

# 添加微生物菌剂对牛粪高温堆肥腐熟的影响

王 岩, 李玉红, 李清飞

(郑州大学化工学院环境与生态研究所, 郑州 450001)

**摘 要:**通过向堆肥中添加微生物菌剂和腐熟堆肥研究了其对堆肥腐熟速度的影响。结果表明,添加菌剂和腐熟堆肥在堆制初期均能促进堆体快速升温,较对照提前 1~4d 到达高温阶段(>50℃),且菌剂添加量越大,升温越快;与对照相比,添加 600mg·kg<sup>-1</sup>菌剂和 50g·kg<sup>-1</sup>腐熟堆肥使高温期(>50℃)延长了 3~4d。堆制 29d 后,添加 600 mg·kg<sup>-1</sup>菌剂和 50 g·kg<sup>-1</sup>腐熟堆肥的处理均较好腐熟,种子发芽指数分别为 92.1%和 84.4%,其他处理则未达到腐熟。这表明向堆肥中接入一定量的菌剂和腐熟堆肥均可加快堆肥腐熟,缩短堆肥周期。

**关键词:**外援微生物;牛粪;堆肥

**中图分类号:**X713

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-6819(2006)Supp-0220-04

## 0 引言

随着禽畜业集约化的快速发展,禽畜粪便的产生量与日俱增。如 1996 年全国畜禽排泄物总量高达 17 亿 t,仅河南省牛粪量就达 3200 万 t 之多<sup>[1]</sup>。这些固体废物含有大量的病原菌,易腐烂并产生强烈的恶臭,因而引发一系列的环境问题。堆肥化是目前最常用的无害化、资源化处理畜禽粪便的有效方法。但传统的自然堆肥法不仅耗时长,产生臭味,且发酵温度也不高,难以杀灭粪便中所含的大量杂草种子和虫卵病菌。为提高堆肥效率,缩短发酵时间,不少研究者采用添加菌剂的方法来达到这一目的<sup>[2-6]</sup>,但由于市售腐熟菌剂价格较贵,使用量大时会增加粪便的处理成本。所以本文通过添加堆肥微生物发酵菌和腐熟堆肥,比较研究了不同菌剂添加量和腐熟堆肥对牛粪腐熟速度的影响,以期确定最佳的菌剂使用量和探索快速低成本腐熟牛粪的简便方法。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料

实验所用牛粪来源于河南省花花牛奶牛繁育中心的新鲜牛粪。将玉米秸秆作为堆肥的水分调节材料,使用前以青贮饲料切碎机将玉米秸切成约 3~5cm,经晒干后使用。实验材料的基本理化性状见表 1。采用本课题组自行开发的高效堆肥发酵菌。

表 1 堆肥材料的主要理化性状

Table 1 Physical and chemical characteristics of compost materials

原料	有机碳/%	含水率/%	pH 值	TN/%	C/N
牛粪	31.6	76.5	8.3	1.91	16
玉米秸秆	43.2	38.0	5.6	0.67	64

### 1.2 实验设计

将新鲜牛粪与玉米秸秆按 6:4 的体积比进行混

合,混合后堆成 5 堆,每堆添加不同量的发酵菌种或腐熟堆肥,菌种施加量分别为 0(对照)、200、400、600 mg/kg 和 50g(腐熟堆肥)/kg,充分混合后进行发酵,发酵堆体的长、宽、高分别为 1.5m、1.5m、1.0m。每周翻堆一次,堆肥时间为 30d。每隔一天测定堆体温度,以堆体前、后、左、右和中心 5 点温度的平均值作为堆体的发酵温度。测量时温度计插入堆体表面 25cm 以下,同时记录周围环境温度。

