

不同微生物腐熟剂对烟末高温堆肥腐熟进程的影响

李少明¹, 汤利¹, 范茂攀¹, 肖靖秀¹, 王自林¹, 芮晓林²

(1. 云南农业大学资源与环境学院, 云南 昆明 650201; 2. 昆明铠泰纳工贸有限责任公司, 云南 昆明 650223)

摘要:以烟末为基本原料进行堆肥试验,在添加不同微生物腐熟剂条件下采用好氧人工翻堆堆肥方式,研究了烟末高温堆肥的腐熟进程。结果表明,添加福贝、定制、榕枫微生物腐熟剂缩短了烟末堆肥达到高温的时间,延长了高温分解持续时间,加快了堆肥 pH 值的增加和 C/N 比的下降,促进了氮的矿化和氨的减少,加快了烟末高温堆肥腐熟进程。添加微生物腐熟剂福贝、定制、榕枫的堆肥处理分别在堆肥 7、14、15 d 后进入高温分解阶段(>50℃),持续高温时间分别为 14、7 和 6 d,而未加微生物腐熟剂的对照最高温度为 45℃,未进入高温分解阶段。与纯烟末处理相比,添加微生物腐熟剂福贝、定制、榕枫的腐熟堆肥 NO₃-N 含量分别提高了 18.7%、12.2%、4.7%。添加微生物腐熟剂福贝的促进效果最佳。

关键词:微生物腐熟剂;烟末;堆肥;腐熟进程

中图分类号:S141.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2008)02-0783-04

Effect of Different Microbial Blends on High Temperature Composting Maturity Process of Tobacco Fine Waste

LI Shao-ming¹, TANG Li¹, FAN Mao-pan¹, XIAO Jing-xiu¹, WANG Zi-lin¹, RUI Xiao-lin²

(1. College of Resource and Environmental Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. Kunming Kaitaina Industry and Commercial Co Ltd., Kunming 650223, China)

Abstract: Under an aerobic condition, high temperature composting using tobacco fine, an industry waste, as the basic material was carried out to study the effects of different microbial blends, Faby, Dingzhi and Rongfeng on composting process and maturity. The results showed that, adding the microbial blends shortened the time of reaching high temperature, extended high temperature sustaining time, accelerated pH increasing and the ratio of C/N reducing, increased N mineralization and ammonium decreasing, accelerated the decomposing process. The highest temperature was 45℃ in pure tobacco fine compost. The high temperature reaching time (>50℃) in the composts adding Faby, Dingzhi and Rongfeng was 7, 14 and 15 d, respectively and the high temperature decomposing duration was 14, 7 and 6 d, respectively. The content of NO₃-N was higher by 18.7%, 12.2% and 4.7% than that of pure tobacco fine compost, respectively. Microbial blend Faby showed better effects on high temperature compost maturity than other two microbial blends.

Keywords: microbial blends; tobacco fine waste; composting; maturity

我国是世界上烟草栽培与产量最多的国家,每年烟叶产量 450~500 万 t, 其中约有近 25% 的烟叶、烟末等下脚料被废弃,不能用于卷烟生产。其中,云南作为烟草大省每年烤烟产量中约有 30%~35% 属于无法进行卷烟加工的低等或等外级烟叶未能得到合理利用,各卷烟企业也积存有大量的烟末,还有大量的上部烟叶、烟花和烟草秸秆等烟草废弃物,估计全省烟

草废弃物的数量约 60 万 t^[1]。对废弃烟叶的综合利用,一直受到国内外研究者的重视。有很多的研究报道:如从废弃烟叶中提取烟碱,生产烟碱农药;提取茄尼醇用于生产辅酶 Q10 等药物;从未成熟的鲜烟叶中提取类似大豆蛋白质的烟草蛋白质,作为优质饲料的添加剂等^[2]。但最后产生的有机废弃物还没有合适的处理方法。这些废弃物如果直接施入土壤,在被土壤微生物分解的同时,会生成一些对植物正常生长有抑制作用的中间代谢物^[3],因此,合理利用这些有机固体废物废弃物,进一步实现废弃资源的无害化和循环利用是非常必要的。

收稿日期:2007-04-06

基金项目:948 项目(2006-G62);云南农业大学青年基金(A2002002)

