

# 菌糠利用及其前景调查研究

王欣悦, 李子浩, 温莹, 陈玉庭, 刘伟\*

南开大学滨海学院, 环境科学与工程系, 天津

收稿日期: 2022年4月18日; 录用日期: 2022年5月20日; 发布日期: 2022年5月27日

## 摘要

近年来, 我国食用菌产业发展迅速, 菌糠的数量随食用菌种植产业规模的扩大逐年增加, 推动菌糠综合利用的高质量发展, 使菌糠变废为宝对农业的增收及资源良性循环起到至关重要的作用。本文对食用菌菌糠的常见利用方案与存在的问题进行了探讨, 并对其发展前景进行了展望, 为菌糠的二次利用提供了理论参考。

## 关键词

食用菌菌糠, 循环利用, 现状分析

# Investigation on Utilization and Prospect of Fungus Chaff

Xinyue Wang, Zihao Li, Ying Wen, Yuting Chen, Wei Liu\*

Department of Environmental Science and Engineering, Nankai University, Binhai, Tianjin

Received: Apr. 18<sup>th</sup>, 2022; accepted: May 20<sup>th</sup>, 2022; published: May 27<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

In recent years, China's edible mushroom industry has developed rapidly, and the number of spent mushroom substrate is increasing year by year with the expansion of the scale of edible mushroom planting industry. It promotes the high-quality development of the comprehensive utilization of spent mushroom substrate, and makes the waste of spent mushroom substrate into treasure play a vital role in the increase of agricultural income and the virtuous cycle of resources. This paper discusses the common utilization schemes and existing problems of spent mushroom substrate, and prospects its development prospect, which provides a theoretical reference for the secondary uti-

\*通讯作者。

## lization of spent mushroom substrate.

### Keywords

Edible Fungus Chaff, Cyclic Utilization, Status Analysis

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 菌糠介绍

中国是食用菌栽培行业大国，随着中国市场经济的进一步发展，食用菌总产量位于世界前列，菌糠产量也随之增加。菌糠是培养基的废料及废渣，是在利用木屑、玉米秆、秸秆等多种粗纤维物质为主要原料培养出食用菌后的废弃物，也称食用菌菌糠。据数据统计，每栽培 1 kg 食用菌约产生 3.25~5 kg 的菌糠，我国每年生产菌糠总量约 900 万吨，2020 年的食用菌总产量达到 4000 多万吨，菌糠的年产量也约在 1 亿多吨[1] [2] [3]。

食用菌菌糠中残留大量菌丝体和有益菌，这些经过了酶解反应的食用菌丝，会产生多种糖类、有机酸类和生物活性物质等。据统计菌糠中粗纤维和木质素分别降低了 50% 和 30%，粗蛋白提高了 7%，氨基酸总量提高了 6% [4]，资源化利用价值能大大提高。但菌糠废料经常被随意丢弃，就地焚烧仍然是处置菌糠的主要方式，在浪费资源的同时，会产生大量二氧化碳、一氧化碳等有毒有害气体，不仅给生态系统带来直接的迫害和影响，还会对人类健康方面的问题带来负面影响。

对食用菌菌糠进行合理利用，能有效解决因菌糠而产生的环境污染和资源浪费等多种问题，并且能够提高种植户的经济收益，对生态环境保护和绿色农业的可持续发展具有重要的意义。

