

高温堆肥的生物化学变化特征及植物抑制物质的降解规律

朴哲, 崔宗均, 苏宝林

(中国农业大学作物学院农学系, 北京 100094)

摘要: 采用现场堆肥制作过程中生化指标检测及种子发芽实验方法, 研究了高温堆肥的生化变化特征及植物抑制物质的降解规律。结果表明, 在堆肥制作中, pH 和电导率较堆制前有所提高, 且在持续高温阶段高于后期熟化阶段; 纤维分解酶始终保持旺盛的活性, 堆制前、中、后期各出现一个峰; 脲酶活性在堆制前期迅速上升, 中后期基本趋于稳定; 相反过氧化氢酶活性前期呈下降趋势, 在中后期有所回升; 在整个堆肥制作中, 堆肥浸提液严重影响种子发芽, 最终堆制结束时发芽率也没有明显的提高。

关键词: 农业废弃物; 高温堆肥; 生物化学特征; 植物抑制物质

中图分类号: S141.4, X503.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0267(2001)04-0206-04

Characterization of Biochemistry and Degradation of Plant – Inhibited Materials During High – Temperature Composting

PIAO Zhe, CUI Zong-jun, SU Bao-lin

(Crop Science College of China Agricultural University, Beijing 100094 China)

Abstract: It has been discovered that during high – temperature composting using organic manure and stalk as compost content, pH values and rate of conductance increased compared with prior to treatment. In addition, the values during sustained thermal period were higher than that in late mature period. Cellulose decomposing enzyme kept at a high activity during the whole composting course, exhibited high values in early period, middle period and late period, respectively. The activity of urease rose up quickly in early period and kept stable in mid – later period. In contrast, the activity of catalase decreased in early period and rose again in next two periods. Plant inhibited substances resulted in from the system had a severely negative effect on seed germination, and the rate of seed germination has not been improved obviously.

Keywords: agricultural waste; high temperature composting; biochemistry characteristics; plant inhibited substances

我国是一个农业大国, 每年要产生 6 亿 t 左右的秸秆及 27 亿 t 畜禽粪便^[1]。它们富含作物所需的各种营养元素, 是独特的资源, 其本身蕴藏着可供开发的物质和能量, 只要处理得当, 能够达到废弃物资源化目的, 既能保护生态环境, 又增进农业生产中物质和能量的良性循环。但是, 目前由于处理不当, 大量的有机废弃物没能再利用, 反而成为严重的污染源, 给环境带来巨大的压力^[2]。

收稿日期: 2000 – 11 – 21

基金项目: 国家教委回国人员启动基金(2000)

作者简介: 朴哲(1968—), 男, 朝鲜族, 吉林珲春人, 讲师, 现为中国农业大学博士研究生, 目前主要从事有机废弃物资源化再利用的研究工作。

堆肥化是在微生物的参与下, 把有机物降解、转化成腐殖质的生物化学处理过程。虽说我国制堆肥的历史久远, 但传统的堆肥制作方法, 处理工艺落后, 劳动强度大, 已不适合现代农业的发展需要。堆肥生产必须走专业化、工厂化、商品化道路。世界范围内系统地研究堆肥工艺是最近几十年的事情。国内对现代快速发酵堆肥的研究起步较晚, 研究内容也主要集中在堆肥工艺条件、影响因素等应用效果方面^[3–5]。堆肥制作中复杂的物质转化规律及生物化学特性等方面的基础理论研究相对较少, 而且主要在实验室模拟条件下进行。因此, 有必要研究现场堆肥制作过程中生物化学的变化及植物抑制物质的降解规律, 以便为现代堆肥产业的发展提供基础理论依据。

1 材料与方法

1.1 堆肥原料及制作

堆肥原料采用新鲜猪粪、鸡粪、牛粪及麦秆。设猪粪+麦秆(简称猪粪)、牛粪+麦秆(牛粪)和鸡粪+麦秆(鸡粪)3 个处理。堆肥原材料性质见表 1。

表 1 堆肥原材料性质

Table 1 Physical and chemical properties of raw materials for composting

实验材料	全 N /%	全 C /%	C/N	粗灰分 /%	全 P /%	全 K /%	有机物 /%
麦秆	0.51	43.8	85.9	9.8	0.083	1.23	85.7
牛粪	1.41	36.3	25.7	27.6	0.518	0.967	65.8
猪粪	3.41	38.4	11.3	29.8	0.887	1.635	61.7
鸡粪	3.53	33.2	9.4	32.4	0.928	1.587	52.5

