FASE亮文解读：外源添加剂对猪粪堆肥重金属钝化和氮保留的影响

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/29766.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

FASE亮文解读：外源添加剂对猪粪堆肥重金属钝化和氮保留的影响。论文标题：Effect of exogenous additives on heavy metal passivation and nitrogen retention in pig manure composting

期刊：Frontiers of Agricultural Science Engineering

作者：Ziqi WANG, Guotao SUN, Jiamin WANG, Gongshe YANG

发表时间：15 Sep 2024

DOI：10.15302/J-FASE-2023487

微信链接：点击此处阅读微信文章

Sep 2024, Volume 11 Issue 3

· 第八篇 ·

论文ID

Effect of exogenous additives on heavy metal passivation and nitrogen retention in pig manure composting

外源添加剂对猪粪堆肥重金属钝化和氮保留的影响

发表年份：2024年

第一作者：王子祺

通讯作者：杨公社

邮箱：gsyang999@hotmail.com

作者单位：西北农林科技大学动物科技学院，陕西省动物遗传育种与繁殖重点实验室

Cite this article :

Ziqi WANG, Guotao SUN, Jiamin WANG, Gongshe YANG. Effect of exogenous additives on heavy metal passivation and nitrogen retention in pig manure composting. Front. Agr. Sci. Eng., 2024, 11(3): 468 – 484 https://doi.org/10.15302/J-FASE-2023487

· 文章摘要 ·

在现代养猪业中，饲料添加剂的使用导致猪粪中重金属含量显著升高。长期将重金属含量偏高的猪粪作为有机肥施用，不仅会引发农作物重金属污染，还会进一步威胁食品安全，最终危害人体健康。为解决这一问题，堆肥是实现猪粪的可持续管理、减少重金属问题及提高猪粪资源化利用的有效方法。堆肥过程伴随高温和气体的释放，导致堆肥氮素含量变化，为重金属钝化剂的应用提供了契机。本文综述了堆肥中重金属钝化剂的研究进展、相关技术及其存在的问题，并对猪粪堆肥重金属钝化和保氮策略提供了建议。