## 2. 菌糠在禽畜饲料上的应用

随着畜牧业的快速发展，粮食问题也越来越显著，如何保证饲料粮的供给，缓解饲草原料紧张成为了亟待解决的问题。

菌糠中含有丰富的蛋白质、多糖、纤维素、脂肪以及矿物元素等，其营养价值与糠麸类饲料相当，可以按照一定比例代替麸皮，是猪、羊、牛、鱼类等很好的饲料来源。菌糠可以利用菌丝分解，其代谢产物有菌类多糖、有机酸、三萜皂苷、多酚和黄酮类等物质，同时秸秆材料表面的角质层和硅质细胞组织和纤维的结晶构造都被打破，成松散或多孔状态，很容易捣碎，并且味道芬芳，适口性很好。这种产物能够增强动物的抵抗力，促进动物的康复等[5] [6] [7]。据调查研究，李进杰[8]等利用平菇菌糠代替麸皮饲养新西兰幼兔，其成活率有所提高；蒋明琴[9]等利用香菇菌糠替代部分精粮饲喂肉牛，经济效益提高 40.47%。刘多才[10]等利用发酵菌糠饲料替代牛类日常喂养中部分饲料对牛进行喂养；表明对其生长性能无影响，且显著降低了饲料成本。菌糠作为潜在的饲料成分，部分替代动物饲料，可以减轻喂养压力，同时也能减少作物种植对土地的消耗，实现食用菌行业循环可持续发展的同时解决粮食短缺问题。

菌糠的营养价值已经得到认证，但保证饲料的安全性是重中之重，在探究菌糠代替饲料的可行性之前要先明确其可以安全喂养。菌糠属于尚未系统开发的原料目前还没有统一的检测标准，根据国家要求可以执行其他饲料的标准。食用菌菌糠做动物饲料喂养动物时要选择无杂菌污染、无发霉发黑的菌糠，确保菌糠的安全性。赵新海等[11]以金针菇菌糠为例进行了安全性检测，检测结果证明，以棉籽壳为主要

原料的金针菇菌糠中,各部位均没有检测出有害微生物,以及镉、汞等有害毒素和重金属。

食用菌菌糠的营养性以及安全性均得到多方证实,具有非常大的饲料化价值与广阔的发展前景。由于我国研究起步较晚,实际应用上还不成熟。限制菌糠饲料化的原因包括远程运输中容易发霉、菌糠饲料生产的工艺及流程没有统一可执行的标准、不同菌糠之间的差异是否会对动物造成不同的影响,以及菌糠代替饲料喂养的最优比等问题都还需要科学家们去探索。

### 3. 菌糠在有机肥料以及二次栽培上的应用

现代农业中化肥使用不当会造成水土流失、土壤酸化碱化等问题。利用菌糠作肥料可以改善土壤恶化状况、提高土壤肥效指标。对于储存不当导致发霉的菌糠来说其安全性大大降低不能用作饲料原料便可以采用堆肥处理。

菌糠富含丰富的有机质以及氮、磷、钾等微量元素,以及大量的食用菌菌丝,菌丝体可以分泌使大分子变为小分子有机质的酶,使其营养物质更容易被农作物吸收利用,其环境适宜微生物生长发育有利于植物生长。

菌糠肥料的优点在于:1) 发酵时间短:一般 10 天左右,微生物把木质素,纤维素等难以被植物吸收的物质转换为易被植物吸收的小分子养分。2) 对土壤肥力改善效果好:菌糠可以使土壤疏松,增强土壤透气性与贮水能力,为微生物提供了良好的生存环境,同时可以抑制病原体,减少病虫害的发生。最重要的是菌糠肥料经过发酵施用后不仅不会烧伤根苗还可以使根系更加强壮发达,便于栽种移植,增加产量提高果实的甜度。

李维[12]比较了不同菌糠的理化性质,证实菌糠虽性质略有不同,但都具备农作物生长所需的多种营养物质与维生素同时还具有提高植物抵抗力的活性物质与微生物群落。菌糠具有较小的碳氢比,可增加土壤的透气性,进一步分解成具有蓄水能力的腐殖质,来改善土壤理化性状,避免土壤板结,提高产量,促进良性循环,增强土壤肥效。徐江兵[13]研究了食用菌菌糠对青菜生长状况以及土壤性质的影响,结果表明,菌糠施入量在 1.6%以上时,青菜的各项指标及叶绿素、维生素 C 含量均显著增加,土壤中微生物、有机质也有所提高。吉清妹[14]等利用秀珍菇菌糠代替部分氮肥种植小白菜,其有机质提高 6.06%,有效磷提高 7.73%,小白菜增产 14.5%。黄泉[15]等研究了黑木耳菌糠基质浸提液对大豆种子萌发相关指标的影响;曾振基[16]等利用菌糠、烟草废料结合微生物发酵有机肥料,并经过田间试验,均有 7%以上的增产;张华微[17]等利用香菇菌糠种植玉米,发现随着香菇菌糠施入的增加,土壤孔隙度得到了显著提升,同时玉米的产量和质量也有了很大的提升。

