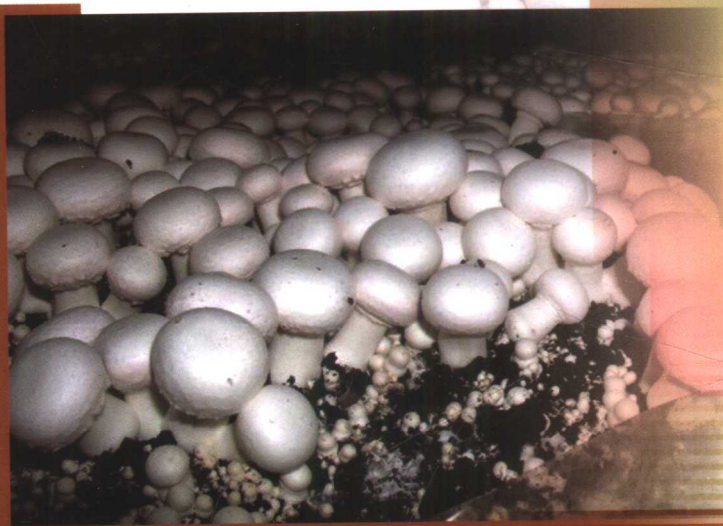


双孢菇生产

● 王振河 李 峰 姚素梅 编著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

双孢菇生产/王振河等编著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2007. 9

ISBN 978 - 7 - 80233 - 323 - 9

I. 双… II. 王… III. ①蘑菇 - 蔬菜园艺②蘑菇 - 蔬菜加工 IV. S646. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 138227 号

责任编辑 崔改泵

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) 68919704 (发行部) (010) 68919709 (编辑室)
(010) 68919703 (读者服务部)

传 真 (010) 68975144

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 新华书店北京发行所

印刷者 北京雅艺彩印有限公司

开 本 850mm × 1168mm 1/32

印 张 8.375

字 数 230 千字

版 次 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

定 价 20.00 元

《双孢菇生产》编著人员

王振河，男，副教授，1966年2月生。1988年毕业于华中师范大学生物系。现任河南科技学院微生物学教研室主任，主要从事食用菌专业的教学和研究工作。1989年以来主持或参加省级食用菌研究和开发课题16项。著作有《食用菌栽培学》等5部，在专业学术刊物上发表研究论文48篇，获得河南省科技进步奖2项，省级鉴定成果6项。

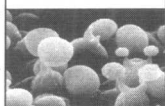


李峰，男，副研究员，1965年1月生。现任新乡市农业科学院食用菌研究所所长，河南省微生物学会理事，河南省食用菌协会理事。主要从事食用菌研究与开发工作。主编或参编食用菌专业著作5部，在专业学术刊物上发表研究论文10余篇。1987年以来主持或参加国家级和省级食用菌研究与开发课题9项，获得河南省星火科技成果奖3项。



姚素梅，女，博士，讲师，1974年3月出生。毕业于中国科学院，获理学博士学位，现在河南科技学院生命科学技术学院工作。主要从事农业水资源高效利用和作物栽培理论与技术的研究，在专业学术刊物上发表研究论文10余篇。





我国食用菌发展具有悠久的历史，特别是改革开放以来食用菌产业取得了突飞猛进的发展，现在我国食用菌年总产量已达到1 400万吨，年产值达590亿元，从业人员超过2 000万人，食用菌产业已经发展成为仅次于粮、棉、油、果、菜的第六大农业产业，成为调整农业种植结构，促进农民增收致富的新产业。

我国可以人工栽培的食用菌种类达50多种，在占主导地位的食用菌中，香菇、木耳、金针菇、银耳、草菇等食用菌品种起源于我国，而起始于法国的双孢菇在我国经过了80年的发展，已经成为我国第四大食用菌，而且由于其蛋白质含量高、风味佳、市场广阔，近年来获得可喜的进展，特别是20世纪80年代我国实施“南菇北移”战略以来，在山东、河北、河南等地发展迅猛，成为我国双孢菇生产的新兴基地。

