

李艳华, 罗杰, 胡佳, 等. 赤子爱胜蚓对不同发酵方式平菇菌渣的利用研究[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(7): 281–284.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.07.054

赤子爱胜蚓对不同发酵方式平菇菌渣的利用研究

李艳华^{1,2}, 罗杰^{1,2}, 胡佳^{1,2}, 顾昌华^{1,3}, 邓家保⁴

(1. 铜仁职业技术学院, 贵州铜仁 554300; 2. 铜仁市特种水产养殖发展与提升工程技术研究中心, 贵州铜仁 554300;
3. 铜仁市梵净山食用菌菌种繁育工程技术中心, 贵州铜仁 554300; 4. 铜仁市万山区海天保业食用菌种植专业合作社, 贵州铜仁 554203)

摘要:为探索赤子爱胜蚓对不同方式发酵平菇菌渣的利用情况, 通过物质转化率、蚯蚓的生长与繁殖率、蚓粪肥效 4 个观测指标, 研究自然发酵、需氧发酵、厌氧发酵和不发酵 4 种情况下的平菇菌渣资源化利用效果。结果表明, 对平菇菌渣进行 7 d 的需氧菌发酵处理后饲喂赤子爱胜蚓, 蚯蚓生长最快, 繁殖率最高; 蚓粪中有机质含量达到 70.67%, 总氮水平达到 1.80%。该食用菌菌渣处理方法既有利于蚯蚓生长繁殖, 生产蚯蚓蛋白, 又可有效处理食用菌废菌棒, 生产有机肥, 具有潜在的应用前景与价值。

关键词:食用菌; 蚯蚓; 发酵; 平菇菌渣; 蚓粪; 无害化处理; 资源化利用

中图分类号: X712; S899.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)07-0281-04

食用菌已成为我国第五大农作物, 年产量已超过 3 000 万 t^[1], 采摘后的食用菌废菌棒数量巨大, 废菌棒的处理已经成为制约食用菌可持续发展的瓶颈之一。当前, 我国农业废弃物利用率仅为 34%, 大部分暴露搁置于地面上, 传统的处理方式也

只是将其直接作为肥料或燃料, 致使废菌棒中丰富的有机质、蛋白质以及氮、磷、钾等矿物质元素未能被充分利用, 粗放低效的利用方式对环境造成了巨大污染^[2-3]。因此, 如何有效处理好食用菌废菌棒成为食用菌产业可持续发展的关键。蚯蚓以腐殖质为食, 能对废弃菌棒等农业废弃物进行很好的生物降解, 并能在生长过程中将生长基质转化为有机肥等, 而废弃菌棒又能促进蚯蚓的生长, 获得高质量的动物蛋白^[4-5]。目前, 还没有利用不同发酵方式处理食用菌菌渣来养殖蚯蚓的研究, 且关于食用菌菌渣养殖蚯蚓的研究也极少^[6-8]。本研究采用不同发酵方式处理食用菌菌渣, 用于饲喂蚯蚓, 考察

收稿日期: 2019-03-09

基金项目: 贵州省科技支撑农业攻关项目(编号: 黔科合支撑[2016] 2596 号); 铜仁市科技计划工程中心项目(编号: 铜市科研[2017] 81 号); 铜仁职业技术学院科研平台项目(铜仁职院特种水产养殖发展与提升协同创新中心)。

作者简介: 李艳华(1983—), 男, 湖南郴州人, 博士, 副教授, 主要从事农业资源开发利用与保护研究。E-mail: liyanhua1983@163.com。

[3] 覃海宁, 刘演. 广西植物名录[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 46–501.

[4] 陈林, 杨国栋, 林国俊, 等. 西藏错那县种子植物区系及资源特征分析[J]. 四川农业大学学报, 2016, 34(4): 431–439.

[5] 季长波, 刘卓. 辽宁老秃顶子保护区种子植物区系及与其他山地的关系[J]. 辽东学院学报(自然科学版), 2016, 23(1): 21–26.

[6] 钱慧蓉, 杨国栋, 陈林. 四川东拉山大峡谷种子植物区系及植物资源研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2018, 42(2): 52–58.

[7] 廖泽志, 陈经同. 基于模糊聚类法分析南岳自然保护区种子植物多样性与邻近地区之间的关系[J]. 中国农学通报, 2009, 25(1): 80–82.

[8] 叶钦良, 董辉, 钟智明, 等. 广东省紫金县野生种子植物区系研究[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(12): 127–131.

