

# 食用菌菌渣资源化循环利用的研究进展

于晴晴 张丽杰

郑州工业应用技术学院

DOI:10.12238/eep.v7i10.2291

**[摘要]** 菌渣作为食用菌产业的副产品,在资源化循环利用方面具有广泛的应用潜力。近年来,菌渣在无土栽培、土壤肥料、环境修复剂、动物饲料、生产新能源、活性物质提取等多个领域得到了有效利用。无土栽培中,菌渣可用作育苗基质和栽培基质,因其含有丰富营养物质和生物活性物质,有助于植物生长。在土壤肥料领域,菌渣经过适当处理后,可作为有机肥料和土壤改良剂,提升土壤质量和作物产量。环境修复方面,菌渣能有效改善土壤盐碱化,提高土壤全磷含量,促进土壤微生物环境的改善。动物饲料中,菌渣富含的营养成分使其成为动物饲料的优质来源。在新能源生产领域,菌渣的发酵可以用于生产生物能源,如生物气。活性物质提取方面,菌渣中的多糖类物质、有机酸类物质等具有高附加值,可被进一步开发利用。

**[关键词]** 食用菌; 菌渣; 理化性质; 循环利用

**中图分类号:** S759.81 **文献标识码:** A

## Research progress of resource recycling of edible fungus residue

Qingqing Yu Lijie Zhang

Zhengzhou University of Industrial Technology

**[Abstract]** As a by-product of edible fungus industry, fungus residue has a wide application potential in terms of resource recycling. In recent years, the fungus residue has been effectively used in soilless cultivation, soil fertilizer, environmental remediation agent, animal feed, new energy production, active substance extraction and other fields. In soilless cultivation, fungus residue can be used as seedling substrate and cultivation substrate, because it is rich in nutrients and bioactive substances, which is conducive to plant growth. In the field of soil fertilizer, the bacterial residue can be used as organic fertilizer and soil conditioner to improve soil quality and crop yield. In terms of environmental remediation, bacterial residue can effectively improve soil salinization, improve soil total phosphorus content, and promote the improvement of soil microbial environment. In animal feed, the bacteria residue rich in nutrients makes it a high quality source of animal feed. In the field of new energy production, the fermentation of bacterial slag can be used for the production of bioenergy, such as biological gas. In terms of the extraction of active substances, the polysaccharides and organic acids in the bacterial residue have high added value, which can be further developed and utilized.

**[Key words]** Edible fungi; bacterial residue; physicochemical properties and recycling

## 引言

近年来,随着我国食用菌产业的飞速发展,食用菌产量也在不断增加。根据中国食用菌协会报道,2014—2021年,中国食用菌总产量由2014年的3270.09万t增长至2021年的4133.94万t,7年期间总产量增加了863.85万t,年均复合增长率约3.405%,稳居世界第一位。食用菌培养过程中大量需用的培植介质主要包含锯末、农作物秸秆、玉米心、棉籽壳和多种矿质素。在培育食用菌的周期内,这些介质内的有机物和矿质素并不能被完全分解与吸收,从而导致大批的遗留物生成。经过复合分解作用形成

的有机固态废弃物被称作菌渣,又名菇渣、菌麸或废料。依据宫志远等人的研究,生产每公斤鲜的食用菌可产生1.62至5.00公斤(湿重)的菌渣。若这些渣滓无法得到再生利用,就会造成资源流失,随意抛弃更将滋生众多微生物、霉变和害虫,易发生环境次生污染,给人畜健康带来风险。开展食用菌菌渣循环利用研究,对提高资源的利用效率、减少环境污染和促进食用菌产业可持续发展具有重要的意义。

## 1 食用菌菌渣资源化再利用现状

培植食用菌所依赖的基本物料包括各种农作物剩余物和木质

碎片等。因应不同食菌栽种用料,得到的菌糠成分亦有所区别。普遍而言,食用菌的废渣含丰富养分,并且剩余的细胞外酶及其他活性成分,对菌糠资源回收再利用具有至关重要的作用。

