

牛明芬,梁文涓,武肖媛,等. 复合微生物菌剂在牛粪堆肥中的应用效果[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):427-429.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.133

# 复合微生物菌剂在牛粪堆肥中的应用效果

牛明芬<sup>1</sup>, 梁文涓<sup>1</sup>, 武肖媛<sup>1</sup>, 郝凤明<sup>2</sup>

(1. 沈阳建筑大学市政与环境工程学院, 辽宁沈阳 110168; 2. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 辽宁沈阳 110016)

**摘要:**将牛粪与稻壳混合堆肥,通过测定物理、化学、生物指标的变化,分析复合微生物菌剂的剂量对牛粪堆肥效果的影响,从而确定微生物菌剂的用量。结果表明,加入 0.3%、0.5% 微生物菌剂的堆肥比不加入菌剂的处理升温快,高温持续时间长;堆肥结束时加入菌剂的堆肥含水率、C/N 更低;pH 值接近 8;并且可提高纤维素酶活性水平和峰值;接种菌剂的处理组,细菌数增长要快于空白组,且接种 0.5% 菌剂的处理比接种 0.3% 的菌数峰值高;加入菌剂可使堆肥更快达到腐熟。本试验中处理 3 堆肥效果优于处理 2,所以在本试验的堆肥中用 0.5% 的微生物菌剂用量更好。

**关键词:**复合微生物菌剂;牛粪;堆肥;纤维素酶活

**中图分类号:** Q939.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0427-03

牛粪属于冷性堆肥材料,纤维素含量大,自然堆肥降解速度慢,并且不易起温,达不到我国堆肥无害化标准<sup>[1]</sup>。大量研究表明,在牛粪堆肥中加入发酵菌剂可以促进牛粪堆肥的腐熟进程,并能提高堆肥的质量。徐大勇等将外源腐熟菌剂用于牛粪堆肥的研究表明,添加了腐熟菌剂的堆肥比自然堆肥进入高温期(>50℃)提前了 11 d<sup>[2]</sup>。牛明芬等研究表明,加入发酵菌剂的堆肥,C/N 下降速度比单独牛粪堆肥下降的速度快<sup>[3]</sup>。刘佳等的研究表明,接种菌剂的牛粪堆肥中微生物数量消长速度快于自然堆肥,接种微生物菌剂加快了微生物群落演替的速度<sup>[4]</sup>。本试验将自制的复合微生物菌剂接种于堆肥中,通过测定堆肥中物理、化学、生物各指标的变化,判断堆肥的处理效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验所用堆肥材料为本溪木兰花牛场的脱水牛粪和稻壳。微生物菌剂为前期试验所制得的微生物菌剂。该菌剂是从腐熟牛粪与土壤中分离出的 HN1(枯草芽孢杆菌)、HP2(地衣芽孢杆菌)、TG1(放线菌)、P3(枯草芽孢杆菌)共 4 个菌株,通过正交试验优化各菌种配合比例为 TG1:P3:HP2:HN1=3:1:1:1。堆肥原料牛粪和稻壳成分见表 1。

表 1 堆肥原料主要理化性质

堆肥原料	含水率(%)	全碳(%)	全氮(%)	C/N
牛粪	71.93	23.21	1.23	18.9
稻壳	9.85	43.56	0.57	76.4

注:全碳与全氮为风干样含量。

研究表明,堆肥时最初的 C/N 应为 30~35,含水率在 50%~60%<sup>[1,3,5-6]</sup>。经计算得出,当牛粪与稻壳的质量比约为 2:1 时,可满足上述条件。

### 1.2 堆肥设计

试验设 3 个处理,以自然堆肥(处理 1)为对照,比较添加 0.3%(处理 2)和 0.5%(处理 3)生物菌剂在牛粪堆肥中应用效果。其中,处理 1:200 kg 牛粪+100 kg 稻壳粉,为空白对照组;处理 2:200 kg 牛粪+100 kg 稻壳粉+0.3%(质量分数)复合微生物菌剂;处理 3:200 kg 牛粪+100 kg 稻壳粉+0.5%(质量分数)复合微生物菌剂。

