

# 菌草技术与生态治理

林占熺 著

JUNCAO TECHNOLOGY AND  
ECOLOGICAL MANAGEMENT



林占熺



海峡出版发行集团 | 福建科学技术出版社  
THE STRAITS PUBLISHING & DISTRIBUTING GROUP | FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

# 菌草技术与生态治理

JUNCAO TECHNOLOGY AND  
ECOLOGICAL MANAGEMENT

林占熺◎著



海峡出版发行集团 | 福建科学技术出版社

THE STRAITS PUBLISHING & DISTRIBUTING GROUP | FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

菌草技术与生态治理 / 林占熺著. —福州: 福建科学技术出版社, 2019.5

ISBN 978-7-5335-5793-5

I . ①菌… II . ①林… III . ①食用菌—蔬菜园艺②药用菌类—栽培技术 IV . ① S646 ② S567.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 300757 号

书 名 菌草技术与生态治理  
著 者 林占熺  
出版发行 福建科学技术出版社  
社 址 福州市东水路 76 号 ( 邮编 350001 )  
网 址 www.fjstp.com  
经 销 福建新华发行 ( 集团 ) 有限责任公司  
印 刷 福州德安彩色印刷有限公司  
开 本 889 毫米 × 1194 毫米 1 / 16  
印 张 14.5  
图 文 232 码  
版 次 2019 年 5 月第 1 版  
印 次 2019 年 5 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5335-5793-5  
定 价 98.00 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

