

接种 VT 菌剂堆肥过程中物理化学变化特征分析

胡 菊¹, 肖湘政², 吕振宇³, 秦 莉¹, 陈 仪¹, 崔海东¹, 李 季¹

(1. 中国农业大学资源环境学院, 北京 100094; 2. 河北省微生物研究所, 河北 保定 071051; 3. 中国农业大学曲周实验站, 河北 曲周)

摘 要:通过 2 次对有机废弃物接种 VT 菌剂进行堆肥试验,测定堆肥中的温度、C/N 比等物理化学指标的变化,研究了接种 VT 菌剂促进堆肥的作用机理。结果表明,降温阶段接种 VT 菌剂比空白处理温度下降缓慢,其温度高于空白处理的温度;接种 VT 菌剂的堆肥与空白处理相比 pH 值低,C/N 降低的多, NO_3^- -N 增加的多,而 NH_4^+ -N 减少的少;接种 VT 菌剂能使堆肥温度增高,促进有机质的充分降解,缩短堆肥时间,加快堆肥腐熟,提高堆肥肥力。

关键词:VT菌剂; 堆肥; 物理化学指标

中图分类号:S141.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)05-0970-05

Physical and Chemical Indexes of Composting Inoculated VT Microbes

HU Ju¹, XIAO Xiang-zheng², Lü Zhen-yu², QIN Li¹, CHEN Yi¹, CUI Hai-dong¹, LI Ji¹

(1.College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094, China; 2. Institute of Microbe of Hebei Province, Baoding 071051, China; 3.Quzhou Experimental Station, China Agricultural University, Quzhou ,China)

Abstract: Two composts were used in the experiment to study the effect of inoculating VT microbe on composting, one was produced by the chicken manure and the stalk spending 24 days, and the other was from the chicken manure and the saw spending 36 days. There were two kinds of disposal methods: with or without inoculation of VT microbes. The physical and chemical indexes of composts inoculated 2‰ VT microbes, such as temperature, C/N ratio, pH values, NH_4^+ -N, NO_3^- -N during composting process were determined in the compost, the mechanisms of VT microbes in the compost accelerating composting process were analyzed. The results showed that inoculating VT microbes led to higher composting temperature, slower temperature decline in late mature period, lower pH values and C/N ratios, higher NO_3^- -N content and less NH_4^+ -N loss compared with the treatment without inoculating VT, suggesting that inoculating VT microbes in the compost enhanced the activity of microbes and greatly decomposed and used organic matter that caused higher temperature and lower C/N ratios. In the treatment of VT microbes, the lower pH values could reduce NH_4^+ -N loss, thus preserved nitrogen. So inoculating VT microbes in composting process was effective to decompose organic matter, raise temperature, shorten composting time, speed composting and increase composting quality.

Keywords: inoculating VT microbes; composting; physical and chemical indexes

传统的堆肥不仅伴有恶臭、污水、蚊蝇,是一大污染源,而且耗时长,难以适应经济发展需求。如何缩短堆肥时间,快速腐熟,消除污染已成为堆肥生产中急需解决的问题。堆肥过程是一个自然微生物参与实现腐熟的生理生化过程,理论上有可能通过利用接种外

源微生物来加速该过程。众多研究表明^[1,2]堆肥中接种微生物制剂能使堆温快速升高,有效杀灭其中的致病真菌、虫卵和杂草种子,显著加快堆肥的腐熟,提高堆肥质量。不少微生物制剂如 EM、酵素菌、纤维素分解菌等广泛在堆肥中应用。VT 菌剂是用于有机废弃物堆肥的一种复合微生物菌剂。本文主要研究 VT 菌剂在堆肥过程中的物理化学变化特征及分析接种微生物制剂对堆肥的作用的效果,为 VT 菌剂在堆肥生产中提供一些理论依据。

收稿日期:2005-03-01

作者简介:胡 菊(1976—),女,贵州安顺人,实验师,硕士,主要从事生态工程的教学和研究工作。

联系人:李 季 E-mail:ljji@cau.edu.cn

1 材料与方法

1.1 堆肥原料及理化性质

堆肥物料为鸡粪、麦秸、锯末,基本性质见表 1。鸡粪取自于中国农业大学动物科技学院养鸡场;麦秸为中国农业大学植物与生物技术在科学院种植的麦

表 1 堆肥原料的性质

Table 1 The properties of composting materials

原料名称	TOC/%	全氮/%	C/N	含水率/%
鸡粪	28.15	2.05	13.73	46.5
锯末	52.65	0.29	181.55	7.9
麦秸	34.03	0.48	70.89	12.30