[9] 刘欢. 陕西米仓山国家级自然保护区种子植物资源研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.

[10] 努尔买买提, 张相锋, 张维. 新疆野核桃自然保护区植物区系和地理成分[J]. 生态学杂志, 2015, 34(7): 1838–1846.

[11] 贡建全, 邓双文, 陈红锋. 广东荷包岛维管束植物区系特征分析[J]. 植物科学学报, 2017, 35(1): 30–38.

[12] 赵杏花, 王立群, 蓝登明, 等. 乌拉山种子植物属的地理成分分析[J]. 西北植物学报, 2011, 31(1): 172–179.

[13] 包萨如拉, 赵利清, 朴顺姬, 等. 西鄂尔多斯维管束植物区系特征分析[J]. 中国沙漠, 2012, 32(2): 428–436.

[14] 王磊, 温远光, 和太平, 等. 广西下雷自然保护区种子植物区系研究[J]. 广西植物, 2011, 31(1): 64–69, 133.

[15] 彭日成. 广西木论国家级自然保护区维管束植物区系研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2013.

[16] 黄文新, 陈薇, 丛义艳, 等. 湖南通道侗族自治县种子植物属的区系研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2005, 28(3): 90–93.

[17] 段代祥, 赵南先, 叶华谷, 等. 广东省乳源县种子植物区系的研究[J]. 植物研究, 2005, 25(4): 495–502.

蚯蚓的生长与繁殖状况以及基质的营养变化等,探索食用菌菌棒饲喂蚯蚓的最佳处理方式,旨在为食用菌菌棒的利用提供理论和实践参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

新鲜平菇废菌棒(主要成分为棉籽壳)来自铜仁市梵净山食用菌菌种资源工程技术研究中心生

态试验大棚,赤子爱胜蚓由铜仁市特种水产养殖发展与提升工程技术研究中心提供,为经驯化,性快成熟的大平二号蚯蚓。厌氧及好氧菌种分别购自郑州启富生物科技有限公司和淮安大华生物科技有限公司,由铜仁职业技术学院民族中兽药工程中心微生物室扩繁供应。新鲜平菇废菌棒的基本性状见表 1。

表 1 平菇菌棒的性状

主成分	含水量 (%)	pH 值	有机质含量 (%)	碳氮比	全氮含量 (%)	粗蛋白含量 (%)	粗脂肪含量 (%)	粗纤维含量 (%)	粗灰分含量 (%)
棉籽	43.20	7.5	85.20	33.69	1.41	8.79	1.74	40.30	9.70

1.2 试验方法

1.2.1 基料的处理与发酵 取废弃的新鲜平菇菌棒,挑除霉变菌棒,粉碎至粒径为 0.5 cm 的以下颗粒。试验分为 4 组,每组 3 个重复。A 组自然发酵 30 d;B 组加入活化的厌氧发酵菌剂,厌氧发酵 7 d;C 组加入好氧菌种,需氧发酵 7 d;D 组为新鲜菌渣,于盆养试验前提前 1 d 准备,不作发酵处理。所有发酵和不发酵菌渣保持 65% ~ 75% 的水分率待饲。

1.2.2 试验设计 发酵结束后,调节各处理组基质含水量为 65% ~ 75%,每组设 6 个重复,每个重复取 750 g 基质放于塑料盒中(上口径为 15 cm,高为 12 cm,塑料盒的盖子和底部打有小孔),每盒放入大小均匀的性快成熟蚯蚓 15 条。试验期间每天适当补充水分,保持基质水分含量为 65% ~ 75%,试验周期为 60 d。试验结束后将各盒中的成蚓、幼蚓和蚓茧挑出,分别进行计数和称质量,并收集各盒蚓粪后烘干,用于测定蚓粪的肥效指标。

1.2.3 测定指标及方法 采用重铬酸钾氧化法测定蚓粪有机质含量;采用半微量凯氏定氮法测定蚓粪全氮含量;采用磷钼酸喹啉质量法测定蚓粪全磷含量;采用四苯硼酸钾质量法测定蚓粪全钾含量。物质转化率(*R*)、日增质量倍数、日增殖倍数的具体计算公式如下:

物质转化率 = (试验开始时的基质质量 - 试验结束时基质质量) / 试验天数;

日增质量倍数 = (试验结束时的蚯蚓质量 - 试验开始时的蚯蚓质量) / (试验开始时的蚯蚓质量 × 试验天数);