双孢菇栽培利用秸秆和畜禽粪为主要原料，进行发酵料立体栽培，菇农不需要投入灭菌、接种等设备即可从事生产，经济效益较高，市场前景广阔。特别是近年来生产技术不断完善，生产原料由单一牛粪、稻草向多种畜禽粪、多种原料发展，发酵方法由一次发酵向二次发酵发展，栽培场所由单一的砖瓦结构菇房向日光温室、中小型拱棚发展，铺料方式由薄料向厚料发展，栽培方式由单一秋播向周年

化生产发展，栽培产量由从前的 $7 \sim 8\text{kg}/\text{m}^2$ 逐渐升至 $10 \sim 20\text{kg}/\text{m}^2$ ，成为农村最受欢迎的食用菌栽培品种之一。

作者总结多年来的实践经验，参考双孢菇研究的最新进展，编写了这本小册子，以期对双孢菇生产贡献菲薄之力。第一章、第三章和第六章由姚素梅编写；第五章由李峰编写；其他部分均由王振河编写，全书由王振河定稿。

编写过程中，河南农业大学申进文教授以及河南科技学院的王斌、武忠伟、赵现方等老师都提出很多建设性意见，使本书增色不少，在此表示诚挚的谢意。

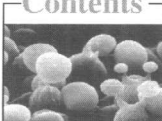
鉴于科技发展日新月异，作者水平和认识有限，错漏之处在所难免，敬请同行专家及广大读者提出宝贵意见。

编 者

2007年6月

Contents

目
录



第一章 概论	1
第一节 双孢菇栽培简史	1
一、国际双孢菇栽培与品种改良史概况	2
二、我国双孢菇栽培与品种改良史概况	5
第二节 双孢菇营养价值与药用价值	11
一、双孢菇的营养价值	11
二、双孢菇的药用价值	13
第二章 双孢菇的生物学特性	16
第一节 双孢菇的分类和种类	16
一、双孢菇的分类地位	16
二、双孢菇的学名	17
三、蘑菇属的种类	18
四、蘑菇属的栽培种类	21
第二节 双孢菇的生长发育	23
一、双孢菇的形态结构	23
二、双孢菇的生活史	27

第三节 双孢菇生长发育所需外界条件	33
一、营养条件	33
二、环境条件	38
第三章 双孢菇菌种生产技术	43
第一节 双孢菇菌种及其生产流程	44
一、菌种的概念	44
二、菌种的分级	44
三、菌种生产的工艺流程	45
第二节 菌种场的布局和生产设施	45
一、菌种场规划和布局	47
二、菌种生产常用设备及设施	48
第三节 双孢菇母种生产技术	52
一、母种培养基制备	52
二、纯种分离	55
三、转管扩大繁殖	58
第四节 双孢菇原种生产技术	59
一、原种培养基制备	60
二、原种的接种	62
三、原种的培养	62
第五节 双孢菇栽培种生产技术	63
一、栽培种培养基制备	63
二、栽培种的接种	64
三、栽培种的培养	65
第六节 双孢菇菌种质量要求	65
一、母种质量要求	66
二、原种及栽培种质量要求	66
三、菌种生长异常的原因和对策	66
第七节 双孢菇主要栽培菌株	68

一、国内主要的推广菌株	69
二、国外主要的推广菌株	71
第八节 国外双孢菇菌种生产简介	72
第四章 双孢菇栽培管理技术	73
第一节 双孢菇的栽培场所	74
一、标准立体菇房	74
二、日光温室	75
三、塑料拱棚	76
四、林地或露地	76
第二节 双孢菇生产工艺及生产周期	77
一、生产工艺流程	77
二、生产周期安排	78
第三节 栽培原料的性质及培养基配方	78
一、栽培原料及其性质	86
二、培养基配方	91
三、碳氮比计算	97
四、投料量与产量的关系	99
第四节 栽培料的堆制发酵	100
一、培养料的堆制发酵	100
二、后发酵技术	113
第五节 接种	120
一、接种前的准备	120
二、播种期及播种方法	121
三、播种后的异常情况对策	123
第六节 发菌期管理	124
第七节 覆土及覆土后管理	127
一、覆土的作用	127
二、覆土前的准备	129

