

侧耳属真菌对农业废弃物转化的研究

秦世学 章惠麟 任连奎 阎锡娟

(中国科学院生态环境研究中心)

70年代以来,国内外不少研究者利用微生物对农作物秸秆等有机废弃物进行生物处理,期望借生物的分解合成作用,提高其饲用价值。但因一般微生物对具有木素纤维素结构的天然纤维素材料分解力差,且无直接经济收益,成本较高,无法在生产上应用。

八十年代初,德国的 Zadražil. F., 在实验室内利用包括侧耳属真菌在内的白腐菌,进行了芸苔、芦苇、向日葵秆、稻壳的降解与体外消化率试验^[1];笔者根据物质多层次利用的原理,进行了秸秆多层次利用的探讨^[2];何锦星等利用侧耳属中的凤尾菇对稻草进行了生物循环研究^[3]。但目前普遍栽培的其他侧耳属真菌和在其他栽培料上的定量研究尚未见报道。因此,从资源利用、经济效益等方面进行广泛的定量研究,探求农业废弃物的最佳利用途径,具有重要的实践与理论意义。

本研究是以北方几种主要秸秆、皮壳为原料,进行侧耳属真菌生产性栽培的定量研究,是秸秆多级利用途径研究的一个重要环节。

一、材料与方 法

1. 供试菌种 糙皮侧耳 (*pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Quel)、凤尾菇 (*pleurotus Sajor-ajzu* (Fr.) Sing)、佛罗里达 (*pleurotus Florida*)、AEF₁₀、中₁₀。

2. 栽培种培养 培养料:棉籽壳占98%, MgSO₄ 1%, K₂HPO₄ 1%, 水适量, pH 7.5。拌匀后装三角瓶, 121℃ 灭菌1小时。

冷却至30℃左右,接种试管菌种,置27℃恒温箱内培养。

3. 栽培料配制 棉籽壳及切成2—3寸长的麦秸、稻草、玉米秸,于0.5%石灰水中浸泡15小时,捞出沥水,加入风干料重量1%的MgSO₄、K₂HPO₄和0.1%的多菌灵,拌匀。接种前各栽培料的含水量和pH值分别为:棉籽壳料,72%和8;麦秸料,79%和8.2;稻草料,82%和8.5;玉米秸料,80%和8.5。

4. 栽培管理 栽培料拌匀后,接种、压块,每块

大小为26.5×23×6.5(cm), 10%接种量。接种后用塑料薄膜覆盖,每个处理3个重复。各处理随机排列于通暖气室内的框架上,每个处理的3个重复分别置于架上的不同层。菌丝培养阶段室温20—23℃,出菇阶段室温为14—20.5℃。出菇阶段室内空气相对湿度为81—95%,室内光照强度为20—80勒克斯。收两潮菇后终止培养,将栽培余料晾干。

5. 含氮量测定:常规微量凯氏法。

6. 菇体转化率计算 $\frac{\text{菇体干重}}{\text{干物质总耗失量}} \times 100$

7. 干物质纯耗失率计算: $\frac{\text{干物质纯耗失量}}{\text{原栽培料总干重}} \times 100$

8. 氮素增减率计算:

$\frac{\text{栽培余料含氮量} + \text{菇体含氮量} - \text{原栽培料含氮量}}{\text{原栽培料含氮量}} \times 100$

二、结果与讨论

1. 各处理的生产效率* 国内多以鲜菇产量计算生产效率,虽不确切(含水量不同),但为尊重习惯起见,本文中列出了各处理的鲜菇产量(表1),供食用菌栽培者参考。表1数据表明,收两潮菇时,麦秸栽培料与棉籽壳栽培料鲜菇产率差异不大,稻草栽培料与玉米秸栽培料的鲜菇产率稍低,但多数仍在50%以上。5个供试菌种中凤尾菇鲜菇产率最低,而且绝大多数是在暖气刚停的第一潮中收获的。凤尾菇菌丝生长要求的温度高于其他4种菌,当室内通暖气时可以满足其温度要求,菌丝体生长较好。3月中旬停止暖气供应后,室温下降,适于凤尾菇菇体发育,而低于菌丝生长的温度要求。因此,收第一潮菇后的菌丝生长恢复时期,凤尾菇的菌丝生长较差,影响了第二潮的收获量,这可能是其产率较低的原因。本试验中稻草栽培料的风尾菇产率仅为

