasses in acidic soil amended with flue gas desulfurization products [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2003, 34: 157-180.
- [13] Chun S, Nishiyama M, Matsumoto S. Sodic soils reclaimed with by-product from flue gas desulphurization: corn production and soil quality [J]. Environmental Pollution, 2001, 114(3): 453-459.
- [14] 张峰举, 肖国举, 罗成科, 等. 脱硫石膏对次生碱化盐土的改良效果 [J]. 河南农业科学, 2011, 40(2): 49-53.
- [15] 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.
- [16] 王金满, 杨培岭, 石懿. 脱硫副产物对改良碱化土壤的理化性质与作物生长的影响 [J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 34-37.
- [17] 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.
- [18] 王金满, 杨培岭, 任树梅. 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 [J]. 土壤学报, 2005, 42(1): 98-105.
- [19] 陈欢, 王淑娟, 陈昌和, 等. 烟气脱硫废弃物在碱化土壤改良中的应用及效果 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(4): 38-42.
- [20] 石懿, 杨培岭, 张建国, 等. 利用 SAR 和 pH 分析脱硫石膏改良碱化土壤的机理 [J]. 灌溉排水学报, 2005, 24(4): 5-10.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 樊丽琴, 杨建国. 盐碱地改良措施对盐荒地土壤盐分及油菜产量的影响 [J]. 西北农业学报, 2010, 19(9): 154-158.
- [25] 杨剑虹, 车福才, 王定勇, 等. 粉煤灰的理化性质与农业化学行为的研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 1997, 3(4): 341-348.
- [26] 龙波. 粉煤灰的理化特性及对覆土理化性状的影响 [J]. 耕作与栽培, 1998(4): 48-50, 59.
- [27] 吴家华, 刘宝山, 董云中, 等. 粉煤灰改土效应研究 [J]. 土壤学报, 1995, 32(3): 334-340.
- [28] 汪海珍, 徐建民, 谢正苗, 等. 粉煤灰对土壤和作物生长的影响 [J]. 土壤与环境, 1999, 8(4): 305-308.
- [29] 杨安中. 粉煤灰理化性质及改土增产效应研究 [J]. 广东微量元素科学, 2000, 7(2): 54-57.
- [30] 焦有, 李贵宝, 吴德科, 等. 粉煤灰作为土壤改良剂的效用及其环境评价 [J]. 河南科学, 1997, 15(4): 470-475.
- [31] Ghodrati M, Sims J T, Vasilas B L. Enhancing the benefits of fly ash as a soil amendment by pre-leaching [J]. Soil Science, 1995, 159: 244-252.
- [32] 吴家华, 刘宝山, 董云中, 等. 粉煤灰改土效应研究 [J]. 土壤学报, 1995, 32(3): 334-340.
- [33] 吕凤山, 吴云霞. 粉煤灰改良盐碱地的试验研究 [J]. 内蒙古农业科技, 1998(3): 13-14.
- [34] 秦嘉海, 吕彪, 南永慧. 糠醛渣的改土增产效应 [J]. 土壤通报, 1994, 25(5): 237-238.
- [35] 杨柳青, 付明鑫. 糠醛渣对苏打盐渍土的改良效果研究 [J]. 土壤肥料, 1992(2): 13-16.
- [36] 蔡阿兴, 宋荣华. 糠醛渣防治碱土及增产效果的初步研究 [J]. 农业现代化研究, 1997, 18(4): 240-243.
- [37] 罗成科, 吕雯, 许兴, 等. 利用糠醛渣改良银川北部碱化土壤的效果 [J]. 江苏农业科学, 2008(3): 232-234.
- [38] 杜伟光, 康立娟, 董宁. 吉林省西部重度盐碱土糠醛渣复合改良剂配方研究 [J]. 河南农业科学, 2011, 40(6): 76-78.
- [39] 杨全刚, 邢尚军. 不同改良剂组合对盐碱土化学性质及菠菜生长影响的研究 [J]. 山东农业科学, 2003(5): 36-38.
- [40] 李宏广, 何文寿, 段晓红. 等. 宁夏前进农场碱化土壤改良及水稻合理施肥技术研究 [J]. 西北农业学报, 2009, 18(5): 217-222.
- [41] 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.
- [42] 杨海儒, 宫伟光. 不同土壤改良剂对松嫩平原盐碱土理化性质的影响 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36(20): 8715-8716, 8809.
- [43] 李小刚, 曹靖, 李凤民. 盐化及钠质化对土壤物理性质的影响 [J]. 土壤通报, 2004, 35(1): 64-72.