



简述腐植酸与秸秆协同改良设施菜地土壤盐渍化

曹雨阳

山东农业大学资源与环境学院 泰安 271018

摘 要: 为应对设施菜地盐渍化问题, 本文从盐渍化成因及危害出发, 结合腐植酸和秸秆的特性, 探究了二者协同施用对土壤理化性质及微生物群落的影响, 进而揭示其改良机制和应用效果。设施菜地土壤盐渍化是自然因素与人为管理共同作用的结果, 对作物生长和土壤生态均造成了不利影响。腐植酸富含羧基、醇羟基、酚羟基等活性官能团, 可有效降低盐分、改良土壤结构, 秸秆则能补充有机碳、优化土壤物理性质; 二者协同施用可更高效地调控土壤盐分、稳定土壤 pH、改善土壤结构, 还能增强微生物活性, 提高微生物多样性和相对丰度等。本研究旨在为设施菜地盐渍化土壤的改良提供参考。

关键词: 腐植酸; 秸秆; 协同作用; 设施菜地; 盐渍化土壤; 改良

中图分类号: TQ314.1, S156.4 **文章编号:** 1671-9212(2025)06-0100-03

文献标识码: A

DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2025.06.012

设施农业在保障蔬菜周年供应方面发挥着关键作用, 然而随着设施菜地种植年限增加, 盐渍化问题逐渐凸显, 已成为制约设施蔬菜产业可持续发展的重要瓶颈。腐植酸作为天然有机混合物, 具备吸附盐分离子、改善土壤结构、培肥地力的特性; 秸秆作为农业废弃物, 可补充土壤有机质, 为微生物提供养分, 二者协同作用在土壤改良中均具有较好的应用潜力。

1 设施菜地土壤盐渍化概述

1.1 盐渍化土壤形成原因

设施菜地土壤盐渍化并非单一因素导致, 而是自然条件与人为管理共同作用的结果。自然层面, 例如华北地区部分设施园区地处半干旱区, 年蒸发量远大于降水量, 导致土壤表层水分持续蒸发, 深层盐分随水分上移不断累积; 人为因素则更为突出, 如不少菜农为追求高产, 长期过量施用氮磷钾复合肥, 每年亩用量常达 1000 kg, 远高于作物实际需求, 未被吸收的养分以离子形态残留在土壤中。

此外, 部分园区仍沿用当地浅层地下水进行灌溉, 该水源矿化度多数在 2 g/L 以上, 长期使用导致土壤盐分逐渐积累并超标。

1.2 盐渍化土壤的危害

盐渍化对设施菜地的危害主要体现在作物生长和土壤生态两个方面。对作物生长而言, 不同盐分含量下设施蔬菜生长受影响情况如表 1 所示。对土壤生态而言, 盐分过高会破坏土壤团粒结构、导致土壤板结、通气性和透水性下降, 同时抑制有益微生物活性, 阻碍土壤养分循环。

表 1 不同盐分含量下设施蔬菜生长受影响情况

土壤全盐量 (g/kg)	蔬菜生长状态	典型症状示例
< 1.5	生长正常, 无明显盐胁迫	叶片翠绿, 结果均匀
1.5 ~ 3.0	生长略受抑制, 产量轻微下降	下部叶片轻微黄化
> 3.0	生长明显受阻, 产量大幅降低	叶片焦枯, 果实畸形

[收稿日期] 2025-08-25

[作者简介] 曹雨阳, 女, 2004 年生, 本科在读, 研究方向为土壤污染修复, E-mail: 2712849379@qq.com。



2 腐植酸与秸秆的特性分析

2.1 腐植酸的特性与功能

腐植酸富含羧基、羟基等活性官能团,以碳为核心元素,含少量氮、磷。在设施菜地盐渍化土壤改良中,腐植酸可通过活性官能团吸附或络合土壤中的游离阳离子,降低可溶性盐分离子浓度,缓解盐渍化危害。此外,腐植酸凭借其胶体特性促进土壤颗粒团聚,形成稳定的团粒结构,改善土壤通气与保水性;它还能螯合微量元素,提升铁、锌等元素的有效性,促进作物吸收养分,间接提升土壤肥力。

