

羊肚菌

生物学基础、菌种分离制作
与高产栽培技术

贺新生 著



科学出版社

羊肚菌生物学基础、菌种 分离制作与高产栽培技术

贺新生 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是一部关于羊肚菌生物学基础、菌种分离技术、菌种生产技术、规模化栽培技术的专门著作。首次系统地介绍了羊肚菌的生物学、物种多样性、生态学、生理学、高产栽培原理,解密了羊肚菌原始菌种的分离技术、母种培养技术、营养料袋制作技术、原种和栽培菌种生产的技术,详细介绍了规模化、商业化栽培羊肚菌的工艺操作流程、大田的各种栽培模式和技术,特别介绍了室内栽培技术,病虫害防治技术,对大面积不出菇的原因进行了系统的分析。全书对重要的细节问题都用精美的彩色图片加以详细说明,重要的技术环节都有技术数据参数和详细的设备、材料、原料清单,是广大羊肚菌研究者、栽培者、爱好者的一部实验和生产操作手册。

适宜的读者包括羊肚菌研究者、生产者、爱好者,可供农业、园艺、食药菌、林业等行业的读者、大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

羊肚菌生物学基础、菌种分离制作与高产栽培技术/贺新生著. —北京:科学出版社, 2017.5

ISBN 978-7-03-052605-2

I. ①羊… II. ①贺… III. ①羊肚菌-生物学-研究 ②羊肚菌-菌种分离-研究 ③羊肚菌-栽培技术 IV. ①S646.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 085164 号

责任编辑:张 展 黄 桥/责任校对:韩雨舟

责任印制:罗 科/封面设计:墨创文化

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

成都锦瑞印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 5 月第 一 版 开本:A5(890×1240)

2017 年 5 月第一次印刷 印张:8 3/8

字数:270 000

定价:198.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

自 2010 年以来,羊肚菌大田栽培技术取得了突破性的进展,实现了能够稳定盈利的商业化栽培技术模式。以前所有的技术都是研究性的技术,达不到具有经济效益的子实体产量。而过去出版的介绍羊肚菌的书籍都是对上一个世纪的羊肚菌生物学基础、栽培技术进行的综述和总结,以及对国内外研究现状和技术的简介。

由于众多的羊肚菌从业人员对羊肚菌的基本生物学特性等基础理论的认识存在很大的误区,很多研究者、生产者、爱好者都自己分离和生产菌种,并进行大田栽培,结果是产量很低或无收成。很多羊肚菌的推广机构推广不可靠的菌种和栽培技术,导致了每年有数千亩甚至上万亩大田产量很低或绝收,农户和各种投资主体的总体损失在 1 亿元以上,单个生产者最多损失达 500 万元以上。例如:2015/2016 年度,全国各地发展 25000 亩羊肚菌,由于自然和人为的原因,仅仅有 5%~10%的面积能够有理想的利润,剩下的 30%保本,60%以上的投资血本无归。本书的出版将为众多羊肚菌研究者、生产者、爱好者进行羊肚菌的研究和生产提供帮助,有助于保护羊肚菌生产者的经济利益。

本书是对近几年完全成熟的羊肚菌栽培技术的全面总结、优化和揭密。通过图文并茂的方式,全面介绍了羊肚菌生物学基础、菌种分离和制作技术、规模化栽培技术,其中包括羊肚菌的形态学特征、生活史与生活循环、物种多样性、生态学、生理学,首次分析了羊肚菌的高产栽培原理,揭密了羊肚菌菌种的各种分离方法、大规模生产羊肚菌菌种的关键技术、营养料袋的制作技术,系统分析了营养料袋的原理和机制,羊肚菌高产栽培的工艺流程,羊肚菌栽培的数种新模式,羊肚菌栽培过程中的生理病害、虫害、杂菌病害等病虫害及其防治方法。

本书是一部操作手册性的专著，所有生物学的细节、分离菌种、制作菌种、栽培操作环节、病虫害等内容都有第一手高清的技术图片，直观清楚，让读者一目了然。同时在书中详细列举了各种生产要素的技术参数和具体的数据指标，读者完全可以按照这些参数实际操作，自己进行菌种的分离和制作，以及大田的栽培，不需要参加任何高价的技术培训，按书中介绍的具体方法就可以投入羊肚菌的商业化、规模化生产。

