

# 柿酒渣与牛粪混合高温堆肥效应研究

王景伟<sup>1</sup> 陶磅<sup>2</sup> 冷平<sup>1</sup> 孙剑<sup>1</sup> 张伟丽<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094; 2. 云南省农业科学院, 昆明 650205)

**摘要** 为解决废弃物柿酒渣的利用,延长柿子产业链,以柿酒渣、牛粪为原料,采用小型条垛好氧高温堆肥方式进行堆肥试验,牛粪与柿酒渣质量比2个处理为52:100和42:100,对堆肥产物的腐熟度、养分以及生物效应进行研究。结果表明:在发酵阶段,堆体升温速度快,最高温度分别可达到59.0和59.5℃;发酵后,堆体含水率从最初接近70%降低到45%左右;有机质分别从75.18%和72.23%降低到62.40%和60.19%;堆体pH维持在7.5~8.0;堆肥产物全氮分别为2.17%和2.28%,全钾分别为1.62%和1.54%,全磷分别为0.73%和0.87%,而对照全氮、全钾、全磷分别为1.98%、1.30%和1.10%;柿酒渣与牛粪混合堆肥化产物稳定性好,养分含量优于牛粪单一材料堆肥化产物,柿酒渣与牛粪混合堆肥在菠菜上应用效果好,菠菜地上部分、地下部分干重、生物量显著高于单施牛粪。

**关键词** 柿子酒渣;牛粪;堆肥

中图分类号 TQ 920.6

文章编号 1007-4333(2006)04-0055-05

文献标识码 A

## Effect of high temperature co-composting using persimmon wine stillage and cattle manure

Wang Jingwei<sup>1</sup>, Tao Bang<sup>2</sup>, Leng Ping<sup>1</sup>, Sun Jian<sup>1</sup>, Zhang Weili<sup>1</sup>

1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. Yunnan Academy of Agricultural Science, Kunming 650205, China)

**Abstract** Two different C/N experiments were carried out to study the maturation, nutrient and fertility of persimmon wine stillage and cattle manure by co-composting. The result showed that temperature increased fast and the highest temperature of the two treatments reached 59.0 and 59.5℃ respectively during ferment. After ferment ended, water content diminished from 70% to 45%, the organic matter content decreased by from 75.18% to 62.40% and from 72.23% to 60.19%, respectively, and pH was maintained between 7.5 - 8.0. For the two treatments, the total nitrogen (TN) was 2.17% and 2.28%, the total potassium (TK) 1.62% and 1.54%, but the total phosphorus (TP) was 0.73% and 0.87%, respectively. TN, TK and TP of the control treatment were 1.98%, 1.30% and 1.10%. As a whole, the products were stable, the nutrients were better than cattle manure, and the application on spinach was well.

**Key words** persimmon wine stillage; cattle manure; co-compost

柿是我国北方山区农村的特色产业。近年来,本课题组在柿加工方面做了柿酒、柿果汁的研制及功能性成分的分析提取等。但加工后产生的大量柿渣腐烂后对环境造成污染,影响柿子产业的良性发展。目前的垃圾、畜禽粪便和农业废弃物等堆肥化研究比较深入,但对果品加工废弃物处理仅在葡萄渣、苹果渣、苹果皮渣等果渣做饲料方面有所研究<sup>[1-2]</sup>,而作为堆肥化研究仍然很少<sup>[3-5]</sup>,本文旨在

解决柿子酒渣废弃物的处理和资源化利用问题。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

以磨盘柿发酵酒渣与新鲜牛粪为试材,取自中国农业大学果树系实验室和中国农业大学小牧场。

#### 1.2 试验方法

1)堆肥方法与取样。采用小型条垛好氧高温堆

收稿日期:2005-11-25

基金项目:北京市自然科学基金资助项目(6052013)