三、覆土材料的调制和消毒	130
四、覆土材料的选择和覆土方法	131
五、覆土后管理	133
六、覆土发菌管理期间易出现的问题	135
第八节 出菇管理与采收	137
一、出菇期的温度管理	138
二、出菇期的水分管理	139
三、出菇期的通风管理	144
四、菇床整理	145
五、转潮与养菌	146
六、追肥措施	146
七、采收	148
第五章 双孢菇的病虫草害综合防治	152
第一节 双孢菇病害及防治	153
一、发菌期病害	153
二、出菇期病害	165
第二节 双孢菇虫害及防治	187
一、昆虫纲害虫	188
二、螨类	198
三、线虫	206
四、其他有害动物	209
第三节 双孢菇病虫草害的综合防治	212
一、应遵守的基本栽培法则	213
二、实行严格的卫生管理制度	217
三、化学防治的应用	218
第六章 双孢菇保鲜与加工	220
第一节 双孢菇的贮藏保鲜	220

一、贮藏保鲜原理	220
二、双孢菇采后生理变化	221
三、双孢菇贮藏保鲜技术	223
四、双孢菇鲜菇的质量指标	227
第二节 双孢菇的速冻保藏技术	227
一、原理	228
二、方法	228
第三节 双孢菇的加工技术	230
一、双孢菇的盐渍技术	230
二、双孢菇罐藏加工技术	234
三、双孢菇干制加工技术	236
附录 1 常用杀菌剂及消毒剂	239
附录 2 常用杀虫剂	245
主要参考文献	250

第一章 概 论

第一节 双孢菇栽培简史

双孢菇颜色洁白、质地细嫩、营养丰富、味道鲜美，是符合联合国粮农组织和世界卫生组织（FAO/WHO）提倡的天然、营养、保健原则的“健康食品”，其消费量逐年递增。双孢菇栽培历史悠久，范围广泛，是目前唯一进行全球性栽培的食用菌，全世界有100多个国家或地区栽培双孢菇，年产鲜菇250多万吨，产值达数十亿美元。我国双孢菇生产近年来发展迅猛，2001年双孢菇总产74万吨，2002年总产92万吨，2003年总产超过133万吨，而且是我国食用菌产品出口的主要品种，出口值占我国食用菌总出口值的1/5以上。我国是世界双孢菇出口量最大的国家。英国、荷兰、法国、美国、意大利则是世界双孢菇栽培技术最先进的国家，美国、法国、中国、印度尼西亚和印度是主要生产大国。

综观双孢菇生产从无到有，从简单的手工栽培发展到现在的工业化生产，并发展成为世界上栽培区域最广泛、总产量最大的食用菌品种，无论在品种改良和栽培技术创新上，都凝聚着技术人员和劳动者的辛勤和汗水。回顾历史，有助于总结前人的经验教训，推动双孢菇生产的创新和发展。

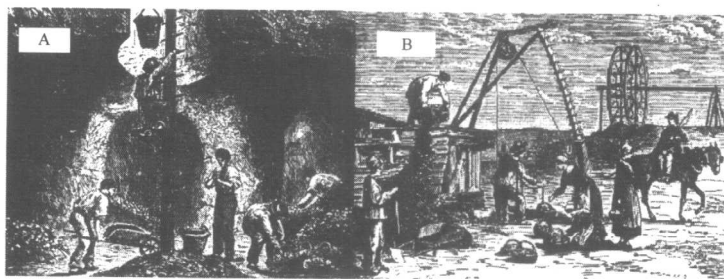
一、国际双孢菇栽培与品种改良史概况

(一) 创始阶段 (1550 ~ 1893)

