

综述不同粪肥对土壤中微生物群落结构影响

林容¹, 张姣¹, 肖选雪¹, 马欧², 陈绍军¹, 赵艳蕊*

(1. 昭通卫生职业学院, 云南昭通 657000;

2. 昭通市中医医院, 云南昭通 657000)

摘要: 【目的】综述不同类型粪肥(畜禽粪肥、人类粪便和其他有机废弃物)对土壤中微生物群落结构的影响, 为保持土壤生态系统稳定性, 改进农业实践, 维护土壤健康提供理论支持。【方法】通过文献分析方法, 归纳总结不同类型粪肥对土壤中微生物群落结构的影响因素。【结果】粪肥作为一种有机肥料, 含有丰富的微生物群落, 对土壤中微生物的结构和功能产生重要影响。【结论】土壤微生物群落在土壤生态系统中具有关键作用, 影响养分循环、生态系统功能和农业可持续性。

关键词: 畜禽粪肥; 人类粪便; 微生物群落

引言

土壤微生物在土壤生态系统中具有非常重要的作用。粪肥作为一种重要的有机肥料来源, 其微生物组成和特性对土壤微生物群落具有显著影响^[1]。综述不同粪肥对土壤微生物群落结构的影响, 有助于我们更好地理解粪肥作用后土壤生态系统与微生物群落, 从而改进农业实践, 维护土壤健康。

1 土壤微生物的多样性和重要功能

土壤微生物是土壤生态系统中的重要组成部分, 其多样性和功能对维持土壤的健康和生态的平衡至关重要^[2]。

1.1 土壤微生物的多样性

土壤是一个极其复杂的微生物栖息地, 容纳了各种微生物群落, 包括细菌、真菌、古细菌、原核生物和其他微生物。土壤中的微生物物种丰富度极高, 估计每克土壤可能包含数百到数千种不同的微生物。土壤微生物的基因多样性也非常丰富, 这意味着它们具有广泛的代谢能力, 可以分解各种有机物质、参与养分循环并抵抗环境压力^[3]。土壤微生物群落在土壤剖面中呈垂直分布, 受到土壤深度、温度、水分和氧气水平等因素的影响。不同类型的土壤(例如沙壤土、壤土和黏壤土)具有不同的微生物群落结构, 其微生物群落会随季节和环境因素的变化而变化, 温

度、降水、植被类型和土壤的pH值等因素都会影响微生物多样性和丰富度。

1.2 土壤微生物的重要功能

土壤微生物参与了土壤的养分循环, 在固定和释放碳、固定氮气、有机物质的分解及其生物降解、抵抗环境胁迫等方面起到了重要的作用。

土壤微生物参与了氮、磷、硫等养分的循环^[4]。它们能够固定氮气、分解有机物质并将养分释放到土壤中, 植物吸收了这些养分后可以促进其快速生长。植物的真菌对土壤真菌群落有影响, 另外, 植物的真菌可以提高土壤微生物量。例如姚祥^[5]发现, 醉马草内生真菌共生体对土壤真菌多样性起到庇护作用, 有利于草地真菌多样性的维持。

土壤微生物在土壤中固定和释放碳, 参与全球碳循环。土壤中的某些菌种能利用CO₂作为碳源, 通过光合作用产生能量^[6], 也就是说其对CO₂的固定是有作用的, 这可以防止二氧化碳释放到大气中, 有助于减缓气候变化, 对预防温室效应具有非常重大的意义。一些土壤微生物能够将大气中的氮气转化为植物可以利用的氨氮, 这对于提供植物的养分至关重要^[7]。微生物在土壤中分解有机物质, 包括植物残渣和死亡生物体, 将其转化为有机质, 丰富土壤的有机质含量, 有助于改善土壤质地和肥力。微生物降解有机污染物, 有助于土壤和水体得到良好的净化作用^[8]。某些微生物可以在恶劣的环境条件下生存和繁殖, 提高土壤的稳定性, 抵抗侵蚀和污染^[2]。土壤微生物的多样性和其功能对土壤生态系统的健康和功能至关重要。它们参与了养分循环、有机物质分解、病

