

# 畜禽粪便堆肥过程中有机肥腐熟研究

李红燕 (阳江职业技术学院 广东阳江 529566)

**摘要** 通过分析外界条件与内部结构变化对畜禽粪便堆肥过程中有机肥腐熟进行研究。分别以牛粪、鸡粪和猪粪为畜禽粪便堆肥的原料开始堆肥试验,分析了温度、含水量、氧气含量对畜禽粪便堆肥腐熟度的影响,同时分析畜禽粪便堆肥过程微生物数量变化情况。结果表明,鸡粪堆肥最佳温度大约为 70℃,最佳含水量为 48.6%,最佳含氧量为 56 kPa;牛粪堆肥最佳温度大约为 78℃,最佳含水量为 59.8%,最佳含氧量为 89 kPa;猪粪堆肥最佳温度大约为 69℃,最佳含水量为 50.0%,最佳含氧量为 45 kPa;猪粪中存在大量耐高温的放线菌;牛粪的真菌数高于其他 2 种畜禽粪便的真菌数,牛粪中具有更多的耐高温真菌,可以在高温中存活,来降解纤维素。3 种畜禽粪便堆肥的温度与细菌、真菌、放线菌均为正相关。

**关键词** 畜禽粪便;堆肥过程;有机肥;腐熟

中图分类号 S141 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)12-0070-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.12.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Study on Ageing of Organic Fertilizer in Composting Process of Livestock and Poultry Manure

LI Hong-yan (Yangjiang Vocational and Technical College, Yangjiang, Guangdong 529566)

**Abstract** We studied the ageing of organic fertilizer during composting of livestock and poultry manure by analyzing external conditions and internal structural changes. The composting experiment was started with cow dung, chicken manure and pig manure as raw materials for livestock and poultry manure composting. The effects of temperature, water content and oxygen content on compost maturity of livestock and poultry manure were analyzed. At the same time, the changes of microbial quantity in the composting process of livestock and poultry were analyzed. The results showed that the optimal temperature for composting of chicken manure was about 70℃, the optimum water content was 48.6%, and the optimum oxygen content was 56 kPa. The optimum temperature for composting of cow dung was about 78℃, the optimum water content was 59.8%, and the optimum oxygen content was 89 kPa. The optimum temperature for composting of pig manure was about 69℃, the optimum water content was 50.0%, and the optimum oxygen content was 45 kPa. There were a large number of high temperature resistant actinomycetes in pig manure; the number of fungi in cow dung was higher than that in the other two kinds of livestock and poultry manure, and there were more high temperature resistant fungi in cow dung, which can survive at high temperature to degrade cellulose. The temperature in composting of three kinds of livestock and poultry manure was positively correlated with bacteria, fungi and actinomycetes.

**Key words** Livestock and poultry manure; Composting process; Organic fertilizer; Ageing

我国的畜禽养殖行业规模较大,并向集约化、规模化的方向不断发展,养殖业提高了人们的生活水平,同时产生了较多的畜禽粪便。尤其是在工矿区以及城郊的较大型畜禽养殖场中,产生了大量无法处理的畜禽粪便,这些未经无害化处理的畜禽粪便将严重地污染环境,威胁人类以及畜禽的健康<sup>[1-2]</sup>。将畜禽粪便堆肥进行发酵,制作成生物有机肥,这样在解决畜禽粪便污染问题的同时,还对有机食品的发展起到了加速的作用,达到战略性双赢<sup>[3-4]</sup>。畜禽粪便是环境的主要污染源<sup>[5]</sup>,引起了公众们的关注。促进农业良性循环和将农牧业结合刻不容缓,我国科学界面临的重要问题是处理有机废物来保护环境,畜禽粪便堆肥过程中有机肥腐熟研究是解决该问题的途径之一,畜禽粪便堆肥的应用与机理具有重要研究意义,这对有机食品、绿色食品和无害食品以及农业发展同样意义重大。

