

牛粪接种复合发酵剂堆肥对腐植酸变化特征的影响

国洪艳, 徐凤花, 万书名, 陈 高, 李 金

(东北农业大学资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要:在室外温度低于 0 ℃时,进行牛粪接种复合发酵剂堆肥试验,探讨复合发酵剂对腐植酸变化特征的影响。结果表明,接种复合发酵剂的全碳、总腐植酸含量在堆肥周期内呈下降趋势;总腐植酸与全碳比率逐渐增加且增加的比率明显高于未接种复合发酵剂。在堆肥前期,接种复合发酵剂的胡敏酸含量先下降;随着发酵进程的推移,又逐渐升高;至堆肥结束时,接种复合发酵剂胡敏酸含量高于未接种复合发酵剂。富里酸含量在整个发酵周期内呈明显的下降趋势,接种复合发酵剂富里酸含量在发酵不同阶段均低于未接种复合发酵剂。在堆肥过程中,接种复合发酵剂与未接种复合发酵剂胡富比 (HA/FA) 逐渐增加;至堆肥结束时,二者胡富比分别为 1.26、1.08,表明接种复合发酵剂的牛粪堆肥腐植酸的腐殖化程度增加,发酵后腐殖质品质得到改善。

关键词:牛粪堆肥;复合发酵剂;腐植酸

中图分类号:S141.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2008)03-1231-04

Effects of Inoculating Complex Microbial Inoculants to Cattle Manure Compost on Dynamic Characteristics of Humic Carbon

GUO Hong-yan, XU Feng-hua, WAN Shu-ming, CHEN Gao, LI Jin

(College of Resources and Environmental Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The compost test was conducted to study the effects of inoculating complex microbial inoculants on dynamic characteristics of humic carbon during the cattle manure composting process when outdoor temperature is lower than 0 ℃. The results showed that inoculating complex microbial inoculants could conspicuously decrease both total carbon and humic carbon contents throughout the whole compost. The ratio of total humic carbon to total carbon increased gradually, which was obviously higher than that of non-microbes inoculation. Inoculating complex microbial inoculants could decline the content of humic acid (HA) at the initial stage of composting while increased at the later stage. The content of humic acid was higher than that of non-microbes inoculation at the final stage of composting. Fulvic acid (FA) contents with inoculating complex microbial inoculants decreased sharply and the content of fulvic acid was lower than that of without microbe inoculation at different composting stages. But the ratio of HA/FA increased all the time throughout the compost. The ratio of HA/FA with inoculating complex microbial inoculants and without microbes inoculation was 1.26 and 1.08 respectively at the final stage of composting, indicating that the degree of composting humification increased and the quality of compost improved during inoculating complex microbial inoculants on cattle manure composting.

Keywords: cattle manure compost; complex microbial inoculants; humic carbon

畜禽粪便的环境污染问题变得日益严重,如果不及时处理,对畜禽和人类的健康造成很大威胁,解决大量畜禽粪便经济又有效的方法就是堆肥法。堆肥是在微生物的作用下使有机物矿化、腐殖化,合成新的

高分子有机物——腐殖质,它是构成土壤肥力的重要活性物质^[1]。这样既能解决环境污染问题,还能够变废为宝。目前国内外粪便处理措施都倾向于生产有机肥,其工艺主要有直接干燥、自然堆肥、高温堆肥和微生物接种剂发酵等^[2,3]。微生物接种剂是在高温堆肥的基础上通过添加功能微生物,代替土著微生物,加快腐熟速度提高腐熟程度,生产真正意义上的生物有机肥^[4,5]。农田施用后不仅能提高土壤中植物营养元素的供应水平,而且可通过其所含微生物的生命活动产生

收稿日期:2007-10-09

基金项目:财政部司国家环保总局司 2004,集约化畜禽养殖污染防治
专项基金

作者简介:国洪艳 (1979—),女,硕士,研究方向应用微生物。

E-mail: ghysdf777@126.com

通讯作者:徐凤花 E-mail: xfh00001@126.com

的次生代谢物(如激素类物质等)促进植物对营养元素的吸收利用,提高土壤肥力,减轻病虫害而使作物产量增加,品质提高。对于保护生态环境,推动农业可持续发展和增强农产品市场竞争力具有十分重要的意义^[6,7]。

