

文献著录格式: 史伟, 王琦, 王剑, 等. 有机物料腐熟剂堆腐杨梅废弃枝叶的效果 [J]. 浙江农业科学, 2022, 63 (6): 1318-1321.  
DOI: 10.16178/j.issn.0528-9017.21213227

# 有机物料腐熟剂堆腐杨梅废弃枝叶的效果

史伟<sup>1,2</sup>, 王琦<sup>3</sup>, 王剑<sup>1,4</sup>, 张丽霞<sup>2</sup>, 戚行江<sup>1</sup>, 任海英<sup>1\*</sup>

(1. 浙江省农业科学院 园艺研究所, 浙江 杭州 310021; 2. 中农绿康(北京)生物技术有限公司, 北京 101102;  
3. 中国农业大学 植保学院, 北京 100094; 4. 绍兴市经济作物技术推广中心, 浙江 绍兴 312000)

**摘要:** 为有效利用废弃杨梅枝叶, 消灭病菌虫卵, 做到果园的循环生态管理, 选用腐熟剂进行堆腐废弃杨梅枝叶试验。设计处理 1 (T1) 杨梅枝叶 2 m<sup>3</sup>+0.6% 有机物料腐熟剂 1 号+6% 菜籽饼, 处理 2 (T2) 杨梅枝叶 2 m<sup>3</sup>+0.6% 有机物料腐熟剂 2 号+6% 菜籽饼, 对照 (CK) 杨梅枝叶 2 m<sup>3</sup>+6% 菜籽饼, 以菜籽饼为氮源, 观察堆腐过程中堆腐指标参数的变化。结果表明, 堆腐至 6 d 时, T1 的温度达到最高, 为 65 ℃, 堆腐至 7 d 时, T2、CK 温度达到最高, 分别为 62 ℃ 和 49 ℃。施用有机物料腐熟剂提高了杨梅枝叶堆腐的发芽指数 (GI), 堆腐 30 d, T1、T2 的 GI 分别为 94.5% 和 90.4%, 水分含量为 52.2%~54.6%, 有机质含量为 99.35%~99.73%, 符合 NY/T 525—2021 标准要求。综上所述, T1 处理的效果最好, 堆腐速度最快, T2 的效果次之, 不使用有机物料腐熟剂的杨梅枝叶腐熟困难。

**关键词:** 有机物料腐熟剂; 杨梅枝叶; 堆腐腐熟

中图分类号: S663.1

文献标志码: A

文章编号: 0528-9017(2022)06-1318-04

浙江是全国杨梅的集中产区, 也是我国杨梅的产业中心。2020 年全国杨梅种植面积 33.4 万 hm<sup>2</sup>, 产量约 120 万 t<sup>[1]</sup>。近年来, 杨梅管理技术不断提升, 每年冬季修剪后产生大量枝叶, 有的甚至焚烧成为严重的环境问题。传统焚烧处理方式对枝叶的利用率不高, 环境污染严重。自然堆腐利用耗时、费工, 大部分病原菌和虫卵也不易被有效杀死, 尤其是在目前凋萎病和衰弱病高发的背景下<sup>[2-3]</sup>, 废弃枝叶堆积更是给病虫害的防控造成较大的障碍。因此, 对杨梅枝叶进行堆肥利用是减少资源浪费, 推动农业绿色发展的有效途径。

随着农业生物资源的日益增长, 其合理利用与管理成为当前大多数国家共同面临的一个重要农业和环境问题<sup>[3-4]</sup>。农业废弃物种类繁多、来源广泛、养分含量丰富, 被称作放错位置的资源<sup>[5]</sup>。国外利用椰子壳、锯末替代草炭作为园艺基质<sup>[6-7]</sup>, 国内在木薯、蔗渣、芦苇末、花生壳、醋糟、秸秆等作为园艺基质方面已作了大量的研究<sup>[8-15]</sup>, 合理开发、高效利用农林废弃物资源, 既有利于缓解环境污染, 又有利于农业生产系统的可

持续发展, 促进农业可循环和经济低碳发展。枝叶堆腐研究在枸杞、猕猴桃、梨和葡萄等果树上均有所报道<sup>[16-19]</sup>, 杨梅枝叶堆腐发酵主要指的是用微生物经过代谢与繁殖, 将修剪后杨梅枝叶中的有机物质进行充分分解, 将其中有机物质转化成无机态养分。通过添加适量的植物微生物生态制剂, 使得堆腐中的微生物数量不断增多, 保证堆肥腐熟效果得到进一步提升。堆腐温度是杨梅枝叶腐熟过程中的重要指标, 温度过低会导致有机大分子分解缓慢, 不能有效杀死枝叶上的病原菌、虫卵, 堆体温度过高则会抑制并杀死部分有益微生物, 都不利于杨梅枝叶堆腐处理。