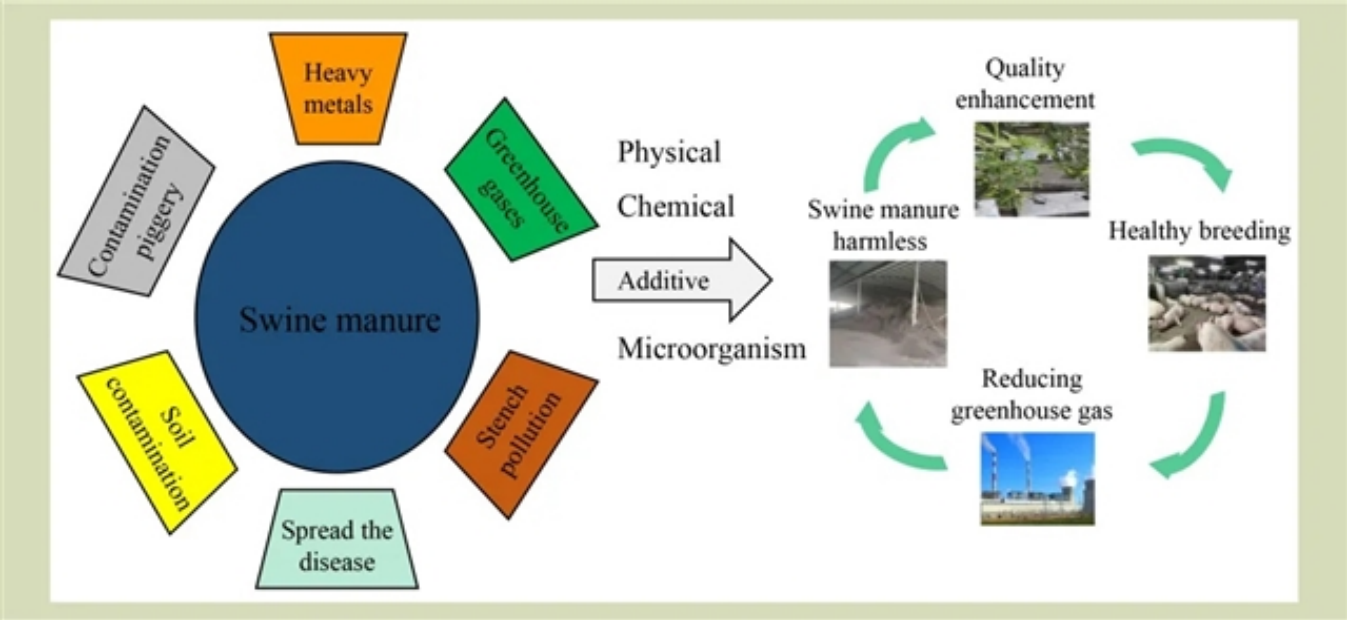
· 文章亮点 ·

1. 对养猪业进行粪便重金属钝化和氮排放的研究是必要的。

2. 阐述了不同类型添加剂对猪粪重金属钝化和氮保留的机理。

3. 论述了重金属钝化和保氮技术的发展和前景。

· Graphical abstract ·



· 研 究 内 容 ·

引言

堆肥发酵是畜禽粪便处理中一种经济有效的手段。随着中国养猪业的快速发展和集约化程度的提高，规模化养殖带来的环境污染问题日益凸显，尤其是猪粪中重金属含量超标现象普遍，长期累积可能对周边环境、粮食安全和人体健康造成威胁。中国畜禽粪便排放的气体中约29%来自猪粪，且猪粪对畜牧业重金属排放的贡献率高达71%。此外，猪粪中的氮元素虽是植物生长必需的养分，但在堆肥过程中，氮元素主要通过气体形式如CO2、NH3、CH4和N2O等流失，导致温室气体和有害气体的排放。因此，深入理解猪粪中重金属的来源、种类、形态以及钝化技术，以及堆肥添加剂对氮保留的影响，对于实现猪粪的资源化利用和环境保护具有重要意义。本文综述了猪粪中重金属的来源、形态、生物可利用性，探讨了近年来重金属钝化技术的发展，并评估了各类堆肥添加剂对氮保留的效果，同时对外源添加剂在猪粪堆肥中对重金属钝化和氮保留的影响提出了建议和展望。

猪粪重金属的来源、形态和生物利用度

来源：自发现高剂量铜和锌可减少仔猪腹泻、提高其采食量和生长性能后，这些金属元素的添加剂被广泛添加到饲料中。而生猪对这些金属添加剂的利用率普遍较低，大部分未被吸收的金属元素随粪便和尿液排出。此外，饲料加工过程中也常导致微量金属元素残留。这些因素导致猪粪中铜、锌、镉、砷、汞等重金属的积累。有调查显示，中国某些地区猪粪中铜含量高达767 mg · kg – 1，锌含量最高可达3130 mg · kg – 1。这些含重金属的猪粪一旦施用到农田，将导致土壤中重金属含量升高，进而影响土壤生物活性和作物生长，最终通过食物链对动物和人体健康造成潜在威胁。

形态：根据1979年Tessier等人提出的方法，重金属的形态可以分为交换态、碳酸盐结合态、铁锰氧化物结合态、有机结合态和残渣态。1999年，欧洲参考材料局 (European Bureau of Reference Materials) 对这一方法进行了改进，形成了BCR逐级提取法，将重金属重新分类为交换态、还原态、氧化态和残渣态。猪粪中重金属的生物有效性因其形态不同而有所差异。控制猪粪中重金属污

染的主要方法是利用钝化技术改变其形态，从而降低其流动性和生物可利用性，使重金属以更稳定的形式存在，便于从粪便中移除或作为有机肥料安全施用。

生物利用度：重金属的生物利用度反映了生物体对重金属的吸收和利用程度，这一指标与生物体的特性和重金属的形态紧密相关。在重金属的不同形态中，交换态的生物可利用度通常最高，而残渣态的生物可利用度最低。