2.2 秸秆的特性与利用价值

秸秆主要成分为纤维素、半纤维素和木质素,同时还含钾、钙、镁等矿物质,是一种可循环利用的农业资源。在设施菜地中,秸秆粉碎还田可持续补充有机碳,提升土壤有机质含量,缓解连作导致的有机质下降,同时改善土壤物理结构、降低容重、减少板结。从资源循环角度看,秸秆还田实现了农业废弃物的资源化利用,避免了焚烧或丢弃带来的环境问题。其分解释放的营养物质与碳源还能微生物提供能量,促进微生物群落活性,助力养分循环,增强土壤供肥能力。

2.3 腐植酸与秸秆的协同作用

腐植酸与秸秆的协同性源于功能互补与作用机制适配。秸秆还田后,其分解过程需微生物参与,而腐植酸可通过提供活性官能团激活微生物酶系统,加速秸秆中纤维素、半纤维素的降解,促进有机碳快速转化为土壤可利用碳源;同时,秸秆分解产生的小分子有机物能为腐植酸胶体提供支撑,增强其对盐分离子的吸附容量与稳定性。此外,秸秆分解提升土壤孔隙度,可优化腐植酸在土壤中的扩散效率,使其更均匀地作用于盐分积累区域,为后续协同改善土壤理化性质与微生物环境奠定基础。

3 腐植酸与秸秆协同作用对土壤理化性质的影响

3.1 对土壤盐分的影响

腐植酸与秸秆协同施用可通过互补机制高效调控土壤盐分。腐植酸的活性官能团可吸附钠、氯

等游离盐分离子,而秸秆分解释放的有机酸则促进土壤胶体固定盐分离子,降低其在土壤溶液中的游离浓度。在设施菜地常规灌溉条件下,二者协同能缓解盐分随毛管水向上迁移的速率,避免表层盐分积累。与单独施用一种材料相比,协同处理在灌溉淋洗过程中能更有效地排出表层盐分,使盐分离子比例更平衡,减轻高盐离子对作物根系的胁迫,为养分吸收创造有利环境。李伟彤等^[1]采用二次回归正交试验设计,研究了褐煤腐植酸、沸石、玉米秸秆、磷石膏对城市绿地盐渍化土壤的改良效果,结果表明,腐植酸与玉米秸秆交互作用可显著降低土壤盐分。分析其原因可能在于:褐煤腐植酸与玉米秸秆施入土壤,能够显著地增加土壤腐植酸的总量^[2],进而增强了腐植酸降盐效果。

3.2 对土壤酸碱度的影响

设施菜地长期施化肥易导致土壤偏碱性,腐植酸与秸秆协同施用可有效调节 pH。腐植酸通过释放氢离子中和碱性离子,秸秆分解产生的腐植酸类物质则能缓冲 pH,避免剧烈波动。在北方碱性盐渍化设施菜地中,单施腐植酸可能导致 pH 短期内急剧下降,而二者协同则实现渐进式调节,将 pH 稳定在作物适宜范围内。此外,秸秆分解产生的有机胶体可吸附碱性金属离子,有助于维持土壤酸碱长期稳定,提高微生物活性和促进作物养分吸收。张志华^[3]研究表明,腐植酸肥料配合秸秆施用可显著改善土壤理化性质,其中土壤 pH (5.72 ~ 6.25) 较常规施肥提高了 0.21 ~ 0.53 个单位。

3.3 对土壤结构的影响

腐植酸与秸秆协同施用改善土壤结构的效果优于单一材料。腐植酸凭借其胶体粘结特性促进土壤微团聚体形成稳定结构,秸秆粉碎还田后可作为物理骨架支撑土壤孔隙,二者结合可大幅提升 > 0.25 mm 水稳性团聚体的比例。在设施菜地翻耕时,经协同改良的土壤耕作层容重降低、孔隙度增加,可为种子萌发提供充足的通气空间,同时提升土壤透水性,减少积水,并增强保水能力,从而降低灌溉频率和生产管理成本。张志华^[3]研究表明,与常规施肥相比,秸秆、腐植酸肥料和秸秆与腐植酸肥料配施均可不同程度上增加土壤总孔隙度、通气