基金项目: 昭通卫生职业学院2022年度校级课题“两种粪肥微生物区系初步研究”(202215)。

作者简介: 林容, 硕士研究生, 助教, 研究方向为: 微生物学。Email: 1020520455@qq.com

通信作者: 赵艳蕊, 大学本科, 助教, 研究方向为: 临床医学。Email: 1508021666@qq.com

原体控制、碳循环、氮气固定和土壤改良等关键生态过程。了解和保护土壤微生物的多样性和功能对于可持续农业发展和环境保护意义重大^[9]。

2 影响微生物群落结构的因素

2.1 环境因素

气候条件、季节性变化、水体接触等不同环境因素会对微生物群落结构产生影响。不同的气候条件会导致不同类型的微生物在土壤中占主要优势^[10]。温度、湿度、降水量等气候因素会影响土壤微生物群落的多样性和活性；季节性的气温和降水量变化会影响土壤微生物群落的组成和活动水平，冷季和暖季的微生物群落可能有显著差异^[11]。土壤微生物群落受到土壤水分的影响。有研究认为，不同的水分变化均增强细菌的相互作用潜力，湿润程度降低真菌的相互作用潜力，干旱程度增加细菌的相互作用潜力^[12]。

2.2 土壤性质

土壤的酸碱度、类型、有机质含量、通气性等土壤性质也对微生物群落结构有所影响。土壤的酸碱度（pH值）是一个重要因素，不同的pH值条件适合不同类型微生物的生存。土壤酸碱性的改变影响土壤中矿物质、有机质等的分解，与土壤理化性质、微生物群落结构及植物生长密切相关^[13]。不同类型的土壤，例如沙土、壤土和黏土，具有不同的质地和养分含量，从而影响了微生物的多样性；土壤中的有机质含量影响了微生物的碳源供应，因此富含有机质的土壤通常支持更多的微生物群落^[14]。另外，土壤的通气性会影响土壤中的氧气水平，从而影响了厌氧和好氧微生物的存在。氧气改变了土壤微生物的功能活性和偏好性，形成的根际微域能够识别和选择植物生长所需的有益微生物，研究发现，补钙增氧改变了正常园土和缺钙土下苹果根际土壤微生物群落结构^[15]。

2.3 外部输入

除了环境因素、土壤性质之外，外部输入因素也会对微生物群落结构产生影响，例如植被类型、污染物、有毒物质的输入和外部微生物来源。不同类型的植被根系分泌物和植被残渣可以影响土壤微生物的生存环境和碳源供应，从而塑造微生物群落^[16]。化肥、农药、重金属等输入，可能对土壤微生物产生毒性作用，改变微生物群落结构^[17]。畜禽粪便还田对土壤物理、化学和生物性质产生了深刻影响^[18]。例如有

研究发现畜禽粪便施入土壤后，除了能够为土壤提供大量的营养元素外，它含有的微生物也会进入到土壤环境中^[18]。所以，粪便、农作物类型和环境管理中的微生物添加，可以引入新的微生物群落，并影响土壤微生物结构。这些因素之间相互交织，共同塑造了土壤微生物群落的结构和多样性。了解这些影响因素对于有效管理土壤生态系统、维持土壤健康，从而促进农业可持续发展和环境保护至关重要。

3 粪肥的种类和特性及其对生物群落的影响

粪肥是由动物粪便或人类粪便经过分解和发酵而成的有机肥料。它在农业和园艺中被广泛用于提供养分、改善土壤质地和促进植物生长。粪肥还田既能实现粪便的资源化利用，还有利于改善土壤质量和结构，提高土壤微生物生物量、酶活性^[19]以及群落的功能多样性和丰度。合理施肥可以促进土壤有机碳积累和植物生长，并驱动稻田土壤微生物群落结构演变^[20]。粪肥的种类和特性因来源不同而异，以下综述了常见的粪肥种类和它们的特性。

3.1 畜禽粪肥

畜禽粪肥来自家禽和家畜的粪便，通常是粪便和尿液的混合物^[21]，富含有机质，可以为土壤提供所需的碳源，改善土壤结构。畜禽粪肥含有大量的氮、磷、钾等高养分和各种微生物，可作为优质的肥料，所以粪肥对改善土壤微生物群落有作用^[22]。

3.2 人类粪便肥料

人类粪便肥料是经过处理的人类粪便，通常通过厕所系统或生态卫生厕所收集而来，含有丰富的氮、磷、钾和微量元素，是一种高效的有机肥料^[23]。通过适当的处理，人类粪便肥料可以变为安全的肥料，有助于资源回收和环境保护。尽管可以通过适当的处理来减少风险，但处理不当的人类粪便肥料可能携带有害病原体，例如研究发现人类尿液中存在血吸虫、伤寒沙门氏菌、钩端螺旋体和蠕虫卵等病原体^[24]。

