

# 几种农家堆肥模式中的氮素与有机质变化比较<sup>①</sup>

王正奎<sup>1</sup>, 王莉玮<sup>1</sup>, 乔俊婧<sup>2</sup>, 杨志敏<sup>2</sup>, 陈玉成<sup>2</sup>, 赵中金<sup>1</sup>

1. 重庆市农业环境监测站, 重庆 401121;

2. 西南大学 资源环境学院, 重庆 400716; 重庆市农业资源与环境重点实验室, 重庆 400716

**摘要:** 选择了秸秆覆盖、棚膜覆盖和土层覆盖等 3 种农家堆肥模式, 以无覆盖为对照, 比较了各种模式中全氮、铵态氮、硝态氮、有机质、温度和 pH 值变化. 结果表明, 随着堆肥的进行, 各种模式全氮呈现先下降再上升、铵态氮先上升再下降、硝态氮一直下降, 并且最后趋于稳定. 棚膜堆肥的全氮、铵态氮、有机质含量一直高于其他处理, 而硝态氮含量低于其他处理, 因而是一种值得推荐的农家堆肥模式.

**关键词:** 农家堆肥; 覆盖; 氮素; 有机质

**中图分类号:** S141.4

**文献标志码:** A

研究表明, 畜禽粪便和作物秸秆已成为我国农村面源污染的主要来源<sup>[1]</sup>. 畜禽粪便含有大量的氮、磷等养分, 流失进入水体后造成水体富营养化<sup>[2]</sup>. 我国作物秸秆中也只有 2.60% 左右经过处理, 大部分没有处置, 或就地焚烧或随意堆放, 不仅造成了严重的资源浪费, 也对农村环境带来诸多负面影响. 这两类农业有机废弃物具有数量大、分布广泛、利用规模小的特点, 既是造成农业面源污染的主要来源, 又是重要的可再生生物资源.

农家堆肥是指利用各种畜禽粪便、农作物秸秆、生活垃圾等有机物共同堆积腐熟而成的一种有机肥料<sup>[3-5]</sup>. 由于其取料广泛, 堆制地点不受限制, 既可以处理畜禽粪便和秸秆, 增加了农田有机肥水平, 又可改善农村生活环境, 因而成为农业面源污染减排的主要措施之一<sup>[6]</sup>. 关于畜禽粪便堆肥的氮素与有机质变化过程研究也有一些报道<sup>[7]</sup>, 但关于农家混合堆肥尚不多见<sup>[8]</sup>. 本文是国家“十一五”科技支撑计划重点项目子专题“重庆市郊农田污染综合防控技术示范”内容之一, 重点探讨几种常见的农家堆肥模式中的氮素与有机质性质变化特征, 以期快速、优质的农家堆肥提供科学依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

猪粪取自重庆市合川区某猪场, 水稻秸秆取自合川区某农户, 其性质见表 1.

表 1 堆肥原料基本性质(风干基)

原料	有机碳/(g·kg <sup>-1</sup> )	全氮/(g·kg <sup>-1</sup> )	全磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	全钾/(g·kg <sup>-1</sup> )
猪粪	356.67	10.81	410.16	25.66
稻秆	378.14	2.90	19.63	5.89

① 收稿日期: 2010-07-05

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划重点项目(2006BAD17B09-8).

作者简介: 王正奎(1966-), 男, 重庆云阳人, 高级农艺师, 主要从事农业环境保护.

## 1.2 试验处理

共设 4 个处理, 即常规处理(无覆盖)、秸秆覆盖、棚膜覆盖、土层覆盖. 其中, 秸秆覆盖、棚膜覆盖、土层覆盖粪分别采用 5 cm 厚度的稻秆、塑料薄膜、5 cm 厚度的当地土壤进行覆盖. 各处理重复 3 次. 在堆肥进程中主要以温度、pH 值、氮素、有机质为响应指标.

