



黑牛肝菌

【神奇美味的】

Amazing delicious black boletus
Phlebopus portentosus

——
暗褐网柄牛肝菌

张春霞 王云等 著



云南出版集团



云南科技出版社

·昆明·

图书在版编目 (C I P) 数据

神奇美味的黑牛肝菌: 暗褐网柄牛肝菌 / 张春霞著

. -- 昆明: 云南科技出版社, 2018.12

ISBN 978-7-5587-1280-7

I. ①神… II. ①张… III. ①小牛肝菌科—食用菌—蔬菜园艺 IV. ①S646.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第297135号

神奇美味的黑牛肝菌——暗褐网柄牛肝菌

张春霞 王 云 等 著

责任编辑: 胡凤丽 戴 熙 杨 雪 叶佳林

封面设计: 熊海鹰

责任校对: 张舒园

责任印制: 蒋丽芬

书 号: ISBN 978-7-5587-1280-7

印 刷: 云南金伦云印实业股份有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 10

字 数: 150千字

版 次: 2018年12月第1版 2018年12月第1次印刷

定 价: 98.00元

出版发行: 云南出版集团公司 云南科技出版社

地 址: 昆明市环城西路609号

网 址: <http://www.ynkjph.com/>

电 话: 0871-64190889

版权所有 侵权必究

黑牛肝菌
——暗褐网柄牛肝菌

【神奇美味的】



Amazing delicious black boletus
Phlebopus portentosus

著者名单

张春霞 王 云 等 著

著者名单：何明霞 刘 静 曹 旻 高 锋

杨天伟 王文兵 许欣景 方艺伟

李国华 倪书邦 陈克难 伍 英

徐 通

黑牛肝菌
——暗褐网柄牛肝菌

【神奇美味的】



Amazing delicious black boletus
Phlebopus portentosus

序

云南是我国大型真菌资源最为丰富的地区，理所当然的是我国野生食用菌资源种类最多和产量最大的地区，称作“野生菌王国”。如何保护和利用好这些资源，造福人类是一件极为困难的事。

虽说野生食用菌是可再生资源，但人类对野生食用菌的需求和自然产量之间的矛盾日益突出，由于过度利用，该资源已受到一定破坏，要使得资源不灭绝，保育促繁和驯化栽培是目前可采用的两种途径，而大型真菌特别是珍稀食用菌多数为菌根真菌，保育促繁是唯一的办法。

暗褐网柄牛肝菌（*Phlebopus portentosus*）在国内主要分布于云南（滇南和滇西地区）、广西、四川、海南，是普遍采食的野生菌。云南省热带作物科学研究所牛肝菌团队从资源采集、生理生态研究着手，在国际上首次实现了暗褐网柄牛肝菌的室内栽培，通过十余年的工作，对暗褐网柄牛肝菌的基础和应用生物学进行了较为深入的研究，揭示了暗褐网柄牛肝菌特殊的“菌-虫-植物”的生活方式。该团队的研究是云南继金耳（*Naematelia aurantialba* Bandoni & M. Zang Millanes & Wedin）之后，在野生食用菌驯化栽培研究方面取得的另一具有划时代意义的成果。

本书是该团队近年研究工作的总结，不仅对暗褐网柄牛肝菌的进一步研究和产业化栽培具有指导意义，而且对云南野生食用菌的保护与利用，特别是珍稀食用菌的驯化栽培也有促进作用。

云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所

2018年8月17日于昆明



前言

写书是要有缘由和目的的。那么，我们为什么要写这本《神奇美味的黑牛肝菌——暗褐网柄牛肝菌》呢？理由其实很简单，暗褐网柄牛肝菌是牛肝菌目中唯一一种由野生驯化到可人工栽培、周年生产的种类，引起业界的广泛关注，所以我们想把对这种独特、美味的暗褐网柄牛肝菌的认识系统地介绍给大家。这些知识是暗褐网柄牛肝菌研究团队十几年来研究所获得的成果，虽然这些成果只是初步揭开了牛肝菌大家族中这位小兄弟的面纱，但是里面的故事还是相当离奇和引人入胜的。

暗褐网柄牛肝菌有一个验明正身的拉丁学名 *Phlebopus portentosus*，黑牛肝菌是它的地方俗名。它是一种营养丰富、味道鲜美的食用菌，出生在热带和亚热带的森林中，现在却大量出现在热带和亚热带的果园及其他人工生态园内。它不仅长相与众不同，生活方式也很独特，不像我们见过的很多牛肝菌那样，一定要和树木共生才能生长发育，它可以营腐生生活完成生儿育女的生命周期。