作者简介:王景伟,硕士研究生;冷平,教授,通讯作者,主要从事柿采后生理及其深加工技术研究,E-mail:pleng@cau.edu.cn

肥方法,设2个处理1个对照,混合材料总质量均为100 kg;处理1牛粪与柿酒渣的配料为52:100,混合后初始碳氮质量比(C/N)为25.13;处理2牛粪与柿酒渣的配料为42:100,混合后初始C/N为22.36;对照为牛粪,初始C/N为15.41。试验于2004-10-01在25℃的温室内进行,采用翻堆方式进行通风供氧,每周翻堆1~2次,共翻10次。在试验开始后的第0、1、7、14、21、28、35、42、48和56天采用5点法进行取样。每次取样500 g(将样品混匀装入密封塑料袋),其中部分新鲜样品保存在4℃冰箱内。

2)堆肥生物效应的测试。供试肥料养分指标见表1;供试基质为中国农业大学科技园园土,供试作物为冠能菠菜品种,同时与商品有机肥膨化鸡粪进行对比。将上述4种腐熟肥料分别按土肥质量比9:1、8:2、7:3和6:4设置4种处理,进行生物效应试验,以园土为对照,每处理设6次重复。本试验于2005-05-06在中国农业大学太阳能板调节温室内进行,在塑料钵(16 cm × 25 cm)中装入700 g土肥(将基质与有机肥料充分混匀),播种1周后间苗,每钵保留3株苗,每隔2~3 d浇水1次,以调节基质水分。在菠菜抽苔前收获,收获后进行生物效应测定。

表1 柿酒渣堆肥前后各项指标的对比

Table 1 Compare between index before and after treatment

g/100 g

试验材料	全氮	全碳	碳/氮	全磷	全钾	有机质	pH	含水率/%
柿酒渣	1.21	54.97	45.43	0.39	1.62	94.77	5.00	73.2
牛粪	2.05	31.59	15.41	1.04	1.22	54.46	7.98	67.3
处理1原始物料	1.66	41.92	25.13	0.41	1.33	75.18	6.76	68.3
处理2原始物料	1.95	43.61	22.36	0.61	1.56	72.23	6.95	69.7
处理1腐熟肥料	2.17	36.19	16.68	0.73	1.62	62.40	7.54	45.7
处理2腐熟肥料	2.28	34.91	15.31	0.87	1.54	60.19	7.52	45.0
牛粪腐熟肥料	1.98	23.69	11.96	1.10	1.30	40.85	8.03	41.0

注:表中数据均为各处理平均值。处理1:C/N为25.13,处理2:C/N为22.36。下同

### 1.3 样品分析方法

1)原料及堆肥过程各项指标的分析方法。部分新鲜样品保存在4℃冰箱内,在36 h内完成分析;剩余样品在真空干燥机内干燥后进行分析,各化学参数的分析及条件见表2,各项指标测定均重复3次。温度测试采用热电偶式温度传感器,每天(早9:00、中午12:00、晚18:00)测试3次,取平均值作为当天的堆体温度<sup>[6]</sup>。

表2 堆肥过程各项指标测定方法

Table 2 Parameters and analysis methods of aerobic co-composting process

参数	测试条件	仪器与分析方法	样品
含水率	105 放置24 h	减重法	鲜样
有机质	550 下灼烧10 h	减重法	干样
pH	1:10的水提取液	PHSJ-4A型pH计	鲜样
全氮	凯氏消煮	凯氏消煮蒸馏法	干样
全磷	凯氏消煮	磷钼黄比色法	干样
全钾	凯氏消煮	原子吸收分光光度计	干样

2)堆肥腐熟度分析方法。堆肥腐熟度国内外至今没有统一的指标<sup>[7]</sup>,本试验采用C/N比与发芽指数(germination index, GI)作为腐熟度标准。

全碳与全氮测定方法见表1;GI测定采用Cress发芽实验,具体操作如下:将新鲜样品与水按1:10(W/V)比例混合振荡3 h,提取液在5 000 r/min下离心分离20 min,上清液经滤纸过滤后待用。把一张大小合适的滤纸放入干净无菌的9 cm培养皿中,滤纸上整齐摆放10粒Cress种子。准确吸取2 mL滤液于培养皿中,在25℃、黑暗条件下的培养箱中培养48 h。GI由下式计算:GI=(堆肥处理的种子发芽率×种子根长×100)/(对照种子发芽率×种子根长×100)<sup>[8]</sup>。