## 1.3 堆肥方法

堆肥起始日为 2009 年 4 月 8 日, 结束日为 2009 年 8 月 8 日. 以含水量小于 80% 的猪粪和含水量小于 30% 的稻秆为材料, 猪粪与稻秆按重量比 4:1 进行混配堆肥, 其中秸秆粉碎至 5 cm 以下, 每个堆体用物料量为 150 kg, 即 120 kg 猪粪和 30 kg 秸秆, 分别按试验处理进行覆盖.

每个堆肥测试区由堆肥区和缓冲区两部分构成. 堆肥前及堆肥过程中, 堆肥材料可以在缓冲区中进行翻堆, 翻堆后堆肥材料在堆肥区重新堆置成垛. 堆肥区下垫面不作硬化处理. 前 4 周每 2 周翻堆 1 次, 以后每月翻堆 1 次, 堆置总时间为 4 个月. 其中覆盖处理在每一次翻堆前, 将覆盖物先取下, 置于一旁, 待堆料重新成垛后, 再将覆盖物盖上.

## 1.4 指标测试

在堆肥初次成堆后及每一次翻堆前, 测试堆料温度. 每次翻堆后成垛前, 混合取样 500 g. 堆料烘干后测试全氮、铵态氮、硝态氮、有机质等. 全氮采用半微量开氏定氮法, 铵态氮采用半微量开氏定氮法, 硝态氮采用酚二磺酸法, 有机质采用重铬酸钾法<sup>[8]</sup>.

# 2 结果与分析

## 2.1 农家堆肥模式发酵温度与 pH 值变化的比较

堆料温度是判断微生物活动剧烈程度的最好指标<sup>[9]</sup>, 反应了堆料内微生物活性的变化和有机物料的转化. 从堆肥开始至 30 d, 4 种堆肥模式的堆料温度迅速上升, 在这个过程中, 微生物快速降解堆料中的有机物并大量繁殖, 从而产生大量的热量及 CO<sub>2</sub>. 由表 2 可以看出, 30 d 时堆料温度最高, 其中棚膜覆盖升温最高达到 55 °C, 其次是土层覆盖、秸秆覆盖、无覆盖, 依次为 43.5, 42.0, 40.5 °C. 随着堆肥进程, 堆料中的病原菌等被杀死, 腐殖质开始形成, 堆料进入腐熟阶段, 温度呈现逐渐降低的趋势<sup>[10]</sup>, 60 d 时堆肥堆料的温度下降趋势较为缓慢, 接近外界温度.

pH 值的变化是揭示农家堆肥系统中比较直观的参数, 太高或太低都会影响堆肥质量, 只有在适宜的 pH 值下, 微生物才能大量生长繁殖, 有效地发挥作用, 有效保留堆料中氮成分, 防止氮的挥发, 其中富含蛋白质和纤维素的堆料堆腐的最佳 pH 值接近 8.0<sup>[11]</sup>. 由表 3 可以看出, 30 d 的堆料 pH 值比堆制初期 (pH 值 7.0) 升高, 是因为在微生物作用下发生强烈的矿化分解有机氮产生大量的 NH<sub>3</sub> 所引起的<sup>[12]</sup>. 随着堆肥时间的延长, 堆肥堆料的 pH 值呈现逐渐下降的趋势, 下降是由于 NH<sub>3</sub> 挥发速率降低、堆肥后期硝化细菌的硝化作用产生大量的氢离子以及堆料中有机物分解产生的有机酸等原因引起的<sup>[13]</sup>. 其中, 棚膜覆盖的处理 pH 值最高, 因为棚膜覆盖处理铵态氮的损失量最低, 30 d 为 8.97. pH 值最低的对照处理为 8.34. 堆肥结束时, 棚膜覆盖为 7.72, 无覆盖为 7.15.