双孢菇人工栽培起源于法国。早在 1550 年就有人在巴黎郊外利用未经发酵的马厩肥栽培双孢菇的记载 (Guiochon, 1953), 但在长达一个世纪的时间内, 仍然是用成熟子实体的漂洗液, 洒在有马厩肥甜瓜温床上播种 (D. Bonnefons, 1651), 所以, 多数人认为双孢菇栽培始于 1650 年前后。

在法国路易十四时期 (1638 ~ 1715), 双孢菇栽培技术得到进一步发展。被尊称为法国蘑菇栽培之父的法国植物学家图尔内福特 (D. Tournefort) 于 1707 年发表了第一篇双孢菇栽培的学术论文, 认为双孢菇是“起源于马”, 利用长有白色绒毛状菌丝的马粪块移植到马厩肥上, 覆土后长出蘑菇。在 1780 年, 法国人开始利用天然菌株在山洞或废弃坑道内进行栽培, 19 世纪初期, 在洞穴中栽培双孢菇已经有了一定规模 (图 1-1), 并且这种栽培方法开始从法国传到英国、荷兰、德国和美国, 并逐步扩大到世界各地。

这一时期栽培双孢菇技术非常原始, 仅依靠野生菌种或出过菇的培养料作为菌种。



A. 采摘双孢菇 B. 清除废料

图 1-1 在巴黎附近的地穴中栽培双孢菇

(二) 奠基阶段 (1893 ~ 1929)

1894年, Constantin 和 Matruchor 用孢子分离法培养双孢菇纯菌种获得成功, 发表了蘑菇孢子发芽培养法。大约在1900年, 这项技术被传到荷兰, 在林堡省南部的泥灰土洞穴中大量栽培蘑菇。黑暗而潮湿是蘑菇生长的理想环境。这些蘑菇呈褐色, 个大, 有硬的鳞片。1902年, 达格尔 (Duggar) 开始用蘑菇组织块培育菌种获得成功; 1929年, 美国人兰伯特 (Lambert) 提出了子实体能从单孢子萌发的菌丝体产生, 公开了用蘑菇孢子和组织培养物制种的秘密。

这一时期的主要特点是开始采用人工制作的菌种来栽培双孢菇。

(三) 发展阶段 (1910 年至今)

1910年, 标准式蘑菇床式菇房在美国建成。菌丝生长和出菇管理均在同一菇房内进行, 称为单区栽培系统, 适合手工操作。我国国内目前多采用这一栽培系统; 在1926年一种颜色洁白的双孢菇在褐色蘑菇中被发现, 从此时起已有了我们今天熟知的双孢菇 (*Agaricus bisporus*)。由于大众喜爱, 双孢菇已替代了许多褐色品种。1934年, 美国人兰伯特把蘑菇培养料堆制分为2个阶段, 即前发酵和后发酵, 极大地提高了培养料的堆制效率和质量; 1948年, 法国培育出索米塞尔蘑菇菌株; 1950年美国培育出奶白、棕色和白色等菌株。

第一个地面上现代化种植设施是在1950年前后建起的。在一个黑暗的房间 (或仓房) 里有一个混凝土架子放在地基上。到1960年, 混凝土架子被金属架上的木床所取代, 15年后分层的床已全部由金属制成。金属床架比较容易清洁、相对便宜和耐用。这些新床适合机械化填充培养基。收菇后, 基质又可用机械从床中移走。

此外, 爱尔兰等国还发展了塑料菇房袋式栽培等模式。国际上, 蘑菇栽培出现了农村副业栽培、农场式生产和工业化生产并存

的局面。在发达国家，工业化生产已逐渐成为主导模式，而目前我国仍以农村生产为主。

1972年雷珀 (Raper) 和埃利奥特 (Elliott) 等人对双孢菇生活史进行了详细研究，并用遗传标记作为分析工具，揭示了蘑菇杂交育种存在的两个障碍，一是它具有独特的遗传特性，使担子上的两个孢子大多具有异核而自身可育；二是它的同核体与异核体间没有形态上的差异，即异核体也无锁状联合现象。