综上所述，了解猪粪重金属来源，研究猪粪中重金属的形态分布对于预测猪粪中重金属的生物有效性和环境风险具有重要意义，可以为猪粪在农田或沼气中的应用提供更多有用的信息。

提高猪粪重金属钝化的措施

猪粪堆肥产品中的重金属污染是限制其应用的主要因素。重金属钝化的目的在于通过添加重金属钝化剂或微生物制剂，利用物理、化学或微生物手段改变重金属的形态，从而降低其生物可利用性和毒性。

物理添加剂：物理添加剂通常具有大孔径、强吸附性和较大的比表面积，主要通过物理吸附、阳离子交换、络合、共沉淀和分子间相互作用等机制发挥作用 (图1)。研究表明，在猪粪堆肥中添加生物炭、沸石等物理添加剂可以显著降低重金属的生物可利用度，并提升堆肥品质。目前，关于物理添加剂用于钝化猪粪中重金属的研究已经取得了广泛的进展和深入的成果。例如，添加磷灰石和硼废料可以促进腐殖质中铜和锌的螯合转化。

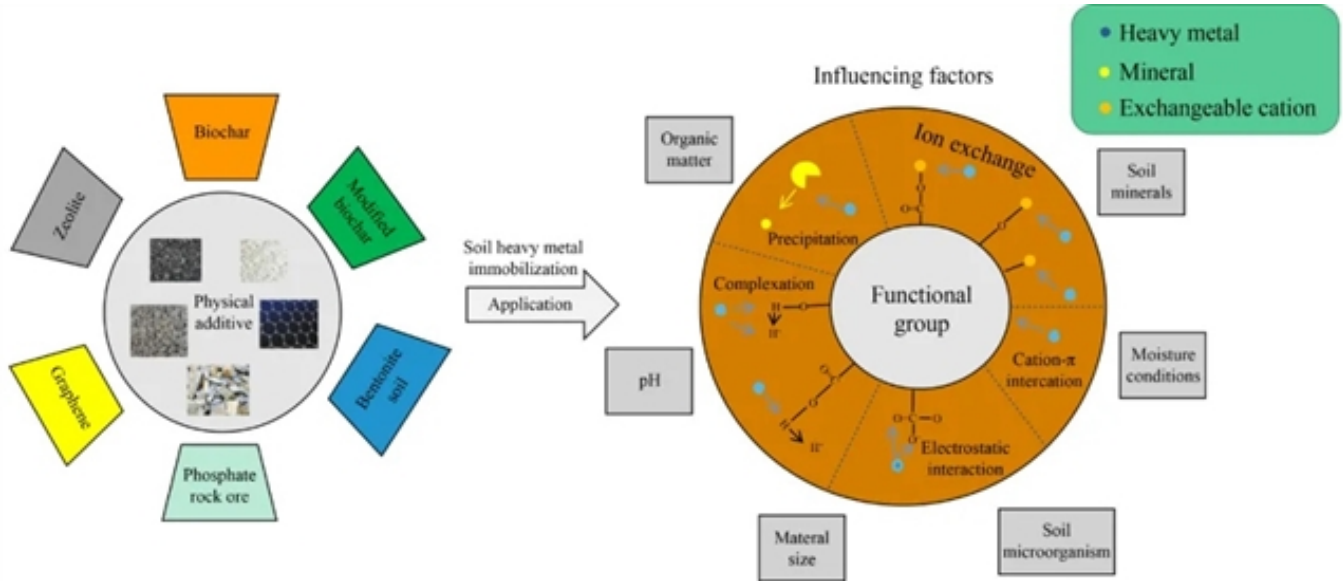


图1 物理添加剂钝化重金属的机理。

化学添加剂：化学技术主要用于通过酸化、离子交换、溶解作用、使用复合剂和表面活性剂等方法去除重金属。图2展示了化学物质钝化重金属的机制。化学添加剂在处理粪便中的重金属时，主要充当酸化剂、表面活性剂和复合剂的角色。酸化剂可以通过溶解去除大量重金属；而表面活性剂和复合剂则可以将不溶性金属转变为可溶性金属或复合物。

