

# 羊粪无害化处理技术研究进展

刘瀚扬 杨雪 孙越鸿 陈亚迎 朱佳文 徐麒麟 李娟 吴永胜

四川省成都市农林科学院畜牧研究所 (611130)

中图分类号: X713 文献标识码: C 文章编号: 1002-2996(2018)33-0047-03

## Research advance on harmless treatment technology of sheep/goat manure

Liu Hanyang, Yang Xue, Sun Yuehong, Chen Yaying, Zhu Jiawen, Xu Qilin, Li Juan, Wu Yongsheng

(Institute of animal science, Chengdu Academy of Agriculture and Forestry Sciences,

Chengdu, Sichuan Province, 611130, China)

**Abstract:** At present, the comprehensive utilization rate of livestock and poultry manure in China is only 50%–60%. It is necessary to promote the harmless treatment technology of sheep/goat manure, as traditional composting can no longer adapt to the trend of large-scale farming. In this paper, research advance and the key factors of thermophilic aerobic composting technology, thermophilic anaerobic composting technology and bio-composting technology were summarized. In the end, the suggestions for future research was proposed to study processing technologies of sheep/goat manure.

**Key words:** Sheep/goat manure; Harmless treatment; Composting

**摘要:** 目前,我国的畜禽粪污综合利用率仅为 50%~60%,传统的堆肥已经不能满足规模化养殖的需要,因此,应大力推广羊粪的无害化处理技术。笔者介绍了高温好氧堆肥技术、高温厌氧堆肥技术和生物堆肥技术的研究进展及关键因素,并对今后羊粪无害化处理技术需要进一步研究的方向做出了展望。

**关键词:** 羊粪;无害化处理;堆肥

近年来,我国畜牧业快速发展,在满足社会的畜产品需求的同时也产生了大量的养殖废弃物。2017年,我国国有农场山羊和绵羊总存栏量达到 2.99 亿头,全年排粪量约 1.64 亿 t。据统计,目前我国的畜禽粪污综合利用率仅为 50%~60%。传统的堆肥工艺耗时较长,效率低下,已经不能满足规模化养殖的需要,畜禽粪污的资源化利用任重道远。因此,利用先进的无害化处理手段推进羊粪资源化利用,既满足了保护生态环境的迫切需求,也促进了传统农牧业向现代循环农业转型。

羊粪的无害化处理主要分为发酵技术和生物处理技术 2 类,其中发酵技术又分为好氧堆肥和厌氧堆肥。

### 1 羊粪高温好氧堆肥技术

近年来,高温好氧堆肥发酵技术逐步成熟并得到了推广。该技术能维持较长时间的高温,使粪便中的病原微生物、寄生虫卵和杂草种子被有效杀灭。同时,高温堆肥不易产生恶臭。畜禽粪便处理后腐熟充分,施用方便,肥力均匀,可作为有机肥使用,因此,高温好氧堆肥技术成为目前应用最广泛的粪便处理技术<sup>[1]</sup>。堆体的腐熟是在发酵微生物的一系列繁

殖活动中完成的,影响这一过程的因素主要包括堆体的碳氮比、堆体的水分、添加菌剂、建堆、供氧及发酵时间等。

#### 1.1 碳氮比的调节

控制堆体的碳氮比是高温好氧堆肥最重要的环节。发酵微生物繁殖的最适碳氮比为 25:1~35:1,羊粪的碳氮比根据采食草料与精料的比例不同而有所变化(25:1~30:1)。由于接近最适碳氮比,羊粪可以直接发酵。但羊粪发酵前一般会加入秸秆、稻草、锯末、菌渣等废料,原因是这些废料木质纤维含量高,可以适当调节堆体的碳氮比并降低含水率。同时,这些材料疏松多孔,吸附性能良好,既能使堆体蓬松,让羊粪和氧气充分接触,使发酵更完全,又能降低堆体异味。

