

侯立娟,王浩东,葛静波,等. 双孢蘑菇轻简化栽培技术[J]. 江苏农业科学,2014,42(11):262-264.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.11.094

# 双孢蘑菇轻简化栽培技术

侯立娟<sup>1</sup>, 王浩东<sup>2</sup>, 葛静波<sup>2</sup>, 林金盛<sup>1</sup>, 马 林<sup>1</sup>, 曲绍轩<sup>1</sup>, 李辉平<sup>1</sup>, 宋金第<sup>1</sup>

(1. 江苏省农业科学院, 江苏南京 210014; 2. 江苏省泗阳县农业科学研究所, 江苏泗阳 223700)

**摘要:**以工厂化金针菇的菌渣替代传统配方中的稻草,按照 5 个梯度添加量进行双孢蘑菇栽培。通过原料成本、二次发酵的能耗成本、用工成本、出菇周期、产量及综合效益 6 项指标评价,进一步明确金针菇菌渣栽培双孢蘑菇优越性。结果表明:原料成本随菌渣添加量的增加而减少。各处理成本均比 CK 节约 11.56%~22.72%,二次发酵的用工成本、能耗成本都比 CK 少 17.86%~32.14%、11.53%~100.00%。与 CK 相比,各处理现蕾出菇提前 4~9 d,有利于双孢菇产品提前上市,并使冬季出菇周期延长 2~23 d,双孢菇的产量增加 0.27~0.81 kg/m<sup>2</sup>。以上评价指标综合说明使用金针菇菌渣替代稻草栽培双孢蘑菇可行,并在生产上以 60% 金针菇菌渣添加量达到节本增效和轻简化栽培的目的。

**关键词:**菌渣;双孢蘑菇;轻简化;节本增效

**中图分类号:** S646.1<sup>+</sup>10.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)11-0262-03

近年来,随着食用菌产业的快速发展,食用菌工厂化栽培增加迅速且规模越来越大,2009 年我国金针菇日产量约为 400 t,且有不断增长的趋势。由此产生了大量食用菌的菌渣,食用菌菌渣即富有较高的营养价值,同时由于随地堆放容易孳生病菌、虫害,造成环境污染<sup>[1-3]</sup>,菌渣的利用率不高而成为新的污染源,随着食用菌栽培工厂化厂家的增多,如能利

用菌渣的营养价值,探索其作为其他菌类栽培原料,实现二次利用,形成绿色生态循环,对平抑食用菌市场价格和解决菌类栽培原料具有正向影响。因此,国家鼓励大力推广草腐菌栽培。其中,双孢蘑菇因其菇肉细嫩、味美,营养价值高,是世界上人工栽培最广泛和最受消费者青睐的品种<sup>[4]</sup>。目前,金针菇菌渣作为其他食用菌栽培的原料或配料可行性已有报道<sup>[5]</sup>,但利用金针菇菌渣栽培双孢蘑菇尚未见报道。所以,本研究就如何将金针菇菌渣的高效利用和作为双孢蘑菇栽培原料的可行性有机结合,主要以原料成本、能耗成本、出菇周期、产量及综合效益为主要评价指标,筛选出金针菇菌渣最优添加量,从而达到节本增效和菌渣高效利用的双重目的。

收稿日期:2014-06-30

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(12)3024];江苏省农业“三新工程”(编号: SXGC[2012]407; SXGC[2012]356)。

作者简介:侯立娟(1981—),女,吉林松原人,博士,助理研究员,主要从事食用菌的育种及栽培。E-mail: mybailinggu@126.com。

[24] Sun J, Le G W, Shi Y H, et al. Factors involved in binding of *Lactobacillus plantarum* Lp6 to rat small intestinal mucus[J]. Letters in Applied Microbiology, 2007, 44(1): 79-85.

[25] Tallon R, Arias S, Bressollier P, et al. Strain- and matrix- dependent adhesion of *Lactobacillus plantarum* is mediated by proteinaceous bacterial compounds[J]. Journal of Applied Microbiology, 2007, 102(2): 442-451.

[26] Yan L, Boyd K G, Burgess J G. Surface of attachment induced production of antimicrobial compounds by marine epiphytic bacteria using modified roller bottle cultivation[J]. Mar Biotechnol, 2002, 4: 356-366.