本试验通过使用有机物料腐熟剂对杨梅修剪后的废弃枝叶进行堆腐发酵, 以期为杨梅枝叶循环利用和健康栽培提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

试验在杨梅产区仙居县进行, 地理坐标 28°47'22"N、120°41'50"E, 属亚热带季风区气候, 年平

收稿日期: 2021-12-10

基金项目: 浙江省重点研发计划 (2020C02001, 2021C02009); 浙江省科技厅重点研发计划 (2019C02038); 仙居县省团队特派员项目 (2020—2024)

作者简介: 史伟 (1990—), 男, 从事植物微生物生态制剂研发及技术推广工作, E-mail: 1806047894@qq.com。

通信作者: 任海英 (1974—), 山东临沂人, 副研究员, 博士, 从事果树病理学和果树学研究工作, E-mail: renhy@zaas.ac.cn。

均气温 18.3 ℃, 年降雨量 1 873 mm, 年无霜期 240 d。

供试物料包括修剪废弃杨梅枝叶和菜籽饼。杨梅枝叶含氮 0.87%, 钾 1.22%, 有机质 95.96%。菜籽饼含氮 1.50%, 磷 0.61%, 钾 2.41%, 有机质 96.34%。将废弃杨梅枝叶粉碎成 2~4 cm 待用。

供试有机物料腐熟剂为中农绿康(北京)生物技术有限公司生产的有机物料腐熟剂 1 号(秸秆型)和 2 号。

### 1.2 处理设计

试验设 3 个处理: 处理 1 (T1) 杨梅枝叶 2 m<sup>3</sup>+0.6% 有机物料腐熟剂 1 号+6% 菜籽饼; 处理 2 (T2) 杨梅枝叶 2 m<sup>3</sup>+0.6% 有机物料腐熟剂 2 号+6% 菜籽饼; 对照 (CK) 杨梅枝叶 2 m<sup>3</sup>+6% 菜籽饼。重复 3 次。

各处理采用逐层起堆方式进行堆腐, 形成宽 1.5~2.0 m, 高 1.2~1.5 m, 长度不限的堆体, 控制含水量为 40%~50%, 用塑料布盖好堆体。

### 1.3 测定方法

#### 1.3.1 温度

温度用便携式指针温度计测定, 每天测定 1 次堆体上、中、下温度, 取每天数据的平均值, 同时测定环境温度。

#### 1.3.2 种子发芽指数

枝叶堆腐结束后取新鲜堆体样品, 用蒸馏水按样品(以干物质计)与水质量比 1:10 浸提 1 h。在室温条件下, 3 000 r·min<sup>-1</sup> 离心 30 min, 取浸提液 8 mL (上清液) 加到铺有 2 层纱布的培养皿中, 每个培养皿放入 20 粒玉米种子, 放好后用纱布盖住, 以去离子水作空白对照, 重复 3 次。在 30 ℃ 黑暗培养箱中培养(玉米培养 84 h)后, 然后按照以下公式计算种子发芽指数 (GI)<sup>[20]</sup>:

$$GI = (Y \times L) / (T \times D) \times 100\%$$

式中: Y 为处理的发芽率; L 为处理的根长; T 为对照的发芽率; D 为对照的根长。

### 1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 2010 建立数据库及绘图, 采用统计软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 杨梅枝叶堆腐表观变化

随着堆腐时间的推移, 杨梅枝叶的体积逐渐变小, 颜色变深, 翻堆初始可见大量热气而后逐渐减少, 气味由初始的恶臭直至消失。在不同的时间段选取大小粗细基本一致的枝叶, 可以看出枝叶表皮逐渐松动、脱落, 韧皮部逐渐被分解, 木质部颜色加深至变褐(图 1), 含水量降到 40% 以下, 与开始相比, 堆腐体积减少 1/3~1/2。