本试验针对在室外温度低于 0℃时,将已优化出的复合发酵剂应用于牛粪高温堆肥,研究堆肥过程中腐植酸变化特征,对控制堆肥进程,缩短发酵周期,提高腐殖化程度,加快堆肥腐熟速度具有重要作用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

牛粪,稻壳,复合发酵剂。堆肥材料的主要理化性状见表 1。

表 1 堆肥材料主要理化性状							
Table 1 Physical and chemical characteristics of compost materials							
原料理化性质	水分/%	pH值	C/N	全氮/%	全磷/%	全钾/%	OM/%
牛粪	71.75	7.65	28.65	1.91	0.78	0.48	77.95
稻壳(调理剂)	5.00	—	37.33	1.68	0.043	1.03	82.20

1.2 试验设计

- 试验设 2 个处理,3 次重复
- CK:84%牛粪+16%调理剂
- 处理:84%牛粪+16%调理剂+0.1%复合发酵剂

1.3 试验过程

用稻壳将鲜牛粪水分调至 65%左右,混匀后堆成 2 m×1.5 m×1.2 m 堆体,翻堆时将表面、底部与中间各层混合均匀,直至腐熟。在堆肥过程中,分别在堆肥的 0、1、3、5、7、9、11、12、15 d 进行多点取样,并采用四分法收集样品。

1.4 测定方法

- 1.4.1 全碳含量测定
- 采用重铬酸钾外加热法^[8]。
- 1.4.2 腐植酸含量测定
- 总腐植酸采用焦磷酸钠($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$)浸提- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 容量法^[9];游离腐植酸采用 1%NaOH 浸提- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 容量法^[9];水溶性腐植酸采用水浸提- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 容量法^[9]。
- 1.4.3 腐殖质含量测定
- 采用焦磷酸钠提取-重铬酸钾法^[9]。

2 结果与分析

2.1 牛粪接种复合发酵剂堆肥全碳含量变化动态

堆肥是利用微生物分解和转化原料中可降解有

机物产生二氧化碳、水及热量的过程,堆肥材料中碳素主要用于微生物活动的能源和碳源^[10,11]。堆肥过程中全碳含量动态变化如图 1 所示。

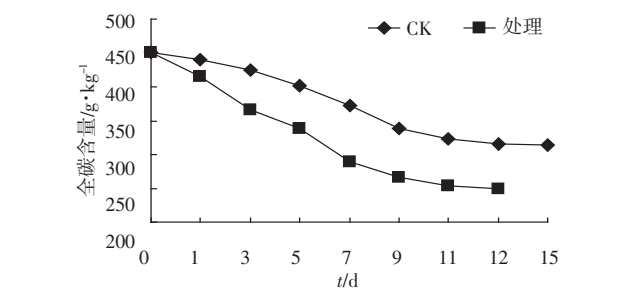


图 1 牛粪堆肥全碳含量动态变化

Figure 1 Dynamics of total carbon during the cattle manure compost

如图 1 所示:CK、处理全碳量在堆肥周期内呈下降趋势,CK 在发酵的 0~9 d 下降速度较快,处理则在 0~7 d 下降速度较快,此时,二者下降幅度为 24.8%、35.8%,随着发酵时间的延长,全碳含量下降缓慢并趋于稳定,至堆肥结束时,CK、处理全碳量下降幅度 30.1%、44.6%。可见,在 0℃下牛粪接种复合发酵剂,对碳素分解具有一定的促进作用。

2.2 牛粪接种复合发酵剂堆肥腐植酸变化特征

在堆肥进程中,微生物在降解有机质的同时,还伴随着腐殖化过程,产物中腐殖质含量及组成是评价堆肥质量的关键^[12]。

2.2.1 总腐植酸含量的变化

从图 2 可以看出,随着堆肥进程推移,CK、处理总腐植酸含量逐渐下降,CK 在发酵的 0~9 d 总腐植酸含量相对起始降低了 22.6%,处理则在 0~7 d 降低了 31.9%;而后,CK、处理总腐植酸含量缓慢下降,至堆肥结束时总腐植酸含量逐渐趋于平稳。处理相对 CK 下降速度较快,在复合发酵剂中多种微生物的作用下加速腐植酸分解,同时放出大量的热促使堆体温度升高,加速物料腐熟。总腐植酸占全碳比率在发酵周期内呈上升趋势(图 3),CK、处理由堆肥初期至堆