秸;锯末取自海淀区黑龙潭木器厂。

1.2 VT 菌剂简介及使用方法

VT 菌剂是由北京沃土实验室研究开发的一种复合微生物菌剂,用于有机废弃物堆肥。VT 菌剂由放线菌、乳酸菌、酵母菌、醋酸杆菌等菌株组成。

堆肥过程中 VT 菌剂接种方法:先将堆肥物料干重的 0.1% 的红糖溶于水,加入堆肥物料干重的 0.2% VT 菌剂,再加入少量的麦麸作为菌剂的吸附材料。然后将麦麸与堆肥原料混匀,进行堆肥。

1.3 试验设计

试验设计 1:采用鸡粪与麦秸为堆肥原料,设计 2 个堆体,调节 C/N 为 28,控制水分为 60%,其中 1 个加 0.2% VT 菌剂,另 1 个堆体作为空白,模拟工厂化堆肥,堆肥时间控制在 15 d 左右。取样时间为第 1、6、12、18、24 d。由于堆肥在 6 月中旬,环境温度高,第 10 d 时补充水分至 60%。

试验设计 2:采用鸡粪与锯末为堆肥原料,设计 2 个堆体,调节 C/N 为 28,控制水分为 60%;其中 1 个加 0.2% VT 菌剂,另 1 个堆体作为空白,模拟传统堆肥,堆肥时间控制在 30 d 左右。取样时间为第 1、9、18、27、36 d。

试验堆体高 1 m,直径约为 1.2 m,呈垛形。采用室外露天堆肥,实行翻堆通气。2 个试验设计配比如表 2,每个堆体物料加上水分共计 500 kg。

1.4 测定指标及方法

表 2 堆肥各原料的配比

Table 2 The composting materials and compositions

堆肥原料成分	干重比	湿重比
鸡粪+麦秸	鸡粪:麦秸=1:1.42	鸡粪:麦秸:水=1:5.29:6.64
鸡粪+锯末	鸡粪:锯末=1.5:1	鸡粪:锯末:水=2.6:1:2.18

1.4.1 测定指标

试验中测定温度、总有机碳(TOC)、全氮(TN)、pH 值、氨氮、硝氮等指标。

1.4.2 测定方法

温度测定:每天取距离堆体最上部约 30cm 的 3 个点分别于上午 9:00,下午 4:00 测定堆肥温度然后取平均值。当堆体温度超过 65℃时翻堆,当堆体温度低于 65℃时,间隔 1~2 d 翻堆。

取样:分 5 个点位在堆体中间距上部深约 40 cm 的部位取样后混合。

pH 值等指标测定方法:取 10 g 鲜样加 100 mL 水,振荡 1h,然后过滤,滤液测定 pH 值;氨氮用 1 mol·L⁻¹NaCl 提取靛酚蓝吸光光度法测定;硝氮用 1 mol·L⁻¹NaCl 提取校正因数法测定;有机碳(TOC)用磷酸浴外源加热重铬酸钾氧化法;全氮(TN)凯氏定氮法测定^[3]。

2 结果与讨论

2.1 堆肥过程中温度的变化

依据温度变化可将堆肥分为 3 个阶段即升温阶段、高温阶段和降温阶段。从图 1 可以看出不同堆肥处理都包含这 3 个阶段。堆肥温度达 55℃,维持 3 d 以上,就可杀死病原菌、寄生虫卵和杂草种子等^[4]。我国粪便无害化卫生标准认为堆肥温度在 55℃以上且维持 5~10 d,便符合粪便无害化卫生标准^[5]。鸡粪+秸秆接种与空白处理和鸡粪+秸秆接种与空白处理堆肥温度高于 55℃且持续在 19、17、13、13 d 以上,各处理符合粪便无害化卫生标准。各处理在堆制 20 d 后温度自然降低,从表观特征说明此时堆肥开始进入腐熟阶段。

从图中可以看出接种 VT 与空白处理在堆肥 20 d 时温度相差不大,基本一样。但到了降温阶段接种 VT 菌比空白的温度下降缓慢,接种 VT 的温度高于空白的温度,且在鸡粪+秸秆的处理中接种与空白处理的最大温差达到 18℃。堆肥温度指示微生物活动状况,温度的高低决定堆肥速度的快慢,因此接种 VT 处理在降温阶段微生物仍在分解消耗有机物质而产生热量。VT 菌在堆肥中能使堆肥降温缓慢,微生物仍在分解利用有机物质,加快堆肥腐熟。

