

隔盐层对滨海盐土理化性质的影响

张 薇¹, 李素艳^{1*}, 孙向阳¹, 张东华², 王琳琳¹, 张 涛¹, 翟鹏辉¹

(1. 北京林业大学, 北京 100083; 2. 天津市滨海新区大港林业工作站, 天津 300270)

摘要: 为探索盐碱地降盐改土的方法, 以天津市大港区滨海盐土为研究对象, 选取了陶粒、沸石、蛭石 3 种材料, 分别在树穴底部和侧壁铺设 10 cm 厚的隔离层, 研究了其对盐碱土理化性质的改良作用。结果表明: 以沸石作为隔盐层可使土壤容重下降 8.05%, 土壤通透性增强; 以沸石和蛭石作为隔盐层, 土壤总孔隙度分别上升 19.9% 和 15.3%, 土壤非毛管孔隙度分别增加 3.64 倍和 2.99 倍, 更有利于降水的下渗。3 种材料均有降盐效果, 陶粒、沸石、蛭石作为隔盐层的脱盐率分别为 60.6%、72.4%、40.2%, 其降盐能力表现为沸石>陶粒>蛭石; 以陶粒、沸石、蛭石作为隔盐层均可使土壤 pH 值显著降低。在滨海盐碱地上应用陶粒、沸石、蛭石 3 种材料作为隔盐层, 可以改善土壤理化性质, 优化植物生长的土壤微区环境。

关键词: 隔盐层; 滨海盐土; 陶粒; 沸石; 蛭石

中图分类号: S156.4⁺2 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2013)10-0051-04

Effects of Salt-isolation Layer on Physico-chemical Properties of Coastal Saline Soil

ZHANG Wei¹, LI Su-yan^{1*}, SUN Xiang-yang¹, ZHANG Dong-hua², WANG Lin-lin¹,
ZHANG Tao¹, ZHAI Peng-hui¹

(1. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. The Forestry Workstation in Coastal District of Tianjin, Tianjin 300270, China)

Abstract: In this paper, the coastal saline soil in Dagang district of Tianjin was taken as the research object, ceramsite, zeolite and vermiculite selected as insulation material to reduce salt content of soil were laid both at the bottom and jamb wall of tree well respectively with the thickness of 10 cm. The results showed that: using zeolite as the salt-isolation layers made the soil bulk density decrease by 8.05% and the soil permeability increase. Using zeolite and vermiculite as the salt-isolation layers the total porosity increase by 19.9% and 15.3%. Salt-isolation layers with zeolite and vermiculite the non-capillary porosity of soil increase by 3.64 times and 2.99 times respectively. The results also indicated that: three kinds of materials all could reduce the saltiness and the rank of reflecting the ability of reducing saltiness was as follows: zeolite>ceramsite>vermiculite. The desalination rate with ceramsite, zeolite and vermiculite was 60.6%, 72.4%, 40.2% respectively. At last, it demonstrated that using ceramsite, zeolite and vermiculite as the salt-isolation layers all could reduce pH markedly. In the coastal saline land, taking ceramic, zeolite and vermiculite as salt-isolated layers can improve the physical and chemical properties of soil and optimize the micro-environment for plants.

Key words: salt-isolation layers; coastal saline soil; ceramsite; zeolite; vermiculite

收稿日期: 2013-05-22

基金项目: 林业科技支撑项目(2009BADB2B0504); 北京市与中央在京高校共建项目—学科建设与研究生培养项目(2011)

作者简介: 张 薇(1988-), 女, 河北唐山人, 在读硕士研究生, 研究方向: 森林土壤。E-mail: zw04240424@163.com

* 通讯作者: 李素艳(1968-), 女, 内蒙古赤峰人, 副教授, 博士, 主要从事土壤与植物营养方面的研究。E-mail: lisuyan@bjfu.edu.cn

