



郭良栋

中国科学院微生物研究所研究员，现兼任中国菌物学会理事长，真菌学国家重点实验室副主任，《生物多样性》《菌物学报》《菌物研究》副主编，《植物生态学报》《植物应用生态学报》编委等职。主要从事与植物密切相关的菌根真菌和内生真菌系统学、生态学、生物多样性研究。

我国桑黄产业发展现状、问题及展望： 桑黄产业发展千岛湖宣言

杨焱^{1#}，陈晓华^{2#}，戴玉成^{3#}，周丽伟^{4#}，蔡为明^{5#}，郭良栋^{4*}，崔宝凯³，李宁⁶，雷萍⁷，李长田⁸，李正鹏¹，施维⁹，陆本坤¹⁰，秦绍新¹⁰，王荣祥¹¹，李喜范¹²，宋金佛¹³，姚生良¹⁴，张安强¹⁵，蒋宁¹⁶，万和炎¹⁷，丁法良¹⁸，张赫男¹，郑仲桂²，张升明¹⁹，周洪英²⁰，范宇光²¹，陈万超¹，余鑫辉²²，唐世超²³，张彦飞²⁴，张钦学²⁵，王琨¹⁰，闫景坤²⁶，刘迪²⁷，王晨光²⁸，杨保雨²⁹，陈渭春³⁰，李婷婷³¹，莫妍³²，傅俊生³³，吴德平³⁴，宋斌³⁵，刘杰³⁶，王君³⁷，周伟³⁸，耿俊菊³⁹，赵菁⁴⁰，李青恩⁴¹

1 上海市农业科学院食用菌研究所 国家食用菌工程技术研究中心，上海 201403

2 浙江千济方医药科技有限公司，浙江 杭州 310009

3 北京林业大学生态与自然保护学院微生物研究所，北京 100083

4 中国科学院微生物研究所 真菌学国家重点实验室，北京 100101

5 浙江省农业科学院园艺所，浙江 杭州 310021

6 安徽医科大学药学院，安徽 合肥 230032

7 陕西省微生物研究所，陕西 西安 710043

8 吉林农业大学 药用菌物资源及开发利用重点研究室，吉林 长春 130118

9 吉林大学生命科学学院，吉林 长春 130012

10 金寨尚臻生物科技有限公司，安徽 六安 237399

11 临清清源正本生物医药科技有限公司，山东 临清 252699

12 吉林通化白山食用菌研究所，吉林 通化 134100

资助项目：上海市科委“科技创新行动计划”农业领域项目(22N51900100)；国家自然科学基金(31970012)；上海市领军人才项目 2018

This work was supported by the “Plan of Action for Scientific and Technological Innovation” of Science and Technology Commission of Shanghai Municipality (22N51900100), the National Natural Science Foundation of China (31970012), and the Program of Leading Talent in Shanghai 2018.

*Corresponding author. E-mail: guold@im.ac.cn

#Co-first author

ORCID: YANG Yan (0000-0003-1421-8003)

Received: 2022-02-15; Accepted: 2022-03-09

- 13 江苏蕈源种业科技有限公司, 江苏 南京 211316
- 14 海宁宏欣农业生物科技有限公司, 浙江 海宁 314416
- 15 浙江工业大学食品科学与工程学院, 浙江 杭州 310014
- 16 江苏省农业科学院蔬菜研究所, 江苏 南京 210014
- 17 金寨县祥瑞桑黄种植专业合作社, 安徽 六安 237344
- 18 杭州德标科技有限公司, 浙江 杭州 310030
- 19 陕西春森菌业有限公司, 陕西 西乡 723500
- 20 湖北省农业科学院经济作物研究所, 湖北 武汉 430064
- 21 海南医学院药学院, 海南 海口 571199
- 22 浙江桑之路桑黄有限公司, 浙江 杭州 311305
- 23 合肥立方制药股份有限公司, 安徽 合肥 230094
- 24 榆林市榆阳区农业投资开发有限公司, 陕西 榆林 719000
- 25 吉林省康百草中草药种植集团有限公司, 吉林 白山 134399
- 26 东莞理工学院化学工程与能源技术学院, 广东 东莞 523808
- 27 延边大学农学院, 吉林 延吉 133002
- 28 上海百信生物科技有限公司, 上海 201403
- 29 山东桑宝药业有限公司, 山东 聊城 252655
- 30 余姚市华丹生物科技有限公司, 浙江 余姚 315472
- 31 上海健康医学院医学技术学院, 上海 201318
- 32 北京松窗采薇投资管理有限公司, 北京 100079
- 33 福建农林大学生命科学学院, 福建 福州 350002
- 34 浙江大学生命科学院食药用菌研究所, 浙江 杭州 310058
- 35 广东省科学院微生物研究所, 广东 广州 510070
- 36 吉林桑黄生物科技集团有限公司, 吉林 延边 133505
- 37 山西钜劲生物科技有限公司, 山西 晋城 048109
- 38 湖北森源生态科技股份有限公司, 湖北 远安 444200
- 39 夏津桑黄生物科技有限公司, 山东 夏津 253211
- 40 湖北上滋生物股份有限公司, 湖北 武汉 430070
- 41 上海菇林源菌业专业合作社, 上海 202155

摘要: 桑黄是最早收录于我国中药古籍中的一类大型珍稀药用真菌的总称, 具有抗肿瘤、降血糖、降血脂、抗氧化和降尿酸等多种功效作用。现代分类学研究结果表明, 桑黄具有丰富的物种多样性, 广泛分布于我国及北半球不同地区, 并生长在桑树、杨树、丁香、忍冬、栎树、锦带花、水曲柳、枣树和核桃楸等多种阔叶树上。自 20 世纪 90 年代以来, 我国开始了桑黄人工驯化, 目前主要用于桑黄产业的种类有桑树桑黄 *Sanghuangporus sanghuang*、瓦尼桑黄(又称杨树桑黄) *Sanghuangporus vaninii*、鲍姆桑黄 *Sanghuangporus baumii* 和粗毛纤孔菌 *Inonotus hispidus* 等, 产业规模正在逐年扩大, 形成具有广阔发展潜力的健康产业, 产生了较高的经济价值和社会效益。本文从桑黄的历史记载、分类地位的演变、功效研究、产业发展进程及面临的瓶颈等问题进行了分析与总结, 提出了促进桑黄产业健康发展的建议, 并对产业发展愿景进行了展望。

关键词: 桑黄; 分类; 历史演变; 功效作用; 产业问题; 发展建议

[引用本文]

杨焱, 陈晓华, 戴玉成, 周丽伟, 蔡为明, 郭良栋, 崔宝凯, 李宁, 雷萍, 李长田, 李正鹏, 施维, 陆本坤, 秦绍新, 王荣祥, 李喜范, 宋金梯, 姚生良, 张安强, 蒋宁, 万和炎, 丁法良, 张赫男, 郑仲桂, 张升明, 周洪英, 范宇光, 陈万超, 余鑫辉, 唐世超, 张彦飞, 张钦学, 王琨, 闫景坤, 刘迪, 王晨光, 杨保雨, 陈渭春, 李婷婷, 莫妍, 傅俊生, 吴德平, 宋斌, 刘杰, 王君, 周伟, 耿俊菊, 赵菁, 李青恩, 2023. 我国桑黄产业发展现状、问题及展望: 桑黄产业发展千岛湖宣言. 菌物学报, 42(4): 855-873

Yang Y, Chen XH, Dai YC, Zhou LW, Cai WM, Guo LD, Cui BK, Li N, Lei P, Li CT, Li ZP, Shi W, Lu BK, Qin SX, Wang RX, Li XF, Song JD, Yao SL, Zhang AQ, Jiang N, Wan HY, Ding FL, Zhang HN, Zheng ZG, Zhang SM, Zhou HY, Fan YG, Chen WC, Yu XH, Tang SC, Zhang YF, Zhang QX, Wang K, Yan JK, Liu D, Wang CG, Yang BY, Chen WC, Li TT, Mo Y, Fu JS, Wu DP, Song B, Liu J, Wang J, Zhou W, Geng JJ, Zhao J, Li QE, 2023. Sanghuang industry in China: current status, challenges and perspectives: the Qiandao Lake declaration for sanghuang industry development. Mycosystema, 42(4): 855-873

Sanghuang industry in China: current status, challenges and perspectives: the Qiandao Lake declaration for sanghuang industry development

YANG Yan^{1#}, CHEN Xiaohua^{2#}, DAI Yucheng^{3#}, ZHOU Liwei^{4#}, CAI Weiming^{5#}, GUO Liangdong^{4*}, CUI Baokai³, LI Ning⁶, LEI Ping⁷, LI Changtian⁸, LI Zhengpeng¹, SHI Wei⁹, LU Benkun¹⁰, QIN Shaoxin¹⁰, WANG Rongxiang¹¹, LI Xifan¹², SONG Jindi¹³, YAO Shengliang¹⁴, ZHANG Anqiang¹⁵, JIANG Ning¹⁶, WAN Heyan¹⁷, DING Faliang¹⁸, ZHANG Henan¹, ZHENG Zhonggui², ZHANG Shengming¹⁹, ZHOU Hongying²⁰, FAN Yuguang²¹, CHEN Wanchao¹, YU Xinhui²², TANG Shichao²³, ZHANG Yanfei²⁴, ZHANG Qinxue²⁵, WANG Kun¹⁰, YAN Jingkun²⁶, LIU Di²⁷, WANG Chenguang²⁸, YANG Baoyu²⁹, CHEN Weichun³⁰, LI Tingting³¹, MO Yan³², FU Junsheng³³, WU Deping³⁴, SONG Bin³⁵, LIU Jie³⁶, WANG Jun³⁷, ZHOU Wei³⁸, GENG Junju³⁹, ZHAO Jing⁴⁰, LI Qing'en⁴¹