3.3 其他有机废弃物肥料

除了畜禽粪肥和人类粪肥，其他有机废弃物肥料包括厨余垃圾、植物残渣、木屑、废弃的农产品等废弃物，经过分解和堆肥处理后可用于土壤改良^[25]。这些废弃物来源多样，因此肥料的特性也多样，含有不同种类的有机质和养分。具体含量取决于废弃物的

类型,但通常富含有机质。有研究发现,有机废弃物的施用明显增加了土壤中微生物生物量碳、氮和磷及土壤酶的活性,这是由于有机废弃物的投入都不同程度地增加了土壤中活性有机物质^[26]。所以,生活的各类粪肥对于土壤环境的改善具有良好的作用。

但是,不同类型的粪肥在养分含量、微生物组成和使用方式上可能存在差异,因此在使用时,需要根据具体作物和土壤类型选择适当的粪肥,并遵循正确的施用方法以确保充分的养分供应和土壤健康。此外,对于人类粪便肥料的处理和卫生措施也很重要,我们应当注意使用妥当,以减少潜在的健康风险。

3.4 粪肥对土壤微生物群落结构和土壤生态系统功能的影响

粪肥对土壤微生物群落结构产生显著影响,取决于粪肥的成分、施用方式和土壤环境等因素^[27],主要有以下5个方面。

(1) 在提供氮源有机质含量方面,畜禽粪肥富含有机质,为土壤微生物提供了丰富的氮源^[28]。这有助于增加土壤中有机质含量,促进微生物生长和活动。但是高氮源的输入可能导致土壤中的微生物过度生长和活动,从而使有机质的快速分解,释放大量的二氧化碳,可能降低土壤有机碳储存。

(2) 在提供养分方面,畜禽粪肥含有丰富的养分,例如氮、磷和钾,可以提供植物所需的养分,促进植物生长。但是过度施用畜禽粪肥可能导致氮和磷的过度积累,对土壤和水体产生污染风险。

(3) 在微生物群落的改变方面,畜禽粪肥中含有各种微生物,可能丰富土壤微生物群落的多样性^[22],引入新的微生物种群,有助于土壤生态系统的稳定性^[29]。但是如果粪肥中存在病原微生物或抗生素残留物,可能导致土壤中的有害微生物增加,对植物和环境构成威胁。

(4) 在土壤酸碱度方面,张永春等人发现长期施用尿素、有机肥及水稻秸秆均导致土壤的酸化;另外,作者认为施用尿素对土壤的酸化影响与有机肥及水稻秸秆是存在差异的^[30]。所以,是否施用畜禽粪肥也对土壤酸碱度造成相同的影响呢?这为我们对于粪肥的研究提供了新的方向。

(5) 在土壤微环境方面,粪肥中不仅有丰富的碳、氮源,能为土壤补充有机质、改善土壤养分结

构,提高土壤供肥能力,而且含有多种有益微生物,能刺激土壤微生物活性,促进物质转换^[31]。与传统尿素肥或者复合肥相比,粪肥更有利于提高土壤质地,有助于改善土壤微生物的生存环境。当然,过量施用畜禽粪肥对土壤是有不利影响的。

畜禽粪肥对土壤微生物群落结构的影响是复杂的,取决于多个因素的相互作用^[32]。因此,在施用畜禽粪肥时,应谨慎选择适当的方法和施用量的大小,以最大限度地发挥其有益作用,同时减少可能带来的环境和生态风险。此外,监测土壤微生物群落结构的变化对于合理管理土壤生态系统也是重要的^[33]。

4 其他有机废弃物的特点及对生物群落的影响

4.1 厨余垃圾

厨余垃圾包括食品残渣、植物性废弃物、厨房废弃物等富含有机质。厨余垃圾堆肥后可以产生高质量的有机肥,富含有机质和养分。例如施振华等^[34]提出,在有氧条件下,利用好氧微生物的生命代谢作用对厨余垃圾进行生物降解和生物合成,可制取生物有机肥或土壤改良剂。这样可以将厨余垃圾制成有机肥,以实现资源化利用。该技术将有助于改善土壤的理化性质,提高土壤的肥力,也将解决我国的厨余垃圾问题。

4.2 植物残渣

植物残渣包括植物茎、叶子、根系等,它们含有植物的碳、养分和纤维素,可以提供碳源和有机质,有助于改善土壤质地和结构。它们也可以提供栖息地和食物资源,促进土壤生物多样性。分解植物残渣的微生物也能促进土壤养分循环。对生物群落的影响通常是正向的,有助于土壤生态系统的稳定性。