参与本书文字撰写、图片整理、校对的人员有(按姓氏拼音排序)：陈波、冯望、贺新生、胡茂、林琦、刘超洋、刘桥、钱雪情、王贺崐元、王茂辉、王银、吴颖、谢敬宜、姚珂、尤雅、袁小红、张能、张亚斌、赵苗、周莉、竹文坤等。

著者的研究和专著的撰写工作得到了社会各界的大力支持，在此特别感谢(按姓氏拼音排序)：蔡玲、陈文新、陈能、陈思凡、邓刚、丁光学、杜习慧、郭建、何培新、何卫、胡浩、霍宏昌、黄春贵、孔林忠、兰顺明、贾中科、贾标、雷安兵、雷昌龙、赖小荣、冷天友、李存才、李登科、李广来、李静、李龙、李向阳、林真福、刘金亮、刘蓉、刘世明、刘伟、刘文智、刘文安、刘学峰、龙章富、吕智敏、路等学、马欣、庞辉、蒲敏、瞿靖华、邱春坑、任证权、冉进松、苏德武、石代勇、谭方河、唐英、王楠、吴光顺、王斌、王东、王冬梅、王发金、王俊明、王茂如、王启兰、王钦、王三洪、王正前、汪国俊、夏小兵、肖兴强、谢嗣国、谢德松、谢林森、谢翔、席成友、席桢鹏、向仕喜、杨富海、杨平、杨琼、易登科、尹继庭、严敬平、杨国春、杨国宝、俞强、蒲永军、曾先富、曾启啸、曾德富、詹晓峰、张德品、张家荣、张华军、张平、张前勇、张铁、张榜华、张雄、赵金亮、左斌，等等人士。

我们的羊肚菌研究工作得到了国家自然科学基金(No. 21272189)、四川省科技厅重点项目等的资助，本书的出版得到了西南科技大学研究生院重点学科建设基金、生命科学与工程学院生物学博士点建设基金、山东诸城市良工机械有限公司、广元市青川县智农农业开发有限公司等的资助。西南科技大学和生命科学与工程学院历届领导对本项

目的研究工作给予了长期的关注和支持。科学出版社的黄桥等编辑老师们在文稿的编辑处理方面给予全力帮助。在此一并致谢！

考虑到读者的习惯，书中的土地面积单位仍然使用亩作单位。羊肚菌的研究还有很多需要深入的地方，本书的观点和见解仅仅是我们目前的认知水平，不妥之处敬请读者谅解。

作者

2016年9月

目 录

第一章 羊肚菌概述	1
第一节 名称与分类地位	1
第二节 营养价值	2
第三节 规模化生产概况	4
第四节 羊肚菌生产投资与效益分析	5
第二章 羊肚菌物种多样性	7
第一节 盘菌目中与羊肚菌相关的科	7
一、马鞍菌科	8
二、盘菌科	10
三、平盘菌科	15
第二节 羊肚菌科	18
一、钟菌属	18
二、皱盘菌属	19
三、柄地杖菌属	20
四、小侧轮枝孢属	21
第三节 羊肚菌属	22
一、黑色羊肚菌类群	24
二、黄色羊肚菌类群	30
三、红棕色羊肚菌类群	34
第三章 羊肚菌的形态学特征	35
第一节 子实体形态和解剖特征	35
一、子实体	35
二、子囊果解剖结构	36
三、菌柄基部的孔洞和肉质假根	37
四、子囊果大小与质量的数量关系	38

五、子实层	39
第二节 菌丝、菌丝体	42
一、菌丝	42
二、菌丝体	43
三、羊肚菌细胞的显微结构	44
第三节 羊肚菌的菌核	46
第四节 羊肚菌的无性型	49
第五节 生活循环	53
第六节 子实体形态特征与出菇的关系分析	54
一、菌核与出菇的关系	54
二、无性繁殖体与出菇的关系	55
三、子实体大小、密度与产量的关系	55
四、其他	56
第四章 羊肚菌生态学	57
第一节 自然分布	57
第二节 出菇季节	57
第三节 海拔	58
第四节 土壤	59
第五节 植被	60
第五章 羊肚菌生理条件	63
第一节 羊肚菌的营养类型	63
一、土腐生类型	63
二、共生类型	64
第二节 天然原料提取物	65
第三节 碳源	66
第四节 氮源	68
第五节 矿质元素	71
第六节 重金属元素	75
第七节 生长因子	78

