

双孢蘑菇废菌渣不发酵连栽姬松茸配套技术研究

陈政明, 邱春锦, 李碧琼, 林俊杨

(福建省莆田市农业科学研究所, 福建 莆田 351144)

摘要: 利用双孢蘑菇废菌渣不发酵直接连栽姬松茸, 结果表明: 4月15日播种的姬松茸产量为 $3.41 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 分别比3月15日和4月1日播种增产8.20%、3.31%; 姬松茸不同营养配方平均产量差异达极显著水平, 以大豆粉1.0 kg、酵母粉0.25 kg、硫酸铵0.2 kg的营养配方, 菌丝生长速度最快, 菌丝浓白; 以大豆粉1.5 kg、酵母粉0.75 kg、硫酸铵0.2 kg的配方产量最高, 平均产量达 $3.76 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 比对照增产9.62%; 不同姬松茸菌株产量差异达极显著水平, 姬松茸 A5、A6 菌株菌丝生长最快, 日均生长速度达 0.29 cm, 菌丝浓白, A8 菌株产量最高, 平均单产为 $3.42 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。双孢蘑菇废菌渣不发酵直接栽培姬松茸缓解栽培双孢蘑菇、姬松茸争夺原料的矛盾, 降低食用菌栽培成本, 提高培养料生物转化率。

关键词: 双孢蘑菇废菌渣; 不发酵; 连栽; 姬松茸

中图分类号: S 646.1

文献标识码: A

Sequential Cultivation of *Agaricus blazei* Murrill with Waste from *Agaricus bisporus* Cultivation

CHEN Zheng-ming, QIU Chun-jin, LI Bi-qiong, LIN Jun-yang

(Putian Institute of Agricultural Science, Putian, Fujian 351144, China)

Abstract: *Agaricus Blazei* Murrill was cultivated in sequential cultivation with the unfermented waste from *Agaricus bisporus* cultivation. The results suggested that the method was applicable. The yield of *A. Blazei* Murrill cultivated on April 15 was $3.41 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, which increased about 8.20% and 3.31% as compared to those cultivated on March 15 and April 1, respectively. Formulation of the culture medium significantly affected the growth vigor and color of the hypha. The medium consisting of 1.0 kg soybean powder, 0.25 kg yeast powder and 0.2 kg ammonium sulfate resulted in the fastest growing white hypha. On the other hand, the greatest yield was found with the mushrooms grown on the medium containing 1.5 kg soybean powder, 0.75 kg yeast powder and 0.2 kg ammonium sulfate, with an average of $3.76 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, which was a 9.62% increase over the control. There were significant differences on the yields among different strains of *A. Blazei* Murrill. For instance, A5 and A6 grew the fastest, averaging a daily growth rate of 0.29 cm; and, A8 had the highest yield of $3.42 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. This cultivation practice appeared to have a potential for wide application that could lessen the burden of competing for raw materials between *A. Blazei* Murrill and *A. Bisporus* cultivations, reduce the cost of cultivating edible fungi, improve the biological efficiency of composting and waste recycling, and improve the profitability of the mushroom farming.

Key words: *Agaricus bisporus* Mushroom waste; unfermented; sequential cultivation; *Agaricus Blazei* Murrill

我国食用菌集约化栽培规模小, 现代化水平低, 受自然气候条件制约, 产量不稳定, 生物转化率不高, 栽培废菌渣富含营养物质, 含有粗蛋白 14.26%、粗脂肪 0.50%、粗纤维 39.23%、木质素 17.90%、无氮浸出物 23.75%、氮 1.57%、磷 0.58%、钾 2.27%、钙 1.91%、镁 0.37%, 同时还含有丰富的锌、铜、铁等微量元素。福建省是全国最大的田园标准化栽培双孢蘑菇和姬松茸生产基

地^[1], 双孢蘑菇年产量 25 万 t 以上, 其中双孢蘑菇罐头出口量 20 多万 t, 占全国双孢蘑菇罐头出口量的 3/4 左右^[2], 仅莆田市年栽培双孢蘑菇、姬松茸面积 800 万 m^2 以上, 双孢蘑菇废菌渣非常丰富。食用菌的废菌渣再利用价值很高, 国内对废菌渣利用有一定研究, 如污染杂菌废菌筒的利用^[3], 代替部分牛粪加入, 经堆制发酵后栽培双孢蘑菇、鸡腿菇^[4-5]。将废菌糠集中晒干粉碎, 按 20%~30%

