

以核桃青皮为主要原料的有机肥发酵工艺研究

龙思帆¹, 王丽^{1*}, 李堃¹, 贺静²

(1. 四川省林业科学研究院, 成都 610041; 2. 农业农村部沼气研究所, 农业农村部农村可再生能源开发利用重点实验室, 成都 610041)

摘要: 将核桃青皮通过堆肥化处理是一种良好的林业废弃物循环利用方式, 但是核桃青皮含有多种抗菌成分, 造成堆肥过程不易启动和控制。实验共设 4 个堆肥处理, 进行堆肥腐熟试验, 比较堆肥过程中 pH 值、含水率、温度的变化、种子发芽率、大肠杆菌菌落数和蛔虫卵的变化。结果表明, 实验组 A₃ (60% 的核桃青皮 + 30% 的食用菌渣 + 10% 的草木灰) 处理堆肥效果最好, pH 值稳定在 6.0 左右, 含水率 50% ~ 55%, 堆肥温度维持较高, 种子发芽指数达 93.27%, 腐熟程度高。直至堆肥结束, 4 个处理的蛔虫卵的死亡率为 100%, 大肠杆菌菌落数都显著降低。

关键词: 核桃青皮; 有机肥; 堆肥; 腐熟

中图分类号: S216.4; X712 文献标志码: B 文章编号: 1000-1166(2022)03-0038-05

DOI: 10.20022/j.cnki.1000-1166.2022030038

Study on Composting Fermentation Technology with Walnut Green Peel as Main Raw Material / LONG Sifan¹, WANG Li^{1*}, LI Kun¹, HE Jing² / (1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610041, China; 2. Biogas Institute of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Key Laboratory of renewable energy development and utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Chengdu 610041, China)

Abstract: Composting walnut green skin is a good way to recycle forestry waste, however, walnut green skin contains a variety of antibacterial components, which make the composting process difficult to startup and control. Four composting treatments were set up for composting maturity test and the changes of pH value, moisture content, temperature, seed germination rate, *E. coli* colony number and Ascaris eggs were compared. The results showed that the composting effect of experimental group A₃ (60% walnut green skin + 30% edible fungus residue + 10% plant ash) was the best. The pH was stable at about 6.0, and the moisture content was 50% ~ 55%. The composting temperature was maintained high and seed germination index was 93.27%. The degree of maturity was high. Until the end of composting, the mortality of Ascaris eggs in the four treatments was 100%, and the number of *E. coli* colonies decreased significantly.

Key words: walnut green skin; organic fertilizer; composting; decomposition

林业废弃物亦称林业剩余物, 包括森林采伐剩余物、木材加工剩余物及育林剪枝剩余物, 统称林业“三剩物”, 具有种类多、易获取、可再生、可生物降解并且含有一定养分等优点^[1]。但是, 长期以来, 对于林业废弃物处理方式多为丢弃或焚烧, 这不仅造成了资源的浪费而且造成了环境的严重污染^[2-3]。

我国核桃种植面积和产量均居世界首位, 并且近年来在政策和价格双重驱动下, 各地核桃发展规模大幅增长^[4]。2017年, 四川省产核桃干果 40.8 万 t, 刚去青皮的核桃 3 斤出 1 斤干核桃, 青皮约占

核桃重量的 40% ~ 60%, 由此估算四川省核桃一年的产量 122.4 万吨左右, 青皮的产量预估在 48.96 ~ 73.44 万吨, 由此可见, 核桃青皮的产量巨大。然而, 在核桃果实采摘后, 脱落的核桃青皮就会被当做垃圾丢弃在田间、路边或沟边, 造成化感现象, 影响动植物的生存^[5-6]。如何合理有效对核桃青皮进行利用, 是急需解决的问题。现有关于核桃青皮的研究多集中于其活性物质的提取, 以及提取之后在相关领域的利用, 比如用作抗氧化剂之类。核桃青皮用作堆肥材料的相关研究还较少。

为了实现资源的合理再利用, 减少相应的环境

收稿日期: 2021-11-22 修回日期: 2021-12-28

项目来源: 核桃青皮的内含物对发酵微生物菌种活性的影响(2021CZZX18); 四川省食用菌创新团队项目(SCCXTD-2021-07)。

作者简介: 龙思帆(1994-), 女, 汉族, 重庆人, 硕士研究生, 主要从事土壤肥料研究等工作, E-mail: 794800041@qq.com

通信作者: 王丽, E-mail: 45245772@qq.com

污染,本试验以核桃青皮为主要原料,通过堆肥处理,分析这过程中的相关评判腐熟度指标的变化,以此确定最优的发酵条件,为之后生物有机肥的推广提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

