

中国农业科学院 · 农业资源与农业区划研究所

| 科技创新工程系列专著 |

Germplasm Resources of Edible Mushroom

食用菌种质资源学

张金霞 赵永昌 等 著



科学出版社

科技创新工程系列专著

食用菌种质资源学

张金霞 赵永昌 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统总结了农业部公益性行业(农业)科研专项(2007~2010年)、国家食用菌产业技术体系育种与菌种繁育研究室、国家重点基础研究发展计划(973计划),以及中国农业科学院科技创新工程项目的研究成果。以食用菌种质资源高效利用为目标,介绍了我国多样的食用菌野生资源及其分布,重点阐述了食用菌野生种质资源的采集、鉴定和评价技术,食用菌野生种质资源的保护保育原理和策略,食用菌栽培种质的鉴定鉴别和评价方法,食用菌菌种保藏技术,食用菌的遗传学特点,主要栽培种类的种质资源特点,食用菌种质资源利用策略与方法。书中提出了相对系统完整的食用菌种质资源研究的理论、技术和方法。

本书可供食用菌、农业微生物、园艺等专业研究和教学工作者、学生、技术推广人员,以及食用菌管理部门和食用菌生产从业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

食用菌种质资源学/张金霞等著. —北京:科学出版社, 2016.12

(科技创新工程系列专著)

ISBN 978-7-03-051161-4

I. ①食… II. ①张… III. ①食用菌—种质资源 IV. ①S646.024

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第297693号

责任编辑:李秀伟/责任校对:赵桂芬 刘亚琦

责任印制:肖 兴/封面设计:北京铭轩堂广告设计有限公司

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>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年12月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016年12月第一次印刷 印张:34 3/4 插页:15

字数:830 000

定价:220.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者简介



张金霞，研究员，博士生导师，中国农业科学院科技创新工程首席科学家、农业部引进国际先进农业科学技术项目首席科学家、农业部公益性行业（农业）科研专项首席科学家、国家食用菌产业技术体系首席科学家、国家 973 计划项目首席科学家，农业部蔬菜专家指导组专家，中国食用菌协会副会长。

主要研究方向为食用菌种质资源、遗传育种、菌种质量及检测技术。作为首席科学家，组织实施了中国农业科学院科技创新工程、农业部引进国际先进农业科学技术项目和公益性行业（农业）科研专项、国家食用菌产业技术体系建设和国家 973 计划五大科技计划。历经 10 年，凝聚 38 家大专院校和科研单位 48 位科学家，建成产业技术创新和产业科学原始创新相结合的国家食用菌核心科技创新队伍，并逐渐成长为国际一流的中国食用菌科技研究创新团队；组织实施建设了国家食用菌改良中心、国家食用菌育种创新基地、国家食用菌标准菌株库、农业部微生物肥料和食用菌菌种质量监督检验测试中心、北方食用菌标准化生产示范基地；建立了中荷食用菌联合实验室，作为大会秘书长组织召开了“第 18 届国际食用菌大会”（The 18th Congress of the International Society for Mushroom Science）。以科技为引领，人才为核心，平台为支撑，将我国食用菌科技带上国际舞台。发表学术论文 61 篇，技术研究论文 43 篇，主笔和独立著作 16 部，主译著作 1 部，制（修）定国家（行业）标准 20 项，选育新品种 24 个，获授权发明专利 6 项，获省部级科技成果奖励 6 项。



赵永昌，研究员，国家食用菌产业技术体系岗位科学家，云南省农业科学院食用菌研究中心主任，云南省技术创新人才，云南省农业科学院特色野生菌研究与应用团队带头人，云南省野生菌保护发展协会副会长、中国菌物协会菌物产业分会理事。

研究方向为野生食用菌资源利用及系统进化，主要从事食用菌收集、评价、驯化栽培和野生食用菌可持续利用技术研究。主持多项国家及省级科研项目，发表研究论文 60 余篇，其中 SCI 期刊收录 20 篇，出版专著 1 部，参与编著专著 5 部，获得专利 7 项，获得省部级一、二、三等奖各 1 项。

