

新农村建设丛书

刘晓龙 蒋中华 编著



双孢菇高效栽培技术



吉林出版集团有限责任公司
吉林科学技术出版社

新农村建设丛书

双孢菇高效栽培技术

刘晓龙 蒋中华 编著

吉林出版集团有限责任公司
吉林科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

双孢菇高效栽培技术/刘晓龙编著.

—长春:吉林出版集团有限责任公司,2007.12

(新农村建设丛书)

ISBN 978-7-80720-914-0

I. 双... II. 刘... III. 蘑菇—蔬菜园艺 IV. S646.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 183307 号

双孢菇高效栽培技术

编著 刘晓龙 蒋中华

出版发行 吉林出版集团有限责任公司 吉林科学技术出版社

印刷 大厂书文印刷有限公司

2010 年 3 月第 2 版

2010 年 3 月第 1 次印刷

开本 880×1230mm 1/32

印张 4 字数 97 千

ISBN 978-7-80720-914-0

定价 16.00 元

社址 长春市人民大街 4646 号

邮编 130021

电话 0431—85661172

传真 0431—85618721

电子邮箱 xnc 408@163.com

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

《新农村建设丛书》编委会

主 任	韩长赋		
副 主 任	荀凤栖 陈晓光		
委 员	(按姓氏笔画排序)		
	王守臣	车秀兰	冯晓波 冯 巍
	申奉澈	任凤霞	孙文杰 朱克民
	朱 彤	朴昌旭	闫 平 闫玉清
	吴文昌	宋亚峰	张永田 张伟汉
	李元才	李守田	李耀民 杨福合
	周殿富	岳德荣	林 君 苑大光
	侯明山	闻国志	徐安凯 栾立明
	秦贵信	贾 涛	高香兰 崔永刚
	葛会清	谢文明	韩文瑜 靳锋云
责任编辑	司荣科	祖 航	
封面设计	姜 凡	姜旬恂	
总 策 划	刘 野	成与华	
策 划	齐 郁	司荣科 孙中立 李俊强	

出版说明

《新农村建设丛书》是一套针对“农家书屋”、“阳光工程”、“春风工程”专门编写的丛书，是吉林出版集团组织多家科研院所及千余位农业专家和涉农学科学者，倾力打造的精品工程。

本丛书共分五辑，每辑 100 册，每册介绍一个专题。第一辑为农村科技致富系列；第二辑为 12316 专家热线解答系列；第三辑为普通初中绿色证书教育暨初级职业技术教育教材系列；第四辑为农村富余劳动力向非农产业转移培训教材系列；第五辑为新农村建设综合系列。

丛书内容编写突出科学性、实用性和通俗性，开本、装帧、定价强调适合农村特点，做到让农民买得起，看得懂，用得上。希望本书能够成为一套社会主义新农村建设的指导用书，成为一套指导农民增产增收、脱贫致富、提高自身文化素质、更新观念的学习资料，成为农民的良好益友。

目 录

第一章 概述	1
第二章 生物学特性	6
第一节 分类地位与形态特征	6
第二节 生长发育条件	10
第三章 菌种生产	18
第一节 概述	18
第二节 菌种分离方法	21
第三节 消毒与灭菌	24
第四节 设施设备	30
第五节 母种生产	35
第六节 原种和栽培种生产	38
第七节 菌种质量标准及检验	41
第八节 品种划分与常用品种	47
第四章 双孢菇栽培技术	56
第一节 栽培场所选择和建造	56
第二节 栽培季节	59
第三节 备料及堆制发酵	60
第四节 播种及播后管理	71
第五节 覆土及覆土后管理	75
第六节 出菇管理	85
第五章 病虫害防治	93
第一节 竞争性杂菌	93

第二节 生理性病害	99
第三节 病原性病害	101
第六章 采收加工及采后管理	107
第一节 采收	107
第二节 加工	107
第三节 拆料与消毒	110
附录	112
参考文献	120