林占嬉教授雅正

优化生态 菌草工程  
扶贫济困 富国利民

项

南



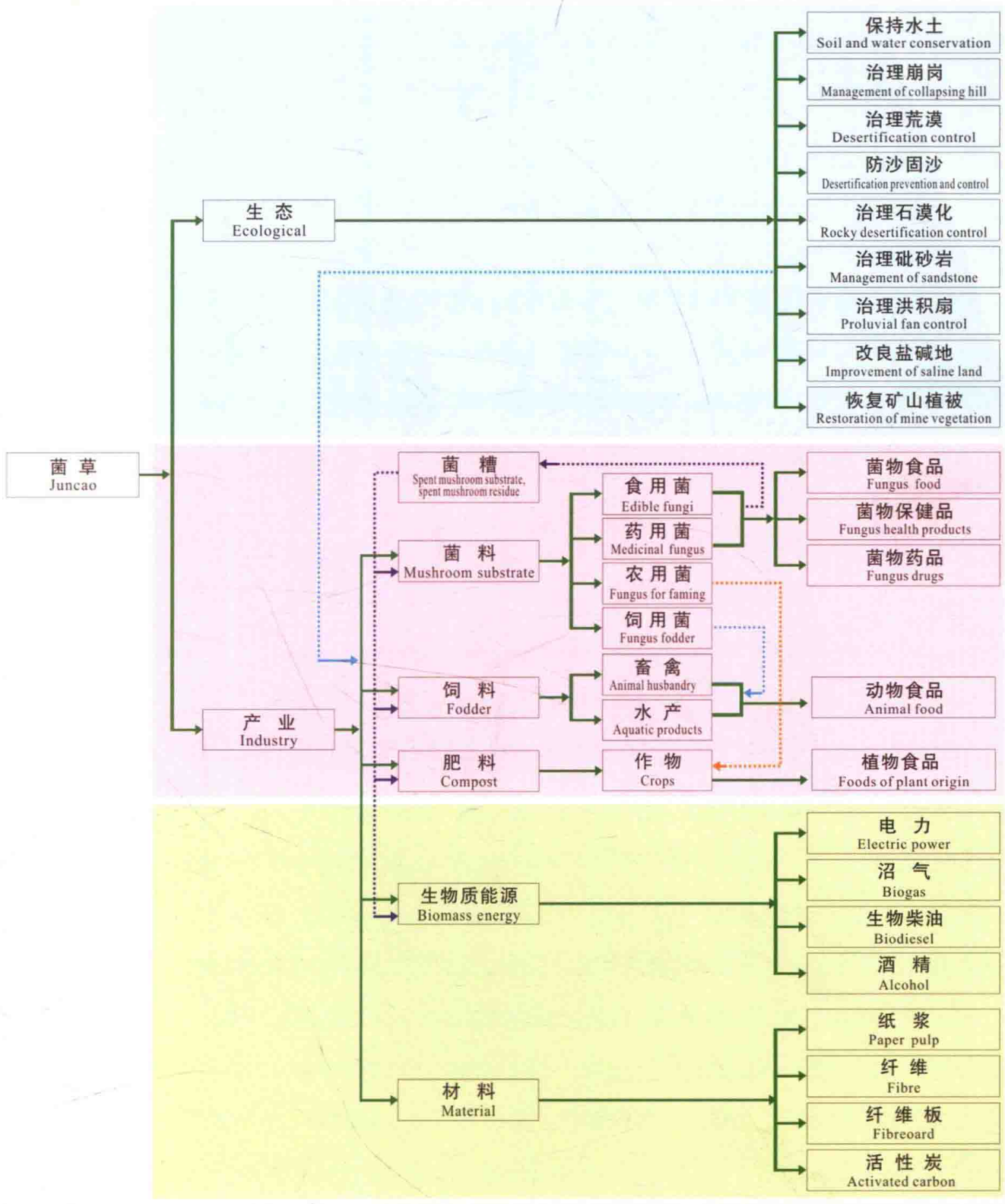
丁丑仲夏  
于北京

荷花出污泥而不染

牽茵生茵草却溢香

国际热带菇类学会  
主席张树庭

1996年，国际热带菇类学会主席张树庭教授题词



菌草技术与菌草产业体系示意图

# 序

上世纪80年代初,为了解决菌业生产与林业生态平衡之间的“菌林矛盾”,林占熺教授开始了“以草代木”栽培食药菌的研究,并获得成功,发明了“菌草技术”。目前,我国已有31个省(区)500多个县(市)应用这一技术,并通过援外与国际合作传播到巴布亚新几内亚、斐济、南非、卢旺达、莱索托、巴西等105个国家和地区。由于这项技术很接地气——紧扣发展中国家普遍关心的增加就业、消除贫困、减少饥饿、可再生能源利用、应对气候变化等问题,帮助发展中国家破解发展难题、落实联合国2030年可持续发展目标,2017年5月该技术被列为中国-联合国和平与发展基金的重点项目,向全球推广,产生了广泛、良好的影响。

菌草技术之所以具有强大生命力,在于采用野生资源丰富的可持续利用的菌草培养食用菌和药用菌,使菌业生产可持续发展。在“以草代木”栽培食药菌获成功后,林占熺不断创新。1997年,在菌草品种选育方面,为适应我国西北地区发展菌草产业的需要,他提出菌草育种新目标,即太阳能光合作用率高,富含内生菌固氮作用强,根系发达保水固土好,长速快、植株高大、产量高,营养丰富、粗蛋白含量高、综合利用价值高,抗逆性强、适应性广等6项指标,并采用系统选育方法育出巨菌草、绿洲1号等优良品种。在菌草的综合利用方面,经过30多年的不懈努力,菌草技术已从“以草代木”栽培食药菌拓展到菌草生态治理、菌草菌物饲料、菌草菌物肥料、生物质能源与材料开发等领域,开拓了菌与草交叉的新的科学研究与应用的新领域。特别是2010年以来,在黄河流域建设菌草生态安全屏障等菌草生态治理方面,他攻克了世界性系列难题,为生态建设开辟了效果好、见效快、投入省、可持续发展的新途径。发展菌草产业对解决21世纪人类面临的人口、食物、资源、环境、能源等难题都有积极的、重要的作用。

由菌草技术发明人林占熺教授撰写的《菌草技术与生态治理》一书,是国内外第一部以菌草技术和菌草生态治理为核心内容的专著。该书内容丰富、新颖、结构合理,既有理论创新,又可实际应用,具有指导性和可操作性,颇具特色。

20多年来，我一直关注并支持菌草技术的研究和应用。相信该书的出版，将对菌草业的发展，对生态治理作出新的更大的贡献。当然，菌草技术还在不断发展中，无论在深度还是广度方面，都有许多有待探索和进一步研究的课题，而且新的情况和新的问题将不断出现，这就有赖于广大读者提出意见和建议，以指导今后的科学研究与应用，使其日臻完善。