### 1.3 采样及测定

#### 1.3.1 采样

分别于堆制开始后第 1、7、14、17、20、23、26、29d 从堆体前后左右和中心 5 点采样,取样后带回实验室立即测定。

#### 1.3.2 pH 值测定

取混合后的样品,用去离子水按土水比 1:2 浸提 1h,用 pH 值计测定悬浮液的 pH 值。

#### 1.3.3 水分测定

在 105℃下烘至恒重。

#### 1.3.4 种子发芽指数

于培养皿内垫上一张滤纸,均匀放入 10 粒郑白 4 号白菜籽,吸取 5.0 mL 堆肥浸提液(水:堆肥=5:1)于培养皿中,以蒸馏水作对照,每个处理 3 次重复,在 25℃恒温培养箱中培养 24h,测定种子发芽率和根长,然后按以下公式计算种子的发芽指数。

$$\text{发芽指数(GI)} = \frac{\text{处理的发芽率} \times \text{处理的平均根长}}{\text{空白的发芽率} \times \text{空白的平均根长}} \times 100\%$$

## 2 结果与分析

### 2.1 温度的变化

温度的变化反映了堆体内微生物活性的变化,能很好的反映堆肥过程所达到的状态。如图 1 所示,在整个堆肥过程中,各处理堆体的温度变化趋势基本一致,呈先上升后下降的趋势。堆体温度在 55℃条件下保持 3d

以上(或 50℃ 以上保持 5~7 d),是杀灭堆肥所含致病微生物和害虫卵,保证堆肥的卫生指标合格和堆肥腐熟的重要条件<sup>[7]</sup>。当堆体稳定在 30~40℃ 时,说明发酵

已基本完成<sup>[8]</sup>。如表 2 所示,5 个处理在堆肥的第 2~6 d 都进入高温堆肥阶段(>50℃),维持时间都超过 7 d,满足了堆肥卫生指标的要求。

表 2 不同菌剂施加量对堆肥温度变化的影响

Table 2 Effects of different ratios of microbial agent on the temperature of composting

菌剂施加量/mg · kg <sup>-1</sup>	最高温度/℃	到达 50℃ 所需天数/d	50℃ 以上高温维持天数/d	完成温变过程降到 40℃ 以下所需天数/d
0	71	6	13	24
200 菌剂	63.6	5	12	22
400 菌剂	66.2	4	13	22
600 菌剂	66.6	4	17	22
50000(腐熟堆肥)	69	2	16	20

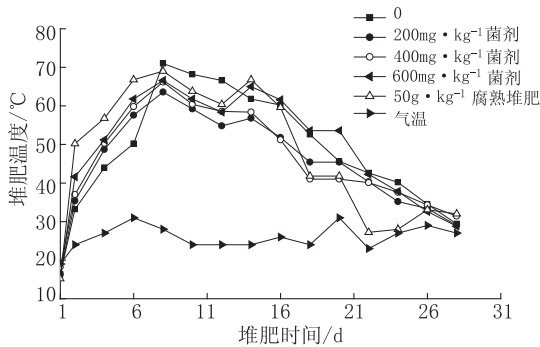


图 1 堆肥过程中温度的变化

Fig. 1 Changes in temperature during the composting process

从不同处理的效果来看,添加不同量的微生物菌剂对各阶段温度的影响是具有明显差异的。在堆肥初期,堆料中的有机质在微生物的作用下释放出大量热能促使堆体温度快速上升。其中菌剂添加量越大,温度上升越快。添加 50 g · kg<sup>-1</sup> 腐熟堆肥处理 2 d 温度升到 50.2℃;添加 600、400 和 200 mg · kg<sup>-1</sup> 菌剂处理的分别在第 4、4、5 d 到达高温阶段(>50℃),而对照则为 6 d。可见,无论添加菌剂或腐熟堆肥都能起到快速升温的作用。耿冬梅等试验表明,向堆料中接种微生物菌剂或腐熟堆肥,能够增加堆层中微生物总数,由于各菌种之间相互协同作用,形成复杂而稳定的生态系统,使堆层中的高温微生物迅速繁殖,堆肥高温期提前到来<sup>[4]</sup>。

