

堆肥对有机氯农药挥发和降解的效果

王玉军, 窦森^{*}, 张晓梅, 李文朋

(吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118)

摘 要: 选用鸡粪和玉米秸秆为堆肥原料, 进行高温好氧堆肥试验, 研究了堆肥处理对六六六 (HCH) 和滴滴涕 (DDT) 挥发和降解的影响。研究表明, 30 d 内, 堆肥过程的高温 and 通气条件导致 HCH 和 DDT 的挥发比例分别为 20.6%、13.8%; 扣除堆肥过程中高温和通气等因素对有机氯挥发影响后, 未添加菌剂处理 HCH 和 DDT 的降解率分别为 37.2% 和 14.9%, 添加菌剂处理 HCH 和 DDT 的降解率分别为 42.1% 和 24.2%, 与未添加菌剂处理差异显著; α -HCH、 δ -HCH 的降解率高于 β -HCH、 γ -HCH, pp'-DDT、op'-DDT 的降解率高于 pp'-DDD、pp'-DDE。试验结果说明, 堆肥过程中高温和通气促使了 HCH 和 DDT 向气相中挥发, 而该过程的生化反应有助于 HCH 和 DDT 等有机氯农药的降解。

关键词: 堆肥, 降解, 农业废弃物, 挥发, 六六六, 滴滴涕

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.12.047

中图分类号: X71

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-12-0265-05

王玉军, 窦森, 张晓梅, 等. 堆肥对有机氯农药挥发和降解的效果[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 265—269.

Wang Yujun, Dou Sen, Zhang Xiaomei, et al. Effect of composting on volatilization and degradation of organo-chlorine pesticide[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(12): 265—269. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

六六六 (hexachlorocyclohexane, HCH) 和滴滴涕 (dichlorodiphenyltrichloroethane, DDT) 都是广谱、长效的有机氯农药, 曾被广泛、大量地用作杀虫剂, 具有在环境中理化性能稳定、脂溶性强、难分解和残留期较长等特点^[1], 同时还有一定的“三致”效应^[2], 很容易通过食物链传递并在人体内富集^[3]。有机氯污染造成的危害已被人们广为认知^[4], 但有效处理途径并不多^[5]。

畜禽粪便等农业废弃物的堆肥化处理是其减量化、无害化和资源化最便捷的处理方式之一^[6]。目前, 有关堆肥的研究主要集中在温度、C、N 等理化指标的变化规律及恶臭气体控制等方面, 针对持久性有机污染物的研究并不多见^[6-7]。由于堆肥过程是有机物腐殖化、矿质化的过程^[8], 在此过程中, 必然伴随着持久性有机物的转化和分解^[9], 因此, 堆肥化处理有可能是治理有机氯农药等持久性有机物污染的有效途径之一^[10]。从所见的文献发现^[1,5,9]: 堆肥处理之后, 持久性有机污染物的含量有所降低, 但由于受试验方法和堆肥设备的限制, 持久性有机物的减少量均被认为完全是堆肥过程中的生化反应所产生的降解作用, 并未考虑到堆肥过程中的高温和通风条件对有机污染物的挥发作用影响^[11]。由于影响因素考虑不全, 显然试验结果有一定误差, 并可能得到不完全正

确的结论。

本文以鸡粪和玉米秸秆为研究对象, 选用具有自动搅拌、自动控制温度和通气量功能的堆肥设备, 设置堆肥物料灭菌培养, 模拟堆肥过程的高温 and 通风条件, 明确了该条件下对堆肥物料中有机氯农药挥发作用的影响。同时, 通过未添加菌剂和添加菌剂 2 个正常堆肥 (未进行灭菌处理) 处理, 分别探讨了堆肥及堆肥过程中所添加的菌剂对有机氯农药降解的影响, 为降低固体废弃物中有机氯农药的残留提供有效的途径。

1 材料与方法

1.1 仪器与设备

堆肥设备: BIOTECH-30SS 型固体发酵罐, 上海保兴生物设备工程有限公司。容积为 30 L, 能够自动搅拌, 自动控制通气量、湿度和温度。

分析测试设备: Agilent 6890N 气相色谱仪, 配 ^{63}Ni μ -ECD 检测器; KQ-50B 型超声波发生器, BF-2000 型氮气吹干仪, K-D 浓缩瓶。