#### 1.1 作为饲料

研究指出,食用真菌的残渣富含菌丝,这些菌丝中蕴含着丰富的氨基酸和蛋白等必需营养成分。这些建设性分子可以满足牲畜禽类成长的基本营养需求。经过精加工,如粉碎和干燥,这种菌渣可以转化成优质的畜禽饲料替代品。例如,栽培平菇主要利用秸秆和棉籽壳作为生长介质,菇类收获后,其残渣中的蛋白质甚至超过玉米。一些食用真菌残留物中还含有生物活性物,能作为动物饲料的补充剂,它们具备消炎、增强免疫以及防止氧化的作用,这不仅可以减少动物生病的机会,提升畜牧业的经济效益,也有助于减少粮食作物的消耗率。

#### 1.2 作为食用菌二次利用原料

食用菌的生长基质,在栽种过后剩下的部分,其营养成分及含量会因所用原料和种植的菌种而异,导致不同种类的菌渣的再次利用价值有所区别。这些剩余菌渣能够替换棉籽壳、锯末等物质,重新作为食用菌的培养原料得到循环使用。将经杏鲍菇生长后的菌渣通过妥善加工利用于栽植露菇,并且观察发现,菌渣含量大约为半数时,露菇的菌丝生长速率及之后的收获量都可得到最大化。这种做法不仅能够削减开支,还确保了露菇品质和产出的双重提升,从而全面增加了露菇的种植效益。在实践中,同样也存有香菇废弃菌渣种植金针菇取得成功的例子,通过用香菇的菌渣替代一部分锯末来种植金针菇,与传统种植方法相比,金针菇的成长周期及产出都未见减少。

#### 1.3 作为肥料

经过精细化处理,食用菌的残余物能够再生为有机肥,它们不仅能够供给植物所需的养分,还有助于维护与提升土壤质地,使土壤得到有效的改善。处理这类残余物的核心技术涵盖了前处理步骤、高效降解和堆肥发酵等环节。在这一系列的加工过程中,残余物中所含的成分被逐渐分解,同时孕育出多种微生物菌种,这些菌种能够消灭土壤中的病原体,调节土壤pH值,优化其结构。这样一来,对比传统土肥,其用量可以削减超过80%。采用这种循环再用方法对食用菌残余物的品质有特定要求,包括必须有较短的发酵期并且无明显的霉菌污染等条件。因而,在应用前要对其进行严格的质量检验。

#### 1.4 作为能源材料

将传统的菌渣直接用作燃烧的能量来源,而食用菌的培植主要采用诸如木屑、玉米芯等可以直接燃烧的物料。因而把菌渣风干后可直接用作燃料。使用之前需用锅炉对培养基进行灭菌。将菌渣转化为能源的另一种新颖用途便是作为沼气的原料。鉴于菌渣内部固有的大批不易溶解元素,这类元素在自然环境中分解步伐缓慢,故而可采用产沼细菌实施生物降解作业。采完蘑菇之后剩余的培育基质,其中的秸秆、稻草表层的蜡质已经被消除,因此留下的菌渣更易于被产沼细菌消纳,生成沼气的效率极大超越了传统的沼气制取方法。菌渣之所以能显著提高产气

效果的另一关键因素,在于它本身含有的营养成分相对丰厚,为产沼细菌后续的生长与繁衍提供了充裕的物质支持。应用这一方案处理菌渣,不单是将废料转化为环保的生物燃料,亦在某种程度上减轻了能源需求压力。

#### 1.5 提取生物活性物质

木耳的培养基残留物富含约10%的粗蛋白,而杏鲍菇的培养基残留物含粗蛋白的比例大约是8%,两者均蕴含众多生物活性成分,如食用菌多糖,以及诸如磷、钾在内的微量元素。在分离和提纯食用菌残渣中活性元素的过程当中,观察到了高含量的多糖、氨基酸和有机酸等物质。这些建构和新陈代谢的产物,都蕴含着巨大的生命科学开发潜能。比如,由食用菌残渣萃取而成的多糖类成分,便显示出了优秀的抗炭疽菌能力。而从高级担子菌残留物中所提炼的水溶性萃取物,也对抵御植物病毒入侵表现出了明显的预防效果。进一步从食用菌残渣中萃取得到的激素和抗生素成分,能够被用于培育促生长素和制备抗生素。