目前,菌糠制备有机肥料已经小规模应用在种植上面,并且取得良好的结果,菌糠肥料运用在果园里,可以提高果实的甜度和产量,运用在蔬菜或花卉种植中可以明显提高植株的品质,使长出的花草繁茂。由于菌糠作为有机肥料的研究正处于初级阶段,长期使用是否会造成负面影响,则需要更长时间的观察研究。

菌糠在食用菌生产完后内部仍存有大量的有机物及其丰富的营养物质,与其他原料混合发酵后作为栽培料来栽培其他新菇,提高了原料的利用率,降低了种植成本增加了经济效益。在实际生产中,菌糠已用于金针菇、榆黄蘑、平菇、鸡腿菇、杏鲍菇、秀珍菇、猴头菇、黑木耳等食用菌的二次栽培。王黎明[18]等利用废弃的杏鲍菇菌糠部分替代棉籽皮和玉米芯栽培秀珍菇,秀珍菇产量、产值、产投比呈现出逐步增加的趋势,在添加 50%杏鲍菇菌糠配方时,产量最高。牛娜[19]用香菇菌糠栽培平菇,得出添加废弃菌糠 10%以上时,提高了平菇实体的钾钠比,在添加 50%时,可以显著增加实体平菇中锌的含量。菌糠的二次利用显著地降低了生产成本,满足了食用菌市场的需求。但食用菌菌糠的营养成分与栽培食用菌种类与栽培次数密切相关,所以其营养成分和理化性质存在一定的差异,如果想要对其有更科学的

利用, 还需要更进一步的科学研究, 才能有效地提升利用价值。

菌糠具有透水透气性好, 失水速度慢等特性。随着无土栽培的逐渐流行, 菌糠可作为泥炭替代物进行使用。时连辉[20]等试验比较了菌糠与泥炭的理化性状, 得出菌糠比泥炭通气性好, 渗透性强, 持水量少但蒸发慢的特性。菌糠可以部分代替泥炭土、草炭土用作无土栽培的基质, 降低生产成本; 同时还可以在番茄、草莓等种植中作为复合基质, 促进根系的生长, 提高成活率。菌糠作为无土栽培的重要原料, 可以推进无土栽培行业的发展, 但菌糠是否可以单独作为无土栽培的原料使用, 还没有经过验证。

#### 4. 菌糠在燃料以及生物炭上的应用

大多数的食用菌栽培基质是以大量的木屑、秸秆、玉米芯、稻草为主要原料, 是一种具备燃烧能力的资源。同时, 菌糠中含有大量的菌丝体, 这些菌丝体中含有脂肪、粗纤维、蛋白质等物质, 为发酵微生物的生长繁殖提供良好的条件, 是一种理想的沼气发酵原料。李亚冰[21]等以菌糠为原料进行沼气发酵试验, 发现添加尿素可以显著提高沼气产气量, 例如木耳菌菌糠 TS 产气潜力为 180 ml/g, VS 产气潜力为 208 ml/g。路子佳[22]研究了沼气的生成率与菌糠浓度变化之间的关系, 得出发酵料液质量分数为 10% 时, 其产气速率达到峰值。虽然利用菌糠进行沼气发酵对解决能源问题有着重要意义, 但仍存在很大的问题, 例如发酵过程中有机酸过快的积累导致 PH 偏低, 产能下降; 新型的沼气燃烧是否会产生未知的有害气体等等。如果解决了这些问题, 菌糠作为生产沼气的原料将具有很大的开发价值, 不仅解决了废弃菌糠的处理难题, 还有望成为新能源。