* 国内多用生物效率,其含义为100公斤干栽培料与产鲜菇重量之比。笔者认为称生产效率较为适宜。

表 1 各处理的生产效率

| 处 理 | 培养料干重 (g) | 菇体鲜重 (g) | 生产效率 (%) |
|-------------|-------------------|-------------|-------------|
| 棉 籽 壳 | 凤尾菇 | 411.66 | 50.14 |
| | 佛罗里达 | 984.67 | 119.94 |
| | AEF ₂₆ | 869.34 | 105.89 |
| | 中 ₁₀ | 602.55 | 73.39 |
| 糙皮侧耳 | 820.98 | 658.21 | 80.17 |
| 麦 | 凤尾菇 | 214.51 | 85.82 |
| | 佛罗里达 | 275.61 | 110.26 |
| | AEF ₂₆ | 293.90 | 117.58 |
| | 中 ₁₀ | 306.73 | 122.71 |
| 糙皮侧耳 | 249.96 | 220.63 | 88.27 |
| 稻 | 凤尾菇 | 74.57 | 26.80 |
| | 佛罗里达 | 178.56 | 64.17 |
| | AEF ₂₆ | 192.45 | 69.17 |
| | 中 ₁₀ | 153.72 | 55.25 |
| 糙皮侧耳 | 278.24 | 169.48 | 60.91 |
| 玉 米 | 凤尾菇 | 161.29 | 73.61 |
| | 佛罗里达 | 161.29 | 73.61 |
| | AEF ₂₆ | 138.97 | 63.42 |
| | 中 ₁₀ | 183.65 | 83.81 |
| 糙皮侧耳 | 219.12 | 225.85 | 103.07 |

注：除棉籽壳栽培料中的糙皮侧耳为两个重复平均值外，其余均为三个重复平均值。

26.80%，远低于杨佩玉等报道的 50—60% 的产率^[4]，是何原因尚待进一步研究。

从试验结果看，佛罗里达、AEF₂₆、中₁₀ 3 个菌种，温度适应范围广，菇体产量高(干重)，适于北方地区采用。

2. 干物质转化 栽培料接菌后，随着菌的生长发育，有机物质逐渐被分解、转化，一部分转化成菇体，大部分转换为能量，其中一部分作为合成菌体所需的能量，一部分被散发掉。干物质转化结果列于表 2 中。表中数据表明，菇体转化率与菇体干重有一定关系。对各栽培料菇体转化率的数理统计分析表明，棉籽壳料中各个菌种间的菇体转化率，除佛罗里达与中₁₀ 间差异显著 ($p < 0.05$) 外，其余各菌间的菇体转化率无显著性差异。麦秸料中各菌的菇体转化率，除 AEF₂₆ 与凤尾菇、糙皮侧耳差异显著 ($p < 0.05$) 外，其余各菌间无显著性差异。玉米秸料中，中₁₀ 与佛罗里达、AEF₂₆，佛罗里达与糙皮侧耳表现出显著性差异 ($p < 0.05$)，而中₁₀ 与糙皮侧耳间差异极为显著 ($p < 0.01$)。稻草料中各菌间的菇体转化率无显著性差异。同一菌种在不同栽培料中的菇体转化率，除佛罗里达在棉籽壳和玉米秸两种栽培料

表 2 干物质转化结果

| 处 理 | 栽培结束后 余料干重 (g) | 菇体干 重(g) | 干物质 纯耗失 量(g) | 菇体转化 率(%) | 干物质 纯耗失 率(%) |
|-------------|----------------------|-------------|--------------------|--------------|--------------------|
| 棉 籽 壳 | 凤尾菇 | 27.60 | 367.98 | 7.50 | 44.82 |
| | 佛罗里达 | 66.28 | 400.90 | 16.53 | 48.83 |
| | AEF ₂₆ | 59.45 | 398.68 | 14.88 | 48.56 |
| | 中 ₁₀ | 34.55 | 376.90 | 9.17 | 45.91 |
| 糙皮侧耳 | 473.00 | 40.39 | 307.59 | 9.98 | 37.47 |
| 麦 | 凤尾菇 | 14.08 | 106.28 | 13.25 | 12.52 |
| | 佛罗里达 | 22.41 | 122.85 | 18.24 | 19.15 |
| | AEF ₂₆ | 22.81 | 126.48 | 18.03 | 30.60 |
| | 中 ₁₀ | 20.56 | 131.90 | 15.59 | 52.77 |
| 糙皮侧耳 | 115.47 | 14.47 | 120.02 | 12.06 | 48.02 |
| 稻 | 凤尾菇 | 7.24 | 125.40 | 5.77 | 45.07 |
| | 佛罗里达 | 16.20 | 147.74 | 11.50 | 53.10 |
| | AEF ₂₆ | 15.15 | 142.32 | 10.65 | 51.15 |
| | 中 ₁₀ | 13.16 | 129.41 | 10.17 | 16.51 |
| 糙皮侧耳 | 116.37 | 9.65 | 152.22 | 6.34 | 51.71 |
| 玉 米 | 凤尾菇 | 11.06 | 89.03 | 12.42 | 40.63 |
| | 佛罗里达 | 13.11 | 117.08 | 11.20 | 53.43 |
| | AEF ₂₆ | 10.95 | 121.90 | 8.98 | 55.63 |
| | 中 ₁₀ | 15.96 | 103.79 | 15.38 | 47.37 |
| 糙皮侧耳 | 10.90 | 131.35 | 8.30 | 59.94 | |