新鲜核桃青皮:实验原料采自盐亭县,核桃品种是“清香”。食用菌菌渣:来自成都某食用菌生产基地。草木灰:来自某生物有限公司。具体养分含量如表 1 所示。

表 1 试验材料基本理化性质

试验材料	pH 值	水分/%	有机碳/%	全氮/%	C/N
核桃青皮	4.69	70	27.9	0.72	38.75
食用菌菌渣	6.5	40	46	1.63	28.22
草木灰	11	11	9.01	0.45	20.02

1.2 试验设计

在室外通过配比不同的堆肥材料,在相同腐熟条件下开展为期 32 天的堆肥对比试验。用湿物料粉碎机分别将核桃青皮渣、食用菌菌渣粉碎至 2~3 cm。按照表 2 进行原料配比试验处理设置,配方 1、2、3、4 分别标记为 A1、A2、A3、A4。

表 2 试验材料配方比 (%)

处理	核桃青皮	食用菌渣	草木灰	C/N
A1	40	60	0	41.23
A2	50	50	0	31.45
A3	60	30	10	32.55
A4	90	0	10	37.53

1.3 堆肥发酵与观测记录

接种后分别堆成底部 2 m×2 m、顶部 0.5 m×0.5 m、高 1.5 m 的梯形进行发酵,每隔一天翻堆一次,至发酵温度到达 60℃ 时,开始降温,当温度降到 35℃ 时,停止翻堆,堆至 2~3 m 高,进入第 2 次腐熟阶段,15~20 d,发酵结束。发酵过程记录每个处理的起始发酵时间,每天早晚测试堆内温度 1 次并作记录,同时嗅闻气味情况并作记录。翻完熟后,晾晒调整含水量在 25%~30%,过筛保存。

1.4 测定内容及方法

1.4.1 试验材料养分测定

总有机碳、全氮:取新鲜样风干后,粉碎、细化,并采用元素分析仪(Elementar Vario EL,德国)测

定。

1.4.2 温度、含水率、pH 值的测定

温度:每天早 8:00,晚 18:00,将堆体分成 3 段,每段随机选取 3 个点用水银温度计测定,取其平均值作为堆体的实际温度;含水率:用铝盒称取新鲜样品在 105℃ 下烘干至恒重测定;pH 值:新鲜样品和去离子水以 1:10(W/V)混合,置于水平摇床振荡 1 h,静置 30 min 后用 pH 计测定。

1.4.3 种子发芽率指数的测定

取样品 10 g 与蒸馏水按 1:10 比例混合摇匀,摇床振荡 1 h,提取液离心 20 min,再用滤纸过滤上清液备用。在 9 cm 培养皿中放置 2 张滤纸,在滤纸上面均匀摆放 20 粒玉米种子,吸取 5 mL 备用上清液加入培养皿中,将培养皿在黑暗条件下 25℃ 培养 48 h 后,计算种子的发芽率,并用游标卡尺量取种子的根长。对照组以蒸馏水作为培养液。

$$\text{种子发芽指数} = (\text{堆肥处理的种子发芽率} \times \text{种子根长}) / (\text{对照的种子发芽率} \times \text{对照种子根长}) \times 100\% \quad [7]$$

1.4.4 微生物测定

在堆肥过程中的第 7、21、30 天采集堆体样品,用鉴别培养基方法测定大肠杆菌菌落数。用纯化水将样品稀释 1000 倍,涂于麦康凯琼脂培养基,37℃ 培养 18 h 后培养基上形成粉红色的大肠杆菌菌落,进行单菌落计数。采用饱和硝酸钠溶液漂浮法测定蛔虫卵数量,抽滤后加甘油镜检,先在 5 倍镜下检查虫卵,再在 40 倍镜下计数。

2 结果与分析

2.1 堆肥过程中 pH 值的变化

pH 值是影响堆体微生物活动的重要环境指标,是反映堆肥腐熟进程以及衡量堆肥是否腐熟的基本指标^[8]。适宜的 pH 值有利于微生物有效地发挥作用,pH 值太高和太低都会影响堆肥的发酵效率。为保证堆肥过程中菌剂中有益菌的生长,需要合理控制 pH 值的范围。本研究通过添加 10% 的草木灰完成 pH 值调节。在添加草木灰后,处理的 pH 值在 5.5~7.0 范围内。

