

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2023.02.016

周思怡, 李晓佳, 张 恂, 等. 不同物料对海滨沙性盐碱地改良效果研究. 土壤, 2023, 55(2): 356–362.

不同物料对海滨沙性盐碱地改良效果研究^①

周思怡, 李晓佳, 张 恂, 邵天韵, 隆小华*

(南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095)

摘 要: 本文针对江苏省南通市海滨盐碱地特点, 设对照、秸秆、膨化鸡粪、腐熟牛粪、功能有机肥、调理剂 I 和调理剂 II 共 7 个处理, 通过原位田间小区试验进行不同改良物料对南通海滨沙性盐碱土壤的改良效果研究。结果表明: 改良组的 pH 基本都显著高于对照组; 虽各组含盐量结果之间存在一定差异, 但改良组两个不同土层(0~10 cm、10~20 cm)的含盐量都分别显著低于对照组, 当秸秆、膨化鸡粪、腐熟牛粪、功能有机肥、调理剂 I 和调理剂 II 的施入量分别为 3.0、1.12、4.5、0.45、0.045 和 0.060 kg/m² 时, 0~10 cm 深度的土壤中含盐量相较于对照组分别降低 91.1%、93.0%、94.3%、88.8%、81.8%、78.5%, 而 10~20 cm 深度土壤中含盐量分别降低 75.3%、73.8%、69.3%、79.02%、68.2%、61.5%。研究结果说明施加上述改良物料均对降低土壤含盐量、消减盐碱障碍起到了较为显著的作用, 其中在秸秆施入量为 3.0 kg/m² 时对南通海滨沙性盐碱地改良效果最好。

关键词: 盐碱地; 改良物料; 土壤改良; 土壤含盐量; pH

中图分类号: X53 **文献标志码:** A

Study on Improvement Effects of Different Materials on Sandy Saline-alkali Land

ZHOU Siyi, LI Xiaojia, ZHANG Xun, SHAO Tianyun, LONG Xiaohua*

(College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: According to the characteristics of seaside saline-alkali land in Nantong City of Jiangsu Province, a field plot experiment was conducted with seven treatments: control, straw, puffed chicken manure, rotten cow dung, functional organic fertilizer, conditioner I and conditioner II, to compare the improvement effects of different ameliorative materials on sandy saline-alkali soil. The results show that soil pH of the modified groups are significantly higher than that of CK. In two different soil layers (0–10 cm and 10–20 cm) in each group, the material improvement significantly reduce salt content compared with CK, and there are certain differences in salt contents among different groups. When the application rates of straw, puffed chicken manure, decomposed cow manure, functional organic fertilizer, conditioner I and conditioner II are 3.0, 1.12, 4.5, 0.45, 0.045 and 0.060 kg/m², soil salinity at 0–10 cm depth is decreased by 91.1%, 93.0%, 94.3%, 88.8%, 81.8% and 78.5%, respectively, while soil salinity at 10–20 cm depth is decreased by 75.3%, 73.8%, 69.3%, 79.0%, 68.2% and 61.5%, respectively. The results indicated that different improvement materials and application rates have different effects on soil improvement, but they can all play a certain role in reducing soil salinity and improving saline-alkali land. Among them, 3.0 kg/m² straw has the best improvement effect on the coastal sandy saline-alkali land in Nantong City.

Key words: Saline-alkali soil; Soil amendments; Soil improvement; Soil salinity; pH

土壤盐碱化是我国乃至全世界普遍存在的土地退化问题, 威胁着农业的可持续性和作物生产的安全^[1]。但盐碱土的治理及改良是一个世界性难题。盐碱地独特的土壤理化、生物学性质往往产生异乎寻常的生态系统物质、能量循环过程, 对植物的损害十分

严重, 引起农业资源的浪费和脆弱的生态环境, 并造成经济损失和次生危害。作为重要的土地资源, 盐碱地有着巨大的农业潜力, 如对其进行合理改良和利用, 盐碱地将成为更有价值的土地资源。研究和改良利用盐碱地对确保我国生态安全、保障国家粮食安

①基金项目: 江苏省如东县海之城旅游综合开发建设项目、江苏省林业科技创新与推广项目重大集成示范项目(LYKJ[2019]07)和南京农业大学院级大学生创新创业训练计划项目(202113YX01)资助。

* 通讯作者(longxiaohua@njau.edu.cn)

作者简介: 周思怡(2001—), 女, 广东惠州人, 本科生, 主要研究方向为土壤改良与修复。E-mail: 15119221@njau.edu.cn

全、走可持续发展的农业之路具有重要的意义。

我国盐碱土壤面广量大、种类多样,其中江苏南通盐碱地以海滨沙性盐碱土为主。江苏南通海滨沙性盐碱地是由于入海河流携大量泥沙形成近海平原的过程中,受到河流的搬运作用和浸渍作用,海水滞留在泥沙中形成的^[2-4]。苏北平原位于黄海之滨,沿海盐碱土面积约为 65.3 万 hm^2 , 约占我国滩涂面积的 25%^[5], 每年还在不断地淤积^[6]。受海水影响,江苏南通海滨沙性盐碱地含较多以氯化钠为主的盐分,地下水水位高且含盐量大。地下水携带大量盐分蒸发,造成盐分在土壤表层聚集,导致江苏南通地区盐碱地表土(0~20 cm)盐含量极高^[7]。因此可知,江苏南通海滨沙性盐碱地改良的关键重在“治盐”^[8]。