2.2 堆肥过程中 pH 值的变化

分解堆肥有机物的微生物大多数适合在 pH6.4~8.1 的中性到偏碱性环境中生长。图 2 为不同处理堆肥中 pH 值变化情况。堆肥初期,pH 值为弱酸到中

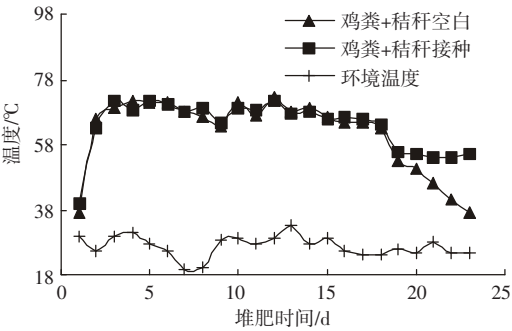


图 1 不同堆肥处理中温度的变化

Figure 1 Changes of the composting temperature under different treatments

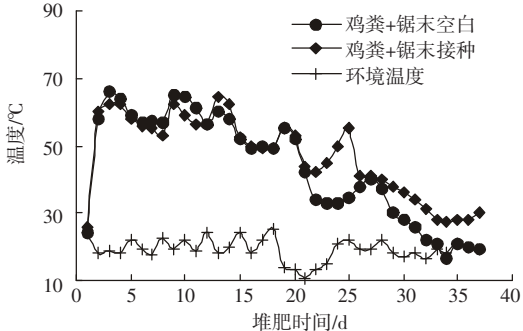


图 2 不同堆肥处理中 pH 值变化

Figure 2 Changes of the pH values under different composting treatments

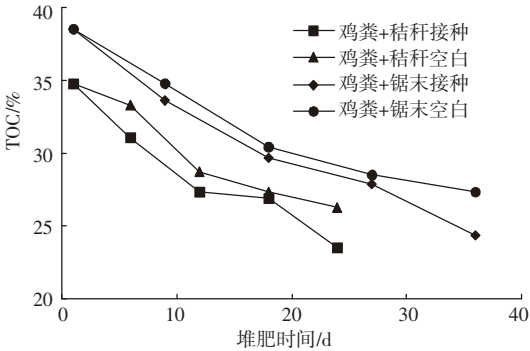


图 3 不同堆肥处理中有机碳的变化

Figure 3 Changes of organic carbon under different composting treatments

性,一般为 6.5~7.5,腐熟的堆肥一般呈弱碱性,pH 值为 8~9,但是 pH 值变化受堆肥原料和条件的影响^[9]。图中的各个处理的 pH 值变化趋势不同,2 个接种处理堆肥初期 pH 值迅速上升随后呈稳定或下降的趋势,2 个空白处理的 pH 值则上升后有所下降然后又持续上升。这有可能是在降温期接种的处理微生物仍然在剧烈活动分解利用有机物质, NH_4^+-N 转化为氨挥发及硝化作用使 NH_4^+-N 的含量降低,pH 值呈下降的趋势。

以上各个处理中堆肥原料 pH 值为 7.5 左右,堆肥后期空白的堆肥 pH 值在 8~9 左右,而接种的堆肥 pH 值为 7.5 左右, pH 值的较低有利于减少氨的挥发。

2.3 堆肥过程中有机碳的变化

堆肥过程中有机物质在微生物作用下分解转化为 CO_2 、水、及矿物质等,分解产物又在微生物的作用下合成新的腐殖酸物质。堆肥过程中总体的有机碳含量是减少的。图 3 中 4 个处理的有机碳含量随着堆肥的进行呈减少的趋势。鸡粪+秸秆的接种和空白的处

理有机碳分别降低 32.51%、24.38%; 鸡粪+锯末的接种和空白的处理有机碳分别降低 36.66%、28.78%。4 个处理中接种比空白的堆肥的有机碳降低的要多一些;接种 VT 菌对堆肥的有机碳分解有一定的促进作用。

2.4 堆肥过程中全氮的变化

图 4 表明所有堆肥处理全氮含量变化趋势是随着时间的变化略有所升高。堆肥中含氮有机物分解为氨气挥发,总的含氮量是减少的,但相对于含碳有机物分解的 CO_2 的释放和水分的挥发,在相同重量的干物质中含氮量是相对增加的。鸡粪+秸秆的接种和空白处理全氮分别增加 7.20%、3.20%; 鸡粪+锯末的接种和空白处理全氮分别增加 9.84%、5.30%。4 个处理中接种比空白的堆肥的全氮增加要多一些;接种 VT 菌剂对堆肥的肥力增加有一定促进作用。