### 1 材料与方法

**1.1 材料** 堆肥原料采用牛粪、猪粪、鸡粪,分别取自某农业科学院动物科学基地和某农业科学院附近的养殖场。

**1.2 方法** 在阴凉处将新鲜的牛粪、猪粪以及鸡粪风干,风干后进行堆肥试验,畜禽粪便堆肥试验在某农业科学院实验室进行,分别对牛粪、猪粪以及鸡粪处理<sup>[6-7]</sup>。堆体为锥形,该锥形堆体高 1.0 m、直径 1.5 m。在畜禽粪便堆肥的过程

需要不断地翻堆,一共堆制 22 d。在堆肥第 0、2、6、10、14、18、22 天取样,每次取样按照四分法从畜禽粪便堆肥的里层、中层和外层取大约 200 g 的样品,将其混匀,并分为 2 份,1 份存放在 4℃ 的冰箱中,用做微生物指标测试,1 份风干并磨细,用做理化性质测试。具体过程如图 1 所示。

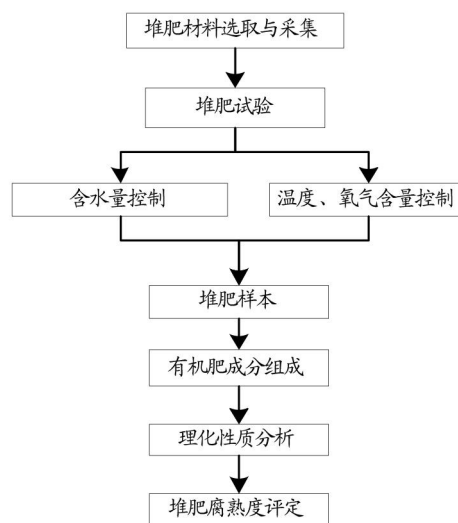


图 1 堆肥腐熟度测定步骤

Fig.1 Determination steps of compost maturity

由图 1 可知,堆肥腐熟度测定首先需要选取堆肥材料,风干新鲜的牛粪、猪粪以及鸡粪后进行堆肥试验,通过对堆肥温度、堆肥含水量及堆肥氧气含量 3 种条件进行控制,获

**作者简介** 李红燕(1980—),女,广东阳江人,讲师,硕士,从事微生物菌剂、蛋白质组、代谢组、污染物降解等研究。

**收稿日期** 2019-03-28

得不同的堆肥样本,分析有机肥的成分组成、理化性质及堆肥腐熟度。

### 1.3 测试项目与方法

**1.3.1 堆肥的温度。**在堆体的四周插入水银温度计,分别在堆体上(距地面 80 cm)、中(距地面 50 cm)、下层(距地面 20 cm)插入温度计,温度计的插入深度为 30 cm,每隔一段时间需要将气温和堆温记录下来<sup>[8]</sup>,将得到的平均值当做最终畜禽粪便堆体的温度。

**1.3.2 堆肥的含水率。**利用国家的标准方法测定含水率,称取鲜样 2~3 g 精确至 0.001 g,采用 105 ℃ 恒温干燥法进行测定。

$$\text{含水率} = (m_2 - m_3) / (m_3 - m_1) \times 100\%$$

式中  $m_1$  为烘干铝盒的质量;  $m_2$  为烘干前铝盒和堆肥的质量;  $m_3$  为烘干后铝盒和堆肥的质量。

**1.3.3 堆肥的氧气含量。**采用堆肥氧浓度测定仪 MC-OMSM 测定堆肥物料中的氧气含量。

**1.3.4 三大微生物数量。**畜禽粪便堆肥的过程中,利用梯度稀释平板法测试放线菌、真菌和细菌<sup>[9]</sup>,用到的培养基分为高氏 1 号、马丁氏和牛肉膏蛋白胨培养基。纤维素分解的真菌和细菌在 Mendels、刚果红培养基中培养了 2、5 d 之后开始计数。

## 2 结果与分析

**2.1 温度对畜禽粪便堆肥腐熟度的影响** 畜禽粪便堆肥过程中,影响堆肥腐熟的主要参数有温度的变化。畜禽粪便堆肥各个堆体温度的变化分为 3 个阶段,分别为低温、中温以及高温,如图 2 所示。

由图 2 可知,成分不同的 3 种畜禽堆肥腐熟度与温度相关,在 35 ℃ 内 3 种有机肥腐熟度十分低,不到 10%;当温度超过 40 ℃ 时,3 种畜禽堆肥腐熟度开始急剧上升,达 60% 左右;当温度在 70~80 ℃ 时,3 种畜禽堆肥腐熟度达到峰值,通过分析上述腐熟度变化曲线可知,畜禽粪便最佳堆肥温度为 70~80 ℃,不受畜禽种类影响。

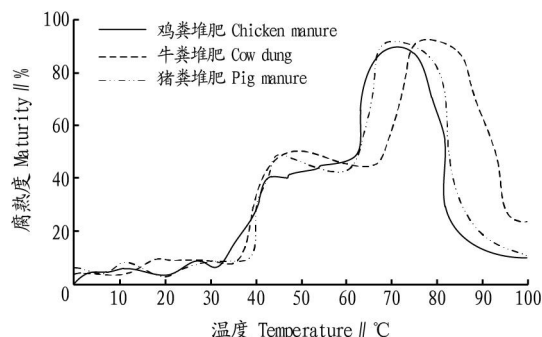


图 2 温度对畜禽粪便堆肥腐熟度的影响

Fig.2 Effect of temperature on compost maturity of livestock and poultry manure

**2.2 含水量对畜禽粪便堆肥腐熟度的影响** 畜禽粪便堆肥过程中的含水量能够影响有机肥的腐熟度,在畜禽粪便堆肥的初期,堆肥温度较低,随着温度升高,水分会慢慢蒸发,进入到高温期后,需要在堆肥过程中增加水分,为堆肥过程中

微生物繁殖提供适宜条件,直到畜禽粪便堆肥结束,获得这一阶段含水量与堆肥腐熟度变化曲线。

从图 3 可以看出,含水量能够影响畜禽粪便堆肥的腐熟度,鸡粪堆肥在含水量为 48.6% 时达到最高,猪粪与牛粪在堆肥含水量分别为 50.0% 与 59.8% 时达到最高腐熟度,到达峰值后,随着含水量的增大,3 种畜禽粪便腐熟度下降,分析原因,含水量下降,粪便堆肥中含氧量降低,会影响堆肥过程中的好氧微生物活性及繁殖效率,对堆肥腐熟度造成影响。

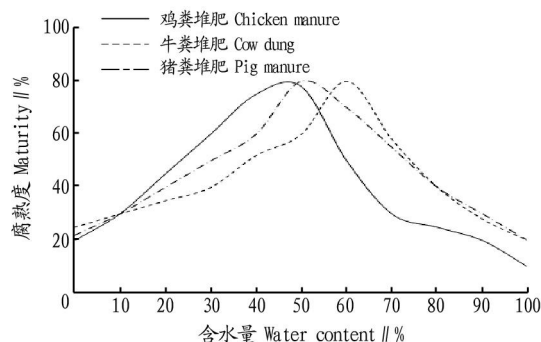


图 3 含水量对畜禽粪便堆肥腐熟度的影响

Fig.3 Effect of water content on compost maturity of livestock and poultry manure

**2.3 氧气浓度对畜禽粪便堆肥腐熟度的影响** 畜禽粪便堆肥过程中氧气浓度与畜禽粪便堆肥腐熟代谢密切相关,为获得粪便堆肥中好氧微生物需氧浓度,分析氧气浓度与畜禽粪便堆肥腐熟度关系。

由图 4 可知,当氧气浓度达 45 kPa 时,猪粪堆肥达到腐熟度峰值;当氧气浓度达 56 kPa 时,鸡粪堆肥达到腐熟度峰值;当氧气浓度达 89 kPa 时,牛粪堆肥达到腐熟度峰值,3 种堆肥在达到腐熟度峰值后,随着氧气浓度升高,腐熟度缓慢下降,因此腐熟度在氧气浓度为 45~90 kPa 时最佳。

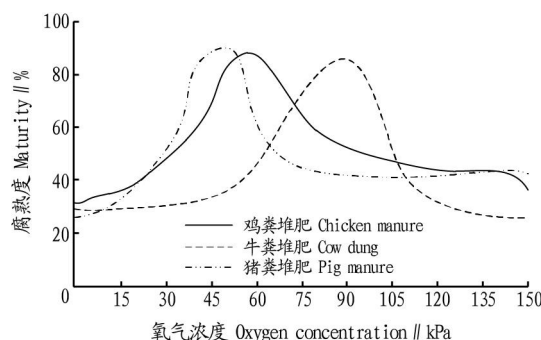


图 4 氧气浓度对畜禽粪便堆肥腐熟度的影响

Fig.4 Effect of oxygen concentration on compost maturity of livestock and poultry manure

### 2.4 畜禽粪便堆肥三大微生物数量变化

**2.4.1 细菌。**畜禽粪便堆肥过程中数量最多的一种微生物为细菌,细菌对畜禽粪便堆肥过程的原料降解以及发酵升温具有关键作用<sup>[10]</sup>。各畜禽粪便处理细菌数量的变化趋势均为低、高、低(图 5)。

由图 5 可知,牛粪和猪粪堆肥 14 d 时细菌出现峰值,分别为 8.2 和 8.0 lg(CFU/g),而鸡粪堆肥 18 d 时才出现峰值,

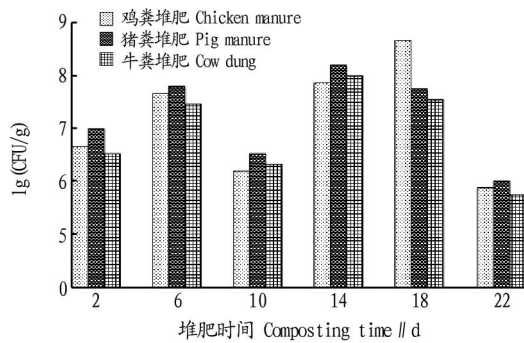


图5 3种畜禽粪便堆肥过程细菌数量的变化情况

Fig.5 Changes in the number of bacteria in the composting process of three livestock and poultry manure

大约为 8.8 lg(CFU/g), 鸡粪的温度高于其他 2 种畜禽粪便的处理温度, 说明鸡粪的营养环境与其他 2 种畜禽粪便相比可以更好地繁殖细菌。

**2.4.2 放线菌。** 畜禽粪便堆肥的高温期分解纤维素和有机质的优势为放线菌, 并且在堆肥过程的中后期可以稳定地分解有机质, 放线菌的最高峰在各类畜禽粪便的堆肥初期, 随后下降直到畜禽粪便堆肥过程结束为止, 放线菌的变化趋势如图 6 所示。

从图 6 可以看出, 经过高温期后, 猪粪堆肥过程中产生的放线菌数量最多, 明显高于其他 2 种畜禽粪便处理的放线菌, 说明畜禽粪便经过高峰期之后, 猪粪中存在大量耐高温的放线菌, 并且放线菌更适合生长在猪粪的营养环境中。

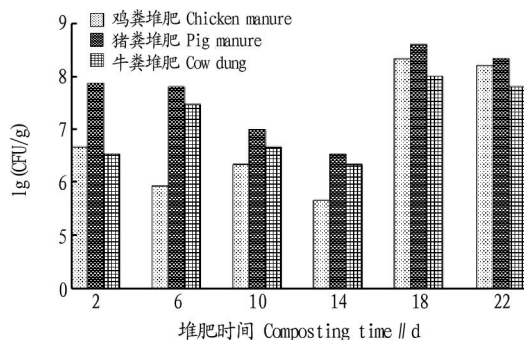


图6 3种畜禽粪便堆肥过程放线菌数量的变化情况

Fig.6 Changes in the number of actinomycetes in the composting process of three livestock and poultry manure

