

菌草栽培香菇



林占熺 著

中国农业科学技术
出版社



菌草栽培香菇

林占熺 著

中国农业科学技术
出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

菌草栽培香菇/林占熺著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2008
ISBN 978-7-80233-713-8

I. 菌… II. 林… III. 香菇—蔬菜园艺 IV. S646.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 148739 号

责任编辑 鲁卫泉

责任校对 贾晓红 康苗苗

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106631 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109703 (读者服务部)

传 真 (010) 82106636

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 新华书店北京发行所

印刷者 北京华忠兴业印刷有限公司

开 本 850 mm×1 168 mm 1/32

印 张 4.75

字 数 130 千字

版 次 2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷

定 价 18.00 元

…… 版权所有·翻印必究 ……



香菇是世界最著名的食用菌之一。中国是香菇人工栽培的发源地。1970年，世界各国栽培香菇都是用阔叶树为原料，我国采用“砍花法”，日本采用“段木法”和“木屑法”栽培香菇。福建三明真菌试验站从日本引进段木法栽培香菇。作者和三明真菌试验站的同事在推广段木栽培香菇时，就有人对此提出异议，我国野生芒萁极为丰富，作者于是于1971年提出用芒萁和草本植物为原料栽培香菇的设想。

我国农村生产体制改革后，香菇生产成为山区农民增加收入的一个重要途径。随着香菇生产的迅猛发展，“菌林矛盾”日益凸显。在20世纪90年代，福建省宁德和浙江省丽水两地区每年因生产香菇共消耗阔叶树200万 m^3 以上。

为解决香菇生产的“菌林矛盾”，作者于1983年开始进行用芒萁和草本植物代替阔叶树栽培香菇的研究。替代的原料最初用谷壳、蔗渣、棉籽渣、玉米秆（芯）、小麦秆等农作物秸秆，继而用多年生的芒萁、类芦、五节芒、芦苇、斑茅等野草及象草、拟高粱、宽叶雀稗、紫花苜蓿等人工栽培的草本植物及互花米草、大米草等水生草本植物。1986年11月6日，用芒萁、类芦、五节芒等野生草本植物作培养基栽培香菇获得初步成功，《福建日报》在“八闽快讯”栏目中报道了这一消息，当年12月开始推广。

1987年4月25日，福建农学院组织专家对用芒萁、类



芦、五节芒等野草栽培香菇等食用菌的研究进行鉴定，鉴定结论为：“成果为国内外首创。在其同等条件下产量较木屑栽培高，质量好，经济效益显著。”“开辟了一条不受林木资源制约的发展食用菌生产的新路，具有应用价值和理论意义。”

1987年5月举办了首期“野草栽培香菇等食用菌培训班”，福建省连城、连江、宁德、罗源、顺昌、泰宁、建宁、上杭、南靖、拓荣等县派人员参加学习，从福建农学院引进技术开展示范生产，福建省政府主办的《经济动态》于1988年3月刊登了宁德县以草代木示范栽培香菇的总结材料。时任省长王兆国同志知悉后作了批示：“明义、昌培同志，对宁德县以草代木发展香菇生产的科学方法和经验要认真总结积极推广。这项工作做好了，不仅可以大力发展草种香菇，取得好的经济效益，更重要的是可以保护森林资源，可以取得更大的社会效益和生态效益”。在福建省领导、省科委的重视和支持下，1989年以草代木发展香菇、木耳等食用菌被列为“福建省科技兴农”项目。1990年被列为国家科委“八五”星火计划重中之重项目，1991~1995年仅福建菌草栽培香菇等食用菌累计12.39亿筒，产值22.46亿元，节约阔叶树51.26万 m^3 。

1994年以菌草栽培香菇为主要内容的菌草技术被列为中国和发展中国家优先合作项目。

1995年以来，菌草技术被商务部列为援外项目，1997年以来被福建省政府列为对口帮扶宁夏和智力支援新疆项目。

为了国内外菌草栽培香菇技术示范推广的需要，作者陆续把自己研究的成果编成了讲义和科普资料，如1987年5月福建农学院食用菌场内部资料《野草栽培食用菌》、1988年6月中国农学会科学普及工作部组织编写的《野草栽培食用菌》、1989年福建科学技术出版社出版的《野草栽培食用菌》、2000年中国农业科技出版社出版的《菌草学》等。