1.2 试剂

丙酮、石油醚 (沸程 30~60℃)、硫酸、无水硫酸钠, 均为北京化工厂生产的分析纯试剂。

α -HCH、 β -HCH、 γ -HCH、 δ -HCH, pp'-DDE、pp'-DDD、op'-DDT、pp'-DDT 等标准样品购于中国标准物质开发研究中心。

1.3 堆制材料

鸡粪取自长春市净月区十里铺村蛋鸡饲养场。为调节碳氮比和保持良好通风, 添加玉米秸秆, 取自吉林农业大学实验站的试验田, 粉碎为 2 cm 左右的小段秸秆。堆肥材料基本性状见表 1。

供试复合微生物菌剂: 用平板稀释法从鸡粪堆肥中

收稿日期: 2009-04-17 修订日期: 2009-07-13

基金项目: 国家自然科学基金 (No.40471076、No.40871107); 吉林省环保局项目 (2008031); 吉林农业大学研究启动基金

作者简介: 王玉军 (1972—), 男, 吉林人, 博士, 副教授, 主要从事环境污染化学研究。长春 吉林农业大学资源与环境学院, 130118。

Email: jindwangyujun@163.com

*通信作者: 窦森, 教授, 主要从事土壤环境化学研究。长春 吉林农业大学资源与环境学院, 130118。Email: dousen@tom.com

分离纯化不同类型菌株, 选择搭配优势群体, 分别进行单菌株液体扩大培养, 然后进行定量混合, 即成为液体复合微生物菌剂, 活菌数达到 10^8 mL^{-1} 。

表 1 堆肥材料主要成分

Table 1 Main composition of the composting materials

原料	全氮/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全碳/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	C/N (质量比)	全磷/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全钾/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
鸡粪	22.4	186	8.3	23.10	17.8
玉米秸秆	8.3	523	63.0	2.38	11.4

1.4 堆制方案

分为未添加菌剂和添加菌剂 2 个处理, 添加菌剂处理按干物料的 10% 接种液体复合微生物菌剂, 未添加菌剂处理用相同量的无菌水代替。每个处理 3 次重复, 按 C:N=23.8:1 配比混合鸡粪与玉米秸秆, 控制初始含水率为 60% (质量比)。强制通风, 以排放气体中氧气浓度不低于 10% (体积比) 来调节通气量。120 min 搅拌 1 次, 每次搅拌 20 min, 转速为 5 r/min。在 0、2、5、10、15、20、30 d 取样分析有机氯农药的含量。为保证所取样品的代表性, 每次取样均在搅拌后进行, 从发酵罐的取样口取样, 取样深度为 0~15 cm。每日 8:00 和 20:00 测定堆体温度, 取平均后作为每日的堆温。

为研究堆肥过程的高温及通风对于有机氯农药挥发的影响, 设置物料灭菌的模拟堆肥处理。本处理的堆肥物料配比、含水率、通风量和取样时间均与以上 2 个正常堆肥处理一致。由于灭菌后堆肥物料无法完成发酵过程, 因此不会产生正常堆肥的升温阶段, 该处理的温度为人为控制, 每日温度分别为未添加菌剂及添加菌剂 2 个处理的平均温度; 通入的气体经过除菌过滤器处理; 补充水分无菌水。灭菌过程中必然引起有机氯挥发, 导致该处理有机氯初始含量低于正常堆肥处理, 本文试验条件下, 有机物的挥发比例、降解比例及半衰期与有机氯起始含量无关; 更为重要的是为避免使无菌的堆肥物料染菌, 本处理未向体系补充 HCH 和 DDT。

1.5 样品测定

1.5.1 样品前处理

有机氯农药的处理和分析参照 GB/T14550-2003 规定的标准方法进行。样品采用丙酮-石油醚 (体积比 1:4) 混合溶剂浸泡过夜, 超声提取, 浓 H_2SO_4 磺化法净化, 无水硫酸钠脱水, K-D 瓶浓缩至 1 mL, 进行毛细管柱/GC/ μ -ECD 测定, 随机抽取 20% 的样品进行平行双样测定。全程执行质量控制程序^[12]。

1.5.2 色谱分析

HP-5 交联键合石英毛细管柱 ($30 \text{ m} \times 3.2 \text{ mm} \times 0.25 \mu\text{m}$); 汽化室、检测器温度分别为 200°C 和 325°C ; 载气及尾吹气: 高纯氮; 程序升温: 50°C (保持 5 min) $\rightarrow 25^\circ\text{C}/\text{min}$ 至 $170^\circ\text{C} \rightarrow 5^\circ\text{C}/\text{min}$ 至 260°C (保持 5 min)。