第六章 羊肚菌生长环境条件	79
第一节 温度	79
第二节 水分与湿度	80
第三节 pH	82
第四节 光照	82
第五节 空气	83
第七章 羊肚菌高产栽培原理	85
第一节 羊肚菌子实体原基形成能力	85
第二节 边缘出菇效应	86
第三节 连续出菇效应	87
第四节 适量投料高产效应	89
一、碳元素平衡分析	90
二、土壤肥力与产量的关系	91
三、投料量与产量的关系	91
四、菌种用量对羊肚菌产量的影响	93
第五节 土壤含水量效应	93
第六节 地面覆盖物的负效应	96
第七节 重茬的负效应	97
第八章 原始菌种分离技术	98
第一节 准备工作	99
一、设施设备与器材	99
二、培养基配方	100
三、培养基制备	101
第二节 菌种分离技术	102
一、组织分离法	103
二、孢子分离法	107
三、菌种的纯化	109
四、分离物的检测	111
五、分离过程中的杂菌	113
第三节 菌种保藏方法	114

一、枝条保种法	114
二、长斜面培养基保存法	114
三、短斜面培养基保存法	115
四、柱状培养基保存法	115
第九章 规模化生产菌种技术	116
第一节 母种生产技术	116
一、母种培养基	116
二、试管的转接与培养	116
三、母种质量检测	117
第二节 原种生产技术	119
一、原种培养料配方	119
二、原种数量与容器	120
三、原料预处理	120
四、拌料装瓶	120
五、原种灭菌与接种	121
六、原种的培养与质量检测	122
七、原种的保藏与使用	125
第三节 栽培种生产技术	125
一、准备工作	126
二、玻璃瓶分层菌种的制作	129
三、菌种瓶装混合料菌种的制作	134
四、聚丙烯菌袋装菌种的制作	138
五、大盒装菌种的制作	141
六、菌种污染的控制	143
七、菌种的储运	144
第四节 营养料袋生产技术	145
一、配方	146
二、制袋	146
第十章 羊肚菌栽培技术流程	149
第一节 操作流程	149

第二节 物资准备	150
第三节 栽培场地选择	151
第四节 整地、开畦	152
第五节 搭建棚架	155
第六节 播种	157
第七节 覆土	159
第八节 盖膜	160
第九节 摆放营养料袋	163
第十节 菌丝生长阶段的管理	166
第十一节 出菇阶段的管理	171
第十二节 采收	177
第十三节 加工	178
第十一章 羊肚菌栽培模式	181
第一节 有料栽培模式	181
一、大田培养料配方	182
二、培养料的处理	182
三、开沟铺料播种覆土	183
第二节 温室大棚栽培模式	186
第三节 矮棚栽培模式	188
第四节 简易高连棚栽培模式	191
第五节 高拱棚栽培模式	197
第六节 林地栽培模式	198
第七节 无棚栽培模式	199
第八节 植物套种栽培模式	199
一、油菜地套种羊肚菌	199
二、重楼地套种	200
第十二章 室内周年化栽培技术	202
第一节 设施设备	202
第二节 土壤的处理方法	203
一、土壤的选择	203

二、土壤的处理方法·····	203
三、装土、上架·····	204
第三节 栽培管理·····	205
一、菌丝培养阶段的管理·····	205
二、子实体培养阶段的管理·····	206
第十三章 病虫害防治技术·····	209
第一节 不出菇问题·····	209
一、菌种问题·····	210
二、栽培技术问题·····	212
三、人为破坏·····	214
第二节 生理性病害·····	214
一、原基、幼菇死亡·····	214
二、尖顶菇、圆头菇·····	215
三、倒伏·····	215
四、干瘪·····	216
第三节 竞争性杂菌·····	217
一、土面杂菌·····	217
二、营养料袋上的杂菌·····	218
三、核盘菌·····	218
四、黄柄盘菌·····	220
五、盘菌·····	221
六、黑盘菌·····	221
七、鬼伞·····	222
八、裸盖伞·····	223
九、担子菌菌丝体·····	224
第四节 病害·····	225
一、镰刀菌·····	225
二、细菌性腐烂病害·····	226
第五节 虫害·····	227
一、蛞蝓、蜗牛·····	227

二、跳虫	228
三、螨虫	229
四、菌蝇、菌蚊	229
五、线虫	229
六、蚰蜒	229
七、蚁害	230
八、鼠害	230
第六节 草害	231
可供阅读的文献	232