在国家科技部、商务部、福建省科技厅、教育厅、财政

厅、农委、农业厅等有关部门的支持下,迄今为止,菌草技术已推广到全国 32 个省市的 367 个县市,在国外传播到亚洲、大洋洲、非洲、南美洲、北美洲、欧洲的 63 个国家。

1996 年以后,由于种种原因,福建省菌草栽培香菇技术的推广步伐变慢了。香菇主要产区依然用传统的木屑栽培方法,其结果是可供栽培香菇的阔叶树越砍越少、越砍越小,有的县甚至连拇指大的树也砍来栽培香菇了,菌林矛盾越来越突出,有的“香菇县”已宣布禁止香菇生产,香菇生产大幅度下降。到 2006 年福建省香菇产量只有盛产时 1/4。

2007 年 3 月,福建省漳平市制定了《漳平市人民政府关于控制木材消耗 推广菌草栽培食用菌技术实施方案的通知》,全面推广菌草栽培香菇、木耳技术。这预示着菌草栽培香菇进入了又好又快发展的新时期。

为了适应菌草栽培香菇生产发展的需要,作者将 25 年来从事菌草栽培香菇研究的成果和应用实践经验整理成此书,供菌草栽培香菇者及有关人员参考。

借此书出版的机会向 10 多年来一直关心、支持、呵护菌草技术的中国科学院院士、福建农林大学谢联辉教授、国际热带地区菇业协会会长张树庭教授表示衷心的感谢!同时向所有支持菌草科学的研究、菌草技术应用开发、扶贫、援外、国际合作的领导、专家、同仁表示衷心的感谢!另外,特别感谢家人 20 多年来付出的艰辛和奉献!

由于水平所限,书中错误与不当之处,恳请读者指正。

林占熺

2007 年 5 月 21 日于莱索托马塞卢



第一章 概述	1
第一节 菌草栽培香菇有关定义	1
第二节 菌草栽培香菇的历史背景	3
第三节 香菇人工栽培简况	6
第四节 菌草栽培香菇的优点	8
第二章 香菇生物学特性	12
第一节 形状特征	12
第二节 生活史	13
第三节 生活条件	14
第三章 菌草栽培香菇的研究与应用	21
第一节 菌草栽培香菇技术的研究	21
一、研究方法	21
二、菌草栽培香菇技术的主要研究成果	24
第二节 菌草栽培香菇技术的应用和推广	31
一、应用概况	31
二、以菌草栽培香菇为代表的菌草技术应用 情况	33
第四章 菌草	48
第一节 适用于栽培香菇的菌草	48



一、 芒萁	48
二、 类芦	50
三、 斑茅	51
四、 芦苇	52
五、 五节芒	54
六、 菅	55
七、 象草	56
八、 巨菌草	59
九、 芦竹	62
十、 大米草	63
十一、 香根草	64
十二、 拟高粱	65
十三、 玉米	66
十四、 甘蔗	67
十五、 紫苜蓿	68
第二节 菌草人工种植	68
一、 象草栽培技术	69
二、 巨菌草的人工栽培方法	71
三、 类芦栽培技术	72
第三节 菌草的加工与贮藏	73
一、 菌草的采收	73
二、 菌草的加工与贮藏	74
第五章 菌种选育和菌种生产	75
第一节 菌种选育	75
一、 菌种选育方法	75
二、 菌种分离法	76
第二节 菌种生产	81
一、 基本设备	82