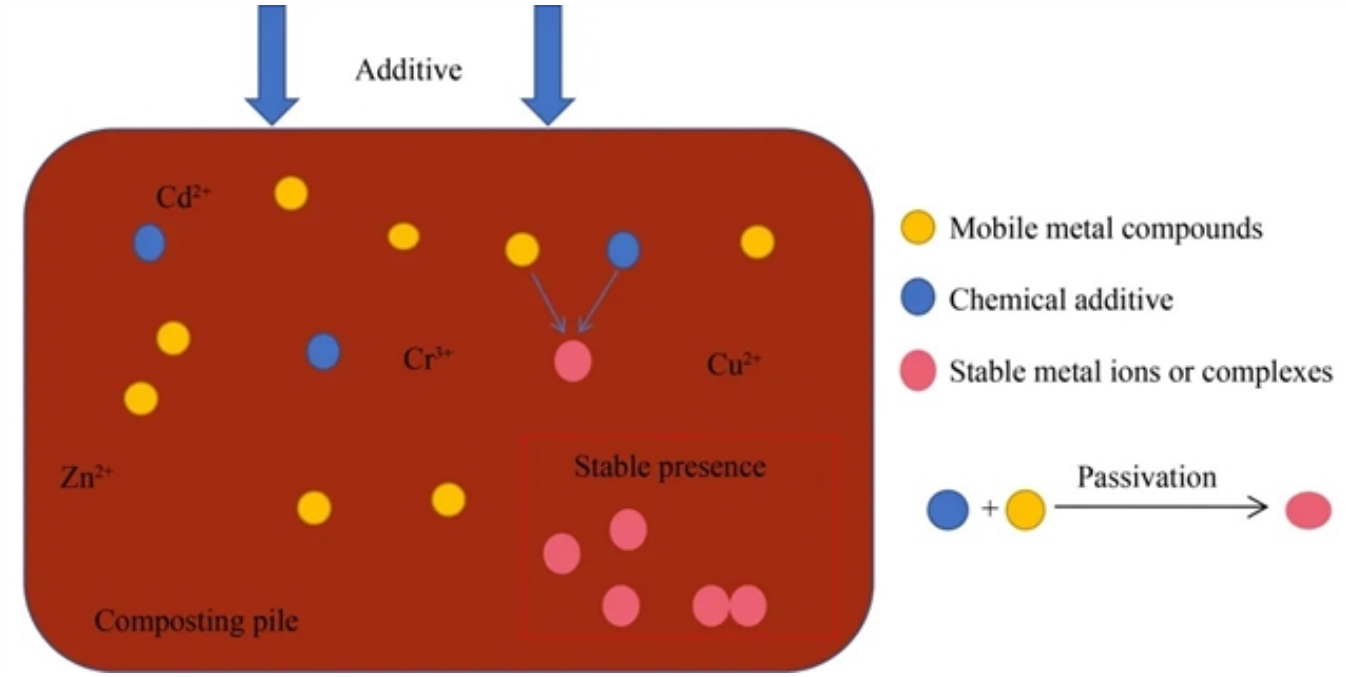


图2 化学钝化剂的钝化机理。

微生物制剂：微生物制剂是降低堆肥中重金属生物利用度的有效方法之一。微生物添加剂的常规添加量介于0.05%到5%之间。其作用原理主要是利用细菌、真菌和藻类等微生物的代谢活性 (图3)，使它们与堆肥中的有机盐和有机酸类物质结合，从而降低金属离子的毒性和污染水平，实现减少重金属污染风险的目的。