堆制后第 8 d 时,所有处理均达到最高温度。此时,堆温以对照处理温度最高,为 71℃;50 g · kg<sup>-1</sup> 腐熟堆肥处理为 69℃。施加菌剂处理较对照处理低 4~7℃。说明接种菌剂和腐熟堆肥均不能提高堆肥的最高温度,而只是因堆肥开始时微生物总量大,从而使堆温快速升高。这与黄懿梅<sup>[9]</sup>的研究结果相一致。不少研究却表明,添加菌剂能够使堆温最高温度升高 2~10℃<sup>[10, 11]</sup>,其原因不易解释。但一般情况下添加菌剂是不能提高堆肥最高温度的,除非堆肥材料不均匀,导致升温不均出现测定误差;或者在堆肥物料有机物含量低的情况下,菌剂的添加使微生物得到了营养补充;或者堆肥材料的 C/N 过高,菌剂的添加材料 C/N 得到了调节。本试验中,添加 600 mg · kg<sup>-1</sup> 菌剂和 50 g · kg<sup>-1</sup> 腐熟堆

肥与对照相比使堆肥高温期延长了 3~4 d,且较对照提前 2~4 d 温度下降至 40℃ 以下(见表 2),这表明添加一定量菌剂和腐熟堆肥,均能够加快堆肥发酵速度,缩短发酵堆肥时间。

## 2.2 堆体含水率的变化

水分是影响堆肥腐熟速度的重要参数<sup>[12]</sup>,合适的水分是保持微生物最佳活性的必要条件。高的水分含量减少了堆体内的孔隙和增大了气体的传质阻力,易于造成堆体局部厌氧;但低的水分含量也会因营养物质的传质阻力增大而抑制微生物的活性。由图 2 知,堆制开始时堆体的初始含水量为 67%~69%,随着堆肥的进行,各处理含水率因蒸发而很快下降,20 d 后各处理含水率分别下降了 18.7%(对照)、16.9%(200 mg · kg<sup>-1</sup> 菌剂)、13.3%(400 mg · kg<sup>-1</sup> 菌剂)、12.5%(600 mg · kg<sup>-1</sup> 菌剂)、10.2%(50 g · kg<sup>-1</sup> 腐熟堆肥)。对照处理因其温度最高,因而水分的损失也最大。至 23 d 时,由于降雨致使堆体的含水率略有升高,之后又有所下降。到堆制结束时,堆体的含水率维持在 50%~55% 左右。

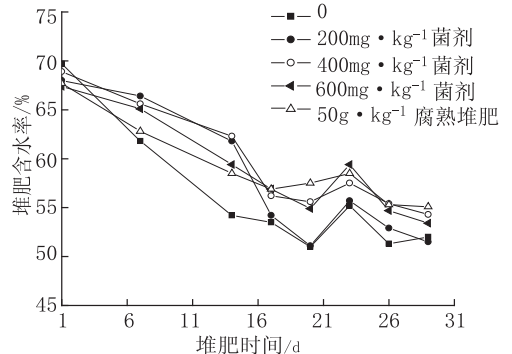


图 2 堆肥过程中含水率的变化

Fig. 2 Changes in moisture content during the composting process

## 2.3 堆体 pH 值的变化

图 3 所示的是堆肥过程中 pH 值的变化趋势,可以看出,在堆制前 14 d,由于微生物大量繁殖,分解蛋白质类有机物产生氨氮,促使 pH 值上升。但从各处理来看,施加菌剂和腐熟堆肥处理的 pH 值上升幅度较小,低于对照 0.3~0.6 个单位。堆肥后期,随着氨的挥发、

蛋白质有机物的彻底降解以及硝化作用的进行等因素<sup>[13]</sup>, pH 值逐渐回落。另外, 微生物活动产生的大量有机酸也会引起堆肥后阶段 pH 值的降低<sup>[14]</sup>。堆肥结束时, 堆体的 pH 值稳定在 8.0~8.1, 各处理之间差异不大, 符合腐熟堆肥 pH 值在 8.0~9.0 之间的标准<sup>[15]</sup>。