二、母种的生产	86
三、原种和栽培种的生产	88
第三节 菌种保藏	92
第六章 菌草栽培香菇技术	95
第一节 菌草栽培香菇生产工艺	95
一、菌草栽培香菇生产工艺流程	95
二、菌草栽培香菇不同工艺特点比较	95
第二节 菌草熟料栽培香菇	98
一、品种选择	98
二、栽培季节	100
三、培养基配方	103
四、菌筒（袋）的制备	105
五、搭盖菇棚	111
六、菌筒转色管理	115
七、出菇期管理	116
八、菌草香菇室外周年栽培	122
第三节 香菇的加工与贮藏	127
一、加工	127
二、分级与贮藏	128
附录	130
附录 1 首届菌草业发展国际研讨会倡议书	130
附录 2 菌草技术已传播国家（或地区）统计	132
附录 3 福建省部分县（市）历年旬平均气温 （0.1℃）	133
附录 4 温度、湿度换算法	136
参考文献	138



第一章 概 述

第一节 菌草栽培香菇有关定义

20 世纪 80 年代前，世界各国的香菇、木耳、灵芝等食（药）用菌的人工栽培都是以林木资源为原料。

1971 年，为了解决香菇生产原料问题，作者提出用野生资源极为丰富的芒萁、五节芒等野草来代替阔叶树生产香菇的设想。

1986 年 11 月，《福建日报》报道了用芒萁、类芦、斑茅、芦苇、五节芒、菅等野草替代阔叶树栽培香菇、木耳等食用菌获得成功的消息。该报道引起广大读者、菇农的浓厚兴趣。当年秋季开始应用。

1987 年秋，为了适应生产实践的需要，作者首次提出把经过试验和生产证明可用作食（药）用菌栽培的芒萁、类芦、斑茅、芦苇、五节芒、菅、荻、野古草等野生草本植物称为菌草，并于 1987 年 10 月在福建省食用菌与林业生态平衡研讨会上提出这一定义。

1988 年 2 月，中国农学会在福建农学院举办野草栽培食用菌培训班，该培训班的讲义再次提出菌草的概念。狭义的菌

草是指已经实验和生产证明可供食用菌栽培的野生草本植物，如芒萁、类芦、斑茅、芦苇、五节芒、菅、荻、野古草等；广义的菌草是指可作为食（药）用菌栽培原料的野生草本植物及各种人工栽培草本植物。

1995年10月，福建农林大学食用菌试验场受中国外经贸部的委托，在福建农业大学举办首期菌草技术国际培训班，由林占熺、林占华著的《菌草学》作为培训班的讲义，该书提出的菌草和菌草技术的定义为：适宜栽培食用菌、药用菌的草本植物简称菌草；用菌草栽培食用菌、药用菌和用菌草栽培食（药）用菌的废菌料生产菌体蛋白饲料的综合技术称为菌草技术。

1996年11月27～29日，来自中国、澳大利亚、巴西、伊拉克、印度尼西亚、斯里兰卡、美国、巴布亚新几内亚8个国家的专家、学者参加了在中国福州召开的“菌草业发展国际研讨会”，与会专家就菌草业所涉及的专业技术、产业发展、国际合作等方面进行了深入的探讨和交流，达成了发展菌草业造福全人类的共识，在张树庭教授的主持下，大会为“菌草”、“菌草技术”、“菌草业”确定了以下的定义：

菌草：可以作为栽培食用菌、药用菌培养基的草本植物。

菌草技术：运用菌草栽培食用菌、药用菌和生产菌物饲料、菌物肥料的综合技术。

菌草业：运用菌草技术及相关技术形成的产业。

截至目前，全球已有60多个国家，分别用中文、英语、俄语、日语、葡萄牙语、阿拉伯语、朝鲜语、皮金语、蒙古语、越南语、祖鲁语等11种文字运用上述定义。

1999年10月，中国科学院院士谢联辉教授在考察国内外运用菌草技术发展菌业生产情况后，建议把以菌草技术为中心的专著《菌草栽培食用菌》以“菌草学”的书名正式出版。

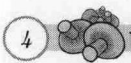
2000年5月，发明人林占熺所著的《菌草学》（中文版）

由中国农业科技出版社正式出版。该书对菌草学提出的定义是：菌草学是关于菌（蕈菌）与菌草栽培原理、相互关系及栽培工艺的一门科学。菌草学不仅要研究菌和草的生物学特性，而且要研究菌与草之间的联系及菌与草之间的转化，主要研究内容包括：菌草，菌草治理水土流失，菌草治理荒漠，菌草治理沙漠，菌草栽培食（药）用菌，菌物饲料，菌物肥料，菌草机械，菇类的贮藏与加工等，解决菌业生产中的“菌林矛盾”和“菌粮矛盾”，解决菌业发展与环境保护的关系，为可持续发展的生态菌业——菌草业的发展提供科学依据和生产技术。