[27] Vargas-Albore F, Yepiz-Plascencia G. Beta glucan binding protein and its role in shrimp immune response[J]. Aquaculture, 2000, 191: 13-21.

[28] Gram L, Melchiorson J, Spanggaard B, et al. Inhibition of *Vibrio anguillarum* by *Pseudomonas fluorescens* AH2, a possible probiotic treatment of fish[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1999, 65(3): 969-973.

[29] Ratliff N A, Rowley A F, Fitzgerald S W, et al. Invertebrate immunity: basic concepts and recent advances[J]. International Review of Cytology - A: Survey of Cell Biology, 1985, 97: 183-350.

[30] Iwanaga S, Lee B L. Recent advances in the innate immunity of invertebrate animals[J]. Journal of Biochemistry and Molecular Biology, 2005, 38(2): 128-150.

[31] Dalmin G, Kathiresan K, Purushothaman A. Effect of probiotics on bacterial population and health status of shrimp in culture pond ecosystem[J]. Indian Journal of Experimental Biology, 2001, 39: 939-942.

[32] Rengpipat S, Rukpratanporn S, Piyatiratitivorakul S A. Immunity enhancement in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) by a probiotic bacterium (*Bacillus* S11)[J]. Aquaculture, 2000, 191(4): 271-288.

[33] Ninawe A S, Selvin J. Probiotics in shrimp aquaculture: Avenues and challenges[J]. Critical Reviews in Microbiology, 2009, 35(1): 43-66.

[34] Gatesoupe F J. The use of probiotics in aquaculture[J]. Aquaculture, 1999, 180(1/2): 147-165.

[35] Gomez G B, Roque A, Turnbull J F. The use and selection of probiotic bacteria for use in the culture of larval aquatic organisms[J]. Aquaculture, 2000, 191(1/2/3): 259-270.

[36] 李桂英, 宋晓玲, 孙 艳, 等. 几株肠道益生菌对凡纳滨对虾非特异免疫力和抗病力的影响[J]. 中国水产科学, 2011, 18(6): 1358-1367.

## 1 材料与方法

### 1.1 供试菌渣

菌渣为工厂化栽培金针菇的废料。对菌渣的营养成分进行检测后发现,其氮含量为 0.27%、磷含量 0.61%、钾含量为 0.84%、粗脂肪含量为 2.26%、粗纤维含量为 31.23%、总糖含量为 1.62%。

### 1.2 供试双孢蘑菇

双孢蘑菇品种为我国广泛栽培的 As2796,该品种是福建省轻工研究所单孢杂交培育出的高产菌株,是我国重点推广的品种。

### 1.3 试验设计

本研究采用工厂化金针菇菌渣替代双孢蘑菇传统栽培原料的稻草。配方主要成分包括稻草、牛粪、石膏、石灰、复合肥、过磷酸钙。双孢蘑菇传统配方(CK)为 35% 牛粪 + 60% 稻草 + 1% 石膏 + 1% 石灰 + 1% 复合肥 + 2% 过磷酸钙。本试验金针菇菌渣添加量分别为 30%、40%、50%、60%,对应设置为处理 1、处理 2、处理 3、处理 4,各处理分别从成本、菇期、产量等因素进行评价,不同处理的培养料配方组成见表 1。

表 1 不同配方的组成

处理	不同成分含量(%)					
	菌渣	牛粪	稻草	石灰	石膏	过磷酸钙
1	30	35	30	1	1	1
2	40	35	20	1	1	1
3	50	35	10	1	1	1
4	60	35	0	1	1	1
CK	0	35	60	1	1	1

### 1.4 栽培方法

1.4.1 原料选择及一次发酵 江苏省常规双孢蘑菇栽培培养料配方按照表 1 进行备料,预湿,栽培材料新鲜、无霉、无虫,分别将稻草、牛粪、菌渣预湿 7 d,尽量让培养料浸透水分;将预湿好的培养料进行建堆,首先在堆底层铺设 1 层约 5 cm 厚的牛粪,然后按照 1 层粪、1 层草、1 层菌渣依次堆放,高度分别为 15、5、15 cm,建堆高度约 1.5 m,堆宽约 1.6 m,长度依场地和培养料总量而定;建堆时将稻草抖松,避免结团,培养料的水分控制在 70% 左右,可边建堆边淋水,石灰和石膏在建堆时均匀撒在料层间;建堆 7 d 后料温达 70 ℃ 进行第 1 次翻堆,将复合肥和过磷酸钙一次性全部加入料中,翻堆后,打孔通气,可在料堆的上部及料堆周围打孔;13 d 后料温 60 ℃ 时第 2 次翻堆,18 d 后料温在 55 ℃ 时第 3 次翻堆,在料中外层出现灰白色的高温放线菌,培养料不黏手且有弹性、稻草有一定的拉力,说明一次发酵正常,准备二次发酵。