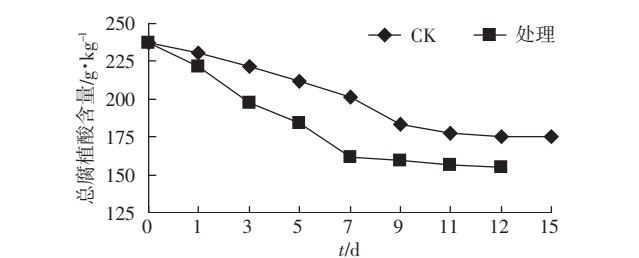


图 2 牛粪堆肥总腐植酸含量动态变化

Figure 2 Dynamics of total humic carbon during the cattle manure compost

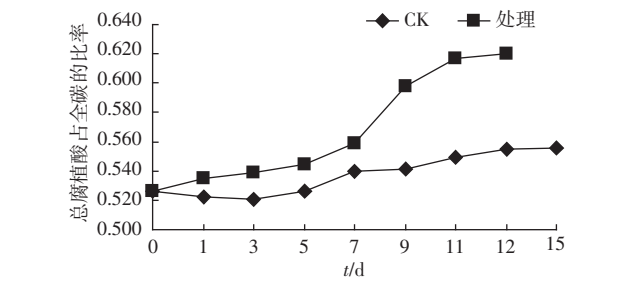


图 3 牛粪堆肥总腐植酸与全碳比率变化动态

Figure 3 Dynamics of the ratio of total humic carbon to total carbon during the cattle manure compost

肥结束时提高幅度为 5.70%、17.9%，表明在 0℃下牛粪接种复合发酵剂加速了腐殖化进程，增加了腐植酸的腐殖化程度，提高了堆肥产物质量。

2.2.2 游离性腐植酸含量的变化

游离腐植酸指结合态的大分子腐植酸，具有相对较高的活性，是总腐植酸的主要组成部分。堆肥过程中游离腐植酸含量变化情况见图 4。

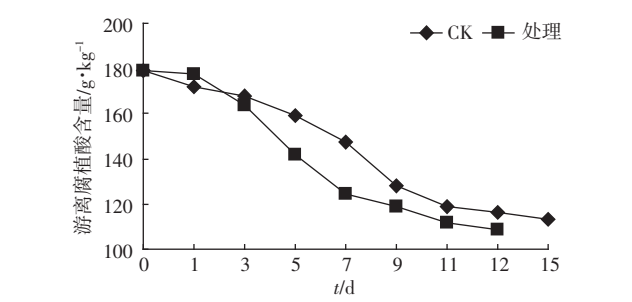


图 4 牛粪堆肥游离腐植酸含量变化动态

Figure 4 Dynamics of free form humic acid during the cattle manure compost

由图 4 可知：牛粪堆肥过程中，游离腐植酸含量也呈下降趋势，CK 在发酵的 0~7 d 下降速度较慢，7~9 d 开始加快，此后，缓慢下降并趋于稳定；处理则在 0~7 d 快速下降，随着发酵进程的进行，游离腐植酸下降减缓，至堆肥结束时，处理游离腐植酸含量下降幅度为 39.3%，较 CK 多下幅 2.7%，表明堆肥过程中游离腐植酸中不稳定成分易被接种复合发酵剂中的微生物分解，其数量变化趋势直接影响了总腐植酸的变化趋势。

2.2.3 水溶性腐植酸含量的变化

水溶性腐植酸占总腐植酸的一小部分，是总腐植酸中最活跃、最有效的组分。它是在微生物作用下通过生物化学过程新形成的小分子腐植酸，从性质上主要呈富里酸特性，溶于水和稀酸。