收稿日期: 2011-08-04 初稿; 2011-09-06 修改稿

作者简介: 陈政明 (1964—), 男, 硕士, 副研究员, 主要从事食用菌育种与高产栽培技术研究 (E-mail: czm016081@126.com)

基金项目: 福建省科技计划项目 (2005D031)

的比例与新鲜的稻草、麦秆堆制发酵,栽培双孢蘑菇、平菇等食用菌^[6-8];利用栽培食用菌后的菌糠制作食用菌菌种^[9];菇渣适合于作为菌肥微生物的生长基质,利用菇渣生产的菌肥,最高菌数达到 8.5×10^{13} cfu · g⁻¹ (钾细菌)^[10-11];栽培双孢蘑菇后的废菌渣适栽草菇^[12];在生长猪饲料中添加 15% 的香菇菌糠,生长猪增重速度快 12.94%,饲料成本降低 16.67%^[13]。欧美地区栽培双孢蘑菇多采用现代化生产设施,栽培双孢蘑菇后的废培养料主要做食用菌栽培覆盖材料^[14]。本研究以栽培双孢蘑菇后的废菌渣中富含的菌体蛋白及未利用的营养成分为主料,不经重新堆制培养料,通过补充有机营养、补充水分及技术处理,直接栽培姬松茸。

1 材料与方 法

1.1 供试培养料配方

1.1.1 姬松茸原种、栽培种培养料配方 原种配方:稻草 45 kg、棉籽壳 25 kg、牛粪粉 25 kg、麸皮 3 kg、石膏 2 kg,培养料含水量为 60%~62%。栽培种配方:小麦 87%、牛粪粉 10%、轻质碳酸钙 3%,小麦用 2% 的石灰水浸泡 12~24 h,用种量 700 mL · m⁻² 麦粒种 2 瓶。

1.1.2 双孢蘑菇栽培料配方 以稻草 63 kg、牛粪 30 kg、尿素 0.6 kg、碳酸氢氨 1.5 kg、过磷酸钙 0.9 kg、石膏 2 kg、石灰 2 kg 生产双孢蘑菇后的废菌渣。试验投料量均按 25 kg · m⁻²,菌丝培养,覆土及出菇按规范化栽培姬松茸要求进行栽培管理^[15]。

1.1.3 覆土材料的处理 试验选择吸水性好、保水性强的粘壤土作为覆土材料。每立方米土用石灰 15 kg、福尔马林 1 kg,调节 pH 值和消毒,调水量以将土调湿、土粉成粒、便于覆土操作时把土铺开为度。调湿后用薄膜覆盖 24 h,达到消毒目的。采用覆土后调水方法,栽培覆土土层厚度 3.0 cm^[16]。

1.1.4 双孢蘑菇废菌渣的处理 将栽培双孢蘑菇后的废菌渣上部的土层去除,100 m² 双孢蘑菇栽培面积的废菌渣加入轻质碳酸钙 40 kg,用 2% 的石灰水调节水分,培养料含水量以 68%~70% 为宜,拌匀。重新铺上废菌渣,料层厚 6~8 cm,密封菇房,加蒸汽消毒,加热至底部第 2 层面温度达 (42±1)℃,保持 8~10 h,让其自然降温。

1.1.5 供试营养物质 大豆粉,大豆经粉碎机粉碎,过 40 目的筛,酵母粉 (食品加工用),硫酸铵 (分析纯)。

1.2 试验设计

1.2.1 姬松茸栽培不同播种期对产量的影响 姬松茸播种时间安排在 2009 年和 2010 年 3 月 15 日、4 月 1 日和 4 月 15 日,小区面积 12.6 m²,3 次重复。