作者简介:李少明(1969—),男,云南嵩明人,实验师,主要从事土壤与植物营养分析测试研究工作。E-mail:lsm1858@163.com

通讯作者:汤利 E-mail:tangli@yahoo.com

高温堆肥是当前有机废弃物利用无害化和资源化的重要途径之一。而加快升温速度、缩短堆肥腐熟时间是有机肥生产经济效益的关键。接种菌剂也是加快堆肥的升温、促进发酵腐熟过程的有效措施^[4-6]。因此,本文结合云南烟草生产实际,探讨了不同微生物腐熟剂对废弃烟末堆肥化进程的影响,以期为提高废烟末资源再利用的有效途径提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在云南农业大学植物营养系温室中进行,以烟末作为堆肥的基本原料,烟末直径 <3 cm,加入尿素调节其 C/N 比,腐熟剂分别为福贝、定制、榕枫,分别由中国科技开发院云南分院、北京生太平生物工程有限公司和昆明榕枫生物有限公司提供,废烟末由昆明铠泰纳工贸有限责任公司提供,堆肥原料的主要成分见表 1。

表 1 烟末堆肥原料的基本理化性状
Table 1 The basic physical and chemical properties of the tobacco fine composting

pH	总碳/g · kg ⁻¹	总氮/g · kg ⁻¹	C : N
4.80	473.0	13.0	36 : 1

1.2 试验设计

堆肥试验处理见表 2,每处理 3 次重复。每处理以废烟末 100 kg 为基本堆肥材料,调节 C/N 比和水分含量。根据各腐熟剂的用量说明和要求,福贝、定制、榕枫分别按菌料比(质量比)1:100、1:100 和 1:5 000 添加。每个堆肥处理搅拌均匀混合后,分别堆成高约 1 m 的金字塔形^[7],覆盖农膜以便保温。堆肥每周翻堆一次,翻堆后仍堆成原状,直至堆肥腐熟。

表 2 烟末堆肥试验设计
Table 2 The experimental design of the tobacco fine composting

处理代号	处理	通风方式
1	烟末+福贝	翻堆
2	烟末+定制	翻堆
3	烟末+榕枫	翻堆
4	纯烟末 (CK)	翻堆

1.3 采样及测定

1.3.1 采样方法

分别于堆肥第 0、7、14、21、28、35、42 d 采样。在翻堆充分、搅拌均匀后,按 5 点采样法,每处理每次采集 6 个混合样,其中 3 个混合样品风干测定全量,3 个混合样品作为鲜样现场保存于 4 ℃的冰箱中用于测定水溶性指标。

1.3.2 温度测定

温度计从堆体顶部向下深插 50 cm,每天在 11:00、19:00 测定温度。

1.3.3 化学分析项目及方法

鲜样测定指标:新鲜样品用去离子水按土水比 1:10 (以干质量计)浸提 1 h 后,取 50 mL 滤液以 3 000 r · min⁻¹ 离心 15 min, NH₄⁺-N 采用氧化镁蒸馏法测定, NO₃⁻-N 采用 Zn-FeSO₄ 还原粉剂氧化镁蒸馏法测定^[8]。风干样测定指标:全 N 采用 H₂SO₄-H₂O₂ 蒸馏法测定,有机质采用重铬酸钾容量法测定^[9]。

2 结果与分析

2.1 烟末堆肥进程中温度的变化

堆肥过程中细菌是降解有机物和产热的主要微生物类群,它可以利用多种酶对有机物进行化学分解^[6]。堆肥温度过低会导致有机物分解缓慢,过高则会抑制并杀死部分有益微生物。堆体温度在 55℃条件下保持 3 d 以上 (或 50℃保持 5 ~ 7 d) 是杀死堆料中致病微生物,保证堆肥卫生指标合格和堆肥腐熟的重要条件^[10]。有研究表明,堆肥的最适温度为 50 ~ 60 ℃^[11],但也有人认为固体废弃物堆肥处理的最佳温度为 65 ~ 70 ℃^[12]。

高温阶段是高温好氧堆肥处理有机固体废弃物的关键阶段,在此过程中,大部分的致病微生物被杀死,堆肥达到稳定化^[13]。在本试验中,堆体温度变化见表 3。含有不同微生物腐熟剂的堆肥处理 1、2、3 都在 7 ~ 15 d 后进入高温分解阶段,持续高温的时间为 6 ~ 14 d,处理 1 在 7 d 后进入高温分解阶段,处理 2、3 在 14 d 后达到高温分解阶段,未加微生物腐熟剂的对照最高温度为 45 ℃,未达到高温分解阶段。从堆肥的温度变化看,处理 1 达到高温腐熟时间较短,高温持续时间较长,效果较好。

表 3 烟末堆肥进程中温度的变化
Table 3 Changes of temperature during tobacco fine composting

处理代号	堆肥达到 50 ℃所需时间/d	>50 ℃持续的时间/d	达环境温度的时间/d	最高温度/℃
1	7	14±1	35±1	54±2
2	14	7±2	32±1	53±1
3	15	6±1	31±2	51±1
4				45±1

