

有机物料对苏打盐渍土 物理特性及盐分迁移的影响

石元亮 杨国荣 王晶 刘仲臣

(吉林省农科院土肥所)

摘 要

本文通过利用草木犀等有机物料处理苏打盐渍土的一系列盆栽及淋盐模拟试验研究,对苏打盐渍土在有机物料作用下其物理性状的变化及其盐分迁移特点等进行了探讨。研究了苏打盐渍土物理性状的变化特点及与盐分迁移的相互关系。研究表明,有机物料提高了高粒级的土壤微团聚体,改善土壤通透性。有机物料能促进土壤盐分淋移,各种离子的迁移速率也不同,阳离子中以 Na^+ 迁移速率及淋出量最大。在阴离子中 HCO_3^- 淋出量最大,而 CO_3^{2-} 的淋移速率最低。土壤结构等的改变是一综合因素作用的结果。

苏打盐渍土作为一种农业障碍性土壤,不仅仅在于其具有高pH值、高盐分量,对植物产生危害。同时结构性差,颗粒分散,板结,透水通气性差。气固液三项比例失调等恶劣物理性状也严重的危害与影响植物生长、生存^[1,2],因而在研究改良苏打盐渍土的过程中,不仅限于对离子组成含量及土壤反应的改善,土壤物理性状的转化及其与土壤盐分的互应关系的研究亦将占有重要地位。

一、材料与方 法

(一) 材料

1. 土壤 试验土样于1986年5月采自农安县刘家乡。采土深度0~20cm,为苏打结皮碱土(即碱疤拉),可溶性盐含量为0.17%, Na^+ 为1.37me/百克土, Ca^{++} 为0.14me/百克土, CO_3^{2-} 为0.41me/百克土, HCO_3^- 为0.28me/百克土,ESP为53.13%,有机质含量为1.52%,pH值为9.10。

2. 有机物料 二年生白花草木犀(花期),干燥,粉碎过3mm筛。灰分为7.02%,含钠0.07%,钙1.24%。

(二) 试验设计

1. 盆栽试验 将土粉碎过2mm筛,以破坏原大结构,取这种土13公斤,按0%(CK)、1%、3%、5%4个水平加草木犀,混匀,人为控制容重为 $1.40\text{g}/\text{cm}^3$ 装盆,重复3次,保持土壤田间持水量(约为25%),在室外连续培养150天(即一个生育期6~10个月)。

2. 淋盐模拟试验 取土13公斤,按对照(CK)、3%、5%3个水平加入草木犀,混匀,人为控制容重 $1.40\text{g}/\text{cm}^3$,装入内径22cm,高40cm圆筒(瓷)中,重复5次,平时保持含水量30%左右,分别于处理后的10、20、35、60、90、120天保持水头5cm进行淋盐,并收集下渗液监测。150天取土样测定有关项目。

3. 检测方法 (1) 微团聚体: 吸管法。(2) 容重、最大持水量、饱和透水率: 环刀法。(3) $Ca^{++}Mg^{++}$: EDTA容量法。(4) K^+Na^+ : 火焰光度计法。(5) ESP: 改进的A.A.Puri法。(6) 膨胀性: 膨胀仪法。

二、结果与分析

(一) 土壤微结构的转化

分布于吉林省西部的苏打碱土, 含有大量溶性 Na^+ (1.37 me/百克土) 与胶体达到平衡, 因而土壤胶体钠化度高 达50%以上。由于一价 Na^+ 的作用, 土壤颗粒分散, 结构不良。试验结果表明: 1~0.001mm范围内的土壤微结构体明显受有机物料的影响, 在 1~0.25mm及0.25~0.05mm粒级内的微团聚体量随着有机物料用量的增加而有显著增加趋势, 这一现象在大于0.05mm的颗粒总量表现的更为明显。小于0.01mm的微团聚体呈现出规律性下降(见表1)。而粒径<0.005mm的微团聚体数量与有机物料用量呈显著负相关($r^* = -0.7940$)。

表1 土壤微团聚体含量分布 单位: %

| 处 理 | 微团聚体 (mm) | | | | | | | |
|--------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|--------|--------|--------|
| | 1~0.25 | 0.25~0.05 | 0.05~0.01 | 0.01~0.005 | 0.005~0.001 | >0.05 | <0.01 | <0.005 |
| 草木犀 0% | 18.20 | 12.885 | 57.228 | 10.710 | 13.322 | 14.505 | 28.597 | 17.890 |
| 草木犀 1% | 20.35 | 12.772 | 58.778 | 12.072 | 9.158 | 14.207 | 25.260 | 13.113 |
| 草木犀 3% | 22.92 | 15.378 | 55.867 | 11.902 | 10.880 | 17.870 | 25.463 | 14.569 |
| 草木犀 5% | 27.53 | 16.755 | 54.736 | 13.660 | 9.378 | 20.407 | 24.858 | 11.198 |