## 2 食用菌菌渣再利用存在的问题

### 2.1 饲料、肥料品质影响

当将菇糠回收作为动物饲养及土壤施肥之用时,需关注在食用菌培养过程中使用的化学药品有无遗留,并且考察其残留程度是否会对饲料或肥料的质量产生不良影响。当前,从菇糠中萃取生物活性成分的技术尚属起步阶段,大多数研究还局限于实验室范围内,且萃取成本偏高,整体效益有限,故而尚不适宜扩展至工业化大规模生产。同时,关于堆肥处理方法和菇糠在堆肥中的最佳配比方面的系统研究亦显不足,例如利用食用菌菇糠作为主要成分所生产的有机或无机肥发酵技术,尚未形成行业标准和规范;尽管以菇糠为农田施肥已显初步成效,但关于菇糠对土地结构、成分乃至酸碱平衡具体影响的详尽数据尚不足够。

### 2.2 生物活性物质提取技术发展阶段

食用菌菌渣中含有丰富的生物活性物质,如蛋白质、微量元素以及食用菌多糖等,这些成分在食品、药品等领域具有巨大的应用潜力。然而,当前的提取技术仍处于初步发展阶段,大多数研究还停留在实验室试验阶段。提取技术成本较高,涉及到的有机溶剂使用量大,且耗时较长,导致综合效益较低。此外,由于菌渣的复杂性,提取过程中可能会影响活性物质的稳定性和生物活性,进一步增加了提取成本。因此,目前的提取技术并不适合工厂规模化生产。为了实现菌渣中活性物质的高效提取,需要开发新的提取技术,降低成本,提高提取效率和活性成分的稳定性,从而使其在工业生产中具有可行性。

### 2.3 堆肥工艺及菌渣最优配比研究不足

食用菌菌渣作为一种有价值的有机资源,其在堆肥工艺中的应用潜力巨大。然而,目前关于菌渣堆肥工艺的研究相对较少,缺乏统一的行业标准与规范来指导实践。这导致了菌渣堆肥化过程中的最优配比、处理条件和时间等因素尚不明确,限制了菌渣资源化利用的效率和效果。此外,对于菌渣堆肥对土壤结构、成分以及酸碱度的具体影响,目前的研究数据支撑不足,难以评

估其长期应用对土壤健康的影响。这些问题的存在,使得菌渣在农业肥料生产中的应用受到了限制。因此,未来的研究需要加强对菌渣堆肥工艺的探索,建立科学的堆肥化技术体系,并通过大量的田间试验来验证其效果,为菌渣的资源化利用提供坚实的科学基础。

### 3 菌渣资源化循环利用建议

#### 3.1 政府政策支持

相关部门已经推行了相应的扶持措施,为菌渣的全面再利用和良性增长主动担当导向角色,设立了菌渣循环使用中心,并提供了一定的经济援助,旨在激发该领域研究工作的热情,并增强其普及的成效。激励持有相应资格的食菌产业开展菌渣回收再生产设施,对产出的菌渣实施本地化处理。强化对菌渣再利用专业人才的培育工作,主动深入探索菌渣资源化领域的科研,力求将菌渣的应用过程实现科学化和制度化。近年来,我国食用菌的种植技术及其配套行业持续向前发展,但食用菌渣的有效应用还在起步阶段,食菌生产留下的菌渣对环境造成的污染和资源的浪费等问题迫切需要解决。借鉴当代菌渣资源化利用的新研究,采用综合性菌渣回收技术和提取工艺,积极转换资源,有助于提高菌渣的综合利用效率,进而积极促进其在农业和畜牧业方面的运用,推动菌渣循环利用的良性发展。

#### 3.2 企业建立菌渣再利用生产线

鼓励企业建立菌渣再利用生产线是实现菌渣资源化利用的关键一步。企业通过就地处理菌渣,可以减少运输成本,同时降低环境污染风险。企业可以利用自身的技术优势和市场渠道,开发菌渣的高附加值产品,如有机肥料、生物能源等。这不仅能够为企业带来经济效益,还能促进循环经济的发展。企业还可以与科研机构合作,共同研发更高效、环保的菌渣处理技术,提高菌渣资源化利用的技术水平。通过建立生产线,企业可以探索菌渣的多元化利用途径,如将其转化为动物饲料、土壤改良剂等,实现废弃物的资源化、减量化和无害化。这种模式的推广将有助于提升整个社会的资源利用效率和环境保护水平。