国内外进行了大量针对治理改良盐碱地的研究,包括化学、工程、生物以及综合措施。其中施加农家肥、秸秆、灰土粪等有机物料的生物化学措施被普遍认为是经济、有效的措施,能够增加土壤孔隙度、减少盐分积累、缓解盐害,对盐碱地的治理有着显著的效果^[9-10]。

基于江苏南通海滨沙性盐碱地含盐量高的特点,本研究采用施加有机物料的改良措施,选取秸秆、膨化鸡粪、腐熟牛粪、功能有机肥、调理剂 I 和调理剂 II 共 6 种改良材料,通过田间小区试验研究不同改良材料对海滨沙性盐碱土壤的改良效果,探索海滨沙性盐碱地最优改良材料。

1 材料与方 法

1.1 试验地点

田间小区试验位于江苏省南通市如东小洋口,该区域拟用于进行小洋口“海之城”旅游综合开发项目生态建设。试验区 0~20 cm 原始土壤平均全盐含量 6.2 g/kg, 砂粒含量 460 g/kg, 粉砂粒含量 430 g/kg, 黏粒 100 g/kg, 有机质含量 6.0~8.0 g/kg。

1.2 试验材料

试验选取秸秆、膨化鸡粪、腐熟牛粪、功能有机肥、调理剂 I 和调理剂 II 共 6 种改良材料,各改良材料成分含量见表 1。

1.3 试验设计

试验每种改良物料设置 3 个用量水平,每个处理设置 3 个小区作为重复。小区间设置宽 0.6 m 的隔离行,并用塑料薄膜覆盖。每个小区面积为 10 m^2 。

秸秆(A)设 1.5、3.0、4.5 kg/m^2 3 个水平,分别用 A1、A2、A3 表示;膨化鸡粪(B)设 0.75、1.12、1.50 kg/m^2 3 个水平,分别用 B1、B2、B3 表示;腐熟牛粪(C)设 1.5、3.0、4.5 kg/m^2 3 个水平,分别用 C1、C2、C3 表示;功能有机肥(D)设 0.15、0.30、0.45 kg/m^2 3 个水平,分别用 D1、D2、D3 表示;调理剂 I(E)设 15、30、45 g/m^2 3 个水平,分别用 E1、E2、E3 表示;增效调理剂 II(F)设 30、60、90 g/m^2 3 个水平,分别用 F1、F2、F3 表示;对照小区用 CK 表示。

表 1 改良材料成分与含量表

Table 1 Components and contents in soil amendments

改良材料	主要成分与含量
秸秆	含水量 120 g/kg, pH 7.2, 全氮含量 8.9 g/kg, 全碳含量 553 g/kg, 碳氮比 0.622
膨化鸡粪	含水量 310 g/kg, pH 7.6, 全氮含量 16.3 g/kg, 全碳含量 296 g/kg, 碳氮比 0.182
腐熟牛粪	含水量 750 g/kg, pH 7.5, 全氮含量 25.8 g/kg, 全碳含量 412 g/kg, 碳氮比 0.159
功能有机肥	主要含大量有益活菌及腐殖酸
调理剂 I	为酸碱平衡调理剂,其中无机酸 ≥ 30 g/kg,有机络合酸 ≥ 450 g/kg,展着剂 ≥ 30 g/kg,渗透剂 ≥ 30 g/kg, pH ≤ 3
调理剂 II	为酸碱平衡调理剂,其中多元有机酸 ≥ 350 g/kg,总养分 ≥ 100 g/kg,金属蛋白酶 ≥ 5 g/kg,生物辅酶 ≥ 5 g/kg,有效活菌数 0.5 亿/g,游离氨基酸 $\geq 16\%$, pH ≤ 3

各物料于 2020 年 9 月 2 日分小区单独施入,与 0~20 cm 的土壤混合均匀,物料混匀后随即播种狗牙根草种;于 2020 年 10 月 18 日进行土壤采集。各小区除物料不同外,其余条件皆相同。

1.4 土壤样品采集与制备

土样采集:在每个小区随机选取 3 个采样点,用土钻(直径 6 cm)进行分层采样,采样深度为 0~10 cm 和 10~20 cm,将采集的土壤样品分装于自封袋中并标明序号。

土样制备:土壤样品带回实验室后自然风干,风干后土壤进行粉碎研磨并通过 200 目筛子,在室温下保存以供后期理化性质测量分析。

1.5 测试方法

电导率测定采用导电法^[11],取土样适量,按照水土比 5:1 浸提后,通过上海雷磁 DDS-11A 型电导率仪测定。pH 测定采用电位法^[11],按照水土比 5:1 浸提后,通过上海雷磁 PHS-3E 型 pH 计测定。