第二节 菌草栽培香菇的历史背景

香菇的产量在世界菇类中居第二位，因其具有独特的香味而得名。在中国、日本、韩国、泰国、马来西亚和亚洲其他国家都普遍栽培。中国是世界香菇人工栽培的发源地。香菇的半人工栽培、人工栽培已有 800 多年的历史。

香菇不仅营养价值高，味道鲜美，具有独特的风味，是烹调各种菜肴的最佳配料之一，还可作为主菜食用，而且具有较好的药用价值。香菇中含有一种分子量为 100 万的抗肿瘤成分——香菇多糖（Lentinan）；含有降低血脂的成分——香菇太生（Lentysin）、香菇腺嘌呤（Eriadenine）和腺嘌呤的衍生物——（R），3（R）二羟-4（9-腺苷基）丁酸 [3（R）-dihydroxy-4（9-adenyl）-butyric acid]；香菇还含有抗病毒的成分、干扰素的诱导剂——双链核糖核酸和 30 多种具有药理活性的酶；香菇的孢子、子实体的水溶性成分具有抗病毒活性；香菇中的似病毒颗粒具有抗肿瘤活性。经常食用香菇，可降低胆固醇。随着人们对香菇的食用和药用价值的不断深入了解，越来越多的人开始食用香菇。欧洲人过去不食用香菇。



1992 年瑞士韦帕文先生从福建农学院携 5kg 菌草栽培鲜香菇回国后,请全国各地食品学家品尝,受到肯定,并将其作为制作色拉的原料。从此,欧洲人开始食用香菇。国际市场对香菇的需求量越来越大,近 30 年来世界香菇生产发展很快。

20 世纪 70 年代以前的数百年,香菇的产地仅在浙江、福建、江西等中国的东南部地区,到了 20 世纪 90 年代逐渐向中国北方和西部发展。1995 年吉林省前郭县开始推广菌草栽培香菇。1996 年陕西省彬县开始推广利用窑洞生产香菇。1997 年宁夏六盘山区开始推广菌草技术发展菌草业。香菇产量逐年大幅度增加。以我国为例,1977 年全国产干菇仅 1 200t,1990 年产干菇 29 828t,为 1977 年的近 25 倍,1997 年产干菇 80 000t,仅 20 年产量就增加了 66 倍。

传统的香菇生产方法是用阔叶树作原料进行人工栽培,所消耗的阔叶树是所有人工栽培菇类中最多的,仅我国福建省的宁德地区和浙江省的丽水地区,一年因种植香菇就要消耗 200 万 m^3 的阔叶树。香菇生产与林业生态环境的“菌林矛盾”已成为制约香菇生产发展的最主要因素。

“菌林矛盾”即菌业生产发展与资源、环境保护的矛盾。下面简要分析用木材栽培香菇生产的“菌林矛盾”的情况。

日本是绿化搞得较好的国家,几乎看不见裸露的山地,大雨过后几个小时河里的水就变清。但是日本的“菌林矛盾”也是制约香菇生产的重要因素。1983 年,日本段木栽培香菇 10.9 亿筒,1989 年仅 0.8 亿筒,仅用 7 年时间生产规模缩小到只有 1983 年的 7.3%。现在段木生产规模还在缩小,其最重要的原因是阔叶树资源的减少。为此,日本从 20 世纪 70 年代起就转向采用“菌床”栽培(袋栽)食用菌,用 68%~73% 的杂木屑加 25%~30% 的麸皮作原料来栽培,但并没有从根本上解决菌林矛盾。为保护资源,日本从东南亚进口木材来生产香菇,我国台湾省也是从泰国、东南亚进口木材栽培香菇。