- 1 National Engineering Research Center of Edible Fungi, Institute of Edible Fungi, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China
- 2 Zhejiang Qianji Fang Pharmaceutical Technology Co., Ltd., Hangzhou 310009, Zhejiang, China
- 3 Institute of Microbiology, School of Ecology and Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China
- 4 State Key Laboratory of Mycology, Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China
- 5 Horticulture Research Institute, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, Zhejiang, China
- 6 Pharmacy College, Anhui Medical University, Hefei 230032, Anhui, China
- 7 Microbiology Institute of Shaanxi, Xi'an 710043, Shaanxi, China
- 8 Key Laboratory of Medicinal Fungal Resources and Development and Utilization, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, Jilin, China
- 9 School of Life Sciences, Jilin University, Changchun 130012, Jilin, China
- 10 Jinzhai Shangzhen Biological Co., Ltd., Lu'an 237399, Anhui, China
- 11 Linqing Qingyuan Zhengben Biomedical Technology Co., Ltd., Linqing 252699, Shandong, China
- 12 Tonghua Baishan Edible Fungi Research Institute of Jilin Province, Tonghua 134100, Jilin, China
- 13 Jiangsu Xunyu Seed Science and Technology Co., Ltd., Nanjing 211316, Jiangsu, China
- 14 Haining Hongxin Agricultural Science and Technology Co., Ltd., Haining 314416, Zhejiang, China
- 15 College of Food Science and Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, Zhejiang, China
- 16 Institute of Vegetables, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, Jiangsu, China
- 17 Jinzhai Xiangrui Sanghuang Cultivation Specialized Cooperative Organization, Lu'an 237344, Anhui, China
- 18 Hangzhou Debiao Science and Technology Co., Ltd., Hangzhou 310030, Zhejiang, China

- 19 Shaanxi Chunsen Fungus Co., Ltd., Xixiang 723500, Shaanxi, China
- 20 Economic Crops Institute, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, Hubei, China
- 21 College of Pharmacy, Hainan Medical University, Haikou 571199, Hainan, China
- 22 Zhejiang Sangzhilou Sanghuang Co., Ltd., Hangzhou 311305, Zhejiang, China
- 23 Hefei Lifeon Pharmaceutical Co., Ltd., Hefei 230094, Anhui, China
- 24 Yulin Yuyang District Agricultural Investment and Development Co., Ltd., Yulin 719000, Shaanxi, China
- 25 Jilin Kangbaicao Chinese Traditional Medicinal Herb Planting Group Co., Ltd., Baishan 134399, Jilin, China
- 26 School of Chemical Engineering and Energy Technology, Dongguan University of Technology, Dongguan 523808, Guangdong, China
- 27 Agricultural College, Yanbian University, Yanji 133002, Jilin, China
- 28 Shanghai Baixin Biological Science and Technology Co., Ltd., Shanghai 201403, China
- 29 Shandong Sangbao Pharmaceutical Co., Ltd., Liaocheng 252655, Shandong, China
- 30 Yuyao Huadan Biological Science and Technology Co., Ltd., Yuyao 315472, Zhejiang, China
- 31 The College of Medical Technology, Shanghai University of Medicine & Health Science, Shanghai 201318, China
- 32 Beijing Songchuang Caiwei Investment Management Co., Ltd., Beijing 100079, China
- 33 College of Life Sciences, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, Fujian, China
- 34 Edible Fungi Research Institute, College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, Zhejiang, China
- 35 Institute of Microbiology, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510070, Guangdong, China
- 36 Jilin Sanghuang Biological Science and Technology Group Co., Ltd., Yanbian 133505, Jilin, China
- 37 Shanxi Jujin Biological Science and Technology Co., Ltd., Jincheng 048109, Shanxi, China
- 38 Hubei Senyuan Ecological Technology Co., Ltd., Yuan'an 444200, Hubei, China
- 39 Xiajin Sang huang Biological Technology Co., Ltd., Xiajin 253211, Shandong, China
- 40 Hubei Shangzi Biological Technology Co., Ltd., Wuhan 430070, Hubei, China
- 41 Shanghai Gulinyuan Professional Mushroom Cooperative Organization, Shanghai 202155, China

Abstract: Sanghuang, as a group of medicinal macrofungi recorded in ancient Chinese traditional medicine books, has many functions such as anti-tumor, reduction of blood sugar, reduction of blood fat, anti-oxidation, and reduction of uric acid. Modern taxonomic studies have shown that sanghuang has high species diversity and widely distributed in different areas of China and other areas of north Hemisphere, growing in mulberry, poplar, clove, honeysuckle, northeast China ash, jujube, walnut and other broad-leaved trees. Sanghuang have been artificially cultivated in China since 1990s, and the species used for cultivation are mainly *Sanghuangporus sanghuang*, *S. vaninii*, *S. baumii*, and *Inonotus hispidus*. The scale of the sanghuang industry is progressively expanding, forming a health industry with high economic value and social benefits. In this paper, we summarized the current status of sanghuang industry in China, relating to the historical record, the change of classification status, the functional researches, production development, bottleneck problems and countermeasures. The problems existing in sanghuang industry development, and some recommendations for its future development in China are proposed.

Keywords: sanghuang; classification; historical development; function; problems of industry development; recommendations of development

桑黄是一类大型珍稀食药真菌,最早记载为中国两千多年前的中药学专著《神农本草经》中的“桑耳”,“桑黄”名称最早出自唐初甄权所著《药性论》。我国历代书籍记载了桑黄的多种主治功效,如秦汉时期《神农本草经》中记载:“桑耳,黑者,主女子漏下赤白汁,血病癥瘕积

聚,阴痛,阴阳寒热无子”(栾英杰和侯万升 2010)。唐代甄权的《药性论》中有“桑黄,味甘、辛,无毒”的记载,孙思邈的《备急千金要方》中有“治妇人及女子赤白带方”的复方记载,是治疗妇科病的传统中药。五代时期的《日华子本草》记载了桑黄具有“止肠风泻血,妇人心腹

痛”(常敏毅 2015)。宋代的《圣惠方》记载桑黄能用于“腹痛心烦、痔疾多年不瘥、下部肿硬疼痛”等症。《普济方》中记载了多个治久血痢不止、诸痔大肠下血等症的桑黄复方处方。清朝张璐的《本经逢原》记载“桑耳，善祛子脏中风热，不但主漏下血病，并可以治寒热积聚，积聚去，不难成孕”。现代桑黄的研究起于二战后日本长崎女岛发现其对癌症的防治作用(Ikekawa *et al.* 1968; Shibata 1968)。

桑黄作为一种珍稀食药两用真菌，虽然记载于历代的本草著作中，但是在我国并没有得到广泛重视和应用，直到 20 世纪 90 年代初，韩国商人在中国大量收购野生桑黄，这一珍稀菌物资源才受到学者和产业界人士的关注，人工驯化逐步获得突破并形成区域规模化种植。随着我国桑黄产业的发展，也出现诸多乱象，尤其是菌种分类名称多样、野生品类众多和业内宣传较为混乱，同时桑黄入市身份有待解决，这都成为产业发展的瓶颈问题。为此，从事桑黄科研和产业开发的专业人士与企业家们经过广泛讨论达成共识，将进一步规范桑黄分类命名，创新产、学、研、管结合机制，倡议从“尊重科学、利好产业”出发，促进我国桑黄产业的健康与可持续发展。

1 桑黄产业发展现状

1.1 桑黄拉丁学名的演变

由于受当时人们对物种认知水平的限制，两千年来多本古籍所记载的桑黄可能包括不同的种类，因此古代所描述的桑黄应为一类具有药用价值的大型真菌的总称。长期以来人们普遍认为桑黄属于木层孔菌属 *Phellinus* Quél., 例如日本、韩国学者过去普遍认为桑黄是裂蹄针层孔菌(又称针裂蹄、裂蹄木层孔) *Phellinus linteus* (Berk. & M.A. Curtis) Teng。然而，中国学者在 1998 年发现 *P. linteus* 是中美洲的种类，亚洲并无分布(Dai & Xu 1998); Wu *et al.* (2012)通过分子系统发育分析，发现桑黄(原拉丁学名 *P. linteus* 或 *P.*

baumii)及其相近种类与纤孔菌属 *Inonotus* P. Karst 近缘，而且只生长在桑树上，并发表为新种 *Inonotus sanghuang* Sheng H. Wu, T. Hatt. & Y.C. Dai。后经基因片段分析表明，桑黄及相近种类既不属于纤孔菌属，也不属于木层孔菌属，并建立了一个新属：桑黄孔菌属 *Sanghuangporus* Sheng H. Wu, L.W. Zhou & Y.C. Dai，寄生于桑树上的命名为桑树桑黄 *Sanghuangporus sanghuang* (Sheng H. Wu, T. Hatt. & Y.C. Dai) Sheng H. Wu, L.W. Zhou & Y.C. Dai (Zhou *et al.* 2016)。过去认为和桑黄近缘的裂蹄纤孔菌 *Inonotus linteus* (Berk. & M.A. Curtis) Teixeira (≡裂蹄木层孔 *Phellinus linteus*，日本和韩国学者过去误以为 *I. linteus* 是桑黄)等种类也不属于纤孔菌属和木层孔菌属，也为一个新属，命名为热带孔菌属 *Tropicoporus* L.W. Zhou, Y.C. Dai & Sheng H. Wu (Zhou *et al.* 2016; 吴声华和戴玉成 2020)。近年来关于桑黄生物学活性或药用功能的研究实际上包括了锈革孔菌科 Hymenochaetaceae 等多个物种(图 1)，如桑树桑黄 *Sanghuangporus sanghuang*、瓦尼桑黄(又称为杨树桑黄) *Sanghuangporus vaninii* (Ljub.) L.W. Zhou & Y.C. Dai、粗毛纤孔菌 *Inonotus hispidus* (Bull.) P. Karst、火木层孔菌 *Phellinus igniarius* (L.) Quél 以及裂蹄热带孔菌 *Tropicoporus linetus* (Berk. & M.A. Curtis) L.W. Zhou & Y.C. Dai 等(陈万超等 2020)。目前世界范围内桑黄孔菌属有 18 种，热带孔菌属有 43 种(Wu *et al.* 2022)。