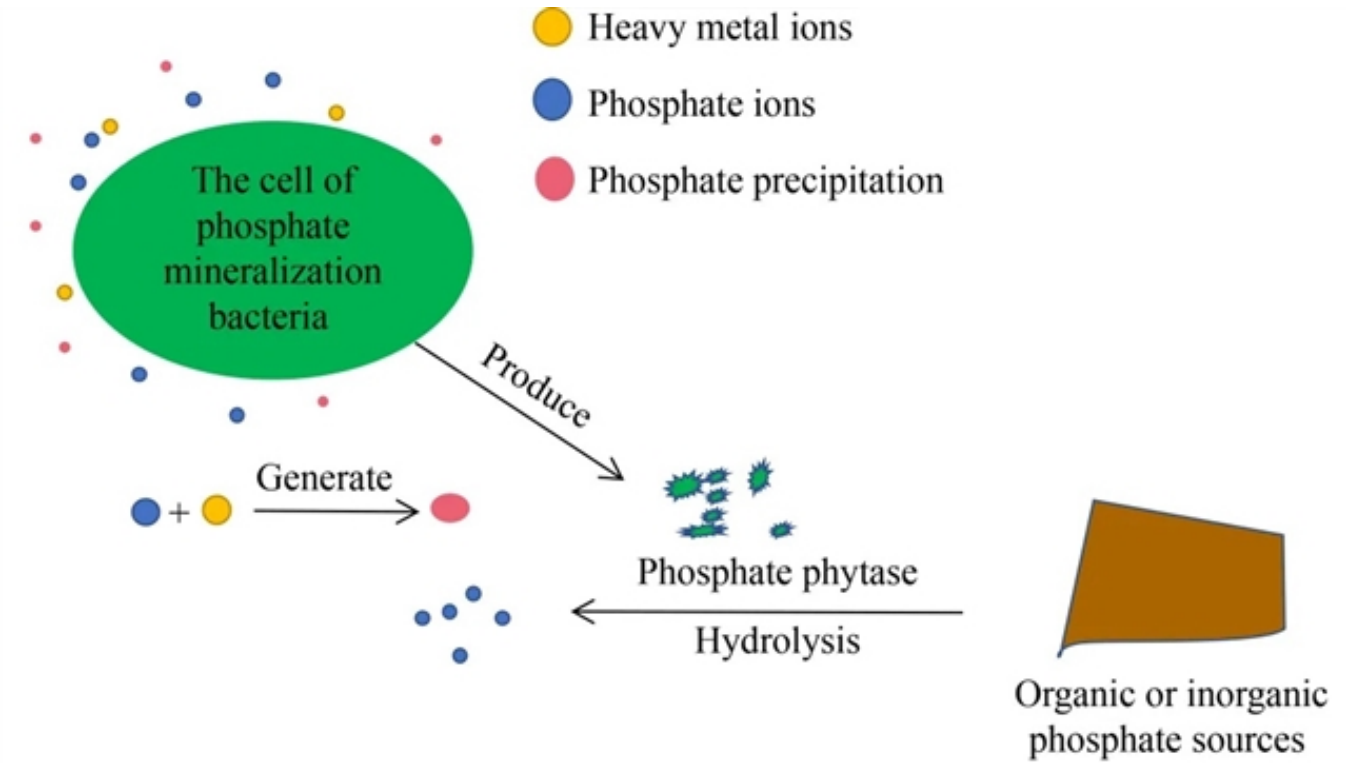


图3 磷酸盐矿化细菌的矿化机理。

总体而言，猪粪堆肥中重金属钝化的研究主要集中在物理添加剂对重金属活性的影响上，同时，一些新型物理复合材料在重金属钝化和迁移方面展现出了良好的应用潜力。不同钝化剂不仅在钝化机理上有所差异，而且在实际应用中各自的优缺点也很明显。表1列出了不同添加剂在钝化重金属方面的优缺点。

表1 不同添加剂的优缺点

Type of additives	Advantages	Disadvantages	References
Physical additives	Easy operation	Less effective	[40–51]
	Low cost	Low repeatability	
	Wide range of sources		
Chemical additives	Better effects	Difficult operation	[56–60]
	Fast results	Higher costs	
		Waste liquid pollution	
		Application difficulties	
Microbial additives	Reusable	High technical demands	[63–67]
	Better effects	Higher costs	
	Great prospects	Further research needed	