1.2.2 姬松茸栽培不同营养配方对产量的影响 试验设置 3 个处理,3 个水平,大豆粉 A1:1.0 kg、A2:1.5 kg、A3:2.0 kg;酵母粉 B1:0.25 kg、B2:0.5 kg、B3:0.75 kg;硫酸铵 C1:0.2 kg、C2:0.4 kg、C3:0.6 kg。配方 10 个:每 100 kg 干料分别加入下列各组营养物质,① A1B1C1,② A1B2C2,③ A1B3C3,④ A2B1C2,⑤ A2B2C3,⑥ A2B3C1,⑦ A3B1C3,⑧ A3B2C1,⑨ A3B3C2,⑩ CK (不加营养物),小区面积 2.8 m²,3 次重复。

1.2.3 双孢蘑菇废菌渣适栽姬松茸菌株的筛选 选用姬松茸菌株 8 个,A1、A2……A8,筛选适宜在双孢蘑菇废菌渣上栽培姬松茸菌株,小区面积 2.8 m²,3 次重复。A1 为本地菌种分离保藏,A2 原名为 F105,A3 原名为 F21,A4 原名为 N2,A5 原名为新太阳,这 4 个菌株引自福建省农业科学院植物保护研究所;A6 原名为 2~3 引自福建省农业科学院土壤肥料研究所;A7 原名为 A 引自福建省农业科学院工程研究所;A8 为莆田市农业科学研究所从废菌渣栽培种分离得到的菌株。

2 结果与分析

2.1 姬松茸不同播种期对菌丝长势及产量的影响

表 1 为姬松茸不同播种期菌丝长势及产量,结果表明:4 月 15 日播种的姬松茸菌丝萌发长满料面,长透料层,覆土至采收、播种至采收的时间最短,其次是 4 月 1 日播种的,3 月 15 日播种的用时最长。4 月 15 日姬松茸播种至采收的时间比 3 月 15 日播种的快 15 d,4 月 1 日播种比 3 月 15 日播种的快 9 d,4 月 15 日姬松茸播种后,菇房内日平均气温在 18~25℃,适宜姬松茸菌丝生长,菌丝萌发至长满料面,长透料层的时间快,菌丝长势好,菌丝爬土能力强,土层菌丝饱满,转潮快,杂菌污染少,杂菌污染率仅 0.3%,虽然分别比 3 月 15 日、4 月 1 日迟播种 30、15 d,但采收时间仅分别推后了 16、9 d。4 月 15 日播种的姬松茸平均产量最高为 3.43 kg · m⁻²,其次为 4 月 1 日播种姬松茸产量为 3.32 kg · m⁻²,3 月 15 日播种姬松茸产量最低为 3.17 kg · m⁻²,4 月 15 日播种的姬松茸产量分别比 3 月 15 日播种和 4 月 1 日播种增产

8.20%、3.31%。经姬松茸产量单因素差异方差分析，不同播种时间姬松茸产量差异不显著。根据本地区的气候特点，多年来双孢蘑菇采收结束时间在4月上、中旬，且4月份气温回升快，形成子实体

数量少、斑点菇多，薄皮菇多，品质差，商品价值低，2008年4月份采收的双孢蘑菇价格仅2.0元·kg⁻¹左右，经济效益低，说明双孢蘑菇废菌渣栽培姬松茸对双孢蘑菇的产值影响有限。

表 1 不同播种期的姬松茸菌丝长势及产量
Table 1 Hypha Growth vigor and yield of *A. Blazei* Murrill sowed at different time

播种时间 (月—日)	菌种萌发长满料面天数 (d)	菌丝长透料层天数 (d)	覆土至采收天数 (d)	播种至采收天数 (d)	杂菌污染率 (%)	平均产量 (kg·m ⁻²)
03—15	13	30	25	55	3.6	3.17
04—01	10	23	23	46	1.7	3.32
04—15	7	19	21	40	0.3	3.43