表 2 农家堆肥模式中的温度和 pH 值变化

	温度/°C				pH 值			
	30 d	60 d	90 d	120 d	30 d	60 d	90 d	120 d
无覆盖	45	40	38	36	8.34	8.16	8.05	7.15
秸秆覆盖	47	41	39	36	8.43	8.28	8.13	7.32
棚膜覆盖	55	48	42	37	8.97	8.7	8.65	7.72
土层覆盖	50	45	39	38	8.68	8.41	8.37	7.53

## 2.2 农家堆肥模式全氮变化的比较

4 种处理的农家堆肥模式全氮整体均呈现先下降后上升的趋势(图 1), 其中棚膜覆盖处理和土层覆盖

处理全氮损失最低,可能主要是由于棚膜和土层覆盖处理阻止了氨的挥发.其次是秸秆覆盖,最后为无覆盖.各处理 30 d 的全氮含量分别为 14.38,14.08,12.70,11.72 g/kg.全氮含量分别下降了 11.94%,13.81%,22.25%以及 28.24%.随着堆肥进程的腐熟,堆料全氮含量逐渐上升,至 120 d 时,棚膜覆盖和土层覆盖的堆料全氮含量相对较高,达到 17.45,17.02 g/kg.

堆肥初期堆料全氮下降是由于此阶段在高温期,通过微生物活动有机氮分解产生大量氨导致碱性环境而挥发,消耗氮的速率大于总干物质的下降速率而损失<sup>[7]</sup>.60 d 堆料全氮逐渐上升是因为随着堆肥逐渐腐熟,部分有机碳被利用转化为 CO<sub>2</sub>,有机质不断分解成 CO<sub>2</sub>和 H<sub>2</sub>O 而散失,堆料中作为调理剂的秸秆对 NH<sub>3</sub> 具有很强的吸附作用,因此此时 NH<sub>3</sub> 的挥发损失小,另一方面随着垛形堆的体积减小,全氮因被浓缩而使含量略有升高<sup>[13]</sup>.

### 2.3 农家堆肥模式铵态氮变化的比较

4 种处理的农家堆肥模式铵态氮整体呈现先上升后下降的趋势(图 2).其中 5 月份增加量最显著的是棚膜覆盖为 2 635.42 mg/kg,其次是土层覆盖、秸秆覆盖、无覆盖,依次为 2 455.92,2 366.17,2 064.28 mg/kg.增加量分别为 46.21%,36.25%,31.28%,14.53%.主要是因为堆肥初期随着温度的升高、微生物的生长和繁殖作用、微生物氨化作用及有机氮的矿化分解加剧了有机氮的分解,水溶性铵态氮含量增加,产生大量的 NH<sub>3</sub>.采用棚膜覆盖的处理阻止了氨气的挥发且由于温度、pH 值较适宜,氨化细菌的活性较强,因而铵态氮的损失量最小,导致棚膜覆盖堆料铵态氮增加最为显著.

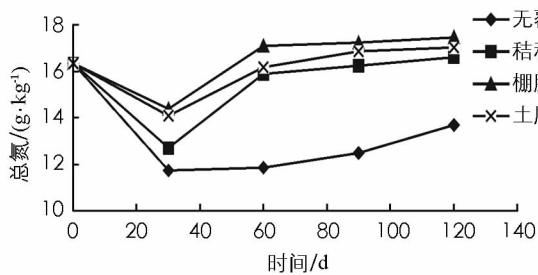


图 1 堆肥中总氮的变化趋势

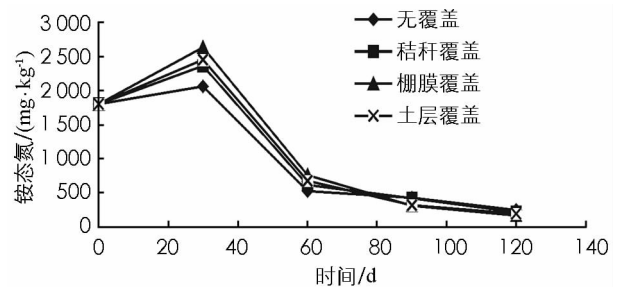


图 2 堆肥中铵态氮的变化趋势

从 60 d 开始,堆料铵态氮呈逐渐下降趋势,而且下降趋势较明显,其后,随着堆料的腐熟,铵态氮的下降趋势逐渐减少,最后趋于相近.当堆料中铵态氮的浓度达到 430 mg/kg 时,被认为已经腐熟.细胞质的氮源来源于铵态氮被微生物同化的过程,一部分转化为硝态氮,另一部分以气态氮形式挥发<sup>[15]</sup>.