团队为云南省农业科学院特色野生菌研究与应用团队，近年，在资源采集与驯化、无孢模式菌株研究、菌根菌栽培、野生食用菌人工保育促繁等方面获得较好进展，所建成的野生食用菌菌种库资源保存量居全国前列，驯化了一批具有应用开发前景的资源。

《食用菌种质资源学》著者名单

(以姓氏笔画为序)

马 璐	马银鹏	王 波	王泽生	曲积彬
李 玉	李 慧	李长田	宋春艳	张小雷
张金霞	陈 强	陈卫民	陈明杰	陈美元
林衍铨	周会明	赵 妍	赵永昌	赵梦然
姚方杰	柴红梅	高 巍	黄晨阳	谢宝贵
蔡为明	蔡志欣	廖剑华		

FOREWORD

The human population explosion has taken place over recent decades. The 20th century began with a world population of 1.6 billion, and ended with 6.0 billion inhabitants. According to the report (UN World Population Prospects, 2015), the world population reached 7.3 billion as of mid-2015. It is expected to reach 8.5 billion by 2030, 9.7 billion in 2050 and 11.2 billion in 2100 with most of the growth occurring in less-developed countries. This has placed the Earth's natural resources under immense pressure, and since the signing of the Convention on Environment and Development during the Earth Summit held in Rio de Janeiro in June, 1992, conserving the world's biological diversity has emerged as a matter of international concern. However, although the fungi including mushrooms constitute a major component of most ecosystems, biodiversity surveys designed for effective conservation planning and management have failed to give adequate recognition to this important group of living organisms. There are an estimated 1.5 million species of fungi including estimated at 150,000-160,000 mushroom species, which are considered to be the second largest group within the biosphere, surpassed only by the insects of which at attest 6 million and perhaps as many as 10-80 million species are thought to exist.

Mushrooms have been found in fossilized wood 300 million years old. More recent report (2016) on mushroom fossilization indicated 440 million-year-old fossilized mushroom may be the oldest organism to have lived on dry land. It quoted Dr. Martin Smith, of Durham University, UK said "During the period when this organism existed, life was almost entirely restricted to the oceans. Nothing more complex than simple mossy and lichen-like plants had yet evolved on the land". It further suggests dry land was colonised by mushrooms before the first animals left the oceans, and is said to fill an important gap of the evolution of life.

Prehistoric man almost certainly used mushrooms as food and there is ample evidence that the great early civilizations of the Greeks, Egyptians, Romans, Chinese and Mexicans prized mushrooms as a delicacy, for purported therapeutic value and in some cases, for use in religious rites. It is therefore not surprising that the international cultivation of mushrooms had a very early beginning. In the years since World War II, there has been a consistent increase in mushroom production which greatly accelerated in recent two decades. It has reported that world production of cultivated edible mushrooms in 2013 was 34 million tonnes. China contributed over 30 million tonnes and this accounted for about 87% of total production. In addition, China has cultivated more varieties of edible mushrooms than any of other countries. More than 30 mushroom species have been commercially cultivated.

Mushroom germplasm science is an important segment both for basic studies of

mushroom biology and practical applications in mushroom industry. Mushroom germplasm can be obtained and preserved by *in situ* collection and conservation and *ex situ* preservation. The maintenance of mushrooms in natural preserves as part of a strategy for protecting an ecosystem constitutes *in situ* conservation. Mushroom germplasm can also be preserved *ex situ* as fungal spores or tissue in the form of a culture collection or GenBank. The process of collection and classification of information pertaining to the morphological, physiological, biochemical and genetic characteristics of individual mushroom strains, and the storage of this information in computer databases, may be called “germplasm accession”. Such databases would provide valuable and reality accessible information for future breeding programs and academic research. Mushroom germplasm science, therefore, addresses aspects to the collection, identification, characterization, utilization and preservation of mushroom germplasm.