堆制时,肥堆长、宽、高分别为 100、100、80 cm,顶部尽量平整。雨天在堆体上加盖塑料膜,以免雨水对堆肥的冲刷。

### 1.3 采样及测定

**1.3.1 样品采集** 在堆制当日取样,并在堆肥后每 2 d 定时采样 1 次,采样方法采用多点采样法<sup>[5]</sup>。

**1.3.2 测定项目** 测定的项目有物理、化学、生物指标 3 类,包括堆肥温度、含水率、pH 值、C/N、纤维素酶活性和细菌数。

用乙醇温度计测定堆温和气温,测定温度分别在 9:00 和 15:00 进行。将堆体分上层(10~25 cm),中层(30~45 cm),下层(50~65 cm)测温,每层选测 3 个点,取平均值作为该层的温度,将 3 层温度的平均值作为该堆体的温度,当天测得温度进行平均作为当天的温度。从堆肥开始到第一次升温,须每天测温,之后每隔 1 天测 1 次,当堆体温度开始下降时,对堆体进行翻堆<sup>[6]</sup>。

含水率、pH 值、C/N 测定参照国家农业标准 NY 525—2011《有机肥料》<sup>[7]</sup>。纤维素酶活性的测定参照文献[8],细菌数的测定参照文献[9]。

## 2 结果与分析

### 2.1 堆肥中温度的变化

堆肥温度是从表观上判定堆肥腐熟程度的重要指标,从图 1 可见堆肥初期的升温速度依次为处理 3>处理 2>处理 1。3 种处理达到的最高温和高温(50~65℃)持续时间分别

收稿日期:2015-05-16

基金项目:辽宁省沈阳市科技攻关项目(编号:F-13-144-3-00)。

作者简介:牛明芬(1967—),女,辽宁本溪人,博士,教授,主要研究方向为污染修复生态学。E-mail:niumingfen@sina.com。

通信作者:梁文涓,硕士研究生,主要研究方向为污染修复生态学。

E-mail:liangwenjuan100@163.com。

为:处理 1 最高温 58.7 ℃,持续 7 d;处理 2 最高温 62.0 ℃,持续 10 d;处理 3 最高温 63.1 ℃,持续 11 d。可见堆肥中加入复合微生物菌剂可提高温度峰值,且高温持续时间较长,其中,加入 0.5% 复合微生物菌剂的堆肥升温快,最高温度高,高温持续时间长,效果最好。

堆肥在堆制 5 d 和 8 d 进行了翻堆,出现温度下降,而后又升高。翻堆可使堆体积聚的热量散失,防止堆温过高;翻堆也可以使堆肥反应更充分地进行,促使下一个高温的到来。在堆肥进行到 10 d 时温度开始持续降低,降温速度:处理 3 > 处理 2 > 处理 1,说明堆肥已逐渐进入腐熟期。

堆肥在 5 月份进行,此时的气温已经超过 15 ℃,从图 1 中看出气温的变化,处理 10 d 后,气温升高,而堆肥温度下降,可见气温对堆体的温度变化影响不大。从图 1 中还可以看到堆肥的起始温度要比环境温度高,这可能是由于堆肥所用的牛粪是经在牛场脱水后的牛粪,相对鲜牛粪水分含量要低很多,加之在往堆肥场地运送的过程中,牛粪内部很容易积累热量,致使堆肥的起始温度要比环境温度高。

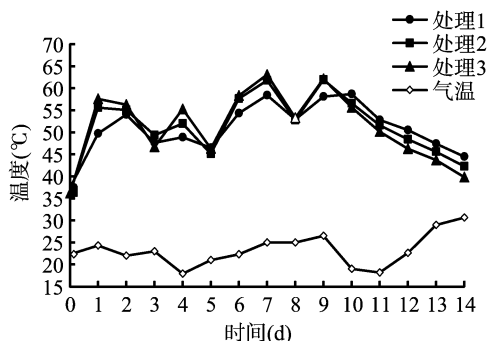


图1 堆肥温度变化

## 2.2 堆肥中含水量变化

堆肥前 10 d,含水量呈下降趋势(图 2),处理 1 的水分减少了 8%,处理 2 减少了 13.14%,处理 3 减少了 20.69%,水分减少量依次为处理 3 > 处理 2 > 处理 1。由图 1、图 2 可见,堆肥升温越高,水分减少越快。加入 0.5% 的复合微生物菌剂(处理 3),微生物活动剧烈,能够快速升温脱水,提高堆肥的发酵速度。在堆制 10 d 和 11 d 有降雨,雨水从塑料膜的缝隙处渗入,堆肥中水分有上升趋势,之后又下降。

