

堆肥化过程中氮素损失控制材料的添加试验研究

林小凤¹, 李国学², 贺琪², 邹积鑫²

(1.武汉科技大学中南分校生命科学院, 湖北 武汉 430223; 2.中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094)

摘要:以堆肥化过程氮素损失规律为基础,在模拟堆肥条件下,分别采用物理吸附材料、化学吸附材料和混合材料为固定剂,各种固定剂按不同比例梯度添加,进行氨的固定试验研究。结果表明,固定效率随固定剂添加量的增加而升高。蚯蚓粪(7.32%)和草炭(8.99%)有较好的固定效果,且二者本身就是一种养分丰富的腐殖质类肥料,适合做堆肥化氮素损失原位控制材料。硫酸盐和氯化盐都对氨有一定的固定效果,其中铁盐和铝盐对氨的固定效果明显,最高可达99%。氯化铁和过磷酸钙混合固定剂有较好的固定效果,但不如等量的氯化铁、过磷酸钙单独作用的效果。氢氧化镁和磷酸按不同比例反应制成的各种乳状液对氨都有极好的固定作用,所有处理均达70%以上。同时在堆肥产品中还获得一种含 $MgNH_4PO_4$ 的有机无机新型复混肥,有利于作物的生长,是一种理想的堆肥化添加剂。

关键词:模拟堆肥; 固定剂; 氮素固定率

中图分类号:S141.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)05-0975-04

Materials of Controlling Nitrogen Loss During Composting

LIN Xiao-feng¹, LI Guo-xue², HE qi², ZOU Ji-xin²

(1.Wuhan University of Science and Technology of Zhongnan Branch Campus, Wuhan 430223, China; 2.College of Resource and Environmental Science, China Agriculture University, Beijing 100094, China)

Abstract:Based on the law of nitrogen loss during composting, the nitrogen fixed efficiencies of using physisorption stuff, chemisorbed stuff and mixed stuff were studied under the conditions of stimulated composting at different scale. Generally, more the fixative added, higher the fixed efficiency is. Higher fixed efficiency are achieved using wormcast (7.32%) and turf (8.99%), and both are rich nutrient humus manure which fit for controlling loss of nitrogen during composting. Sulphate and chlorized salts have a better effect on nitrogen fixation, molysite and aluminium compounds are best among them, with the maximum fixing ratio 99%. Admixture of iron chloride and superphosphate have good fixing effect, but inferior to the single effect of iron chloride or superphosphate. Emulsions made of different proportions of magnesium hydroxide and phosphoric acid have the best effect on ammonia fixing, all treatments are more than 70%. At the same time, a new style of organic-inorganic compound fertilizer containing $MgNH_4PO_4$ is obtained in the compost, which was favorable for crop growth and a desirable additive during composting.

Keywords: simulated composting; fixatives; nitrogen fixation rate

高温好氧堆肥化过程普遍存在氮素损失的问题,在堆肥化过程中大量的氮素以氨的形式挥发^[1],不仅降低了堆肥产品的养分价值,造成大量资源浪费,还污染环境。众多研究表明^[2-5],堆肥化过程氮素损失很大,城市垃圾堆肥化处理过程中N的损失量为50%~

60%^[2,3],污泥约为68%^[4],粪便最高,达77%^[5]。控制堆肥化过程中的氮素损失成为近年来国内外的研究热点^[6,7]。

控制堆肥化过程氮素损失主要有原位和异位2种途径。异位处理即收集氨进行中和、淋洗和吸附处理,然后回收利用。原位控制氮素损失可从堆肥化物料和堆肥条件入手,C.Paredes等^[8]在用玉米秸和橄榄油厂废物进行联合堆肥时,通过调节物料的C/N、pH值来减少氨的挥发。Nakasaki等^[9]在研究中发现,控制pH值能显著加快堆肥化反应速率,从而避免由于反应停滞引起的臭味问题。大量研究还表明用分子筛、

收稿日期:2004-11-16

基金项目:“高效有机肥与缓释肥产业化技术与开发”(2002BA516A03);863计划“新型多功能生物有机肥的研究与开发”(2002AA245031)

