

# 关于有机改良剂处理盐碱土壤的综述

牛李杰 周路 王荣 杜文娟 张宝新

伊犁川宁生物技术股份有限公司, 中国·新疆 伊宁 835007

**摘要:** 土壤盐碱化对全球农业的可持续发展构成了重大挑战。这一环境问题不仅阻碍了植物生长和土壤肥力, 而且由于对植物的开发生长的限制, 也阻碍了国民经济的进步。有机改良剂的使用已证明能够减轻盐胁迫对植物生命的有害影响。有机改良剂会改善土壤的结构, 增强其保水能力, 并刺激微生物活动。在这种情况下, 盐分会逐渐通过土壤的多孔结构浸出。本综述对当前盐渍土土壤改良剂方面的知识进行了总结, 同时致力于明确在该领域尚待进一步研究的知识差距。

**关键词:** 土壤盐碱化; 改良剂; 盐胁迫; 微生物活动

## A review of organic amendments to treat saline-sodic soils

Niu Lijie, Zhou Lu, Wang Rong, Du Wenjuan, Zhang Baoxin

Yili Chuanning Biotechnology Co., Ltd., China Xinjiang Yining 835007

**Abstract:** Soil salinization poses a significant challenge to the sustainable development of global agriculture. This environmental issue not only hinders plant growth and soil fertility but also impedes national economic progress due to its constraints on crop production and development. The application of organic amendments has been demonstrated to mitigate the detrimental effects of salt stress on plant life. Organic amendments improve soil structure, enhance water-holding capacity, and stimulate microbial activity. Under these conditions, salts gradually leach out through the soil's porous structure. This review summarizes current knowledge regarding soil amendments for saline soils and aims to identify critical knowledge gaps that require further investigation.

**Keywords:** Soil salinization; Soil amendments; Salt stress; Microbial activity

## 0 引言

土壤盐碱化涉及盐碱土壤、钠碱土壤的存在, 其主要特征是土壤中盐浓度升高<sup>[1]</sup>。土壤盐分问题是土地退化的普遍迹象, 目前已愈发严重, 对农业效率和环境恢复力造成了显著损害。全球范围内, 盐分对干旱和半干旱地区的土地产生了显著影响。根据多项研究, 盐分影响了约 9.35 亿公顷的土地, 占全球灌溉总面积的 20% 以上<sup>[2]</sup>。因此, 这一环境问题对全球经济的影响是巨大的, 估计每年全球收入损失 273 亿美元。

当前, 许多土壤改良剂已被用于减轻土壤盐碱化的有害影响。这些改良剂旨在加强水力特性并促进土壤团聚体的形成。有机土壤改良剂还具有改善盐碱土壤的潜力<sup>[3]</sup>。例如, 有机改良剂作为当前研究的主要材料, 在营养丰富、利用能力和非破坏性方面具有众多优势。本综述的新颖之处在于研究了盐水问题和有机改良剂的有效性, 以证明不同处理方法的改良剂具有不同的特性。

## 1 土壤盐碱化概述

### 1.1 受盐度影响的土壤

土壤盐度是指土壤中可溶性盐分的含量, 在盐碱土中这些离子的含量较高, 尤其是  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$ , 这会导致土壤的盐渍化现象。溶解离子的出现, 如  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  和  $\text{HCO}_3^-$  被称为盐度, 这几种离子是植物必需的营养物质。值得注意的是,  $\text{Na}^+$  在考虑土壤盐分时,  $\text{Na}^+$  是主要关注点, 但对于大多数植物物种来说并不是唯一的促成因素。当土壤由于各种自然因素和人类活动而积累可溶性盐分时, 就会出现土壤盐分。这种现象的发生往往会限制土地的有效利用, 对环境保护构成威胁。溶解盐电导率 ( $\text{EC} > 4 \text{ dS/m}$ ) 和可交换钠百分比 ( $\text{ESP} > 15\%$ ) 在盐渍土壤中含丰富, 然而, 可溶性盐渗滤液通常意味着  $\text{Na}^+$  是一个主要问题, 导致 pH 值增加至大于 8.5。高 ESP 的土壤会分散土壤颗粒、破坏土壤结构、杂乱的孔隙、营养缺乏或不平衡, 从而损害作物生产。

## 1.2 土壤盐分的来源

土壤盐度可能来自自然过程,通常称为主要来源,也可能来自人类活动,这些活动被称为次要来源。大多数盐渍土壤来自自然过程,例如矿化、地形、未磨碎的地质或地下水的质量。关于人为来源,盐度的主要贡献者是对高盐含量的水的灌溉和对灌溉措施的管理不足。这些因素对许多地区产生了重大影响,包括非洲和中东国家。除了其他影响因素外,气候变化还对盐度水平产生重大影响。气温升高、降雨不足和长期干旱是导致土壤层内可溶性盐含量大幅增加的共同原因。在干旱和半干旱地区,蒸散速率的增加和降雨模式的改变应该会降低土壤的浸出速率,从而提高上层土壤的盐分富集水平。