2.2 烟末堆肥进程中 pH 值的变化

在烟末堆制过程中,pH 值变化很大,见图 1。一般腐熟堆肥的 pH 值指标为 8.0 到 9.0^[14]。堆肥开始

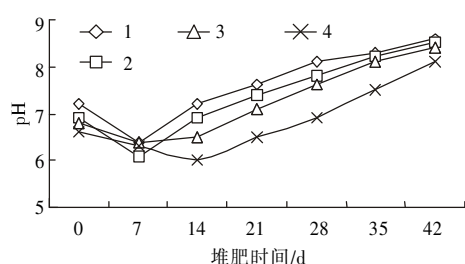


图 1 烟末堆肥进程中 pH 值的变化

Figure 1 Changes of pH during tobacco fine composting

时,各处理 pH 值下降,然后迅速上升,最后 pH 稳定在 7.6~8.6 之间。添加快腐剂的各处理(处理 1、2、3) pH 值增加较处理 4 快,表明添加微生物菌剂加快了堆体中氮有机物的分解。而处理 1 的效果较好。

2.3 烟末堆肥进程中 C/N 比的变化

随着高温堆肥的进行,各处理烟末的 C/N 比下降,见图 2。堆肥结束时分别降至 5.4:1、6.1:1、7.5:1、6.5:1。由于堆肥进程中微生物主要消耗水溶性组分,因而堆肥的水溶性有机 C/N 比可以作为堆肥腐熟度的评价指标,而且不受物料差异的限制,当堆肥的水溶性有机 C/N 比下降到 10 以下时,表明堆肥已达腐熟^[15,16]。由图 2 可以看出,堆肥各处理在 35 d 左右已腐熟。处理 1 在堆肥第 28 d C/N 比降至 9.8,而处理 2、3、4 到堆肥 35 d C/N 比才降至 10 以下,说明处理 1 的效果较好。

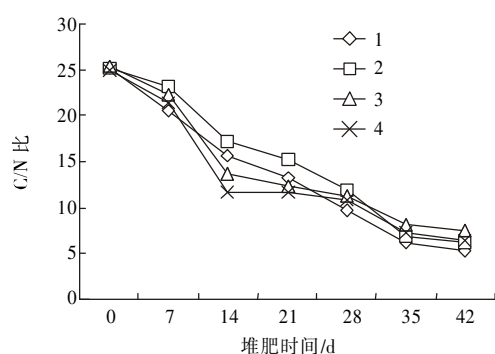
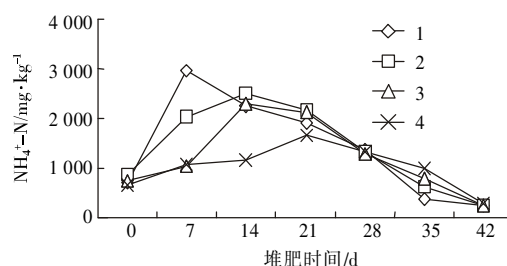


图 2 烟末堆肥进程中 C/N 比的变化

Figure 2 Changes of C/N during tobacco fine composting

2.4 烟末堆肥进程中水溶性 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的变化

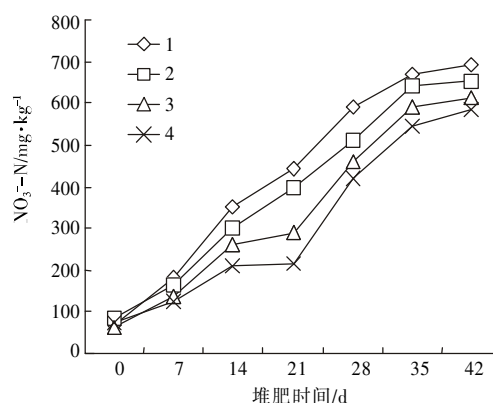
如图 3 结果表明,堆肥的最初 10 d,各个处理的水溶性 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 都有明显的上升,这主要是氨化作用以及有机 N 的矿化作用引起^[5]。而处理 1 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的上升显著快于处理 2,处理 2 显著快于处理 3 和处理 4。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 含量达到最高点后开始下降,到堆肥结束时各处理 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的含量为 235.4~281.4 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

图 3 烟末堆肥进程中水溶性 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的变化Figure 3 Changes of water-soluble $\text{NH}_4^+\text{-N}$ during tobacco fine composting

$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的缺失及减少是堆肥腐熟的标志^[17,18],当堆肥中氮的浓度小于 400.0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,被认为已经腐熟,根据此标准,处理 1 经过 35 d 即可达到腐熟,而处理 2、3 经过 42 d 左右才可达到腐熟。添加微生物腐熟剂各处理比对照腐熟时间短,处理 1、2、3 腐熟时间依次延长,处理 1 腐熟时间最短。