更为独特的是，在多数情况下，暗褐网柄牛肝菌可以和一种叫“粉蚧”的昆虫相依为命，它们形成一种特别的虫瘿，一起营共生生活，我们把它命名为“菌腔虫瘿”。这种虫瘿不是寄生在植物的枝叶上，而是长在植物的根上，对植物根有寄生性，菌腔虫瘿的形成和暗褐网柄牛肝菌出菇关系密切。在生物界这种涉及“菌—虫—植物”三界生物协同进化的生活方式，虽然不是绝无仅有，但也是十分罕见的。



研究这种神奇的营养关系，对了解生物界协同进化有着重要意义，我们要把已揭晓的秘密告诉大家。了解其生活方式是为了探讨人工栽培的途径，因为它可以腐生，我们已研究出菇房栽培的方法，可周年稳定生产；因为“菌—虫—植物”三者存在营养关系，我们成功研究出田间仿生栽培方法。

我们对胞外酶的种类和活性也进行了初步探讨，暗褐网柄牛肝菌的基因组已完成了测序，其他分子生物学的研究工作也取得了进展。这些研究从生理生化和分子生物学的水平上加深了我们对它的认识，为更好的人工栽培提供了新的思路。

现在，我们已然站在研究暗褐网柄牛肝菌的世界前沿，然而我们没有自我陶醉，而是感到诚惶诚恐，因为还有很多关于暗褐网柄牛肝菌的问题，我们还没有找到答案。例如我国的暗褐网柄牛肝菌和斯里兰卡的是不是一个种？它和其他热带地区的暗褐网柄牛肝菌的亲缘关系如何？暗褐网柄牛肝菌为什么出生在原始森林中，现在却多数长在人工耕作的园林内？既然暗褐网柄牛肝菌可以腐生出菇，为什么降解木质纤维素的酶种类那样少、活性那样低？我们对暗褐网柄牛肝菌和粉蚱互惠关系的详情还不甚了解，菌腔虫瘿的多寡与暗褐网柄牛肝菌的产量关系到底如何？暗褐网柄牛肝菌神秘的基因组可能为我们提供哪些重要的信息和启示？

我们再一次在宽容的大自然面前感到无比的渺小和无知，在小小的牛肝菌面前自惭形秽！但是我们不会放弃，相反我们会更加努力地亲近自然，谦卑地向大自然母亲寻求这所有的答案。这也是我们写这本书的初衷，告诉大家我们所知道的暗褐网柄牛肝菌，诉说在研究暗褐网柄牛肝菌过程中的心得，总结一下，看看我们还要做哪些工作才能更加深入地认识它。

这本书是讲述暗褐网柄牛肝菌的故事，但是既不是戏说暗褐网柄牛肝菌，也不是栽培暗褐网柄牛肝菌大全，我们是把十多年研究所获得的第一手资料初步汇总整理，尽力把它写成一本既有科学性，又有趣味性的图文并茂的图书。该书大学教授可读，政府官员可阅，农村老百姓也可看懂，



看过后如果大家认为有点用处，可从中各取所需，我们忐忑的心也就放下了。书中讲的故事若有不妥或疏漏的地方，恳请大家批评指正。

在研究暗褐网柄牛肝菌的过程中，我们得到了国家自然科学基金委员会、云南省科技厅、云南省农垦局、西双版纳州、景洪市等各级政府研究资金的资助；得到了中国科学院昆明植物研究所臧穆、杨祝良、刘培贵、于富强，云南省农业科学研究院生物技术与种质资源研究所赵永昌和李树红，加拿大麦克马斯特大学徐建平，云南农业大学李荣春，福建农林大学黄毅，中国科学院微生物研究所董彩虹，北京林业大学武三安，吉林农业大学李玉，中国农业科学院农业资源与农业区划研究所张金霞，广西大学刘斌，中华全国供销合作总社昆明食用菌研究所朱萍、邵丽梅，江西宜春职业技术学院食用菌研究所鄢定明，海南大学曾念开，天津师范大学张书蕊，攀枝花市农林科学研究院柳成益、杨梅，楚雄州林业科学研究所杨彝华，中国科学院西双版纳热带植物园邵士成，云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所，云南省德宏热带农业科学研究所，红河州林业科学研究所等单位和个人的大力支持和帮助；同时也得到了西双版纳州东风农场、景洪市曼么克凤凰木苗圃、开远市振东林果场、临沧市云县幸福山枇杷园等农场和农户、野生菌收购商为开展暗褐网柄牛肝菌调查研究和田间仿生栽培试验提供的有力的帮助和支持，还得到西双版纳拉祜鹅香园餐饮有限公司唐瑞、秦明、李家福的帮助和支持。没有这些帮助和支持，我们就不可能有今天的成功，在这里我们表示衷心的感谢！