土壤重金属污染迁移性小不易溶于水, 可以通过食物链被生物富集, 且隐蔽性强不能被微生物降解。重金属污染土壤主要靠生物吸附作用修复, 菌糠中含有大量的菌丝、多种酶类与大量的活性物质, 均具有吸附作用, 为菌糠制备生物吸附剂提供了可行性。朱萌[23]发现菌糠对重金属有较强的吸附能力; 范盛远[24]等研究了混合型菌糠制备的吸附剂, 经过改良后吸附性能大大提升。陈慧玲[25]利用微波裂解技术将金针菇菌糠制备为生物炭用于改良土壤, 研究发现生物炭有助于土壤微生物的生长和繁殖, 有助于果实的成熟还可以吸附土壤中的有毒重金属物质。张羨[26]利用水热炭化法, 以秀珍菇菌糠为材料制备吸附剂用于吸附染料、有机酸及重金属, 研究结果发现, 对 Bi 离子和 In 离子具有良好的选择吸附性能, 对 Pb、Gr、Li、Cu、Cd 等离子也具备一定的吸附效果, 是一种有很大潜力的重金属吸附材料。

菌糠等作为吸附剂不仅不会带来二次污染, 还会缩短消解周期, 大大增加土壤肥效, 同时对各种重金属和其他无机污染物产生吸附和钝化效能, 尤其对难降解有机污染物也可快速分解。

#### 5. 菌糠利用存在的问题

菌糠的二次利用解决了菌糠大量堆积资源浪费的问题并且为种植户提供了经济收益, 但如果不采用严谨的科学处理方法以及系统的回收利用程序去进行改造, 同样也会对环境带来严重的危害。一方面是当菌糠因随意堆积或处理不当导致其随渠道河流进入水体, 长时间浸泡于水体之中而析出大量难降解的有机物成分以及大量的重金属元素, 对水环境造成严重污染。另一方面, 食用菌培养结束后, 在潮湿的环境下会给菌体带来合适的生长繁殖条件, 导致霉菌大量繁衍, 造成环境污染, 如木霉菌在高温潮湿且不通风的条件下形成大量绿色霉状物[27]。同时在使用菌糠发酵饲料时需注意, 抗生素的使用不能过量否则会杀死发酵饲料里的有益菌从而影响使用; 栽培食用菌的培养基不可含有残留农药或有毒有害的化学物质等。所以, 食用菌菌糠废料循环再利用的重点是用对方法并严格执行标准。

#### 6. 菌糠应用前景展望

农林废弃物资源化利用是我国农业发展产业链延伸的重要内容, 响应国家提出的保护环境、资源循环利用、可持续发展的政策理念, 以菌糠再利用为切入点, 探索农业有机废弃物不仅可以减少环境的污

染、有效地促进农业快速发展实现农业现代化，还可以节省大量成本、增加巨大的经济效益。但在食用菌行业的生产与销售中，行业之间的衔接还不够完善，希望在政府的支持下，将菌糠产业链作为起点，发展到多个行业当中，如种植业、养殖业等，因地制宜的对废弃食用菌菌糠进行利用，走出一条“农业-环境-能源-农业”的低碳循环发展之路，使得食用菌产业在世界范围内更具有竞争力。

目前对菌糠的绿色资源化利用研究大多集中在某单个领域，研究还不够成熟与系统化。绿色环保需要现代科学技术与资金的支持，对于菌糠来说，以后的研究就需要将其安全性放在首位，加强检测监管，真正做到变废为宝。