福建农林大学教授 中国科学院院士

陈祖煜

2018年12月30日

# 前言

20世纪70年代，用树木栽培香菇、木耳、灵芝等食药菌成为福建山区、贫困地区农民脱贫致富的主要产业。由于林木生长较慢，满足不了食药菌生产迅速发展的需要，因此菌业生产的“菌林矛盾”突出。为了解决这一难题，著者于1983年起开展“以草代木”栽培食药菌的研究，1986年获得成功，发明了菌草技术，打破了“木腐菌”与“草腐菌”的界限，为菌业可持续发展开辟了新途径。1996年11月，在中国福州召开的国际菌草业发展研讨会上，与会专家学者一致通过把可用作栽培食药菌培养基的草本植物定义为“菌草”；把用菌草栽培食药菌、生产菌物饲料、菌物肥料等综合技术定义为“菌草技术”。

菌草技术的研究，经过30多年不断创新，开辟了“菌”与“草”交叉的新的科学研究与应用的领域。在菌草草种的筛选和选育方面，根据菌草业发展的需要，著者提出新的育种目标：①光合作用率高；②富含固氮作用强的内生菌；③根系发达，蓄水固土改土效果好；④长速快、植株高大产量高；⑤粗蛋白含量高，营养丰富，综合利用价值高；⑥抗逆性强，适应性广等。应用系统育种方法，选育出适合在黄河流域和中国西北地区种植的巨菌草、绿洲1号等优良品种，这些品种能高效利用太阳能、水和土地等三大农业资源。菌草的利用方面，我们已从“以草代木”栽培食药菌，拓展到菌草生态治理、菌草饲料、菌草菌物饲料、菌草菌物肥料、生物质能源与材料等领域，形成新的生产方式和产业发展模式，为高产、优质、高效、生态、安全的菌草业发展提供科学依据和实用技术。

菌草用于生态治理的研究始于1993年。二十多年来，在福建省、国家林业总局、国家科委、国家发改委、水利部黄河水利委员会等有关部门的支持下，我们先后在福建、广西、重庆、云南、新疆、西藏、贵州等省（自治区），以及沿黄河的青海、甘肃、宁夏、内蒙古、陕西、山西、河南、山东、四川等九省（自治区），开展菌草治理水土流失、治理崩岗、治理荒漠、防沙固沙、治理砒砂岩、治理洪积扇、滨海防风固沙、改良盐碱地的研究与示范，取得系列国际领先成果，形成菌草生态治理技术体系，开辟了投入省、见效快、效果好的生态治理新途径。现已解决了沿黄河各地菌草生态屏障建设与产业发展的关键技术问题，并在黄河上、中、下游的不同类型生态脆弱区建立菌草生态治理和产业发展示范基地，为黄河筑起绿色菌草生态安全屏障和菌草产业发展提供了综合配套技术。

菌草技术的应用也取得显著成效。1988年2月，国家农牧渔业部在福建农学院举办全国野草栽培食用菌培训班，向全国推广。此后，菌草技术和菌草业先后被福建省列为科技兴农项目、闽宁对口帮扶项目、重点发展新兴产业项目，被国家科委列为国家级星火计划重中之重项目，被联合国计划开发署列为中国与其他发展中国家优先合作项目，被中国扶贫基金会列为科技扶贫开发首选项目，被我国商务部列为中国援助发展中国家项目。2011年12月，国家科技部依托福建农林大学组建“国家菌草工程技术研究中心”。2012年10月，国家发展与改革委员会批准组建“菌草综合利用技术国家地方联合工程研究中心”。菌草技术通过援外和国际合作，已传播到105个国家，在巴布亚新几内亚、斐济、莱索托、卢旺达、厄立特里亚、南非、马达加斯加、尼日利亚、纳米比亚、马来西亚、缅甸、泰国、朝鲜等13个国家建立菌草技术培训示范中心（基地）。

2015年黄河水利委员会把菌草技术列为全流域推广技术。中国保护黄河基金会为黄河菌草生态安全屏障建设设立“保护黄河菌草工程技术生态保护及水土保持专项基金”。

2017年5月，菌草技术被联合国列为“中国—联合国和平与发展基金”重点推进项目。同年5月26日，中国常驻联合国代表刘结一大使在“中国—联合国和平与发展基金菌草技术项目启动会”上指出：“菌草技术是中国—联合国和平与发展基金重点关注和推进的重要项目。这一项目紧扣发展中国家普遍关心的消除贫困、减少饥饿、可再生能源利用、促进就业和应对气候变化等问题，结合非洲、亚洲国家具体国情和需要，积极贡献‘中国方案’，帮助非洲、亚洲等发展中国家破解发展难题，落实可持续发展目标，推进全球发展事业。”