土壤盐碱化与次生盐渍化问题已经成为限制区域土地可持续利用和生态建设的主要障碍^[1], 制约农林业的发展。滨海盐碱地是在海洋和陆地的相互作用下由大量泥沙沉积而形成的连接陆地和海洋的缓冲地带^[2]。1974—1984 年, 我国滨海盐渍土面积每年增长约 60.68 km², 从 1984 年至今, 平均每年新增 20~23 km²^[3]。在滨海地区, 土壤的成土过程始于盐渍化淤泥, 土壤盐分含量的空间分布格局受多方面因素的影响, 主要包括成土母质和成土时间、距海距离、地势、道路、土地利用方式和人为管理等^[4], 最终形成的土壤中饱含可溶性盐分。其盐分高、熟化程度低, 限制了有机质的输入和积累^[5], 致使植物不能在其上生长或生长不良。

土壤盐碱化与地下水位、水质以及气候等因素有着密切关系^[6]。天津市地下水埋藏较浅、矿化度高, 加之气候干燥多风, 致使土壤盐碱化较为严重^[7], 因此, 在实践中抑制土壤返盐多应从阻断盐碱来源和降低地下水位的角度考虑^[8]。早在 20 世纪 80 年代, 农业科研工作者就发现, 设置隔盐层能够破坏土体原来的毛管系统, 增加土壤孔隙度, 有效促进洗盐和抑制土壤返盐。王文杰等^[9-10]曾在树坑的底部和四周喷洒以聚丙烯酸为主的阻盐碱层, 用于阻止深层盐碱向上运输到土壤表层, 结果表明, 以聚丙烯酸为主的阻盐碱层能够有效降低盐碱土的含盐量和 pH 值。余世鹏等^[11]研究了粘土夹层对土壤水盐运动的影响, 结果表明, 粘土层有良好的保水和隔盐能力, 尤其对表层土积盐的抑制效果显著。刘

玉涛^[12]以沧州临港区典型滨海盐碱地为试验地, 在栽植国槐等耐盐植物时在树穴底部分别铺设炉渣、沙子作为隔盐层, 结果表明, 炉渣、沙子隔盐措施均能明显降低土壤含盐量。根据天津滨海盐碱地地下水位浅、春秋易强烈返盐、园林绿化需微区换土的特点^[13], 结合前人的研究结果, 以调查区内盐碱土的理化性质为背景, 采用 3 种不同材料作为隔盐层, 探究其对盐碱土的改良作用。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验基地位于天津市大港区滨海耐盐碱植物科技园马圈耐盐碱植物试验区, 土壤属于靠近内陆平原的滨海盐碱土。大港区与渤海相邻, 土壤含盐量很高, 是土壤盐渍化较为严重的地区, 平均海拔 3 m, 属于北半球暖温带半湿润大陆性季风气候, 年平均气温约 14℃, 7 月最热, 月平均温度 28℃, 1 月最冷, 月平均温度 -2℃。年平均降水量 360~970 mm, 冬夏季风更替明显, 浅层地下水盐碱度高, 水质氯化物含量高。本研究区位于 117°13'29.1"E、38°46'6.9"N, 试验地面积为 6 667 m², 土壤肥力不高, 盐碱性较大。造林前, 实测 0~10 cm 表层的土壤理化性质见表 1。由表 1 可知, 试验区内土壤盐分组成以 Cl⁻ 为主, 含量占阴离子总量的 67.3%, Na⁺、K⁺ 含量占阳离子总量的 82.8%, 表土含盐量为 0.707%。根据学者对盐碱地类型的划分^[12]可判断出, 该研究区土壤属于滨海重度氯化物盐土。

表 1 试验点土壤背景值

容重/ (g/cm ³)	总孔 隙度/%	毛管孔 隙度/%	非毛管 孔隙度/%	pH	全盐/ (g/kg)	阴离子/(g/kg)			阳离子/(g/kg)			
						HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
1.48	41.5	40.2	1.33	8.00	7.07	0.330	3.19	1.22	0.043 0	1.83	0.240	0.148

1.2 造林区树穴内隔盐层处理方式

2011 年 4 月初, 在条件一致的试验地上按照 2 m×3 m 的株行距栽种国槐, 国槐种植区被分成 4 个小区, 在每个小区内各栽植 32 棵国槐。树穴规格为: 深 60 cm, 直径 60 cm。在树穴的侧壁和底部分别添加 10 cm 厚的隔盐材料。处理区隔盐材料设置为 T1: 陶粒, T2: 沸石, T3: 蛭石。其中, 以树穴底部和侧壁均无隔盐材料的区域作为对照(CK)^[14]。