A—第 1 次翻堆后的腐熟情况; B—堆腐结束后的腐熟情况; C—堆腐最高温度 65 ℃; D—翻堆时有大量热气冒出。

图 1 废弃杨梅枝叶的腐熟过程

### 2.2 杨梅枝叶堆腐温度变化

图 2 可以看出, 使用两种有机物料腐熟剂的杨梅枝叶发酵过程中温度均呈先上升后下降的趋势。各处理均从 2 d 开始迅速升温, T1 处理在 6 d 堆腐温度达到最高, 为 65 ℃; T2、CK 分别在 7 d 和 6 d 温度达到最高, 分别为 62 ℃和 49 ℃。虽然在 7 d、11 d、15 d 翻堆后温度又上升, 但均没有达

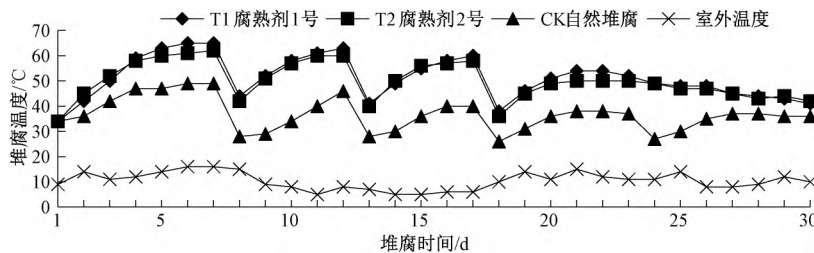


图 2 杨梅枝叶堆腐的温度变化

到之前的最高温度,且温度逐渐降低。堆腐19 d时T1、T2处理温度分别保持在35℃和40℃,说明T1处理对杨梅枝叶腐熟效果最好。

### 2.3 杨梅枝叶堆腐浸提液发芽指数

表1显示,枝叶堆腐结束后,T1、T2处理的GI分别为94.5%和90.4%,CK的GI为65.9%。T1、T2处理达到没有毒性标准,GI超过80%,属于完全腐熟状态,说明杨梅枝叶堆腐添加有机物料腐熟剂能够显著提高GI,达到完全腐熟状态。

表1 各处理杨梅枝叶堆腐浸提液发芽指数

处理	GI/%	显著性
T1	94.5	a
T2	90.4	a
CK	65.9	b

注:同列无相同小写字母者表示组间差异显著( $P < 0.05$ )。

### 2.4 杨梅枝叶堆腐成分

表2显示,枝叶堆腐后T1、T2处理水分含量为52.2%~54.6%,有机质含量为99.35%~99.73%,符合循环利用成为有机肥原料的条件。

表2 各处理杨梅枝叶堆腐的效果

处理	水分/%	有机质/%	N/%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /%	K <sub>2</sub> O/%
T1	54.6	99.35	1.38	未检出	未检出
T2	52.2	99.73	1.06	未检出	未检出

## 3 讨论

温度的变化是表征堆体堆腐过程有效性的一个重要指标<sup>[21]</sup>,是影响微生物活动和堆体工艺过程的关键因素<sup>[22-23]</sup>,堆体温度过低会导致有机大分子分解缓慢,堆体温度过高则会抑制并杀死部分有益微生物,均不利于有机固体废物的堆肥化处理。发酵前期堆体温度变化剧烈,堆腐6 d时处理1温度达到最高值65℃,7 d时处理2堆体温度达到62℃,经过翻堆处理后,各处理分别在12 d、17 d、23 d和11 d、17 d、21 d再次达到峰值,24 d后温度开始下降,31 d后温度均低于35℃。有研究<sup>[24]</sup>表明,堆体温度在55~60℃时微生物生物量和种类最为丰富,降解速度最快,而固体废弃物堆腐处理的最佳温度为65~70℃<sup>[25]</sup>,堆体温度在55℃条件下保持3 d以上或50℃以上保持5~7 d,是杀灭枝叶堆腐材料中所含致病微生物、保证枝叶堆腐过程中有丰富的有益微生物存在和堆腐腐熟的重要条件<sup>[26-30]</sup>。本研究中,两种腐熟剂处理后,堆体超过19 d后的温度仍能维持在35℃以上,并且堆体温度顺序依次为:有机物料腐熟剂1号>有

机物料腐熟剂2号>自然腐熟。劳德坤等<sup>[31]</sup>研究了不同接种量腐熟剂对蔬菜副产物堆肥效果的影响,结果表明,施用腐熟剂后0~3 d平均升温15.5℃,到2 d温度即超过65℃,高温期平均温度达63.8℃,9 d后呈现逐渐下降态势。贾仰东<sup>[32]</sup>比较4种秸秆腐熟剂的堆腐效果,同样表明堆肥过程中温度在前3 d快速升高,4~12 d保持平稳,13 d后逐渐下降的态势。两者结果与本研究杨梅枝叶堆腐温度变化基本一致,但温度保持时间有所差异,可能与堆肥材料和含水量有关。