暗褐网柄牛肝菌的研究工作能走到今天，得到了云南省热带作物科学研究所的各级领导对我们团队的大力支持，以及同仁们的帮助，这本书的完成也浸满了他们的深情厚谊。

本书分11章，王云撰写第1、2章，张春霞撰写第3、4和8章，高峰撰写第5章，曹旻撰写第6章，何明霞撰写第7、10和11章，刘静撰写第9章。前言由张春霞和王云撰写，何明霞和王云主笔概述，全文由张春霞和王云多次修改润色。方艺伟、王文兵、许欣景和杨天伟参与撰写有关章节。祁旺光、番能秋、王峰、刘云凤是本团队的重要成员，虽未参与撰写本书，



但是他们在研究和生产暗褐网柄牛肝菌过程中的贡献是不可忽略的。纪开萍、许小娥、周茂、杨太茂和杨君巧曾参加过暗褐网柄牛肝菌的研究工作，现已完全脱离云南省热带作物科学研究所，不能参与撰写工作，他们对这一研究也做出了不同的贡献，值此鸣谢。

十几年来，我们和暗褐网柄牛肝菌交往，对它似乎有很多了解，好像成了研究暗褐网柄牛肝菌的“专家”。但是，奇诡的是，面对这样一个神奇的小蘑菇，我们常常觉得既熟悉又生疏，有一种莫名的困惑，以前认为正确的事情时而又被新的发现否定了，要从头开始认知它！《道德经》上说：“知者不言，言者不知”，我们希望我们是知者，又是“不知者”。书是写完了，研究暗褐网柄牛肝菌的事业还没完，这算是一个尾，也是一个头，从头再开始吧！



Preface

In this book, a unique edible black bolete, *Phlebopus portentosus* will be introduced to the readers. It is the only new wild mushroom variety that has been domesticated in recent years, which has aroused the attention of the mushroom industry. It also caused some confusion and misunderstanding of the mushroom. We hope this book can play a positive role in it. In fact the book is a compact report of our findings in studying the mushroom in the last decade by our team, the edible mushroom team of Yunnan Institute of Tropical Crops, Jinghong, Yunnan. We hope the stories of the mushroom described in the book will be quite bizarre and fascinating even though it is scientific one.

The black bolete is a nutritious, delicious edible mushroom. Its scientific name is *Phlebopus portentosus*, which is one of the species in Boletales. The mushroom was originally born in natural tropical and subtropical forests, however now growing more abundantly in tropical, subtropical orchards and other artificial ecosystems, such as parks and gardens. Its appearance is nothing special but lifestyle is very complicated. The black bolete is not an ectomycorrhizal mushroom like its relatives, such as *Boletus edulis* in Boletales. It can be saprobic, or often forms a tripartite association with root mealy bugs and plants. The tripartite biotrophy is a special way of living that involves the co-evolution of three organisms in the three kingdoms of Fungus, Animal and Plant. This phenomenon is not unique but very rare in the biological world. This book will provide the details of the nutritional relationships among three biocreatures.

Studying this magical nutritional relationship is not only of great importance



for helping with understanding the co-evolution of the biological world but also provides the scientific base for cultivation of the mushroom. Based on its saprobic feature, technology of cultivating *P. portentosus* in a mushroom house has been developed. Because of its symbiosis with mealy bugs, we have found out the way how it grows in the field.

We have also conducted a preliminary study on the types and activities of extracellular enzymes of *P. portentosus*. The genome of the mushroom has been sequenced, and other molecular biology research has also made good progress. These studies have deepened our understanding of the fungus at the level of physiology, biochemistry and molecular biology, providing a new idea for better artificial cultivation.