日增殖倍数 = (试验结束时蚯蚓总条数 - 初始蚯蚓条数) / (初始蚯蚓条数 × 养殖天数),每个蚓茧

按 1 条蚯蚓计算。

上述指标和平菇菌棒性状指标在样品处理后送至青岛程诚检测有限公司进行检测。

2 结果与分析

2.1 蚯蚓对各组物质的转化率

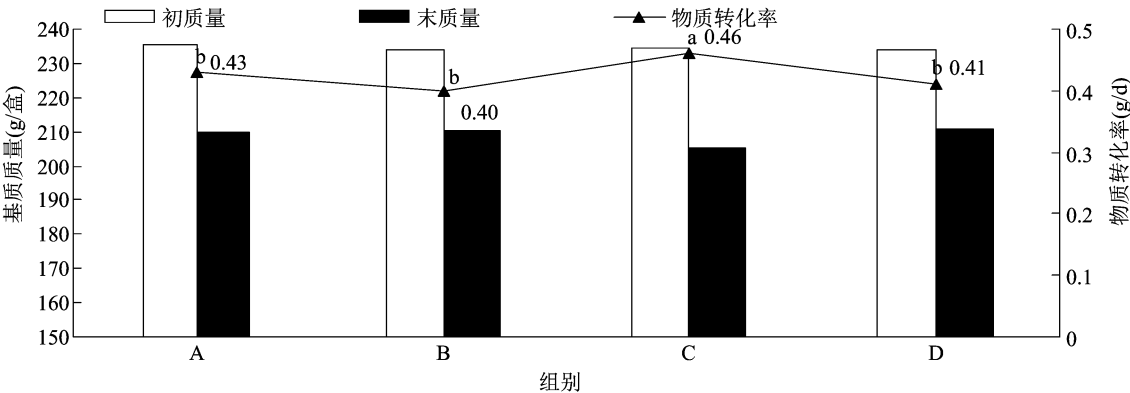
由图 1 可知,蚯蚓对 4 个组别的基质物质转化率排序为 C 组 > A 组 > D 组 > B 组,其中 C 组物质转化率显著高于 A 组、B 组和 D 组(*P* < 0.05);A 组、B 组和 D 组之间干物质转化率无显著性差异。

2.2 不同方式发酵的平菇菌渣饲喂的蚯蚓生长和繁殖情况

由表 2 可知,C 组蚯蚓的末质量与 A 组、B 组、D 组之间差异显著(*P* < 0.05),A 组、D 组与 B 组之间差异显著(*P* < 0.05),A 组、D 组之间差异不显著。A 组、C 组和 D 组的蚯蚓条数无显著性差异,但均显著高于 B 组(*P* < 0.05)。A 组蚓茧数显著多于 B 组、C 组和 D 组(*P* < 0.05),D 组显著多于 B 组(*P* < 0.05),C 组与 B 组、D 组之间无显著性差异。C 组日增质量倍数显著高于 A 组、B 组、D 组(*P* < 0.05),A 组、D 组之间差异不显著,但均显著高于 B 组(*P* < 0.05)。A 组、C 组、D 组日增殖倍数无显著性差异,但均显著高于 B 组(*P* < 0.05)。通过分析日增质量倍数和日增殖倍数可知,C 组为最佳的基质处理方式,即需氧发酵 7 d,其次为 D 组,不进行发酵。

2.3 蚓粪成分分析

由表 3 可知,与菌渣基料相比,饲养蚯蚓后各组蚓粪的有机质含量均下降,C 组的有机质含量高于 A 组、B 组和 D 组。与菌渣基料相比,各蚓粪组全氮



图中不同小写字母表示处理间物质转化率在 0.05 水平上差异显著
图1 蚯蚓对各组干物质的消解速率

表 2 不同方式发酵的平菇菌渣饲喂蚯蚓质量和繁殖情况

组别	质量(g/盒)		条数(条/盒)		蚓茧数 (个/盒)	日增质量倍数 (倍)	日增殖倍数 (倍)
	始	末	始	末			
A	3.87 ± 0.36a	7.32 ± 0.68b	15	89.33 ± 10.97a	18.67 ± 3.56a	0.014 9 ± 0.029b	0.10 ± 0.01a
B	3.77 ± 0.33a	5.85 ± 0.60c	15	63.50 ± 14.71b	3.83 ± 2.56c	0.009 4 ± 0.003c	0.06 ± 0.02b
C	3.60 ± 0.26a	11.76 ± 1.23a	15	104.83 ± 8.77a	7.33 ± 4.84bc	0.038 3 ± 0.010a	0.11 ± 0.07a
D	3.80 ± 0.41a	8.37 ± 0.70b	15	95.00 ± 7.77a	10.00 ± 3.29b	0.020 5 ± 0.006b	0.10 ± 0.01a