The information contained in this book abundantly reveals that with the mastery of basic knowledge on mushroom germplasm. As we know, one of the basic requirements for breeding better quality mushrooms in higher yields is the wider availability of a large reserve of phenotypic variations (traits) which can be used for selection purposes both by researchers and the mushroom industry. Since all these phenotypic differences are ultimately under genetic control, mushroom strains with different traits actually possess distinctive gene combinations which can be generated artificially by conventional crossing methods, by protoplast fusion technology, and by transformation with genes cloned using recombinant DNA technology. Since the mushrooms themselves are the only source of this genetic material, the genes contained in existing mushroom strains and species represent the total genetic resource, i.e. the entire pool of mushroom germplasm. Extinction of a single strain or species would mean the potential loss of many thousands of unique genes that could be used for breeding desirable new strains. The first step involves the collection and identification of existing species, and a major achievement toward reaching this goal in the publication of this edible mushroom germplasm.

Shuting Chang

Emeritus Professor of Biology

The Chinese University of Hong Kong

11 November 2016

Canberra, Australia

前 言

我国是世界上认识和利用食用菌最早的国家,是多种食用菌人工栽培技术的发祥地。如今广泛栽培的黑木耳、香菇、草菇、银耳等的栽培都起源于我国。近代又驯化了榆耳、白灵菇、高大环柄菇、羊肚菌、黑牛肝等多种美味种类。从 20 世纪 70 年代的“两菇两耳”(香菇、双孢蘑菇、木耳、银耳)为主的生产格局发展到当今的栽培种类 60 种,规模商业栽培种 30 余个,成为世界食用菌栽培种类最多的国家。

中国的食用菌生产自 20 世纪 70 年代的第三个热潮开始,至今已经迅速发展了 40 年,成为世界食用菌大国,占全球食用菌产量的 75%以上。在我国的种植业格局中,成为居于菜、粮、果、油之后的产值第五的大作物(菌类作物),更是大健康产业的生力军。

勤劳智慧的中国人民在传统农业精耕细作的基础上,创造了农业方式的食用菌栽培技术,在大棚、温室、阳畦、林下等各类场所都能种出多种食用菌。2012 年 8 月在北京召开的第 18 届国际食用菌大会(The 18th Congress of the International Society for Mushroom Science)期间,外国同行切身感受到赤日炎炎的夏季,大棚内凉爽菇香,香菇、平菇、桃红平菇、榆黄蘑、毛木耳、鸡腿菇、茶树菇、大球盖菇、长根菇、灵芝等五颜六色,数十种食用菌争奇斗艳,赞叹不已,无不感慨:open eyes!中国快速的社会和经济的变革,催生并推动了食用菌的工厂化。食用菌作为作物栽培,不论自然环境为主的农业方式还是完全人工调控环境的工厂化,都需要建立与农作物相似的学科体系,这主要包括种质资源学、菌种学、生理学、栽培学等。遗憾的是,像农作物那样有种种有预期收获的人工栽培,食用菌仅百年的历史,我国仅几十年的历史。与作物的几千年栽培史比较,食用菌的生产经验、技术积累、科学认知还只是“襁褓中的婴儿”。

种质资源是育种的必需材料,鉴定评价技术是育种的基础技术,大量可利用种质资源和先进育种技术的结合是良种高效选育的唯一战略战术。而 2006 年前,我们的种质资源库只有遗传背景极其狭窄的寥寥几百个栽培种质。偶尔采集到野生种质也只能继代培养,冰箱保藏,不知如何鉴定评价,由于可利用性不清楚大部分被丢弃。那时,我国的食用菌育种面对的是无米之炊!这导致我国自主知识产权品种严重匮乏,自育品种综合农艺性状不理想,成为我国食用菌产业持续健康发展的严重制约因素。