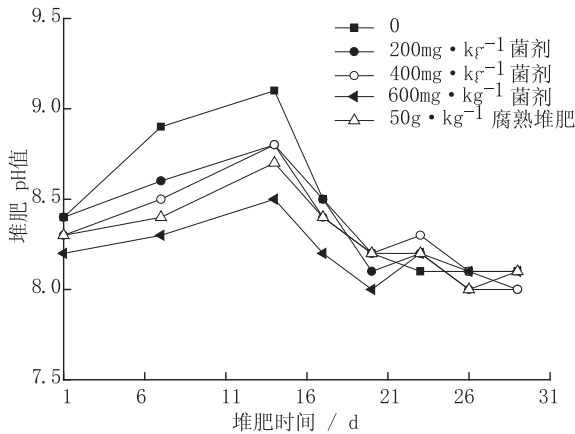


图3 堆肥过程中 pH 值的变化

Fig. 3 Changes in pH values during the composting process

## 2.4 种子发芽指数的变化

种子发芽指数(GI)是判断堆肥毒性和腐熟度的重要参数。Zucconi 等认为, 种子发芽指数用于堆肥腐熟度评价更能有效地反映堆肥的植物毒性大小, 它不仅考虑了种子的发芽率, 还考虑了植物毒性物质对种子生根的影响。当发芽指数达到 80% 时, 可认为堆肥已没有植物毒性或者说堆肥已经腐熟<sup>[16]</sup>。由图 4 知, 在堆制初期, 种子发芽指数较低, 为 20%~30%, 随着堆肥的进行, 600 mg·kg<sup>-1</sup> 菌剂和 50 g·kg<sup>-1</sup> 腐熟堆肥处理

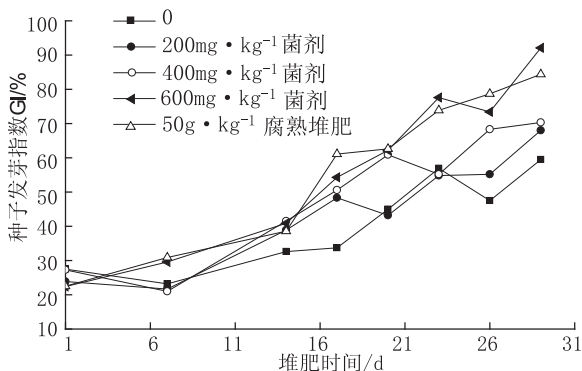


图4 不同菌剂添加量对堆肥种子发芽指数的影响

Fig. 4 Changes in seed germination index during the composting process

的种子发芽指数逐步提高。对照、200 mg·kg<sup>-1</sup> 和 400 mg·kg<sup>-1</sup> 菌剂处理略有微弱的降低, 可能是因为氨的毒性所致, 而后也逐步增加, 且菌剂的施加量越大, 种子发芽指数上升越快。堆肥进行到 29 d 时, 50 g·kg<sup>-1</sup> 腐熟堆肥和 600 mg·kg<sup>-1</sup> 菌剂处理的发芽指数达 84.4% 和 92.1%, 表明堆肥已达腐熟。而对照、200 和 400 mg·kg<sup>-1</sup> 菌剂处理发芽指数分别为 59.5%、68%

和 70.3%, 表明这些处理需更长时间堆制才能达到腐熟。因此, 施加菌剂可以加快堆肥的腐熟度, 缩短堆肥时间, 提高堆肥的效率。而利用腐熟堆肥代替菌剂不但能起到相同的效果, 而且可以节约成本, 更为人们所接受。

## 3 结论

1) 堆肥过程中添加菌剂和腐熟堆肥能够促进堆肥快速升温, 使堆肥高温期提前 1~4d 出现, 且菌剂量添加越大, 升温越快。

2) 投加 600 mg·kg<sup>-1</sup> 菌剂和 50 g·kg<sup>-1</sup> 腐熟堆肥可使高温期延长 3~4d, 29d 内达到腐熟, 从而为缩短堆肥腐熟时间提供了条件。