1.3 土样采集

2012 年 11 月末, 国槐经过 2 个生长周期之后, 在 4 个小区内分别随机选取 3 个树穴, 在树穴内采集 0~10 cm 表层土壤样本, 用于室内分析。

1.4 土壤理化性质分析方法

测定各指标时每个样点采集的土样做 3 次重复。土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度用环刀法测定。土壤浸提液制备方法: 称取 20 g 过 2 mm 筛的风干土样, 按照水土比 5:1 加水并将其混合于 500 mL 三角瓶中, 振荡 3 min, 过滤后获得各土样的清澈浸提液。CO₃²⁻、HCO₃⁻ 含量采用双指示剂-中和滴定法测定, Cl⁻ 含量采用 AgNO₃ 滴定法测定, SO₄²⁻ 含量采用 EDTA 间接络合滴定法测定, Ca²⁺、Mg²⁺ 含量采用 EDTA 络合滴定法测定, K⁺、Na⁺ 含量使用火焰光度计测定, 全盐量为 7 种离子含量之和^[15]。pH 值使用 pH 计(上海三信

mp521)测定。脱盐率=(1-隔盐层处理区土壤含盐量/CK区土壤含盐量)×100%

2 结果与分析

2.1 不同处理区土壤物理性质的变化

由表 2 可以看出,与 CK 区相比,T1、T3 处理区的土壤容重均略有降低,T2 处理区的土壤容重显著降低了 8.05%,这是因为沸石能改善土壤通透性,提高排水渗透能力^[16],容重的降低能够提高土壤微生物对碳源利用的能力^[17];T1 处理区的土壤总孔隙度略有增加,T2、T3 处理区土壤总孔隙度分别显著增加 19.9%、15.3%,这说明应用隔盐层的改良区域土壤通气性和透水性不同程度的增强,土壤变

得疏松,蓄容能力变大^[18];T1 处理区土壤非毛管孔隙度略有增加,T2、T3 处理区内土壤的非毛管孔隙度均显著增加,分别比 CK 区增加 3.64 倍、2.99 倍,这是由于在蒸发强烈的季节,土壤及地下水中的可溶盐类随土壤毛管水流上升到地表,水分蒸发而盐分累积^[19],但是,隔盐层可以阻断土壤的毛管空隙,使大量盐分随水运移到隔盐层下部之后无法通过毛管空隙再向上运移,从而切断了土壤毛管空隙,使得土壤非毛管孔隙度增加,有利于降水的下渗,减少地表径流。T2 处理区的容重显著小于 CK 区,但是其非毛管孔隙度却显著高于 CK 区,这与李志洪等^[20]在探究土壤容重与土壤非毛管孔隙度之间的关系时阐述的理论相符合。

表 2 造林后不同处理区土壤的物理性质

处理	容重/(g/cm ³)	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%
CK	1.49±0.034a	41.7±0.005b	40.3±0.010a	1.43±0.007a
T1	1.47±0.036a	43.5±0.010b	42.0±0.013a	1.50±0.004a
T2	1.37±0.079b	50.0±0.018a	43.3±0.029a	6.63±0.020b
T3	1.45±0.031a	48.1±0.026a	42.4±0.036a	5.70±0.019b

注:表中数据由平均值±标准差组成,同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05),下同。

2.2 不同处理区土壤化学性质的变化

王立艳等^[21]研究指出:在同时测定八大离子的情况下,可用八大离子含量之和表示土壤可溶性全盐量。滨海盐土的盐分组成与海水基本一致,以 NaCl 为主。由表 3 可知,T1、T2、T3 处理区的 Na⁺、Cl⁻ 含量均显著低于 CK 区,说明试验中采取的隔盐层处理措施对降低滨海重度氯化物盐土主要离子含量起到了显著作用;T1、T2、T3 处理间 Cl⁻ 含量差异显著,降

低 Na⁺、Cl⁻ 含量的效果表现为 T2>T1>T3,这与翟鹏辉等^[14]的研究结果比较一致;T2 处理区的 SO₄²⁻ 含量显著低于 CK、T1、T3 区,K⁺、Ca²⁺ 含量也较 CK 区显著下降。在雨季,采用了隔盐层的树穴,其表层土壤盐分含量会随着降雨的变化出现反复变化,但总体上呈现逐渐降低趋势;在干旱季节,隔盐层阻断了毛管水的上升,大大抑制了地下水分的盐分补给作用,减少了盐分在地表的积累^[22]。