改革开放的惠民政策,经济的发展,社会的进步,推动着食用菌产业的快速发展,我国的食用菌产量从 1978 年的 40 万 t 增长到 2015 年的 3476.15 万 t。受综合国力的限制,食用菌人工栽培生产的几十年,一直处于多经验、少科学的技术状态。科学研究的匮乏极大地影响了产业的持续健康发展。特别是菌种相关科学技术,成为产业发展的首要瓶颈问题。产业的迅猛发展和科技支撑的严重匮乏,引起了各级政府和农业部门的高度重视。围绕我国食用菌的菌种问题,2007 年农业部启动了公益性行业(农业)科研专项“食用菌菌种质量评价与菌种信息系统研究与建立”,从野生种质资源的采集鉴定到栽培种质的收集评价;从栽培品种的菌种质量、性状特征到栽培技术方法的标准规范,系统地

开展了食用菌菌种的相关研究,以期为食用菌的种质持续创新提供理论基础和技术途径。同时,食用菌种质资源研究成为了国家食用菌产业技术体系建设的重要内容。在公益性行业(农业)科研专项“食用菌菌种质量评价与菌种信息系统研究与建立”工作的基础上,国家食用菌产业技术体系育种与菌种繁育研究室全体岗位专家分工合作,深入系统地开展了食用菌种质的研究工作,包括种质资源的采集、收集、保护、保育、鉴定、评价、保藏等。国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目和中国农业科学院科技创新工程对相关研究给予了资金支持。经过 10 年的共同努力,取得了开创性的研究成果。系统梳理总结,2011 年出版了《中国食用菌菌种学》,进一步的研究成果形成这部《食用菌种质资源学》。

这是我国第一部关于食用菌种质资源研究的著作。由于研究基础薄弱,书中某些成果尚不够精致,文理的安排也可能存在不尽如人意之处。由于作者研究深度不一,掌握的资料也不尽相同,难免整体上行文风格不同,甚至观念理念不同。不足之处,恳望读者批评指正。

无论有多少缺憾,作为开创性的工作,通过 10 年对大量样本的研究分析,终归形成了比较全面、系统的食用菌种质资源研究的基本理念、技术和方法,明确了现有主要栽培种质的特征特性,集于本书。对此,我们感到欣慰。谨期本书能为我国食用菌学科建设增砖添瓦,为我国食用菌产业技术的原始创新提供些许的支持,为食用菌种质资源的创新和利用提供可用的材料、技术、方法和信息。种质资源是一项需要细致认真、坚持不懈、不断积累的长期性基础性的技术工作,是需要有淡泊之心、禅定之心才能做好的工作。功夫不负有心人。我们相信,随着研究的不断深入,新技术、新方法、新种质会不断被创造,并应用于新品种的选育,其科技创新作用将日益彰显。

我们衷心感谢公益性行业(农业)科研专项、国家食用菌产业技术体系(CARS-24)、国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2014CB138300)和中国农业科学院科技创新工程项目的资助。感谢为本书研究成果作出贡献的所有研究人员、技术支撑人员。

张金霞

2016 年 11 月

目 录

FOREWORD

前言

第一章 概述	1
第一节 食用菌种质资源学的定义	1
一、食用菌定义及其语义演变	1
二、食用菌种质资源学	3
第二节 食用菌与人类	4
一、食用菌与环境	4
二、食用菌与食物供给	5
三、食用菌与人类健康	6
第三节 食用菌种质资源研究概况	7
参考文献	9
第二章 我国食用菌资源的分布	10
第一节 野生资源现状	10
一、影响菌物资源分布的环境因素	10
二、中国大型菌物资源的地理分区与分布	11
第二节 野生食用菌资源的生态类型	17
一、森林生态系统	18
二、草原生态系统	23
三、荒漠生态系统	24
第三节 野生资源的分布特点	24
参考文献	25
第三章 食用菌野生种质资源的保护	27
第一节 野生种质资源的采集与鉴定	27
一、野外考察与标本采集	27
二、种质资源分类鉴定	30
三、野生食用菌菌种分离	32
第二节 野生食用菌种质资源保存	36
一、种质保存的原理与方法	36
二、种质保存的重要意义	37
三、菌种保存技术方法	37
四、核酸的保存	40
第三节 野生食用菌标本制作与保存	41