作者简介:林小凤(1980—),女,武汉科技大学中南分校讲师,研究方向为废弃物处理与资源化。

联系人:李国学 E-mail:ligx@cau.edu.cn

硅胶、沸石、活性炭和活性炭毡等材料进行氮素损失控制都有较好的效果。已有的研究主要都是对堆肥原料进行处理,但是从堆肥化过程控制的角度来减少氮素损失的研究较少,没有从根本上解决堆肥化过程大量氮素损失的问题。

本文通过在模拟堆肥试验条件下,利用物理的、化学的和混合的外源添加材料进行氨的固定试验,筛选出固定效果较好、经济技术可行的材料进行堆肥化

应用研究。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验采用南宫堆肥厂腐熟的堆肥产品模拟堆肥环境,经风干、粉碎、过筛后备用。堆肥产品的总氮含量为 1.21%,有机质含量为 19.32%。以食品级碳酸氢铵在 65℃分解作为氨源。所选固定剂种类见表 1。

表 1 固定剂种类
Table 1 Categories of fixatives

物理固定剂	化学固定剂	混合固定剂
沸石、活性炭、蚯蚓粪、草炭、锯末	氯化钾、氯化铝、氯化镁、氯化铁、氯化钙、氯化钴、氯化镍; 硫酸铁、硫酸亚铁、硫酸钙、硫酸镁、硫酸铝、硫酸铝钾	不同配比的氢氧化镁和磷酸混合物、不同配比的氯化铁和过磷酸钙的混合物

1.2 试验方法

在 500 mL 广口瓶中加入 40 g 堆肥样品和 0.5 g 碳酸氢铵,物理和化学固定剂分别以 1.94%、3.80%、5.60%、7.32%、8.99%的比例梯度添加(即分别添加 2、4、6、8、10 g),同时作空白对照,每种固定剂设 6 个处理。其中氯化铁和过磷酸钙分别按 1.94%:1.94%、3.80%:3.80%、5.60%:5.60%、3.80%:5.60%、8.99%:8.99%比例混合后添加,同时对氯化铁、过磷酸钙分别以 0、1.94%、3.80%、5.60%、7.32%、8.99%的比例添加做对比试验研究。氢氧化镁和磷酸分别以质量比 1:2、1:3、1:4 的比例进行反应,制成 3 种不同的颗粒状的不完全溶于水的乳状液,然后分别以 5、10、15、20、25 mL 的添加量加入到堆肥产品中,同时做空白对照。上述所有处理分别设 3 个重复,然后调节水分含量为 60%。

在实验室模拟好氧堆肥化过程的高温期,试验装置置于 65℃恒温水浴中进行氨固定试验,用导管将各处理释放的氨气导入装有 2%硼酸的吸收瓶内持续 4 h。试验装置见图 1。以 0.1N 的盐酸滴定,计算每个处理释放的氨量,与空白进行比较。对照和处理分别以 CK 和 XF 表示,计算氮素固定率:

$$N_{\text{固定率}}(\%) = \frac{N_{\text{CK}}\text{释放量} - N_{\text{XF}}\text{释放量}}{N_{\text{CK}}\text{释放量}} \times 100$$