2.5 烟末堆肥进程中水溶性 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的变化

如图 4 结果表明,烟末堆肥开始时,水溶性 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量一直较低,各处理维持在 64.9~87.1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间。随着堆肥时间的延长, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的含量开始明显增加,堆肥结束时处理 1、2、3、4 的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的含量达到 692.5、654.2、610.5、583.2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。处理 1 的含量在整个堆肥过程中高于处理 2、3、4。在堆肥体系中,合适的 C/N 比,良好通风发酵,能使腐熟化进程加快,堆体迅速进入高温分解阶段和持续高温阶段,促进 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 向 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 转化而使其含量迅速提高^[9],可以认为,当堆肥中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量呈升高趋势时,表明堆肥已经过强烈的高温分解过程,已达稳定。至堆肥 14 d,添加微生物腐熟剂的各处理均显著高于处理 4,表明添加微生物腐熟剂促进了有机氮的分解,并以硝

图 4 烟末堆肥进程中水溶性 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的变化Figure 4 Changes of water-soluble $\text{NO}_3^-\text{-N}$ during tobacco fine composting

态氮快速积累。

3 结论

在纯烟末单独高温堆肥化过程中,升温慢,不能进入高温分解阶段, NH_4^+-N 向 NO_3^--N 转化量少,腐熟化进程较慢;与对照相比,加入微生物腐熟剂有利于堆体迅速进入高温分解阶段和持续高温分解阶段,加快C/N比下降,促进 NH_4^+-N 向 NO_3^--N 的转化,加快堆肥物料腐熟化进程。不同的商品微生物腐熟剂对烟末腐熟的效果不同,以添加福贝腐熟剂促进腐熟效果最佳。

有关微生物腐熟剂福贝和榕枫在高温堆肥进程中的作用,本研究结果与前人在西番莲果渣高温堆肥中的研究相一致^[4,5]。有关微生物腐熟剂特别是福贝加快废烟末堆肥进程的作用机制还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 彭靖里,马敏象,吴绍情,等.论烟草废弃物的综合利用技术及其发展前景[J].中国资源综合利用,2001,8:18-20.
- [2] 郑奎玲,于丹梅.废弃烟叶的综合利用现状[J].重庆大学学报,2004,27,(3):61-62.
- [3] 黄国锋,吴启堂,孟庆强,等.猪粪堆肥化处理的物质变化及腐熟度评价[J].华南农业大学学报,2002,23(3):1-4.
- [4] 徐智,毛昆明,汤利,等.榕风对西番莲果渣高温堆肥过程中氮变化的影响[J].云南农业大学学报,2005,20(6):800-803.
- [5] 徐智,汤利,李少明,等.微生物菌剂福贝对西番莲果渣高温堆肥过程中氮变化的影响[J].农业环境科学学报,2006,25(增刊):621-624.
- [6] 许晓英,李季.复合微生物菌剂在污泥高温好氧堆肥中的应用[J].中国生态农业学报,2006,14(3):64-66.
- [7] 王飞,张硕.填充物和初始pH值对猪粪堆肥效果的影响[J].浙江农业科学,2005,(4):298-300.
- [8] 劳家桢.土壤农化分析手册[M].北京:农业出版社,1988.
- [9] 南京农业大学.土壤农化分析[M].(第二版)北京:农业出版社,1981.
- [10] GB7959-87,粪便无害化卫生标准[S].
- [11] Epstein E. The science of composting[M]. A technical publishing company pennsylvania,U.S.A.1997.
- [12] Bach P D, Shoda M, Kubota H. Rate of composting of dewatered sewage sludge in continuously mixed isothermal reactor[J]. *Journal of Fermentation Technology*, 1984, 62:285-292.
- [13] 刘更另.有机肥料的生产使用是一项产业[J].中国农业科学,1988,21(5):1-5.
- [14] 李艳霞,王敏健,王菊思.有机固体废弃物堆肥的腐熟度参数和指标[J].环境科学,1999,20(2):98-103.
- [15] 吴银宝,汪植三,廖新弟,等.猪粪堆肥腐熟指标的研究[J].农业环境科学学报,2003,22(2):189-193.
- [16] Chanyasak V, Kubota H. Carbon/organic nitrogen ratio in water extract as measure of composting degradation[J]. *Journal of Fermentation Technology*, 1981, 59:215-219.
- [17] Hirai M F, Chanyasak V, Kubota H. A standard measurement for compost maturity [J]. *Biocycle*, 1983, 24: 54-56.
- [18] Riffaldi R, Levi-Minzi R, Pera A, et al. Evaluation of compost maturity by means of chemical and microbial and microbial analysis [J]. *Waste Manag Res*, 1986,4:387-396.
- [19] Ekland Y, Kirchmann H. Composting and storage of organic household waste with different litter amendments 11.Nitrogen run-tover and losses [J]. *Biores Technol*, 2000,74:125-132.