1.6 数据处理

采用 Excel 2018、SPSS 26.0 软件对数据进行处理,通过单因素方差分析和 Duncan 法比较不同数据组间差异性,采用 Graph pad 8.0 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 改良物料对土壤含盐量的影响

图 1A 是在秸秆改良下的土壤含盐量,可以看出在 0~10 cm 和 10~20 cm 两个土层深度下,秸秆改良组土壤含盐量相较于对照组均有显著降低,但同一处理的不同土层深度间无显著差异。在 0~10 cm 深度下,A2 与 A3 间存在差异,且该深度下 A1、A2、A3 的土壤含盐量分别为 0.70、0.62、1.24 g/kg,相较于 CK(7.00 g/kg),含盐量均值依次降低了 89.9%、91.1%、82.2%。在 10~20 cm 深度下,A1、A2、A3 的土壤含盐量无显著差异,分别为 1.15、0.98、1.29 g/kg,与 CK(3.98 g/kg)相比,含盐量均值依次降低了 71.1%、75.3%、67.6%。说明秸秆的施入可以显著降低试验区土壤含盐量,且秸秆施入量为 3.0 kg/m²(A2)时的效果最佳。

图 1B 是在膨化鸡粪改良下土壤的含盐量,可以看出 0~10 cm 和 10~20 cm 两个土层深度下,膨化鸡粪改良组土壤含盐量相较于对照组均有显著降低,且除 B2 外,其他两个处理的不同土层深度间无显著差异。在 0~10 cm 深度下,B1、B2、B3 的土壤含盐量分别是 0.79、0.49、0.89 g/kg,相较于 CK(7.00 g/kg)均值分别降低了 88.7%、93.0%、87.3%。在 10~20 cm 深度下,B1、B2、B3 的土壤含盐量分别是 1.27、1.04、1.19 g/kg,与 CK(3.98 g/kg)相比,均值依次降低了 68.2%、73.8%、70.1%。说明膨化鸡粪的施入可以显著降低试验区土壤含盐量,且膨化鸡粪施入量为 1.12 kg/m²(B2)时的效果最佳。

图 1C 是在腐熟牛粪改良下土壤的含盐量,可以看出在 0~10 cm 和 10~20 cm 两个土层深度下,腐熟牛粪改良组土壤含盐量相较于对照组均有显著降低,而同一处理的不同土层深度间也存在显著差异。在 0~10 cm 深度下,C1、C2、C3 的土壤含盐量分别是 0.70、0.79、0.40 g/kg,与 CK(7.00 g/kg)相比均值依次降低了 90.1%、88.7%、94.3%。在 10~20 cm 的深度下,C1、C2、C3 的含盐量分别是 1.34、1.26、1.21 g/kg,相较于 CK(3.98 g/kg)均值分别降低了 66.3%、68.3%、69.3%。说明腐熟牛粪的施入可以显著降低试验区土壤含盐量,尤其是对 0~10 cm 深度土层,且腐熟牛粪施入量为 4.5 kg/m²(C3)时的效果