### 2.4 农家堆肥模式硝态氮变化的比较

4 种堆肥模式的硝态氮变化均呈现上升的趋势(图 3),5 月份的堆料硝态氮呈现显著增加,60,90,120 d 堆料的硝态氮与 30d 相比也呈缓慢增加的趋势,其中无覆盖处理的硝态氮增加趋势最为明显,其次是秸秆覆盖、土层覆盖和棚膜覆盖,至堆肥结束时,硝态氮分别为 42.75,31.46,28.85 和 27.29 mg/kg.主要是因为堆肥初期,堆料中主要以铵态氮形式存在,而硝化细菌的最适宜生长温度为 40 °C,棚膜覆盖的高温、高浓度的 NH<sub>3</sub> 抑制硝化细菌的生长活动,因而无覆盖硝态氮含量最高.随着堆肥温度的降低,硝化细菌快速生长繁殖,铵态氮转化为硝态氮,棚膜覆盖处理硝态氮含量最低,主要是因为此处理微生物含量较多、反应剧烈、温度持续较高从而抑制了硝化细菌的生长<sup>[15]</sup>.

### 2.5 农家堆肥模式有机质变化的比较

在堆肥初期,堆料有机质含量为 550 g/kg.随着堆肥时间的延长,有机质含量呈逐渐减少的趋势(图 4),说明不稳定成分在逐渐减少,主要是因为随着堆料温度的升高和 pH 值达到微生物最适宜繁殖的条件,微生物大量分解有机物<sup>[17-18]</sup>,造成有机质含量下降.至堆肥结束时,其中有机质损失最大的无覆盖处理,降低了 383.61 g/kg,有机质损失量最小的为棚膜覆盖处理和土层覆盖处理,分别降低了 277.09,333.58 g/kg,随着堆肥进程堆料的腐熟,有机质的变化逐渐趋于稳定.