外标峰面积法定量。HCH 包括 α -HCH、 β -HCH、 γ -HCH 及 δ -HCH 总和, DDT 包括 pp'-DDE、pp'-DDD、op'-DDT 及 pp'-DDT 总和^[12]。

2 结果与分析

2.1 堆肥过程中温度变化

图 1 表明, 堆肥处理过程中, 2 个处理的堆体温度在 3 d 时达到 50°C , 添加菌剂处理和未添加菌剂处理分别在 5 d 和 6 d 时达到最高温度后逐渐回落, 13 d 时堆温开始低于 50°C , 30 d 时堆料温度与外界接近, 表明堆肥过程结束。由于添加了复合菌剂, 有机物料得到迅速分解, 堆肥初期添加菌剂处理的堆温高于未添加菌剂处理。

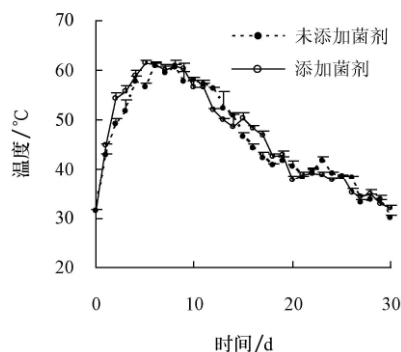


图 1 堆肥过程中温度变化

Fig.1 Temperature variations during composting

2.2 堆肥过程中 HCH 变化

2.2.1 总量的变化

图 2 表明, 堆肥过程中虽然有机物料的总质量逐渐下降, 但难于降解的六六六并未表现出相对浓缩的趋势, 质量分数反而呈现出下降的趋势。从未添加菌剂和添加菌剂 2 个正常的堆肥处理的 HCH 降解曲线发现, 堆肥前期的高温阶段 HCH 的降解速率较快, 而后期降解较慢。

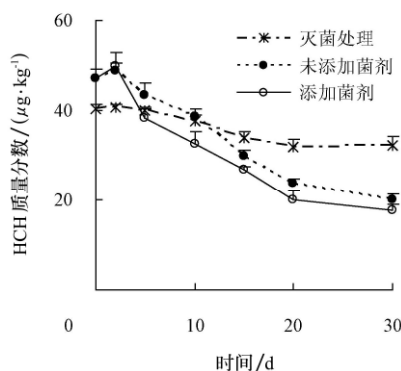


图 2 不同处理对 HCH 质量分数的影响

Fig.2 Effect of different treatments on content of HCH

2 个堆肥处理比较发现, HCH 质量分数的降低比例分别为 57.8% (未添加菌剂处理) 和 62.7% (添加菌剂处理); 对堆肥过程 HCH 含量变化进行 t 检验: $t=3.089^* > t_{0.05,6}=2.447$, 差异显著, 表明添加外源微生物对 HCH 的降解具有一定的促进作用。

物料经灭菌、并在无菌条件下培养后, 通过人工措施维持与正常堆肥处理相接近的温度、并保持正常的通风, HCH 质量分数从堆肥之初的 $40.49 \mu\text{g}/\text{kg}$ 降低到 $32.15 \mu\text{g}/\text{kg}$, 即 HCH 质量分数降低了 20.6%。

2.2.2 不同异构体的变化

表 2 显示，添加菌剂和未添加菌剂 2 个正常的堆肥处理过程中， α -HCH、 δ -HCH 的降解率显著高于 β -HCH、 γ -HCH。而没有微生物活动的灭菌处理，HCH 各种异构体之间的降解率差别显著低于有微生物活动的堆肥处理。

表 2 堆肥处理过程中六六六质量分数降低比例
Table 2 Reduction proportion of HCH during composting

处理	HCH 总质量分数	%				
		α -HCH	β -HCH	γ -HCH	δ -HCH	
灭菌未添加菌剂	20.6	24.3	25.6	18.4	17.4	
未添加菌剂	57.8	64.4	36.9	53.7	70.7	
添加菌剂	62.7	73.4	54.3	53.4	70.2	