1.2 野生桑黄的分布

在我国发现的野生桑黄有 11 种，分布于多个省市。高山桑黄 *Sanghuangporus alpinus*，主要生长在我国西藏、云南和四川等西南地区高海拔山区的忍冬树上。鲍姆桑黄 *Sanghuangporus baumii*，主要生长在我国东北黑龙江、吉林和安徽等地的丁香树或其他阔叶树上。小孔忍冬桑黄 *Sanghuangporus lonicericola*，主要生长在我国东北黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古等地区的忍冬树上。栎树桑黄 *Sanghuangporus quercicola*，主要

生长在我国河南、重庆、贵州、西藏和湖北等地区的栎树及其他阔叶树上。桑树桑黄 *Sanghuangporus sanghuang*, 主要生长在我国浙江、湖北、山西、陕西、甘肃、四川、贵州、云南和西藏等地的桑树上。拟鲍姆桑黄 *Sanghuangporus subbaumii*, 主要生长在我国华北的山西、河北和北京等地的丁香树和杏树等阔叶树上。瓦尼桑黄(杨树桑黄) *Sanghuangporus vaninii*, 主要生长在我国东北地区的杨树上。黄荆桑黄 *Sanghuangporus vitexicola*, 目前仅报道于我国台湾的黄荆上。锦带花桑黄 *Sanghuangporus weigela*, 主要生长在我国亚热带至暖温带的多个省区的锦带花及其他少数阔叶树种类上。环区桑黄 *Sanghuangporus zonatus*, 主要生长在我国海南、云南热带地区的阔叶树上(戴玉成和崔宝凯 2014)。粗毛纤孔菌 *Inonotus hispidus*, 主要生长在我国的黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、北京、山西、山东、陕西、甘肃和新疆等地区的桑树、水曲柳、枣树和核桃楸等多种阔叶树上。

1.3 桑黄人工栽培现状

桑黄作为一种珍稀药用真菌的栽培起步于日韩, 种植模式有段木栽培和代料栽培 2 种, 我国的桑黄人工栽培开始于 1996 年的安徽金寨, 采用段木栽培模式。段木栽培通常需要 3 年生, 以充分利用木材基质, 实现高生物转化率。代料栽培通常 1 年生, 一年可栽培 1-2 季。2012 年桑黄代料栽培在浙江千岛湖和陕西省微生物研究所陆续成功。近年来, 新品种选育、液体菌种技术和工厂化周年栽培等技术被逐一攻克(方勇等 2019; Zhang *et al.* 2019a; Zhu *et al.* 2019; Dong *et al.* 2021; 李羚等 2021; 李正鹏等 2021a, 2021b)。经过 20 年的发展, 已形成一定的产业规模, 2020 年的产量约 100 t。目前能广泛人工栽培的桑黄品种有鲍姆桑黄 *Sanghuangporus baumii*、瓦尼桑黄 *Sanghuangporus vaninii* 和粗毛纤孔菌 *Inonotus hispidus*, 桑树桑黄 *Sanghuangporus sanghuang* 仅有小批量尝试栽培(刘春静等 2005; Tian *et al.* 2015; 付立忠等 2021; 任思竹等 2021)。

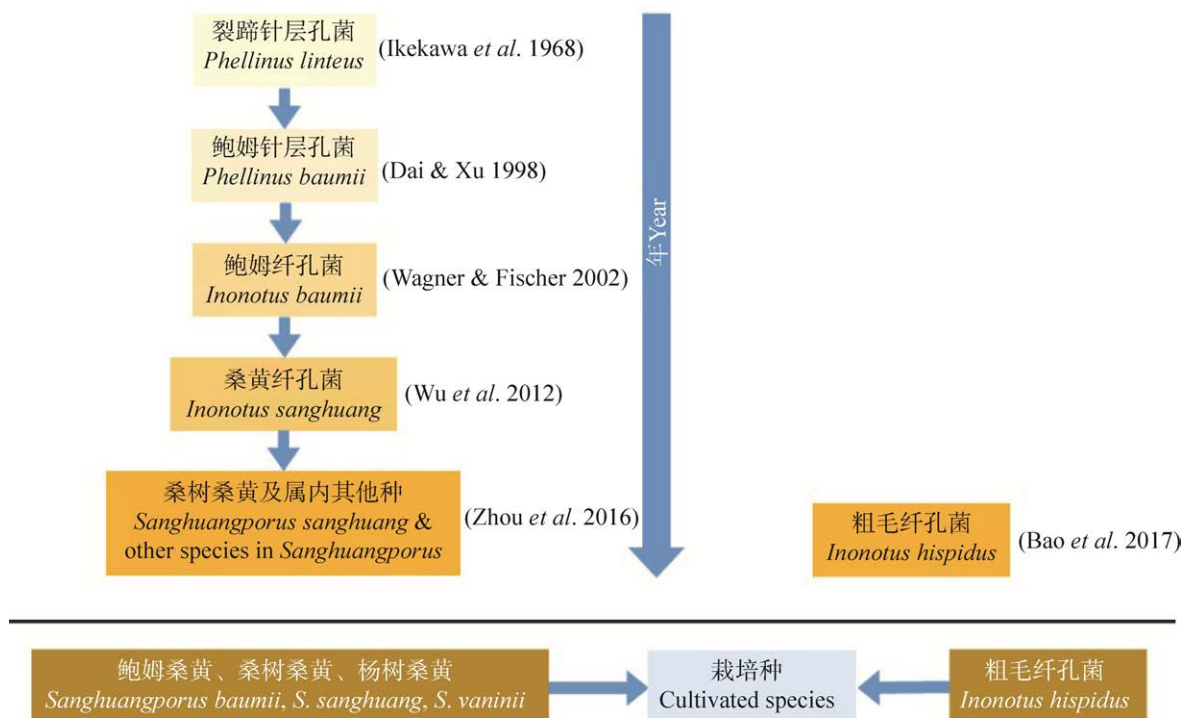


图 1 桑黄菌种拉丁名的演变历史进程及目前主要栽培用品种

Fig. 1 The transformation history of Latin name and the main cultivar of Sanghuang.

1.4 桑黄化学成分和功效研究进展

1.4.1 化学成分研究进展

近年来,国内外学者对桑黄类真菌的化学成分进行研究,发现桑黄子实体内含有多糖、多酚、萜类、甾醇类、脂肪酸和氨基酸等多种化学成分(Wu *et al.* 2010; Chen *et al.* 2016; Chen *et al.* 2019)。桑黄多糖是一类重要的功效成分,包括 β -葡聚糖、蛋白多糖和杂多聚糖等(Yang *et al.* 2007, 2009; Li *et al.* 2015; Pei *et al.* 2015; 丁云云等 2016; Yan *et al.* 2017; Feng *et al.* 2018; 刘帅等 2018; Yuan *et al.* 2018; Wang *et al.* 2019a, 2019b)。桑黄多糖的单糖组成主要有葡萄糖、半乳糖、甘露糖、果糖和木糖等。研究发现不同菌种、不同培养方式得到的桑黄多糖的理化性质相差较大,如火木层孔菌中分离出来的多糖其半乳糖在单糖组成中占较大比例,裂蹄木层孔(实际上极有可能是瓦尼桑黄)菌丝体胞内多糖和子实体多糖中甘露糖的含量较高,鲍姆木层孔菌 *Phellinus baumii* (=鲍姆桑黄 *S. baumii*) 菌种发酵菌丝体分离出的均一多糖中葡萄糖组成比例较大(Li *et al.* 2015; Wang *et al.* 2019b; Wu *et al.* 2019; Wan *et al.* 2022)。从鲍姆桑黄子实体中分离纯化得到 β -葡萄糖,以 β -(1 \rightarrow 3)-D葡萄糖为主链,C6上分支的多糖有较好的抗肿瘤活性(葛青等 2013)。

桑黄中分离纯化出的多酚类化合物有: hispidin、isohispidin、hispolon、3,14-bihispidinyl、hypholomine A 和 B、fasciculine A 和 B、phelligidimer A、suarrosidine、pinillidine、phelligridin A-L (桑黄素)、methylphelligrin A 和 B、inoscavin A-D (纤孔菌素)、methylinoscavin A-D、interfungin A 和 B、inonoblin B 和 C、davallialactone (骨碎补内酯)、methyldavallialactone、phellinstatin、phellinin A1、phellinin A2、baumin、phellibaumin A-E、phellinusfuran A 和 B、caesalpiniaphenol D、3,4-dihydroxybenzalacetone (紫箕酮)、4-acetopyrocatechol (二羟基苯乙酮)、pyrocatechol (焦儿茶酚)、

3,4-dihydroxybenzaldehyde (原儿茶醛)、4-(3,4-dihydroxyphenyl)-3-buten-2-one、protocatechuic acid (原儿茶酸)、syringate (丁香酸)和 caffeic acid (咖啡酸)等(汪雯翰等 2014; 於学良等 2014; Huang *et al.* 2016; 咎立峰等 2016; 许谦等 2019; 陈万超等 2020)。

桑黄中分离纯化出的黄酮类化合物有: taxifolin (花旗松素)、naringenin (柚皮素)、7-methylnaringenin (7-甲基柚皮素)、kaempferide (山奈素)、dihydrokaempferol (二氢山奈酚)、7-methoxy dihydrokaempferol (7-甲氧基二氢茨非素)、rhamnetin (鼠李素)、dihydorrhamnetin (二氢鼠李素)、erodcyol (圣草素)、7-methoxyerodcyol (7-甲基圣草素)、genkwanin (芫花素)、phelligrins A 和 B (桑黄黄酮)、methylphelligrins A 和 B (甲基桑黄黄酮)、isophelligrins A 和 B (异桑黄黄酮)、isomethylphelligrins A 和 B (甲基异桑黄黄酮)和 sakuranetin (樱花亭)等(曹红妹等 2019)。