**2.4.3 真菌。** 真菌对畜禽粪便堆肥原料的分解起到重要作用, 尤其是高温真菌可以较强地分解纤维素, 3 种畜禽粪便堆肥真菌数与细菌数的变化趋势恰恰相反, 畜禽粪便堆肥过程中真菌的变化趋势如图 7 所示。

由图 7 可知 3 种畜禽粪便堆肥过程真菌数量的变化与细菌相反, 鸡粪在堆肥 10d 时真菌数量达到最高, 猪粪在堆

肥 14 d 时真菌数量最高, 牛粪在堆肥 18 d 时真菌数量最高, 鸡粪在堆肥 6 d 时真菌数量最低, 猪粪在堆肥 10 d 时真菌数量最低, 牛粪在堆肥 6 d 时真菌数量最低。畜禽粪便堆肥经过高温期后, 真菌的数量将快速下降, 堆肥的高温将杀死大量的真菌, 堆肥中期, 牛粪的真菌数高于其他 2 种畜禽粪便的真菌数, 牛粪中具有更多的耐高温真菌, 可以在高温中存活, 来降解纤维素。

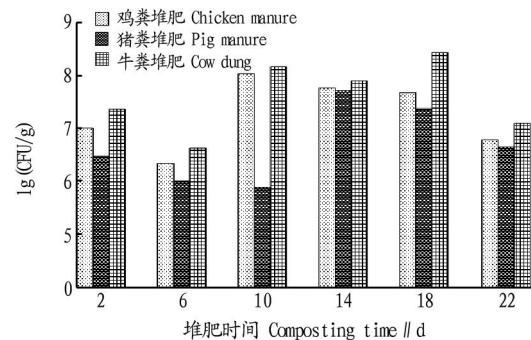


图7 3种畜禽粪便堆肥过程真菌数量的变化情况

Fig.7 Changes in the number of fungi in the composting process of three livestock and poultry manure

### 3 结论

该研究结果表明, 温度、含水量与氧气浓度能够影响有机肥腐熟度, 腐熟度最佳温度为 70~80℃, 最佳含水量为 48.6%~59.8%, 最佳含氧浓度为 45~90 kPa; 堆肥过程中, 微生物数量变化幅度最大的为细菌, 其次为真菌, 变化幅度最小的为放线菌。

### 参考文献

- [1] 张生伟, 黄旺洲, 姚拓, 等. 高效微生物除臭剂在畜禽粪便堆制中的应用效果及其除臭机理研究[J]. 草业学报, 2016, 25(9): 142-151.
- [2] 王亚飞, 李梦婵, 邱慧珍, 等. 不同畜禽粪便堆肥的微生物数量和养分含量的变化[J]. 甘肃农业大学学报, 2017, 52(3): 37-45.
- [3] 何芳, 罗阳, 沈成, 等. 高温堆肥技术在我国畜禽粪便污染治理中的应用[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(17): 41-43.
- [4] 赵明梅, 汪国刚, 郎咸明. 畜禽粪便生产有机肥的新技术应用[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(1): 239-240, 249.
- [5] 李冉, 赵立欣, 孟海波, 等. 有机废弃物堆肥过程重金属钝化研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2018, 20(1): 121-129.
- [6] 肖小朋, 靳鹏, 蔡珉敏, 等. 非水蚯蚓微生物与武汉亮斑水蚯蚓幼虫联合转化鸡粪的研究[J]. 微生物学报, 2018, 58(6): 1116-1125.
- [7] 唐哲仁, 李红娜, 黄亚丽, 等. 一种生物矿质复合材料对猪粪堆肥品质的影响[J]. 中国农业气象, 2017, 38(6): 388-396.
- [8] 王代懿, 余洋, 张丰松, 等. 堆肥方式和温度对牛粪堆肥过程中天然类固醇激素降解的影响[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(12): 2104-2108.
- [9] ZHENG Y, LI H, WANG Y, et al. Evolutionary mechanism and biological functions of 8-mers containing CG dinucleotide in yeast[J]. Chromosome research, 2017, 25(2): 173-189.
- [10] REYMER A, ZAKRZEWSKA K, LAVERY R. Sequence-dependent response of DNA to torsional stress: A potential biological regulation mechanism[J]. Nucleic acids research, 2018, 46(4): 1684-1694.