Now we can say proudly that we are at the forefront of studying *P. portentosus*. However, we are not intoxicated but feel extremely cautions. This is because there are still a lot of questions about the fungus, which we have not found the answer yet. Once again, we feel incomparably tiny and ignorant in the face of our tolerant mother nature and ashamed of ourselves in the presence of the small boletus mushroom! But we will not give up, instead, we will work harder to come closer to nature and humbly ask mother nature for all these answers. This is also why we wrote this book to tell you what we have known and what we have learned about the mushroom, and to summarize what we need to do to understand it more deeply.

This book tells the story of *P. portentosus*, but neither is saying it for fun, nor an Encyclopedia of cultivation of the fungus. We just try our best to write it as a well-illustrated book that is both scientific and interesting. Hopefully, the book is readable by professors and government officials, and rural farmers as well. After reading the book, if you think that the book is a bit useful and you have taken what you expected, then our uneasy heart can be put down. If there is anything wrong or omission in the book, we hope you can criticize and correct it.

In the process of researching the mushroom and writing this book we were fortunate to have been supported by the research funds of the National Natural

Science Foundation of China, Yunnan Department of Science and Technology, Yunnan Provincial Bureau of State Farms, Xishuangbanna Prefecture and Jinghong City government. We sincerely thank all the scientific research institutes, universities, farms, orchards and other units, individuals for their strong support and help. Without these help and support we cannot achieve today's success.

The research on the black boletus has been strongly supported by all levels of leadership and colleagues from the Yunnan Institute of Tropical Crops. The completion of this book is also dedicated with their affectionate friendship.

This book includes 11 chapters, Wang Yun composed the 1st and 2nd chapter, Zhang Chunxia wrote the 3rd, 4th and 8th, Gao Feng the 5th, Cao Yang the 6th, He Mingxia the 7th, 10th and 11th, Liu Jing the 9th. Foreword was written by Zhang Chunxia and Wang Yun. He Mingxia and Wang Yun wrote the overview. The full text was repeatedly modified and polished by Zhang Chunxia and Wang Yun. Fang Yiwei, Wang Wenbing, Xu Xinjing and Yang Tianwei participated in compiling the relevant sections. Qi Wangguang, Fan Nengqiu, Wang Feng and Liu Yunfeng are also the important members of this team. Although they did not participate in the writing of this book, their contribution to the research cannot be ignored. Ji Kaiping, Xu Xiao'e, Zhou Mao, Yang Taimao and Yang Junqiao had participated in the research work, however now completely out of the Yunnan Institute of Tropical Crops. They could not participate in writing unfortunately, but at this point we thank for their different contributions to this research work.

For more than a decade we have been acquainted with the black bolete and seem to know a great deal about it. However, the strange thing is when facing such a little black mushroom we often have a mix feeling of both familiar and strange. There is a strange confusion, that is, the things used to be the right ones are often denied by new discoveries. The book is completed; however the study of *P. portentosus* is not finished. This is an end but also a head, start again from scratch!

云南省热带作物科学研究所

黑牛肝菌
——暗褐网柄牛肝菌

【神奇美味的】



Amazing delicious black boletus
Phlebopus portentosus

目录

CONTENTS

第一章 概述 / 1

第二章 暗褐网柄牛肝菌的分类地位和分布 / 9

- 第一节 分类地位 / 9
- 第二节 形态特征 / 11
- 第三节 分布 / 13
- 第四节 近似种和亲缘关系 / 15

第三章 暗褐网柄牛肝菌的生态学特性 / 20

- 第一节 生长在什么地方 / 21
- 第二节 生长在什么植物附近 / 28
- 第三节 生长在什么土壤中 / 33
- 第四节 气候条件 / 35
- 第五节 不喜欢农药 / 36