第一章 概 述

一、双孢菇栽培史

1. 国外栽培史 双孢菇又名双孢蘑菇、西洋蘑菇、白蘑菇。是种植范围最广、栽培规模最大、生产数量最多的一种著名食用菌，有“世界菇”之称，广泛种植的品种均为白色种。双孢菇栽培起源于法国，1650 年在巴黎附近的菜农第一次人工栽培双孢菇。1707 年法国人以野生双孢菇菌丝体作为菌种在废弃的山洞和隧道等栽培双孢菇；1810 年法国已成为双孢菇栽培中心。1893 年科斯坦延和马特鲁乔特发表了双孢菇孢子发芽培养法；1902 年达格尔用双孢菇子实体培育菌种获得成功，从此双孢菇进入了科学的种菇阶段。20 世纪初，双孢菇栽培开始从法国传到英国、荷兰、德国和美国，并扩大到世界各地。随着双孢菇栽培的蓬勃发展，许多国家纷纷成立专业研究机构，如美国宾州大学蘑菇研究中心、英国作物研究所、法国波尔多研究中心等，并加强对双孢菇的科学研究和学术交流。1947 年成立的国际蘑菇科学委员会，每三年召开一次国际蘑菇科学会议，出版《蘑菇科学》等重要专业文献，大大推动了双孢菇产业的发展。1936 年主要在欧美地区的 10 个国家栽培双孢菇，年产鲜菇约 4.6 万吨；1976 年有 80 多个国家和地区栽培双孢菇，年产鲜菇 67.5 万吨；现已有 100 多个国家和地区栽培双孢菇，年产鲜菇超过 250 万吨。

2. 国内栽培史 我国双孢菇栽培始于 20 世纪 20~30 年代。1924~1926 年胡昌炽先生从日本引进双孢菇菌种进行试种。1930 年潘志农先生在福州、1931 年余小铁先生在杭州进行双孢菇中、小面积栽培均获成功。此后，在上海等外国人居较多的城市陆

续出现了由外商经营的小型食用菌栽培场，栽培的双孢菇专供外国人享用。由于受到当时社会条件所限，栽培技术封闭，发展非常缓慢，至1949年全国双孢菇栽培面积仅有2000平方米左右。

1950年后，我国双孢菇栽培规模从少到多迅猛发展，台湾省从1950年开始小规模栽培双孢菇，到1973年拥有3万多个栽培场，1975年产量高达6万多吨，成为双孢菇主要出口产地。上海市从1957年推广双孢菇床架式栽培技术，1958年又用牛粪代替马粪栽培成功，栽培面积达12000平方米。上海市农业科学院食用菌研究所、福建省三明真菌研究所等单位大量翻译和编写印发了双孢菇栽培的书籍，对双孢菇生产发展起到了奠基作用。1970年前后，全国双孢菇栽培面积已达700万平方米，双孢菇产品也开始加工出口。1979年香港中文大学张树庭教授介绍双孢菇培养料二次发酵技术，推广使用优良菌株S-176。福建省蘑菇菌种研究推广站推出AS2796杂交菌株等一系列科技成果，总结交流塑料菇房、二次发酵及杂交菌株的选育和规范化、集约化生产等方面取得的科研成果。

二、双孢菇营养价值和药用价值

1. 双孢菇营养价值 双孢菇营养丰富，味道鲜美，备受消费者欢迎。正成为人类三大食物之一：素食（植物食物）、荤食（动物食物）和菌食（菌类食物）。双孢菇是食用菌栽培的主要品种，全世界均有栽培，而且占全世界食用菌人工栽培总产量的70%。双孢菇所含蛋白质和氨基酸比其他食用菌高。双孢菇蛋白质含量是笋、菠菜、马铃薯、白菜等蔬菜的2倍，与牛乳相等；脂肪含量仅为牛乳的1/10，比一般蔬菜含量还低。双孢菇蛋白质可消化率达70%~80%，享有“植物肉”之称。特别是精氨酸和亮氨酸含量十分丰富，这对以谷物为主食的人们来说是一个补充。还含有维生素B₁、维生素B₂、维生素C及烟酸等维生素。