3)堆肥生物效应指标的测定。菠菜收获时测定全株以及地上、地下部分的干重,同时计算根冠比。测定方法采用称重法。

### 1.4 数据统计分析

采用SAS数据分析系统Duncan's新复极差测验进行数据多重比较分析,在F=0.05水平上分析其差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 堆肥前后各项指标的对比

从表1可以看出原料中柿酒渣含水率是

73.2%，牛粪含水率是 67.3%，两者含水率均已达到堆肥原料含水率要求<sup>[9]</sup>；酒渣有机质为 94.77 g/100g，但牛粪有机质为 54.46 g/100 g，低于柿酒渣有机质，酒渣全氮为 1.21 g/100 g，牛粪为 2.05 g/100 g，酒渣全氮低于牛粪，牛粪与酒渣混合后的产物养分互补，可以调节 C/N，同时可以调节适当的 pH、初始含水率、有机质、磷、钾，有助于高温堆肥。

通过堆肥得到的产物，通气性强、结构适宜、物理性状好。堆肥化产物的养分测试结果表明：处理 1 与 2 的全氮比牛粪腐熟肥料分别高出 9.60% 和 15.15%；全钾分别高出 24.62% 和 18.46%；有机质

分别高出 52.75% 和 47.34%，而处理 1 与 2 全磷均低于牛粪腐熟肥料，处理 1、处理 2 的 pH 近中性，对照 pH 呈弱碱性。柿酒渣的加入，不仅提高了肥料的有机质，而且也提高了氮素。

### 2.2 堆肥化过程中发酵参数的变化

1) 温度。堆体温度变化见图 1。可以看出各处理温度变化趋势大体相同，因翻堆及调节水分含量导致曲线呈“锯齿”形变化；可根据温度的变化分为 3 个时期：升温期、高温期、降温期；堆制第 3 周时，各处理基本上都处于降温期，各处理差异见表 3。

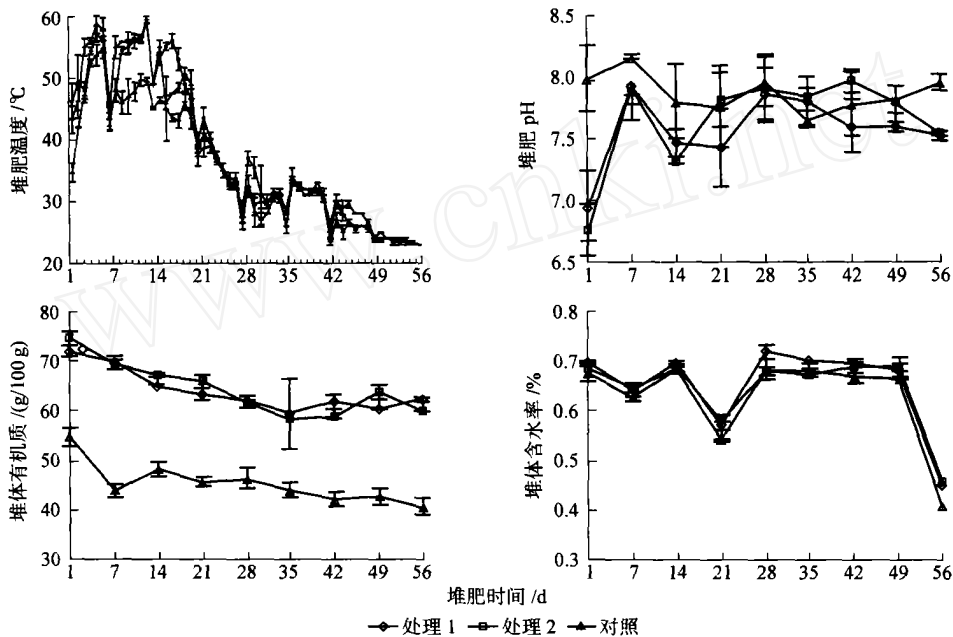


图 1 堆肥发酵参数的变化

Fig. 1 Fermentation parameter changes in the piles during composting process

表 3 不同处理高温堆肥的堆体温度特性

Table 3 Temperature features of the aerobic co-composting pile with different amendments

