

微生物菌剂对麦草、鸡粪高温堆肥进程及质量的影响

李鸣雷^{1,3}, 谷洁^{2,3}, 秦清军^{2,3}, 高华^{2,3}

(1. 西北农林科技大学 中国科学院 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 3. 陕西省循环农业工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘要:通过鸡粪与麦草静态高温好氧堆肥,对接种微生物菌剂的堆肥处理与不接种微生物菌剂的常规堆肥过程中温度、碳氮比(C/N)、铵态氮以及种子发芽指数(GI)的变化进行了比较分析。结果表明:与不接种微生物菌剂比较,接种自制微生物菌剂 CM 和市售的有机废弃物发酵菌曲 JM 堆肥温度提前 3 d 达到最高温度 60℃;接种微生物菌剂 CM 和 JM 堆肥经过 14 d 其 C/N 就由 30 降为 15 以下,较不接种提前 10 d;接种微生物菌剂 CM 和 JM 堆肥经过 20 d 其 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量分别达到 1.42, 1.54 g/kg,显著低于对照的 2.01 g/kg;经过 14 d 的堆肥处理,接种 CM、JM 菌剂以及不接种的堆肥 GI 分别为 57, 48, 32。研究表明,接种微生物菌剂 CM、JM 有助于麦草和鸡粪的快速腐熟,接种 CM 菌剂较接种 JM 菌剂有助于堆肥质量的提高。

关键词:微生物菌剂; 麦草; 鸡粪; 高温堆肥

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)05-0183-04

Effects of Microbial Inoculant on Process and Quality of Wheat Straw and Chicken Manure During Hot Composting

LI Ming-lei^{1,3}, GU Jie^{2,3}, QIN Qing-jun^{2,3}, GAO Hua^{2,3}

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy Science/

Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. College of Resources and

Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Research Center of

Recycle Agricultural Engineering and Technology of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: This paper introduced the effects of microbial inoculant CM and JM on the process and quality of hot composting with wheat straw and chicken manure in a static state, such as temperature, carbon nitrogen ratio(C/N), ammonium nitrogen ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$), and germinating index (GI) were determined. The results showed that, compare with no inoculant(CK), composting inoculated with CM and JM reach the highest temperature ahead of 3 days; the C/N of composting inoculated with CM and JM drop from 30 to 15, ahead of 10 days compared with CK; by composting of 20 days, the $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ content of composting inoculated with CM and JM reach 1.42, 1.54 g/kg respectively, less than 2.01 g/kg of CK obviously; by composting of 14 days, the GI of composting inoculated CM, JM and no inoculant is 57, 48, 32, respectively. The results indicate that CM and JM can improve the composting of wheat straw and chicken manure decompose rapidly, CM can increase the value of GI of compost compared with JM.

Key words: microbial inoculant; wheat straw; chicken manure; hot composting

麦草与鸡粪是我国农业生产中产生的两类数量巨大的农业废弃物,麦草的弃置与焚烧对于交通环境形成巨大的威胁,而鸡粪的大量集中堆放也会散发恶臭气味,滋生病原生物,是环境的重要污染源;另一方

面,麦草与鸡粪中含有作物生长所需的氮、磷、钾等多种营养元素和有机质,又是重要的有机肥资源。堆肥化是对农业废弃物进行无害化、资源化、肥料化利用的一项有效途径,是实现循环农业发展的关键措施之

—^[1-2]。堆肥化是在多种微生物及其酶的共同作用下,把农业废弃物中的有机物进行生物降解并转化成腐殖质的生物化学过程。利用堆肥化技术可以将农业废弃物转化为一种重要的有机肥资源,但是传统的堆肥方法由于仅利用堆肥自身的微生物的作用,因此存在堆肥时间长、养分损失大、堆肥质量差的问题。国内外的研究表明,在好氧堆肥过程中采取接种外源微生物菌剂的方法有利于快速提高堆肥温度,缩短堆肥时间,提高堆肥质量^[3-9]。为了解决麦草与鸡粪堆肥过程中堆肥效率低的现状,研究添加微生物菌剂对于堆肥进程的影响,本文对 2 种微生物菌剂对麦草鸡粪好氧堆肥进程及腐熟度的影响作用进行分析。

1 材料与方法

1.1 堆肥材料

本试验所用农业废弃物为鸡粪和麦草,分别取自西北农林科技大学小麦中心和杨凌西魏店养鸡场,其主要成分含量见表 1。

表 1 堆肥材料的主要理化性状

材料	水分/%	总碳/%	全氮/%	C/N
鸡粪	71.0	30.2	2.3	14.0
麦草	13.5	39.9	0.65	66.5

1.2 试验方法

试验于 2009 年在陕西杨凌西北农林科技大学资源环境学院土壤肥料研究所堆肥场进行。将麦草粉碎切成 3~5 cm 大小的小段,再与鸡粪混合均匀,混合物中 C/N 比调整为 30:1~35:1,喷洒加水,使堆料水分含量保持在 55%~65% 范围之内。将处理好的堆肥材料装入自制固体发酵罐内进行堆肥处理^[4],采用强制通风(空气),每日测定堆肥过程中堆体温度的变化,并定期(0~6 d 每天采样,8~34 d 每 2 d 采样 1 次)从堆肥装置中部多点采集样品组成混合样品。

试验设 3 个处理,对照(CK)为不加任何微生物菌剂;处理 2 为添加 1% 的自制微生物菌剂(CM)^[10],有效活菌数 $\geq 3.0 \times 10^8$ 个;处理 3 为添加 1% 的市售有机废物发酵菌曲(JM),该产品是由细菌、真菌、放线菌、酵母菌等多种微生物组成,有效活菌数 $\geq 1.0 \times 10^8$ 个。

1.3 测定项目与方法

温度用 ZDR-11 型温度记录仪,装入堆料时安放传感器探头于固定位置,自动记录温度动态变化。

有机碳采用重铬酸钾容量法——外加热法;全氮采用 H_2SO_4 —水杨酸—混合盐消煮法;铵态氮(NH_4^+ —N)采用碱解扩散法^[6]。

种子发芽指数(GI)测定^[2]:取发酵料新鲜样品按水肥比 5:1 浸提,吸取 5 ml 浸提液置于垫有滤纸的培养皿中,同时设置对照(蒸馏水),每个培养皿内放 10 粒饱满的甘蓝种子,在 20℃ 恒温黑暗培养 48 h,记录发芽率和根长,计算 GI。GI 由以下公式确定: $GI = [(堆肥浸提液种子发芽率 \times 种子根长) / (蒸馏水种子发芽率 \times 种子根长)] \times 100\%$

2 结果与分析

2.1 不同处理对堆肥温度变化的影响

在好氧堆肥过程中,由于微生物的代谢活动导致堆肥温度发生改变,堆肥温度的高低决定堆肥速度的快慢^[7],堆肥温度变化分为 4 个明显的阶段,即升温阶段、高温阶段、降温阶段和变化稳定阶段,从图 1 可以看出温度变化趋势与上述结论一致。在堆肥初期,微生物有大量可以利用的能源,很快进入高温阶段,温度达 60~70℃,可以杀死病原菌、寄生虫卵和杂草种子,促使堆肥快速腐熟。Haug 研究^[7]认为当堆肥后期温度自然降低,温度保持与外界温度一致,不再产生令人讨厌的臭味时,就表明堆肥达到腐熟状态。从图 1 还可看出,加入 CM 和 JM 两种微生物菌剂的处理和 CK 比较,堆肥温度上升速度明显加快,仅经过 4 d 的发酵,温度就分别达到 52℃、60℃,而对照经过 7 d 的发酵最高温度才达到 57℃,表明接种微生物菌剂提高了堆肥初期微生物数量,增强了微生物的代谢活动,加快了好氧堆肥的升温速度。

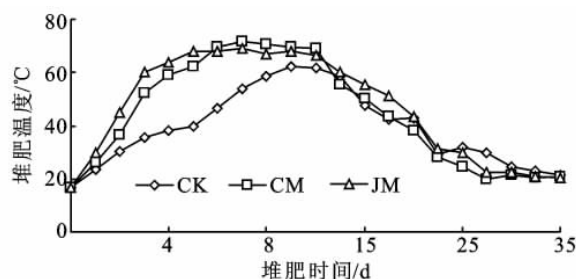


图 1 微生物菌剂对麦草、鸡粪堆肥进程中温度的影响

2.2 不同微生物腐解菌剂对 C/N 的影响

C/N 的变化是有机废弃物好氧堆肥的基本特征之一,C/N 是检验有机废弃物好氧堆肥腐熟度的一个重要指标。碳源是微生物利用的能源,氮源是微生物的营养物质。在堆肥过程中,碳源被消耗,转化成二氧化碳和腐殖质,氮则以氨气的形式散失,或转化为硝酸盐和亚硝酸盐,或是由生物体同化吸收,有些学者^[11-13]研究认为腐熟的堆肥的 C/N 应该趋向于微生物菌体的 C/N,即 16 左右;或者当堆肥的 C/N 从开始的 30 降低到 20 以下时,就可以认为腐熟了。本研究中,不同处理堆肥的 C/N 的动态变化如图 2 所

示,可以看出,3个处理的C/N随着堆肥的进程均呈下降趋势,但下降的程度不同,其中接种CM和JM处理的C/N经过14 d的堆肥发酵,C/N就小于20,到第35天的时候C/N已经分别是14.9,15。而CK处理直到第35天的C/N才下降到19。说明微生物腐解菌剂和发酵菌曲有助于麦草鸡粪好氧堆肥的C/N的降低,从而加速了堆肥的腐熟进程。

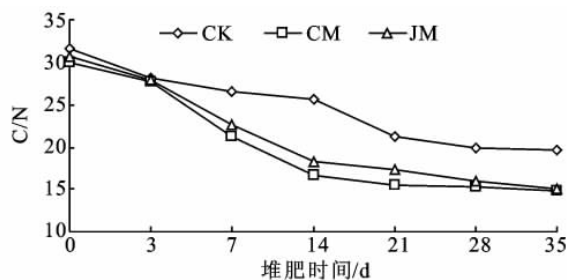


图2 微生物菌剂对麦草、鸡粪好氧堆肥 C/N 的影响

2.3 不同微生物腐解菌剂对铵态氮含量的影响

堆肥过程中,由于水溶性 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 一部分转化为 NH_3 而挥发减少,另外,通过硝化作用一部分 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 又转化为 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 。因此, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 的减少及 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 的增加,可以指示堆肥腐熟度的变化。研究发现, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 是影响种子发芽结果的重要因素,其含量变化与GI间具有较好的相关关系,因此, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量是评价堆肥腐熟度的一个重要参数,当 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量低于 2 g/kg 时,可以确定堆肥已达到腐熟程度^[14-15]。图3的结果表明,加入CM和JM两种微生物腐解菌剂后,麦草鸡粪堆肥中的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量下降较CK要快,经过20 d的堆肥发酵,3个处理(CK、CM、JM)的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量分别达到2.01, 1.42, 1.54 g/kg ,可以看出,接种了CM和JM可以加快麦草、鸡粪好氧堆肥腐熟,而CM的下降程度比JM的要高。

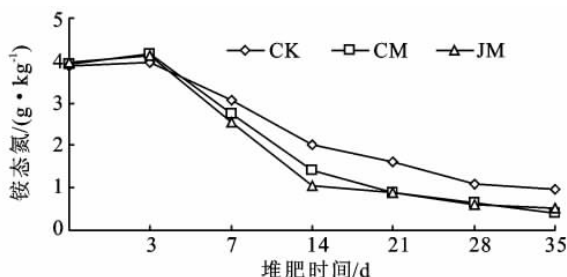


图3 微生物菌剂对麦草、鸡粪好氧堆肥 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量的影响

2.4 不同微生物腐解菌剂对发芽指数(GI)的影响

麦草、鸡粪在堆肥过程中,由于有机物的分解会产生有机酸、多酚等具有生物毒性的中间产物,这些生物毒性物质会抑制植物种子的发芽和植物的生长。研究表明,这些毒性物质随着堆肥的进程逐渐减少、消失^[16],植物在未腐熟的堆肥中生长受到抑制,在腐

熟的堆肥中生长得到促进,因此堆肥腐熟度的高低还可由植物生长的生物量表示,所以形成了生物分析法,如国内外采用的水芹种子生长、发芽,太阳花及黑麦草生长过程中的物理和生物学参数来评价堆肥的腐熟度。Riffaldi认为可以用发芽率指数(GI)检测堆肥对植物有无毒性,如果GI大于50%就可以认为基本无毒性,当GI达到80%~85%时,说明堆肥的腐熟度已经很高。本研究利用甘蓝种子测定了不同处理堆肥的GI动态变化,结果见图4,可以看出不同处理堆肥的第3天的发芽指数都有一个下降的趋势,这是由于堆肥初期微生物活动旺盛,生物有毒物分泌增加的原因;随着堆肥的进行,发芽指数逐渐升高,CM处理上升最快、JM次之、CK处理最慢,从图4可以看出,堆肥第14天,CM处理的GI就达到57,而JM的是48、CK的为32,说明CM的作用效果比JM的要好。

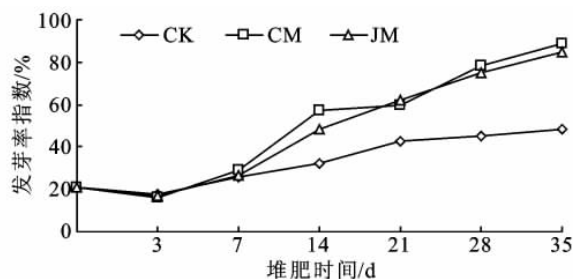


图4 微生物菌剂对麦草、鸡粪好氧堆肥 GI 的影响

3 讨论

堆肥是在微生物的作用下通过高温发酵使有机物矿质化、腐殖化和无害化而变成腐熟肥料的过程,微生物的活动对有机质的分解起着决定性作用,不但可以生成大量可被植物利用的有效态氮、磷、钾化合物,而且又合成了新的高分子物质腐殖质,它是构成土壤肥力的重要活性物质^[5]。农业废弃物经过堆肥化处理重新转化为对环境有益的资源,可以促进植物的生长,增加土壤持水性和土壤有机质,遏制土壤侵蚀^[17]。加入外源微生物可以加快堆肥的进程^[3]。

堆肥温度直接影响堆肥微生物的数量与活动,并进一步影响有机质的分解速率和腐殖化进程^[14],因此,温度是反映堆肥进程与腐熟度的一个重要指标,农业有机废弃物在堆肥过程中一般都要经过升温期、高温期和降温期三个阶段,有研究认为持续的高温有利于堆肥的无害化^[18]。本研究表明,与不接种CK比较,自制的微生物腐解菌剂CM和京圃园发酵菌曲JM都使堆肥的高温期提前且高温持续时间长,说明CM和JM对于麦草与鸡粪好氧堆肥的进程具有明显的促进作用,这与胡菊^[16]的研究结论一致。

堆肥质量的评价是保证农业废弃物达到无害化、肥料化处理的必要环节,目的是评价堆肥是否达到腐熟,以确定其是否可以应用于农业生产^[14]。国内外的一些研究把 GI 值、C/N 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量作为衡量堆肥腐熟度和堆肥质量的重要指标^[8,19-20]。研究表明,接种 CM 与 JM 菌剂可以显著提高麦草鸡粪堆肥的种子发芽率指数 GI、降低 C/N、减少 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量,说明在堆肥中接种 CM 菌剂能够提高堆肥的腐熟度和堆肥质量。本研究为农业废弃物的资源化与肥料化利用提供了一定的技术依据,对不同类型的农业废弃物的堆肥化处理过程中外源微生物接种剂的选择还需要作进一步的研究。

参考文献:

- [1] 沈根祥,尉良,钱晓雍,等. 微生物菌剂对农牧业废弃物堆肥快速腐熟的效果及其经济评价[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(5): 1048-1052.
- [2] 王岩,李玉红,李清飞. 添加微生物菌剂对牛粪高温堆肥腐熟的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(S): 220-223.
- [3] 竹江良,刘晓琳,李少明,等. 两种微生物菌剂对烟草废弃物高温堆肥腐熟进程的影响[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(1): 194-199.
- [4] 高华,李鸣雷,谷洁,等. 农业废弃物静态高温堆腐过程中微生物变化的研究[J]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 118-122.
- [5] 李国学,李玉春,李彦富. 固体废弃物堆肥化及堆肥添加剂研究进展[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(2): 252-256.
- [6] 孙晓华,罗安程,仇丹. 微生物接种对猪粪堆肥发酵过程的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 557-559.
- [7] Haug R T. The Practical Hand Book of Compost Engineering[M]. New York: Lewis publisher, 1993.
- [8] Riffaldi R, Levi-Minzi R, Pera A, et al. Evaluation of compost maturity by means of chemical and microbial analysis[J]. Waste Management and Research, 1986, 4: 387-396.
- [9] Tiquia S M, Tam N. Co-composting of spent pig letter and sludge with forced aeration[J]. Biores. Technol., 2000, 72: 1-7.
- [10] 李鸣雷,谷杰,高华,等. 一种农业废弃物除臭菌剂及其产品的制备方法[P]. 中国, ZL200510124576, 2008-08-27.
- [11] 李承强,魏源送. 不同填充料污泥好氧堆肥的性质变化及腐熟度[J]. 环境科学, 2001, 22(3): 60-65.
- [12] 李艳霞,王敏健,王菊思. 有机固体废弃物堆肥的腐熟度参数及指标[J]. 环境科学, 1999, 20(2): 98-103.
- [13] Garcia C T, Hernandez F C, Paascul J A. Phytotoxicity due to the agriculture use of urban waste germination experi
- [14] 黄国锋,吴启堂,黄焕忠. 有机固体废弃物好氧高温堆肥化处理技术[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(1): 159-161.
- [15] 彭绪亚,丁文川,吴正松,等. 垃圾渗滤液微生物循环强化培养菌剂在堆肥中的应用[J]. 环境科学学报, 2005, 25(7): 959-964.
- [16] 胡菊,秦莉,吕振宇,等. VT 菌剂接种堆肥的作用效果及生物效应[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(S): 604-608.
- [17] Liang C, Das K C, McClendon R W. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend[J]. Bioresource Technology, 2003, 86: 131-137.
- [18] 王卫东,刘建斌,牛俊玲,等. 堆肥化过程中微生物群落的动态及接种剂的应用效果[J]. 农业工程学报, 2006, 22(4): 148-152.
- [19] Zucconi F, Forte M, Monac A. Biological evaluation of compost maturity[J]. Biocycle, 1981, 22: 27-29.
- [20] 刘卫星,顾金刚,姜瑞波,等. 有机固体废弃物堆肥的腐熟度评价指标[J]. 中国土壤与肥料, 2005(3): 3-7.