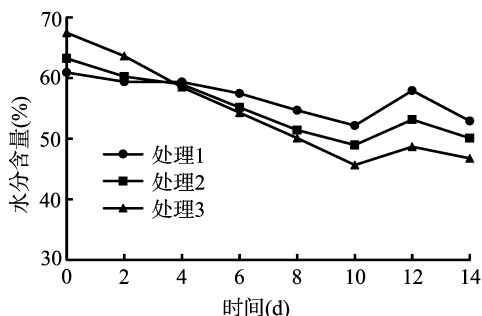


图2 堆肥含水率变化

## 2.3 堆肥中 pH 值变化

在堆肥中,适合微生物生长的 pH 值为中性或弱碱性。图 3 中,堆肥的 pH 值在 6.8 ~ 7.8 之间,说明 3 个处理堆肥过程反应良好。从图 3 还可以看出,pH 值先下降后升高,主要是由于堆肥初期产生有机酸所致,随着堆肥的进行,有机酸被

分解,同时又有含氮有机物产生的氨,使堆肥的 pH 值升高,并在堆肥结束时保持较高的 pH 值(处理 3 的 pH 值接近 8),这与王绍文的研究<sup>[10]</sup>相一致。处理 2 和处理 3 堆制 4 d pH 值降到最低,处理 1 在堆制 6 d 时降到最低;堆肥结束时 pH 值大小排序为:处理 3 > 处理 2 > 处理 1。堆肥中 pH 值与温度具有一定的相关性,处理 3 的堆温高,pH 值在酸化阶段下降快,且下降幅度大;堆肥后期,处理 3 的 pH 值升高也快,且高于处理 1 和处理 2,这与处理 3 生物量多也有一定的关系。

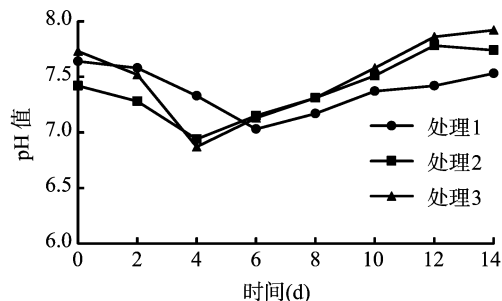


图3 堆肥中 pH 值变化

## 2.4 堆肥中 C/N 的变化

初始 C/N 对堆肥的腐熟进程有重要的影响。堆肥初始适宜的 C/N 为 30 ~ 35, C/N 过高(>35)微生物必须经过多次生命循环,氧化掉过量的碳,直至达到一个合适的 C/N 以供其新陈代谢<sup>[11]</sup>。本试验中 3 个处理的最初 C/N 分别为:37.86、36.94、34.52,都与适宜 C/N 比较接近(图 4)。堆肥过程中,3 个处理的 C/N 整体都呈下降趋势,分别下降了 15.66%、23.09%、27.69%。C/N 下降的原因是由于随着堆制处理时间的延长,微生物消耗了大量的碳水化合物,总碳量呈明显下降趋势,全氮相对含量增加,使堆体的碳氮比逐渐减小,堆肥逐渐达到腐熟。图 4 中 C/N 下降程度依次为处理 3 > 处理 2 > 处理 1,由此可知,在堆肥中加入 0.5% 的复合微生物菌剂的堆肥效果更好。