中国用菌草栽培香菇的研究获得成功后,1992年福建农学院向日本转让菌草技术专利在日本的使用权,日本耗资100多万美元建立了一个菌草茸研究所。

我国阔叶树资源有限,人均林地占有量只有世界人均占有量的 $1/4$,草地人均占有量为世界人均占有量的 $1/2$,森林覆盖率在世界160个国家中居120位,人均森林占有面积居121位,是世界上的少林国家之一,而且阔叶树的资源还在不断减少。我国水土资源流失较严重,沙漠化程度还在扩大。1972年黄河首次出现断流,此后26年中有21个年份黄河下游出现断流,1997年黄河断流226天。行人可徒步过黄河。福建省1978~1983年,常绿阔叶林蓄积量减少 $1\,334.1\text{万 m}^3$,年均消耗 266.82万 m^3 。福建省古田县1986年测算阔叶林生长量为年 1.4万 m^3 ,而当年用于食用菌生产的阔叶树为 10.4万 m^3 ,该县当年用于栽培食用菌的阔叶树消耗量为生长量的7.43倍。现在古田县的香菇生产原料大部分是由周边县和外县购买的。福建省寿宁县1996年木屑栽培“花菇”1.5亿筒,用于栽培花菇的原料计耗阔叶树 10万 m^3 ,而该县1995年阔叶树木材蓄积量仅 8.4万 m^3 ,阔叶树的年生长量为 0.6万 m^3 ,合计才 9万 m^3 ,如果都用本县资源生产“花菇”,那么一年香菇生产就会消耗所有阔叶树。由于阔叶树的减少,菇农生产香菇的成本也日益增加,20世纪70年代初,种菇用的杂木屑可免费索取,80年代木屑一般是 $0.12\sim 0.2\text{元/kg}$,1994年有的地方木屑价达到 0.8元/kg ,木屑价格上升4~6倍。实践表明,用杂木屑栽培食用菌仍未从根本上解决“菌林矛盾”,如果还继续用林木资源作原料,菌业是难以持续发展的,这是以昂贵的生态效益为代价来换取短期的经济效益。

菌林矛盾实际上是菌业生产发展与保护生态环境的矛盾。土地是人类赖以生存的基础,全球每年土地损失量已超过新土地形成量,研究表明,在自然力的作用下,每生成 1cm 厚的



土地需 100~400 年的漫长岁月。因此,如果继续使用传统方法,用林木资源来发展菌业生产,将破坏生态平衡,造成水土流失,菌业也难以持续发展。

菌业生产发展和林木资源不足的矛盾,已成为制约菌业生产发展的主要因素。这是菌业生产国普遍存在的问题,也是中国和世界各国菌业生产存在的突出问题。

此外,“菌粮”或“菌牧”矛盾将凸显。目前世界各国较普遍使用的木屑栽培食用菌、药用菌的方法,其培养基中一般麸皮占 15%~25%,日本木屑菌床栽培香菇培养基中麸皮占 25%~30%。福建省是缺粮省,若靠外省调运,运输力量也不足。现在随着粮价的上升和菌业的发展,麸皮的价格大幅度上涨,已从 70 年代的 0.14 元/kg 上升到 1.86 元/kg,价格上升 12.2 倍。我国的耕地面积相对少,人均占有耕地面积只有世界人均的 1/3,随着人口的增加,人均占有耕地的减少已是一种不可逆转的趋势。用传统的木屑栽培香菇等食用菌的菌业生产进一步发展,菌粮矛盾将日益突出,成为菌业发展的重要制约因素。

世界菌业生产发展方兴未艾,这是一个前景十分广阔的产业,但是靠传统的以林木为资源的栽培技术已难以适应菌业生产发展的需要。菌草栽培香菇为代表的菌草技术就是为解决菌业生产的可持续发展而诞生的,它将随着科学技术和菌业生产的发展而发展。