1.4.2 二次发酵 上述不同处理的培养料运进菇房后加温发酵,使培养料充分腐熟且产生有益于蘑菇菌丝生长的放线菌,将培养料运进菇房,每层料厚 30 ~ 50 cm,关上门窗,在菇房外用锅炉加热使菇房升温,升到 65 ~ 70 ℃ 后保持 10 h,再降温到 50 ℃ 保持 5 d,每天通气 1 次,停止升温后开窗通气,45 ℃ 时可开窗降温至 28 ℃。处理 4 不加温处理,利用料温自然升温,均可达到二次发酵所需的温度。

1.4.3 播种发菌 种子均匀撒播在料面上,轻拍料面使种子落入培养料中,用麦粒种 1 ~ 2 瓶/m<sup>2</sup>,播后关闭门窗保湿 3 d,

室内温度保持 26 ℃,待菌丝萌发吃料后开小窗通气。

1.4.4 覆土 双孢蘑菇菌丝发到料厚的 2/3 处方可覆土,覆土材料要求持水性好、结构疏松、无虫卵和杂菌、稳定良好的团粒结构,一般用稻田土。挖取稻田表层 30 cm 以下的土块,制成蚕豆粒大颗粒,每 100 m<sup>2</sup> 备土 5.5 m<sup>3</sup>,土经日晒至半干用 3% 石灰和 5% 甲醛喷雾消毒闷堆 5 d 后使用,覆土厚 3 cm 左右。

1.4.5 出菇管理 覆土后调整土层水分少量多次,每天喷 2 次,6 d 后菌丝上土,10 d 后土间有大量的绒状菌丝,有米粒大小原基出现,按照 1 kg/m<sup>2</sup> 的量开始喷出菇水,需用清洁水连喷 3 d,并加大通风量,减少土块的湿度。上述试验不同处理除配方、二次发酵处理不同,其他栽培、管理均参照常规模栽培模式。

### 1.5 数据处理

以上各处理均设 3 次重复,使用 SPSS 17.0 软件进行显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同菌渣添加量对原料成本及翻堆费用的影响

通过利用金针菇菌渣替代稻草进行双孢菇栽培,按照标准棚所需原料用量计算,对照配方所需成本最高(表 2),而其他处理配方成本是随着菌渣添加量的增加而减小。每栋标准棚室可节约原料购置成本 1 038 ~ 2 040 元。处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 的成本分别比对照低 11.56%、16.37%、18.71%、22.72%。

由表 1 可知,一次发酵翻堆所需要的费用从高到低依次为处理 1 > CK > 处理 2 > 处理 3 > 处理 4。其中,处理 1 翻堆的成本比 CK 高 9.29%,处理 2、处理 3、处理 4 分别比 CK 节约 17.86%、25%、32.14%。

说明应用金针菇菌渣部分替代草料进行双孢蘑菇栽培生产,并能显著节省原料成本。同时,适量使用金针菇菌渣能够减少翻堆的费用,进而提高双孢蘑菇生产效益。

表 2 不同处理原料成本及翻堆费用的统计情况

处理	原料购置费(元)	与 CK 比较节本(元)	节本占 CK 的比例(%)	翻堆费用(元)	用工费比 CK 增加比例(%)
1	7 939.5	1 038	11.56	3 060 ± 60Aa	+9.29
2	7 507.5	1 470	16.37	2 300 ± 60Cc	-18.86
3	7 297.5	1 680	18.71	2 100 ± 103Dd	-25.00
4	6 937.5	2 040	22.72	1 900 ± 103Ee	-32.14
CK	8 977.5			2 800 ± 103Bb	