柯英等直接对羊粪进行发酵。结果显示,堆肥至 14 d 时,羊粪的有机质含量比原粪降低 8.4%,14 d 后硝态氮急剧下降。虽然如此,堆肥结束时,全氮、全磷及全钾还是有所增加<sup>[2]</sup>。张鸣等用不同比例的麦秆对羊粪进行高温堆肥。研究发现,在羊粪高温堆肥时添加麦秆可缩短进入高温发酵阶段的时间,减少氮素损失,加快碳氮比降低速率<sup>[3]</sup>。同时,该研究显示,羊粪与秸秆体积比为 6:4 时,全磷、全钾、速效磷、速效钾含量分别较堆肥初期提高幅度最高,速效氮比原粪降幅最小。卢秉林等用试验证明,当羊粪和小麦秸秆的质量分数为 9:2 时,有机质和速效氮含量较原粪下降幅度最小,全氮、全磷、全钾、速效磷和速效钾含量较原粪提高幅度最大。以种子发芽指数 80%作为堆肥腐熟的评价指标,质量比 9:2 堆肥的腐

熟速度比纯羊粪提高了1倍<sup>[4]</sup>。同样地,使用玉米秸秆和羊粪混合堆肥的最佳体积比也是6:4<sup>[5]</sup>。废料取材可因地制宜,查宇杰和Makan等分别使用杭白菊秸秆和枯叶与羊粪一同发酵,通过优化比例,同样获得了很好的效果<sup>[6-7]</sup>。此外,羊粪还可以与其他畜禽粪便一同混合发酵。Costa等研究发现,将羊粪和牛粪按照1:1发酵,可以取得很好的效果<sup>[8]</sup>。

### 1.2 水分的调节

湿度影响堆体的保肥、保水能力和有机质的降解速率。大多数研究认为,好氧发酵最适宜的相对湿度范围应该在50%~60%。湿度过低,堆体的氧气吸收率降低,微生物活性降低,堆体温度降低,腐熟不完全,无法彻底杀灭鲜粪中的病原微生物及寄生虫卵。湿度过高,导致厌氧微生物活性受到抑制,堆体的升温速度慢,有机质降解速率下降,堆肥周期延长,氨态氮损失大,堆体异味变大,且会因有机物的不完全降解产生植物毒性物质<sup>[9]</sup>。因此,当羊粪初始水分较高时,应通过晾晒或添加秸秆等方式调节湿度,这对堆体保肥、除臭及完全腐熟有很大帮助。

### 1.3 添加菌剂

高温好氧堆肥发酵中起主导作用的是微生物。一般认为,借助环境中的微生物就可以完成堆肥。但如果在堆体中人工加入耐高温、有机质降解效率更高的菌剂,理论上可以提高升温的速度,提高腐熟的程度。时小可等用不同类型的微生物菌剂对羊粪进行高温好氧堆肥。结果显示,添加菌剂的堆体升温快,升温至60℃比未添加菌剂的对照组提前10d。堆肥结束时,添加菌剂组的种子发芽指数达到94.32%,高于对照组的80.36%,说明添加微生物菌剂的堆肥效果优于未添加菌剂的对照组,且堆体毒性更小,腐熟程度更高<sup>[10]</sup>。

### 1.4 建堆及供气

根据建堆和供气的方式,可将堆肥方式分类为条垛式、强制通风静态垛和发酵仓式3种类型。以下介绍前2种最常用的类型。

(1)条垛式属于传统的堆肥方式。该方式要求物料堆积成高1.5m~2.0m、宽2m~3m的长条状,横截面呈梯形。为了满足堆体的氧气供应,必须定期用人工或机器进行翻堆。该方法成本低,方便控制湿度及腐熟程度。缺点是较为占地,同时堆肥时间较长,冬季在寒冷地区不易发酵。尽管如此,条垛式堆肥仍是目前主流的堆肥方式。

(2)强制通风静态垛是在条垛式基础上进行的改进,通过地下通风系统对堆体进行发酵控制,既能

提供氧气,又能排出NH<sub>3</sub>、NO<sub>2</sub>等气体。该系统获得的堆肥产品稳定性好,且腐熟时间更短(14d~21d)。缺点是没有解决受天气影响及占地问题,运行投入资金较高。发酵仓堆肥系统更为先进,发酵全程在可以监测温度、供氧量、含水率的密闭容器中进行。该方法解决了堆肥过程中释放有毒有害气体的问题,同时解决了占地及受天气影响这一难点,缺点是造价高昂,对设备稳定性依赖度较高。