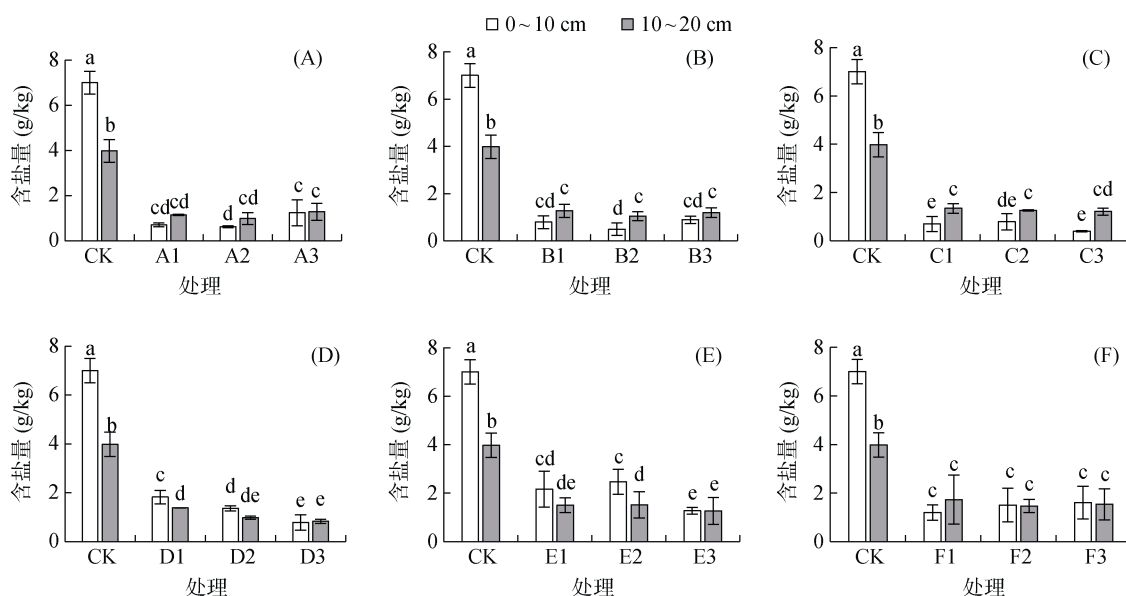
最佳。

图 1D 是在功能有机肥改良下土壤的含盐量,可以看出 0~10 cm 和 10~20 cm 两个土层深度下,功能有机肥改良组土壤含盐量相较于对照组均有显著降低,且除 D1 外其他两个处理的不同土层深度间无显著差异。在 0~10 cm 深度下,3 个处理的土壤含盐量分别为 D1(1.83 g/kg) > D2(1.36 g/kg) > D3(0.78 g/kg),相较于 CK(7.00 g/kg)均值分别降低了 73.9%、80.5%、88.8%。在 10~20 cm 的深度下,D1、D2、D3 的土壤含盐量分别是 1.38、0.98、0.8 g/kg,与 CK(3.98 g/kg)相比,均值依次降低了 65.2%、75.4%、79.0%。说明功能有机肥的施入可以显著降低试验区土壤含盐量,且功能有机肥施入量为 0.45 kg/m²(D3)时效果最佳。

图 1E 是在调理剂 I 改良下土壤的含盐量,可以看出在 0~10 cm 和 10~20 cm 两个土层深度下,调理剂 I 改良组土壤含盐量相较于对照组均有显著降低,且除 E2 外其他两个处理的不同土层深度间无显著差异。在 0~10 cm 深度下,3 个处理的土壤含盐量分别为 2.47 g/kg(E2)、2.17 g/kg(E1)、1.27 g/kg(E3),与 CK(7.00 g/kg)相比,土壤含盐量均值分别降低了 64.8%、69.1%、81.8%。在 10~20 cm 的深度下,3 个处理间无显著差异,且 E1、E2、E3 的含盐量分别为 1.51、1.52、1.27 g/kg,与 CK(3.98 g/kg)相比均值分别降低了 62.1%、61.9%、68.2%。说明调理剂 I 的施入可以显著降低试验区土壤含盐量,且调理剂 I 施入量为 45 g/m²(E3)时效果最佳。

图 1F 是在调理剂 II 改良下土壤的含盐量,可以看出在 0~10 cm 和 10~20 cm 两个土层深度下,调理剂 II 改良组土壤含盐量相较于对照组均有显著降低,但不同处理、不同土层深度间均无显著差异。在 0~10 cm 深度下,F1、F2、F3 的土壤含盐量分别为 1.20、1.51、1.61 g/kg,与 CK(7.00 g/kg)相比均值分别降低 82.8%、78.5%、77.0%。在 10~20 cm 的深度下,F1、F2、F3 的含盐量分别为 1.73、1.46、1.53 g/kg,相较于 CK(3.98 g/kg)均值分别降低了 56.6%、63.2%、61.5%。说明调理剂 II 的施入可以显著降低试验区土壤含盐量,且调理剂 II 施入量为 60 g/m²(F2)时效果相对最佳。

图 2 综合分析了上述 6 种物料中最佳用量对土壤含盐量的影响。在 0~10 cm 和 10~20 cm 的两个土层深度下,6 种改良物料组的土壤含盐量相较于对照组均有不同程度的显著降低。在 0~10 cm 深度下,6 种改良剂的最佳用量处理后的土壤含盐量



(A. 秸秆; B. 膨化鸡粪; C. 腐熟牛粪; D. 功能有机肥; E. 调理剂 I; F. 调理剂 II; 图中小写字母不同表示处理间差异显著($P < 0.05$), 下同)

图 1 不同改良物料梯度用量处理下的土壤含盐量

Fig. 1 Soil salinity under gradient dosage of different amendments

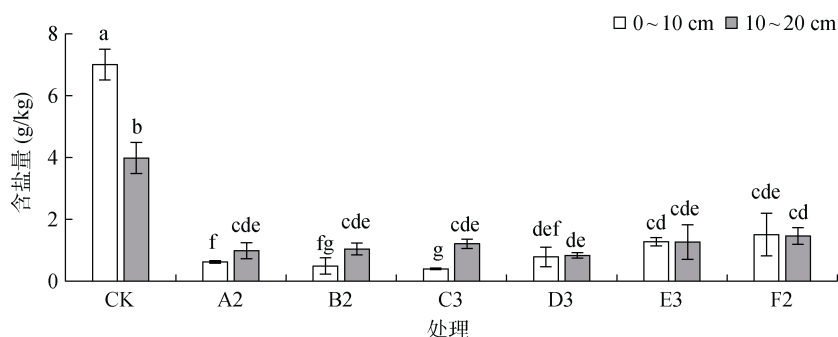


图 2 不同改良物料最佳用量处理下的土壤含盐量

Fig. 2 Soil salt contents under different treatments

最低的是 C3 处理(0.40 g/kg)和 B2 处理(0.49 g/kg), 而土壤含盐量最高的是 E3 处理(1.27 g/kg)和 F2 处理(1.51 g/kg); 在 10~20 cm 深度下, 不同改良剂处理后的土壤含盐量最低的是 D3 处理(0.78 g/kg), 而土壤含盐量最高的是 E3 处理(1.27 g/kg)和 F2 处理(1.46 g/kg)。