一、标本的整理·····	41
二、标本的制作·····	41
三、标本的鉴定·····	42
四、标本的保存·····	43
第四节 野生食用菌种质资源的原地保护·····	44
一、森林菌根菌·····	44
二、草原菌根菌·····	44
三、腐生菌类·····	45
四、野生菌种质资源保护·····	45
第五节 野生食用菌利用潜力评价·····	46
一、野生食用菌的菌种评价·····	46
二、野生食用菌的化学成分评价·····	48
三、野生食用菌的驯化栽培·····	49
四、野生食用菌的菌根栽培·····	50
参考文献·····	51
第四章 我国大型真菌资源·····	52
第一节 我国大型真菌物种种质资源概况·····	52
第二节 我国特色种质资源·····	215
一、离褶伞科资源·····	215
二、马鞍菌类群·····	221
三、块菌属资源·····	223
四、美味牛肝菌复合群·····	224
参考文献·····	225
第五章 食用菌遗传学特点·····	230
第一节 食用菌的生活史·····	230
第二节 食用菌的准性生殖与不对称杂交·····	232
第三节 食用菌的减数分裂与遗传重组·····	233
第四节 食用菌担孢子的遗传多样性·····	235
第五节 食用菌甲基化·····	235
一、DNA 甲基化的生物学效应·····	235
二、温度与 DNA 甲基化·····	236
三、菌种变异与 DNA 甲基化·····	236
四、RNA 干扰与 DNA 甲基化·····	237
五、转座子与 DNA 甲基化·····	237
参考文献·····	237
第六章 食用菌可栽培种质的鉴定、评价与利用·····	241
第一节 野生可栽培种质的可利用性鉴定评价程序·····	241
第二节 野生可栽培种质的可利用性鉴定评价技术与方法·····	242

一、生物学种的鉴定	242
二、种内的个体鉴定——遗传特异性鉴定	246
三、基本特征特性鉴定和评价	260
第三节 栽培种质(品种)的评价	264
一、种及其品种鉴定	264
二、评价基本程序	264
三、栽培种质使用中的问题	265
第四节 可栽培种质评价	265
一、生长性	266
二、结实性	267
三、形态	268
四、基质	269
五、温度	269
六、湿度	273
七、pH	274
八、CO ₂	274
九、周期	275
十、耐贮运性	275
十一、特殊化学成分	275
第五节 菌株维护	275
参考文献	276
第七章 香菇种质资源与分析	283
第一节 起源与分布	283
第二节 国内外相关种质遗传多样性分析与评价	283
第三节 栽培品种	284
一、国审栽培品种及其他主要栽培品种	284
二、国外栽培品种介绍	293
三、栽培品种的遗传多样性分析	293
第四节 种质资源的创新与利用	297
一、人工选择育种	297
二、杂交育种	297
三、诱变育种	298
四、原生质体融合育种	298
五、基因工程育种	298
六、分子标记辅助育种	299
七、展望	299
参考文献	300

