

高温堆肥的物质转化与腐熟进度关系

朴哲 崔宗均 苏宝林

(中国农业大学作物学院)

摘要 以畜粪及麦秆作为原料制定高温堆肥体系,研究了堆肥化进程中C/N比、粗纤维、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分及CO₂等物质的变化特征与腐熟进度关系。结果表明,CO₂产生量与堆肥腐熟进度的关系最为密切,在整个堆肥制作中下降90%左右,其中一次发酵期就下降50%以上,在后期,深度熟化阶段稳定在2 g·kg⁻¹·d⁻¹以下;其他指标变化在一定程度上反映了堆肥的腐熟进度,但均随堆肥材料不同而表现出较大的差异,而且与腐熟进度关系复杂。

关键词 高温堆肥; 物质转化; 腐熟进度

中图分类号 S141.4; X712

Relationship Between the Converse Characteristics of Substances and the Decompose Process in Quick Fermentation and Compost System

Piao Zhe Cui Zongjun Su Baolin

(College of Crop Science, CAU)

Abstract The system of high temperature composting was set up with organic manure and wheat straw. It was studied on the relationship between the changes of characteristics in C/N, rough fiber, rough protein, rough fat, rough ash and CO₂ and the process of decompose. The results showed that the amount of CO₂ was most related with the process of decompose. It dropped over 90% during the whole composting process and dropped about 50% during the preliminary composting period and kept 2 g·kg⁻¹(dry matter)·d⁻¹ in later deep mature stage. The changes of other parameter reflected the decomposing process of compost in some degree, but there were significant differences in different composting materials and the relationship between them was complicated.

Key words high temperature compost; the converse of substance; decomposing process

优质堆肥是很好的有机肥料和土壤改良剂,但是堆肥腐熟程度直接影响堆肥产品的农田使用^[1]。腐熟堆肥不是简单地指经过长期的堆肥化处理使大部分有机质被分解而几乎没有有机能量和生物学活性的堆肥,而是指在堆肥制作中易分解的有机质被降解,农田施用后不给土壤和作物生长带来不利影响,但具有相当能量的堆肥。作为衡量堆肥反应过程的控制指标,国内外许多学者为建立一个合理统一的腐熟标准进行了深入的研究,提出不少关于堆肥腐熟度

收稿日期: 2000-12-21

国家教委回国人员启动基金(2000年)

朴哲,深圳企业博士后工作站芭田复合肥有限公司分站,518055

崔宗均,北京圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094

的判定方法^[2-4]。但是由于堆肥工艺及原料的复杂多样, 现有的各种腐熟指标均具有一定的局限性。在本试验中, 作者通过分析堆料 C/N 比、CO₂、粗灰分、粗纤维、粗脂肪及粗蛋白等物质的动态变化, 探讨堆肥进程中的物质转化特征与腐熟进度关系, 旨在为建立合理的腐熟标准提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

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

试验材料	全 N	全 C	C/N 比	粗灰分	全 P	全 K	有机质
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

1.2 标准堆肥制作

将切成 5 cm 左右的麦秆与畜粪, 按 C/N 比为 25~ 30 的比例均匀地混合, 分别装填堆肥发酵池内(其规格为 1 m × 1 m × 0.8 m), 堆制 60 d。一次发酵期水分控制在 60%, 二次发酵期保持自然。堆肥进程中, 根据堆体温度变化, 采取调节供气量和翻堆措施, 尽可能延长最佳发酵状态。供气方式采用静态强制通风, 从发酵池底部供气, 前期的通气量为 40 L · m⁻¹ · m⁻³ (堆体), 中前期减半, 后期停止供气。根据堆体温度变化, 分别在堆制第 4, 16 及 25 天进行翻堆。

1.3 CO₂ 测定

随着堆肥进程定期(一次发酵期, 每隔 3 d 采 1 次样, 二次发酵期 7~ 15 d 采 1 次样)取 50 g 鲜样, 装填到带有取样口的密封罐头瓶(体积为 650 mL), 重新填埋到堆体内, 培养 24 h, 吸取 100 μL 气样, 用 GC-TCD 法测定(日本岛津 GC-M S17 型气相色谱仪)CO₂。具体测定指标为: 柱子采用 3 mm × 2 m Porapak-Q 不锈钢管填充柱; 进样口 80 ; 柱温 70 ; 检测器 100 ; 流速 25 mL · m⁻¹。每个处理重复 3 次。

1.4 其他项目测定

每天测 1 次堆体温度和气温。随着堆肥进程, 在堆制前和堆制后的第 4, 11, 18, 25, 35, 45, 及 60 天取样测定: 全碳采用重铬酸钾氧化法^[5]、粗蛋白与全氮采用凯氏定氮法^[5,6]、粗纤维用酸碱法^[6]、粗脂肪采用索氏(Soxhlet)抽提法^[6], 样品在 550 °C 下灰化 2 h 得粗灰分^[6]。

2 结果与讨论

2.1 温度变化

堆制初期堆料中富含的易分解有机物质, 在好氧微生物的作用下快速分解, 并释放大

热能,导致堆制第2天堆温就迅速上升至70左右(图1)。此后由于供气充足,水分蒸发较盛以水蒸气的形式带走大量热能,导致第4天的堆温迅速下降。此时,进行第1次翻堆的同时供气量减半及重新调回含水率,堆温又快速回升至60左右,进入一个较长时间的动态平衡阶段。堆制进行到第16天,堆温又以较快的速度下降,此时进行第2次翻堆,并停止供气,堆温再次回升到翻堆前的水平。之后,随着堆肥进程堆温呈缓缓下降,在这期间即使进行第3次翻堆(25 d),也没有出现增温现象。届时一次发酵结束,进入二次发酵阶段^[4]。在整个堆制过程中,3个不同处理55以上的堆温均维持20 d以上,有效地达到了无害化目的。

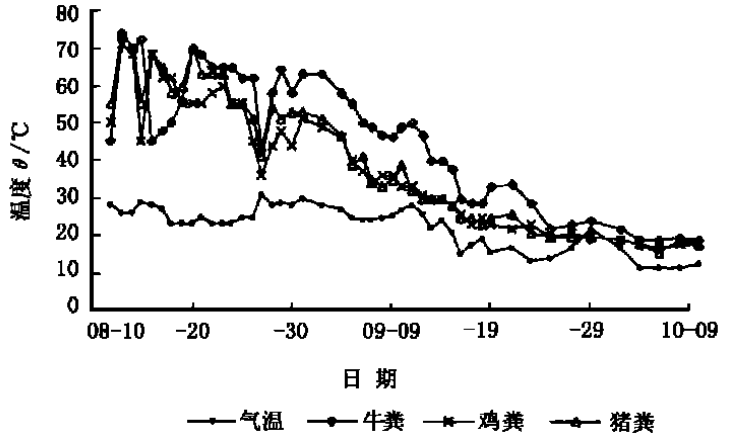


图1 堆肥进程中各处理的温度变化

2.2 C/N 比变化

C/N 比是目前普遍认可的最基本的肥腐熟指标,一般从堆制前的25~30下降到20以下时,认为堆肥已发酵成熟^[4]。而另有一些人则提出,因为微生物体本身的C/N 比在16左右,理论上腐熟指标应定在16以下^[7]。在本试验的堆肥制作中,鸡粪和猪粪处理的C/N 比下降速度明显快于牛粪处理,猪粪和鸡粪处理在第25天即下降到最低点,而牛粪处理在第45天才基本下降到最低点(图2)。最终鸡粪和猪粪处理稳定在14以下,而牛粪处理16左右。

2.3 粗灰分变化

粗灰分的变化趋势与C/N 比相反。在堆制前期随着堆肥进程缓缓上升,二次发酵后期基本趋于稳定(图2)。3个不同处理间变化趋势基本相同,最终粗灰分率较堆制前均上升30%左右。这是由于随着堆肥进程易燃烧挥发性有机质逐渐减少,而较稳定的腐殖质类物质相对积累增加有关。

2.4 粗纤维变化

堆制初期粗纤维相对含量逐渐增加,到第11天达到最高,此后随着堆肥进程呈下降趋势,最后阶段趋于稳定(图2)。这是由于堆制初期易降解的有机物质首先被微生物分解利用,并产生大量CO₂,使总干物重以CO₂形式迅速下降,而此时粗纤维等难降解物质还没开始分解,导致前期粗纤维相对含量增加。之后,随着剩下的纤维素、木质素等难降解物质被缓缓降解,粗纤维相对含量也随之下降。在整个堆制过程中,牛粪处理的粗纤维含量始终保持最高,且降解速度最为缓慢,第45天以后才趋于稳定。相反,猪粪处理的下降速度最快,只需25 d,鸡粪处理居中为35 d。

2.5 粗脂肪变化

粗脂肪在堆制初期(前11 d)迅速下降,中期出现1个高峰,最后(45 d以后)又有所回升(图2)。整个堆制过程中粗脂肪从堆制前的1.5%以上,下降到1%以下。其中,猪粪处理的下降幅度最大(下降76%),鸡粪处理最低(下降52%)。粗脂肪的这种变化趋势,可能与可溶性糖

的变化有关。堆肥前期易分解的可溶性糖较多, 脂肪分解菌大量繁殖, 粗脂肪含量迅速下降, 但到了二次发酵期随着木质素、纤维素等难降解物质的分解, 又重新产生可溶性糖类物质, 导致粗脂肪再次下降(25~ 45 d)。

2.6 粗蛋白变化

粗蛋白含量与堆体的N 素代谢密切相关。在试验中, 粗蛋白绝对量虽然有所降低, 但相对含量在整个堆肥制作中有明显的提高(图 2)。总的变化趋势是, 最初(0~ 4 d)呈一度下降, 之后(5~ 35 d)随着堆肥进程又逐渐上升, 到最后的熟化阶段趋于稳定。猪粪处理的粗蛋白含量始终最高, 而牛粪处理最低。

2.7 CO₂ 产生量

在整个堆肥化过程中, CO₂ 产生量呈明显的下降趋势, 其下降过程可分为 2 个阶段(图 2)。第一阶段为 0~ 35 d 的迅速下降阶段。在此阶段前期(一次发酵期)CO₂ 产生量出现 3 个

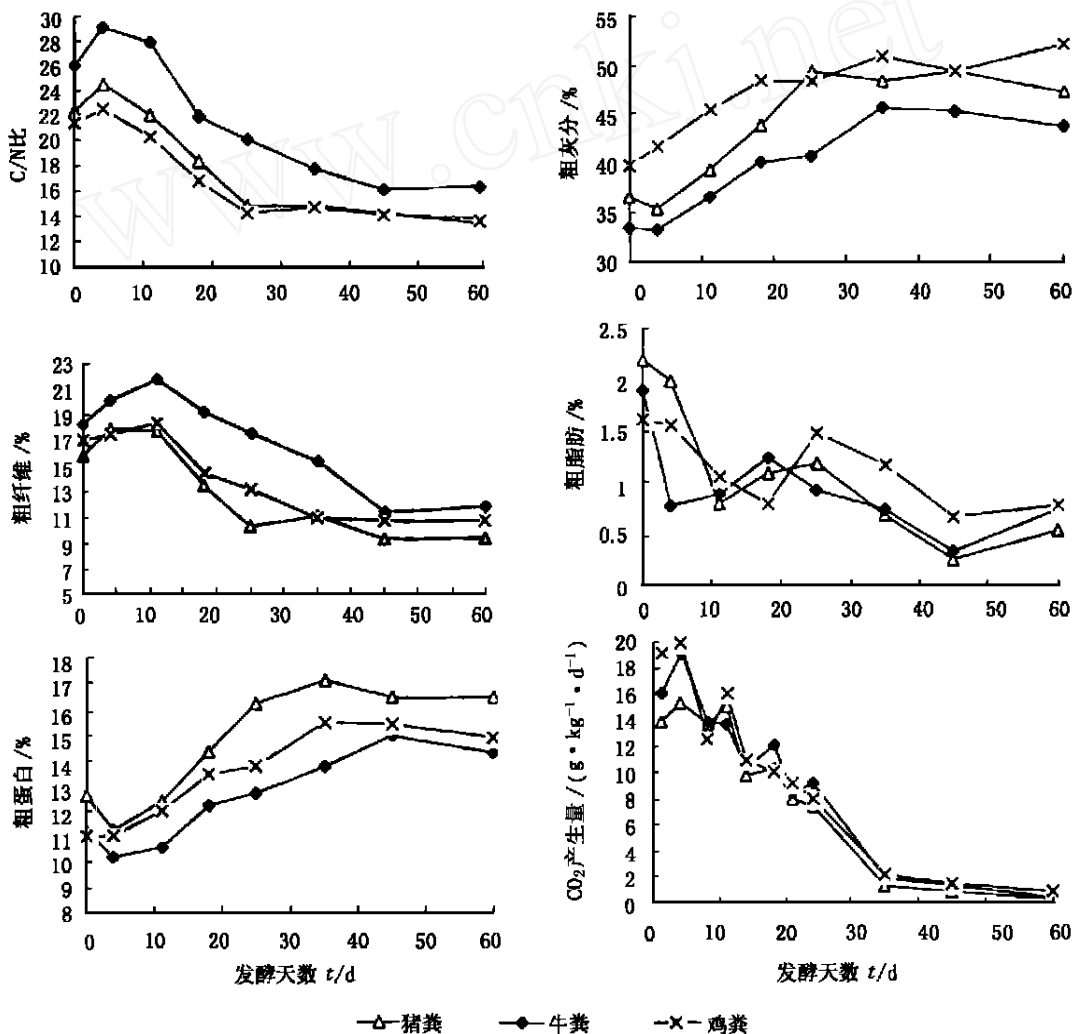


图 2 堆肥进程中不同成分的变化趋势

小峰, 每个峰出现的时期正好处在堆体持续高温阶段, 而前2次翻堆前后的低温阶段, CO_2 产生量较低, 呈现出2个低谷。说明持续的高温时期是微生物活动和有机质的降解强度最旺盛阶段, CO_2 产生量也大。之后, 随着堆肥进程堆制第35天, CO_2 产生量下降到 $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 左右, 开始进入缓慢下降阶段并最终处于稳定状态, 说明此时大量的易分解含碳化合物基本降解完。各不同处理间, CO_2 产生量的变化趋势表现高度的一致性。在整个堆肥过程中, CO_2 产生量从一次发酵初期最高 $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 下降到 $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 以下。以上可以看出, 在农业废弃物堆肥制作中, CO_2 产生量与堆肥腐熟进度密切相关。

3 结论

在堆肥化过程中, 某一成分的增加或减少都说明堆肥腐熟进程仍在继续, 但如果其变化基本趋于稳定, 说明此堆肥已达到腐熟标准。本试验中, 虽然 C/N 比、粗纤维、粗蛋白、粗脂肪等各物质指标的变化与堆肥的腐熟进度有一定的相关性, 但均因堆肥材料不同而表现出较大的差异。

CO_2 产生量与堆肥原料无关。在整个堆肥制作中下降 90% 左右, 其中一次发酵期就下降 50% 以上, 后期深度熟化阶段 CO_2 产生量基本稳定在 $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 以下, 可见 CO_2 产生量与堆肥腐熟进度的关系最为密切, 是一个理想的腐熟度判定指标。从 CO_2 的产生量变化来看, 本堆肥体系的腐熟期应在堆制后 35 d 左右。

参 考 文 献

- 1 全国农业推广中心编著 中国有机肥资源 北京: 中国农业出版社, 1999, 15~ 25
- 2 藤原俊六郎, 井ノ子昭夫, 松崎敏英, 等. 家畜ふんの堆積に伴う有機成分組成の変化と月形濾紙クロマトグラフィによる腐熟度判定. 日本土壤肥科学雑誌[日], 1981, 52(4): 311~316
- 3 青山正和, 吉天光二, 平井隆平, 等. 有機質資材の腐熟と窒素形態変化能との関係. 日本土壤肥科学雑誌, 1988, 59(4): 353~362
- 4 若秀幸, 高桥和彦, 山下春吉, 等. 堆肥の腐熟度鑑定における花粉管生長テストと發芽試験の関係. 日本土壤肥科学雑誌, 1987, 58(4): 460~464
- 5 中国土壤学会农业化学专业委员会编 土壤农业化学常规分析方法 北京: 科学出版社, 1989, 67~ 116
- 6 夏玉宁, 朱丹. 饲料质量分析检验 北京: 化学工业出版社, 1994, 28~ 55
- 7 Garcia C, Costa H F, Yuoso M A. Evaluation of the maturity of municipal waste composting simple chemical parameters. Common Soil Plant Anal. 1992, 23(13-14): 1501~ 1512