腐熟度是杨梅枝叶堆腐效果的重要评估指标,GI被认为是最敏感、可靠、有效,最能反映发酵产品植物毒性、判断物料无害化和腐熟度的参数。当GI>50%时,发酵物料对植物已基本没有毒性,发酵物料已基本腐熟;当GI>80%时,发酵物料完全腐熟<sup>[27-28]</sup>。Zucconi等<sup>[30]</sup>认为,当GI>50%时,则可以认为堆体基本腐熟,基本无毒性;当GI达到80%~85%时,就可以认为堆体已经完全腐熟,对植物没有毒性。本试验得出,堆腐31 d后,各处理的GI均高于50%,并且顺序依次为:有机物料腐熟剂1号>有机物料腐熟剂2号>自然腐熟,说明添加有机物料腐熟剂能够明显加速腐熟发酵进程,并达到完全腐熟状态,在还田施用中不产生毒害。劳德坤等<sup>[31]</sup>研究表明,腐熟剂在蔬菜副产物堆肥过程中,堆腐3 d时GI达到76.5%,15 d后3%微生物秸秆腐熟剂处理的GI达90%以上,与本文研究结果基本一致。

目前,国内针对有机肥料制定了NY/T 525—2021标准,其中,对有机质含量的要求为≥30%,GI的要求为≥70%。本试验T1、T2处理的有机质含量为99.35%~99.73%,GI分别为94.5%和90.4%,均远高于标准要求,符合作为非商品性有机肥的基本要求。

有研究<sup>[30]</sup>表明,堆腐升温提高微生物活性、增加了有机物的降解效率,生成大量可被植物吸收的有效态氮、磷、钾等化合物,同时合成新的高分子腐殖质,从而提高肥料肥力,利用此项堆腐技术将腐熟好的杨梅枝叶做生物有机肥,与农家肥混合做基肥,具有提高农产品品质、产量的显著效果,这也是我们后期研究的目标。有机物料腐熟剂腐熟枝叶还田、还林具有良好的经济效益、社会效益和生态效益,本研究结果可为修剪后的废弃杨梅枝叶堆腐技术推广提供理论依据。