第三节 香菇人工栽培简况

香菇的人工栽培已有 800 多年的历史,经历了以下 4 个发展阶段。

1. “砍花”栽培阶段

这是一种“半人工栽培”方法。据记载,这一方法由浙江

省庆元县吴三公所创造，方法是用斧头在砍倒的阔叶树上“砍花”，待自然界野生香菇的“孢子”飘落到砍花口处，在适宜的温、湿度条件下萌发生长，到第三年在“砍花”的树上长出香菇子实体。到20世纪70年代，我国仍采用这一方法生产香菇。日本在290~315年前从我国引进了香菇“砍花”栽培技术，并发展了这一栽培技术。

2. 段木栽培阶段

20世纪20年代，日本的香菇纯菌种分离成功，30年代香菇生产开始采用纯菌种接种，香菇的生产从“砍花法”的“半人工栽培”发展到段木法的人工栽培。段木栽培香菇的具体方法是，将10~25树龄的壳斗科的阔叶树刺栲、米槠、板栗等树砍倒后，截成长1~1.2m的段木，用手提电钻或用“皮带冲”加工制成的接种锤打接种穴，在接种穴内填上香菇菌种、穴口用树皮或石蜡封口，我国南方清明前接种，当年秋冬季可长出香菇子实体。香菇“段木法”栽培与“砍花法”栽培相比较节约了原料，缩短了生产时间，但仍用阔叶树作原料。目前日本、韩国等一些国家仍有采用这一方法生产香菇，但已难以持续发展。

3. 木屑栽培阶段

大面积的木屑栽培香菇始于20世纪60年代，主要是用塑料薄膜筒（袋）作容器，用木屑、麸皮、蔗糖和石膏作原料。日本较早采用这一栽培方法。栽培的容器用24cm×44cm的塑料薄膜袋。培养基配方中阔叶树木屑占66%~68%，辅料是麸皮占32%~30%、蔗糖1%、石膏粉1%。日本将这一方法称为“菌床栽培”。20世纪80年代初，我国上海开始采用木屑栽培香菇，具体方法是采用容积为750ml的玻璃菌种瓶作香菇菌丝体的培养容器，用木屑、麸皮、蔗糖、石膏粉作培养基，菌丝体长满菌瓶后挖出压块栽培出菇，福建古田县的菇农

用 15cm×58cm 的塑料薄膜筒作栽培容器，栽培原料是阔叶树木屑占 73%~78%，添加 20%~25% 的麸皮或米糠、1% 蔗糖、1% 的石膏粉。

香菇木屑栽培法的应用，推动了香菇生产的迅速发展，进一步节约了阔叶树的木材资源，但仍存在用紧缺的阔叶树作主要原料的缺点。目前，香菇的木屑栽培法在中国、日本、韩国、泰国、马来西亚等国仍是主要的栽培方法。在我国主产区，用木屑为原料生产香菇已难以持续发展。福建省 2005 年香菇产量只有 2004 年的 50%，其主要原因就是阔叶树杂木屑资源已近枯竭。日本和我国台湾省从东南亚等地进口木材或木屑生产香菇，泰国从南部 1 800km 外的地方运木屑到北方栽培香菇，这一生产方式也难已持续发展。

4. 菌草栽培阶段

为从根本上解决香菇生产和森林资源保护之间的“菌林矛盾”，作者于 1971 年提出以草本植物代替林木栽培香菇的设想；1983 年开始此项研究；1986 年秋菌草栽培香菇获得初步成功，开始推广菌草栽培香菇这一技术；1988 年用菌草栽培“花菇”——优质香菇获得成功；1994 年 7 月，在福州海拔 20m 的福建农林大学菌草所菇棚栽培香菇获得成功，从根本上解决了香菇生产和林业生态环境之间的“菌林矛盾”问题，使香菇生产走向可持续发展的新阶段。从此，传统的香菇栽培方法段木栽培和木屑栽培，逐步被菌草栽培所取代，从而结束了只能用阔叶树栽培香菇的历史。

第四节 菌草栽培香菇的优点

1986 年 11 月以来，菌草栽培香菇在我国和世界各地多