第一章 羊肚菌概述

第一节 名称与分类地位

羊肚菌是羊肚菌科羊肚菌属(*Morchella*)内所有种类的统称,并不是指一个具体的物种。羊肚菌属 *Morchella* Dill. ex Pers., *Neues Mag. Bot.* 1: 116(1794)是由 Dill.和 Pers.于 1794 年建立,是大型真菌(Mushrooms, 蕈菌)特别是子囊菌中最重要、最著名、最美味的食用蕈菌。在 Index Fungorum 官方网站上记载了该属下有 332 个传统的分类单元,分子系统学研究至少有 60 多个独立的系统学物种。

羊肚菌在现代菌物分类学上属于真菌界(Fungi),子囊菌门(Ascomycota),盘菌亚门(Pezizomycotina),盘菌纲(Pezizomycetes),盘菌亚纲(Pezizomycetidae),盘菌目(Pezizales),羊肚菌科(Morchellaceae),羊肚菌属 [*Morchella* Dill. ex Pers., *Neues Mag. Bot.* 1: 116(1794)]。

羊肚菌属中常见的物种有:

狭脉羊肚菌 *Morchella angusticeps* Peck, *Bull. N.Y. St. Mus. nat. Hist.* 1(no.2): 19(1887); 多脉羊肚菌 *M. costata* Pers., *Syn. meth. fung.* (Göttingen) 2: 620(1801); 粗柄羊肚菌 *M. crassipes* (Vent.) Pers., *Syn. meth. fung.* (Göttingen) 2: 621(1801); 美味羊肚菌 *M. deliciosa* Fr., *Syst. mycol.* (Lundae) 2(1): 8(1822); 高顶羊肚菌 *M. elata* Fr., *Syst. mycol.* (Lundae) 2(1): 8(1822); 可食羊肚菌 *M. Esculenta* (L.) Pers., *Syn. meth. fung.* (Göttingen) 2: 618(1801); 危地马拉羊肚菌 *M. guatemalensis* Guzmán, M.F. Torres & Logem., *Mycol. helv.* 1(6): 452(1985); 梯棱羊肚菌 *M. importuna* M. Kuo, O'Donnell & T.J. Volk, in Kuo, Dewsbury, O'Donnell, Carter, Rehner, Moore, Moncalvo, Canfield, Stephenson, Methven & Volk, *Mycologia* 104(5): 1172(2012),如图 1-1 所示;花园羊肚菌 *M. hortensis* Boud., *Bull. Soc. mycol. Fr.* 13: 145(1897); 展开羊肚菌 *M. patula* Pers., *Syn. meth.*

fung. (Göttingen) 2: 619(1801); 红棕羊肚菌 *M. rufobrunnea* Guzmán &



图 1-1 栽培的梯棱羊肚菌子实体

F. Tapia, *Mycologia* 90(4): 706 (1998); 硬直羊肚菌 *M. rigidoides* R. Heim, *Revue Mycol.*, Paris 31: 158(1966); 七妹羊肚菌 *M. septimelata* M. Kuo, in Kuo, Dewsbury, O'Donnell, Carter, Rehner, Moore, Moncalvo, Canfield, Stephenson, Methven & Volk, *Mycologia* 104(5): 1159-1177(2012); 六妹羊肚菌 *M. sextelata* M. Kuo, in Kuo, Dewsbury, O'Donnell, Carter, Rehner, Moore, Moncalvo, Canfield, Stephenson, Meth-ven & Volk, *Mycologia* 104(5): 1159-1177(2012); 离盖羊肚菌 *M.*

smithiana Cooke, *Mycogr.*, Vol. 1. Discom. (London) (no.5): 184 (1878); 哇泼拉羊肚菌 *M. vaporaria* Brond., *Rec. Pl. Crgpt. Agenais* (Agen) 3: 33, tab. 9(1830) [1828-1830]。

目前国内栽培的物种主要是梯棱羊肚菌、六妹羊肚菌、七妹羊肚菌。其他的物种栽培量很少,最新驯化成功的有 *Mel-21*,但产量不高或不出菇,有的物种甚至根本没有栽培。

第二节 营养价值

羊肚菌风味独特、味道鲜美、嫩脆可口、营养极为丰富。它既是宴席上的珍品,又是医学中久负盛名的良药,过去常作为敬献皇帝的滋补贡品。而如今羊肚菌已成为出口西欧国家的高级食品,是一种不含任何激素,无任何副作用的天然保健食品,是人类最理想的健康食品。