双孢菇还含有多种具有生理活性的矿物质元素，其中以磷、钠、锌含量最高，其次是钙、铁。我国膳食中一般缺铁、钙较普

遍，因此多吃双孢菇对青少年和老年人特别有益。双孢菇的热容量比苹果、香蕉、马铃薯、豌豆、水稻、猪肉和啤酒都低，其不饱和脂肪酸占总脂肪酸的 74%~83.1%，比鸡肉、猪肉和啤酒都高。所以说双孢菇是一种高蛋白、低脂肪、低热量、高营养的保健食品。

2. 双孢菇药用价值 鲜双孢菇含有各种酶，如胰蛋白酶、麦芽糖酶和酪氨酸酶，可以帮助消化和降低血压。双孢菇浓缩浸出液制成的健肝片是治疗肝炎的辅助药品。对医治迁延性肝炎、慢性肝炎、肝肿大、早期肝硬化有显著疗效。双孢菇中所含核糖核酸能诱导机体产生一定的防癌、抗癌作用。双孢菇是低热量碱性食物，双孢菇中的不饱和脂肪酸含量较高，食用后不会增加血液中的胆固醇，可防止动脉硬化，心脏病以及肥胖症，多吃双孢菇能增强人体免疫机能。在民间常把双孢菇菌蕾晒干，给患麻疹儿童服用，促使疹子出齐。人们还利用双孢菇菌丝体生产蛋白质、氨基酸、草酸和菌糖等物质，不断扩大双孢菇的食用和药用价值。

三、双孢菇栽培的经济效益和社会效益

双孢菇生产具有原料来源广泛，生产周期短、投资少、见效快等特点。在我国食用菌工作者和广大菇农的努力下，发展速度迅猛，已成为世界双孢菇生产和出口大国。1985 年我国双孢菇罐头出口量占全部食品罐头出口量的 35.5%，创汇占全国食品罐头出口换汇金额的 46%，约占当年世界双孢菇罐头贸易量的 39.6%。1992 年我国双孢菇产品出口换汇总额为 18 107 万美元，占我国食用菌产品出口换汇金额 24 025 万美元的 75.37%，成为我国主要创汇产业之一。

双孢菇生产还纳入我国的菜篮子工程。我国在学习国外培养料二次发酵、塑料菇房等先进技术的同时，在育种、栽培和加工等方面创造了不少具有中国特色的双孢菇生产新工艺、新技术，双孢菇单产不断提高，使双孢菇市场价格近 30 年来趋于稳定，

占据了市场优势，双孢菇不再是专门供给洋人的食品，而摆上了百姓的餐桌，成为日常蔬菜。

双孢菇生产所用原料广泛，可以利用牛、马、猪、鸡和鸭等畜禽粪便及玉米秆、稻草、地瓜藤和花生茎叶等农作物的下脚料进行生产。同时，经过菌丝分解后，使原来结构复杂、不能溶于水、无法被利用的物质变成结构较简单、可溶于水且含丰富菌体蛋白的菌渣，用于养鱼、喂猪，可节省纯糠饲料，获得增产。菌渣用作农用肥料能增加土壤有机质，促进腐殖质和团粒结构的形成，改善土壤理化性质，提高土壤保水、保肥性能，增加土壤肥力，促进作物增产，是稻草、玉米秆还田的最好办法。菌渣还是制造沼气的好原料，产气量比一般沼气原料增长 77%。综上所述，双孢菇生产能将种植业、养殖业、加工业和沼气生产等有机结合起来，综合利用，变废为宝，提高农业综合生产力，在高效农业中占有重要地位。

我国是双孢菇生产大国，主要集中在江南及长江流域，以福建、浙江、江苏、上海和四川为主产区。其中福建栽培面积最大，几乎占全国数量的一半，1993~1994 年，福建省栽培 2230 万平方米，产鲜菇 13 万吨。近年河北、山东、新疆和广东也有一定生产规模，2000 年全国年产量（除台湾省外）达 40 万吨，占世界第二位，仅次于美国。出口近 30 万吨，占世界第一位，内销达 15~20 万吨。由于推广了塑料菇棚、二次发酵及杂交新菌株进行规范化、集约化生产，我国双孢菇生物学效率已达 20%，单位平均产量达到 7~10 千克/平方米。这与发达国家相比，差距较大。我国仍以自然气候为主，靠天吃饭，单位面积投入在 15~20 元/平方米，出菇 6~10 千克/平方米，收购价为 5~6 元/千克，产出 30~50 元/平方米，投入产出比为 1:2~2.5，是广大农村一项很好的致富项目。