#### 3.3 人才培养与研究方向推进

菌渣资源化利用领域的人才培养和研究方向的推进对于该领域的发展至关重要。通过加强相关人才的培养,可以为菌渣资源化利用提供持续的智力支持和技术保障。这包括培养具有专业知识的科研人员、技术人员和管理人员,他们在菌渣处理技术的研发、应用和推广中发挥着重要作用。同时,推进菌渣利用研究方向的科学化与系统化,可以促进该领域的技术创新和知识积累。研究可以集中在菌渣的高效处理技术、活性成分的提取和应用、以及菌渣在农业和环保领域的应用等方面。通过科学研究,可以解决菌渣资源化利用过程中遇到的关键技术问题,提高菌渣利用的效率和效果。

### 4 结语

食用菌菌渣作为富含营养和生物活性物质的副产品,在资源化利用方面展现出巨大潜力。它可用于无土栽培、土壤改良、

环境修复、动物饲料、生物能源和活性物质提取等。科学处理和技术创新能提升菌渣的资源化效率,改善土壤、增加作物产量、改善环境。尽管存在药剂残留、成本高和缺乏标准等问题,但政策支持、企业参与和科研合作有望推动菌渣的高效环保利用。未来,新技术如生物技术和纳米技术的应用将提高菌渣处理效率和活性成分稳定性,政府政策和企业创新将进一步促进菌渣资源化,使其成为农业可持续发展的关键资源。

### 【参考文献】

- [1]唐贝,吕颖捷,石文军,史真.平菇菌渣智能化综合利用优势分析[J].农业工程技术,2023,43(08):81-82.
  - [2]林黎.闽北地区菌渣资源化利用现状与展望[J].东南园艺,2022,10(04):309-316.
  - [3]郑盛华,陈尚洪,陈红琳,等.川东丘陵区生态循环农业发展路径研究——以四川省蓬溪县种养废弃物资源化利用模式为例[J].中国农学通报,2022,38(18):95-99.
  - [4]褚福堂,谭浪,刘开国.铜仁市优势特色食用菌产业集群规划与建设[J].农技服务,2022,39(04):101-104.
  - [5]肖能武,黄治平,常堃,等.农林固体废弃物栽培食用菌技术集成与示范[J].湖北农业科学,2021,60(17):78-81+88.
  - [6]刘爱红.食用菌菌渣综合利用技术[J].农业开发与装备,2021,(02):199-200.
  - [7]欧娟,王培.食用菌产业发展关键环节研究进展[J].现代食品,2021,(01):7-11.
  - [8]刘桂娟,曹红竹,王秀清,等.平泉市发展食用菌的优势及菌渣多级循环利用现状[J].农技服务,2020,37(08):85-86.
  - [9]李冬霞.农业废弃物由“废”变“宝”助力农业绿色、可持续发展[J].蔬菜,2020,(07):1-10.
  - [10]罗杰,李艳华,胡佳,等.食用菌菌渣生物处理与资源化利用研究概况[J].食用菌,2020,42(03):4-6.
  - [11]孙浩迪,陈鹏飞,汪涵君.山东省食用菌菌渣资源化利用探析[J].南方农业,2020,14(05):108-109.
  - [12]官志远,韩建东,杨鹏.食用菌菌渣循环再利用途径[J].食药用菌,2020,28(01):9-16.
  - [13]黄小云,沈华伟,韩海东,等.食用菌产业副产物资源化循环利用模式研究进展与对策建议[J].中国农业科技导报,2019,21(10):125-132.
  - [14]郑玉权,李尚民,范建华,等.食用菌菌渣资源化利用研究进展[J].安徽农学通报,2019,25(12):39-40+146.
  - [15]姚强,宋庆蓬,郭洪海,等.山东省农菌资源循环利用模式现状与研究进展[J].农学报,2019,9(01):26-29.
- 作者简介:**  
于晴晴(2003--),女,汉族,河南周口人,本科,研究方向:资源循环利用科学生态。  
张丽杰(1998--),女,汉族,河南南阳人,本科,助教,研究方向:资源循环利用,绿色生态。