注:同列数据后不同小写字母表示不同组别间差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示不同组别间差异极显著($P < 0.01$)。下同。

表 3 蚓粪成分分析结果

组别	有机质含量(%)	全氮含量(%)	全磷含量(%)	全钾含量(%)
A	66.01 ± 2.11b	1.74 ± 0.02b	0.43 ± 0.02c	0.91 ± 0.03b
B	66.57 ± 2.58b	1.73 ± 0.01b	0.47 ± 0.01b	0.98 ± 0.03a
C	70.67 ± 1.57a	1.80 ± 0.02a	0.54 ± 0.02a	1.05 ± 0.06a
D	67.41 ± 1.79b	1.71 ± 0.04b	0.53 ± 0.02a	0.98 ± 0.03a

含量均升高,其中 C 组含量显著高于其他 3 组($P < 0.05$),达到 1.80%。C 组和 D 组全磷含量差异不显著,但均显著高于 A 组、B 组($P < 0.05$)。全钾分析结果显示,C 组的全钾含量达到 1.05%,显著高于 A 组($P < 0.05$)但与 B 组、D 组差异不显著。从蚓粪成分分析结果可知,C 组基质经蚯蚓利用后,肥效高于其他 3 组。

3 结论与讨论

食用菌产业可持续发展面临的一个重要课题就是如何处理菌渣废弃物,实现食用菌菌渣的无害化处理与资源化利用,其关键在于能否低成本低增加一条循环农业链。用食用菌菌渣养殖蚯蚓与单独用菌渣制作有机肥相比,既获得了蚓粪优质有机肥还增加了蚯蚓高质量蛋白,拉长了循环农业产业链。基于此,本研究对食用菌菌渣经不同方式发酵

后养殖蚯蚓的效果进行了探索。
在衡量指标中蚯蚓的体质量增长量和增殖倍数是评价蚯蚓生长繁殖的关键指标。本研究中蚯蚓的初始体质量基本一致,经过 60 d 的养殖后,其体质量增长了 0.55 ~ 2.27 倍,蚯蚓数量增加 3.49 ~ 6.48 倍,表明无论用哪种发酵方式发酵的平菇菌渣养殖蚯蚓来拉长农业产业链都是可行的。同时表明,菌渣发酵处理方式的不同,会给蚯蚓带来 1 倍左右的生长和繁殖差异,原因可能在于发酵过程中会产生或者消耗蚯蚓生长繁殖赖以生存的有机质、糖、脂肪和各种矿物质元素,关于这一点已有学者作了研究^[9-10]。本研究结果还显示,需氧发酵处理组蚯蚓的末质量和日增质量倍数均高于其他试验组,其次为新鲜的未经发酵的菌渣组;经过 60 d 的饲喂,蚯蚓对需氧发酵处理后的菌渣物质转化率为 0.46 g/d,显著高于其他试验组;需氧发酵处

理组日增殖倍数也在 4 组中最高,达到 0.11 倍,且幼蚓数明显多于其他 3 组,但其蚓茧数显著低于厌氧发酵组。推测出现该现象的原因是需氧发酵基质一开始有利于蚯蚓的生长,种蚓成熟快,产茧时间早,幼蚓孵化多,后期由于营养不足才导致蚓茧繁殖数大大减少。本研究发现的利用厌氧菌发酵菌渣饲喂的蚯蚓生长繁殖效果与利用 EM 菌发酵的农业废弃物饲喂蚯蚓的效果相似^[11-12],二者结果的一致性是否由需氧菌需氧发酵造成的,还有待对 EM 菌的好气或嫌气类型作进一步了解。蚯蚓对需氧菌发酵处理后的菌渣以及未经任何处理的新鲜菌渣和 30 d 自然发酵菌渣的利用效果均高于厌氧菌发酵处理组。研究表明,需氧发酵菌渣是菌渣最佳的利用方式,其次是新鲜不发酶的菌渣。推测认为是由于需氧发酵菌种自身蛋白、需氧发酵产生的基质营养物质以及新鲜菌渣释放的芳香味物质比较适宜蚯蚓的生长繁殖,而厌氧发酵常常伴随产生恶臭及有害物质^[13-14],但是具体原因需要进一步研究证明。生产中,菌渣往往集中产生,在蚯蚓的全年养殖中,菌渣往往需要堆放半年以上时间,导致菌渣芳香味营养物质大大散失,尽管未经发酵菌渣饲喂的蚯蚓生长繁殖效率仅低于需氧发酵组,且与需氧发酵组相比更节省劳力和成本,但基于已知产出效益,推荐采用需氧发酵方式来处理平菇菌渣。