3) 利用腐熟堆肥代替菌剂可起到菌剂的效果, 且可以提高接种量, 使堆肥腐熟更快, 成本更低。

## 【参 考 文 献】

- [1] 王岩. 养殖业固体废弃物快速堆肥化处理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [2] 顾希贤. 垃圾堆肥微生物接种实验[J]. 应用与环境生物学, 1995, 1(3): 274-278.
- [3] 席北斗, 刘鸿亮, 黄国和, 等. 复合微生物菌剂强化堆肥技术研究[J]. 环境污染与防治, 2003, 25(5): 262-264.
- [4] 耿冬梅, 宣世伟. 高温好氧菌群用于接种垃圾堆肥的实验研究[J]. 上海环境科学, 2003, 22(10): 699-701.
- [5] 王卫平, 汪开英, 薛智勇, 等. 不同微生物菌剂处理对猪粪堆肥中氨挥发的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(4): 693-697.
- [6] 沈根祥, 袁大伟. Hsp 菌剂在牛粪堆肥的试验应用[J]. 农业环境保护, 1990, 18(2): 62-64.
- [7] GB7959-87, 粪便无害化卫生标准[S].
- [8] 李国建, 钱新东. 堆肥腐熟度指标的探讨[J]. 城市环境与城市生态, 1990, 3(2): 27-30.
- [9] 黄懿梅. 两种外源微生物对鸡粪高温堆肥的影响[J]. 农业环境保护, 2002, 21(3): 208-210.
- [10] 席北斗, 刘鸿亮, 孟伟, 等. 高效复合微生物菌群在垃圾堆肥中的应用[J]. 环境科学, 2001, 22(5): 122-125.
- [11] 李秀艳, 吴星五, 高廷耀, 等. 接种高温菌剂的生活垃圾好氧堆肥处理[J]. 同济大学学报, 2004, 32(3): 367-371.
- [12] Liang C, Das K C, McClendon R W. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend [J]. Bioresource Technology, 2003, 86: 131-137.
- [13] Ekland Y, Kirchmann H. Composting and storage of organic household waste with different litter amendments II. Nitrogen turnover and losses [J]. Bioresour Technol. 2000, 74: 125-133.
- [14] Mathur S P. Composting processes [A]. In: Martin AM ed. Bioconversion of Waste Materials to Industrial Products [M]. New York: Elsevier. 1991.
- [15] 李艳霞, 王敏健, 王菊思. 有机固体废弃物堆肥的腐熟度参数及指标[J]. 环境科学 1999, 20(2): 98-103.
- [16] Zucconi. Biological evaluation of compost maturity [J]. Biocycle, 1981, 22: 27-29.

## Effect of inoculating microbes on cattle manure composting with high temperature

Wang Yan, Li Yuhong, Li Qingfei

*(Institute of Environmental and Ecological Sciences, College of Chemical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)*

**Abstract:** The compost test was conducted to study the effects of inoculating microbes and matured compost on cattle manure composting. The results indicated that inoculating microbes and matured compost significantly increased the rising rate of temperature during the earlier stage of composting, which reached the high thermophilic phase ( $>50^{\circ}\text{C}$ ) earlier 1~4 days compared to the control, and the more the amount of microbes added, the faster the temperature rose. The duration of the composting temperature above  $50^{\circ}\text{C}$  with inoculating microbes at  $600\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  and matured compost at  $50\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  was 3~4 days longer than that of the control. The compost with inoculating microbes at  $600\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  and matured compost at  $50\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  achieved maturity after 29 days, and the seed germination index (GI) reached 92.1% and 84.4%, respectively. However, other treatments did not achieve maturity after 29 days yet. Therefore, addition of adequate amount of microbes and matured compost can accelerate the maturity of the compost and shorten the composting period.

**Key words:** inoculating microbes; cattle manure; composting