## 参考文献:

- [1] REN H Y, YU H, ZHANG S, et al. Genome sequencing provides insights into the evolution and antioxidant activity of chinese bayberry [J]. *BMC Genomics*, 2019, 20 (1): 458.
- [2] REN H Y, LI G, QI X J, et al. Identification and characterization of *Pestalotiopsis* spp. causing twig blight disease of bayberry (*Myrica rubra* Sieb. & Zucc) in China [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 2013, 137 (3): 451-461.
- [3] 任海英, 郑锡良, 张淑文, 等. 杨梅衰弱病病症及营养状态解析 [J]. *浙江农业科学*, 2020, 61 (10): 2043-2048.
- [4] 李鹏, 张俊飏. 农业生产废弃物循环利用绩效测度的实证研究: 基于三阶段 DEA 模型的农户基质化管理 [J]. *中国环境科学*, 2013, 33 (4): 754-761.
- [5] HANSEN C L, CHEONG D Y. Agricultural waste management in food processing [M] // KUTZ M. *Handbook of farm, dairy and food machinery engineering second edition*. New York: William An-drew Publishing, 2013: 619-666.
- [6] 刘振东, 李贵春, 杨晓梅, 等. 我国农业废弃物资源化利用现状与发展趋势分析 [J]. *安徽农业科学*, 2012, 40 (26): 13068-13070.
- [7] AWANY Y, ISMAIL M R. The growth and flowering of some annual ornamentals on coconut dust [J]. *Acta Hort*, 1997, 450: 31-38.
- [8] GRUDA N, SCHNITZLER W H. Suitability of wood fiber substrates for production of vegetable transplants [J]. *Scientia Horticulturae*, 2004, 100 (1/2/3/4): 333-340.
- [9] 李光义, 李勤奋, 张晶元. 木薯茎秆基质化的堆肥工艺及评价 [J]. *农业工程学报*, 2011, 27 (1): 320-325.
- [10] 刘士哲. 蔗渣作蔬菜工厂化育苗基质的生物处理与施肥措施研究 [J]. *华南农业大学学报*, 1994, 18 (4): 86-90.
- [11] 李萍萍, 毛罕平, 王多辉, 等. 苇末菇渣在蔬菜基质栽培中的应用效果 [J]. *中国蔬菜*, 1998, 24 (5): 10-11.
- [12] 孙治强, 赵永英, 倪相娟. 花生壳发酵基质对番茄幼苗质量的影响 [J]. *华北农学报*, 2003, 18 (4): 86-90.
- [13] 张晔, 余宏军, 杨学勇, 等. 棉秆作为无土栽培基质的适宜发酵条件 [J]. *农业工程学报*, 2013, 29 (12): 210-217.
- [14] 刘超杰, 郭世荣, 王长义, 等. 混配醋糟复合基质对辣椒幼苗生长的影响 [J]. *园艺学报*, 2010, 37 (4): 559-566.
- [15] 李海云, 孟凡珍, 张复君, 等. 不同秸秆基质的腐熟 [J]. *北方园艺*, 2005, 15 (6): 49-52.
- [16] BARBIERI L, ANDREOLA F, LANCELLOTTI I, et al. Management of agricultural biomass wastes: preliminary study on characterization and valorisation in clay matrix bricks [J]. *Waste Management*, 2013, 33 (11): 2307-2315.
- [17] 冯海萍, 曲继松, 杨冬艳, 等. C/N 比对枸杞枝叶基质化发酵堆体腐熟效果的影响 [J]. *新疆农业科学*, 2014, 51 (6): 1112-1118.
- [18] 杨金娥, 李建, 罗峰谊. 猕猴桃园枝叶堆肥技术 [J]. *山西果树*, 2014 (4): 55.
- [19] 曹刚, 李红旭, 赵明新, 等. 微生物菌剂浓度对梨树废弃枝叶堆肥化处理的影响 [J]. *甘肃农业科技*, 2017 (12): 43-46.
- [20] 次仁吉保, 赵联芳, 王成, 等. 添加菌剂和不同 C/N 对葡萄枝叶堆肥效果的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2019, 47 (2): 71-74.
- [21] 关松荫. *土壤酶及其研究法* [M]. 北京: 中国农业出版社, 1986: 84-91.
- [22] 席北斗, 李英军, 刘鸿亮, 等. 温度对生活垃圾堆肥效率的影响 [J]. *环境工程学报*, 2005, 6 (7): 33-36.
- [23] 秦莉, 沈玉君, 李国学, 等. 不同 C/N 比对堆肥腐熟度和含氮气体排放变化的影响 [J]. *农业环境科学学报*, 2009, 28 (12): 2668-2673.
- [24] 陈同斌, 黄启飞, 高定, 等. 城市污泥好氧堆肥过程中积温规律的探讨 [J]. *生态学报*, 2002, 22 (6): 911-915.
- [25] STOREY S, CHUALAIN D N, DOYLE O, et al. comparison of bacterial succession in green waste composts amended with inorganic fertiliser and wastewater treatment plant sludge [J]. *Bioresource Technology*, 2015, 179: 71-77.
- [26] PETRIC I, HELI A, AVDI E A. Evolution of process parameters and determination of kinetics for co-composting of organic fraction of municipal solid waste with poultry manure [J]. *Bioresource Technology*, 2012, 117: 107-116.
- [27] 陈汉才, 李桂花, 廖森泰, 等. 农业废物无害化处理技术规范 [J]. *广东农业科学*, 2010, 37 (8): 222-239.
- [28] 曹慧玲, 王琦, 胡青平, 等. 添加复合菌剂好氧发酵牛粪生产生物肥料的工艺优化 [J]. *农业工程学报*, 2009, 25 (1): 189-193.
- [29] 鲍艳宇, 周启星, 颜丽, 等. 畜禽粪便堆肥过程中各种氮化合物的动态变化及腐熟度评价指标 [J]. *应用生态学报*, 2008, 19 (2): 374-380.
- [30] ZUCCONI F, MONACO A, FORTEM, et al. Phytotoxins during the stabilization of organic matter [M]. London: Elsevier, 1985: 73-86.
- [31] 劳德坤, 张陇利, 李永斌, 等. 不同接种量的微生物秸秆腐熟剂对蔬菜副产物堆肥效果的影响 [J]. *环境工程学报*, 2015, 9 (6): 2979-2985.
- [32] 贾仰东. 不同秸秆腐熟剂堆腐效果对比试验 [J]. *山东农业科学*, 2010 (10): 75-76.

(责任编辑: 吴益伟)