四、双孢菇栽培趋势以及前景展望

双孢菇生产在发达国家已成为全人工控制的工业化生产，同

现代高新科技接轨，并向集团化、跨国化发展。小菇场年产 1 万千克，中等菇场年产 10 万~25 万千克，大型菇场年产 25 万~100 万千克，特大型菇场年产量达 100 万千克以上。栽培方式采用箱式、袋式、箱盒式和床架式等紧密栽培制。堆料的一次发酵、二次发酵、菌丝培养和出菇管理等均采用电脑控制，分别置于各自最适宜的温度、湿度和空气环境内。堆料、翻料、覆土，甚至采菇均实现机械化，整个过程按照可控制的工厂化生产程序进行，不受自然气候的影响，病虫害得到有效控制，避免了低产和减产的可能性。在美国一个生产周期单产高达 32 千克/平方米；在荷兰全年生产 6.5 个周期，实现了周年生产，一个周期单产平均可达 25 千克/平方米，年总产可达 160 千克/平方米。

我国双孢菇生产在广大科技工作者和菇农的努力下，根据我国基本情况，借鉴国外先进生产经验，已达到了国际先进水平。多年前，我国有关部门通过各种渠道从意大利等国引进工厂化双孢菇栽培生产线 9 条，现除山东九发集团引进的设备运转外，另有 2 条生产线则未安装调式，其余均未正常运转。在我国，双孢菇生产仍以自然气候为主进行家庭式的一家一户栽培方式。受气候条件、劳动力费用上涨、原材料价格上涨、技术不成熟、产量低且不稳定等因素的影响，我国双孢菇生产势必要走国外全人工控制的工厂化生产之路，并朝着规范化、集约化方向发展。

第二章 生物学特性

第一节 分类地位与形态特征

一、分类地位及名称

目前世界各国广泛栽培的双孢蘑菇系指双孢菇，又称洋菇（台湾）。双孢菇在分类学上隶属于真菌门、担子菌纲、无隔担子菌亚纲、伞菌目、蘑菇科或黑伞科、蘑菇属或黑伞属，即担子上着生 2 个担孢子。

二、地理分布及生态

双孢菇是一种喜温、喜湿的腐生食用菌。在自然界中，野生双孢菇主要生长在腐熟或半腐熟的植物残体或动物粪便上，在春秋雨后，发生在旷野、草地或丛林中，单生或簇生。双孢菇是世界上栽培最广泛、产量最多的一种食用菌，目前全世界有 100 多个国家栽培双孢菇，其产区主要集中在欧洲、亚洲、北美洲和澳洲，其分布之广，产量之多其他食用菌所不及的。

在我国，双孢菇生产作为一种产业已经遍布全国。主要产区分布在长江中下游以及江南各省市。目前栽培最大、产量最多的是福建省，其次是广东、浙江、江苏、上海、江西、湖南、湖北、广西、安徽、四川、云南、贵州以及山东等省市，并已经逐渐发展到我国的东北地区。

三、生活史

双孢菇生活史是从孢子萌发为菌丝，再由菌丝扭结而产生原基，由原基进一步分化为菌蕾而形成子实体，最后子实体成熟后从菌褶上再释放出孢子。双孢菇从担孢子萌发，到子实体衰亡的

全过程称双孢菇的生活史。双孢菇子实层是片状组织结构，两侧着生孢子的面积比平铺的增加 20 倍。一个成熟的双孢菇子实体可释放亿万个孢子。在子实体即将成熟时，处在菌褶两侧顶端的一个双核细胞（原担子）产生一系列复杂的变化，逐渐扩大而形成棍棒状的担子。担子顶端产生 4 个突起，同时原来双核细胞的两个核融合为一，成为双倍体细胞（在子实层中时间很短，仅发生在成熟的子实层内）。然后，融合的核连续进行两次分裂（其中一次为减数分裂，染色体减半，一次为普通有丝分裂），变成 4 个单相的核。双孢菇担子上的另外两个突起发育不完全，最终是一对细胞核分别迁移到两个担孢子中，形成两个双核的担孢子，因而称双孢菇。双孢菇大多数担孢子（约占 81.5%）萌发后，便长成一条结实的异核菌丝（也叫初生菌丝或一级菌丝）。双孢菇的部分担孢子所萌发的部分单核菌丝，它们可以结合而生长发育。因此，双孢菇的任何杂交都是同一菌株的菌丝之间进行的。所以，生产上栽培的双孢菇菌株都是在多孢菌株杂交的基础上产生的。