2.5 堆肥过程中 C/N 的变化

固相 C/N 是最常用于评价腐熟度的参数。图 5 中各处理随着堆肥的进行 C/N 呈下降的趋势。最终堆肥产品 C/N 值在理论上趋于微生物菌体的 C/N,即 C/N 由 30:1 降为 (15~20):1 时,可以认为堆肥腐熟,达到

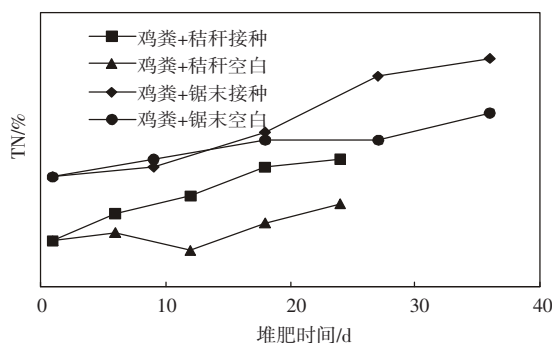


图 4 不同堆肥处理中全氮的变化

Figure 4 Changes of total nitrogen under different composting treatments

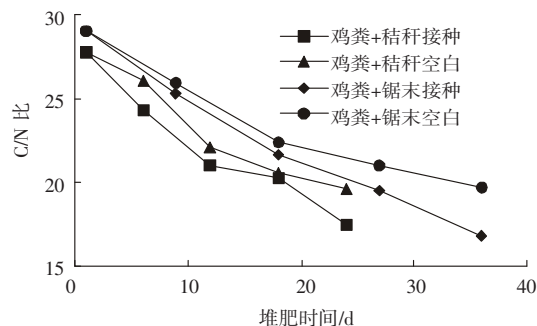


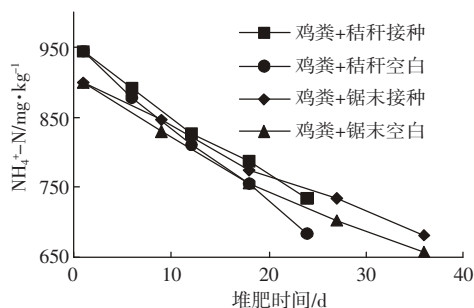
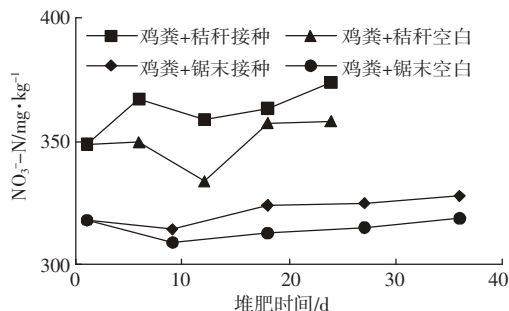
图 5 不同堆肥处理中 C/N 比的变化

Figure 5 Changes of the ration of C/N under different composting treatment

稳定的程度^[7]。鸡粪+秸秆的接种和空白处理 C/N 分别由 27.8、27.8 最后降为 17.51、19.62，鸡粪+锯末的接种和空白处理 C/N 分别由 29.4、29.4 最后降为 16.80、19.70。4 个处理的 C/N 均降为 (15~20):1 时可以认为堆肥腐熟。有的研究采用 $T=(\text{终点 C/N})/(\text{初始 C/N})$ 来评价城市垃圾堆肥的腐熟度，当 T 值小于 0.6 时堆肥达到腐熟，不同物料堆肥腐熟后的 T 值变化不大，为 0.5~0.7^[8]。鸡粪+秸秆的接种和空白的处理的 T 值为 0.63、0.70，鸡粪+锯末的接种和空白的处理的 T 值为 0.57、0.67， T 值均在 0.5~0.7 之间，可认为 4 个处理堆肥腐熟。

从 C/N 的比较来看，堆肥结束时接种比空白处理 C/N 低，接种比空白处理腐熟程度高；从达到 C/N 为 20 的腐熟时间比较来看，接种比空白处理 C/N 先降为 20，接种比空白处理提前腐熟。

从图 5 可以看出，接种比空白处理的 C/N 降低的多：鸡粪+秸秆接种比空白处理的 C/N 多降低 5.6%，鸡粪+锯末接种比空白处理的 C/N 多降低 10%。总之，VT 菌剂对堆肥的 C/N 降低有一定的促进作用。

图 6 不同处理中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的变化Figure 6 Changes of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ under different composting treatments