2018年4月，中国工程院和中国科学院两院院士提出“关于加快推进黄河菌草生态屏障建设和菌草新兴产业发展的建议”，沿黄河各省、区政府正在推动黄河菌草生态安全屏障的建设，为适应这一形势的需要，著者把菌草技术研究的成果和菌草生态治理的技术要点整理成本书，供有关科技和生产人员参考。

菌草技术、菌草生态治理和菌草产业发展，将为我国生态建设和扶贫攻坚作出重要贡献，为解决21世纪人类面临的食物、贫困、健康、资源、环境、能源等难题作出积极贡献，为发展中国家落实联合国2030年可持续发展议程提供“中国方案”。

在本书编写过程中，承蒙有关院士、专家的悉心指导，国家菌草工程技术研究中心、福建农林大学菌草研究所的同仁给予支持帮助，特此表示衷心的感谢！

林占熺

2018年11月16日

于巴新莫尔兹比港

# 目 录

## 第一章 概述 /1

### 第一节 菌草相关名词定义与内涵 /2

- 一、菌草 /2
- 二、菌草技术 /3
- 三、菌草业 /3
- 四、菌草学 /3

### 第二节 菌草技术产生的背景 /4

- 一、我国菌业生产发展迅速 /5
- 二、菌业生产存在问题突出 /7

### 第三节 菌草技术研究历程、方向、主要成果 /9

- 一、菌草技术研究历程 /9
- 二、菌草科学研究方向 /12
- 三、菌草科学研究主要成果 /13

## 第二章 菌草及其人工栽培 /31

### 第一节 菌草选育与品种认定 /32

- 一、菌草品种的标准 /32
- 二、菌草品种系统选育 /33
- 三、菌草栽培食药菌培养基的筛选 /33
- 四、菌草品种认定 /34

### 第二节 菌草生长条件 /35

- 一、光照 /35

二、水分 /35
三、温度 /36
四、土壤与营养 /36
第三节 菌草的繁殖方法 /36
一、种子繁殖 /37
二、无性繁殖 /37
第四节 菌草人工种植 /42
一、巨菌草 /42
二、象草 /51
三、串叶草 /52
四、类芦 /52
第五节 部分常用菌草 /53
一、巨菌草 /53
二、象草 /54
三、菅 /56
四、大米草 /57
五、宽叶雀稗 /58
六、香根草 /59
七、香茅 /60
八、拟高粱 /61
九、芦竹 /62
十、串叶草 /63
十一、芒萁 /65
十二、类芦 /66
十三、斑茅 /67
十四、芦苇 /68
十五、五节芒 /70
十六、荻 /71



### 第三章 菌草生态治理研究与应用 /73

第一节 菌草技术可成为生态治理新方法 /74

第二节 菌草生态系统服务功能 /78

第三节 菌草治理水土流失 /80

一、水土流失的成因和对环境的影响 /80

二、种植菌草治理水土流失方法 /81

第四节 菌草治理崩岗 /87

一、崩岗的成因和对环境的危害 /87

二、崩岗治理的一般方法 /89

三、菌草治理崩岗的方法 /90

第五节 菌草治理荒漠化 /94

一、荒漠化的成因与防治 /94

二、菌草治理荒漠化的方法 /96

第六节 菌草防风固沙 /100

一、沙丘成因、分类与危害 /100

二、治理流动沙丘的常用方法 /101

三、菌草防沙固沙方法 /102

第七节 菌草治理石漠化 /109

一、石漠化的成因和分布 /109

二、石漠化治理的原则 /110

三、菌草治理石漠化的方法 /111

第八节 菌草治理砒砂岩区生态 /113

一、砒砂岩的特点与分类 /113

二、砒砂岩区水土流失常用治理方法 /114

三、菌草治理砒砂岩区水土流失 /115

第九节 菌草治理洪积扇 /120

一、洪积扇形成的原因 /120

- 二、菌草治理洪积扇的方法 /121
- 第十节 菌草用于矿山植被修复 /124
  - 一、矿山废弃地危害及其植被修复存在的问题 /124
  - 二、矿山废弃地植被恢复基本方式 /126
  - 三、种植菌草恢复矿山废弃地植被 /127
- 第十一节 菌草治理盐碱地 /131
  - 一、盐碱地的成因与分布 /131
  - 二、盐碱地改良研究现状 /132
  - 三、种植菌草治理盐碱地的方法 /132
- 第十二节 滨海风口菌草防风固沙 /133
  - 一、滨海风口地区的生态现状 /134
  - 二、菌草治理滨海风口的的方法 /134
- 第十三节 黄河菌草生态屏障与产业带建设的探索 /137