1981年美国的辛登 (Sinden) 教授经过30多年的努力，采用多孢筛选法获得了A6菌株。但A6也不是十分理想的菌株。同年，荷兰的弗莱斯 (G. Fritsche) 育成杂交菌株 Horst U1 和 Horst U3。这些品系很快被欧洲、美国和加拿大的栽培者采用。现在欧洲栽培最普遍的菌种是A15。

欧美国国家双孢菇栽培的历史和发展概况见表1-1。

表 1-1 欧美国国家双孢菇栽培的历史和发展

年份	历史和发展
大约 1650	在原先的甜瓜温床上发现自然发生的蘑菇 (巴黎近郊)
1670	拉·昆廷尼 (La. Quintinie) 在路易士十六宫殿的花园中露地栽培蘑菇成功 (法国)
1707	图尔内福特 (Tournefort) 著书最早介绍蘑菇栽培法 (法国)
大约 1810	钱布里 (Chambry) 在洞穴栽培蘑菇，并普及到欧洲各地，采用畦式栽培
1831	发明床架式栽培法 (法国)
1865	美国开始栽培蘑菇
1910	建成美国式标准菇房 (双孢菇菇房 8 000 平方英尺，在欧洲各国普及)
1916	兰伯特 (Lambert) 发明纯培养菌种 (美国)
1934	发明箱式浅盘 (tray) 栽培法 (美国)，发现短期发酵法、室内发酵法 (美国)
1949	利用浅箱在洞穴内栽培 (法国)
1959	发明袋式 (聚乙烯袋) 栽培法 (丹麦)

续表

年份	历史和发展
1960	箱式栽培法在欧洲普及并加以改良，完成省工、紧凑的栽培系统
1967	床式栽培法的自动化系统的发明及应用（荷兰）
1973	发明了集中发酵式栽培系统（意大利、法国）
1975	把集中式栽培系统和床架栽培系统结合起来（荷兰）
1980	发明深槽式栽培法（英国）

二、我国双孢菇栽培与品种改良史概况

双孢菇栽培 1650 年起源于法国，而我国缺乏双孢菇种质资源。我国从 1925 年开始从国外引进菌种和生产技术，经过 80 多年的发展，双孢菇已经成为我国第四大食用菌品种。我国双孢菇生产在国际上具有举足轻重的地位，特别是在双孢菇的国际贸易中占有明显优势。

我国双孢菇生产从无到有，发展历程大致可以划分为以下五个阶段：

（一）引进生产菌株和一次发酵生产阶段（1925~1977）

1925 年前后，在上海和福州郊区出现由外商经营的小型双孢菇种植场。同年，我国学者胡昌炽先生从日本引进双孢菇菌种，在国内开始试种。1930 年潘志农先生在福州，1931 年余小铁先生在杭州进行中、小面积的栽培，均获成功。此后，在上海等地出现了小型双孢菇栽培场。由于当时社会条件有限，栽培技术封锁，双孢菇生产发展非常缓慢，至 1949 年全国的双孢菇栽培面积仅有 2 000 m² 左右。

新中国成立后，随着研究水平不断提高，我国双孢菇生产得到快速发展。1956 年，上海农业试验站陈梅朋工程师应用组织分离和孢子分离方法，获得蘑菇纯菌丝，研究成功双孢菇菌种生产技

术，改变了种植双孢菇必须依赖从英国进口菌砖菌种的历史，促进了我国双孢菇生产的发展。1957年，上海市郊开始推广床架式栽培，1958年起，通过原上海农业实验站和上海师范学院共同研究，打破了国际上种植双孢菇必须用马粪作培养料的做法。当国际上还在讨论能否不用马粪来栽培双孢菇的时候，我国已用猪、牛粪等作为马粪代用品来生产双孢菇了。菌种生产技术和马粪代用品的解决，以及适合国情的栽培技术体系的完善，极大地促进了我国双孢菇生产的发展，使我国双孢菇栽培面积由1949年2 000m²迅速扩大到1977年的100多万m²（未统计我国台湾省）。