据测定,干羊肚菌子实体中含水分 13.6%,蛋白质 24.5%,脂肪 2.6%,碳水化合物 39.7%,热量为 280 千卡,粗纤维 7.7%,灰分 11.9%。

以及 VB13.92mg/100g 干菇, 核黄素 2.49, 烟酸 82.0, 泛酸 8.70, 抗坏血酸 5.80, 吡哆醇 5.8, 叶酸 3.48, 生物素 0.75, VB120.0036。其蛋白质中有 44.14%~49.10%为氨基酸, 共 19 种, 有 9 种人体必需氨基酸, 其中包括: 精氨酸 7.85%, 组氨酸 2.12%, 异亮氨酸 2.70%, 亮氨酸 5.12%, 赖氨酸 3.84%, 苯丙氨酸 2.51%, 苏氨酸 2.95%, 缬氨酸 3.36%, 色氨酸 0.86%, 除色氨酸外, 其余必需氨基酸含量均比面包、牛肉、牛奶、鱼粉的含量高。

在深层发酵的菌丝体中, 水分含量为 83.6%~90.32%, 干物质中含蛋白质 29.16%~3.13%, 脂肪 2.97%~3.13%, 粗纤维 1.78%~1.96%, 灰分 0.96%~1.12%, 100g 蛋白质中含异亮氨酸 2.72~2.76g, 亮氨酸 5.00~5.16g, 赖氨酸 3.80~3.84g, 苏氨酸 3.10~3.20g, 蛋氨酸 0.96~0.98g, 色氨酸 1.10~1.12g, 精氨酸 3.96~4.00g, 组氨酸 1.76~1.84g, 苯丙氨酸 3.12~3.16g, 并含有核黄素、烟酸、VB1、泛酸、VB6、VB12、吡哆醇、叶酸、生物素、胆酸、肌醇等。羊肚菌中含有特殊的香味物质, 加上其中赖氨酸、精氨酸等含量高, 使之成了良好的调味品和食品添加剂。

羊肚菌子实体可以入药。其性平, 味甘寒, 无毒, 具有益肠胃、消化助食、化痰理气、补肾、壮阳、补脑、提神之功能。主治脾胃虚弱、消化不良、痰多气短、精神亏损等, 对精肾亏损, 阳痿不举, 性冷淡, 饮食不振, 肠胃炎症, 饮食不振, 头晕失眠有良好的治疗作用。长期食用可防癌、抗癌、抑制肿瘤、预防感冒、增加人体免疫力的效果, 在医学上和保健上有重要的开发价值。

羊肚菌生长在山区, 自然发生, 一年只长一次, 每个物种每年发生时间仅 1~2 周。由于受地理、资源、气候等条件限制, 产量稀少, 采集十分困难, 无法形成大规模的商品化采集。它们在山地上自生自灭, 绝大部分没有被人们发现。商品羊肚菌(干品)主要通过采集天然野生资源获得, 货源稀缺。在四川各县历年的干品收购价为 600~1200 元/kg, 很难收到。每个生产县的总产量不足 20kg, 所以很难形成商品化产量。近几年来羊肚菌干品在我国零售价一直稳定在 1000~2500 元/kg, 特别是在西欧国家更加昂贵, 需要大量货源。

作为一类珍稀的食用和药用蕈菌,羊肚菌在欧洲被认为是仅次于块菌(truffle)的珍稀菌类,其肉质脆嫩;香甜可口,是世界各国消费者高价索求的珍品,国际市场上的价格在 200~400 美元/kg。

由于目前羊肚菌的栽培还在深入研究阶段,还不能进行大规模人工栽培,野生资源又有限,价格昂贵,因此,羊肚菌的栽培及开发利用有着广阔的市场前景。

第三节 规模化生产概况

云南省的栽培者在 2002 年开发的一种山区羊肚菌栽培技术,采用纯菌种加栽培原料覆土进行栽培,近 10 年来每年都有 1000 亩以上的栽培面积,鲜菇产量 10~35kg/亩。由于无法获得高产,该栽培模式已经被替代。

2005 年以来,四川省有关机构开发出了大田直接播种加土面营养料袋的技术,获得较高的产量,多年平均产量在 100~200kg/亩,如图 1-2 所示,具有较好的商业应用前景,推广速度较快。



图 1-2 四川省的高产栽培模式