桑黄中分离纯化出的萜类化合物有: iginaren A-D、phellibarins A-C、gilvsin A、gilvsin C 和 D、24-methylenelanost-8-ene-3 β ,22-diol (24-亚甲基-8-羊毛甾烯-3 β ,22-二醇)、sulfurenic acid (硫色多孔酸)、eburicoic acid (层孔菌酸)、cycloeucaenol (环桉烯醇)、lupeol (羽扇豆醇)、nepetidin、betulin (白桦脂醇)、betulic acid (白桦脂酸)、23-hydroxybetulinic acid (23-羟基白桦酸)和 3 β -acetyloleanolic acid (3 β -乙酰基齐墩果酸)、igniarine、natalic、ursolic acid (熊果酸)、 β -boswellic acid (β -乳香酸)、friedelin (软木三萜酮)和 abietic acid (松香酸)等(Wang *et al.* 2009; Feng *et al.* 2016; Jiang *et al.* 2018; Thanh *et al.* 2018)。倍半萜类: sanghuanglin、phellilins A-C、elgonenes A-L、eudesm-1 β ,6 α ,11-triol、(+)-(2E,4E)-5-[(S)-2,2-dimethyl-6-methylen-ecyclohexyl]-3-methylpenta-2,4-dienoic acid 和 tremulane 衍生物等(Huang *et al.* 2013; Song *et al.* 2014)。

桑黄中分离纯化出的甾体类化合物有:

ergosterol (麦角甾醇)、ergosterol peroxide (过氧化麦角甾醇)、daucosterin (胡萝卜甾醇)、 $5\alpha,6\beta$ -dihydroxydaucosterol 和 phellinignincisterol A-C 等(Wu *et al.* 2010; Feng *et al.* 2016; Jiang *et al.* 2018; Thanh *et al.* 2018)。

桑黄中分离纯化出的含氮化合物有:鞘脂类化合物 1-O- β -D-吡喃葡萄糖基-2S,3R,4E,8E,2'R,2N-(2'-棕榈酰)-9-甲基-4,8-sphingadienine、尿嘧啶、尿嘧啶核苷、脱氧尿嘧啶核苷、N-甲基乙醇胺、乙酰氨基苯丙氨酸、腺嘌呤核苷、3-吡啶羧酸以及 14 个环二肽等(吴秀丽等 2011; Li *et al.* 2015; 丁云云等 2018)。

桑黄中分离纯化出的其他次级代谢物有:从裂蹄木层孔 *P. linteus* (实际上极有可能是瓦尼桑黄 *S. vaninii*)菌丝体中分离得到紫罗兰亚基乙酸及其衍生物 ionylideneacetic acid (紫罗兰亚基乙酸)、phellinulin A-C、phellidine E 和 D、1S-(2E)-5-[(1R)-2,2-dimethyl-6-methylidenecyclohexyl]-3-methylpent-2-enoic acid; 从鲍姆桑黄子实体中分离得到一种胞外漆酶,氨基酸序列 AIGPVDEV (Sun *et al.* 2014)。

1.4.2 功效研究进展

现代药理学研究表明,桑黄具有广泛的药用价值,不仅具有显著的抗肿瘤功效,还具有很好的降血糖、降血脂和活血化瘀功效。此外,也有研究证实,桑黄具有增强免疫、抗炎、抗氧化、降尿酸和抗病毒等作用,在糖尿病、炎症、关节炎、痛风和脱肛泻血等疾病中具有重要疗效。

(1) 抗肿瘤作用

国内外研究报道了桑黄的抗肿瘤作用(王菲菲等 2017; Wang *et al.* 2017, 2018; Yang *et al.* 2019, 2020; 贺屏雅等 2020; He *et al.* 2021)。He *et al.* (2021)研究表明桑黄提取物对人宫颈癌细胞 SiHa 有显著的抑制作用,诱导 SiHa 细胞发生内质网应激,提高细胞内 ROS 水平,破坏钙离子稳态,触发细胞线粒体途径凋亡,阻滞细胞周期,从而诱导细胞发生内质网应激-线粒体途

径凋亡。Yang *et al.* (2019, 2020)研究表明桑黄提取物对人肝癌细胞 SMMC-7721 和恶性黑色素瘤 A375 具有显著的细胞增殖抑制作用,并以剂量依赖方式将细胞周期阻滞在 S 期;桑黄提取物通过下调肿瘤细胞中 Bcl-2 蛋白表达、上调 Bax 表达、诱导线粒体膜电位下降、释放细胞色素 c 和激活 caspase-3,诱导线粒体依赖性细胞凋亡,有效抑制 SMMC-7721 和 A375 细胞的迁移和侵袭能力。武晓林等(2018)报道 6 种桑黄水提取物显著上调了促凋亡蛋白 Bax 的表达,抑制了抗凋亡蛋白 Bcl-2 的表达。Mei *et al.* (2015)对桑黄菌丝体多糖进行分离纯化,体外实验发现 2 种均一多糖 PLPS-1 和 PLPS-2 均能显著抑制恶性肉瘤 S180 细胞的增殖活力和诱导细胞凋亡。此外,黄罗丹等(2019)研究证实桑黄总黄酮对肝癌 HepG-2 细胞有抑制作用,且作用效果与剂量成正比,对正常肝上皮细胞没有明显的抑制作用。Hsieh *et al.* (2014)研究发现,桑黄多酚类化合物 hispolon 通过调控 ERK/JNK/MAPK 信号通路抑制鼻咽癌细胞增殖。瓦尼桑黄多糖组分在多种肿瘤中的调控机制,揭示了瓦尼桑黄多糖参与抑制乳腺癌细胞增殖和凋亡的新机制(Wan *et al.* 2020);并进一步挖掘到对非小细胞肺癌具有抑制作用的多糖组分(Wan *et al.* 2022)。

(2) 抗炎作用

桑黄可以通过多种细胞因子通路调节炎症反应。Xie *et al.* (2019)采用脂多糖诱导 RAW264.7 细胞炎性模型,经桑黄多糖处理后可显著下调 RAW264.7 细胞中促炎因子(TNF- α 、IL-1 β 、IL-2、IL-6 和 IL-12)的表达水平,其机制是通过阻断 NF- κ B 信号通路发挥抗炎作用。Hu *et al.* (2018)通过体内体外实验发现,桑黄多糖能够通过抑制 MAPK/PPAR 信号通路下调炎症反应,缓解结肠炎症状。通过桑黄乙醇提取物干预卵清蛋白诱导的哮喘病小鼠,结果显示桑黄乙醇提取物能够通过阻断 NF- κ B/MAPK 信号通路显著下调肺组织和支气管灌洗液中 Th2 细胞因子(IL-4、IL-5 和

IL-13)的释放,进而缓解小鼠气道炎症反应和气道高反应(Yan & Choi 2014)。

(3) 抗氧化作用

桑黄提取物中含有抗氧化活性物质, Wang *et al.* (2014)通过体外抗氧化实验结果证实,桑黄菌丝体多糖对超氧阴离子、羟基和 DPPH 自由基具有很强的清除活性,同时具有较强的还原能力。Gao *et al.* (2013)的研究结果表明,桑黄多糖可通过发挥抗氧化活性缓解他克林诱导的 HepG2 细胞毒性和线粒体功能紊乱。Suabjakyong *et al.* (2015)研究证实,桑黄多酚类化合物可下调小鼠脑卒中梗死体积和丙烯醛对神经母细胞瘤的毒性,这种保护机制是通过桑黄多酚类化合物的抗氧化活性实现。

(4) 降血糖作用

研究证实桑黄多糖能够显著降低血糖水平,并呈现明显的浓度相关性(Cho *et al.* 2011)。此外,桑黄酚类化合物 hispidin 通过保护胰岛 β 细胞不被过氧化氢损伤,进而起到降血糖作用(Yayeh *et al.* 2013)。Lee *et al.* (2010)研究证实,桑黄菌子实体提取物能够选择性抑制胰岛素信号传导的负调节因子 PTP-1B 的表达。Wang *et al.* (2015)研究表明,桑黄乙酸乙酯萃取物能够显著促进糖尿病小鼠血液中胰岛 β 细胞增殖,减少糖化白蛋白水平,进而促进胰岛素分泌发挥降血糖作用。

(5) 抗菌作用

有研究证实,桑黄在消炎抗菌,尤其在抗耐药菌方面具有一定的药用价值。王钦博等(2016)研究发现桑黄水提物对乳制品中常见的沙门氏菌、大肠杆菌、青霉菌、白霉菌和酵母等有害指示菌具有抑菌效果,但对保加利亚乳杆菌、嗜热链球菌等有益菌无显著影响。Hong *et al.* (2016)研究表明,桑黄乙酸乙酯提取物能够显著杀灭金黄色葡萄球菌,并下调金黄色葡萄球菌中青霉素结合蛋白 2 α 的产生,且呈剂量依赖性。此外,桑黄正丁醇提取物对白念珠菌 SC5314 生物膜的

形成具有显著的抑制作用(汪天明等 2019)。

(6) 保肝作用

研究证实桑黄提取物具有抗肝纤维化、促进肝细胞再生的作用,可用于提高肝脏功能,防治肝相关疾病等。Chen *et al.* (2020)研究发现桑黄多糖 PL-N1 对乙酰氨基酚引起的小鼠肝脏损伤具有保护作用,可降低细胞色素 P4502E1 的表达和肝脏炎性细胞因子的释放,提高 II 期酶水平。Wang *et al.* (2012)研究发现,桑黄多糖通过抑制氧化应激反应和增加谷胱甘肽的分泌减轻硫代乙酰胺诱导的大鼠肝纤维化进程。张珈宁等(2019)研究表明,桑黄多糖可通过减轻小鼠肝虫卵肉芽肿和胶原沉积,抑制肝脏脂质过氧化,进而减轻日本血吸虫感染小鼠肝纤维化。

(7) 调节尿酸代谢

尿酸在体内的代谢有多种酶的参与,其中黄嘌呤氧化酶在尿酸的形成过程中起着促进作用,而次黄嘌呤鸟嘌呤核糖磷酸转移酶可以促进尿酸的分解;经研究发现桑黄具有降尿酸的作用,其主要机制是桑黄水提液中的有效成分具有抑制黄嘌呤氧化酶、同时还具有促进次黄嘌呤鸟嘌呤核糖磷酸转移酶的活性(刘帅阳等 2019; Guo *et al.* 2021)。