2.2 改良材料对土壤 pH 的影响

对于秸秆改良组的土壤 pH, 仅 A2 表现出了与 CK 组相同的规律, 即 0~10 cm 土壤 pH 显著低于 10~20 cm 土层(图 3A)。在 0~10 cm 土层深度下, 仅 A2(7.49)的土壤 pH 与 CK 无显著差异, A1(7.86)和 A3(8.02)的土壤 pH 均有一定程度的上升, 与 CK(7.41)相比分别升高了 0.45 和 0.61 个 pH 单位; 在 10~20 cm 深度下, 秸秆改良组 3 个处理与 CK 相比均没有显著差异。综合来看, 秸秆改良虽然会一定程

度地升高 0~10 cm 层土壤 pH, 但整体土壤 pH 还是处于 7.50~8.00, 没有大幅度变化。

在 0~10 cm 和 10~20 cm 土层, 膨化鸡粪施用下, 除 B1 和 B3 处理在 0~10 cm pH 显著高于 CK, 其他处理两土层下均与 CK 没有显著差异, 且在同组分不同土层深度下, pH 也没有显著差异(图 3B)。在 0~10 cm 深度, B1、B2、B3 的土壤 pH 均值与 CK(7.41)相比依次升高了 0.46、0.27、0.38 个 pH 单位; 在 10~20 cm 深度, B1 的土壤 pH 均值比 CK(7.81)升高了 0.08 个 pH 单位, 而 B2、B3 处理则比 CK 下降了 0.25、0.43。由图 3C 可以看出, 在 0~10 cm 的深度下, 除 C2(8.14)外, 腐熟牛粪改良下土壤 pH 与 CK 组没有显著差异, 在该深度下 C1、C2、C3 的土壤 pH 分别升高了 0.24、0.73、0.29 个 pH 单位; 在 10~20 cm 的深度下, 3 个处理的土壤 pH 与 CK 组均没有

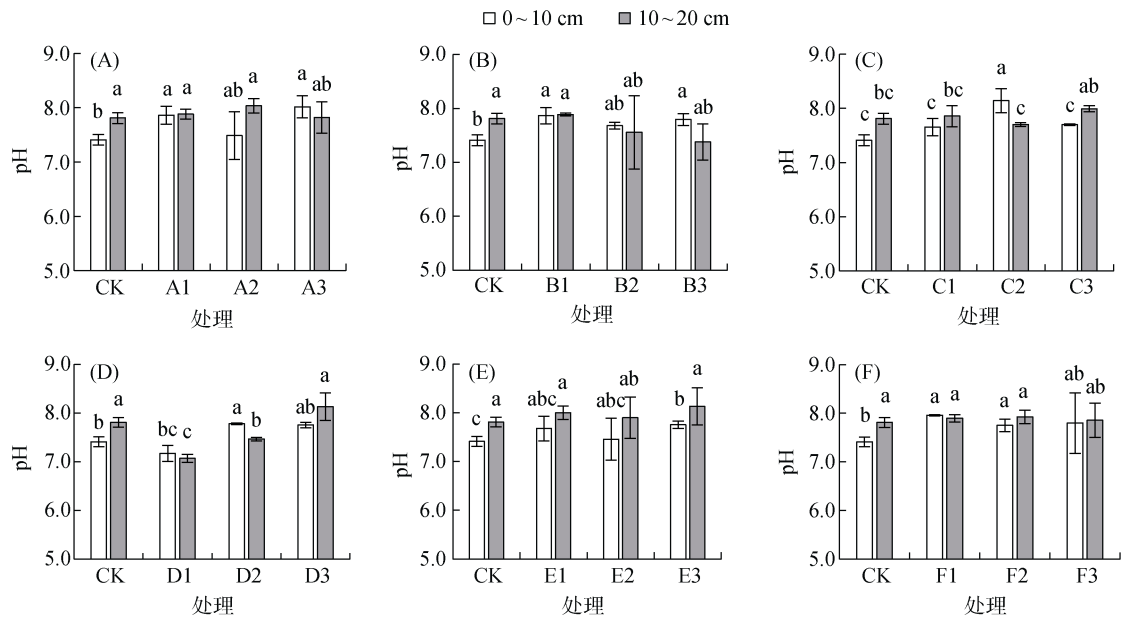


图 3 不同改良物料梯度用量处理下的土壤 pH
Fig. 3 Soil pH under gradient dosage of different amendments

显著差异。由此, 膨化鸡粪和腐熟牛粪的投入对试验区土壤 pH 没有显著影响, 0~20 cm 深度土壤 pH 仍处于 7.30~8.15。

由图 3D 可以看出, 随着功能有机肥的投入, 试验区土壤 pH 呈先下降再上升的趋势。在 0~10 cm 深度下, D1(7.17)的土壤 pH 均值相较于 CK 降低了 0.24 个 pH 单位, 而 D2(7.78)、D3(7.95)的土壤 pH 均值分别升高了 0.37、0.54 个 pH 单位; 在 10~20 cm 深度下, D1(7.07)、D2(7.47)的土壤 pH 比 CK 组降低了 0.74、0.34 个 pH 单位, 而 D3(8.13)的土壤 pH 则比 CK 升高了 0.32 个 pH 单位。