孔隙度和饱和含水量,降低土壤容重,提高土壤透气保水性,且以秸秆与腐植酸肥料配施效果最佳。

3.4 对土壤养分的影响

腐植酸含有多种活性官能团,能络合或螯合土壤中的钾、钙、镁、铁等营养元素,有效防止其被固定流失,转化为更易被作物吸收的形态;秸秆能直接提供丰富的碳源,二者配施通过物理、化学及生物途径能够增加土壤有机质、碱解氮和速效钾含量,促进了养分的循环、活化与供应,从而全面提升土壤肥力。惠素玲^[4]研究表明,腐植酸与秸秆配施可以增加棉田土壤氮、磷、钾及有机质含量,较仅秸秆还田处理分别增加 28.24%、13.39%、3.49%、16.67%。

4 腐植酸与秸秆协同作用对土壤微生物群落的影响

4.1 对微生物数量与种类的影响

腐植酸与秸秆协同施用可优化土壤微生物的生存环境,促进其微生物数量与种类的良好转变。腐植酸提供的碳、氮源能直接推动细菌繁殖,尤其有利于氮素转化和磷素活化功能菌生长;秸秆分解释放的小分子有机酸和糖类则为真菌和放线菌提供专属营养,丰富其种类。在设施菜地连作体系中,二者协同施用能增加放线菌数量,其分泌的抗生素可抑制致病真菌,并调节细菌、真菌、放线菌的比例,维持土壤生态平衡。研究表明,秸秆还田配施腐植酸加速了秸秆腐解,进一步促进了玉米抽雄期和成熟期土壤真菌和细菌的增殖,真菌数量较常规化肥分别显著增加了 133.3% ~ 145.6% 和 72.7% ~ 183.5%;细菌数量分别显著增加了 59.5% ~ 84.8% 和 92.0% ~ 157.1%^[5]。

4.2 对土壤酶活性的影响

土壤酶活性是衡量土壤肥力的重要指标,腐植酸与秸秆协同施用可显著提升土壤酶活性。微生物是土壤酶的主要来源,腐植酸能激活微生物酶促反应系统,增强酶催化能力;秸秆分解释放的营养物质为微生物代谢提供能量,二者共同作用可提高土壤脲酶、蔗糖酶等关键酶的活性。其中,脲酶可加

速有机氮的转化,蔗糖酶可促进有机碳降解,将有机养分转化为速效养分。在设施菜地常规施肥后,腐植酸与秸秆协同施用土壤中微生物呼吸作用增强、代谢活动旺盛,还可加速肥料养分利用、减少流失,其产生的二氧化碳还能补充作物碳源,促进作物光合作用,形成土壤—微生物—作物的良性循环。郭伟等^[6]在化肥常规用量减少 15% 条件下,进行腐植酸、玉米秸秆还田及其配施腐植酸处理,对比研究了秸秆和腐植酸对白浆土酶活性、速效养分转化与吸收的影响。结果表明,与化肥常量对照相比,秸秆还田配施腐植酸处理土壤脲酶活性分别显著提高 78.7%、64.3% 和 119.0%、133.8%,土壤酸性磷酸酶活性分别显著提高 56.2%、36.0% 和 23.4%、30.7%,土壤蔗糖酶活性分别显著提高 97.1%、9.9% 和 54.6%、22.8%,土壤过氧化氢酶活性分别显著增加 23.7%、20.2% 和 18.1%、43.2%,这对于培育耕层土壤具有重要意义。

4.3 对微生物群落多样性和丰富度的影响

腐植酸与秸秆协同施用可重塑土壤微生物群落结构,推动群落向多功能、多样性方向转变。二者提供的复合碳源与微环境,能提升有益菌群的相对丰度。在设施菜地连作场景中,协同处理可降低群落结构的时空变异性,增强群落抗干扰能力,减少群落单一化问题,维持土壤微生物群落功能的稳定性,为土壤养分循环和作物健康生长提供持续支撑。刘丽芝^[7]利用风化煤、褐煤、秸秆等制成腐植酸有机肥,研究了在干旱胁迫下腐植酸有机肥对土壤化学性质和土壤微生物多样性的影响。结果表明,该有机肥能不同程度地增加细菌多样性,降低真菌多样性,提高细菌放线菌门和真菌子囊菌门的相对丰度。

5 结语

腐植酸与秸秆协同施用既能从物理和化学层面改善土壤盐分、酸碱度、结构、养分含量等,又能从生物学层面优化微生物群落数量、增强微生物活性、提升微生物多样性等,各改良效应之间相互促进,形成良性循环,为设施菜地(下转第 133 页)