1. 担孢子萌发 双孢菇担孢子是从成熟子实层上弹射出来的。先是在担孢子与担孢子小梗间分泌出水滴，水滴在几秒钟内膨大到最大体积。由于渗透压力作用，水滴带着担孢子迅速与小梗脱离，弹射而出，飞散到远处。

双孢菇担孢子萌发及结实性除能决定它们的遗传性状外，还受外界环境条件影响。首先，没有双孢菇菌丝的刺激，单个担孢子是不易萌发的。采用生长旺盛的双孢菇菌丝刺激担孢子，其萌发率达 32.7%。其次，挥发性的有机酸——异戊酸能刺激双孢菇担孢子的萌发，而高浓度的二氧化碳则抑制双孢菇担孢子萌发。在 pH 值 3 以下和 pH 值 9 以上时，双孢菇担孢子萌发受到抑制。采用液体培养双孢菇担孢子，其萌发率可达 45%~70%。而且对于担孢子萌发过程和形态观察都更为方便易行。在双孢菇担孢子萌发过程中，首先在担孢子上长出 1~2 个以上的球形泡状芽体，

然后产生 1 至多个棒状凸起，凸起延伸形成芽管，芽管进一步伸长并分叉形成初生菌丝。

2. 菌丝生长 双孢菇菌丝由管状细胞组成，粗 1~10 微米，多细胞，有横隔，具分枝。双孢菇初生菌丝（一级菌丝）纤细；次生菌丝（二级菌丝或线状菌丝）粗壮，呈扇形生长；三生菌丝（索状菌丝）高度分化，由稀疏变成十分致密的菌丝组织，三生菌丝形成的菌丝索为线状小管，可输送养料，支撑菇体。

无论是初生菌丝、次生菌丝还是三生菌丝，都依靠尖端生长，反复产生分枝。各菌丝间相互联结，构成网状体——菌丝体而形成巨大菌落。双孢菇菌丝体在酵母、麦芽浸膏培养基（酵母浸膏 3 克，麦芽浸膏 15 克，琼脂 18 克，水 1000 毫升）中，其菌落可产生 8 种类型：白色紧贴绒毛型、白色绒毛型、褐色绒毛型、白色环带型、白色无环带粉状型、褐色无环带粉状型、褐色环带粉状型和贴生掌状型。

我国 1978 年开始从国外引进双孢菇菌株，其菌落形态多为紧贴型或基内型，即我们所说的匍匐型。而我国传统生产使用的菌种菌落形态多为绒毛状气生菌丝，即我们通常说的气生型。匍匐型菌株菌丝分解能力强，吸收水分和营养速度快，抗性强，出菇早，转潮快，产量高，但子实体组织疏松、含水量高，子实体表面易产生鳞片，菌盖平展或凹陷，色泽灰暗，加工性能差；气生型则正好相反，菌丝抗性差，出菇晚，转潮慢，产量低，但子实体组织紧密，含水量低，菌盖呈球形、饱满，光滑、色白，加工质量好。

3. 菌丝体形态结构 菌丝是由担孢子萌发后长成的。担孢子萌发出菌丝，在正常情况下需 7~12 天。菌丝靠顶端细胞不断分裂生长而延长，并不断分枝而形成白色绒毛状的菌丝体。在显微镜下观察，双孢菇菌丝形态结构呈长管状，每一细胞之间有隔膜分开，中间都有一隔膜相通，相互联结在一起。在栽培过程中，一部分受到损坏时，会影响其他菌丝正常生长。菌丝体在不同生