由图 3E 可以看出, 一定剂量的调理剂 I 的投入不会对试验区土壤 pH 造成显著影响, 但随着用量的增加, 土壤 pH 呈现一个逐渐上升的趋势。在 0~10 cm 深度下, E1、E2、E3 的土壤 pH 分别是 7.68、

7.46、7.75, 与 CK 相比分别升高了 0.27、0.05、0.34 个 pH 单位; 在 10~20 cm 深度下, E1、E2、E3 的 pH 分别是 8.00、7.90、8.13, 与 CK 相比分别升高了 0.19、0.09、0.32 个 pH 单位。而调理剂 II 的投入对试验区土壤 pH 没有显著影响(图 3 F), 0~20 cm 深度土壤 pH 仍处于 7.30~8.15。

图 4 为各改良物料组中土壤 pH 相对最低的处理与 CK 组的对比情况, 虽然各物料的投入都会对土壤 pH 造成影响, 但却并无显著差异。在 0~10 cm 的土层深度下, 6 个改良物料组与 CK 组间均无显著差异, 但 D1 处理降低试验区土壤 pH 的效果最好, 而 B3 和 F3 则是有增大试验区土壤 pH 的效果; 在 10~20 cm 的深度下, D1 处理显著($P < 0.05$)降低试验区土壤 pH, A2 处理在一定程度上增大了土壤 pH, 其他处理对土壤 pH 的影响可不计。由此, 在功能有

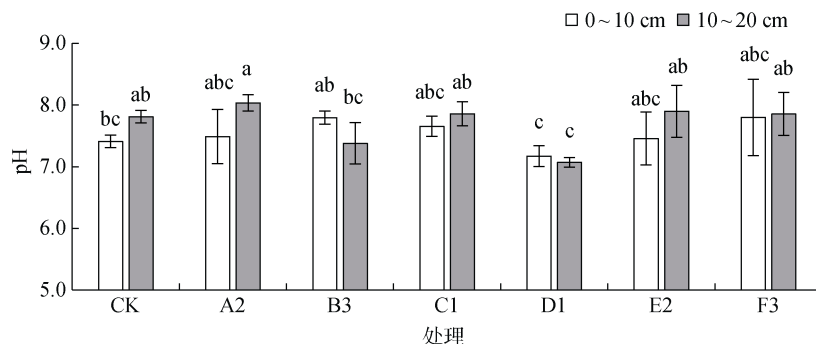


图 4 不同改良物料最佳用量处理下的土壤 pH
Fig. 4 Soil pH under different treatments

机肥施入量为 0.15 kg/m² (D1)时降低试验区土壤 pH 的效果最好,此时 0~20 cm 土层的土壤 pH 为 7.12。

3 讨论

3.1 不同改良物料对海滨沙性盐碱土含盐量的影响

土壤是植物生长的主要介质,是农业生产最基本的生产资料。土壤质量的好坏对于生态系统生产力的维持、环境保护、人类和动物的健康与安全都有重要的战略意义,因此改良和培肥土壤是一项具有战略地位的重要工作。其中,应用土壤改良物质就是一项行之有效的改良措施,并且得到了广泛的应用。

目前我国粮食生产中年产秸秆约 7 亿吨,实行就地还田循环利用已成为替代传统有机肥改善土壤理化性质和提高肥力的最重要手段。很多研究表明,秸秆还田不仅能通过抑制土壤水分上移和降低盐分表聚而有效降低土壤含盐量(如钠离子、钾离子)^[12-14];还能提高土壤养分,显著提高作物产量,改善土团粒结构(缓解盐碱土壤板结)^[15-16];同时起到促进微生物的生长和繁殖,提高土壤酶活性的作用^[17-20]。然而,秸秆直接还田也有可能因为还田方式、还田量等原因造成秸秆腐熟速度慢、无法与土壤充分结合等而产生负面影响。在本研究中,经秸秆改良后的土壤含盐量确实有显著下降,与前人研究结果^[12-14]相似,其中秸秆在施入量为 3.0 kg/m² (A2)时对降低土壤含盐量的效果最好,在 0~10 cm 和 10~20 cm 深度下,相较于 CK(7.00、3.98 g/kg)依次降低了 91.1% 和 75.3%(图 1 A)。