1.5 我国桑黄产品的申报进展

目前各地申请的桑黄地方标准及种植的中药饮片炮制规范包括桑树桑黄、鲍姆桑黄、瓦尼桑黄和粗毛纤孔菌(表 1)。湖北省是我国第一个颁布桑黄药材地方标准的省,将野生忍冬木层孔菌 *Phellinus lonicerinus* 收录(湖北省食品药品监督管理局 2009);2019 年安徽省发布的《中药饮片炮制规范》将人工栽培桑黄纤孔菌属真菌鲍姆纤孔菌 *Sanghuangporus baumii* 收录(安徽省药品监督管理局 2019);2020 年甘肃省发布的《中藏药材标准》将野生桑树桑黄 *Sanghuangporus sanghuang* 收录(甘肃省药品监督管理局 2020)。2020 年 12 月 9 日吉林省将人工栽培瓦尼桑黄 *Sanghuangporus vaninii* 中药饮片炮制规范正式公

表 1 各省颁布的桑黄药材标准或中药饮片炮制规范收录情况

Table 1 Standard of Chinese medicinal materials or processing standard of Chinese medicinal pieces of sanghuang

颁布省份/ 年份 Province/Year	菌种名称 Species	标准类别 Standard category	功能与主治 Functions in traditional Chinese medicine	质量指标 Quality specification
湖北省 Hubei Province/2009	忍冬木层孔 <i>Phellinus lonicerinus</i>	湖北省中药材 质量标准 Quality Standard of Chinese Crude Drugs in Hubei Province	软坚散结, 活血止血, 和胃止泻; 用 于癥瘕积聚, 瘰疬, 痰核, 外伤出血, 崩漏带下, 胃热呕吐, 湿热泻痢 Removing lump, promoting blood circulation and stopping bleeding, and preventing diarrhea in the stomach. It could be used for tractive accumulation, scrofula, phlegm nucleus, trauma hemorrhage, collapse of leakage zone, stomach heat, vomiting, damp-heat diarrhea	定性鉴别 Qualitative identification
安徽省 Anhui Province/2019	鲍姆纤孔菌 <i>Sanghuangporus baumii</i>	安徽省中药饮 片炮制规范 The Processing Standard of Chinese Herbs in Anhui Province	活血止血, 化饮, 止泻; 用于血崩, 血淋, 脱肛泄血, 带下, 经闭, 癥瘕 积聚, 癖饮, 脾虚泄泻 Promoting blood circulation and stopping bleeding, relieving fluid and diarrhea. It could be used for blood collapse, blood discharge, anus discharge, tractatus, amenorrhea, tractive accumulation, splenasthenic diarrhea	多糖(以无水葡萄糖计)不得 少于 1.0%; 总酚(以没食子酸 计)不得少于 1.20%; 麦角甾 醇不得少于 0.045% Polysaccharide content (calculated by anhydrous glucose) \geq 1.0%; total phenol content (calculated by gallic acid) \geq 1.20%; ergosterol content \geq 0.045%
吉林省 Jilin Province/2020	瓦尼木层孔菌 <i>Sanghuangporus vaninii</i>	吉林省中药饮 片炮制规范 The Processing Standard of Chinese Herbs in Jilin Province	软坚散结, 活血化痰, 清胃, 止泻; 用于癥瘕积聚, 瘰疬, 痰核, 崩漏带 下, 胃热呕吐, 湿热泻痢, 外伤出血 Removing lump, promoting blood circulation to remove stasis, clearing the stomach and preventing diarrhea. It could be used for tractive accumulation, scrofula, phlegm nucleus, collapse of leakage zone, stomach heat, vomiting, damp-heat diarrhea, trauma bleeding	多糖(以无水葡萄糖计)不得 少于 1.2%; 总黄酮(以芦丁 计)不得少于 6.8% Polysaccharide content (calculated by anhydrous glucose) \geq 1.2%; Total flavone content (calculated by rutin) \geq 6.8%
吉林省 Jilin Province/2020	瓦尼木层孔菌 <i>Sanghuangporus vaninii</i>	吉林省中药材 标准 Standard Chinese Herbal Medicines in Jilin Province	软坚散结, 活血化痰, 清胃, 止泻; 用于癥瘕积聚, 瘰疬, 痰核, 崩漏带 下, 胃热呕吐, 湿热泻痢, 外伤出血 Removing lump, promoting blood circulation to remove stasis, clearing the stomach and preventing diarrhea. It could be used for tractive accumulation, scrofula, phlegm nucleus, collapse of leakage zone, stomach heat, vomiting, damp-heat diarrhea, trauma bleeding	多糖(以无水葡萄糖计)不得 少于 1.2%; 总黄酮(以芦丁 计)不得少于 6.8% Polysaccharide content (calculated by anhydrous glucose) \geq 1.2%; total flavone content (calculated by rutin) \geq 6.8%

(待续)

(续表 1)

颁布省份/ 年份 Province/Year	菌种名称 Species	标准类别 Standard category	功能与主治 Functions in traditional Chinese medicine	质量指标 Quality specification
甘肃省 Gansu Province/2020	桑树桑黄 <i>Sanghuangporus sanghuang</i>	甘肃省中藏药 材标准 Standard Chinese and Tebitan Herbal Medicines in Gansu Province	软坚, 排毒, 止血, 活血, 和胃止泻; 用于血淋, 崩漏带下, 经闭, 癥瘕积 聚, 癖饮, 脾虚泄泻 Removing lump, detoxification, hemostasis, blood circulation, and preventing diarrhea in the stomach. It could be used for bloody stranguria, collapse of leakage zone, amenorrhea, lump accumulation, spleen deficiency and diarrhea	定性鉴别 Qualitative identification
浙江省 Zhejiang Province/2022	瓦尼桑黄 <i>Sanghuangporus vaninii</i>	桑黄中药材质 量标准和饮片 炮制规范 Quality Standard of <i>Sanghuangporus vaninii</i>	活血止血, 和胃止泻, 软坚散结; 用 于崩漏带下, 脾虚泄泻, 癥瘕积聚 Promoting blood circulation and stopping bleeding, controlling diarrhea in stomach, removing lump. It could be used for collapse of leakage zone, spleen deficiency and diarrhea, lump accumulation	多糖(以无水葡萄糖计)不得 少于 1.2%; 总酚(以没食子酸 计)不得少于 3.3%; 三萜(以 齐墩果酸计)不得少于 0.5%。 Polysaccharide content (calculated by anhydrous glucose)≥1.2%; total phenol content (calculated by gallic acid)≥3.3%; triterpenoids content (calculated by oleanolic acid)≥0.5%.
山东省 Shandong Province/2012	瓦尼木层孔菌 <i>Phellinus vaninii</i>	山东省中药材 标准 Standard Chinese Herbal Medicines in Shandong Province	利五脏, 软坚, 排毒, 止血, 活血, 和胃止泄; 用于淋病, 崩漏带下, 癥 瘕积聚, 癖饮, 脾虚泄泻 Benefit the five internal organs, removing lump, detoxification, hemostasis, blood circulation, controlling diarrhea in stomach. It could be used for gonorrhoea, collapse of leakage zone, lump accumulation, spleen deficiency and diarrhea	定性鉴别 Qualitative identification

示(吉林省药品监督管理局 2020)。浙江省桑黄中药材标准和饮片炮制规范将人工栽培瓦尼桑黄 *Sanghuangporus vaninii* 列入其中, 于 2022 年 3 月正式发布(浙江省药品监督管理局 2022)。山东省药材标准也将瓦尼桑黄 *Phellinus vaninii* 于 2012 年收录其中(山东省药品监督管理局 2012); 目前山东省粗毛纤孔菌 *Inonotus hispidus* 的中药饮片炮制规范已在申报进程之中。

鉴于桑树桑黄、鲍姆桑黄、瓦尼桑黄及粗毛纤孔菌的优良保健功效及安全性, 在各地中药材

质量标准及中药饮片炮制规范陆续出台的情况下, 桑黄如能作为中药材进入中国药典, 将进一步促进桑黄产业发展, 让桑黄这一药用真菌瑰宝为民众健康发挥更大的作用。

2 桑黄产业发展问题

2.1 桑黄物种的认知缺乏专业指导

由于对桑黄物种的认识经历了前文所述的演变过程, 非专业人士难以对桑黄物种进行准确鉴定。目前, 网络上宣传的桑黄物种名称还存在

乱象,野生的桑黄未经过专业人士的鉴定,随便命名出售,给消费者带来很多困惑。而人工栽培的桑黄,菌株经过鉴定的不多,菌株的分类地位不够明确,影响了栽培和产品流通的稳定性。因此,在桑黄产业发展过程中,科学使用正确的拉丁学名,明确人工栽培的菌种归属,建立相关的菌种库,丰富桑黄的种质资源将对未来优良品种选育、获得高品质栽培子实体具有重要的意义(Zhou 2020)。

2.2 桑黄的临床应用效果有待明确

目前,已颁布的省级桑黄中药材质量标准及中药饮片炮制规范,对桑黄的功能与主治的描述还是遵循古籍的记载。近年来,国内外学者对桑黄功效作用的研究逐渐深入,但大部分仍处于初步的功效探究,缺乏临床应用的报道。如已报道的桑黄抗肿瘤研究大多为体外实验和动物实验,在临床疗效方面还缺乏高质量的研究证据支撑。因此,有必要开展相关临床试验以评价其治疗效果,来量化评估桑黄抗肿瘤临床治疗价值。桑黄无论是作为中药材还是未来保健食品开发的原料,在功效方面还需阐明其作为治疗或辅助治疗的具体效果及功效成分,包括对不同的肿瘤类型及不同治疗方案联合的疗效,以及疗效差异的原因都值得进一步探究。同时,不同的物种来源及种植模式对其临床治疗的差异有待进一步明确,以加快桑黄药用资源的开发利用。