## 基金项目

国家级大创项目：菌糠对土壤生物学活性的研究以及功能性肥料的制备，项目号：202113663010。

## 参考文献

- [1] 吴思, 孙长龙, 张倩楠, 马信, 齐笑萱, 张阳. 食用菌菌糠的综合利用现状[J]. 生物化工, 2020, 6(6): 133-135.
- [2] 王妮妮. 食用菌菌糠循环利用现状分析[J]. 农业科技与装备, 2021(1): 69-70.
- [3] 邹德呦, 潘斯亮, 黄芳, 等. 菌糠资源化技术[J]. 北方园艺, 2010(19): 182-185.
- [4] 唐阳阳, 段雨, 袁崇善, 张爱武. 菌糠饲料应用价值及加工处理方法研究进展[J]. 家畜生态学报, 2019, 40(10): 88-90.
- [5] 熊学振, 杨春. 中国粮食安全再认识: 饲料粮的供需状况、自给水平与保障策略[J]. 世界农业, 2021(8): 4-12+32+119.
- [6] 崔艺燕, 邓盾, 田志梅, 鲁慧杰, 刘志昌, 李家洲, 马现永, 张琦, 兰永辉. 餐厨废弃物营养价值及饲料安全性研究进展[J]. 中国畜牧兽医, 2021(8): 2820-2829.
- [7] 单华佳, 席亚丽, 冯九海, 王勤礼, 魏生龙. 食用菌菌糠饲料化利用研究进展[J]. 中国草食动物科学, 2020, 40(3): 65-70+78.
- [8] 李进杰, 蒋明琴. 平菇菌糠替代部分麸皮饲喂生长期肉兔试验[J]. 当代畜牧, 2006(11): 30-31.
- [9] 蒋明琴, 李进杰, 冯巧婷. 香菇菌糠替代部分精料育肥肉牛效果[J]. 当代畜牧, 2009(2): 30-31.
- [10] 刘多才. 菌糠饲料在奶牛养殖中的应用研究[J]. 饲料工业, 2011, 32(7): 52-53.
- [11] 赵新海, 钟丽娟. 金针菇菌糠饲料化研究与应用进展[J]. 中国饲料, 2021(3): 112-116.
- [12] 李维. 食用菌菌糠的腐熟及腐熟物在土壤改良中的应用[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京理工大学, 2016.
- [13] 徐江兵, 林先贵, 王一鸣, 王俊华. 施用茶树菇栽培废料对青菜土壤中微生物学特征的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(1): 131-136.
- [14] 吉清妹, 吴宇佳, 张冬明, 雷菲, 曾建华, 符传良, 张文. 秀珍菇菌糠对大棚蔬菜及其土壤质量的影响[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(16): 42-48.
- [15] 黄泉, 谭笑, 郝登宝, 杨大海, 张永锋, 温嘉伟. 不同黑木耳菌糠基质浸提液对大豆芽期生长的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2020(10): 38-41.
- [16] 曾振基, 陈逸湘, 凌宏通, 侯永康, 周卫雄, 林敏, 陈东标, 李钦艳, 宋斌. 食用菌菌糠生产有机肥研究[J]. 中国食用菌, 2015, 34(2): 56-59.
- [17] 张华微, 张天翼, 王栩. 菌糠改良土壤孔隙度效果的研究[J]. 河北农业科学, 2011, 15(8): 37-38+68.
- [18] 王黎明, 臧春龙, 刘伟, 崔建丽. 利用杏鲍菇菌糠生产秀珍菇试验[J]. 农学学报, 2018, 8(6): 68-71.
- [19] 牛娜. 利用香菇菌糠栽培平菇的配方研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京农业大学, 2017.
- [20] 时连辉, 张志国, 刘登民, 李文清, 贾文, 鲍仁蕾. 菇渣和泥炭基质理化特性比较及其调节[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4): 199-203.
- [21] 李亚冰, 张丽萍, 史延茂, 程辉彩, 崔冠慧, 辛春艳. 利用菌糠厌氧发酵生产沼气初步研究[J]. 江苏农业科学, 2009(1): 306-308.
- [22] 路子佳. 高温菌糖沼气发酵的初探及产甲烷菌的分离[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2010.

- [23] 朱萌, 李维焕, 程显好, 左言美. 真菌对重金属生物吸附机理的研究进展[J]. 工业用水与废水, 2012, 43(6): 7-10.
- [24] 范盛远, 王黎明, 冯康. 菌糠基吸附剂研究现状与展望[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(32): 17-19+32.
- [25] 陈慧玲. 菌糠制备生物炭及其应用研究[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福州大学, 2016.
- [26] 张羨. 水热菌糠炭的制备表征及其吸附性能研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江科技学院, 2019.
- [27] 楼子墨, 王卓行, 周晓馨, 傅璐琪, 刘榆, 徐新华. 废弃菌糠资源化过程中的成分变化规律及其环境影响[J]. 环境科学, 2016(1): 33.