项目	升温期		高温期( 50 )		降温期
	持续时间/d	持续时间/d	最高温度/	55 时间/d	持续时间/d
处理 1	2	16	59.0	8	38
处理 2	2	14	59.5	11	40
对照	3	10	53.8	0	43

从表 3 可以看出：与对照相比处理 1、2 的堆肥升温较快，堆温较高，高温持续时间长，这说明柿酒渣与牛粪的结合不仅有利于堆肥中微生物的营养平衡，从而使堆温明显升高。

2) pH。从图 1 中可以看出处理 1、2 和对照的 pH 最初分别为 6.76、6.95 和 7.98，接近中性，从第

2 周开始，堆体的 pH 基本维持在 7.5~8.0 之间，为微生物提供了合适的酸碱环境，保证堆肥化的有效进行，势必提供作物良好的根际环境。

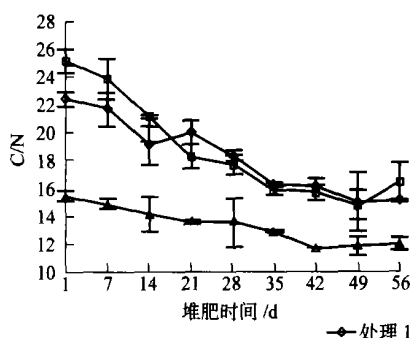
3) 水分的变化。3 种处理均在升温期含水率下降(图 1)，在高温期保持相对的稳定，在降温期含水率保持下降趋势。在堆肥第 1 周，对照含水率从最

初的 67.3% 下降到 62.7%，处理 1、处理 2 分别从 68.3% 和 69.7% 下降到 64.3% 和 63.7%；在高温期通过调节水含水率来补充高温蒸发带走的水分，使 3 种处理均处于一个相对稳定的含水率；在降温期，对照含水率从高温期 54.2% 下降到 41.0%，处理 1、处理 2 分别从 58.0% 和 57.0% 下降到 45.7% 和 45.0%。可见，柿酒渣的加入有利于水分的保持，为升温期、高温期微生物生长提供了良好的水分环境，促进堆肥化的顺利进行。

4) 有机质的降解。从图 1 中可见有机质随堆肥化进行而逐渐降解，其主要发生在高温期，而降温期有机质变化不大。对照有机质由最初的 54.46 g/100 g 降低到 40.85 g/100 g，处理 1、处理 2 有机质分别由最初的 75.18 和 72.23 g/100 g 降低到 62.40 和 60.19 g/100 g；对照、处理 1 和处理 2 有机质分别降低了 13.61%、12.78% 和 12.04%，并没有太大差异。通过水分与温度控制，处理 1、处理 2 有机质没有过量消耗，最终提高了肥料的有机质含量。

### 2.3 堆肥腐熟度指标

1) 堆肥产品的腐熟度指标之一——C/N。腐熟堆肥的 C/N 理论上应趋向于微生物菌体的 C/N，即 16:1 左右。Caria 等认为当堆体中的 C/N 从最初



的 30:1 降到 15~20:1 时，可以认为堆肥达到腐熟<sup>[10]</sup>，C/N = 10~12 可作为已分解并且稳定的有机质的参数<sup>[11]</sup>。如图 2 所示，3 个堆肥处理过程中 C/N 比均呈下降趋势，这是由于随着堆制处理时间的增加，微生物消耗了大量的碳水化合物，总碳量呈明显下降趋势，全氮相对含量增加，使堆体的碳氮比逐渐减小，堆肥逐渐达到腐熟。处理 1、处理 2、对照的 C/N 比分别由最初 25.13、22.36 和 15.41 降到最终 16.68、15.31 和 11.96，可以认为堆肥达到腐熟。