2.3 产品入市许可有待认证

桑黄自20世纪末以来风靡于日本、韩国,是目前国际公认的生物抗癌领域中效果最好的药用真菌之一。随着人工栽培技术的发展和日趋成熟,桑黄种植规模在逐年扩大。2019年,安徽省率先通过种植桑黄中药饮片炮制规范的地方标准,可作为中药饮片进入医院和药房;2020年,吉林、甘肃相继颁布的中药材标准将桑黄纳入其中。但桑黄产业发展仍面临诸多瓶颈,主要体现在全国范围的市场准入、质量标准、质控技术及行业规范等方面的问题。目前已颁布桑黄中药材

质量标准或中药饮片地方炮制的省市包括湖北、甘肃、安徽、吉林和浙江等。鉴于国家食品药品监督管理局、国家卫生健康委和国家中医药管理局等管理部门的要求,桑黄进入中国药典或新食品原料仍需时间和各方的不懈努力。桑黄产业发展还面临学科研究、种植培育和产业转化三者实践中尚未形成深度交流融合与利益共享机制等瓶颈问题,政府层面还需加强引导。

2.4 龙头企业有待培育

目前从事桑黄种植和经营的企业逐渐增多,以吉林省的种植规模最大,但受市场准入和民众认识不足的局限,产品单一,产业规模难以扩大。桑黄生产企业在提升产品质量的优良菌种培育、高效生产技术及产品开发等科技创新能力方面未形成核心竞争力,缺乏与科研机构的密切合作。企业发展多靠政府政策驱动,始终没有形成全国性、国际性知名大企业。桑黄产业的发展还需要有国内的龙头企业带动,建立从种源、栽培技术、质量控制到精深加工的全产业链标准化体系,提升桑黄产业的能级和影响力。

3 桑黄产业发展建议

3.1 统一桑黄科学名称的使用

过去发表的桑黄功效研究使用的拉丁名包含了桑树桑黄、瓦尼桑黄、鲍姆桑黄、粗毛纤孔菌、裂蹄热带孔菌或火木层孔菌等不同的种类,但拉丁名的使用各异,对桑黄产品的申报产生不利影响,对产业规范发展造成困难。桑黄在中国流传两千年,许多历代医药书籍均有记载,在日本、韩国和中国台湾等地被认可为食品,可用作功能食品原料,甚至是药品,没有生产与销售的障碍。但在中国大陆由于野生桑黄稀少,栽培不易,真伪难辨导致效果各异,这些客观事实使得桑黄过去难以进入传统汉药。随着近十年桑黄产业的迅速发展,人工栽培的桑黄基地正规模化成长,此时建立行业规范,让从业者有章可循尤为重要。首先要形成统一的认识,对目前可进行人

工栽培的桑黄不同种,可统称为桑黄。将桑黄做为一类珍稀药用菌的统称,但不同的种也有分类鉴定的种属名,申报中药饮片及产品标准时需采用最新的中文名称+拉丁学名。目前各地区申报中药材质量标准及中药饮片炮制规范用的桑黄属种主要有瓦尼桑黄 *Sanghuangporus vaninii*、鲍姆桑黄 *Sanghuangporus baumii* 和桑树桑黄 *Sanghuangporus sanghuang*。

3.2 加强桑黄的基础研究和安全性评价

目前,桑黄基础研究的薄弱是导致其利用受局限的瓶颈之一,为了桑黄资源更好地被开发和利用,需进一步加强桑黄的基础研究。首先,桑黄的遗传背景不清晰,这是导致目前桑黄菌种混乱的重要原因,需要收集优质资源通过全基因组序列分析,参照最新的分类系统(Zhou *et al.* 2016),使用简便、可操作性强的物种鉴定方法(Zhou *et al.* 2020; Shen *et al.* 2021; Wu *et al.* 2022),明确桑黄菌种归属,为桑黄优质种质资源的创制提供理论基础和科学依据。其次,尽管有文献报道了桑黄的药理作用和显著的生物活性,但具体是哪个物质、其化学结构以及相应的药理作用机制尚不清晰,这使得桑黄的实际应用遇到重重障碍,所以进一步挖掘桑黄活性标志物,明确其结构和作用机理,对桑黄的应用及产业发展具有至关重要的意义。此外,桑黄的毒理安全性也有待进一步研究,不同种及栽培方式获得的桑黄安全性需要持续进行评价(张赫男等 2017)。最后,多组学技术已广泛应用于灵芝、虫草等大型真菌的药用功效研究之中,但目前对桑黄的多组学研究数据还较少,虽已有一些报道(Zhang *et al.* 2019b; Shao *et al.* 2020; Jiang *et al.* 2021),但还不能为桑黄诸多种类的资源开发提供全面的支撑,因此仍有待于对桑黄更多物种、更多菌株进行全面的组学研究,以期实现桑黄药用资源的高效利用。

3.3 建立产品绿色标准化生产技术

2020 年我国桑黄总产量在 80 t 左右,

2021 年增长到 300 t,产业受政府重视,市场准入逐渐取得突破,市场反应良好。桑黄目前的栽培模式有代料栽培和段木栽培,代料栽培的基质及培养模式也存在多种方式,同时不同地域适应的培养模式也存在差异,制定符合当地环境特点的标准化栽培技术规范将对各地的桑黄生产起到指导作用。段木栽培通常三年生采收,对一年生和多年生桑黄的品质及生物学效率还需做系统评价,建立符合市场需求及提高生产效率的绿色生产技术规范,制定行业标准,严格控制农药的滥用,对农药残留和重金属等依照标准严格控制。目前浙江、江苏、吉林、安徽和湖南等省已相继制定和发布了桑黄栽培技术规程,但仍需进一步完善,将出菇棚、出菇架建设、原辅料要求、病虫害防控、栽培菌渣的后处理和不同品种栽培管理等技术要点纳入标准体系,整理出全套标准。同时,生产基地可通过在产区建立相应的实验室或通过产学研合作形式与相关科研机构建立紧密合作,从菌种质量控制到产品的质量检测形成全链条质量监控,以保证桑黄产品的质量。

3.4 推进产品国家级许可认证

中国菌物学会桑黄产业分会成立后,浙江、安徽、山东和吉林等桑黄产区从业者互动紧密,积极探索桑黄申请当地中药饮片炮制规范及中药材标准,大力推动桑黄通过中药饮片进入市场销售,开发符合市场需要的桑黄系列加工产品。未来可在地方中药饮片炮制规范逐步获批的进程中,积极向国家药典委提出申请,将桑黄收入到《中国药典》;同时在桑黄人工种植发展过程中,需加强自律和他律,保障该产业能健康持续发展;完善安全性评价工作,联合行业积极申请新食品原料,期望未来列入到保健食品原料或食药同源目录,开发更多的桑黄深加工产品,让更多人群受益。

4 桑黄产业发展愿景

桑黄作为珍贵的药用真菌,有“森林黄金”

之美誉，具有免疫调节、抗肿瘤、保护肝脏、抗氧化、消炎和降血糖等作用，具有广阔的市场前景。随着我国经济发展水平的提高，市场对桑黄产品的需求增加，而野生桑黄资源越来越少，且种类复杂，难以辨析。发展桑黄的人工栽培势在必行，目前桑树桑黄子实体栽培困难，相对容易栽培的是瓦尼桑黄(杨树桑黄)和鲍姆桑黄(丁香树桑黄)；我国桑黄栽培中所用到的菌株，大部分是从野生环境中采集驯化而来，野生资源是桑黄驯化、杂交、诱变育种的宝贵资源，需要不断采集保藏，建立桑黄种质资源库。

随着近十年桑黄产业的迅速发展，此时建立行业规范，让从业者有章可循尤为重要。因此，呼吁从事桑黄科研和产业开发的人员重视几点问题：(1) 按照桑黄的最新分类学名正确使用拉丁名；(2) 明确栽培种植使用的桑黄菌种来源及名称；(3) 按照地方标准和未来出台的国家、行业或团体标准进行桑黄品质控制；(4) 科学宣传、规范价格、维护市场，有序推动产业发展；(5) 适度控制发展规模，建议种植以市场需求为导向。

桑黄未来的产品开发方向，除了可单独开发成为药品、保健食品，也可以跟灵芝、虫草等其他食药菌搭配使用，或跟其他健康食品进行互补性配伍。韩国一些企业已推出以桑黄为成分的护肤品，如洗面奶、面膜、紧致霜等，是未来可开发的新方向。由于桑黄的菌株、栽培基质、环境条件、生长周期等对其人工栽培子实体品质都有影响，造成其功效差异，在进行桑黄产品开发时，要做到几点：(1) 明确栽培用的菌种；(2) 按照地方颁布的栽培技术规范进行种植和管理；(3) 进行安全评价和指标检测；(4) 建立桑黄质量控制标准，进一步明确功能成分群。通过优良菌株筛选和选育、生产技术的改进和提高、安全性试验和评价、功效挖掘和验证并行等策略，构建系统完整的研究及开发体系，建立安全有效的可信赖品牌，让消费者安心、放心地使用桑黄。

[REFERENCES]