第四章 暗褐网柄牛肝菌的营养方式 / 37

- 第一节 是腐生菌吗？ / 37
- 第二节 是外生菌根菌吗？ / 39
- 第三节 和蛭虫有关系 / 42

第四节 和植物有关系 / 51

第五节 菌 - 虫 - 植物三位一体的复杂营养关系 / 53

第六节 和蚂蚁有关系吗? / 54

第五章 暗褐网柄牛肝菌胞外酶初探 / 56

第一节 为什么要研究胞外酶? / 56

第二节 研究哪些胞外酶? / 57

第三节 怎样研究胞外酶? / 58

第四节 胞外酶的种类 / 59

第五节 胞外酶活性的变化规律 / 60

一、暗褐网柄牛肝菌胞外酶活性的变化规律 / 60

二、腐生食用菌胞外酶活性的变化规律 / 62

第六节 栽培基质谷粒及木屑利用情况 / 65

一、谷粒利用情况 / 65

二、木屑利用情况 / 65

第六章 暗褐网柄牛肝菌基因组学研究 / 69

第一节 1 000 个真菌基因组计划 / 70

第二节 暗褐网柄牛肝菌基因组初步研究 / 72

一、暗褐网柄牛肝菌基因组基本特征 / 72

二、暗褐网柄牛肝菌基因组中的碳水化合物酶系 / 72

第七章 暗褐网柄牛肝菌人工栽培——菌种篇 / 75

第一节 暗褐网柄牛肝菌菌种分离、选育和保存 / 76

一、菌种分离 / 76

二、菌种选育 / 77

三、菌种保存 / 78

第二节 暗褐网柄牛肝菌的营养生理 / 79

- 一、碳源 / 79
- 二、氮源 / 80
- 三、矿物质元素 / 81
- 四、培养基的 pH / 82

第八章 暗褐网柄牛肝菌人工栽培——菇房篇 / 84

- 第一节 菇房栽培历程 / 86
- 第二节 栽培种的制作 / 90
 - 一、母种制备 / 90
 - 二、原种制备 / 90
 - 三、栽培种制备 / 90
- 第三节 栽培方式的选择 / 92
- 第四节 袋栽暗褐网柄牛肝菌 / 92
 - 一、装袋、灭菌 / 92
 - 二、接种、发菌 / 93
 - 三、覆土和出菇 / 93
 - 四、出菇管理 / 94
 - 五、收获和储藏 / 95

第九章 暗褐网柄牛肝菌人工栽培——仿生篇 / 96

- 第一节 大自然的启示 / 96
- 第二节 暗褐网柄牛肝菌仿生栽培的由来 / 97
- 第三节 仿生栽培是低碳环保回归自然的好模式 / 99
- 第四节 田间仿生栽培的菌剂 / 100
 - 一、固体菌种 / 100
 - 二、子实体粉碎液 / 101
 - 三、液体菌种 / 101
- 第五节 田间菌种出菇 / 102

一、栽培季节 / 103

二、栽培方法 / 103

三、出菇管理 / 103

四、采收 / 103

第六节 暗褐网柄牛肝菌林下仿生栽培 / 104

一、凤凰木林下仿生栽培 / 104

二、柚子林下仿生栽培 / 108

第七节 暗褐网柄牛肝菌林下仿生栽培的管理 / 114

一、菌腔虫瘿数量控制 / 114

二、水肥管理 / 114

三、宿主树管理 / 115

第十章 暗褐网柄牛肝菌的营养成分 / 117

第一节 不同暗褐网柄牛肝菌子实体营养成分对比 / 118

一、主要营养成分 / 118

二、氨基酸 / 119

三、矿质元素 / 121

第二节 和其他菇类的比较 / 122

一、主要营养成分 / 122

二、矿质元素 / 123

三、营养价值 / 123

第十一章 暗褐网柄牛肝菌的加工和开发 / 125

第一节 暗褐网柄牛肝菌的烹调 / 125

一、韭菜炒牛肝菌 / 126

二、双椒牛肝菌丁 / 126

三、青椒牛肝菌 / 126

四、红烧牛肝菌 / 127

- 五、牛肝菌焖土豆 / 127
- 六、牛肝菌炒猪肉 / 127
- 七、贵妃牛肝菌 / 128
- 八、铁板牛肝菌 / 128
- 九、干椒牛肝菌 / 128
- 十、生煎牛肝菌 / 129
- 十一、脆皮牛肝菌 / 129
- 十二、肉塔牛肝菌 / 129
- 十三、牛肝菌干片炖乌骨鸡 / 130
- 十四、牛肝菌干片炖排骨 / 130
- 十五、牛肝菌长寿面 / 130
- 十六、牛肝菌饺子 / 131
- 十七、傣味柠檬牛肝菌沙拉 / 131
- 十八、傣味包烧牛肝菌 / 131
- 十九、芥末牛肝菌、牛肝菌刺身 / 132
- 二十、牛肝菌火锅 / 132

第二节 暗褐网柄牛肝菌的深加工前景 / 133

- 一、即食食品 / 133
- 二、保健及医疗方面的加工 / 134

参考文献 / 135

后 记 / 139