中表现出极显著的差异外 ($p < 0.01$)，其余各菌的菇体转化率，并未因栽培料的不同而表现出显著性差异，说明栽培料不是影响转化率的重要因素。各栽培料中菇体转化率数值的不同，乃由试验和取样误差所引起。

试验中物质纯耗失率在 37—60 之间，它是由侧耳属真菌与培养料中附生的微生物共同作用的结果，所以并不完全随菇体转化率的高低而随之相应变化。

3. 氮素增减 氮素是维持生命系统的基础，也是物质循环利用的重要元素。秸秆等农业废弃物，通过侧耳属真菌作用后，氮素的增减是人们普遍关心的一个问题。各处理的氮素增减状况列入表 3 中。结果表明，棉籽壳栽培料中，各菌的氮素都是增加的，但增加率有所不同，其中中₁₀ 增加率较高，为 101.7%。数理统计分析表明，中₁₀ 与凤尾菇、佛罗里达、AEF₂₆ 间表现出显著性差异 ($p < 0.05$)，其余各菌间差异不显著。麦秸栽培料中，氮素稍有减少，虽然佛罗里达和 AEF₂₆ 两菌略有增加，但统计分析结果，各菌之间无显著性差异，说明总的趋势是减少的。稻草栽培料中，除糙皮侧耳的氮素减少外，其余各菌均有增加，统计分析表明，各菌间的增加率差异不显著，总的趋势是增加的。玉米秸栽培料中，氮的增加

表 3 氮素增减结果

| 处 理 | 培养料 含氮量 (g) | 余料含氮 量(g) | 菇体含 氮量 (g) | 氮素增减 量(g) | 增减率 (%) | |
|-------------|-------------------|--------------|------------------|--------------|------------|----------|
| 棉 籽 壳 | 凤尾菇 | 7.4709 | 9.5750 | 1.3419 | 3.4460 | 46.1256 |
| | 佛罗里达 | 7.4709 | 9.9741 | 2.1143 | 4.6175 | 61.8065 |
| | AEF ₂ | 7.4709 | 9.4375 | 2.2414 | 4.2080 | 56.3252 |
| | 中 10 | 7.4709 | 13.6835 | 1.3854 | 7.5980 | 101.7013 |
| 糙皮侧耳 | 7.4709 | 10.6934 | 1.4272 | 4.6497 | 62.2375 | |
| 麦 秸 | 凤尾菇 | 2.2746 | 1.5844 | 0.6534 | -0.0368 | -1.6179 |
| | 佛罗里达 | 2.2746 | 1.6147 | 0.9412 | 0.2813 | 12.3670 |
| | AEF ₂ | 2.2746 | 1.5519 | 1.0310 | 0.3083 | 13.5540 |
| | 中 10 | 2.2746 | 1.0604 | 0.9497 | -0.2645 | -11.6284 |
| 糙皮侧耳 | 2.2746 | 0.9970 | 0.7924 | -0.4852 | -21.3312 | |
| 稻 草 | 凤尾菇 | 2.5320 | 3.8662 | 0.4776 | 1.8118 | 71.5561 |
| | 佛罗里达 | 2.5320 | 2.8751 | 0.9432 | 1.2863 | 50.8017 |
| | AEF ₂ | 2.5320 | 2.8710 | 0.7554 | 1.0944 | 43.2227 |
| | 中 10 | 2.5320 | 3.1068 | 0.7144 | 1.2892 | 50.9163 |
| 糙皮侧耳 | 2.5320 | 1.9158 | 0.5744 | -0.0418 | -1.6509 | |
| 玉 米 秸 | 凤尾菇 | 1.0518 | 2.3871 | 0.6133 | 1.9486 | 185.2634 |
| | 佛罗里达 | 1.0518 | 1.9779 | 0.6085 | 1.5346 | 145.9023 |
| | AEF ₂ | 1.0518 | 1.8276 | 0.4063 | 1.1821 | 112.3883 |
| | 中 10 | 1.0518 | 1.4582 | 0.9704 | 1.3768 | 130.8994 |
| 糙皮侧耳 | 1.0518 | 1.5378 | 0.5275 | 1.0135 | 96.3586 | |