- Anhui Medical Products Administration, 2019. The processing standard of Chinese herbs in Anhui province. Anhui Science and Technology Press, Hefei. 252-253 (in Chinese)
- Bao HY, Yang S, Li QJ, Bau T, Li Y, 2017. Supplementary textual research on "Sanghuang". Journal of Fungal Research, 15(4): 264-270 (in Chinese)
- Cao HM, Hu GP, Shi XP, Du XM, Wang JW, Deng ZH, Li XP, Zheng SY, Wang LX, 2019. Research progress on medicinal fungus Sanghuang. Acta Sericologica Sinica, 45(2): 285-292 (in Chinese)
- Chang MY, 2015. Ri hua zi ben cao. The Medicine Science and Technology Press of China, Beijing. 1-165 (in Chinese)
- Chen C, Liu X, Qi SS, Dias ACP, Yan JK, Zhang XY, 2020. Hepatoprotective effect of *Phellinus linteus* mycelia polysaccharide (PL-N1) against acetaminophen-induced liver injury in mouse. International Journal of Biological Macromolecules, 154: 1276-1284
- Chen H, Tian T, Miao H, Zhao YY, 2016. Traditional uses, fermentation, phytochemistry and pharmacology of *Phellinus linteus*: a review. Fitoterapia, 113: 6-26
- Chen WC, Yang Y, Zhang JS, Li ZP, Lu BK, Wang K, 2020. Recent advances in bioactive metabolites from 'Sanghuang' mushrooms. Acta Edulis Fungi, 27(4): 188-201 (in Chinese)
- Chen WH, Tan HY, Liu Q, Zheng XH, Zhang H, Liu YH, Xu LC, 2019. A review: the bioactivities and pharmacological applications of *Phellinus linteus*. Molecules, 24(10): 1888
- Cho JY, Kwon YJ, Sohn MJ, Seok SJ, Kim WG, 2011. Phellinistatin, a new inhibitor of enoyl-ACP reductase produced by the medicinal fungus *Phellinus linteus*. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 21(6): 1716-1718
- Dai YC, Cui BK, 2014. Progress on the species of medicinal fungus *Inonotus sanghuang*. Journal of Beijing Forestry University, 36(5): 1-6 (in Chinese)
- Dai YC, Xu MQ, 1998. Studies on the medicinal polypore, *Phellinus baumii*, and its kin, *P. linteus*. Mycotaxon, 67: 191-200
- Ding YY, Liu F, Shi C, Zhang Y, Li N, 2016. Chemical constituents from *Phellinus igniarius* and their anti-tumor activity *in vitro*. China Journal of Chinese Materia Medica, 41(16): 3042-3048 (in Chinese)
- Ding YY, Shi C, Li N, 2018. The recent advances on chemical compounds of *Phellinus* genus. Natural Product Research and Development, 30(Suppl. 1): 167-177 (in Chinese)
- Dong YT, Ma HL, Zhou CS, Golly MK, Wu P, Sun L, Yagoub AE, He RH, Ye XF, 2021. Enhanced mycelium production

- of *Phellinus igniarius* (Agaricomycetes) using a He-Ne laser with pulsed light. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 23(4): 59-69
- Fang Y, Qin SX, Wang K, 2019. The distribution of wild *Phellinus sibiricum* in Dabie Mountains at the junction of the three provinces of Anhui, Henan and Hubei. The 6th National Symposium on Frontier Technology and Development of Pharmacognosy Research, Lanzhou. 2019.8.10-12 (in Chinese)
- Feng H, Zhang SJ, Wan JMF, Gui LF, Ruan MC, Li N, Zhang HY, Liu ZG, Wang HL, 2018. Polysaccharides extracted from *Phellinus linteus* ameliorate high-fat high-fructose diet induced insulin resistance in mice. *Carbohydrate Polymers*, 200: 144-153
- Feng T, Cai JL, Li XM, Zhou ZY, Li ZH, Liu JK, 2016. Chemical constituents and their bioactivities of mushroom *Phellinus rhabarbarinus*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(9): 1945-1949
- Fu LZ, Lu N, Yan J, Wang WK, Song JL, Yuan WD, Zhou ZF, 2021. Analyses and evaluation of nutrition, active component and antioxidant activities of fruiting bodies of three species of *Sanghuangporus*. *Mycosystema*, 40(8): 2148-2158 (in Chinese)
- Gansu Medical Products Administration, 2020. Standards for the traditional Chinese and Tibetan medicinal materials in Gansu Province, No. YCBZ2020-048, 7-8 (in Chinese)
- Gao CP, Zhong LF, Jiang LP, Geng CY, Yao XF, Cao J, 2013. *Phellinus linteus* mushroom protects against tacrine-induced mitochondrial impairment and oxidative stress in HepG2 cells. *Phytomedicine*, 20(8-9): 705-709
- Ge Q, Mao JW, Zhang AQ, Sun PL, 2013. Isolation, purification and structural elucidation of polysaccharide from the fruiting bodies of *Phellinus baumii* Pilát. *Food Science and Technology*, 38(3): 168-171, 175 (in Chinese)
- Guo Q, Zhao LY, Zhu YH, Wu J, Hao CT, Song S, Shi W, 2021. Optimization of culture medium for *Sanghuangporus vaninii* and a study on its therapeutic effects on gout. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 135: 111194
- He PY, Hou YH, Yang Y, Li N, 2021. The anticancer effect of extract of medicinal mushroom *Sanghuangporus vaninii* against human cervical cancer cell via endoplasmic reticulum stress-mitochondrial apoptotic pathway. *Journal of Ethnopharmacology*, 279: 114345
- He PY, Yang Y, Di L, Li JL, Li N, 2020. A comparative study on *in vitro* antitumor activities of the medicinal fungus *Sanghuangporus baumii* cultivated in different substrates. *Mycosystema*, 39(7): 1400-1409 (in Chinese)
- Hong SB, Rhee MH, Yun BS, Lim YH, Song HG, Shin KS, 2016. Synergistic anti-bacterial effects of *Phellinus baumii* ethyl acetate extracts and β -lactam antimicrobial agents against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Annals of Laboratory Medicine*, 36(2): 111-116
- Hsieh MJ, Chien SY, Chou YE, Chen CJ, Chen J, Chen MK, 2014. Hispolon from *Phellinus linteus* possesses mediate caspases activation and induces human nasopharyngeal carcinomas cells apoptosis through ERK1/2, JNK1/2 and p38 MAPK pathway. *Phytomedicine*, 21(12): 1746-1752
- Hu T, Lin QL, Guo T, Yang T, Zhou WH, Deng XF, Yan JK, Luo Y, Ju MM, Luo FJ, 2018. Polysaccharide isolated from *Phellinus linteus* mycelia exerts anti-inflammatory effects via MAPK and PPAR signaling pathways. *Carbohydrate Polymers*, 200: 487-497
- Huang LD, An CY, Liu DY, Pan YT, 2019. Effects of liquid fermented flavonoids of *Phellinus igniarius* on antitumor activity and cell cycle. *Journal of Shandong University of Technology (Natural Science Edition)*, 33(2): 65-68, 73 (in Chinese)
- Huang SC, Kuo PC, Huang HY, Pan TL, Chen FA, Wu TS, 2016. Ionone derivatives from the mycelium of *Phellinus linteus* and the inhibitory effect on activated rat hepatic stellate cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(5): 681
- Huang SC, Kuo PC, Hwang TL, Chan YY, Chen CH, Wu TS, 2013. Three novel sesquiterpenes from the mycelium of *Phellinus linteus*. *Tetrahedron Letters*, 54(26): 3332-3335
- Hubei Food and Drug Administration, 2009. Quality standard of Chinese crude drugs in Hubei province. Hubei Science and Technology Press, Wuhan. 113-114 (in Chinese)
- Ikekawa M, Nakanishi M, Uehara N, Chihara G, Fukuoka F, 1968. Antitumor action of some basidiomycetes, especially *Phellinus linteus*. *Gann*, 59: 155-157
- Jiang JH, Wu SH, Zhou LW, 2021. The first whole genome sequencing of *Sanghuangporus sanghuang* provides insights into its medicinal application and evolution. *Journal of Fungi*, 7(10): 787
- Jiang Z, Jin M, Zhou W, Li R, Zhao Y, Jin XJ, Li G, 2018. Anti-inflammatory activity of chemical constituents isolated from the willow bracket medicinal mushroom *Phellinus igniarius* (Agaricomycetes). *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 20(2): 119-128
- Jilin Medical Products Administration, 2020. Standard Chinese herbal medicines in Jilin province. Jilin Science and Technology Press, Changchun. 216-217 (in Chinese)
- Lee YS, Kang IJ, Won MH, Lee JY, Kim JK, Lim SS, 2010. Inhibition of protein tyrosine phosphatase 1 β by hispidin derivatives isolated from the fruiting body of *Phellinus linteus*. *Natural Product Communications*, 5(12): 1927-1930
- Li L, Guo LZ, Li SW, 2021. Screening of saline tolerant