表 3 造林后不同处理区土壤八大离子的含量

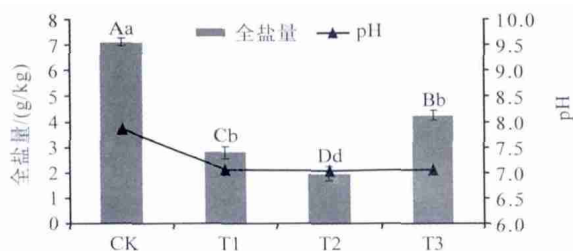
处理	阴离子				阳离子			
	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
CK	—	0.336±0.022ab	3.180±0.016a	1.250±0.126a	0.048 3±0.003a	1.830±0.025a	0.310±0.014b	0.168 0±0.039a
T1	—	0.328±0.011b	0.332±0.031c	1.230±0.024a	0.050 0±0.010a	0.375±0.010c	0.410±0.010ab	0.076 3±0.004b
T2	—	0.366±0.022a	0.277±0.016d	0.696±0.007b	0.025 0±0.010bc	0.325±0.018c	0.150±0.014c	0.122 0±0.009ab
T3	—	0.328±0.000b	0.919±0.016b	1.500±0.176a	0.033 3±0.018b	0.875±0.010b	0.485±0.021a	0.107 0±0.013ab

注:“—”代表未检出。

含盐量和酸碱度是滨海盐碱土壤区别于其他类型土壤的 2 项指示性指标,也是影响该研究区植物生长的最重要的障碍性指标^[23]。由图 2 可知,T1、T2、T3 处理区的土壤全盐量与 CK 区差异显著,且 T1、T2、T3 间差异显著,与 CK 区土壤含盐量相比,脱盐率分别为 60.6%、72.4%、40.2%。高脱盐率可能与采样季节有关系:11 月中旬至次年 3 月中旬是相对稳定阶段,试验区气候干燥寒冷,降水极

少,蒸发量不高,在土壤冻结时,地下水和土壤中的盐分随毛管水上升向冻层移动,并累积于冻层(1~2 m)内^[24],本地区 2 次聚盐高峰期出现在春末(5 月)与夏末(8 月)^[12],因此,3 种隔盐材料的降盐效果明显。与 CK 区相比,T1、T2、T3 处理区土壤 pH 值均显著降低。综合以上分析可知,试验中采取的隔盐层处理同时降低了滨海重度氯化物盐土的含盐量和 pH 值,这与谭军利等^[25]研究滴灌技术改良盐

碱地的可持续性问题得出的结论一致。



不同大写字母表示处理间全盐量在 0.05 水平上差异显著;
不同小写字母表示处理间 pH 值在 0.05 水平上差异显著

图 1 不同处理的土壤含盐量和土壤 pH 值

3 结论与讨论

用沸石作为隔盐层,可使土壤容重下降 8.05%;以沸石和蛭石作为隔盐层,分别使土壤总孔隙度上升了 19.9%和 15.3%,使土壤非毛管孔隙度分别增加 3.64 倍和 2.99 倍;以陶粒、沸石、蛭石作为隔盐层,脱盐率分别为 60.6%、72.4%、40.2%,其降盐能力强弱依次为:沸石>陶粒>蛭石;以陶粒、沸石、蛭石作为隔盐层均可使土壤 pH 值显著降低。可见,在滨海盐碱地上应用陶粒、沸石、蛭石 3 种材料作为隔盐层可以改善土壤微区环境,使研究区内土壤理化性质得到不同程度的改善。

滨海盐碱地土壤含盐量、有机质和全氮指标对综合生态改良措施响应的敏感性强,响应迅速,规律性强且响应度大^[23]。在以后的研究中,要全面测定研究区内土壤有机质和全氮指标,以期进一步研究 3 种不同处理对滨海盐碱土的改良效果。另外,本试验中所测离子含量不仅与土壤中的盐分运动有关,还与国槐的根系分布有极大关系。本研究中,在 3 种隔盐材料的作用下土壤的脱盐率较高,隔盐层的降盐效果明显。但是,若以这 3 种隔盐材料作为隔盐层来改善盐碱地的土壤质量以达到适于作物生长的目标,还需要考虑设置隔盐层的各项成本问题,明确其有无被进一步推广应用的價值,这些将是笔者以后要进一步研究的内容。