通过表 3 可以得知,A1、A2 处理未加入草木灰的处理,发酵过程中 pH 值波动加大。A3、A4 处理,加入草木灰后波动较小,特别是 A3 处理,pH 值非常稳定,整个发酵过程种的 pH 值均在 6.0 左右,不需要进行酸碱度调整。整体来看加入草木灰会对

pH 值有好的调节作用,并不需额外通过添加其它试剂调节发酵基质的酸碱度。

表 3 不同处理堆肥过程中 pH 值的变化

发酵天数	处理			
	A1	A2	A3	A4
1	6.5	6.7	6.5	7.0
2	6.4	6.2	6.0	6.0
3	6.2	6.0	6.0	6.0
4	6.0	6.0	6.0	6.0
7	6.0	5.6	6.0	6.0
8	6.0	6.0	6.0	6.0
9	5.5	5.5	6.0	5.5
10	5.5	5.5	6.0	5.7
11	6.0	6.0	6.0	6.0
12	6.0	5.7	6.0	6.0
14	6.0	5.7	6.0	6.0
15	6.0	6.0	6.0	6.0
16	6.0	5.7	6.0	6.0
17	6.0	5.7	6.0	6.0
18	6.0	5.7	6.0	6.0
21	6.0	5.7	6.0	6.0
22	6.0	6.0	6.0	6.0
25	6.0	6.0	6.0	6.0
27	6.0	6.5	6.0	6.0
29	6.0	6.0	6.0	6.0
30	6.0	6.0	6.0	6.0
32	6.0	6.0	6.0	6.0

2.2 堆肥过程中含水率的变化

水是微生物活动必需的物质之一,水分过多或过少均能抑制微生物活动而影响堆肥发酵效果^[9]。为保证发酵的顺利完成,根据生产中的物料水分要求,首先要确定物料的水分含量,本试验中按照 4 个原料配比方案混合均匀后,水分含量基本在 50%~58%,水分过低时,加入适量水,使其达到要求湿度。其感官评判标准:手抓有水分渗出,松开即散。

图 1 表明不同处理发酵过程中,湿度变化趋势基本相同,A1 和 A2 处理波动幅度和频率加大,发酵过程中加水的量和次数较多,A3 和 A4 处理波动幅度较少。综上所述 4 个处理中 A3 组的处理发酵过程中发酵机制的湿度波动最小,发酵周期短,是比较合理的发酵基质配置。其次是 A2 处理。

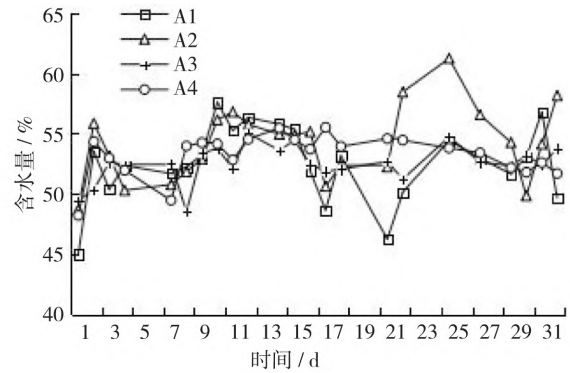


图 1 不同处理堆肥过程中湿度的变化

2.3 堆肥过程中温度的变化

温度是微生物活动的必要条件,温度的变化可反映堆肥中微生物活性的变化情况以及堆肥过程所达到的状态^[10]。大部分好气性微生物在 30℃~40℃ 活动较好^[11]。通过测定堆肥发酵过程中温度的变化,从而反映出核桃青皮的腐熟过程和腐熟所需要的时间。

由图 2 可知,在堆肥初期,核桃青皮中的有机物在好氧微生物的作用下快速分解,释放热量,四个处理堆肥温度都呈现上升趋势。A1、A3 处理最高温度到 41℃,A2 处理达到 39℃,A4 处理 35.8℃。堆肥进行到 21 天时,温度开始降低,这可能与核桃青皮水分随着时间的推移而渗透出来,导致堆肥温度的降低。

A1、A2、A3、A4 这 4 个处理温度在 30℃ 以上分别维持的天数达到 32 天、32 天、32 天、29 天。A1 处理在 39℃~41℃ 维持了 5 天,温度逐渐上升达到最高后稳定了五天,之后温度开始降低,而且堆肥过程中并未存在较大的起伏;A2 处理的最高温度到 40℃,最低温度 30.1℃,39℃~41℃ 维持了 3~4 天,中间温度存在起伏。A3 处理最高温度到 41℃,