第八章 平菇种质资源与分析	303
第一节 起源与分布	303
第二节 近缘种鉴定技术研究	304
一、以形态特征为依据的物种鉴定	304
二、以交配亲和性试验为依据的物种鉴定	305
三、以 DNA 为依据的物种分类	305
第三节 野生种质可利用性评价及遗传多样性分析	308
第四节 栽培种质农艺性状研究及遗传多样性分析	309
一、栽培种质的农艺性状研究	309
二、栽培种质遗传多样性分析	313
第五节 核心种质群体的构建	314
第六节 栽培品种	318
一、按出菇温度划分的品种	318
二、按子实体色泽划分的品种	319
三、按照其他特性划分的品种	319
四、我国主要栽培的品种	319
第七节 种质资源创新与利用	333
一、通过基因重组获得优良新种质	333
二、深褐色平菇纯合体的创制	334
三、平菇子实体颜色遗传规律的研究	334
四、平菇菌丝耐高温特性的研究	335
第八节 基因组学在糙皮侧耳种质资源利用中的应用	335
一、遗传连锁图谱的构建及 QTL 定位	336
二、糙皮侧耳 cDNA 文库的构建及差异表达基因的研究	337
三、通过生物信息学发掘新基因	338
参考文献	340
第九章 金顶侧耳种质资源与分析	344
第一节 起源与分布	344
第二节 国内外相关种质遗传多样性分析与评价	345
一、形态标记	345
二、同工酶标记	346
三、分子标记	346
四、交配型标记	347
五、漫反射傅里叶变换红外光谱	347
第三节 栽培品种及其遗传多样性分析	347
第四节 种质资源的创新与利用	349
一、种质资源创新方法	349
二、种质资源的创新	349

三、种质资源的利用	350
第五节 种质资源利用潜力分析	351
参考文献	352
第十章 白灵菇及近缘种种质资源与分析	354
第一节 起源与分布	354
第二节 物种鉴定	355
一、刺芹侧耳种族群主要栽培种的形态特征	355
二、白灵菇、杏鲍菇、阿魏菇之间的性亲和	356
三、白灵菇、杏鲍菇、阿魏菇之间的分子系统发生关系	356
第三节 国内外相关种质遗传多样性分析与评价	359
一、白灵菇种质遗传多样性分析与评价	359
二、阿魏菇种质遗传多样性分析与评价	363
三、杏鲍菇种质遗传多样性分析与评价	365
第四节 栽培品种	365
一、白灵菇栽培品种遗传多样性分析及评价	366
二、杏鲍菇栽培品种遗传多样性分析及评价	374
第五节 种质资源的创新与利用	382
一、白灵菇种质资源的创新与利用	382
二、杏鲍菇种质资源的创新与利用	383
参考文献	385
第十一章 双孢蘑菇及近缘种种质资源与分析	389
第一节 起源与分布	389
一、双孢蘑菇学名及分类地位	389
二、双孢蘑菇种质资源的起源与分布	389
第二节 生物学种的鉴定	390
一、双孢蘑菇的形态结构	390
二、担孢子	391
三、双孢蘑菇及其近缘种的鉴定	391
第三节 国内外相关种质遗传多样性分析与评价	394
一、国内外双孢蘑菇栽培菌株的 DNA 指纹分析	395
二、中国蘑菇属野生种质的 DNA 指纹分析及亲缘关系评价	397
三、国内外双孢蘑菇野生菌株与栽培菌株的 DNA 指纹分析与亲缘关系评价	398
第四节 栽培品种	399
第五节 种质资源的创新与利用	405
第六节 种质资源利用潜力分析	410
第七节 大肥菇(双环蘑菇)	412
一、起源与分布	412
二、生物学种的鉴定与种质遗传多样性分析	413

三、栽培品种与种质资源的创新与利用	414
四、种质资源利用潜力分析	416
第八节 巴氏蘑菇	417
一、起源与分布	417
二、生物学种的鉴定与种质遗传多样性分析	417
三、主要品种	418
四、种质资源的创新与利用	420
参考文献	421
第十二章 黑木耳种质资源与分析	427
第一节 起源与分布	427
第二节 种质遗传特点	427
一、生活史	427
二、形态发育	428
第三节 国内外相关种质遗传多样性分析与评价	428
一、形态多样性	428
二、细胞学研究	429
三、生化标记的多样性	429
四、DNA 分子标记的遗传多态性	429
五、农艺性状及其稳定性研究	430
第四节 定向育种技术研究	431
第五节 栽培品种	431
一、按形态分类的品种	432
二、按区域适应性分类的品种	435
第六节 种质资源的创新、利用与潜力分析	437
参考文献	437
第十三章 毛木耳种质资源与分析	439
第一节 起源与分布	439
第二节 国内外相关种质遗传多样性分析与评价	439
一、遗传多样性分析	439
二、种质资源评价	440
第三节 栽培品种	440
第四节 种质资源的创新与利用	442
一、毛木耳耳片颜色变异菌株资源的创新与利用	442
二、毛木耳抗病资源的创新与利用	443
三、毛木耳高产资源的创新与利用	443
第五节 种质资源利用潜力分析	443
参考文献	443