2.2 不同营养配方对姬松茸菌丝长势及产量的影响

从表2可以看出，配方①菌丝生长速度最快，仅16 d就长透料层，依次为配方②、④、⑧、⑩、③、⑥、⑤、⑨；配方⑦菌丝生长速度最慢，长透料层需25 d。配方①、⑧、⑨、⑩菌丝长势好，菌丝浓白；配方②、③、④、⑥菌丝长势一般，菌丝细白；配方⑤、⑦菌丝长势差，菌丝稀、灰白。姬松茸平均产量以配方⑥最好，平均产量达3.76 kg·m⁻²，比对照增产9.62%，其次配方⑧平均产量达3.68 kg·m⁻²，比对照增产7.29%，依次为配方①、④、②、⑨、③，其中配方⑦产量最差，仅2.67 kg·m⁻²，比对照减产22.16%，比CK增产的配方有①、⑥、⑧，其他配方均比对照减产。废菌渣床栽姬松茸不同营养配方产量差异方差分析结果表明，不同营养配方间姬松茸产量差异达极显著水平。根据菌丝长透料层时间及菌丝长势分析，双孢蘑菇废菌渣栽培姬松茸培养料中加入无机肥硫酸铵，不仅对姬松茸菌丝生长发育没有促进作用，反而有抑制作用，硫酸铵未经堆制发酵，姬松茸菌丝利用能力差，且硫酸铵经蒸汽消毒产生游离氨对姬松茸菌丝有抑制作用，影响姬松茸菌丝生长发育。加入大豆粉，酵母粉的配方菌丝浓白，说明添加有机营养大豆粉、酵母粉对菌丝长势及姬松茸产量有促进作用，但加入大豆粉、酵母粉，菌丝培养过程中杂菌污染率增加，其中100 kg培养料加入2.0 kg大豆粉的配方⑨、⑧、⑦，杂菌污染率高达6.2%、5.6%、4.8%，加入0.75 kg酵母粉配方⑥，杂菌污染率达5.2%。对照中不加任何营养物质，因废菌渣中富含菌体蛋白及未被充分利用营养成分，菌丝长势好，且废菌渣经双孢蘑菇菌丝分解后，不易污染杂菌，杂菌污染率仅0.3%。

双孢蘑菇栽培后的废菌渣添加有机营养大豆粉、酵母粉对栽培姬松茸菌丝生长发育有促进作用。本试验未对有机营养物质进行处理，直接添加到废菌渣中，仅通过蒸汽消毒，未经堆制发酵，培养过程中易引起杂菌污染，添加有机营养物质的量越多，杂菌污染率越高，杂菌污染率最高达6.2%，影响了姬松茸的增产效果，最高增产率仅为9.62%。每100 kg干料仅多产姬松茸鲜菇1.32 kg，姬松茸鲜菇8元·kg⁻¹，增收10.56元，每100 kg干料投入添加营养成分近20元，投入大于产出。若添加大豆粉，采用甲醛处理后使用，大豆粉先粉碎，浸入6 g·L⁻¹甲醛溶液24 h，取出晒干，膨化再次粉碎，均匀地加入废菌渣中，可以减轻杂菌污染。

2.3 双孢蘑菇废菌渣适栽菌株的筛选

不同姬松茸菌株在双孢蘑菇废菌渣栽培菌丝生长状况、子实体形态特征及产量见表3，从表中看出，A5、A6菌株菌丝生长最快，生长速度达0.29 cm·d⁻¹，菌丝浓白；A4、A7、A8生长速度0.28 cm·d⁻¹，A4、A8菌株菌丝浓白，A7菌株菌丝细白；A1、A3菌株菌丝生长速度分别为0.27 cm·d⁻¹、0.23 cm·d⁻¹，菌丝细白；A2菌株菌丝生长最慢，仅0.19 cm·d⁻¹，菌丝长势差。A1、A2、A4、A6菌株菌盖颜色深为棕褐色，A5、A7、A8菌株菌盖颜色为浅棕褐色，A3菌株菌盖颜色为白色。朵型最大的为A5菌株，单朵鲜重达27.9 g，单朵鲜重在22.4~23.6 g的菌株有5个，其中A1为23.6 g、A2为22.5 g、A4为23.2 g、A6为22.4 g、A5为22.7 g，A8、A2菌株单朵鲜重较轻，分别为21.3、20.9 g。8个试验菌株中A8产量最高，平均单产3.42 kg·m⁻²，接下来依次为A6、A4、A7、A1、A3、A2菌株，平均单产分别为3.25、3.17、3.07、3.02、2.79、2.55