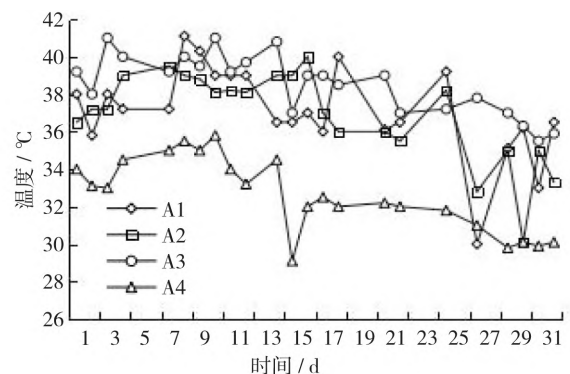


图 2 不同处理堆肥过程中温度的变化

最低温度 35.5℃, 39℃ ~ 41℃ 维持了 20 天左右, 而且堆肥一开始温度便上升得比较快, 后期稳定大概在 39℃ 左右, 温度降幅较低。A4 处理的最高温度到 35.5℃, 最低温度 29.1℃, 这个比例的堆肥温度在堆肥期间没有明显的上升趋势。

2.4 种子发芽指数(GI)

种子发芽试验是评价不同原料堆肥腐熟程度的可靠指标, Zucconi^[12] 等研究认为, 种子发芽指数如果 GI 值 > 50%, 则堆肥基本腐熟; 当 GI 值 > 80% 时, 堆肥已经完全腐熟, 对植物无毒性; 吴银宝^[13] 等研究表明, 种子发芽指数 > 0.7 可认为堆肥腐熟。

由图 3 可知, 4 个处理的 GI 值均高于 CK 处理, 并随着堆肥的进行, 5 个处理的 GI 值随之升高, 基本在 20 d 之前 GI 值稳定增长, 15 ~ 20 d 时增长最快, 25 d 后, 基本稳定。直至堆肥结束, A1、A2、A3、A4 处理的 GI 值最终达到 84.32%、89.12%、93.27%、80.79%。说明在堆肥 30 天后, 4 个处理堆肥都已经完全腐熟。

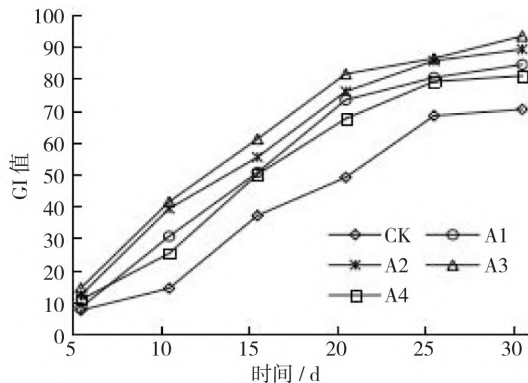


图 3 不同处理对种子发芽指数的影响

2.5 堆肥过程中微生物数量的变化

以核桃青皮为主要堆肥原料, 堆肥过程中, 加入草木灰后, pH 值趋于稳定, 并且水分降低, 食用菌渣提供了丰富的碳源, 散发的氨气味道不重, 也无肉眼可见的蛆, 经初步的镜检未发酵的堆肥原料核桃青皮中的蛔虫卵平均为 2 个 · 100 g⁻¹, 食用菌渣中的蛔虫卵平均为 26 个 · 100 g⁻¹, 草木灰中的蛔虫卵平均为 3 个 · 100 g⁻¹, 堆肥 30 d 后 4 个处理均未检测到蛔虫卵, 蛔虫卵死亡率为 100%。

从图 4 可以看出, 4 个处理在堆肥 30 d 后大肠杆菌菌落数都呈现减少趋势。A1 处理大肠杆菌菌落数含量较高, 原因是 A1 处理食用菌渣含量占比 60%, C/N 比在 4 个处理中最高, C/N 对发酵过程中微生物的繁殖和活跃有关键作用^[14]。A4 处理大

肠杆菌菌落数含量低, 这是由于 A4 处理核桃青皮含量达 90%, 青皮中富含多酚、类黄酮、多糖及萜醌等多种活性化合物, 这些物质对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌等具有明显的抑菌作用^[15-16]。

大肠杆菌、蛔虫卵死亡率是监测堆肥过程和无害化处理过程的重要参考指标, 4 个处理堆肥温度小于 50℃, 且维持时间小于 7 d, 通过大肠杆菌菌落数与蛔虫卵数量的测定结果, 可以判断堆肥原料在 30℃ ~ 45℃ 就可以发挥堆肥效果, 其原因可能与低温微生物菌在起爆期迅速扩增, 从而有效抑制大肠杆菌群的增殖有关^[17]。