1.3 测试方法

本试验主要测定氨气,采用 2%硼酸吸收,以 0.1 mol·L⁻¹ 盐酸滴定。

1.4 试验装置

见图 1。

2 结果与讨论

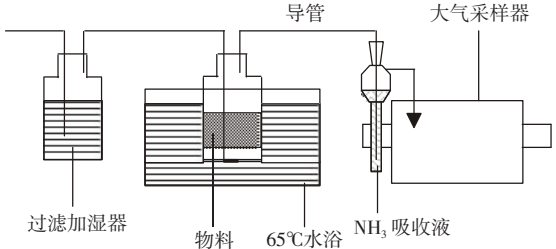


图 1 模拟试验装置
Figure 1 Setup of the simulated experiment

2.1 物理材料的固定效果

从图 2 的固定率曲线可以发现,锯末、草炭、活性炭、蚯蚓粪对氨都有一定的固定作用,而沸石促进了氨的挥发。其中蚯蚓粪和草炭固定效果最好,固定率最高时分别达到 84.3%、73.3%。蚯蚓粪和草炭本身是一种天然高效腐殖质类有机肥,包含各式各样的矿物质,含有丰富的植物所需营养元素,在堆肥化过程中不但可以作为富碳物料调节废初始物料的 C/N 比,同时其自身的养分又增加了堆肥的肥效,而且价格低廉,蚯蚓粪的微小颗粒还可增进堆肥物料与空气的充分接触,提高通气效果。因此,蚯蚓粪(7.32%)和草炭(8.99%)可以作为理想的堆肥原位氮素损失控制材料。天然沸石是一种含水的碱或碱土金属甲状铝硅酸盐矿物,其独特的内部结构和晶体物化性质,使其具有良好的选择性吸附性,但由于其提供的碱性环境,反而促进了氨的挥发,对氨没有吸附作用,所以未经酸洗的沸石不宜做堆肥氮素损失控制添加材料。

上述物理材料对氨的固定主要是吸附作用,容易达到饱和,在对氮素损失进行控制时,需要大量使用或需要进行解析。在堆肥化过程控制氮素损失时,应考虑固定剂在堆肥化过程的其他作用后再应用。

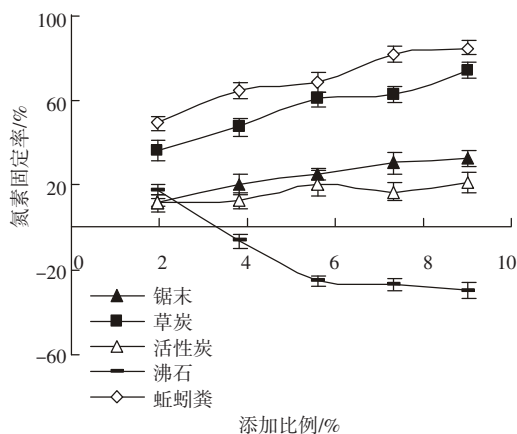


图2 物理固定剂的氮素固定效果

Figure 2 Effect of the physical fixatives on nitrogen fixation

2.2 化学材料的固定效果

2.2.1 硫酸盐的固定效果

关于硫酸盐的氨固定效果,由图3可以看出,随着添加量的增加,硫酸盐对物料中产生的氨损失都有较好的控制效果。从图3还可看出,硫酸铁比硫酸亚铁效果好,虽然在整个试验过程中两者固定率均在较高的水平上平稳上升,最高值均超过90%,但在添加量为5.60%到8.99%之间固定率变化不大,所以5.60%即为最佳添加量。同时硫酸亚铁可以降低堆肥过程pH值^[10],降低氨的挥发,且用废铁屑和硫酸即可制得,成本低,是堆肥化过程理想的氮素固定剂。

硫酸铝和硫酸铝钾在1.94%到3.80%之间有一个突跃的过程,随后趋于75%,添加量太少时几乎不起作用,添加量为8.99% 2种材料的固定率分别是1.94%时的4.69、7.91倍,但投加量在3.80%到8.99%之间变化不大,因此可以选择3.80%作为这2种材料的最佳添加比例。

2.2.2 氯化物的固定效果

如图4所示,三价金属盐氯化铁、氯化铝都有较

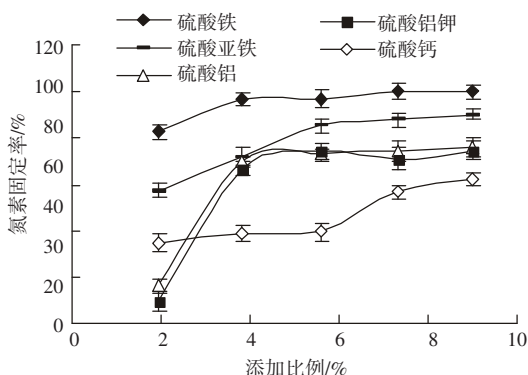


图3 硫酸盐的固定效果

Figure 3 Effect of sulphate fixatives on nitrogen fixation

高的固定率,随添加量的增加固定率稳定在较高的水平上,变化不显著,从低到高分别由85.9%到97.9%和73.1%到96.6%,仅提高10~20个百分点,所以在堆肥化过程应用时采用较低的添加量即可达到较好的固定效果。氯化铁、氯化铝可与堆肥中的腐植酸螯合,这种螯合物可吸附氨以减少氨的挥发,同时游离的 Fe^{3+} 具氧化性,碱性环境下可将 NH_4^+ 转化为 NO_3^- 和 NO_2^- ,达到控制氮素损失的目的, FeCl_3 (1.94%)、 AlCl_3 (5.60%)即可作为堆肥化过程氮素固定剂。氯化镍随添加量递增固定率上升显著,由最初的4.53%上升到85.68%,氯化钴、氯化钙和氯化镁则上升平缓,最高添加量的固定率也分别只有68.29%、54.43%和70.11%。考虑到氯化镍和氯化钴属重金属物质,可适当添加,但不宜大量用作堆肥的添加剂。