第十四章 金针菇种质资源与分析	444
第一节 起源与分布	444
第二节 种质遗传特点	444
第三节 国内外相关种质遗传多样性分析与评价	446
一、金针菇全基因组、转录组测序与分析	446
二、金针菇遗传多样性分析	447
三、金针菇遗传连锁图与 QTL 定位、农艺性状关联分析	447
第四节 栽培品种	448
第五节 种质资源的创新与利用	451
一、浅黄色金针菇种质创新与利用	451
二、白色金针菇种质创新与利用	451
三、抗病种质创新与利用	451
四、其他优异性状的种质创新与利用	451
第六节 种质资源利用潜力分析	452
一、野生种质的利用潜力	452
二、黄色栽培种质的利用潜力	452
三、白色栽培种质的利用潜力	453
参考文献	453
第十五章 草菇种质资源与分析	454
第一节 起源与分布	454
第二节 种质遗传特点	455
第三节 国内外相关种质遗传多样性分析与评价	457
第四节 栽培品种	458
第五节 种质资源的创新与利用	461
一、种质资源的收集与保藏	461
二、种质资源的鉴定与整理	461
三、种质资源的评价	461
四、种质资源的创新	465
五、种质资源的利用	465
第六节 种质资源利用潜力分析	465
参考文献	467
第十六章 茶树菇及近缘种种质资源与分析	468
第一节 起源与分布	468
第二节 近缘种的鉴定	469
第三节 国内外相关种质遗传多样性分析与评价	472
一、生活史	472
二、极性偏分离	473
三、多样性分析	474

四、交配等位基因·····	474
五、基因结构及表达分析·····	478
第四节 栽培品种·····	479
第五节 种质资源潜力与创新利用·····	481
一、种质资源多样性·····	481
二、杂交育种·····	482
三、利用子实体发育缺陷型相关隐性基因进行种质创新·····	483
四、特异材料的发掘利用·····	485
参考文献·····	487
第十七章 银耳和金耳种质资源与分析·····	491
第一节 银耳起源与分布·····	491
第二节 银耳的形态特征与生理特点·····	492
一、形态特征·····	492
二、生理特点·····	493
第三节 银耳国内外相关种质遗传多样性分析与评价·····	494
第四节 银耳栽培品种·····	495
第五节 银耳种质资源的创新与利用·····	495
第六节 银耳种质资源利用潜力分析·····	496
第七节 金耳种质资源与分析·····	497
一、起源与分布·····	497
二、形态特征与生理特点·····	497
三、国内外相关种质遗传多样性分析与评价·····	497
四、栽培品种·····	498
五、种质资源的创新与利用·····	498
六、种质资源利用潜力分析·····	498
参考文献·····	498
第十八章 灵芝种质资源与分析·····	500
第一节 起源与分布·····	500
第二节 国内外相关种质遗传多样性分析与评价·····	500
一、基于形态学的灵芝分类·····	501
二、基于分子生物学灵芝属分类和多样性研究·····	501
三、寄主、培养特性与灵芝物种间的关系研究·····	502
第三节 栽培品种·····	503
第四节 种质资源的创新、利用和利用潜力分析·····	504
一、白肉灵芝·····	504
二、亮盖灵芝·····	504
参考文献·····	506