4.3 木屑

木屑是木材加工或锯木产生的废弃物,主要由木质纤维组成,通常用于改善土壤质地,特别是增加土壤通气性。它们可以提供长期的碳源,但分解速度较慢。木屑对土壤微生物和生物群落的影响因分解速度较慢而相对较小。在短期内,木屑对土壤的作用很小,但长期来看,它们可以为土壤提供稳定的有机质,有益于土壤健康。

有机废弃物的影响主要取决于后期的处理方法。因此,正确合理地利用这些有机废弃物可以改善土壤生态系统,增加土壤的生物多样性和生态平衡,

提高土壤的农业生产力。但需要注意的是,在使用有机废弃物时应当遵循适当的施用原则,以确保最大限度地发挥其积极作用,并减少潜在的负面影响。

5 未来研究方向和建议

5.1 微生物多样性和功能关联

研究可以深入探讨微生物多样性与功能之间的关联。如何界定微生物群落的变化与土壤功能、养分循环以及植物健康之间的关系是一个重要的研究领域。使用分子生态学和生态功能基因组学等先进技术,来揭示微生物群落不同粪肥处理下的功能潜力。

5.2 长期监测研究

开展长期的土壤微生物群落监测研究,以了解不同粪肥的长期效应。这将有助于预测微生物群落的演变趋势,并评估可持续土壤管理策略。

5.3 微生物群落的抗性和适应性

研究不同粪肥处理下土壤微生物群落的抗性和适应性。随着气候变化和环境压力的增加,了解微生物如何适应和抵抗这些变化对于土壤生态系统的稳定性至关重要。

5.4 不同地理位置的比较

进行跨地理位置的研究,比较不同粪肥类型对不同区域的土壤微生物群的影响。这有助于确定粪肥在不同土壤类型和气候条件下的效用和适用性。

5.5 生态系统级研究

将微生物群落的研究纳入更大范围的生态系统中,考虑土壤微生物与其他生态因素之间的相互作用,例如植物、土壤理化性质、生物多样性等。

5.6 新型粪肥和处理技术

研究新型粪肥和处理技术对土壤微生物群落的影响,包括生物气化、厌氧发酵等新型处理方法,以及粪便来源的多样性,例如人类、畜禽、水生动物等。

5.7 微生物生态系统服务

探索不同粪肥对土壤微生物群落的影响与微生物提供的生态系统服务之间的联系,例如养分循环、土壤健康、抗病害能力等。

6 总结

这些研究方向有助于我们理解不同粪肥在土壤微生物群落结构中的影响,为可持续土壤管理和农业

生产提供更多科学依据。同时,利用新技术和跨学科方法将有助于解锁土壤微生物群落在不同粪肥处理下的复杂生态过程。

参考文献

- [1] 凌大炯,章家恩,欧阳颖.酸雨对土壤生态系统影响的研究进展[J].土壤,2007,39(4):514-521.
- [2] 李静.河套灌区水肥措施对农田土壤酶及微生物群落的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2021.
- [3] 魏媛,张金池,俞元春,等.退化喀斯特植被恢复对土壤微生物数量及群落功能多样性的影响[J].土壤,2010,42(2):230-235.
- [4] 秦华,徐秋芳,曹志洪.长期集约经营条件下雷竹林土壤微生物量的变化[J].浙江林学院学报,2010,27(1):1-7.
- [5] 姚祥.醉马草内生真菌共生体对草地植物组成及土壤微生物群落多样性的影响[D].兰州:兰州大学,2019.
- [6] 王子擎,张颖,王扬,等.科尔沁沙地植被重建对土壤固氮和固碳菌群的影响[J/OL].应用生态学报,1-10.
- [7] 吕雪丽,赵永鹏,林清火,等.我国典型森林土壤微生物驱动的氮代谢途径特征解析[J].环境科学,2021,42(10):4951-4958.
- [8] 钟继承.农田土壤-植物系统重金属复合污染特征及EDDS诱导植物修复研究[D].重庆:西南农业大学,2004.
- [9] 姚丹.不同种属PGPR菌株对紫花苜蓿-根瘤菌共生效率的影响[D].兰州:兰州大学,2021.
- [10] 姜懿珊,孙迎韬,张干,等.中国不同气候类型森林土壤微生物群落结构及其影响因素[J].生态环境学报,2023,32(8):1355-1364.
- [11] 刘俊第.退化红壤植被恢复不同阶段土壤有机碳稳定性研究[D].福州:福建农林大学,2019.
- [12] 焦盼盼.水分变化对黄土高原典型土壤有机碳矿化影响的微生物作用机制[D].北京:中国科学院水利部水土保持研究所;中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心,2023.
- [13] 王飞.土壤酸化过程的土壤化学分析[J].化学工程与装备,2020(12):273-274+291.
- [14] 魏小珍.甘肃省农户农业节水技术采用行为研究