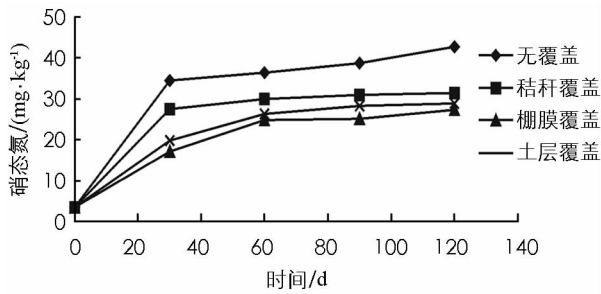


图 3 堆肥中硝态氮的变化趋势

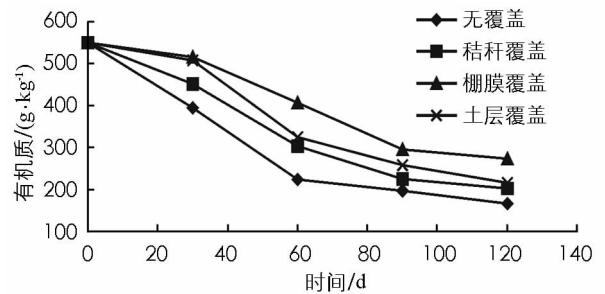


图 4 堆肥中有机质的变化趋势

### 3 结 论

几种农家堆肥模式均随着堆肥的进行, 全氮呈现先下降再上升的趋势、铵态氮先上升再下降、硝态氮一直下降, 并且最后趋于稳定。

棚膜堆肥的全氮、铵态氮、有机质含量一直较其他处理高, 而硝态氮含量低于其他处理, 可能与其发酵温度高、pH 值高有关。棚膜堆肥是一种值得推荐的农家堆肥模式。

### 参考文献:

- [1] 陈玉成, 杨志敏, 陈庆华, 等. 基于“压力—响应”的重庆市农业面源污染的源解析[J]. 中国农业科学, 2008, 41(8): 2362—2369.
- [2] Masami Fukushima. Studies of Structural Alterations of Humic Acids from Conifer Bark Residue During Composting by Pyrolysis-gas Chromatography/mass Spectrometry Using Tetramet Hylammonium Hydroxide [J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2009, 86: 200—206.
- [3] 王俊起. 农户小型高温堆肥的实验研究 [J]. 环境与健康杂志, 1999, 1(16): 22—23.
- [4] 李秀金. 粪草堆肥特性的试验研究 [J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(2): 31—35.
- [5] Raquel Barrena. The Use of Composting for the Treatment of Animal By-products: Experiments at Lab Scale [J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 161: 380—386.
- [6] 贺 琪, 李国学, 张亚宁, 等. 高温堆肥过程中的氮素损失及其变化规律 [J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(11): 169—173.
- [7] 皮广洁, 唐书源. 农业资源环境监测原理与方法 [M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1998.
- [8] 柴晓利, 张 华, 赵由才, 等. 固体废物堆肥原理与技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 83—86.
- [9] 李吉进. 畜禽粪便高温堆肥机理与应用研究 [D]. 中国农业大学博士学位论文, 2004: 21—23.
- [10] Nakasaki K, Yaguchi H, Sasaki Y, et al. Effect of pH Control on Composting of Garbage [J]. Waste Management & Research, 1993, 11: 117—125.
- [11] Bishop P L, Godfrey C. Nitrogen Transformations During Sludge Composting [J]. Biocycles, 1983, 24: 34—39.
- [12] Atchley S H, Clark J B. Variability of Temperature, pH and Moisture in Aerobic Composting Process [J]. Appl and Environ Microb, 1979, 38: 1040—1044.
- [13] 徐同宝. 不同微生物对猪粪堆肥过程及其养分状况的影响 [J]. 农业工程学报, 2008, 24(11): 217—220.
- [14] 赵 秋. 猪粪堆肥过程中氮素物质转化规律研究 [J]. 黑龙江农业科学, 2008, (2): 58—60.
- [15] 李承强, 魏源送, 樊耀波, 等. 堆肥腐熟度的研究进展 [J]. 环境科学研究进展, 1999, 7(6): 1—12.
- [16] 贺 亮, 赵秀兰, 李承碑. 不同填料对城市污泥堆肥过程中氮素转化的影响 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2007, 32(2): 54—58.
- [17] 李必琼, 贺 亮, 赵秀兰. 微生物菌剂对城市污泥堆肥过程中氮素转化的影响研究 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2009, 34(6): 61—66.

# Comparison on Variations of Nitrogen and Organic Matter in Several Kinds of Farmyard Composting Processes

WANG Zheng-kui<sup>1</sup>, WANG Li-wei<sup>1</sup>, QIAO Jun-jing<sup>2</sup>,  
YANG Zhi-min<sup>2</sup>, CHENG Yu-cheng<sup>2</sup>, ZHAO Zhong-jin<sup>1</sup>

1. Chongqing Station of Agricultural Environment Monitoring, Chongqing 401121, China;

2. College of Resources & Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China;

Chongqing Key Lab of Agricultural Resources & Environment, Chongqing 400716, China

**Abstract:** Straw mulch, shed film coverage and Soil Strata coverage were chosen as three different farmyard composting modes for study. With unmulched systems as control experiments, changes of total nitrogen, ammonium nitrogen, nitratenitrogen, organic matter, temperature and pH value in three kinds of farmyard composting processes were compared. The results showed that in three processes the content of total nitrogen decreased firstly and then rose, the content of ammonium nitrogen rose firstly and then decreased, the content of nitratenitrogen kept declining and stabilized finally. In the process of shed film coverage, the content of total nitrogen, ammonium nitrogen and organic matter were higher than other treatments, the content of nitratenitrogen was lower than other treatments, and thus it was a good farmyard composting mode and in worth recommendation.

**Key words:** farmyard composting or farmyard manure; coverage; nitrogen; organic matter

责任编辑 陈绍兰