- Sanghuangporus* sp. and its acclimatization. Journal of Qingdao Agricultural University (Natural Science Edition), 38(3): 205-208 (in Chinese)
- Li SC, Yang XM, Ma HL, Yan JK, Guo DZ, 2015. Purification, characterization and antitumor activity of polysaccharides extracted from *Phellinus igniarius* mycelia. Carbohydrate Polymers, 133: 24-30
- Li ZP, Chen WC, Zhang HN, Zhang Z, Wu D, Yang Y, 2021a. A new *Sanghuangporus baumii* cultivar 'Husang 2'. Acta Horticulturae Sinica, 48(S2): 3021-3022 (in Chinese)
- Li ZP, Li Y, Chen WC, Zhang HN, Wu D, Yang Y, 2021b. A new *Inonotus hispidus* cultivar 'Huhuang 1'. Acta Horticulturae Sinica, 48(S2): 3023-3024 (in Chinese)
- Liu CJ, Zhang XY, Dai YC, Wei YL, 2005. Artificial culture of *Phellinus baumii*. Mycosystema, 24(2): 306-309 (in Chinese)
- Liu S, Mo JK, Pan DY, Liu GQ, 2018. Research progress on pharmacological actions and extraction methods of polysaccharide from *Phellinus igniarius*. Biotechnology Bulletin, 34(12): 63-67 (in Chinese)
- Liu SY, Liao XY, Yu RZ, Yang ZY, Han L, Guo Q, Shi W, 2019. Research on the inhibition of uric acid synthesis by the extract of *Phellinus igniarius*. Ginseng Research, 31(4): 17-20 (in Chinese)
- Mei YX, Zhu H, Hu QM, Liu YY, Zhao SM, Peng N, Liang YX, 2015. A novel polysaccharide from mycelia of cultured *Phellinus linteus* displays antitumor activity through apoptosis. Carbohydrate Polymers, 124: 90-97
- Pei JJ, Wang ZB, Ma HL, Yan JK, 2015. Structural features and antitumor activity of a novel polysaccharide from alkaline extract of *Phellinus linteus* mycelia. Carbohydrate Polymers, 115: 472-477
- Ren SZ, Shi ZX, Zhang YX, Su S, Wang N, Yan XY, 2021. Research progress on medicinal efficacy and cultivation techniques of *Phellinus linteus*. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 49(3): 5-9 (in Chinese)
- Shandong Medical Products Administration, 2012. Standards for the traditional Chinese medicines in Shandong province. Shandong Science and Technology Press, Jinan. 159-160 (in Chinese)
- Shao Y, Guo H, Zhang J, Liu H, Wang K, Zuo S, Xu P, Xia Z, Zhou Q, Zhang H, Wang X, Chen A, Wang Y, 2020. The genome of the medicinal macrofungus sanghuang provides insights into the synthesis of diverse secondary metabolites. Frontiers in Microbiology, 10: 3035
- Shen S, Liu SL, Jiang JH, Zhou LW, 2021. Addressing widespread misidentifications of traditional medicinal mushrooms in *Sanghuangporus* (Basidiomycota) through ITS barcoding and designation of reference sequences. IMA Fungus, 12(1): 10
- Shibata S, Nishikawa Y, Mei CF, Fukuoka F, 1968. Antitumor studies on some extracts of basidiomycetes. Gann, 59(2): 159-161
- Song AR, Sun XL, Kong C, Zhao C, Qin D, Huang F, Yang S, 2014. Discovery of a new sesquiterpenoid from *Phellinus igniarius* with antiviral activity against influenza virus. Archives of Virology, 159(4): 753-760
- Suabjakyong P, Saiki R, van Griensven LJLD, Higashi K, Nishimura K, Igarashi K, Toida T, 2015. Polyphenol extract from *Phellinus igniarius* protects against acrolein toxicity *in vitro* and provides protection in a mouse stroke model. PLoS One, 10(3): e0122733
- Sun J, Chen QJ, Zhu MJ, Wang HX, Zhang GQ, 2014. An extracellular laccase with antiproliferative activity from the sanghuang mushroom *Inonotus baumii*. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, 99: 20-25
- Sun SM, 2010. Bei ji qian jin yao fang. Shanxi Science and Technology Press, Taiyuan. 1-911 (in Chinese)
- Tian XM, Dai YC, Song AR, Xu K, Ng LT, 2015. Optimization of liquid fermentation medium for production of *Inonotus sanghuang* (higher Basidiomycetes) mycelia and evaluation of their mycochemical contents and antioxidant activities. International Journal of Medicinal Mushrooms, 17: 681-691
- Thanh NT, Tuan NN, Kuo PC, Dung DM, Phuong DL, Giang DTT, Wu TS, Thang TD, 2018. Chemical constituents from the fruiting bodies of *Phellinus igniarius*. Natural Product Research, 32(20): 2392-2397
- Wagner T, Fischer M, 2002. Proceedings towards a natural classification of the worldwide taxa *Phellinus s.l.* and *Inonotus s.l.*, and phylogenetic relationships of allied genera. Mycologia, 94: 998-1016
- Wan X, Jin X, Xie M, Liu J, Gontcharov AA, Wang H, Lv R, Liu D, Wang Q, Li Y, 2020. Characterization of a polysaccharide from *Sanghuangporus vaninii* and its antitumor regulation via activation of the p53 signaling pathway in breast cancer MCF-7 cells. International Journal of Biological Macromolecules, 163: 865-877
- Wan XL, Jin X, Wu XM, Yang X, Lin DM, Li CT, Fu YP, Liu Y, Liu XZ, Lv JH, Gontcharov AA, Yang HM, Wang Q, Li Y, 2022. Structural characterization and antitumor activity against non-small cell lung cancer of polysaccharides from *Sanghuangporus vaninii*. Carbohydrate Polymers, 276: 118798
- Wang FF, Chen FH, Li N, Liu F, Shi C, Ding YY, 2017. Study on the apoptosis of gastric cancer cells induced by extractions from oak *Phellinus linteus*. Acta Universitatis Medicinalis Anhui, 52(10): 1495-1499 (in Chinese)
- Wang FF, Liu F, Shi C, Ma W, Wang KJ, Li N, 2017. Cytotoxic activities of fractions of the willow bracket

- medicinal mushroom, *Phellinus igniarius* (Agaricomycetes), and the induction of cell cycle arrest and apoptosis in MGC-803 cells. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 19(6): 561-570
- Wang FF, Shi C, Yang Y, Fang Y, Sheng L, Li N, 2018. Medicinal mushroom *Phellinus igniarius* induced cell apoptosis in gastric cancer SGC-7901 through a mitochondria-dependent pathway. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 102: 18-25
- Wang GJ, Tsai TH, Chang TT, Chou CJ, Lin LC, 2009. Lanostanes from *Phellinus igniarius* and their iNOS inhibitory activities. *Planta Medica*, 75(15): 1602-1607
- Wang HL, Wu G, Park HJ, Jiang PP, Sit WH, Griensven LJ, Wan JMF, 2012. Protective effect of *Phellinus linteus* polysaccharide extracts against thioacetamide-induced liver fibrosis in rats: a proteomics analysis. *Chinese Medicine*, 7: 23
- Wang QB, Yang Y, Qi XY, 2016. Study and application of aqueous extract from *Phellinus baumii* on antibacterial activities. *Shanghai Journal of Agriculture*, 32(6): 64-68 (in Chinese)
- Wang TM, Di L, Shi GX, Liu HM, Wang CZ, Li N, 2019. Inhibitory effect of the butyl alcohol extract of *Phellinus igniarius* on *Candida albicans* biofilm formation. *Journal of Anhui University of Chinese Medicine*, 38(6): 52-57 (in Chinese)
- Wang WH, Wu FH, Yang Y, Wu N, Zhang JS, Feng N, Tang CH, 2015. Hypoglycemic effect of ethanol and ethyl acetate extract of *Phellinus baumii* fruiting body in streptozotocin-induced diabetic mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015: 783460
- Wang WH, Zhang JS, Yang Y, 2014. Advances in research on the structure and bioactivity of *Phellinus baumii*. *Natural Product Research and Development*, 26(Suppl. 1): 142-145 (in Chinese)
- Wang YY, Ma HL, Ding ZC, Yang Y, Wang WH, Zhang HN, Yan JK, 2019a. Three-phase partitioning for the direct extraction and separation of bioactive exopolysaccharides from the cultured broth of *Phellinus baumii*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123: 201-209
- Wang YY, Ma HL, Yan JK, Wang KD, Yang Y, Wang WH, Zhang HN, 2019b. Three-phase partitioning system with dimethyl carbonate as organic phase for partitioning of exopolysaccharides from *Phellinus baumii*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131: 941-948
- Wang ZY, Wang CY, Quan Y, 2014. Extraction of polysaccharides from *Phellinus nigricans* mycelia and their antioxidant activities *in vitro*. *Carbohydrate Polymers*, 99: 110-115
- Wu F, Zhou LW, Vlasák J, Dai YC, 2022. Global diversity and systematics of Hymenochaetaceae with poroid hymenophore. *Fungal Diversity*, 133: 1-192
- Wu SH, Dai YC, 2020. Species clarification of the medicinal fungus Sanghuang. *Mycosystema*, 39(5): 781-794 (in Chinese)
- Wu SH, Dai YC, Hattori T, Yu TW, Wang DM, Parmasto E, Chang HY, Shih SY, 2012. Species clarification for the medicinally valuable 'sanghuang' mushroom. *Botanical Studies*, 53(1): 135-149
- Wu SH, Wei CL, Chang CC, 2020. *Sanghuangporus vitexicola* sp. nov. (Hymenochaetales, Basidiomycota) from tropical Taiwan. *Phytotaxa*, 475(1): 43-51
- Wu XL, Lin S, Zhu CG, Yue ZG, Yu Y, Zhao F, Liu B, Dai JG, Shi JG, 2010. Homo- and heptanor-sterols and tremulane sesquiterpenes from cultures of *Phellinus igniarius*. *Journal of Natural Products*, 73(7): 1294-1300
- Wu XL, Lin S, Zhu CG, Zhao F, Yu Y, Yue ZG, Liu B, Yang YC, Dai JG, Shi JG, 2011. Studies on constituents of cultures of fungus *Phellinus igniarius*. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 36(7): 874-880 (in Chinese)
- Wu XL, Wang CY, Bao HY, 2018. Antitumor Effect of water extracts from fruiting bodies of different "Sanghuang" fungi. *Biotechnology Bulletin*, 34(8): 138-143 (in Chinese)
- Wu XL, Wang S, Liu C, Zhang CF, Guo JJ, Shang XY, 2019. A new 2H-benzindazole compound from *Alternaria alternata* Shm-1, an endophytic fungus isolated from the fresh wild fruit of *Phellinus igniarius*. *Journal of Natural Medicines*, 73(3): 620-626
- Xie ZL, Wang Y, Huang JQ, Qian N, Shen GZ, Chen LH, 2019. Anti-inflammatory activity of polysaccharides from *Phellinus linteus* by regulating the NF- κ B translocation in LPS-stimulated RAW264.7 macrophages. *International Journal of Biological Macromolecules*, 129: 61-67
- Xu Q, Zhou WX, Wang C, Li Q, Sun MY, Jiao XX, Lou JJ, Zhang LX, 2019. Research status on active substances of *Pellinus igniarius*. *Edible Fungi of China*, 38(2): 1-6 (in Chinese)
- Yan GH, Choi YH, 2014. *Phellinus linteus* extract exerts anti-asthmatic effects by suppressing NF- κ B and p38 MAPK activity in an OVA-induced mouse model of asthma. *Immune Network*, 14(2): 107-115
- Yan JK, Pei JJ, Ma HL, Wang ZB, Liu YS, 2017. Advances in antitumor polysaccharides from *Phellinus sensu lato*: production, isolation, structure, antitumor activity, and mechanisms. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(6): 1256-1269
- Yang Y, He PY, Li N, 2019. The antitumor potential of extract of the oak bracket medicinal mushroom *Inonotus baumii* in SMMC-7721 tumor cells. *Evidence-Based*

- Complementary and Alternative Medicine, 2019: 1242784
- Yang Y, Ye LB, Zhang JS, Liu YF, Tang QJ, 2009. Structural analysis of a bioactive polysaccharide, PISP1, from the medicinal mushroom *Phellinus igniarius*. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 73(1): 134-139
- Yang Y, Zhang JS, Liu YF, Tang QJ, Zhao ZG, