

畜禽废弃物高温好氧堆肥过程中磷素的变化研究

赵素芬¹, 刘建新², 倪姆娣¹

(1. 浙江大学农业生物环境工程研究所, 浙江 杭州 310029; 2. 浙江大学动物科学学院, 浙江 杭州 310029)

摘要:用猪粪进行高温好氧堆肥,在堆肥过程中分别加入 0%、5%、7.5%、10% 湿重堆肥质量的过磷酸钙,研究了堆肥进程中磷素的变化。结果表明,加入无机磷后能显著提高有效磷含量,平均分别提高 45%、59% 和 62%,并且有相当部分的无机磷转变成有机态磷,提高了磷的有效性及利用率,为减少无机磷被土壤固定、提高磷素的当季利用率提供了一种可行途径。

关键词:畜禽废弃物; 堆肥; 磷素

中图分类号:S141.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672 – 2043(2005)02 – 0384 – 03

Dynamic Phosphorus Contents During Aerobic and Rmophilic Composting of Livestock Wastes

ZHAO Su-fen¹, LIU Jian-xin², NI Mei-di¹

(1Institute of Agricultural Bio – Environmental Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 2. College of Animal Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: It has been recognized that the fertilizers of inorganic phosphate are easy to be fixed by soil and utilization rates are only 10 to 25%. It is generally assumed that organic acids produced during composting of rock phosphate are mainly responsible for solubilizing insoluble phosphates. Aerobic and thermophilic composting of pig manure, mixed with 0, 5, 7.5, and 10 %, respectively, superphosphate based on wet quantity of the composting are studied in our test. The results indicated that available P increased by about 45%, 59%, and 62%, respectively, and a quite part of the superphosphate was changed into organic phosphorus. The rates of P solubilization was well correlated with C/P of the medium, and the correlation of organic phosphorus and C/P was $y = 0.347x - 0.00304$. The total P also increased because of the decomposing of the organic matters. During the process of composting, P enhanced its effectiveness and use efficiency, which may provide a method that can enhance the rate of utilization of inorganic phosphorus favorable to soil.

Keywords: manure; composting; phosphorus

我国土壤缺磷现象非常严重,由于土壤中 Fe、Al 含量高,普通磷肥施入土壤极易被固定,移动性小,有效性低^[1],当季利用率仅为 10% ~ 25%,是作物产量的重要限制因子^[5]。我国土壤的总磷量中约 95% 以上不能为农作物直接吸收利用^[2]。猪粪中富含磷元素,据统计,2002 年猪的饲养头数 100 679.7 万头,按猪平均排泄量 $2.5\text{ kg} \cdot \text{头}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 及猪粪中磷元素约为干物质的 6.45% 计算^[3],每年猪粪排泄量折算成标准磷肥约为 215.3 万 t^[4]。在堆肥过程中,有机物中难

被植物吸收利用的磷可以随有机物的腐解转变成植物较易吸收的形态,并且在堆肥过程中加入的无机磷肥,有相当部分会转化成有机磷的形态,从而可提高磷的有效性及磷的利用率^[5],这对缓解磷肥供需矛盾具有一定的现实意义。

1 材料与方法

1.1 堆肥材料及其特性

本试验以猪粪作为堆肥基质,以 10% 木屑为调理剂,同时加入 3% 以酵母菌为主的嗜热微生物制剂。其中猪粪来自浙江大学牧场,木屑购于杭州水湘村锯木场,微生物购于浙江省农科院。猪粪和木屑的主要成分见表 1。

表 1 猪粪和木屑的成分特性

Table 1 Composition characters of pig manure and wood bits

分析项目	猪粪	木屑	分析项目	猪粪	木屑
水分/%	78.0	8.5	TP/%	0.964	0.025 2
TC/%	39.1	46.5	有效磷/%	0.55	0.025
TN/%	2.12	0.128	有机磷/%	0.39	0.014

1.2 试验设计

1.2.1 堆肥装置

该装置是圆柱形的白铁皮套筒,内表层涂有防腐漆,内外筒的夹层之间置有 5 cm 厚的保温层,其有效高度、直径和体积分别为 0.5 m、0.6 m 和 0.1 m³,采取强制通风,通风频率为每 1 h 通风 10 min,通风量为 0.3 m³ · min⁻¹,置于浙江大学农业生物环境工程研究所温室内。

1.2.2 试验分组

试验设 4 个处理,分别加入为堆肥质量 0%、5%、7.5%、10% 的过磷酸钙,每个处理 3 次重复。

1.3 采样及测定

每个处理在深 30 cm 处插一数字温度计,每天 10:00 和 16:00 读取数据,采样时间为第 0、5、8、12、16、20、24、30、40 d 共 9 次,采样点位于堆肥表层下 15 cm 处,分前、后、左、右、中五点采样。

全磷含量的测定采用硫酸和过氧化氢消煮,与偏钒酸和钼酸形成黄色三元杂酸,用分光光度计测定;有效磷采用柠檬酸浸提-钒钼黄比色法^[7];有机磷采用灼烧-硫酸浸提差减法。

2 结果与讨论

2.1 有效磷的变化

图 1 表明,在堆肥过程中加入无机磷后有效磷明显增加,经 *F* 检验分析,5% 试验组与 CK 之间差异显著 (*P* = 0.025),7.5% 试验组与 CK 之间差异极显著 (*P* = 0.001),但随着加入量的增加,它的有效性并不按线性递增,加入 5% 的过磷酸钙,平均有效性约增加 45%,而加入 7.5% 和 10% 分别约增加 59% 和 62%。

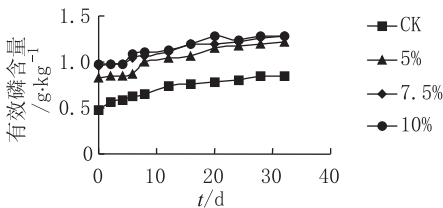


图 1 有效磷的变化

Figure 1 Variation of available phosphorus contents during the composting process

堆肥过程中随有机物的分解,会产生大量的小分子有机酸。这些小分子的有机酸对加入的无机磷具有较强的活化作用^[9]。随堆肥的腐熟,大量腐殖质的形成,大分子的腐植酸也与无机磷形成络合物。有假说在土壤中施入有机肥后,有机酸能与铝、铁等金属以及磷酸盐形成螯合物,有效释放土壤中的难溶性磷^[11],提高了磷的有效性。经试验表明,猪粪在好气条件下有 14% 左右的磷酸铁被活化^[10]。已有大量研究表明,腐植酸和简单有机酸有明显抑制土壤对水溶性磷酸盐的固定作用^[6],并且堆肥中升温-高温-降温阶段的温度(35℃~60℃)会明显促进这种作用^[5]。

2.2 有机磷的变化

从图 2 可以看出,3 个处理的变化基本趋势一致。在前 2 周内,有机磷含量变化较小,之后有机磷的含量迅速增加。这是由于随着嗜热微生物活性的增加,加入的无机磷部分转化成有机磷所致,到 28 d 时达到最大值,分别为 500、520、530 mg · g⁻¹,之后有机磷含量略有下降并趋于稳定。

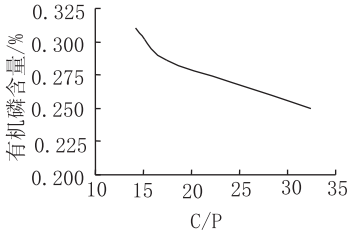


图 2 有机磷与 C/P 值关系

Figure 2 Relation between organic phosphorus and C/P ratios during the composting process

堆肥过程中加入的无机磷,有相当部分会转变成有机磷的形态(张宝贵,1995)。国外已有试验表明,在堆肥过程中每 4 g 秸秆中加入 1 g 无机磷,它的转变率最高^[12]。C/P 值不但影响微生物活性,同时会对无机磷向有机磷转化有一定的影响。试验研究表明,如图 2 所示,C/P 与有机磷含量基本上成线型关系,它的回归方程为 *y* = 0.347*x* - 0.003 04,且经 *F* 检验极其显著 (*F* = 54.75, *F*_{0.01} = 34.12)。

堆肥过程中形成的有机磷与无机磷肥相比具有被土壤固定少、在土壤中移动性大及被植物吸收利用率高等优点,而且有机形态磷经微生物和植物根系分泌的磷酸水解酶降解^[8],释放出可直接利用的无机磷。同时,经试验表明,土壤有机形态磷的释放最大时期与植物对磷吸收最大时期是一致的,因而在堆肥过程中加入无机磷可起到提高磷的有效性及利用率的作用。

2.3 全磷的变化

图 3、图 4 是有机磷和全磷随堆制时间的变化曲线。

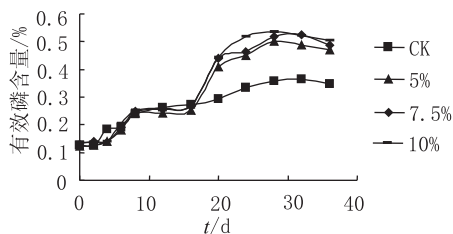


图 3 有机磷的变化

Figure 3 Variation of organic phosphorus during the composting process

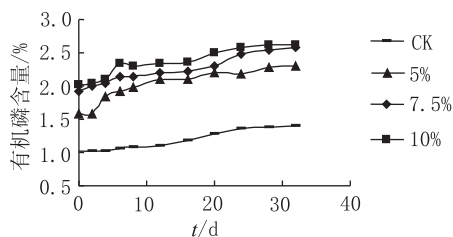


图 4 全磷的变化

Figure 4 Variation of total phosphorus during the composting process

从图 3 可以看出,全磷含量随着堆制天数的延长有逐步增加的趋势。CK 组的变化趋势曲线为 $y = -0.0022x^3 + 0.0474x^2 - 0.1861x + 2.7166$ ($r^2 = 0.9803$),各试验组的变化趋势一致,主要是由于有机质的降解使堆料干物质减少。

参考文献:

- [1] 毛小平,吴平霄,廖宗文. 几种改性磷肥肥效研究初报[J]. 土壤与环境, 1999, 8(4): 318 - 320.
- [2] 张宝贵,李贵桐. 土壤生物在土壤磷有效化中的作用[J]. 土壤学报, 1998, 35(1): 104 - 111.
- [3] 吕凯,石英尧,高振魁. 猪粪的成分及其利用的研究[J]. 安徽农业科学, 2001, 29(3): 373 - 374, 389.
- [4] 莫淑勋,钱菊芳,钱承梁. 猪粪等有机肥料中磷素养分循环再利用的研究[J]. 土壤学报, 1991, 28(3): 309 - 316.
- [5] 李国学,张福锁. 固体废弃物堆肥化与有机复混肥生产[M]. 北京:化学工业出版社, 2000.
- [6] 章永松,林咸永,罗安程. 有机肥(物)对土壤中磷的活化作用及机理研究 II 有机肥(物)分解产生的有机酸及其不同形态磷的活化作用[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 151 - 155.
- [7] 贾小红,黄元仿,徐建堂. 有机肥料加工与施用[M]. 北京:化学工业出版社, 2002.
- [8] Singh C P, Amberger A. Organic acids and phosphorus solubilization in straw composted with rock phosphate[J]. *Bioresource Technology*, 1998, 63: 13 - 16.
- [9] 苏德纯,张福锁,李国学. 磷-金属(Fe、Al)-有机酸三元复合体在植物磷营养中的作用[J]. 土壤通报, 2000, 3(4): 159 - 161.
- [10] 章永松,林咸永,罗安程,等. 有机肥(物)对土壤中磷的活化作用及机理研究 I 有机肥(物)对土壤不同形态无机磷的活化作用[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 145 - 150.
- [11] Erich M S, Fitzgerald C B, Porter G A. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 2002, 88: 79 - 88.
- [12] Singh C P, Amberger A. Organic acids and phosphorus solubilization in straw compsten with rock phosphate[J]. *Bioresource Technology*, 1998, 63: 13 - 16.