外源添加剂对堆肥氮保留的影响

在堆肥过程中，氮元素的损失主要发生在发酵阶段，这一阶段会产生大量恶臭和温室气体，其中大部分氮损失以NH3和N2O的形式排放，占总氮损失的79%以上。堆肥过程中氮的转化主要涉及氨化、硝化、反硝化以及生物固定等过程 (图4)。

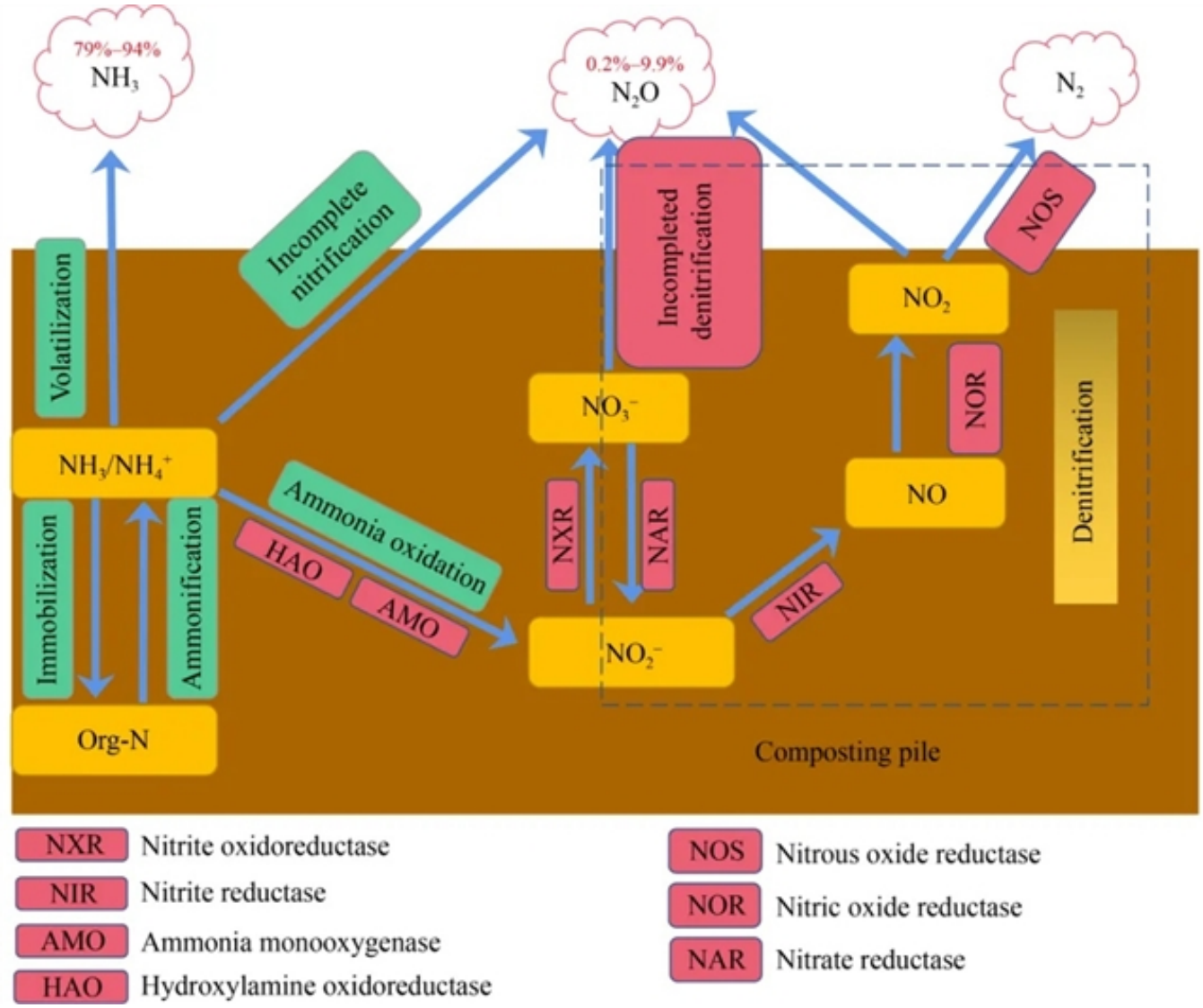


图4 堆肥过程氮的转化过程。

物理添加剂：堆肥中使用的物理添加剂包括天然存在的物质和人工合成材料，这些物质具有较大的比表面积、强烈的吸附能力和有效的离子交换能力。类似于重金属的物理钝化剂，它们可以显著减少堆肥过程中NH3和N2O的排放，分别降低35%和60%。此外，大多数物理添加剂如竹炭和膨润土等还能延长发酵时间，提高堆肥温度，并改善最终堆肥的品质。

化学添加剂：堆肥中使用的化学添加剂一般包括酸性化学品、磷酸盐或硝化抑制剂等，用以减少氮的损失。例如，在猪粪堆肥中添加磷酸钙镁可以减缓N2O的释放，并增加NH4+-N和堆肥的总氮含量。

微生物添加剂：堆肥中使用的微生物添加剂可以是单一菌株的细菌，也可以是多种菌株的组合。目前常用的微生物添加剂包括芽孢杆菌、乳杆菌、链霉菌和假单胞菌等。不同的细菌产品具有不同的特点，应根据堆肥有机物的种类和特性选择合适的微生物制剂。图5展示了微生物添加剂如何通过改变堆肥过程中碳和氮的代谢来减少氮损失，从而减少氨排放，使更多的氮保留在堆肥中。