2.3 堆肥过程中 DDT 的变化

2.3.1 总量的变化

对堆肥过程中 DDT 的变化研究表明（见图 3）：变化趋势与 HCH 类似，DDT 的质量分数总体呈现下降的趋势。灭菌处理、未添加菌剂和添加菌剂 3 个处理的 DDT 质量分数分别降低了 13.8%、28.7%和 38.0%，灭菌处理显著低于正常堆肥处理。

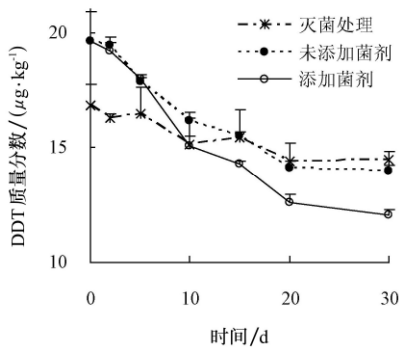


图 3 不同处理对 DDT 质量分数的影响
Fig.3 Effect of different treatments on content of DDT

对 2 个正常堆肥处理过程中的 DDT 含量变化进行 t 检验： $t=2.746^*>t_{0.05,6}=2.447$ ，差异显著，表明添加的菌剂对 DDT 的降解具有一定的促进作用。

2.3.2 不同衍生物的变化

表 3 表明，添加菌剂和未添加菌剂 2 个正常的堆肥处理过程中，pp'-DDT、op'-DDT 的降解率显著高于 pp'-DDD、pp'-DDE。而灭菌处理中，DDT 的各种衍生物质量分数降低比例大多低于堆肥处理。

表 3 堆肥处理过程中滴滴涕含量降低比例
Table 3 Reduction proportion of DDT during composting

处理	DDT 总质量分数	%			
		pp'-DDE	pp'-DDD	op'-DDT	pp'-DDT
灭菌未添加菌剂	13.8	3.3	8.7	12.5	20.5
未添加菌剂	28.7	12.5	1.5	17.6	57.6
添加菌剂	38.0	2.4	13.3	35.3	66.7

3 讨 论

3.1 不同时期有机氯的变化

在本文所设置的灭菌处理中，模拟了堆肥的通气、温度和湿度条件，但没有微生物活动影响。处理 30 d 后，HCH 和 DDT 的质量分数分别降低了 20.6%、13.8%，主要是由于高温通气的条件下，挥发造成的，这种原因引起有机氯含量的降低只是位置发生了转移，并未产生形态上的转化，对有机氯的降解并没有积极意义^[13]。

由图 2 可知：灭菌未添加菌剂处理 0 d、30 d 的 HCH 质量分数分别为 40.49、32.15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，即堆肥过程中的高温和通气条件引起 HCH 挥发比例为 20.6%；未添加菌剂处理 0 d、30 d 的 HCH 质量分数分别为 47.80、20.16 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。假设灭菌处理的起始质量分数为 47.80 $\mu\text{g}/\text{kg}$ （与未添加菌剂处理一致），按照挥发产生的减少率仍为 20.60%，则 30 d 时残留量就应为 37.95 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，而未添加菌剂处理 30 d 为 20.16 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ，所以未添加菌剂处理 HCH 的纯生化反应降解率为 $\frac{37.95-20.16}{47.80}\times 100\%=37.20\%$ 。同理，扣除堆肥过程

的高温 and 通气等因素对有机氯挥发的影响，添加菌剂处理 HCH 的降解率为 42.1%；DDT 的降解率分别为 14.9%（未添加菌剂处理）、24.2%（添加菌剂处理）。因此，试验中，在堆肥物料的高温发酵过程中，一些高温好氧菌能够促进有机氯等持久性有机污染物的转化和降解^[14]。

DDT 的生化降解率与挥发率相比，前者并未显著高于后者，说明某些难降解有机物在堆肥过程中含量降低不应认为均是生化降解反应的作用。

在整个堆肥期间内，2 种有机氯农药的降解率均表现为前期高、后期低的特征，主要是由于堆肥初期堆体条件适宜，微生物的活性较强，促使微生物大量繁殖，微生物在分解其他有机物的同时，HCH 和 DDT 以共代谢的形式降解^[15]。

0 d 时，相同来源的堆肥物料中灭菌处理的 HCH 和 DDT 含量明显低于未添加菌剂和添加菌剂 2 个正常的堆肥处理，主要是由于在灭菌过程中，高温促进了固相中的 HCH 和 DDT 向气相中挥发^[11]，在排气过程中排出堆肥体系以外，但这种含量的降低并非是有机氯农药降解而引起的。