## 第四章 菌草栽培食药菌 /141

- 第一节 菌草栽培香菇 /145
  - 一、生活条件 /146
  - 二、菌草栽培香菇生产工序 /149
  - 三、菌草熟料栽培香菇方法 /151
  - 四、温室（工厂化）菌草栽培香菇 /161
- 第二节 菌草栽培木耳 /162
  - 一、菌草栽培毛木耳 /164
  - 二、菌草栽培黑木耳 /173
  - 三、菌草瓶栽木耳 /178
- 第三节 菌草栽培灵芝 /179
  - 一、灵芝的生物学特性 /180
  - 二、菌草栽培赤芝 /182
  - 三、菌草栽培紫芝 /189



## 第五章 菌草及其菌物饲料 /191

### 第一节 菌草与菌草菌糟的营养价值 /193

- 一、菌草的营养价值 /194
- 二、菌草菌糟的营养价值 /196
- 三、菌草菌物饲料的抗营养因子研究 /197
- 四、菌草菌物饲料的安全性评价 /198

### 第二节 菌草菌糟提取物的提取工艺 /199

- 一、菌草灵芝菌糟提取物的提取条件 /200
- 二、菌草灵芝菌糟提取物的生产工艺 /200

### 第三节 菌草菌物饲料的应用研究 /201

- 一、菌草菌物饲料对动物生产性能的影响 /201
- 二、菌草菌物饲料对动物消化生理的影响 /202
- 三、菌草菌物饲料对动物免疫功能的影响 /202
- 四、菌草菌物饲料对动物其他方面的影响 /203
- 五、菌草菌物饲料抗氧化能力 /205

## 第六章 菌草生物质能源与材料 /207

### 第一节 菌草生物质能源 /208

- 一、菌草生物质燃料 /208
- 二、菌草生产沼气 /210

### 第二节 菌草生物质材料 /210

- 一、菌草造纸 /210
- 二、菌草板材 /212

# 第一章

---

## 概述



菌草是一种新型的生物材料和重要的农业资源，是科学研究与应用的一个新领域。菌草技术的研究成功始于 20 世纪 80 年代。

经过 30 多年的研究、推广应用，菌草技术从开始的“以草代木”栽培食药菌，拓展到生态治理，菌草饲料、菌物饲料、菌物肥料生产，生物质能源与材料等领域，形成高产、优质、高效、生态、安全的“菌草业”，实现植物、菌物、动物三物循环生产，达到生态、经济、社会三大效益的有机统一，形成新的生产方式和产业发展模式。

## 第一节

# 菌草相关名词定义与内涵

1996 年 11 月，来自中国、澳大利亚、巴西、伊拉克、印度尼西亚、斯里兰卡、美国、巴布亚新几内亚等 8 个国家的专家学者参加在福州召开的首届“菌草业发展国际研讨会”，与会专家就菌草业所涉及的技术、产业发展、国际合作等方面的内容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。在国际著名蕈菌学家张树庭教授的主持下，为“菌草”“菌草技术”“菌草业”等确定了中英文名称和定义。

### 一、菌草

菌草（Juncao）是指可以作为栽培食用菌、药用菌培养基的草本植物。

菌草是指经过系统选育和栽培食药菌的三级系统筛选法选育，经实验证明适合用于栽培食药菌的草本植物。菌草草种选育的标准条件：一是光合作用力强、植株高大、产量高；二是根系发达；三是富含内生菌具有较好的固氮作用；四是适合食药菌菌丝体和子实体生长的需要，所培养的食用菌、药用菌营养丰富，质量符合国际和我国有关规定；五是现有资源丰富或易于人工栽培，资源可持续利用等。菌草除芒萁、五节芒、类芦、芦竹、芦苇等野生的草本植物，还包括巨菌草、象草、紫象草、香根草、绿洲 1 号等人工选育栽培的草本植物。