长阶段，又可分为绒毛菌丝、线状菌丝和束状菌丝三种类型。

(1) 绒毛菌丝 担孢子萌发后，初期生长的菌丝纤细呈绒毛状，为初生菌丝，又称一级菌丝。一级菌丝多为单根菌丝组成，故称为绒毛菌丝。在母种、原种和栽培种培养过程中和培养料内的发菌阶段，主要是培养绒毛菌丝，尽量防止线状菌丝产生。

(2) 线状菌丝 绒毛菌丝生长到一定阶段，遇到适宜的环境条件，便结合成线状菌丝。线状菌丝为发育菌丝，可直接形成子实体，又叫二级菌丝。双孢菇覆土调水后，尤其在喷结菇重水前后，要求形成线状菌丝，进而出菇。绒毛菌丝不能直接形成子实体，必须变为线状菌丝后才能形成子实体。

(3) 束状菌丝 束状菌丝是菌丝体进一步分化后组成的，又叫三级菌丝。子实体的各部分，其实都是束状菌丝最后分化而成的各种组织。双孢菇的老根以及越冬前后土层内的粗壮菌丝都是由束状菌丝组成的。

4. 子实体形态结构 双孢菇子实体包括菌盖、菌柄、菌褶、菌环和孢子等几部分。

(1) 菌盖 菌盖即子实体上部的盖，又叫“菇盖”或菌伞。菌盖张开后呈伞状。菌盖为双孢菇食用的主要部分，又是产生孢子的器官。双孢菇菌盖直径一般在5~12厘米，初期为半球形，后平展，白色、棕色、米色等，光滑，干燥时有些菌株表面有鳞片，边缘初期内卷。菌肉白色，伤后变淡红色，具有双孢菇特有的香味。人工栽培双孢菇要求菌盖呈球形或半球形，色白、肉厚、饱满、结实。

(2) 菌柄 菌柄是菌盖中央的支撑部分，又是给菌盖输送水分和营养的通道。菌柄白色、光滑，近圆柱形，中实或中心有白色疏松的髓部。生产中要求菌柄短而粗壮，无空心。但管理不当时，菌柄细长并出现空心。

(3) 菌褶 双孢菇开伞后，菌盖下面呈辐射状排列的片状部分即为菌褶。双孢菇菌褶密集、离生、窄、不等长。初为白色，

逐渐变为淡粉红色，随着成熟度的变化而成为紫褐色，开伞后呈暗紫色。菌褶两面为子实层。在显微镜下观察，可见子实层表面着生很多棒状的担子，担子上生有2枚担子梗，每枚担子梗上产生1个担孢子。

(4) 菌幕 菌幕为菌盖与菌柄间连接的一层薄膜，也叫菌膜，起保护菌褶的作用。随着子实体成熟度的增加，菌幕逐渐拉开变薄，直至破裂。采收种菇孢子的标准是菌幕将破而未破时成熟度最好。

(5) 菌环 当子实体成熟开伞，菌幕破裂后，在菌柄周围留下一圈环状物即为菌环。菌环单层、膜质、白色，生于菌柄中部，易脱落，它在分类学上具有十分重要价值。

(6) 担孢子 双孢菇有性繁殖细胞叫孢子。子实体成熟开伞后，菌褶两个侧面着生在担子梗上的担孢子便会自动弹射下落。担孢子遇到适宜条件萌发，生长成菌丝，进行繁衍。未成熟担孢子为白色，逐渐成熟后为淡褐色或深褐色，孢子深褐色。担孢子呈椭圆形，光滑，大小为长6~8.5微米，宽5~6微米。

第二节 生长发育条件

双孢菇从担孢子萌发到子实体成熟的整个生育阶段，都需要在一定环境条件下进行。当外界条件适宜时，其生长发育正常进行。当外界条件得不到满足时，生长发育会受到影响，甚至停止生长发育。双孢菇栽培者要掌握双孢菇生长发育所需要的适宜条件，在双孢菇生产的各个环节，采取相应技术措施，满足双孢菇生长发育过程中所需要的营养、温度、水分和空气相对湿度、光线和空气酸碱度等环境因素。

一、营养

双孢菇是一种腐生食用菌，不含叶绿素，不能利用阳光进行光合作用而制造养分，完全依靠培养料中的营养物质来生长发