3.2 不同有机氯农药的变化

图 3 与图 2 比较发现，堆肥物料和堆肥产品中 DDT 的质量分数均低于 HCH 的质量分数，前者约为后者的 1/2 左右，表明在试验地区内，HCH 的残留量要高于 DDT 的含量，这可能与该区域 HCH 的用量较大有关。与 HCH 相比，2 个正常堆肥处理的 DDT 降解率均低于 HCH，表明无论是堆肥物料本身含有的微生物还是所添加的菌剂，对 HCH 的降解性能都好于 DDT，即微生物及其他条件一致的前提下，DDT 的降解难于 HCH，这可能与某些 DDT 的衍生物比较稳定有关^[16]，相关机理有待于进一步研究。

3.3 不同异构体或不同衍生物的变化

HCH 不同异构体的降解特性表现为： α -HCH、 δ -HCH 的降解率高于 β -HCH、 γ -HCH；DDT 不同衍生物的降解特性表现为：pp'-DDT、op'-DDT 的降解率高于 pp'-DDD、

pp'-DDE, 与李国学等人^[1]的结论相似。由于 DDT 可以通过脱 Cl 加 H 生成 DDD, 或者脱 HCl 生成 DDE, 因而 pp'-DDT、op'-DDT 的降解率高于 pp'-DDD、pp'-DDE 的原因有可能是: 生化降解过程中前者一部分转为后者。表 3 数据表明, 添加菌剂处理的 pp'-DDE 和未添加菌剂处理的 pp'-DDD 的质量分数降低比例 (为生化降解率与挥发率之和) 反而低于灭菌处理的含量降低比例 (仅为挥发率), 进一步验证了这种假设。

4 结 论

1) 在没有微生物参与的条件下, HCH 和 DDT 的转化及降解性能很差, 以挥发等物理迁移过程为主。在尽量接近堆肥的条件下, 1 个堆肥周期内, HCH 和 DDT 的质量分数分别降低了 20.6%、13.8%。

2) 堆肥处理有助于 HCH 和 DDT 的降解, 仅利用堆肥物料自有的微生物, 经过 30 d 的堆肥处理, 扣除堆肥过程的高温 and 通气等因素对挥发的影响后, HCH 和 DDT 的降解率分别为 37.2% 和 14.9%。

3) 试验中所添加的菌剂能促进 HCH 和 DDT 的降解。扣除堆肥过程的高温 and 通气等因素对挥发的影响后, 添加菌剂处理 HCH 和 DDT 的降解率分别为 42.1% 和 24.2%, 与未添加菌剂处理差异显著。

4) α -HCH、 δ -HCH 的降解率高于 β -HCH、 γ -HCH; pp'-DDT、op'-DDT 的降解率高于 pp'-DDD、pp'-DDE。

[参 考 文 献]