### 1.5 发酵时间

堆肥大致可分为升温期、高温期、降温期和稳定期4个阶段,其中高温期是堆体温度维持在50℃以上的阶段。高温期是腐殖质的主要生成时期,同时病原菌和寄生虫卵在这一阶段被杀灭。因此,高温期的持续时间决定了腐熟的程度。稳定期的堆体温度与环境温度接近,堆体大部分有机质被降解,标志腐熟完全。以条垛式堆肥为例,羊粪熟化一般需要2个月~3个月。持续时间受堆体的温度、湿度及环境因素影响,夏季耗时会缩短,冬季则有所延长。

## 2 羊粪厌氧堆肥技术

厌氧堆肥技术又称沼气发酵技术,是在厌氧条件下利用发酵微生物将粪料转化成沼气。沼气是清洁能源,沼液能还田。沼气发酵具有能耗低,单位容积处理量大等优点。因此,厌氧堆肥技术是实现废弃物资源化利用的有效途径。刘德江等分别用羊粪和猪粪进行沼气发酵。结果发现,在同等条件下,羊粪产生的CH<sub>4</sub>含量高于猪粪,且H<sub>2</sub>S的含量只有猪粪的三分之一。用羊粪进行沼液发酵,不易因酸化而造成产气量下降<sup>[11]</sup>。程红胜等研究发现,温度、含水率、物料添加比例对羊粪沼气发酵产气效果都有显著的影响,在试验状态下,发酵温度在35±1℃、原料含水率在80%、羊粪与秸秆比例在7:3~5:5(TS比21:1~9:1)时,羊粪沼气发酵效果最好<sup>[12]</sup>。除秸秆外,羊粪还可与生活有机垃圾一同发酵。韩文彪等研究发现在35℃当羊粪和有机垃圾TS比为2:1时厌氧发酵效果最好,甲烷含量最高时可达80.16%,COD去除率达52.73%<sup>[13]</sup>。

## 3 羊粪生物处理技术

蚯蚓堆肥是常见的羊粪生物处理技术,是利用蚯蚓消化道内的生物酶和微生物联合作用,以生物降解的方式将有机废弃物转化成蚓粪有机肥的技术。蚯蚓自身活动可以将物料混合均匀,节约了人工或者翻堆设备的投入。但生物处理技术一般需要

对粪污进行前期发酵处理,因此,也可视为发酵处理技术后的延伸处理技术。相较于发酵堆肥,生物堆肥的优点是可以进一步使物料的pH值接近中性,通过重金属螯合蛋白降低物料中的重金属浓度和活性,更适于施肥和改良土壤<sup>[14]</sup>。影响蚯蚓堆肥的因素有蚯蚓的品种及接种密度、碳氮比、温度、湿度、pH值及其他影响蚯蚓生长的因素。

### 3.1 蚯蚓的品种及接种密度

蚯蚓品种繁多,蚯蚓堆肥应选择对环境适应力强、食性广、生长迅速、繁殖力强的品种。目前来看,适宜用来堆肥的蚯蚓品种有赤子爱胜蚓、参环毛蚓、白颈环毛蚓等。接种物料时并不是蚯蚓越多效果越好,应根据单位体积的承载能力控制密度。研究发现,在菇渣与羊粪混合的物料中,最佳接种密度为每kg风干物料中接种32条~48条蚯蚓<sup>[15]</sup>。

### 3.2 影响蚯蚓生长的因素

蚯蚓的生长繁殖是堆肥的关键,因此,要在成本允许的前提下尽量给蚯蚓创造适合生长的条件。碳氮比是影响蚯蚓堆肥的重要因素。物料中的有机质是蚯蚓生长繁殖和新陈代谢所需能量的源头,需要控制在合理的范围,碳氮比过低会引起蚯蚓蛋白质中毒,过高蚯蚓则得不到充足的养分和能量。目前认为,有机物料的碳氮比为25:1~40:1时,蚯蚓堆肥处理效率最高。温度、湿度、pH值也是与蚯蚓生长息息相关的环境因素,一般来说,蚯蚓在20℃~30℃,湿度为60%~70%,pH值为6.0~8.0的条件下生长更快。此外,蚯蚓对烟气、噪声、光照都很敏感,需要提供通风良好、安静、避光的堆肥环境。

羊粪如果未经腐熟会有较高的尿酸盐和氨气,同时温度偏高,pH值高于8.5,这些条件都不适宜蚯蚓生长,甚至会产生毒害作用,造成蚯蚓逃逸或者死亡。成刚研究表明,羊粪预处理发酵30d后加入蚯蚓,蚯蚓的生长、取食、活动及排粪正常<sup>[16]</sup>。魏佳伦等用不同配比的菇渣和发酵羊粪进行蚯蚓堆肥,结果显示,菇渣和发酵羊粪的质量比为2:8时,蚯蚓的个体较重,堆肥效果最好<sup>[15]</sup>。