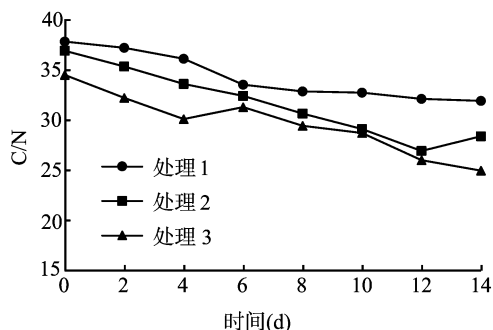


图4 堆肥中 C/N 的变化

## 2.5 堆肥中纤维素酶活性变化

酶活性的大小直接影响着堆肥的进程和发酵的强度<sup>[12]</sup>。畜禽粪便中不仅含有较易分解的单糖、淀粉和半纤维素,还含有难以分解的纤维素。牛粪中纤维素所占比例较大,堆肥中对纤维素酶活性进行跟踪测定,可以了解堆肥中纤维素被降解的情况。

从图 5 可见,本试验中 3 个处理的纤维素酶活性的变化均是先升高再降低再升高最后降低的过程。加入复合微生物菌剂处理的堆料,在堆肥的前 2 d,堆体温度升高,堆肥的纤维

素酶活性也随之升高;在堆肥的 2~4 d,温度有波动性的降低,纤维素酶活性有小趋势的下降;堆肥温度在 6 d 时开始升高,纤维素酶活性在 7 d 时开始增大;到 10 d 时,处理 2 和处理 3 的纤维素酶活性达到最大值 1.304 U/g 和 1.428 U/g;到堆肥结束时,处理 2 和处理 3 纤维素酶活性分别降至 0.423 U/g 和 0.336 U/g。处理 1(对照组)的堆体温度和纤维素酶活性均滞后于加入菌剂的处理 2、处理 3,处理 1 的纤维素酶活在堆制 4 d 和 12 d 时出现峰值,分别为 1.214 U/g 和 1.233 U/g,在堆肥结束时,其纤维素酶活性为 0.932 U/g。从试验结果可知,加入复合微生物菌剂可以提高堆肥纤维素酶活性的水平及其峰值,加入菌剂的堆体纤维素酶活性峰值比空白处理提前 1~2 d 出现,且峰值的水平要高。

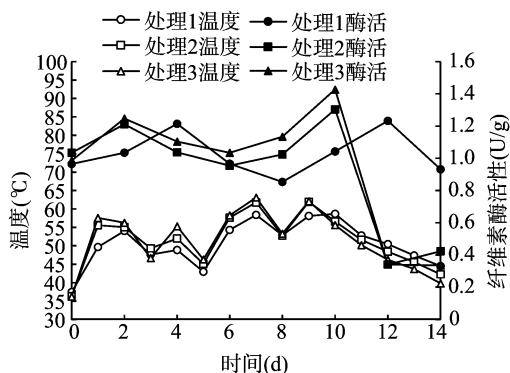


图5 堆肥中纤维素酶活性变化

分泌纤维素酶的微生物是一个群体,包括中温菌、嗜热菌,还有低温菌<sup>[13]</sup>。堆肥过程中纤维素酶活性的变化可能与这些微生物种类和数量变化有关系。从图 5 中可以看出,纤维素酶活性的变化滞后于堆肥温度的变化,可能是因为温度的改变引发堆体中微生物群落结构变化,新的微生物群落结构会产生酶活的新值,于是出现了酶活性变化滞后于温度变化的现象。处理 1 的纤维素酶活峰值比处理 2 和处理 3 出现晚,且峰值较低,这可能与处理 1 中微生物种类和数量较少有关。堆肥结束时,处理 2、处理 3 比处理 1 的纤维素酶活性低,表明处理 2、处理 3 已腐熟,而处理 1 未完全腐熟。

#### 2.6 堆肥中细菌数变化

堆肥系统中存在着大量的细菌,细菌不论从数量还是种类上都是堆肥中的优势群体。细菌在堆肥中凭借大的比表面积可以快速将可溶性底物吸收到细胞中<sup>[14]</sup>。在发酵初期,嗜温细菌利用糖类、淀粉、蛋白质等易分解的有机物产生热量,提高堆体温度,以利于其他微生物生长繁殖和有机物的分解。嗜热细菌是高温阶段的主要微生物类群之一,在高温阶段分解有机物<sup>[15]</sup>。细菌数变化结果见图 6。