效应，形成了一个完整的技术闭环：假植提供了一个可控的“缓苗”环境，解决了“促根”的问题；土壤改良优化了根际环境，解决了“提效”（提升水肥利用效率）的问题；规范化起运最大限度保留了苗木活力，解决了“保水”的问题。三者共同作用，有效缓解了夏季高温、强光、高蒸腾等不利因素带来的生理胁迫，从而实现了苗木成活率和生长势的双重提升。

3.3 局限性与未来展望

本研究证实了反季节种植技术的有效性,但存在一定局限性。试验组与对照组尽管采取了一系列技术措施,但因季节不同,仍无法完全排除环境因素(如温度、光照)对苗木生长恢复的影响,这可能在某种程度上会干扰对反季节移植技术本身效果的准确评估。目前的评价指标主要集中在宏观形态和基础生理层面,对苗木内在的生理生化响应缺乏深入揭示。此外,本研究的观测周期为一个生长季,未能充分评估反季节种植对苗木长期生长势、抗逆性及景观效果的持续影响。基于以上局限,未来的研究可从以下5个方面开展。

(1) 引入环境控制手段：在反季节种植过程中，增设遮阳、喷雾降温、防风等设施，以进一步削弱环境差异对评估结果的干扰。

(2) 深化生理机制研究: 增加叶绿素荧光、叶片水势、渗透调节物质等生理指标测定, 以更深入地揭示苗木在反季节移植过程中的胁迫响应与适

(上接第 102 页) 土壤盐渍化改良提供了切实可行的途径。未来, 可进一步研究腐植酸与秸秆的不同配比和施用方式在不同类型设施菜地土壤盐渍化中的应用效果, 以不断完善该改良技术体系。

参考文献

- [1] 李伟彤 孙福海 马献发. 防治城市绿地土壤次生盐渍化的改良材料研究[J]. 腐植酸, 2015(5): 19 ~ 24.
- [2] 王振忠, 董百舒, 吴敬民. 太湖稻麦地区秸秆直接还田的增产及培肥效果研究[J]. 耕作与栽培, 2002(3): 47 ~ 49.

应机制。

（3）开发智能化管理系统：结合大数据分析，构建基于物联网的智能化监测体系，实时调控土壤含水量、空气温湿度等重要环境数据。

(4) 推广绿色防控技术：针对病虫害防控，优先选用生物防治和物理防治等环境友好型技术，最大限度减少化学药剂给生态环境带来的影响。

(5) 开展多场景应用研究：从单一规格的乡土树种扩展到更多种类、不同规格的植物材料，在不同城市、不同立地条件（如道路、公园、屋顶绿化）下进行应用验证，形成区域性、场景化的技术标准和指南。

参考文献

- [1] 刘三玉. 反季节种植技术在市政园林绿化施工中的应用[J]. 中华建设, 2025 (7): 162 ~ 164.
- [2] 梁田. 反季节种植技术在园林绿化施工中的应用[J]. 居舍, 2025 (11): 138 ~ 141.
- [3] 朱秀云, 梁梦, 马玉. 根系活力的测定 (TTC 法) 实验综述报告[J]. 广东化工, 2020, 47 (6): 211 ~ 212.
- [4] 李彤杰, 黄超. 反季节种植技术在园林绿化施工中的应用分析[J]. 新农业, 2022 (7): 19.
- [5] 王淑芳. 反季节种植技术在园林绿化施工中的应用[J]. 南方农业, 2021, 15 (12): 90 ~ 91.

- [3] 张志华. 含腐植酸肥料配合秸秆施用对葡萄生长发育及土壤肥力的影响 [D]. 华中农业大学硕士学位论文, 2017.
- [4] 惠素玲. 秸秆还田联合施用腐殖酸对棉花产量的影响 [J]. 数字农业与智能农机, 2023 (12): 99 ~ 101.
- [5] 马传芳. 减量化肥条件下秸秆配施腐植酸对土壤化学特性及玉米生长的影响 [D]. 黑龙江八一农垦大学, 2021.
- [6] 郭伟, 邢力文, 马传芳, 等. 化肥减量条件下秸秆还田配施腐植酸对白浆土酶活性及养分转化与吸收的影响 [J]. 山东农业科学, 2023, 55 (6): 119 ~ 128.
- [7] 刘丽芝. 不同有机肥对于旱胁迫下苹果幼苗生长发育和根际环境的影响 [D]. 山西农业大学硕士学位论文, 2024.