2.6 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的变化

堆肥过程中，水溶性 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 一部分转化为 NH_3 挥发减少，一部分通过硝化作用转化为 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 。因此， $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的减少及 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的增加也是堆肥腐熟度评价的常用指标。图 6 中的处理都有 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的减少及 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的增加了趋势。鸡粪+秸秆接种与空白 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 分别减少 22.32%、27.51%，鸡粪+锯末加接种与空白 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 分别减少 24.05%、26.83%，接种的比空白的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 减少的少一些。鸡粪+秸秆接种与空白 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 分别增加 7.1%、2.5%，鸡粪+锯末加接种与空白 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 分别增加 3.1%、0.3%，接种的比空白的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 增加的多。加入 VT 菌剂能抑制 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 减少，促进 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的增加。

$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量的下降，指示了堆肥的腐熟，成熟堆肥的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量应小于 $400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ^[9]。以此作为腐熟指标，图中 4 个处理的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量均大于 $400 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ，表明堆肥未腐熟。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量受温度、pH、微生物代谢、通气条件的影响较大，这一类参数通常只作为堆肥腐熟度的参考，不能作为堆肥腐熟度评价的绝

对指标。 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 的比值可作为堆肥腐熟度的评价指标,当堆肥中 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 的比值小于 0.16 时,表明堆肥达到腐熟^[10]。以此指标判断,各个处理堆肥均未腐熟。

也有堆肥标准规定,当 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 的值大于 2 时,可认为堆肥已达腐熟。鸡粪+秸秆接种的 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 的值为 1.96,鸡粪+秸秆空白 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 的值为 1.91,鸡粪+锯末接种 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 的值为 2.07,鸡粪+锯末空白 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 的值为 2.05。按此堆肥标准,鸡粪+锯末的接种与空白处理均已腐熟,鸡粪+秸秆的接种与空白接种与空白处理接近腐熟。从以上各处理可以看出接种处理比空白处理的腐熟程度更高或更易接近腐熟。

3 小结

(1)接种与空白的处理在达到高温时间和持续高温时间基本一致,但到了降温阶段接种 VT 菌剂比空白的温度下降缓慢,接种处理温度高于空白的温度,接种能使堆肥降温缓慢。接种的堆肥在堆肥后期 pH 值为 7.5 左右,比空白的 pH 值低,有利于减少氨的挥发。

(2)4 个处理中接种比空白的堆体有机碳降低的要多一些,全氮增加的要多一些,因此接种比空白的堆体 C/N 降低的要多一些;VT 菌剂对堆肥有机碳分解及肥力的提高有一定的促进作用。

(3)加入 VT 菌剂能抑制 NH_4^+-N 减少,促进 NO_3^--N 的增加,堆肥中接种 VT 菌剂能减少氨的挥发,在

一定程度上提高肥力。从 C/N 比及 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 腐熟指标比较,接种比空白的处理腐熟程度更高或更易接近腐熟,接种比空白的处理提前达到腐熟标准,因此接种能促进堆肥的腐熟,缩短腐熟时间。

参考文献:

- [1] 沈根祥,袁大伟,凌霞芬,等.Hsp 菌剂在牛粪堆肥中的试验应用[J].农业环境保护,1999,18(2):62-64.
- [2] 席北斗,李英军,刘鸿亮,等.纤维素分解菌和 EM 菌协同作用在有机废弃物堆肥中的应用[J].环境与开发,2001,16(4):16-18.
- [3] 中国土壤学会农业化学专业委员会编.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:科学出版社,1989.
- [4] Bertoldi M de, Vallini G, Pera A. The biology of Composting: a Re-view [J]. *Waste Management & Research*, 1983(1): 157-176.
- [5] GB7959-87, 粪便无害化卫生标准[S].
- [6] Nakasaki K, Yaguchi H, Sasaki Y, et al. Effect of pH control on composting of garbage[J]. *Waste manage Res*, 1993, 11: 117-125.
- [7] Garcia C, Hernaandez T, Fosta, et al. Evaluation of the maturity of municipal waste compost using simple chemical parameters [J]. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 1992, 23: 1501-1512.
- [8] Morel T L, Colin F, Germon J C, et al. Methods for the evaluation of the maturity of municipal refuse compost. In composting of Agri-culture and other wastes [M]. London & New York: Elsevier Applied Science publishers, 1985. 56-72.
- [9] Zucchini F, de Bertoldi M. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal Solid waste. In: de Bertold M, Ferranti MP, Hermite PL and Zucchini Feds, Compost: production, Quality and Use[M]. Essex: Elsevier Applied Science, 1987. 30-50.
- [10] Bernal M P, Paredes C, Sanchez Monero M A, et al. Maturity and Stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes[J]. *Biores Technol*, 1998, 63: 91-99.