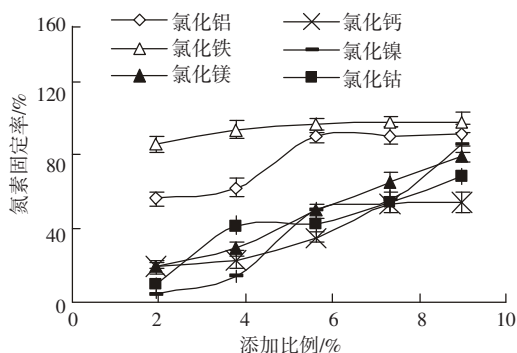


图4 氯化盐的氮素固定效果

Figure 4 Effect of chlorinated salts fixatives on nitrogen fixation

2.3 混合材料的固定效果

2.3.1 氯化铁和过磷酸钙混合材料的固定效果

图5表明,以氯化铁和过磷酸钙作为混合固定剂时,各处理的固定率随添加量的增加而提高,过磷酸钙成分中无论是磷酸钙、石膏还是游离酸,都能将粪肥中易挥发的 NH_4^+ 转化为比较稳定的酸性磷酸铵或硫酸铵,减少氮素的损失。钱承梁等^[11]的研究结果表明,按10%的比例向猪、牛、马、羊、兔、鸡6种畜禽粪中添加过磷酸钙后,多数粪肥的含氮臭气成分氨的挥发曲线趋于平缓,与废硫酸、稻草、红壤等添加物相比,过磷酸钙对等量鲜粪中的氨的吸收量最高。本试验有相同的结果,即随投加量的增加,氨固定率显著升高,从16.4%增加到80%。氯化铁也有较好的固定效果。随投加量递增,混合固定剂固定率递增,但是从图5可看出,氯化铁和过磷酸钙混合固定剂的固定效果不如等量氯化铁和过磷酸钙单独加入的处理,原因可能是铁和腐植酸的螯合物吸附了无机磷,从而结合形成一种新的复合体,具体形成机理和结构有待进

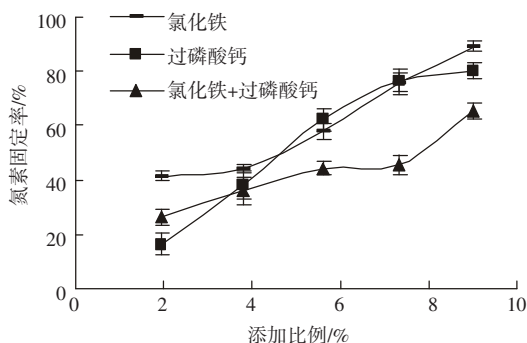


图5 氯化铁和过磷酸钙混合固定剂的固定效果

Figure 5 Effect of mixture fixatives of iron chloride and superphosphate on nitrogen fixation

一步研究。

2.3.2 氢氧化镁和磷酸混合物的固定效果

图6表示氢氧化镁和磷酸按不同比例制成的乳状液对氨的固定效果,这种乳状液含有 MgHPO_4 、 $\text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 、 $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ 及它们的结晶水的混合物,无论哪种比例混合其固定效果都非常理想,其中 1:4 混合的固定剂效果最好,不同投加量的固定率最高均达 97% 以上。1:3 混合制成的固定剂也有较好的固定效果,从 84.6% 增加到 93.2%。在投加量最少的 1:2 混合的固定剂的固定率也达到了 73.1%,最高为 83.3%。可见这种混合固定剂的氮素固定效果相当理想,投加量很少即可达到较好的氨固定效果,而且可以在固定氮素的过程得到一种 MgNH_4PO_4 的无机肥料。所以将其作为堆肥化过程原位氮素损失的控制材料,不但有效地控制了堆肥过程中的氮素损失,还得到了一种含有 MgNH_4PO_4 的有机无机复混肥,同时也增加了磷的含量,有利于作物的生长,因而这是一种理想的堆肥添加剂。