如图 5 所示：CK、处理水溶性腐植酸含量先降低

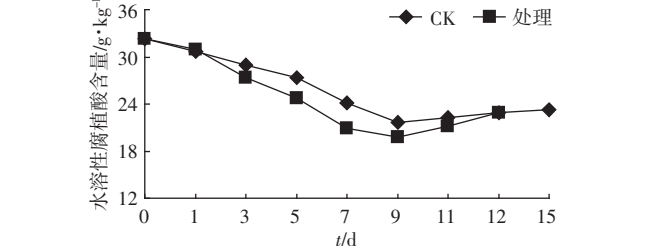


图 5 牛粪堆肥水溶性腐植酸含量变化动态

Figure 5 Dynamics of water soluble humic acid during the cattle manure compost

后增加，在发酵的第 9 d 降到最低点，与堆肥前相比 CK、处理下降幅度为 33.1%、38.7%；至发酵腐熟阶段，水溶性腐植酸含量略有上升，处理较 CK 增加 7.7%，说明在复合发酵剂中微生物协同下，分解水溶性腐植酸中不稳定成分，导致水溶性腐植酸含量下降；与此同时微生物产生的酶加速有机质转化，将大分子的腐植酸分解为水溶性的小分子腐植酸，补充着被分解的水溶性腐植酸，促使发酵后期水溶性腐植酸含量上升。

2.3 牛粪接种复合发酵剂堆肥腐殖质变化动态

堆肥腐熟是在一系列微生物作用下分解转化有机碳，同时又重新合成新的腐植酸类物质，根据溶解特性腐植酸可分为：胡敏酸、富里酸、胡敏素。

在堆肥初期 CK 胡敏酸的含量缓慢下降（表 2），至发酵第 9 d 降到最低点；处理胡敏酸的含量急剧下降，至发酵的第 7 d 降到最低点，与发酵起始相比 CK、处理胡敏酸含量下降了 16.9%、21.2%。接种复合发酵剂的牛粪堆肥，发酵过程中增加了物料中微生物的数量、种类^[13,14]，快速分解原料中胡敏酸的不稳定成分，使胡敏酸含量急剧下降；随着堆肥时间的延长，胡敏酸含量上升，至堆肥结束时处理相对最低点上升 20.3%，较 CK 增幅 6.9%，新的稳定的胡敏酸分子在复合发酵剂中微生物的作用下又重新被合成，促使堆肥后期胡敏酸含量上升。可见，接种复合发酵剂有利于胡敏酸的形成，加快堆肥腐熟，缩短发酵周期。

		表 2 堆肥过程中腐殖质组成变化									
		Table 2 Changes of humus substances during composting									
项目	处理	取样日期/d									
		0	1	3	5	7	9	11	12	15	
胡敏酸/ g·kg ⁻¹	CK	44.90	44.10	43.90	42.30	39.20	37.30	39.00	40.90	42.30	
	处理	44.90	43.20	40.10	37.00	35.40	36.90	39.10	42.60		
富里酸/ g·kg ⁻¹	CK	57.80	56.30	54.60	50.10	45.30	42.80	41.20	40.30	39.00	
	处理	57.80	54.20	48.20	44.30	38.60	36.90	34.30	33.90		
胡富比 HA/FA	CK	0.78	0.78	0.80	0.84	0.87	0.87	0.95	1.01	1.08	
	处理	0.78	0.80	0.83	0.84	0.92	1.00	1.14	1.26		

堆肥过程中富里酸含量呈现持续下降趋势(表2),处理富里酸含量下降度较CK快,由于富里酸分子量小,结构简单,一部分易被接种复合发酵剂中的微生物分解,而另一部分则通过生物化学过程合成分子量较大的胡敏酸类物质;至发酵腐熟阶段,二者下降速度缓慢,逐渐平稳,至堆肥结束时,处理富里酸含量较CK下降8.9%。表明接种复合发酵剂在堆肥过程中促进富里酸向胡敏酸转化,加快转化进程。

胡敏酸、富里酸是腐殖质的主要组成部分。从其组成上看,胡敏酸和富里酸的比值(HA/FA)随堆肥进程而呈增加趋势(表2);CK、处理的胡富比共同从堆制开始的0.78分别增加至堆制结束时的1.08、1.26,增加幅度分别为38.5%、61.5%。表明在0℃下接种复合发酵剂可以提高堆肥过程中的胡富比,促进胡敏酸形成,提高堆肥产物中腐殖质含量与质量。

3 结论

(1)在0℃下,牛粪接种复合发酵剂可以加快有机质的分解和腐熟,加速堆肥反应进程。

(2)在堆肥周期内,全碳、总腐植酸含量呈下降趋势,但总腐植酸与全碳比率提高,表明堆肥过程中牛粪接种复合发酵剂堆肥对碳素分解起到一定作用。

(3)从腐殖质组成看,堆肥中富里酸分解速度较快,加之有大量胡敏酸类物质形成,至堆肥结束时接种复合发酵剂的胡富比较对照上升23.0%,从而促进新的高分子有机物——腐殖质的形成,使发酵后腐殖品质得到改善。

(4)在0℃下,牛粪接种复合发酵剂堆肥,在微生物协同作用下可以加快碳素分解,促使物料向腐殖化方向进行,提高堆肥产物质量。

参考文献:

[1] 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.
LI Guo-xue, LI Yu-chun, LI Yan-fu. Advance on composting of solid waste and utilization of additives[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2003, 22 (2):252-256.