注:按标准棚室 555.5 m<sup>2</sup> 计算。表 3 同。

### 2.2 不同处理对二次发酵的用工费用和能耗成本的影响

表 3 显示,二次发酵过程所需要的用工费用从高到低依次为 CK > 处理 1 > 处理 2 > 处理 3 > 处理 4。CK 的用工费用与处理 2、处理 3、处理 4 差异显著,处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 分别比 CK 在二次发酵过程所需成本节约 4.17%、6.25%、8.33%、12.5%。各个处理的二次发酵过程所需的煤电费用也存在差异,其他各处理与 CK 相比差异极显著,其中处理 1、处理 2、处理 3 的煤电费用分别比 CK 节省 11.53%、15.38%、23.08%。处理 4 的培养料自然升温能够满足二次发酵所需的温度,因此处理 4 无需加热,没有煤电费的支出,

其能耗成本与 CK 相比节约 100%,说明使用菌渣作为栽培原料能极显著减少能耗成本,其能耗成本随着菌渣使用量的增加而降低。

各处理在二次发酵的过程所使用的人工和能耗总成本从低到高依次为处理 4 < 处理 3 < 处理 2 < 处理 1 < CK,各处理的成本分别比 CK 节约 36.87%、11.53%、9.13%、6.74%。

表 3 不同处理对二次发酵用工费和耗能耗的影响

处理	二次发酵的成本(元)			比 CK 节 本(%)
	用工成本	能耗成本	总成本	
1	2 300 ± 56.34ab	1 150 ± 17.32Bb	3 900 ± 113.58Bb	6.74
2	2 250 ± 38.40b	1 100 ± 13.22Cc	3 800 ± 100.37Bbc	9.13
3	2 200 ± 60.00b	1 000 ± 18.03Dd	3 700 ± 57.66Bc	11.53
4	2 100 ± 56.68b	0.00 ± 0.00Ee	2 640 ± 103.92Cd	36.87
CK	2 400 ± 103.92a	1 300 ± 13.23Aa	4 182 ± 68.84Aa	

2.3 不同菌渣配方对双孢蘑菇出菇周期、产量及生物学效率的影响

表 4 显示,在相同的播种时间下,不同处理从播种后发菌到出菇的时间(发菌周期)均有差异,其中处理 4 的时间最短,为 33 d;CK 的最长,为 41 d;处理 1、处理 2、处理 3 的分别为 38、37、34 d。添加不同金针菇菌渣的出菇周期也不相同,各处理的出菇周期从长到短依次为处理 4 > 处理 3 > 处理 2 > 处理 1 > CK,分别为 72、59、53、51、49 d。说明随着菌渣添加量的增加,出菇周期延长。处理 4、处理 3 的出菇周期分别比 CK 延长 23、10 d,而相应的利润也随之增加。

利用菌渣替代后,不同处理在现蕾出菇时间、冬季停止生长时间都有一定的差异,可使现蕾出菇时间提早 4 ~ 9 d,有利于双孢菇产品提前上市,并使冬季出菇周期延长 2 ~ 23 d。

表 4 2013 年不同处理对出菇周期的影响

处理	播种时间 (月-日)	出菇时间 (月-日)	发菌周期 (d)	停止出菇时间 (月-日)	出菇周期 (d)
1	09-05	10-13	38	12-15	51
2	09-05	10-12	37	12-16	53
3	09-05	10-09	34	12-19	59
4	09-05	10-08	33	12-21	72
CK	09-05	10-17	41	12-07	49

表 5 显示,不同处理的产量从高到低依次为处理 3 > 处理 4 > 处理 2 > 处理 1 > CK,且处理 3、处理 4、处理 2、处理 1 的产量分别比 CK 显著增加 8.57%、6.67%、3.81%、2.86%。各处理的生产利润以处理 4 最高,CK 最小,各处理的生产利润比 CK 高 16.05% ~ 52.67%。说明添加菌渣的生产利润显著高于不加的,且利润随着菌渣添加量的增加而增加。