kg · m⁻²，菌株 A2 产量最低，平均单产为 1.07 kg · m⁻²。不同姬松茸菌株在双孢蘑菇废菌渣床栽的产量差异方差分析结果表明，不同姬松茸菌株的产量差异达极显著水平，姬松茸 A8、A6、A4、A7 菌株产量与姬松茸 A2、A5、A3、A1 菌株产量差异极显著，A8、A6、A4 菌株之间产量差异不显著，A8、A6、A4 与 A7 菌株产量差异显著，姬松茸 A7、A1、A3 菌株产量与姬松茸 A2、A5 菌株产量差异极显著，姬松茸 A3、A5 菌株与姬松茸 A2 菌株产量差异极显著，姬松茸 A8、A6、A4 菌株产量与姬松茸 A2、A5、A3、A1、A7 菌株产量差异极显著，姬松茸 A4、A7、A1 菌株产量与姬松茸 A2、A5、A3 菌株产量差异显著，姬松茸 A1、A3、A5 菌株产量与姬松茸 A2 菌株产量差异显著。

表 2 不同营养配方姬松茸菌丝的长势及产量
Table 2 Hypha growth vigor and yield of *A. Blazei* Murrill on media of different nutritional formulations

配方序号	菌丝长透料层 天数(d)	菌丝长势	杂菌污染率 (%)	平均产量 (kg · m ⁻²)	差异显著性		比 CK 增减率 (%)
					0.05	0.01	
6	20	++	5.2	3.76	a	A	+9.62
8	18	+++	5.6	3.68	ab	AB	+7.29
1	16	+++	1.9	3.47	b	B	+1.17
CK	19	+++	0.3	3.43	bc	B	—
4	17	++	2.7	3.26	c	B	-4.96
2	17	++	3.5	2.97	d	C	-13.41
9	26	+++	6.2	2.85	de	CD	-16.91
5	21	+	3.6	2.79	e	CD	-19.66
3	20	++	3.9	2.73	e	CD	-20.41
7	25	+	4.8	2.67	e	D	-22.16

注：+++表示菌丝浓白，++表示菌丝细白，+表示菌丝稀灰白(下表同)。

表 3 不同姬松茸品种菌丝生长状况、子实体状况及产量
Table 3 Hypha growth, fruiting body status and mushroom yield of different strains of *A. Blazei* Murrill

项目品种	菌丝生长速度 (cm · d ⁻¹)	浓白程度	菌盖颜色	单朵鲜重 (g · 朵 ⁻¹)	平均产量 (kg · m ⁻²)	差异显著性	
						0.05	0.01
A8	0.28	+++	浅棕褐色	21.3	3.43	a	A
A6	0.29	+++	棕褐色	22.4	3.25	a	A
A4	0.28	+++	棕褐色	23.2	3.17	ab	A
A7	0.28	++	浅棕褐色	22.7	3.07	b	AB
A1	0.27	++	棕褐色	23.6	3.02	bc	B
A3	0.23	++	白色	20.9	2.79	c	BC
A5	0.29	+++	浅棕褐色	27.9	2.55	c	C
A2	0.19	+	棕褐色	22.5	1.07	d	D

3 讨论与结论

本试验研究发现：(1) 4 月 15 日播种的姬松茸产量为 3.41 kg · m⁻²，分别比 3 月 15 日、4 月 1 日播种增产 8.20%、3.31%。姬松茸菌丝生长发

育所需的温度 20~25℃，太早播种，气温低，菌丝生长慢、长满料面的时间长、易受杂菌污染、长势差，4 月 15 日播种的姬松茸菌丝长势好，生长速度快，在减少料层厚度，增加用种量的条件下，整个产季能采收 2~3 潮菇，说明姬松茸利用双孢

蘑菇废菌渣栽培之间不存在季节的矛盾。(2) 大豆粉 1.0 kg、酵母粉 0.25 kg、硫酸铵 0.2 kg 的营养配方, 菌丝生长速度最快, 菌丝浓白, 姬松茸平均产量以大豆粉 1.5 kg、酵母粉 0.75 kg、硫酸铵 0.2 kg 的配方最好; 营养添加时, 除了考虑碳氮比外, 还要考虑杂菌率, 综合两者才能达到最佳产量, 产量最高达 $3.76 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 比对照增产 9.62%, 不同营养配方姬松茸产量差异达极显著水平。(3) 姬松茸 A5、A6 菌株菌丝生长最快, 日均生长速度达 0.29 cm, 菌丝浓白, 姬松茸 A8 菌株产量最高, 平均 $3.42 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, 不同姬松茸菌株产量差异达极显著水平。A8 和 A6 菌丝生长速度和产量差异不明显, 可替换使用。