率最高,亦无减少现象,而且各菌间差异不显著。

同一菌种在不同栽培料中的氮素增减率的数理统计分析表明,凤尾菇在棉籽壳和玉米秸中、中₁₀在棉籽壳和麦秸中差异显著 ($p < 0.05$); 佛罗里达在棉籽壳和麦秸中、AEF₂在棉籽壳和麦秸中差异极显著 ($p < 0.01$), 说明栽培料不同,通过侧耳属真菌的作用,氮素增加率是不同的。

试验中栽培料是未经灭菌处理的,除接入侧耳属真菌外,还存在着一个原料上附生的微生物体系。侧耳属真菌属于白腐菌类,它们具有降解纤维素和木质素的能力。由于侧耳属真菌的降解作用,其降解产物可为伴生菌提供营养物质。氮素的增加和干物质的消耗与这两个体系的微生物的生长状况及相

互关系有关。所以,虽然玉米秸栽培料的菇体转化率比麦秸栽培料的低,但其氮素增加率和物质消耗均高于麦秸料,其原因可能即在于此。

4. 资源利用与经济效益 目前农业生产较好的农村,秸秆大量积存或在田间直接烧掉。大量积存于住房和村庄附近,成为火灾的危险因素。在田间烧毁,浪费了大量资源。如将这些秸秆栽培侧耳属真菌,一般情况下,每公斤干栽培料可产鲜菇 0.5 公斤。以每公斤鲜菇售价 2 元计,则每公斤秸秆加上少许化肥和人工管理,产值可达 1 元左右,增值许多倍。收鲜菇后的余料中粗蛋白质含量均有不同程度的增加。据测定,未栽培侧耳菌的棉籽壳料含粗蛋白为 5.71%,栽培侧耳菌收获两潮菇后的余料中含粗蛋白为 14.13—20.87%。未栽培侧耳菌的麦秸料含粗蛋白为 5.70%,栽培侧耳菌收两潮菇后的余料,含粗蛋白为 6.82—9.66%。未栽培侧耳菌的稻草料含粗蛋白为 5.67%,栽培侧耳菌收两潮菇后的余料,含粗蛋白为 11.58—16.55%。未栽培侧耳菌的玉米秸料含粗蛋白为 2.98%,栽培侧耳菌收两潮菇后的余料,含粗蛋白为 8.59—13.76%。粗蛋白的提高为进一步的利用提供了氮素营养基础。

秸秆通过栽培侧耳属真菌,不仅获得了高蛋白、低热量的菇类食品,而且提高了余料的粗蛋白含量,是秸秆多级利用的一个较好的环节。

致谢 中国科学院微生物研究所陆师义教授给予了很大支持,并提供了菌种,谨致谢意。

参 考 文 献

[1] Zdražil F., *European J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 9, 243—248 (1980).
 [2] 秦世学,北京农业科学, (5), 8—10(1984).
 [3] 何锦星,福建省农科院学报, 1(1), 17—21(1986).
 [4] 杨佩玉等,中国食用菌, (1), 12—13(1986).

(收稿日期: 1987 年 10 月 15 日)

(上接第 83 页)

关学会或部门协商确定后并报中国科协备案。

第三章 活动经费

第十条 活动经费采取多途径集资办法。年会费及秘书处日常费用主要由科协负责提供,挂靠单位及有关单位补助。项目工作组织活动费用由挂靠单位和有关单位负责筹集解决,参加 SCOPE 活动

第四章 附 则

第十一条 本章程的修改需经委员会半数以上讨论通过并报中国科协备案。本章程自通过之日起开始实施。

(柯 环 供稿)

费用主要由各有关单位承担,SCOPE 会费及其他费用由多方集资解决。