2) 堆肥的腐熟度指标之二——GI。生物方法测定堆肥毒性，是检验堆肥化的有机质腐熟度的最精确和最有效的方法<sup>[11]</sup>。检验堆肥植物毒性的生物学指标为发芽指数 (germination index, GI)，GI 值不但能检测堆肥样品中残留植物毒性，而且能预计堆肥样品的毒性的发展。图 2 是堆肥试验 GI 的变化曲线。从理论上说 GI < 100%，就可判断堆肥中没有毒性，但一般认为当 GI 达到 80%~85% 时，就可以认为堆肥没有植物毒性或者说堆肥已经腐熟了。本试验在堆肥结束时对照、处理 1 和处理 2 的 GI 分别达到了 103.8%、104.7% 和 104.5%，可以认为堆肥腐熟。

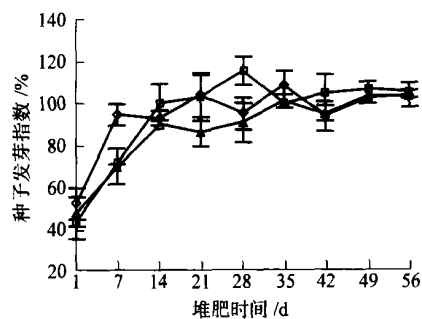


图 2 堆肥腐熟度的变化

Fig. 2 Changes of maturity during composting process

### 2.4 腐熟有机肥的生物效应

2 种柿酒渣与牛粪的混合有机肥 (处理 1 和处理 2) 以及牛粪和膨化鸡粪分别以土肥质量比为 9:1、8:2、7:3 和 6:4 作为菠菜的基肥的统计分析结果 (表 4) 表明：处理 1 与处理 2 对菠菜的生长均有较好的效果，但是不同的施肥量对菠菜生长效果的影响是不同的，土肥质量比为 7:3 和 6:4 的基质对菠菜的增产效果高于 9:1 和 8:2 基质，并且土肥质量比为 7:3 的基质对菠菜的增产效果在 4 种比例中为最好。土肥质量比为 7:3 的基质中处理 1 地上部分

干重、地下部分干重、生物量显著高于其他处理，可见，柿酒渣与牛粪混合发酵有机肥料与对照和膨化鸡粪相比，更能促进根系生长，使根系发达，更加有利地上部分生长，提高光合能力，产量明显提高。根/冠显著低于对照与膨化鸡粪，反映了柿酒渣与牛粪有机肥料更有利于地上部分生长。

## 3 讨论

堆肥化的主要技术措施包括原料 C/N、含水率的调整，适当的翻堆通风，控制最佳的堆肥温度，控

表4 堆肥产品对菠菜的生长的影响

Table 4 Effect of compost product on the growth of spinach

土/肥 质量比	处理	地上部分干 重/(g/盆)	地下部分干 重/(g/盆)	根/冠	生物量/(g/盆)	地上部分增 产率/%	地下部分增 产率/%
9 1	处理 1	1.30 ef	0.25 cde	0.190 bcd	1.54 ef	34.14 ef	23.33 cde
	处理 2	1.27 f	0.26 c	0.207 a	1.53 ef	31.38 f	31.67 c
	对照(牛粪)	1.19 h	0.24 def	0.202 ab	1.43 h	22.76 h	20.00 def
	膨化鸡粪	1.10 j	0.22 g	0.200 abc	1.32 j	13.79 j	10.00 g
8 2	处理 1	1.52 d	0.29 b	0.193 bcd	1.82 d	57.59 d	46.67 b
	处理 2	1.50 d	0.30 ab	0.200 abc	1.80 d	54.83 d	50.00 ab
	对照(牛粪)	1.24 g	0.25 cd	0.202 ab	1.49 g	28.28 g	25.00 cd
	膨化鸡粪	1.11 j	0.23 efg	0.207 a	1.34 ij	15.17 j	15.00 efg
7 3	处理 1	1.92 a	0.31 a	0.163 h	2.40 a	98.97 a	56.67 a
	处理 2	1.83 c	0.31 ab	0.167 gh	2.14 c	89.66 c	53.33 ab
	对照	1.28 f	0.23 fg	0.177 efg	1.51 gf	32.41 f	13.33 fg
	膨化鸡粪	1.15 i	0.23 efg	0.200 abc	1.38 i	18.97 i	15.00 efg
6 4	处理 1	1.89 b	0.31 b	0.164 h	2.20 b	95.17 b	55.00 ab
	处理 2	1.82 c	0.31 a	0.172 fgh	2.13 c	87.93 c	56.67 a
	对照(牛粪)	1.31 e	0.24 def	0.183 edf	1.55 e	35.86 e	20.00 def
	膨化鸡粪	1.29 ef	0.24 def	0.188 cde	1.54 ef	33.79 ef	21.67 def