## 1.3 土壤盐分对植物和土壤结构的影响

作物生长受盐度的影响,当土壤盐度达到作物特异性限度时,产量就会受到影响,说明了不同植物之间耐盐性水平存在显著差异。典型的植物对盐胁迫表现出广泛的响应,这取决于它们被分类为盐生植物或糖生植物。盐生植物仅占植物群落的1%,具有特定的结构和功能机制,以消除残留盐分并提高含水量。盐度作为土壤中的重要化学成分,会对土壤结构及其水力特性产生深远的影响。土壤结构对各种土壤水力特性有重大影响,包括保水能力和水力传导率。

## 2 有机改良剂

在可用的各种改良剂中,生物炭和堆肥仍然是研究最广泛的。生物炭是一种富含碳的生物材料,通过燃烧生物质(农作物和林业资源、粪便、城市和工业废物)制成的过程称为高温分解。基本上,在盐渍土中添加生物炭与物理和化学参数有关。它通过改善土壤孔隙度来增强水力参数并促进盐浸。此外,它有助于减少和浸出根区积累的钠离子。Sun 等人<sup>[4]</sup>进行了一项为期三年的实验,研究了生物炭和黄腐酸对土壤盐分的影响。基于农场的实验涉及以不同速率施用小麦秸秆生物炭来改良土壤:7.5吨/公顷(BC1)、15吨/公顷(BC2)和30吨/公顷(BC3)。Zhang 等人<sup>[5]</sup>研究发现,生物炭和腐殖酸的加入增强了生长底物颗粒的结构,这是因为生物炭和黄腐酸具有较高的表面积,有助于提高保水能力。各处理对 $\text{Na}^+$ 和 $\text{Cl}^-$ 均有显著影响。然而,生物炭和黄腐酸的结合在提高受盐影响的土壤的理化参数方面取得了显著的效果。因此,在玉米-大麦轮作系统中,作物产量大幅增加。在生物炭研究方面,前人评价了三种生物炭作为盐渍土壤的改良:甘蔗渣(SB)、橙色甘蔗渣(SB)和玉米炭(CB)。SB和

CB成功地去除了严重污染的盐渍土壤中的盐。在SB和CB生物炭处理下的EC、SAR和ESP均显著降低。这可以归因于它们对孔隙大小的分布、水流和钠的去除率的影响。Luo 等人<sup>[6]</sup>还发现,在用不同形式的生物炭处理的土壤中,玉米的生长得到了显著改善,导致玉米平均干物质增加了12.73%。

研究结果表明,并非所有生物炭都表现出作为添加剂有效发挥作用的能力。研究发现,生物炭主要通过促进中小聚集体中的土壤组织来提高土壤的水力性能。生物炭增强了水对土壤的渗透,促进了钠离子交换位点的置换,并加速了盐的浸出。

抗生素菌体(Antibiotic Mycelial Biomass, AMB)作为一种新兴的有机土壤改良剂,近年来在盐碱地修复和土壤肥力提升方面展现出良好潜力。AMB是抗生素工业发酵过程中产生的废弃菌丝体残渣,富含有机质、蛋白质、多糖及多种矿质元素,在资源化利用的同时可改善土壤理化性质。本研究团队在盐渍化土壤(如电导率EC达10.4 dS/m)条件下施用3%的AMB处理,虽未显著降低土壤EC值,但能有效调控钠吸附比(SAR)和交换性钠百分比(ESP)。AMB施入土壤后EC略有升高(约1.6 dS/m),可能与其自身所含可溶性盐分有关,也可能源于其促进不溶性矿物溶解的能力——这一过程或由AMB降解过程中释放的有机酸及 $\text{CO}_2$ 分压升高所驱动。尤为重要的是,AMB含有较高比例的钙、镁等二价阳离子,可在阳离子交换位点上置换 $\text{Na}^+$ ,从而降低交换性钠含量与ESP值。此外,AMB分解产生的有机酸可活化土壤中的原生碳酸钙( $\text{CaCO}_3$ ),释放更多 $\text{Ca}^{2+}$ 参与离子交换,进一步强化对 $\text{Na}^+$ 的置换效应。田间试验证实,AMB施用不仅能缓解盐胁迫对作物(如小麦、玉米)的抑制作用,其内含的腐殖类物质还可与根际有机组分协同作用,增强植物抗氧化能力和离子稳态调节,从而提升耐盐性与产量。因此,抗生素菌体作为一类兼具废弃物资源化与土壤改良双重效益的新型改良剂,在可持续农业体系中具有广阔应用前景