综上所述, 双孢蘑菇废菌渣不发酵直接栽培姬松茸是切实可行的, 可缓解栽培双孢蘑菇、姬松茸争夺原料的矛盾, 降低食用菌栽培成本, 提高培养料生物转化率, 增加菇农的经济收入, 在福建省乃至全国都具有广阔的应用前景。福建省若利用 1/2 栽培双孢蘑菇的废菌渣栽培姬松茸, 每年可节约原材料稻草 4 000 万 kg, 每 100 kg 按 60 元算, 节约采购稻草成本 2 400 万元, 节约干牛粪 1 000 万 kg, 每 100 kg 按 70 元算, 节约干牛粪成本 700 万元, 节约搭架用竹 850 万 kg, 每 100 kg 按 100 元算, 节约竹料成本 850 万元, 双孢蘑菇废菌渣栽培姬松茸生物转化率按 15% 计算, 可增收姬松茸鲜菇 750 万 kg, 价格按 $8 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$ 计算, 可增加收入 6 000 万元, 年可增收节支近 1 亿, 社会经济效益显著, 进一步调动广大菇农种植食用菌的积极性, 促进食用菌产业持续、稳定发展。

致谢: 本文得到了林新坚研究员的精心指导, 在此表示衷心的感谢!

参考文献:

- [1] 王泽生. 国内外食用菌产业现状与发展趋势 [J]. 菌物学报, 2005, (S): 1—6.
- [2] 刘雪芳. 福建省蘑菇罐头生产与出口形势分析 [J]. 菌物学报, 2005, (S): 40—41.
- [3] 陈银回, 陈朝霞. 废香菇菌筒改栽毛木耳蘑菇技术 [J]. 中国食用菌, 1994, 13 (3): 42.
- [4] 王淑芳. 污染物栽培鸡腿蘑菇技术要点 [J]. 食用菌, 2001, (2): 25.
- [5] 王灿莲, 李相渺. 平菇污染物再利用的处理方法 [J]. 中国食用菌, 1991, 10 (1): 36.
- [6] 扬自轩. 利用种草菇后菇渣再种平菇及蘑菇 [J]. 中国食用菌, 2004, 23 (1): 34.
- [7] 刘克全, 李素华, 王素真. 草菇废料再栽双孢蘑菇技术 [J]. 中国食用菌, 2003, 22 (6): 34.
- [8] 叶从永. 菇耳废料野外免棚栽培大球盖菇高产新技术 [J]. 中国食用菌, 2003, 22 (4): 30—31.
- [9] 孟丽, 杨文平, 陈雪华. 菌糠在双孢蘑菇菌种生产中的应用研究 [J]. 中国食用菌, 2003, 22 (6): 21—22.
- [10] 谢宝贵. 金针菇栽培废料作为菌肥基质研究 [J]. 食用菌, 2001 (S): 194.
- [11] 黄年来. 巴西蘑菇值得研究和推广 [J]. 中国食用菌, 1994, 13 (2): 8—9.
- [12] 樊根强, 陆学峰. 蘑菇废料连茬栽培草菇高产技术要点 [J]. 中国食用菌, 2005, 24 (2): 29—30.
- [13] 吕作舟, 杨华, 杨斯洪, 等. 香菇菌糠饲喂生长猪的效果研究 [J]. 中国食用菌, 1996, 15 (5): 3—4.
- [14] 兰良程. 印度食用菌产业发展现状 [J]. 菌物学报, 2005, (S): 49—52.
- [15] 陈政明, 林显芬, 陈国朱, 等. 隔热控温优质高产栽培蘑菇技术研究 [J]. 中国食用菌, 2000, 19 (3): 16—17.
- [16] 陈政明. 覆土管理对蘑菇产量的影响初报 [J]. 福建农业学报, 2001, 16 (4): 24—26.

(责任编辑: 柯文辉)