- [D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2017.
- [15] 张佳琳. 补钙增氧对苹果根际微生物和养分吸收及大树生产性能的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2022.
- [16] 林容, 陈叙静, 赵丽娟, 等. 三种不同土壤微生物初步分析[J]. 智慧农业导刊, 2022, 2 (19):30-32+35.
- [17] 钟俊杰, 李晓镜, 尹泽润, 等. 紫泥田水稻土细菌群落对不同农艺调控措施响应[J]. 农业环境科学学报, 2022, 41 (2):367-374.
- [18] 张雅丽, 郭晓明, 胡慧, 等. 牛粪还田对土壤微生物群落特征的影响[J]. 环境科学, 2023, 44 (3):1792-1800.
- [19] Orr C H, Leifert C, Cummings S P, et al. Impacts of organic and conventional crop management on diversity and activity of free-living nitrogen fixing bacteria and total bacteria are subsidiary to temporal effects[J]. PLoS One, 2012, 7 (12):e52891.
- [20] 理鹏, 吴建强, 沙晨燕, 等. 粪肥和有机肥施用对稻田土壤微生物群落多样性影响[J]. 环境科学, 2020, 41 (9):4262-4272.
- [21] 杨国强. 蛋鸡粪污处理与资源化利用技术模式[J]. 云南畜牧兽医, 2018 (4):20-23.
- [22] 李江涛, 罗甜甜, 杜满聪, 等. 畜禽粪肥添加及干湿交替强度对土壤微生物功能多样性的影响[J]. 广东农业科学, 2018, 45 (6):68-77.
- [23] 李天昕, 翁锐, 徐新朋, 等. 基于还田视角的人粪尿处理研究进展[J]. 农业资源与环境学报, 2023, 40 (6):1388-1399.
- [24] Sangare D, Sou Dakoure M, Hijikata N, et al. Toilet compost and human urine used in agriculture: fertilizer value assessment and effect on cultivated soil properties[J]. Environmental Technology, 2015, 36 (9/10/11/12):1291-1298.
- [25] 卢红玲, 崔新卫, 高鹏, 等. 湖南生活垃圾分类处置及生物质废弃物肥料化研究进展[J]. 湖南农业科学, 2021, (12):102-106.
- [26] 尉吉乾, 倪春霄, 许思嘉, 等. 不同有机废弃物提升新围涂地土壤有机碳库与生物活性的效果[J]. 农学学报, 2023, 13 (1):26-31.
- [27] 郭爱枫. 液相粪肥对土壤养分和微生物空间分布的影响[J]. 水土保持应用技术, 2023 (3):19-20.
- [28] Khaliq A, Kaleem Abbasi M. Improvements in the physical and chemical characteristics of degraded soils supplemented with organic-inorganic amendments in the Himalayan region of Kashmir, Pakistan. Catena, 2015. 126:209-219.
- [29] 李志鹏. 土地利用变化和重金属污染对水稻土土壤呼吸和有机碳损失的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2009.
- [30] 张永春, 汪吉东, 沈明星, 等. 长期不同施肥对太湖地区典型土壤酸化的影响[J]. 土壤学报, 2010, 47 (3):465-472.
- [31] 吴茜虞, 续勇波, 雷宝坤, 等. 粪肥替代对稻田土壤氮素、有机质含量及水稻产量的影响[J/OL]. 西南农业学报, 1-13.
- [32] 张亮亮, 罗明, 韩剑, 等. 南疆枣树-棉花间作对土壤微生物区系及代谢熵的影响[J]. 棉花学报, 2016, 28 (5):493-503.
- [33] 曲艳, 宋倩, 杨合龙, 等. 呼伦贝尔草原不同利用方式对土壤微生物群落结构的影响[J]. 草地学报, 2021, 29 (8):1621-1627.
- [34] 施振华, 王振泉, 洪亮亮. 泉州市厨余垃圾资源化利用问题初探[J]. 海峡科学, 2023, (8):63-66.