因此,将AMB引入盐渍土中,有望促进土壤的凝聚力,促进微小聚集体和孔隙的形成,并增强显著的水分运动。当考虑到从盐土壤中迁移和去 $\text{Na}^+$ 所需的时间时,土壤中的这种变化尤为重要。所以在选择AMB时,必须考虑诸如表面积和保水能力等物理标准。

## 3 经济有效的改良方案

各研究人员进行了调查,以探索有机改良剂在应对受盐影响的土壤带来的挑战方面的功效。在这些改良方案中,

生物炭和堆肥仍然是研究最广泛的。堆肥在降低盐度方面并不能显示出积极的结果。当堆肥与另一种改良剂相结合时,它会带来更好的结果,而生物炭和 AMB 已经独立地显示出卓越的改良结果。基本上,在盐渍土中添加改良剂与物理和化学参数有关,它通过提高土壤渗透性来提高水力参数并促进盐浸。此外,它允许补救和吸收盐分,减少植物对  $\text{Na}^+$  的吸收。根据 Yuan 等人<sup>[7]</sup>的说法,使用改良剂主要影响土壤孔隙度。由于其多孔结构和大表面积,生物炭通过形成孔来增强盐浸出。上述强烈推荐生物炭和 AMB 用于粘土和沙质粘土的改良剂类型,因为它可以降低压实度。有了这些目标,改良方案可能是一种比基于浸出排水的技术更有利的方法。就从根际去除可溶性盐而言,用水浸出是最成功的,这种方法的有效实施需要利用高质量的淡水,这些淡水应集中施用到土壤表面。这种随后的灌溉有助于冲洗渗入土壤的可溶性盐,并且通常与设计良好的排水系统相结合<sup>[8]</sup>。由于水资源短缺和可利用地下水质量低下,这一策略现在几乎难以实施。因此,通过改良剂改良盐碱土壤仍然是实现资源化利用的最有效方法。

#### 4 结语

本综述对有机改良剂在盐碱土壤中的功效进行了评估。这对于确定合适的改良剂类型及其使用量至关重要。有机添加剂可以增强盐的结构,同时减轻其盐的降解,它们具有提高固聚率和固水能力的潜力。因此,本分析中提出的调查结果表明,确定修复受盐影响的土壤所需的最佳改良剂数量是一项复杂的任务。我们观察到目前的研究通常侧重于使用改良剂和化学或物理分析的结果来研究土壤中盐分的减少。未来更深入的研究,可以解决和彻底检查化学机制,所使用的改良剂在环境方面和成本效益。

#### 参考文献:

[1] Van Beek, C.L., Tth, G. (Eds.), 2012. Risk Assessment Methodologies of Soil Threats in Europe, JRC Scientific and Policy Reports EUR. Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg. <https://doi.org/10.2788/47096>.

[2] Upadhyay, S.K., Chauhan, P.K., 2022. Optimization of eco-friendly amendments as sustainable asset for salt-tolerant plant growth-promoting bacteria mediated maize (*Zea Mays L.*) plant growth, Na uptake reduction and saline soil restoration. *Environ. Res.* 211, 113081.

[3] Sahab, S., Suhani, I., Srivastava, V., Chauhan, P.S., et al., 2021. Potential risk assessment of soil salinity to agroecosystem sustainability: current status and management strategies. *Sci. Total Environ.* 764, 144164.

[4] Sun, Y., Peng, Yang, Song, J., Yao, R. et al. Ping, 2020. Biochar and fulvic acid amendments mitigate negative effects of coastal saline soil and improve crop yields in a three year field trial. *Sci. Rep.* 10 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65730-64>.

[5] Zhang, L., Sun, X.Y., Tian, Y., et al. 2014. Biochar and humic acid amendments improve the quality of composted green waste as a growth medium for the ornamental plant *Calathea insignis*. *Sci. Hortic-Amsterdam* 176, 70 - 78.

[6] Luo, Y., Jiao, Y.J., Zhao, X.R., et al. Meng, H.B., 2014. Improvement to maize growth caused by biochars derived from six feed-stocks prepared at three different temperatures. *J. Integr. Agric.* 13, 533 - 540.

[7] Yuan, Y., Liu, Q., Zheng, H., et al. 2023. Biochar as a sustainable tool for improving the health of salt-affected soil. *Soil Environ. Health* 100033.

[8] Abrol, I.P., Yadav, J.S.P., Massoud, F.I., 1988. Salt-Affected Soils and Their Management. In: *FAO Soils Bulletin*, 39.

基金项目: 新疆人才发展基金 - 新疆合成生物产业创新研究院项目。

作者简介: 牛李杰 (1994-), 女, 本科, 新疆伊犁, 中级工程师, 研究方向: 主要从事微生物及生物制药研究。