- [1] 李国学, 孙英. 高温堆肥对六六六(HCH)和滴滴涕(DDT)的降解作用研究[J]. 农业环境保护, 2000, 19(3): 141—144.
Li Guoxue, Sun Ying. Degradation of organochlorine insecticides HCH and DDT during thermophilic composting process[J]. Agro-environmental Protection, 2000, 19(3): 141—144. (in Chinese with English Abstract)
- [2] 牛俊玲, 崔宗均, 秦莉, 等. 不同培养条件对堆肥中降解纤维素林丹复合菌系分解能力的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 235—240.
Niu Junling, Cui Zongjun, Qin Li, et al. Effects of cultural conditions on the capability of complex microbial system to degrade cellulose and lindane in composting[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(1): 235—240. (in Chinese with English Abstract)
- [3] Falcón M, Oliva J, Osuna E, et al. HCH and DDT residues in human placentas in Murcia (Spain)[J]. Toxicology, 2004, 195(2/3): 203—208.
- [4] Guillaume Pelletier, Sheila Masson, Mike J Wade, et al. Contribution of methylmercury, polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides to the toxicity of a contaminant mixture based on Canadian Arctic population blood profiles[J]. Toxicology Letters, 2009, 184(3): 176—185.
- [5] 王定美, 徐智, 黄锦楼, 等. 土壤中六六六和滴滴涕的堆肥生物修复研究[J]. 环境污染与防治, 2008, 30(11): 58—61.
- [6] Wang Dingmei, Xu Zhi, Huang Jinlou, et al. Bioremediation of HCH and DDT contaminated soil by composting[J]. Environmental Pollution & Control, 2008, 30(11): 58—61. (in Chinese with English Abstract)
- [7] 李健, 张峥嵘, 黄少斌, 等. 固体废物堆肥化研究进展[J]. 广东化工, 2008, 35(1): 93—96.
Li Jian, Zhang Zhengrong, Huang Shaobin, et al. Research development of composting techniques with solid wastes[J]. Guangdong Chemical Industry, 2008, 35(1): 93—96. (in Chinese with English Abstract)
- [8] Hargreaves J C, Adl M S, Warman P R. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2008, 123(1/2/3): 1—14.
- [9] Emeterio Iglesias Jiménez, Victor Perez Garcia. Evaluation of city refuse compost maturity: A review[J]. Biological Wastes, 1989, 27(2): 115—142.
- [10] Ng Q Y C, Chan A H M, Ma S W Y. A study of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/furans (PCDD/Fs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in the livestock waste compost of Hong Kong, PR China[J]. Marine Pollution Bulletin, 2008, 57(6/7/8/9/10/11/12): 381—391.
- [11] Patryk Oleszczuk. Hanges of polycyclic aromatic hydrocarbons during composting of sewage sludges with chosen physico-chemical properties and PAHs content[J]. Chemosphere, 2007, 67(3): 582—591.
- [12] Patricia Österreicher-Cunha, Tomaz Langenbach, João P M Torres, et al. HCH distribution and microbial parameters after liming of a heavily contaminated soil in Rio de Janeiro[J]. Environmental Research, 2003, 93(3): 316—327.
- [13] 李莉, 赵晓松. 吉林省东部山区人参栽培基地土壤污染现状与评价[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(2): 203—206.
Li Li, Zhao Xiaosong. Investigation and assessment on pollution of ginseng cultivation soil in the east mountain areas of Jilin Province[J]. Journal of Agro-environmental Science, 2005, 24(2): 203—206. (in Chinese with English Abstract)
- [14] Frank Wania, Donald Mackay. A global distribution model for persistent organic chemicals[J]. Science of the Total Environment, 1995, (15): 211—232.
- [15] Kapanen A, Stephen J R, Brüggemann J, et al. Diethyl phthalate in compost: Ecotoxicological effects and response of the microbial community[J]. Chemosphere, 2007, 67(11): 2201—2209.
- [16] Nongkran Lumjuan, Lynn McCarroll, La-aied Prapanthadara, et al. Elevated activity of an Epsilon class glutathione transferase confers DDT resistance in the dengue vector, Aedes aegypti[J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2005, 35(8): 861—871.
- [17] Sumit Kumar Gautam, Sumathi Suresh. Dechlorination of DDT, DDD and DDE in soil (slurry) phase using magnesium/palladium system[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2006, 304(1): 144—151.

Effect of composting on volatilization and degradation of organo-chlorine pesticide

Wang Yujun, Dou Sen^{*}, Zhang Xiaomei, Li Wenpeng

(College of Resource and Environmental Science, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: Aerobic composting treatments using chicken manure and corn straw as the composting material at high temperature were performed in order to study the effect of composting on the volatilization and degradation of HCH and DDT. The study show that 20.6% of HCH and 13.8% of DDT volatilized due to high temperature and ventilation during the period of composting, which accelerated the volatilization of HCH and DDT to gas phase within 30 days. Apart from the effect of high temperature and ventilation on the volatilization of organochlorine pesticides, the degradation rates of HCH and DDT in the treatment without microbial inoculums were 37.2% and 14.9%, respectively. The degradation rates of HCH and DDT in the treatment with microbial inoculums were 42.1% and 24.2%, respectively. The significant difference between the treatment without microbial inoculums and the one with microbial inoculums was found. The degradation rates of α -HCH and δ -HCH were higher than those of β -HCH and γ -HCH. The degradation rates of pp'-DDT and op'-DDT were higher than those of pp'-DDD and pp'-DDE. The results indicate that high temperature and ventilation accelerated the volatilization of HCH and DDT to the gas phase during the composting and the biochemical reactions in this process contributed to the degradation of organochlorine pesticides such as HCH and DDT.

Key words: composting, degradation, agricultural wastes, volatilization, hexachlorocyclohexane, dichlorodiphenyl trichloroethane