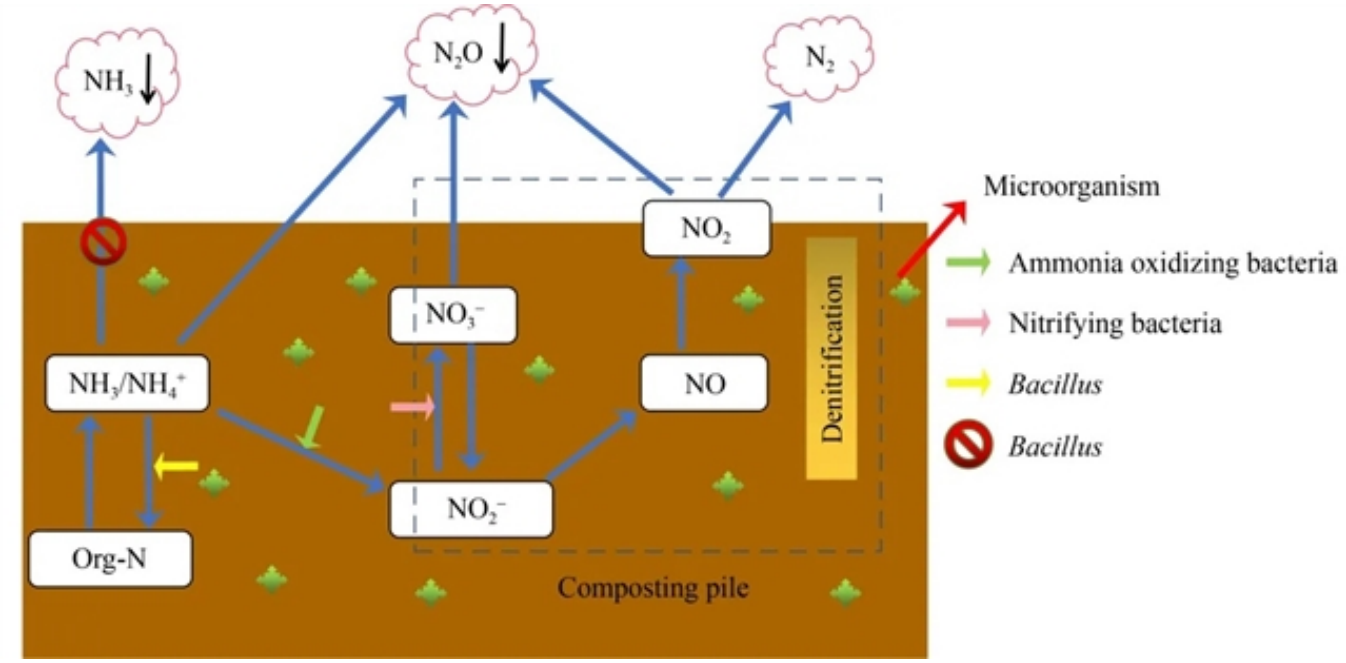
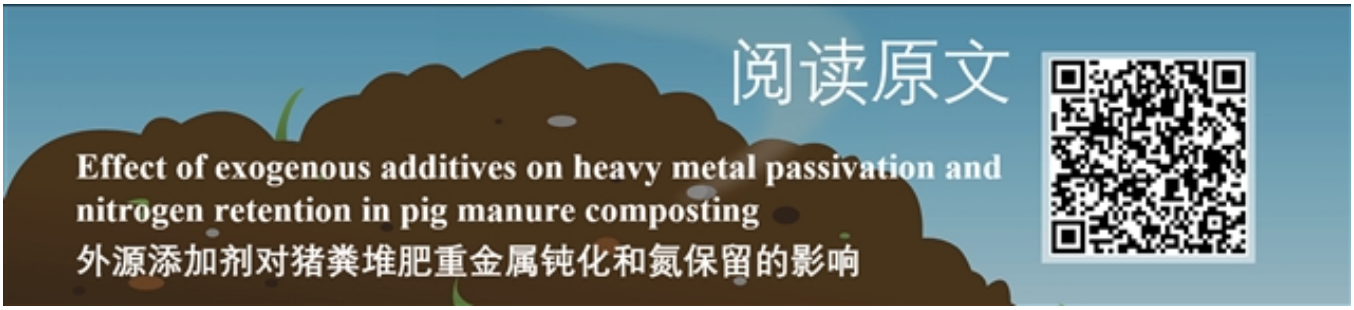


图5 微生物添加剂在堆肥过程减少氮损失的机理。

· 未 来 展 望 ·

当前，猪粪堆肥中重金属的钝化和氮元素的保留是亟待解决的问题。虽然在这两个领域已经取得了显著进展，但仍存在一些限制，主要表现在以下几个方面：(1)
大多数关于外源添加剂的研究都是小规模的，尚未通过大规模试验进行验证。(2)
需要开展更多的田间试验，以评估外源添加剂在粪肥资源化利用中的潜力。(3)
许多添加剂需要在特定条件下预处理后添加，实际应用时还需考虑成本和堆肥过程的复杂性。(4) 有必要开发和研究更可持续的材料或堆肥添加剂，以减少对物理和化学添加剂的依赖。因此，为了解决堆肥中重金属的钝化问题，物理添加剂由于其来源广泛和操作简单仍是主要选择。在堆肥氮损失控制方面，物理、化学和微生物添加剂各有优势。未来研究的重点将是将这三种添加剂结合起来。新型复合添加剂在堆肥中氮元素的保留和重金属的钝化方面具有巨大的应用前景。



阅读原文请点击Effect of exogenous additives on heavy metal passivation and nitrogen retention in pig manure composting

《前沿》系列英文学术期刊

由教育部主管、高等教育出版社主办的《前沿》（Frontiers）系列英文学术期刊，于2006年正式

创刊，以网络版和印刷版向全球发行。系列期刊包括基础科学、生命科学、工程技术和人文社会科学四个主题，是我国覆盖学科最广泛的英文学术期刊群，其中12种被SCI收录，其他也被AHCI、Ei、MEDLINE或相应学科国际权威检索系统收录，具有一定的国际学术影响力。系列期刊采用在线优先出版方。

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发