## 4 展望

羊粪的无害化处理技术不仅可以实现废弃物的无害化和减量化,还能对其实现资源化利用,将其用于农业生产不但可以降低化肥使用量、减少化肥污染,还可以提高作物产量和营养品质。在解决环境污染的同时创造经济价值,有利于建立绿色的现代循环农业。目前,羊粪的无害化处理技术有很多问

题尚不明确,如发酵堆肥对羊粪中重金属和抗生素残留的影响,如何在控制成本的前提下提高堆肥效率,以及探讨羊粪有机肥替代化肥的最佳比例等,仍需要进一步的研究。相信随着羊粪无害化处理技术的不断成熟,我国羊粪的综合利用率将进一步提高。

### 参考文献

- [1] IRSHAD M, ENEJI A E, HUSSAIN Z, et al. Chemical characterization of fresh and composted livestock manures[J]. Journal of Soil Science & Plant Nutrition, 2013, 13(1): 115-121.
- [2] 柯英, 陈晓群. 牛羊粪高温堆肥腐熟过程研究[J]. 宁夏农林科技, 2012, 53(6): 63-65.
- [3] 张鸣, 高天鹏, 刘玲玲, 等. 麦秆和羊粪混合高温堆肥腐熟进程研究[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(3): 566-569.
- [4] 卢秉林, 王文丽, 李娟, 等. 小麦秸秆添加量对羊粪高温堆肥腐熟进程的影响[J]. 中国农业大学学报, 2010, 15(2): 30-34.
- [5] 宋春, 徐锋, 赵伟, 等. 羊粪-玉米秸秆高温堆肥优化配比研究[J]. 四川农业大学学报, 2018(2): 17-23.
- [6] 查宇杰, 金晓文, 周方圆, 等. 添加不同秸秆对羊粪好氧堆肥的影响[J]. 现代园艺, 2017(15): 10-11.
- [7] MAKAN A. Windrow co-composting of natural casings waste with sheep manure and dead leaves[J]. Waste Management, 2015, 42(C): 17-22.
- [8] COSTA M S S D M, GESTONARO T, COSTA L A D M, et al. Improving the nutrient content of sheep bedding compost by adding cattle manure[J]. Journal of Cleaner Production, 2015(86): 9-14.
- [9] 罗维, 陈同斌. 湿度对堆肥理化性质的影响[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2656-2663.
- [10] 时小可, 颜建明, 冯致, 等. 三种微生物菌剂对羊粪高温好氧堆肥的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(2): 45-48.
- [11] 刘德江, 高桂丽, 朱妍梅, 等. 猪粪、牛粪、羊粪沼气发酵比较试验[J]. 塔里木大学学报, 2005, 17(2): 10-12.
- [12] 程红胜, 向欣, 张玉华, 等. 不同因素对羊粪干法沼气发酵产气效果的影响[J]. 农机化研究, 2014(2): 215-218.
- [13] 韩文彪, 徐霞, 赵玉柱, 等. 城市有机垃圾与羊粪联合厌氧消化产沼气研究[J]. 中国沼气, 2016, 34(1): 25-28.
- [14] 褚磊. 蚯蚓堆肥过程对污泥重金属化学行为的影响[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2018(2): 55-58, 61.
- [15] 魏佳伦. 利用蚯蚓堆肥处理羊粪和菇渣及蚓粪肥效的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2017.
- [16] 成钢, 马玉明, 王文龙, 等. 温度对羊粪养殖蚯蚓生长和繁殖的影响[J]. 河南农业科学, 2013, 42(12): 136-138.

资助项目: 国家现代农业产业技术体系四川肉羊创新团队项目(社会公益研究-2060302)。

第一作者简介: 刘瀚扬, 1989年出生, 男, 四川成都人, 兽医师, 预防兽医博士, 研究方向为兽医微生物、肉羊健康养殖与环境控制。

通讯作者: 吴永胜, 1970年出生, 男, 四川成都人, 高级畜牧师, 硕士, 研究方向为畜禽健康养殖与畜禽粪便综合利用。