表 5 不同处理对产量和生物学效率的影响

处理	产量 (kg/m <sup>2</sup> )	产量比 CK 增(%)	生产利润 (m <sup>2</sup> )	生物学效率 (%)
1	9.72 ± 0.02cd	2.86	25.38 ± 0.10b	21.6
2	9.81 ± 0.02bc	3.81	27.09 ± 0.13b	21.8
3	10.26 ± 0.03a	8.57	31.41 ± 0.13a	22.8
4	10.08 ± 0.03ab	6.67	33.39 ± 0.13a	22.4
CK	9.45 ± 0.02d		21.87 ± 0.14c	21.0

表 5 还显示,处理 3、处理 4、处理 2、处理 1 的生物学效率分别比 CK 高 8.57%、6.67%、3.81%、2.86%。双孢菇产量增

加 0.27 ~ 0.81 kg/m<sup>2</sup>,栽培原料的生物转化率和双孢蘑菇栽培的经济收益均提高了。

3 结论与讨论

金针菇菌渣栽培其他食用菌已见报道<sup>[1,6]</sup>,以上研究表明菌渣还具有丰富的营养成分,能够降低成本、提高产量、减少病虫害等效果,从本研究结果来看,随着金针菇菌渣添加量由 0 ~ 60% 逐步替代稻草,其原料成本随着菌渣添加量的增多而减少。这与其他研究者所报道的应用金针菇菌渣栽培秀珍菇<sup>[7]</sup>、平菇菌渣栽培鸡腿菇<sup>[8]</sup>、茶薪菇和黑木耳<sup>[9]</sup>的报道结果一致。本试验是可行的,因为不但能缓解栽培原料的短缺而导致原材料价格上涨的问题,还能提供菌渣高效利用的新途径,对食用菌产业的均衡发展具有重要意义。

利用金针菇菌渣栽培双孢蘑菇具有省工、省力的优势。在机械化操作不高的情况下,双孢蘑菇在栽培过程中用人工翻堆和培养料运到床架,在劳动力减少的前提下造成人工费用逐年增长,而且有时候会出现出高价也找不到人工的尴尬局面。与稻草相比,采用粉碎的金针菇菌渣大降低了翻堆的难度和劳动强度,体现了轻简化栽培,具有省工、省力的优势。在二次发酵的过程中,当菌渣的添加量分别达到 50%、60% 时,不需要升温,菌渣自身产热能够达到二次发酵所需要的温度要求,这直接减少了能耗成本。这一研究结果与张金文等的研究结果<sup>[10]</sup>相似。

金针菇菌渣完全替代或部分替代传统配方稻草栽培双孢蘑菇是可行的,与不添加菌渣的 CK 相比具有延长出菇周期、提高产量的优势。以综合原料成本、二次发酵能耗成本及用工成本、出菇周期、产量、综合效益等 6 项评价指标作为评价指标,建议生产使用 60% 菌渣替代稻草,从而达到节本增效和轻简化的目的。

参考文献:

[1]田伟,刘明庆,席运官.微生物菌剂对以猪粪和香菇菌渣为原料的快速堆肥过程的影响[J].江苏农业科学,2013,41(6):301-304.

[2]韩建东,宫志远,任鹏飞,等.金针菇菌渣栽培金顶侧耳研究[J].北方园艺,2011(21):154-156.

[3]于建光,李瑞鹏,常志州,等.双孢蘑菇菌渣不同堆制方式制作有机肥试验研究[J].江苏农业科学,2013,41(2):334-335.

[4]黄毅.食用菌栽培:下册[M].北京:高等教育出版社,1992:68.

[5]袁兰.姬松茸熟料袋栽技术[J].福建农业科技,2004(1):20-21.

[6]王庆武,安秀荣,李秀梅,等.金针菇菌渣栽培平菇配方试验[J].山东农业科学,2012,44(9):56-58.

[7]宫志远,韩建东,任鹏飞,等.工厂化金针菇菌糠栽培秀珍菇配方筛选试验[J].中国食用菌,2010,29(4):14-16.

[8]胡建伟,龚明福,范玉红.平菇菌糠栽培鸡腿菇试验[J].塔里木农垦大学学报,2000,12(4):11-13.

[9]赵桂云,龚振杰,陈欢.平菇菌糠替代木屑栽培茶薪菇和黑木耳[J].食用菌学报,2009,16(3):36-38.

[10]张金文,柯丽娜,袁滨,等.漳州模式杏鲍菇菌渣栽培双孢蘑菇技术研究[J].食用菌,2012,34(6):19-21.