将切成 5 cm 左右的麦秆与畜粪,按 C/N 为 25—30 的比例均匀地混合,装填到各自的发酵池(其规格为 1 m×1 m×0.8 m)。采用静态强制通风方式,从发酵池底部供气。前期的通气量定为 40 L·min⁻¹·m⁻³堆体(0—4 d),中前期减半(5—16 d),后期停止供气。根据堆体温度变化,堆制前 25 d 共翻堆 3 次。前期水分控制在 60%,后期保持自然。

1.2 种子发芽实验

植物抑制物质降解规律的研究采用植物种子发芽法^[6]。取 5 g 鲜样加入 50 mL 蒸馏水,充分振荡,30 ℃下浸提 1 昼夜,过滤。吸取 5 mL 滤液,加到铺有 2 张滤纸的 9 cm 培养皿内。每个培养皿点播 50 粒饱满的雪里蕻种子,30 ℃下培养,第 24 h 和 48 h 测发芽率。每个处理重复 3 次,对照为蒸馏水。

1.3 测试项目及分析方法

堆体温度和气温每天测 1 次。取 5 g 新鲜堆样稀释 5 倍,充分振荡,静止半小时,过滤,测滤液的电导率和 pH。全 C 采用重铬酸钾氧化法^[7];全 N 用凯氏定 N 法^[7];过氧化氢酶采用高锰酸钾法^[8];纤维分解酶和脲酶采用比色法测定^[8]。

2 结果与讨论

2.1 堆肥发酵进程

表 2 pH 和电导率的动态变化

Table 2 Dynamics of pH values and rates of conductance during composting

项目	处理	0 d	1 d	3 d	5 d	8 d	11 d	14 d	18 d	22 d	25 d	35 d	45 d	60 d
pH	牛粪+麦秆	8.02	8.97	8.43	8.89	8.46	8.75	8.84	8.37	8.52	8.48	8.36	8.52	8.34
	鸡粪+麦秆	6.77	8.12	8.2	8.58	8.77	8.67	8.76	8.45	8.25	8.55	8.21	8.37	8.47
	猪粪+麦秆	7.68	8.5	7.88	8.62	8.86	8.55	8.38	8.09	8.38	8.37	8.09	8.06	8.28
电导率/mS·cm ⁻¹	牛粪+麦秆	1.60	1.79	2.20	2.39	1.67	2.16	2.10	2.13	2.31	2.36	2.21	2.06	2.14
	鸡粪+麦秆	1.99	1.79	2.23	1.61	2.00	2.45	2.24	2.81	2.64	2.63	2.77	2.39	2.40
	猪粪+麦秆	1.85	1.82	2.74	2.62	1.84	2.12	2.05	2.43	2.57	2.22	2.57	2.36	2.12

如图 1 所示,堆制初期堆料中富含的易分解有机物,在好氧微生物的作用下快速分解,并释放大量热能,导致堆制第 2 d 堆温迅速上升至 70 ℃以上,随后进入一个较长时间的动态平衡阶段。3 个处理 55 ℃以上的堆温均保持 20 d 左右,此后,随着堆肥进程呈缓缓下降。C/N 前期呈下降,猪粪和鸡粪处理在第 25 d,基本下降到最低点,而牛粪处理在到 45 d 才下降到最低点(图 2)。最终鸡粪和猪粪处理稳定在 14 以下,而牛粪在 16 左右。根据以上变化,本堆肥的前 25 d 为一次发酵期,之后是(26—60 d)二次发酵期。

2.2 pH 和电导率变化

堆制第 1 d pH 值迅速上升(见表 2),在持续高温阶段,pH 值在较高的水平上维持一段动态平衡,到第 18 d 有所下降,在整个二次发酵阶段(25—60 d)变化不大,最终稳定在 8.2—8.5 之间。有不少报道指出,

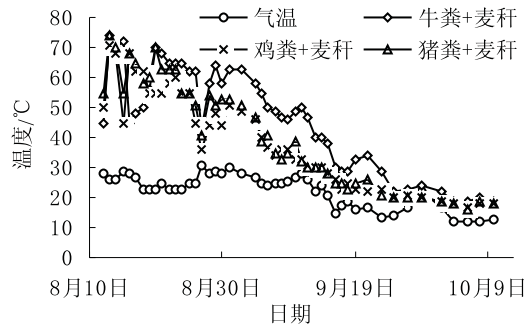


图 1 堆肥进程中的温度变化
Figure1 Change of temperature during composting

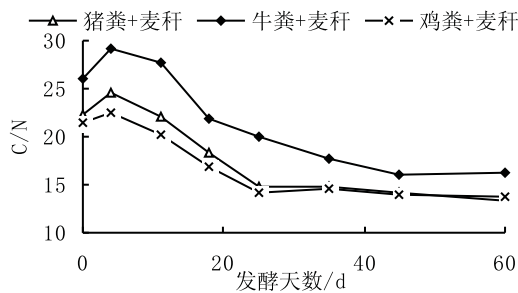


图 2 C/N 变化趋势
Figure 2 Change trend of C/N ratio during composting

在堆肥腐熟阶段 pH 逐渐下降, 腐熟好的堆肥一般呈酸性^[10], 而在本实验中没有出现此现象。堆制初期, 电导率分别在第 3 d(鸡粪、猪粪处理) 和第 5 d(牛粪处理) 各出现一个高峰, 之后随着堆肥进程呈动态上升趋势(8—35 d), 第 35 d 以后有所下降。虽然, 在堆肥制作中 pH 和电导率的变化趋势有一定的区别, 但是在持续高温阶段均表现较高, 最终较堆制前有所提高。

2.3 主要分解酶动态变化

堆肥制作中的一切生物化学过程都是在酶的参与下进行的, 酶的活性大小直接影响堆肥进度和发酵强度。

2.3.1 过氧化氢酶活性变化

堆肥制作初期(3—11 d), 3 个不同处理的过氧化氢酶活性迅速下降(图 3), 之后随着堆肥进程牛粪处理和猪粪处理各出现两个峰, 猪粪的第一峰出现期(18 d)早于牛粪(25 d)处理, 而第二峰同时出现。鸡粪处理的变化趋势则不同于前两个处理, 只是在二次发酵中期(第 35 d), 出现一个微弱的小峰。最终腐熟堆肥的过氧化氢酶的活性与堆制前差异不大。

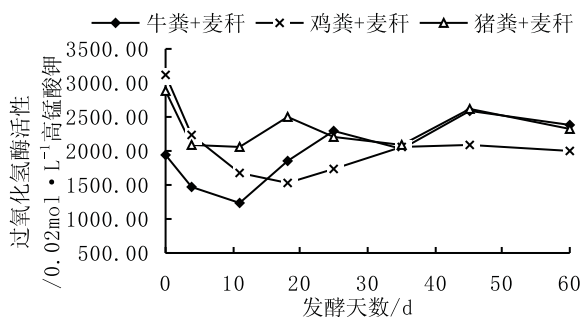


图 3 过氧化氢酶活性变化

Figure 3 Change of peroxidase activity during composting

2.3.2 纤维素分解酶活性变化

绝大多数的有机废弃物, 尤其是农业废弃物(秸秆、畜粪等)富含纤维素类物质。在堆肥制作中纤维素的降解与 C 素代谢紧密相关。如图 4 所示, 在整个堆肥制作过程中 3 个不同处理的纤维分解酶活性变化趋势基本一致, 即在堆制前(3 d)、中(18 d)、后(45 d)期各出现一次高峰。纤维素分解酶活性不受堆肥进程的影响, 一次发酵期和二次发酵期之间没有明显的差异, 在整个堆肥进程中始终保持旺盛的酶活。猪粪处理的酶活随着堆肥进程有所下降, 但始终高于鸡粪和牛粪处理。

2.3.3 脲酶活性变化

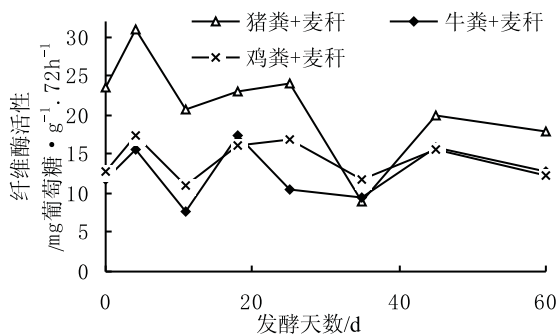


图 4 纤维酶活性变化

Figure 4 Change of cellulase activity during composting

脲酶与堆肥制作中的 N 素代谢有密切相关, 脲酶的酶促产物氨是主要的植物氮素营养物质之一。堆制初期(0—4 d)鸡粪和猪粪的脲酶活性迅速上升(图 5), 上升幅度在 1 倍以上。之后随着堆肥进程鸡粪处理的酶活呈下降(5—25 d), 一次发酵期形成一个峰, 整个二次发酵期基本稳定, 而猪粪处理没有明显的变化(5—60 d)。牛粪处理的变化趋势则不同于上两个处理, 堆制后前 25 d 呈一直上升, 上升至堆制前的 6 倍左右, 第 25—45 d 保持稳定, 最后阶段有所下降。从以上结果来看, 不同的堆料对脲酶活性的影响很大。

2.4 植物抑制物质的降解规律

堆肥制作过程中有机物经降解产生许多种类的中间产物, 未腐熟堆肥富含低分子量的有机酸、多酚等植物生长抑制物质, 而这些物质随着堆肥的进程逐

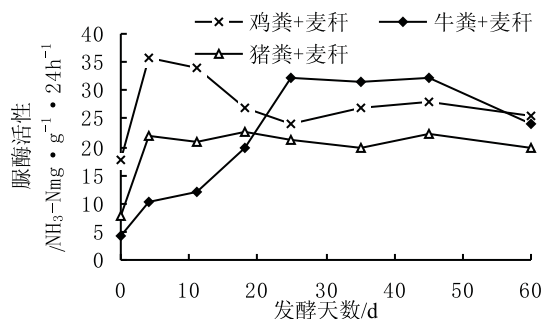


图 5 脲酶活性变化

Figure 5 Change of urease activity during composting

渐地被转化或消失。通过植物种子发芽实验, 能够快速测定出植物抑制物质的降解情况^[6,10]。堆制初期牛粪处理发芽率迅速提高(图 6), 第 3 d 出现最高峰(38%), 5—18 d 维持在 10% 左右, 25—35 d 被完全抑制, 最后阶段有所回升。鸡粪和猪粪处理在堆制 11 d 出现一个小峰, 到第 25 d 下降至最低点, 之后随着堆肥进程逐渐提高。最终牛粪、猪粪和鸡粪处理的发

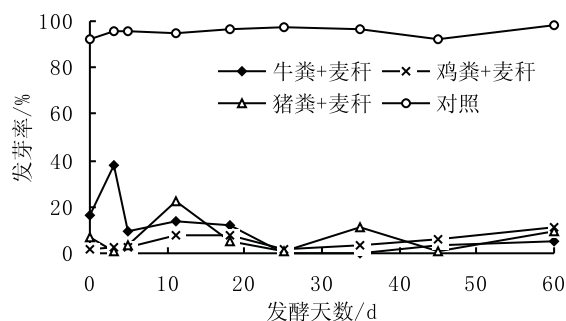


图6 雪里蕻种子发芽率变化(24 h)

Figure 6 Seed germination of leaf mustard (after treatment of 24 h)

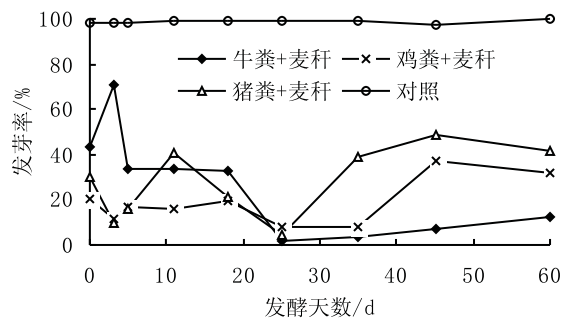


图7 雪里蕻种子发芽率变化(48 h)

Figure 6 Seed germination of leaf mustard (after treatment of 48 h)

北京: 中国农业出版社, 1995. 319 - 349.

[2]刘兆普. 资源环境与农业持续发展[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994. 180 - 190.

[3]吴鸿强. 城市垃圾堆肥深度加工的处理工艺及设备[J]. 环境保护, 1998, (3): 22 - 24.

[4]庞金华, 程平宏, 余廷园. 高温堆肥的水气矛盾[J]. 农业环境保护, 1999, 18(2): 73 - 75.

[5]李国学. 不同通气方式和秸秆切碎程度对堆制效果和养分转化的影响[J]. 农业环境保护, 1999, 18(3): 106 - 110.

[6]若尺秀幸, 高桥和彦, 山下春吉, 等. 堆肥的腐熟度鉴定における花粉管生长テストと发芽实验的关系[J]. 日本土壤肥料学杂志 [日文], 1987, 58(4): 460 - 464.

[7]中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1989. 67 - 116.

[8]李阜棣, 喻子牛, 何绍红. 农业微生物实验技术[M]. 北京: 农业出版社, 1996. 132 - 137.

[9]Garcia C, Costa H F and yuso M A. Evaluation of the maturity of municipal waste compost using simple chemical parameters[J]. Commun Soil Sci Plant Anal, 1992, 23(13 - 14): 1501 - 1512.

[10]李国学, 张福锁, 黄焕忠, 等. 用水芹菜种子发芽特性评价污泥堆肥腐熟度和生理毒性[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(增刊): 109 - 116.

[11]Iannotti D A, Grebus M E, et al. Oxygen respirometry to assess stability and maturity of composted municipal solid waste[J]. J Environ Qual, 1994, 23: 1177 - 1183.

芽率分别为 4.8%、9.8% 及 11%。尽管雪里蕻种子第 48 h 的发芽率, 显著高于 24 h(图 7), 但是直到发酵结束, 最高的发芽率才 41.9% (猪粪处理), 最低的只有 12.4% (牛粪处理)。

有些研究者曾指出, 堆肥稳定性本身不一定预示植物生长的可能性^[11]。在本实验中堆制 60 d 后, 堆体的温度和 C/N 已基本趋于稳定, 但是堆料鲜样的 10 倍浸提液仍对雪里蕻种子发芽率的影响很大。

3 小结

3.1 在堆肥制作中 pH 和电导率较堆制前有所提高, 而且持续高温阶段又高于后期熟化阶段。

3.2 纤维分解酶在整个堆肥制作过程中始终保持旺盛的活性, 分别在堆制前、中、后期各出现 1 个峰。脲酶前期迅速上升, 中后期基本趋于稳定。而过氧化氢酶前期呈下降, 中后期有所回升。

3.3 在整个堆制过程中, 堆肥浸提液严重抑制植物种子的发芽, 最终堆制结束时发芽率也没有明显的提高。因此, 从农田利用角度考虑有必要适当延长堆制时间。

参考文献:

[1]张福锁, 龚元石, 李小林. 土壤与植物营养研究动态[M]. 第 3 卷.

《农村养殖技术》2002 年征订启事

《农村养殖技术》(半月刊)由农业部主管养殖业的单位和协会联合编辑, 面向全国农民传播养殖技术、养殖商情, 提供养殖服务; 主要栏目: 家畜养殖、家禽养殖、水产养殖、特种养殖、养殖门诊、养殖设备、牧草园地、饲料技术、市场商情、专家点评、销售向导、经营之道、为您服务。本刊 16 开本, 64 页, 每期 3 元, 全年 72 元, 邮发代号 82 - 742, 全国各地邮政局(所)均可订阅, 也可直接向编辑部订阅。

通讯地址: 北京农展馆南里 11 号 农业部内《农村养殖技术》编辑部 邮编: 100026 电话/传真: 010 - 85965194