盐碱地的治理与改良,既要重视土壤盐渍障碍消减,也要同步做好土壤质量的改善和土地地力的提升,这样才能发挥盐渍障碍土地资源作为耕地后备资源的潜力和粮食增产的潜力。而有机肥料在土壤培肥、土壤生物学性状改善、提高养分利用效率等方面的优势也已经被普遍认可。前人研究表明,施用膨化鸡粪既可以提高土壤保水、保肥和通透性,增加土壤中的有机质含量、培植土壤活力和有益菌群^[21],还可以起到调节土壤温度的功能,对改良海滨沙性盐碱土壤具有一定成效。本研究中,用膨化鸡粪改良试验区盐碱地后的土壤含盐量有一定程度的降低,与前人研究结果^[22]一致,尤其是对 0~10 cm 深度的土壤,降盐效果显著。而腐熟牛粪纤维质多,养地效果好,属于兼具微生物肥效果的迟效性有机肥料,在提高土壤有效养分含量,加速氮、磷累积和增强土壤生物活性,降低土壤容重,以及降低土壤含盐量等方面都有重要作用^[23-27]。本研究中,从 0~10 和 10~20 cm 两

个深度上来看,6 种改良物料组的土壤含盐量相较于对照组均有不同程度的显著降低。在 0~10 cm 的深度下,6 种改良剂处理后土壤含盐量最低的是腐熟牛粪 C3 处理(0.40 g/kg)和膨化鸡粪 B2 处理(0.49 g/kg);而在 10~20 cm 的深度下不同处理间土壤 pH 没有显著差异(图 2)。说明适量地施用膨化鸡粪和腐熟牛粪对江苏南通海滨沙性盐碱地 0~20 cm 土层有着极好的改良功效。此外,本研究中所用功能有机肥是由枯草芽孢杆菌等功能活性菌、腐殖酸、氨基酸等营养元素构成,为盐碱地带来了活性菌与有机酸,从本研究结果可以看出,经功能有机肥处理后的盐碱土其含盐量显著下降,在 10~20 cm 的深度下土壤含盐量(图 2)相对最低的是功能有机肥 D3 处理(0.78 g/kg)。

在本试验中秸秆对盐碱地的改良效果不如有机肥料(功能有机肥、膨化鸡粪和腐熟牛粪),可能是由于江苏海滨盐碱地本身结构性差、肥力低下、土壤微生物多样性和生物活性皆很小,秸秆施入表层土壤还没有很好地与土壤结合,秸秆分解并释放出养分所需的时间也会更长,因此在短时间内的改良效果不及有机物料。

3.2 不同物料对海滨沙性盐碱土 pH 的影响

土壤酸碱度(pH)是土壤重要的基本性质之一,是土壤形成过程和熟化培肥过程的一个必要指标,同时也是衡量土壤肥力质量和土壤环境的重要指标。盐碱地治理的基本原理之一就是脱除表层土壤中过量的盐分离子,调控土壤酸碱平衡。本研究中,在 0~10 cm 和 10~20 cm 深度下的 CK 土壤 pH 均值分别为 7.41 和 7.81(图 3),符合滨海盐碱地高盐弱碱的特点^[8]。这是因为滨海盐碱地土壤中的盐分主要来源于海水及海相沉积物等,盐分组成以对植物生长的抑制和危害作用很强的氯化物为主。此外,虽然前人的研究中膨化鸡粪、腐熟牛粪等均可以在一定程度上降低土壤 pH 和含盐量^[21-22, 28]。然而在本研究中,除调理剂外,其余 4 种改良物料的 pH 都与试验区土壤相近,因此改良物料对试验区土壤 pH 的影响效果均不显著,土壤 pH 始终处于中性偏弱碱的状态。

虽然 6 种改良物料的施用都显著降低了试验区土壤含盐量(土壤含盐量均在 1.00 g/kg 上下波动),然而对试验区土壤 pH 的影响效果均不显著,施用物料后的土壤 pH 呈在原土壤 pH(7.30~8.15)附近小幅度波动的变化趋势(图 3)。这可能是由于随着脱盐作用的进行,土壤 pH 会逐渐升高,但当含盐量降低到 1.00 g/kg 以下, pH 又会开始逐渐下降^[29]。

4 结论

1) 施加的 6 种改良物料均可以显著降低土壤含盐量、改良海滨沙性盐土, 其中降盐效果最佳的为 B2(膨化鸡粪施入量 1.12 kg/m^2)、C3(腐熟牛粪施入量 4.5 kg/m^2)和 A2(秸秆施入量 3.0 kg/m^2)。

2) 6 种改良物料的施加对土壤 pH 影响不显著, 其中功能有机肥施入量为 0.15 kg/m^2 (D1) 时试验区土壤 pH 的下调效果最为明显。

3) 基于江苏南通滨海盐碱地强盐性的特点, 改良当地盐碱地的关键为“脱盐”。综合含盐量与 pH 的结果可以得出, 施加量为 3.0 kg/m^2 的秸秆组改良效果最好。

参考文献:

- [1] Li P Y, Qian H, Wu J H. Conjunctive use of groundwater and surface water to reduce soil salinization in the Yinchuan Plain, North-West China[J]. *International Journal of Water Resources Development*, 2018, 34(3): 337–353.
- [2] 黄明逸, 张展羽, 翟亚明, 等. 咸淡交替灌溉下生物炭对滨海盐渍土及玉米产量的影响[J]. *农业工程学报*, 2020, 36(21): 88–96.
- [3] 赵英, 王丽, 赵惠丽, 等. 滨海盐碱地改良研究现状及展望[J]. *中国农学通报*, 2022, 38(3): 67–74.
- [4] 张乃丹, 宋付朋, 张喜琦, 等. 速缓效氮肥配施有机肥对滨海盐渍土供氮能力及小麦产量的影响[J]. *水土保持学报*, 2020, 34(6): 337–344.
- [5] 马赞留, 戴云新, 蔡红海, 等. 江苏滨海地区盐碱地现状及改良措施[J]. *现代园艺*, 2015(14): 189–190.
- [6] 黄增荣, 隆小华, 李洪燕, 等. 江苏北部滨海盐土盐肥耦合对菊芋生长和产量的影响[J]. *土壤学报*, 2010, 47(4): 709–714.
- [7] 刘莉萍. 不同盐碱土改良剂对江苏大丰滨海盐碱地改良效应[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
- [8] 刘淙琮, 孙宏勇, 郭凯, 等. 不同矿化度咸水在滨海典型植被盐碱地中的入渗特性研究[J]. *土壤*, 2022, 54(1): 177–183.
- [9] Wu Y P, Li Y F, Zheng C Y, et al. Organic amendment application influence soil organism abundance in saline alkali soil[J]. *European Journal of Soil Biology*, 2013, 54: 32–40.
- [10] 朱咏莉, 刘军, 王益权. 国内外土壤结构改良剂的研究利用综述[J]. *水土保持学报*, 2001, 15(S2): 140–142.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 53–56.
- [12] 曹莹菲, 张红, 赵聪, 等. 秸秆腐解过程中结构的变化特征[J]. *农业环境科学学报*, 2016, 35(5): 976–984.
- [13] 张玉文, 毛伟兵, 刘鸿敏, 等. 秸秆还田对滨海粘质盐土物理性状和棉花产量的影响[J]. *中国农学通报*, 2016, 32(6): 75–80.
- [14] 乔海龙, 刘小京, 李伟强, 等. 秸秆深层覆盖对土壤水盐运移及小麦生长的影响[J]. *土壤通报*, 2006, 37(5): 885–889.
- [15] 李敬王, 陈林, 马东豪, 等. 潮土长期不同施氮水平对秸秆降解及其细菌群落结构的影响[J]. *土壤学报*, 2022, 59(5): 1359–1368.
- [16] 陈冬林. 多熟复种稻田土壤耕作和秸秆还田的效应研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2009.
- [17] 张鹏, 贾志宽, 王维, 等. 秸秆还田对宁南半干旱地区土壤团聚体特征的影响[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(8): 1513–1520.
- [18] 张翰林, 郑宪清, 何七勇, 等. 不同秸秆还田年限对稻麦轮作土壤团聚体和有机碳的影响[J]. *水土保持学报*, 2016, 30(4): 216–220.
- [19] 董建新, 丛萍, 刘娜, 等. 秸秆深还对黑土亚耕层土壤物理性状及团聚体分布特征的影响[J]. *土壤学报*, 2021, 58(4): 921–934.
- [20] Imbufe A U, Patti A F, Burrow D, et al. Effects of potassium humate on aggregate stability of two soils from Victoria, Australia[J]. *Geoderma*, 2005, 125(3/4): 321–330.
- [21] Dangi S R, Bañuelos G, Buyer J S, et al. Microbial community biomass and structure in saline and non-saline soils associated with salt- and boron-tolerant poplar clones grown for the phytoremediation of selenium[J]. *International Journal of Phytoremediation*, 2018, 20(2): 129–137.
- [22] Urra J, Alkorta I, Lanzén A, et al. The application of fresh and composted horse and chicken manure affects soil quality, microbial composition and antibiotic resistance[J]. *Applied Soil Ecology*, 2019, 135: 73–84.
- [23] 王东升, 黄忠阳, 吴旭东, 等. 不同施肥对鲜食玉米生长及肥料农学利用率的影响[J]. *土壤*, 2021, 53(2): 299–304.
- [24] Lovell R D, Jarvis S C. Effect of cattle dung on soil microbial biomass C and N in a permanent pasture soil[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1996, 28(3): 291–299.
- [25] Akinnifesi F K, Makumba W, Sileshi G, et al. Synergistic effect of inorganic N and P fertilizers and organic inputs from *Gliricidia sepium* on productivity of intercropped maize in Southern Malawi[J]. *Plant and Soil*, 2007, 294(1): 203–217.
- [26] 高明, 车福才, 魏朝富, 等. 长期施用有机肥对紫色水稻土铁锰铜锌形态的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2000, 6(1): 11–17.
- [27] 仇焕广, 廖绍攀, 井月, 等. 我国畜禽粪便污染的区域差异与发展趋势分析[J]. *环境科学*, 2013, 34(7): 2766–2774.
- [28] Liu L P, Long X H, Shao H B, et al. Ameliorants improve saline-alkaline soils on a large scale in northern Jiangsu Province, China[J]. *Ecological Engineering*, 2015, 81: 328–334.
- [29] 陈巍, 陈邦本, 沈其荣. 滨海盐土脱盐过程中 pH 变化及碱化问题研究[J]. *土壤学报*, 2000, 37(4): 521–528.