针对堆肥化各阶段的特点,可以将不同混合比例的固定剂配合使用,堆肥初期堆体释放的氨气较少,

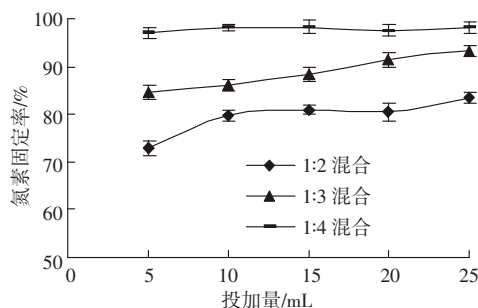


图6 氢氧化镁和磷酸混合固定剂的固定效果

Figure 6 Effect of magnesium hydroxide and phosphoric acid fixatives on nitrogen fixation

产生的小分子有机酸较多,可以投加含氢氧化镁较多的固定剂进行固定,高温期由于 pH 值较高,可用磷酸含量较高的固定剂进行固定,这样交叉配合使用可获得较好的经济效益和环境效益。

3 结论

(1) 蚯蚓粪(7.32%)和草炭(8.99%)有较好的固定效果,达 70% 以上,适合做堆肥化过程氮素损失原位控制材料,而且它们本身就是一种养分含量丰富的腐殖质类肥料,不仅可以很好地控制氮素损失,还可以提高堆肥产品的品质。

(2) 少量铁盐和铝盐对氨有较好的固定效果,特别是铁盐,1.94% 的固定率可达到 80% 左右。 FeCl_3 (1.94%)、 AlCl_3 (5.60%)、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (5.60%)、 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (3.80%)、 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ (3.80%) 可作堆肥化过程氮素损失的控制材料。

(3) 氯化铁和过磷酸钙单独使用时固定效果较好,混合物固定效果不如等量固定剂单独加入的处理。

(4) 氢氧化镁和磷酸混合制成的固定剂有非常理想的固定效果,随投加量的增加最高达 98%,所有处理的固定率均达 70% 以上,按 1:4 混合的的固定剂效果最好。考虑到 pH 值的变化,少量、交叉使用为宜。

参考文献:

- [1] 刘萃文,侯志研.几种常用酵素菌肥的功能及其配制方法[J]. 土壤肥料, 1999.
- [2] Fang M, Wong J W C, Ma K K, et al. Co-composting of sewage sludge and coal fly ash: Nutrient transformations[J]. *Bioreour Technol*, 1999, 67:19-24.
- [3] Eklind Y, Kirchmann H. Composting and storage of organic household waste with different litter amendments. II: nitrogen turnover and losses [J]. *Bioresource Technology*, 2000, 74(2):125-133).
- [4] Witter E, Lopes-Real J. Nitrogen losses during the composting of sewage sludge[J]. *Biol Wast*, 23:279-294.
- [5] Martins O, Dewes T. Loss of nitrogenous composting during composting of animal wastes[J]. *Bioreour Technol*, 1992, 42:103-111.
- [6] Tunira Bhadauria P S. Ramakrishna. Role of earthworms in nitrogen cycling during the cropping phase of shifting agriculture (Jhum) in north-east India[J]. *Springer-Verlag Heidelberg*, 1996, 26(1):66-71.
- [7] 李国学,李玉春,李彦富. 固体废物堆肥化及堆肥添加剂研究进展 [J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(2):252-256.
- [8] Paredes C, Roig A, Bernd M P, et al. Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes[J]. *Biol Fertil Soils*, 2000, 32:222-227.
- [9] Nakasaki K, Yaguchii H, Sasaki Y, et al. Effect of pH Control on composting of Garbage[J]. *Waste Management & Research*, 1993, 11:117-125.
- [10] Carr L E, Brodie H L. Composting Hatchery By-products and DAF Skimmings[M]. 1992.123-126.
- [11] 钱承梁, 鲁如坤. 防止粪肥氨挥发的研究[J]. 土壤, 1996, 28(1):8-13.