参考文献:

- [1] 郝金标,邢尚军,宋玉民,等.黄河三角洲不同造林模式下土壤盐分和养分的变化特征[J].林业科学,2007,43(增刊):34-38.
- [2] 陆宏,厉仁安.杭州湾南岸土壤演变及其开发利用研究[J].土壤通报,2009,40(2):218-220.
- [3] 殷小琳,丁国栋,张维城,等.降雨及隔盐层对滨海盐碱地水盐运动的影响[J].中国水土保持科学,2011,9(3):40-44.
- [4] 王娜娜,齐伟,王丹,等.基于样带的滨海盐碱地土壤养分和盐分的空间变异[J].应用生态学报,2012,23(6):

1527-1532.

- [5] 康健,孟宪法,许妍妍,等.不同植被类型对滨海盐碱土壤有机碳库的影响[J].土壤,2012,44(2):260-266.
- [6] 楚纯洁,刘清臻,马建华.豫东平原盐碱地土壤颗粒分形特征[J].河南农业科学,2010(5):50-54.
- [7] 李建华,刘仲奇.天津滨海地区可持续发展的生态建设策略[J].天津农业科学,2008,14(6):1-5.
- [8] 段登选,杨立邦,刘树云,等.低洼盐碱地薄膜隔盐碱效果的研究[J].土壤,2000(5):274-277.
- [9] 王文杰,关宇,祖元刚,等.施加改良剂对重度盐碱地土壤盐碱动态及草本植物生长的影响[J].生态学报,2009,29(6):2835-2844.
- [10] 王文杰,贺海升,祖元刚,等.施加改良剂对重度盐碱地盐碱动态及杨树生长的影响[J].生态学报,2009,29(5):2835-2844.
- [11] 余世鹏,杨劲松,刘广明,等.易盐渍区粘土夹层对土壤水盐运动的影响特征[J].水科学进展,2011,22(4):495-501.
- [12] 刘玉涛.隔盐措施对滨海盐碱地土壤水盐运动及四个树种生长与光合作用的影响[D].泰安:山东农业大学,2011.
- [13] 邹桂梅,黄明勇,苏德荣,等.蒸发条件下不同地下水位夹砂层土壤水盐运移特性研究[J].中国农学通报,2010,26(11):206-211.
- [14] 翟鹏辉,李素艳,孙向阳,等.隔盐层对滨海地区盐分动态及国槐生长的影响[J].中国水土保持科学,2012,10(4):80-83.
- [15] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:高等教育出版社,1999:178-196.
- [16] 郝秀珍,周东美.沸石在土壤改良中的应用研究进展[J].土壤,2003(2):103-106.
- [17] 郭永忠,李凤霞,王雪琴,等.不同改良措施对银川平原盐碱地土壤微生物区系的影响[J].河南农业科学,2012,41(11):58-63.
- [18] 秦永建.滨海盐碱地刺槐林生长衰退机理研究[D].泰安:山东农业大学,2009.
- [19] 王启基,王文颖,王发刚,等.柴达木盆地弃耕地成因及其土壤盐渍地球化学特征[J].土壤学报,2004,41(1):44-49.
- [20] 李志洪,王淑华.土壤容重对土壤物理性状和小麦生长的影响[J].土壤通报,2000,31(2):55-57.
- [21] 王立艳,潘洁,于彩虹,等.天津滨海盐碱地土壤含盐量测定方法的研究[J].天津农业科学,2011,17(5):40-42.
- [22] 张维成.滨海盐碱地造林模式及土壤水盐运动规律研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [23] 单奇华,张建锋,阮伟建,等.滨海盐碱地土壤质量指标对生态改良的响应[J].生态学报,2011,31(20):6072-6079.
- [24] 杨光滢.内蒙河套平原盐碱地水盐运动研究[J].林业科学,1999,35(4):107-110.
- [25] 谭军利,康跃虎,焦艳萍,等.滴灌条件下种植年限对大田土壤盐分及 pH 值的影响[J].农业工程学报,2009,25(9):43-50.