由测定结果可以清楚的看出, 有机物料不仅能提高土壤的水稳性团粒结构体含量^[3,4,5], 也能明显的改变微团聚体各粒级的组成比例。小粒径的减少, 大粒径的增加, 说明有机物料促进了团聚作用的进行。有机物料加入后, 土壤微结构体的这一变化与土壤中物质组成发生转化有直接关系(见表2)。随有机物料用量增加, 土壤腐殖质含量明显提高, 水溶性及胶体上吸附的 Na^+ 量下降, 而相应的增加了水溶性及代换性的 Ca^{++} 量。土壤内的多糖类物质也相应增加^[6], 并在代换量增加的同时, 降低了碱化度。这一系列的转化既提供了形成各级团聚体及最初构成复合体的桥键胶结构, 也减轻或消除 Na^+ 对土壤胶体的分散作用, 笔者认为上述这些有利于钙桥形成的作用以及有机转化产物与土壤颗粒的直接作用, 正是有机物料处理苏打盐渍土后, 土壤高粒级团聚体及水稳性团聚体增加的主要机制, 结构体的增加是这些因素综合作用的结果。

表2 土壤化学性状变化

| 项 目 | 有机质 (%) | 水溶性 Ca^{++} | 水溶性 Mg^{++} | 代换性 Ca^{++} | 代换性 Mg^{++} | 碱化度 | CEC | pH | SAR |
|---------------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|----------|------|------|
| | | (me/百克土) | (me/百克土) | (me/百克土) | (me/百克土) | (%) | (me/百克土) | | |
| 草木犀 0% (对照CK) | 1.53 | 0.29 | 2.24 | 8.96 | 8.95 | 40.99 | 21.84 | 9.00 | 4.80 |
| 草木犀 1% | 1.68 | 0.38 | 1.98 | 9.21 | 7.91 | 36.49 | 21.68 | 8.95 | 3.84 |
| 草木犀 3% | 1.76 | 0.38 | 1.87 | 9.26 | 7.17 | 32.51 | 22.06 | 8.86 | 3.52 |
| 草木犀 5% | 1.83 | 0.40 | 2.03 | 9.87 | 7.68 | 33.42 | 22.98 | 8.87 | 3.80 |

(二) 土壤容重等其它物理性状的变化

土壤结构的变化引起一系列土壤属性变化, 结构的改良使容重降低, 提高了土壤的通透能力与保水能力, 详见表3。有机物料处理后能较大的降低土壤容重, 并随着有机物料用量的增加呈现有规律的降低, 结构与容重的改变使土粒多重复合, 提高了土粒疏松排列的机会, 增加了土壤孔隙度, 从而使土壤的饱和透水率与最大持水量随着有机物料用量的增加而提高。

表3 有机物料对土壤物理性状变化的影响

| 处 理 项 目 | >0.05 mm (%) | 容 重 (g/cm ³) | 持 水 量 (%) | 透 水 率 (ml/h · cm ³) |
|----------|--------------|--------------------------|-----------|---------------------------------|
| 对 照 CK | 14.50 | 1.38 | 34.24 | 0.073 |
| 草 木 屑 1% | 14.20 | 1.33 | 37.33 | 0.089 |
| 草 木 屑 3% | 17.67 | 1.28 | 39.13 | 0.293 |
| 草 木 屑 5% | 20.40 | 1.24 | 42.05 | 0.945 |

土壤水力传导性是随电解质浓度的减少和渗透溶液的钠吸附比(SAR)的增大而定量减少的^[7], 这种减少以蒙脱石为主要粘土矿物类的土壤表现最明显, 这说明有机物料除增加与稳定土壤结构体外, 还可通过降低钠吸附比(见表2)减少蒙脱类粘土矿物的膨胀, 从而增加透水性。

虽然如此, 但在有机物料处理土壤150天后土壤仍表现出膨胀的特点, 见表4。由表4结果可知经处理后, 土壤吸水后其膨胀程度略大于对照, 并有随有机物料用量增加而增加的趋势。笔者认为这种现象主要是因为处理150天后土壤中留有大量的极性有机化合物, 并且具有吸水膨胀的特点, 这类化合物的增加提高了土壤的吸水膨胀性, 其含量受加入土壤中有机物料量所制约, 因而表现出上述现象, 这种现象将会随培养时间的加长而逐渐消失。

表4 土壤膨胀性的变化

| 处 理 | 对 照 (CK) | 草 木 屑 1% | 草 木 屑 3% | 草 木 屑 5% | 备 注 |
|------------|----------|----------|----------|----------|------|
| 膨 胀 性 (mm) | 1.943 | 1.993 | 2.101 | 2.046 | 重复9次 |

有机物料对苏打盐渍土物理特性的改善, 将非常有利于植物抗盐生长。在降雨时, 可使更多的水分下渗进入土体, 使盐分迅速下降, 增强淋盐效果。同时较高的持水能力又能使土体中保证足够的水分, 不仅稀释土壤溶液、促进钙对钠的代换反应,

而且减轻了盐分渗透压所造成的胁迫作用的危害。

(三) 盐分离子迁移

1. 总盐分的迁移及特点 有机物料促进土壤结构等物理性状的改善, 同时也活化了土壤中盐分^[8], 致使离子在土体中的迁移量发生了变化。从淋出盐积累曲线图1可以看出, 处理1为3%的总淋出盐量略高于对照, 而用量5%处理的总淋出盐量较对照增加19.75%。处理期间盐分淋出量前期高, 随着时间的推移, 每次淋盐量不断下降。由图2可知, 在处理40天内, 高量处理的淋盐量明显高于对照及低用量处理, 以后各次淋盐量逐渐趋于稳定一致。

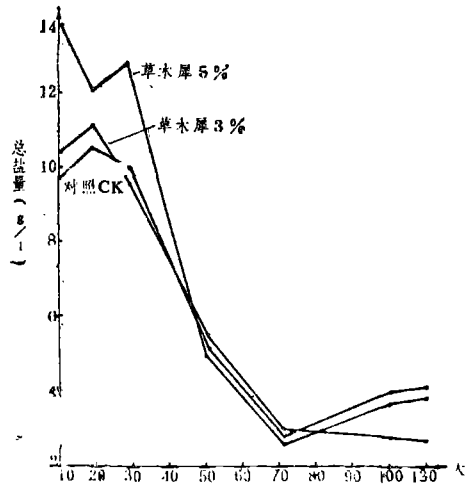
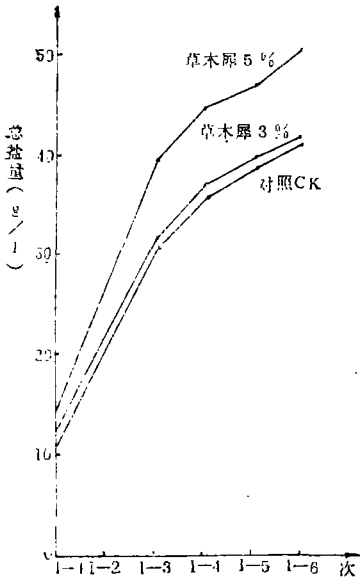


图1 处理间总盐量累积变化曲线

图2 各处理下渗液盐浓度变化曲线

有机物料促进了土壤盐分的淋洗迁移，这不仅在淋出盐累加量上可以看出，而且在最终土体中盐分含量的变化上也进一步得到了证明。有机物料用量为3%处理的易溶性盐比对照下降5.03%，而用量为5%处理的较对照下降10.23%。有机物料处理土壤，能改变土壤中盐分的组成比例，增强离子活性。这种作用以及土壤物理性状的改善，使土壤在有下渗水存在时更有利于盐分淋出。这种作用对于促进土壤的脱盐，脱碱有着重要意义。

2. 各离子迁移特点 各类离子在土体中的淋移量及速率不尽相同，同时也受处理所用有机物料的影响。由图3离子淋出累积曲线可以看出， Na^+ 在有下渗水的条件下下渗速度最快，一开始即达到很高值，随之各次淋出量降低，同时 Na^+ 的淋出量较二价的

Ca^{++} 、 Mg^{++} 离子高，而 Ca^{++} 、 Mg^{++} 的下淋速度相对较小，并淋出土体的量也不及 Na^+ 多，三者的顺序为 $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++}$ 。一二价离子淋移在受有机物处理的影响效果上，表现的也不相同，处理后促进土体中二价 Ca^{++} 、 Mg^{++} 离子淋移，5%物料处理较对照比， Ca^{++} 淋出总量为16.28%， Mg^{++} 高30.83%，相反试验结果表明处理后阻碍土体中 Na^+ 的淋移，5%处理组较对照 Na^+ 淋出总量低24.98%。阴离子中， HCO_3^- 淋出量最高，其次是 Cl^- ， CO_3^{--} 最低(见图4)，有机物料对上述三种阴离子淋出的效果也不相同，处理后促进一价 Cl^- 的淋移，而对 CO_3^{--} 和 HCO_3^-

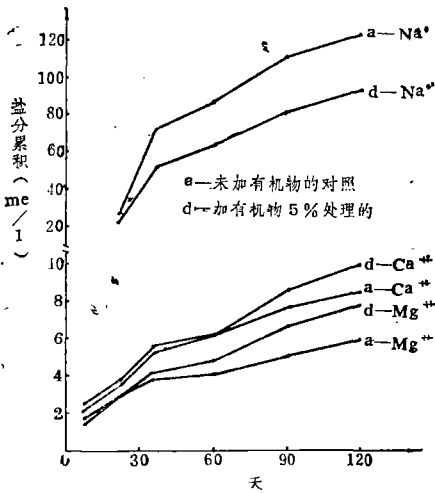


图3 Na^+ 、 Ca^{++} 、 Mg^{++} 离子淋出累积曲线

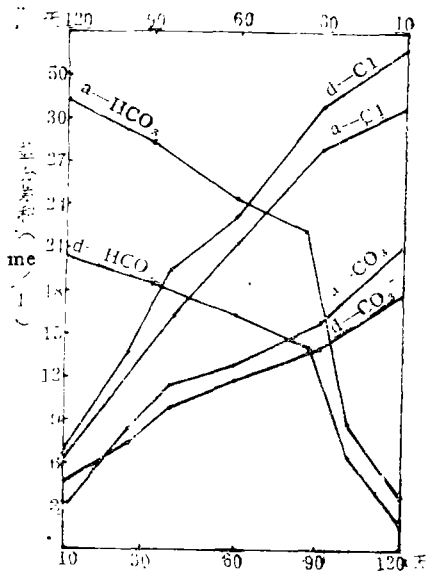


图4 阴离子淋出累积曲线 (a、d含义同图3)

处理后，阴离子中 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 总淋出量较对照少，这主要是因为有机物料促使其向 CO_2 转化，最终排出土体而减少了含量的原因。而 Cl^- 亦随有机物料用量的变化而变化，是因有机物料增加了土壤的负电荷，即增强了对 Cl^- 的排斥的结果。

3. 离子淋移与土壤理化性状的关系 溶性盐分的淋失使土壤的理化性状发生了很大的变化(见表5)。在有淋洗的条件下，土壤盐分含量显著低于无淋洗条件的相应处理， CO_3^{2-} 特别是 HCO_3^- 的淋失使土壤总碱度大幅度下降，有淋洗的较无淋洗的相应处理组的土壤pH值稍有降低。

表5 淋洗与非淋洗条件下土壤理化特性

| 处 理 | 项 目 | 项 目 | | | | |
|-----|--------|--------|----------------|------|---------|------------------|
| | | 全盐 (%) | 总 碱 度 (me/百克土) | pH | 碱化度 (%) | >0.05mm 微团聚体 (%) |
| 非淋洗 | 对 照 CK | 0.24 | 1.52 | 9.00 | 40.99 | 14.51 |
| | 草木犀 3% | 0.23 | 1.22 | 8.86 | 32.51 | 17.67 |
| | 草木犀 5% | 0.24 | 1.20 | 8.87 | 33.42 | 20.41 |
| 淋 洗 | 对 照 CK | 0.22 | 1.60 | 8.93 | 38.14 | 20.84 |
| | 草木犀 3% | 0.21 | 1.13 | 8.92 | 29.79 | 24.87 |
| | 草木犀 5% | 0.20 | 1.10 | 8.85 | 30.40 | 32.18 |

有机物料处理后，土壤盐分活化，特别是 Ca^{++} 数量明显增加^[8]，这抵消了淋溶时土壤盐分浓度降低，代换性 Na^+ 水解而提高pH值，颗粒分散，土壤碱化的现象出现。

一价离子的淋失，二价离子的相对增加，改变了土壤中离子组成比例，这更进一步促进了土壤良好结构的形成，从大于0.05mm微团聚体量上可知，在施用同量有机物料条件

却有相反的作用，特别是 HCO_3^- ，土体中加入有机物料后其淋出量远低于对照。

阴离子淋出土体量的差异是多因素综合作用的结果：首先决定于土体中的含量，含量高的将影响其最终淋出量。另外土壤的物理化学性也有很大作用。淋移速率受离子特性及其土壤中其它物质(离子胶体等)的相互关系制约。土体中 Na^+ 大都以游离态存在，除胶体吸附外，活动较自由，并且试验土中其含量很高，所以淋出速率与淋出量远高于 Ca^{++} 、 Mg^{++} 。在土壤中溶性 Ca^{++} 、 Mg^{++} 不仅在量上少于 Na^+ ，而且在水分增多的同时，二价的 Ca^{++} 、 Mg^{++} 离子增强了对代换 Na^+ 的竞争力。土壤中所存在的高价阴离子对 Ca^{++} 、 Mg^{++} 共同有着较大的牵制力。从而导致了二价离子淋移缓慢。

下,有淋洗的处理含量远高于无淋洗水的相应处理,有淋洗的5%有机物处理中大于0.05mm微团粒体含量较对照增加54.41%,而无淋洗的较对照仅增加40.96%。前者较后者提高了33.72%。在离子淋洗过程中,土壤达到水饱和, Na^+ 从胶体上解吸,并随下渗水移出土体, Na^+ 的减少,进一步减轻了土壤胶体的分散作用,降低了结构体的重新水化作用,盐离子特别是 Na^+ 的淋失与土壤结构体的形成,物理性状的改善互为促进,相辅相成。

在有机物料存在的条件下,苏打盐渍土结构等物理性状的改变是一个复杂的综合作用的结果。对这一问题的研究,将会对苏打土壤改良利用有着重要意义。

三、结 束 语

(一)在有机物料作用下苏打盐渍土中 $<0.005\text{mm}$ 的土壤微团聚体所占比例随有机物料用量的增加,呈规律性下降,而 $>0.05\text{mm}$ 的微团聚体所占比例呈规律性上升。

(二)有机物料改变苏打盐渍土中物质组成,提高有机质及 Ca^{++} 等二价离子含量,降低代换性 Na^+ 量及钠吸附比,降低碱化度等一系列变化,即高粒级微团聚体增加的主要原因。

(三)本试验证明:苏打盐渍土的饱和持水量、透水率及膨胀性有随有机物料用量的增加而增加的趋势,而容重却明显下降。

(四)有机物料可促进土壤易溶性盐分的淋洗,并随时间推移,盐分的淋出量不断降低。

(五)土体中各离子的淋出量受其含量及价数影响,阳离子中以 Na^+ 淋出量最高, Ca^{++} 次之, Mg 最低,在阴离子中的 HCO_3^- 淋出量最高,其次是 Cl^- ,而 CO_3^{--} 最低。

(六)土体中盐分离子的淋失,特别是一价离子的淋失,更进一步促进了土壤团聚作用的进行。

结合雨季施用有机物料将会对苏打盐渍土物理性状的改善及降低其盐分浓度有着重要的现实意义。

参 考 文 献

- (1)王振江(译):加拿大的碱土改良,《国外农业科技资料》,1978,第6期:41~43页。
- (2)A. S. Mashhady and D. L. Rowell, "Soil alkalinity I. equilibria and alkalinity development", I. Soil Sci. Vol. 29, 65~75, 1978.
- (3)李英珠:新疆下野灌溉区苜蓿改良盐碱土的作用及增产效果,《土壤通报》,1965,第6期,16~18。
- (4)裴光炎:草木犀的根系及其效应研究,《土壤通报》,1981,第2期,8~9。
- (5)朱莲青:绿肥作用在利用和改良盐渍土中的效果,《土壤通报》,1965,第4期,18~21。
- (6)焦彬:《中国绿肥》,农业出版社,1986,87~96。
- (7)Mcneal, B. L. Coleman, W. J. "Effect of Solution composition on soil hydraulic conductivity.", Proc. Soil Sci. Soc. Am. Vol. 32, 308~312, 1968.
- (8)石元亮等:有机物料改良苏打盐渍土机制的研究,第二届青年土壤工作者论文集,1988。

EFFECTS OF ORGANIC MATTER ON THE PHYSICAL CHARACTERISTICS AND SALT REMOVAL IN SALINE — SODIC SOILS

Shi Yuanliang Yang Guorong Wang jing Liu Zhongchen
(*Soil and Fertilizer Institute, Jilin Academy of Agricultural Science*)

ABSTRACT

On the basis of pot experiment and simulated salt removal test, the change of physical property and the characteristics of salt removal in sodic-saline soil after treating with organic matter (O. M.), and the relationship between them were discussed in this paper. The results showed: the contents of the Soil-microgregates ($>0.05\text{mm}$ diameter) and soil permeability were increased and enhanced by treating with O. M. O. M. promoted the salt removal from soil pedon. Removal rates of ions were different, the removal rate and amount of Na^+ were the highest among the positive ions. The removal amount of HCO_3^- out of soil was the largest while the removal rate of CO_3^- was the lowest among the anions. It might be suggested that improvement of soil structure as a result of comprehensive factors action.