从图 6 可以看出,加入菌剂的处理组细菌数增长要快于对照组,且接种 0.5% 菌剂比接种 0.3% 菌剂的菌数峰值要高。在堆肥过程中细菌数目出现波动的原因可能是在堆肥初期简单易分解的有机物被细菌利用,促使细菌数量增多。细菌数量在堆制 2~4 d 开始下降,主要原因是堆体温度升高,嗜温菌死亡或休眠,嗜热菌数目还不多;堆制 6 d 细菌数目开始增大,嗜热菌开始大量繁殖;在堆肥进行到 10 d 时,由于堆肥中有机物的消耗和堆体水分减少,细菌数量再次下降;堆肥结束时处理 2 和处理 3 的细菌数比处理 1 低,说明处理 1 未

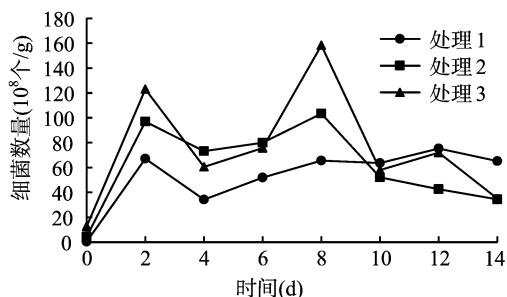


图6 堆肥中细菌数变化

完全腐熟。

### 3 结论与讨论

本试验将自制的复合微生物菌剂接种于牛粪堆肥中,通过测定堆肥中物理、化学、生物各指标的参数变化,来判断堆肥的处理效果。加入 0.5% 菌剂的堆肥升温速度最快且高温持续时间最长。3 组的 pH 值变化趋势大致相同,但处理 2 和处理 3 提前 1 d 降到最低点。水分减少量为处理 3 > 处理 2 > 处理 1。结束堆肥时,处理 3 的 C/N 最低。堆肥中纤维素酶活性的变化滞后于温度的变化,加入菌剂的堆体纤维素酶活性峰值比空白处理提前 1~2 d 出现,且峰值的水平要高。加入菌剂的处理组细菌数增长快于空白组,且接种 0.5% 菌剂比接种 0.3% 菌剂的菌数峰值要高。通过分析堆肥中各指标变化得出,本研究中加入 0.5% 菌剂的堆肥效果较好。

#### 参考文献:

- [1] 李吉进. 畜禽粪便高温堆肥机理与应用研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [2] 徐大勇, 黄为一. 接种外源腐熟菌剂对牛粪高温堆肥的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(13): 7759-7762.
- [3] 赵明梅, 牛明芬, 何随成, 等. 不同微生物菌剂对牛粪堆肥发酵影响的研究[J]. 农业环境科学学报, 2007(增刊 2): 587-590.
- [4] 刘佳, 李婉, 许修宏, 等. 接种纤维素降解菌对牛粪堆肥微生物群落的影响[J]. 环境科学, 2011, 32(10): 3073-3081.
- [5] 隆梦佳. 白腐菌对污泥堆肥木质素降解及重金属钝化影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.
- [6] 田淑岩. 利用复合微生物菌剂发酵牛粪生产生物有机肥[D]. 长春: 长春工业大学, 2012.
- [7] NY 5252011—2011 有机肥料[S]. 2011.
- [8] 牛明芬, 武肖媛, 于海娇, 等. 牛粪纤维素降解菌的筛选与初步鉴定[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(11): 393-395.
- [9] GB 20287—2006 农用微生物菌剂[S]. 2006.
- [10] 王绍. 固体废弃物资源化技术与应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003.
- [11] Hassen A, Belguith K, Jedidi N, et al. Microbial characterization during composting of municipal solid waste[J]. Bioresource Technology, 2001, 80(3): 217-225.
- [12] 袁立, 王占哲, 刘春龙. 国内外牛粪生物资源利用的现状与趋势[J]. 中国奶牛, 2011(5): 3-9.
- [13] 秦清军. 农业废弃物静态高温堆腐微生物菌剂研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
- [14] 陈芙蓉. 农林废物堆肥化中木质素生物降解研究及接种剂开发[D]. 长沙: 湖南大学, 2008.