蚯蚓能够加速废弃物混合物中有机物的分解,提高多种营养元素的含量,有效减少废弃物质量和体积,使养分元素集中,形成较为浓缩、易于运输的有机肥^[15]。本研究中对蚓粪的检测结果显示,与菌渣基料相比,各组的有机质含量均下降,但仍符合 NY 525—2012《有机肥料》规定的有机质含量 $\geq 45\%$ 的标准;此外,蚓粪中总氮含量由 1.41% 提高到 1.71% ~ 1.80%,总磷和总钾含量虽然没有评价,但总量也较为丰富。在没有外源氮元素添加的情况下,基质中的氮一部分被蚯蚓所利用,另一部分以铵态氮形式挥发,但是由于碳的损耗远超过氮,基质干物质量大大减少,因此总氮含量依然会升高,这和成杰民等的研究结果^[12]相一致。

综上所述,对平菇菌渣进行需氧发酵后饲喂蚯

蚓,既能促进蚯蚓的生长与繁殖,又能有效降解菌渣废弃物,减少对环境的污染,变食用菌菌渣为蚓粪有机肥,是一种值得推广的食用菌废菌棒处理方式。但是,在食用菌菌渣中添加诸如畜禽粪便等农业或生产废弃物及无机肥等营养素是否更有利于蚯蚓的稳产高产,则需要进一步的试验与研究。

参考文献:

- [1]周 祥,严媛媛,陈爱晶. 食用菌菌渣资源化利用研究进展[J]. 食用菌,2018(1):9-12.
- [2]周江明,王利通,徐庆华,等. 适宜猪粪与菌渣配比提高堆肥效率[J]. 农业工程学报,2015,31(7):201-207.
- [3]卫智涛,周国英,胡清秀. 食用菌菌渣利用研究现状[J]. 中国食用菌,2010,29(5):3-6,11.
- [4]宋高杰,李 涵,李瑞珍,等. 猪粪养殖蚯蚓的营养成分测定及作为家禽蛋白饲料的安全性评价[J]. 中国家禽,2017,39(8):20-23.
- [5]周美荣,孙振江,申晓强. 蚯蚓粪的研究及应用[J]. 山西农业科学,2012,40(8):921-924.
- [6]冯 银,胡登乾,潘 丽,等. 平菇菌渣和奶牛粪便饲养蚯蚓效果[J]. 贵州畜牧兽医,2015,39(5):16-18.
- [7]武佳韵,赵智远,刘 明,等. 餐厨垃圾与菌渣混合发酵养殖蚯蚓的试验研究[J]. 生物学杂志,2016,33(2):110-112.
- [8]李凤美,张志军,孙玉涛. 木腐菌类菌糠制作蚯蚓饲料饲养试验[J]. 食用菌,2018(1):77-78.
- [9]檀晓萌,陈 辉,黄仁录,等. 不同基料对蚯蚓生长与孵化性能的影响[J]. 饲料研究,2015(22):1-3,63.
- [10]Suthar S. Vermicomposting of vegetable - market solid waste using *Eisenia fetida*: impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate [J]. Ecological Engineering, 2009, 35 (5) : 914 - 920.
- [11]王定国,白 林,党建东,等. 添加 EM 菌对蚯蚓在畜禽混合粪便中处理效果的影响[J]. 猪业科学,2017,34(10):85-88.
- [12]成杰民,王晓凤,王志凤. 添加 EM 菌对蚯蚓处理鲜牛粪的影响[J]. 环境科学与技术,2009,32(6):140-144.
- [13]卢志强,张 涛,王元刚,等. 餐厨垃圾厌氧处置的恶臭污染物分析[J]. 城市环境与城市生态,2014(2):36-39.
- [14]黄丽丽,张 妍,商彬彬,等. 餐厨垃圾两相厌氧发酵产甲烷相恶臭排放规律[C]//第五届全国恶臭污染测试与控制技术研讨会论文集,2014.
- [15]张婷敏. 蚯蚓在有机固体废物处理中的应用研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2012.