这一阶段我国双孢菇生产主要在上海、福建和台湾三个主产区。

1. 上海产区

1935年，位于徐家汇宛平路附近的中美农场，是上海第一个蘑菇生产场。当时，产量少，价格高，500g鲜菇可以换大米2.5斗。到20世纪50年代初，这种私人经营的蘑菇场有10个，如中美农场、大华农场、大厦农场、华美农场等，生产面积9 000m²，年产鲜菇1.5万余kg。1955年，工程师陈梅朋在华漕农场（上海市农业科学院前身）开始进行蘑菇栽培技术研究。1956年，在上海郊区洋泾乡明星合作社、新泾乡曙光合作社和努力合作社、彭浦乡先锋合作社，建立了4个集体合作社的蘑菇生产试验点，取得了每平方米4.5kg以上的产量。1957年，开始在上海、嘉定、宝山、川沙等县推广。1958年，上海市郊蘑菇生产面积超过1.1万m²。同年，彭浦乡建立上海第一个钢筋水泥结构的蘑菇房，可种蘑菇800m²。60年代初，蘑菇生产开始向远郊的松江、青浦、金山、奉贤等县发展。1966年生产面积为50万m²，年产鲜菇1 486吨。70年代初，由于出口增长，生产有更大规模的发展。1973年栽培面积144万m²，年产鲜菇6 000吨，年出口罐头蘑菇5 000余吨。1974年，错误地把发展蘑菇生产当作“资本主义尾巴”来批判，使生产一度下降，1977年栽培面积降到85万m²，比1973年减

少40%。

2. 福建产区

1930年在福建省福州市，小面积栽培双孢菇成功。1966年我国首先在福建省福州进行规模化栽培和批量加工，1967年外贸出口试销31吨，此后相继在厦门、漳州、泉州、莆田、宁德等地推广，菌种和栽培技术均引自上海，当时福建还没有专门的菌种生产机构。1970年福建省双孢菇总产1067吨，此后迅速增加到近万吨。1975~1978年福建省双孢菇产量一直保持在1.8万吨左右。

3. 台湾产区

双孢菇菌种于1953年引入台湾省，同年开始试种和研究，于1960年完成了合成堆肥的研究，从而使双孢菇生产逐步扩大。栽培面积由1961年的57.6万 m^2 迅速扩大到1971年的1178.8万 m^2 ，年产量由1961年的2798吨上升到1978年的11.9万吨。台湾生产的双孢菇的80%供出口，1978年出口产值达到1亿美元。

这一阶段双孢菇生产的特点是：引进的栽培品种主要是法国的老品种，多采用菌丝转管、组织分离和多孢分离物保种，栽培品种均为“气生型”品种，菌种培养基均为粪草培养基，栽培基质以牛马粪、稻麦秆为主，采用一次长发酵技术，总体表现为生产技术落后，规模偏小，品种质量优但是单产偏低。双孢菇平均产量仅3.6 kg/m^2 ，1977~1978年产季，全国总产仅3万吨左右。而台湾省在1977~1978年产季，引进的品种已经十分丰富，采用二次发酵等先进的栽培技术，栽培单产达到10 kg/m^2 ，年产量达到台湾省历史最高的11.9万吨。

(二) 引进菌株的比较筛选和二次发酵生产阶段(1978~1983)

1978年，香港中文大学张树庭教授将巴氏灭菌的概念和培养料二次发酵技术引进到内地，该技术被应用后，双孢菇产量大幅度提高。这项技术的引进是推动中国蘑菇产业大发展的一个重要原因，双孢菇单产由原来的3.6 kg/m^2 提高到1983年的4~5 kg/m^2 。1979年我国从国外引进了“176”菌种。该菌种菌丝呈匍匐型，出