[2] 李秀金,董仁杰. 粪草堆肥特性的试验研究[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7 (2):31-35.
LI Xiu-jin, DONG Ren-jie. Characteristics of cattle manure and rice straw composting[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2002, 7 (2):31-35.

[3] 余振华. 畜禽废弃物的处理和利用[J]. 农业环境保护, 1993, 12 (2):88-90.
YU Zhen-hua. Composting and utilization of livestock and poultry wastes[J]. *Agro-Environmental Protection*, 1993, 12 (2):88-90.

[4] 沈根祥,袁大伟. Hsp 菌剂在牛粪堆肥中的试验应用[J]. 农业环境保护, 1999, 18 (2):62-64.
SHEN Gen-xiang, YUAN Da-wei. Application of Hsp microorganism used for composting of cow dung[J]. *Agro-Environmental Protection*, 1999, 18 (2):62-64.

[5] 何琳燕,等. 高效菌群对性冷牛粪的快速腐熟作用研究 [J]. 土壤通报, 2006, 37 (4):761-763.
HE Lin-yan, et al. Effects of decomposing microbial inoculums NMF on quick decomposition of cow dung[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37 (4):761-763.

[6] 张文君,等. 有机无机复混肥对作物产量及品质的影响[J]. 山东农业科学, 2005, 3:57-58.
ZHANG Wen-jun, et al. Effects of the organic-inorganic fertilizer on crop yield and quality[J]. *Shandong Agricultural Science*, 2005, 3:57-58.

[7] 李庆康. 我国集约化畜禽养殖场粪便处理利用现状及展望[J]. 农业环境保护, 2000, 19 (4):251-254.
LI Qing-kang. The status and outlook of treatment on excreta from intensive animal farming in china[J]. *Agro-Environmental Protection*, 2000, 19 (4):251-254.

[8] 严昶升. 土壤肥力研究方法 [M]. 北京:中国农业出版社, 1988.
YAN Chang-sheng. Research method of soil fertility[M]. Beijing:Chinese Agriculture Publishers, 2000.

[9] 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.
The Agricultural Chemistry Specialty Committee of Chinese Soil Academy. The general analysis methods for soil and agriculture ceechemistry [M]. Beijing:Science Press.1989.

[10] 李吉进,等. 高温堆肥碳氮循环及腐殖质变化特征研究 [J]. 生态环境, 2004, 13 (3):332-334.
LI Ji-jin, et al. Carbon and nitrogen circulation and humus characteristics of high-temperature composting[J]. *Ecology and Environment*, 2004, 13 (3):332-334.

[11] 解开治,等. 一种腐熟促进剂配合微生物腐熟剂对鲜牛粪堆肥的效应研究 [J]. 农业环境科学学报, 2007, 26 (3):1142-1146.
XIE Kai-zhi, et al. Effects of one chemical composting promoter and microorganism composting preparations on fresh cow dung compost [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26 (3):1142-1146.

[12] 刘艳华,等. 生活垃圾接种微生物堆肥对腐殖组分的影响 [J]. 东北农业大学学报, 2007, 37 (1):43-47.
LIU Yan-hua, et al. Effect on humic substances of inoculating microbes on municipal solid waste composting[J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2007, 37 (1):43-47.

[13] 何慧霞,等. 低温下牛粪接种发酵剂对堆肥温度与微生物的影响[J]. 东北农业大学学报, 2007, 38 (1):54-58.
HE Hui-xia, et al. Effects of inoculated complex microbial agent to cattle manure on compost temperature and microorganism under low temperature[J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2007, 38 (1):54-58.

[14] 李玉红,王 岩,李清飞. 外源微生物对牛粪高温堆肥的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2006, 25 (增刊):609-612.
LI Yu-hong, WANG Yan, LI Qing-fei. Effect of inoculating microbes on composting process of cattle manure[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2006, 25 (Suppl):609-612.