注:表中大小写英文字母表示在  $P=0.05$  水平上的差异性。

制 pH 等。从本试验的效果来看,各项指标均达到或超过堆肥的要求,且成肥的颜色呈灰褐色,无臭味。从肥效成分和生物效应来看,也均能满足有机肥的要求。因此,采用小型好氧条垛工艺进行柿子酒渣与牛粪联合高温堆肥是可行的,既能达到果品加工废弃物处理综合利用的效果,又可以提高果品加工业的附加值,延长其产业链,变废为宝,解决污染问题,具有较好的经济和生态效益。但该工艺仍需进一步优化,在原料 C/N 比的调节、翻堆通气时间以及如何提高肥效方面还需进一步研究,进而改善柿酒渣与牛粪混合堆肥产品中氮、磷、钾比例,减少氮、磷损失。

从试验结果来看,柿酒渣与牛粪混合堆肥明显优于牛粪单一堆肥,克服了牛粪养分单一的缺点,这可能与柿酒渣中富含发酵微生物和适合的 C/N 有关,今后可进一步研究从柿酒渣中开发高效堆肥微生物菌种。从堆肥的生物效应来看,柿酒渣与牛粪混合堆肥产品适合菠菜的生长,但对其他作物的效应仍需进一步研究,尤其是将它作为基肥回用于柿树栽培上的效应,以实现柿树生产栽培、加工和废弃物处理一体化的生态“循环经济”系统。

### 参 考 文 献

- [1] 李国学,张福锁. 固体废物堆肥化与有机复混肥生产[M]. 北京:化学工业出版社,2000: 31~367
- [2] 李国学,李玉春,李彦富. 固体废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
- [3] 蔡同一,陈芳. 果蔬原料的综合利用现状及展望[J]. 饮料工业,2002(5): 19~22
- [4] 韩树民,王久亮. 利用葡萄酒糟生产有机复混肥研究[J]. 中国生态农业学报,2003(2): 81~83
- [5] 尹涛,宋纪蓉,徐抗震,等. 苹果废渣发酵生产有机肥料的速效磷研究[J]. 西北大学学报,2004,34(2): 188~198
- [6] 黄得扬,陆文静,王洪涛,等. 高效纤维素分解菌在蔬菜、花卉秸秆联合好氧堆肥中的应用[J]. 环境科学,2004,25(2): 146~149
- [7] 李承强,魏源送,樊耀波,等. 不同填充料污泥好氧堆肥的性质变化及腐熟度[J]. 环境科学,2001,22(3): 60~65
- [8] Tiquia S M, Tam N F. Elimination of Phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge[J]. Bioresource Technology, 1998,65: 43~49
- [9] Garcia C, Costa H F, MAyuso. Evaluation of the maturity of municipal waste composting simple chemical parameters[J]. Commun Soil Sci PlantAnal,1992,23(13-14): 1501~1512
- [10] Jimenez E I, Garcia V P. Composting of domestic refuse and sewage sludge: Evolution of temperature, pH, C/N ratio and cation-exchange capacity[J]. Resources Conservation and Recycling,1991,6: 45~60
- [11] Zucchini. Evaluating toxicity of immature compost[J]. Biocycle,1981,22: 54~57