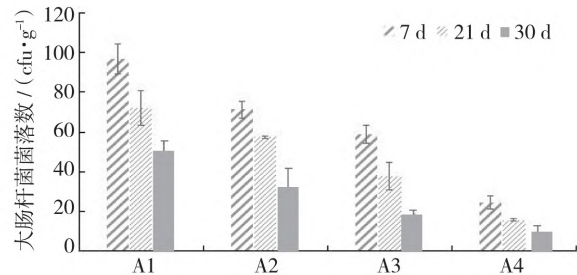


图 4 不同处理堆肥过程中大肠杆菌的变化

3 结论

以核桃青皮为主要原料的堆肥试验表明, 堆肥 30 天后, 4 个处理的 GI 值达到 80% 的以上, 大肠杆菌菌落数和蛔虫卵死亡率达标, 堆肥均已完全腐熟。且最适宜的发酵条件为: 湿度为 50% ~ 60%; pH 值为 6.0 ~ 7.5; 发酵周期为 23 ~ 25 天; 最佳配比为 A3 处理组, 60% 核桃青皮 + 30% 食用菌渣 + 10% 草木灰, 腐熟程度高。

核桃青皮在原料中所占比例 40% ~ 60%, 均能很好地进行堆肥发酵, 且选择食用菌菌渣和草木灰为辅料, 一方面起到调节水分的作用, 另一方面食用菌菌渣可提高 C/N, 同时解决透气性问题, 而草木灰可用来调节 pH 值, 简化了有机肥生产水分和 pH 值的工艺流程。

参考文献:

- [1] 卫星, 李贵雨, 吕琳. 农林废弃物育苗基质的保水保肥效应[J]. 林业科学, 2015, 51(12): 26-34.
- [2] 戴小红, 孙伟生, 樊权, 等. 农林废弃物混配基质的理化性质及其对油茶幼苗生长效应的综合评价[J]. 植物资源与环境学报, 2016, 25(001): 54-61.
- [3] 田赞, 王海燕, 孙向阳, 等. 农林废弃物环保型基质再利用研究进展与展望[J]. 土壤通报, 2011, 42(002):

- 479 - 502.
- [4] 潘莉,李勇鹏,宁德鲁,等.不同保鲜方法对核桃青皮感官及核桃仁可溶性蛋白含量的影响[J].中国油脂,2021,46(09):103-107.
- [5] 刘靖,何敏,宋娜,等.核桃青皮作为植物源农药的研究进展[J].农业灾害研究,2018,8(06):12-14.
- [6] Tokeshi M, Yoko-O M. New record of the tropical swallowtail moth *Lyssa zampa* (Butler) (Lepidoptera: Uraniidae) from mainland Japan [J]. *Entomological Science*, 2010, 10(1): 103-106.
- [7] 汤江武,朱利中.不同堆肥条件对种子发芽指数影响的研究[J].浙江农业科学,2008(05):583-586.
- [8] 孙桂阳,张国言,董元杰.不同来源农业废弃物堆肥进程与产品肥效研究[J].水土保持学报,2021,35(04):349-360.
- [9] 梁林波,杨建华,李淑芳,等.核桃青皮堆肥快速腐熟试验研究[J].南方林业科学,2016,44(001):38-39.
- [10] 高爱航,李路华,崔京华,等.西瓜皮废弃物堆肥特性及腐熟度评价[J].广东农业科学,2012,39(5):67-70.
- [11] 刘更另.中国有机肥料[M].北京:农业出版社,1991.
- [12] Zucconi F, Pera A, Forte M, et al. Evaluating toxicity of immature compost [J]. *Biocycle (USA)*, 1981, 22(2): 54-57.
- [13] 吴银宝,汪植三,廖新,等.猪粪堆肥腐熟指标的研究[J].农业环境科学学报,2003,22(2):189-193.
- [14] Barrington S F, Moueddeb K E, Porter B. Improving small-scale composting of apple waste [J]. *Canadian Agricultural Engineering*, 1997, 39(1): 9-16.
- [15] 张卫星,何开泽,蒲蕾.核桃青皮提取物的抗菌和抗氧化活性[J].应用与环境生物学报,2014,20(001):87-92.
- [16] 张少秋,陈威,杨东林,等.核桃青皮及其提取物对产蛋后期蛋鸡肠道结构形态及肠道菌群多样性的影响[J].中国家禽,2021,43(05):41-48.
- [17] 李牧,徐国忠,崔雪霞,等.低温微生物菌剂在牛粪秸秆堆肥中的应用研究[J].黑龙江畜牧兽医,2020,(22):44-49+165.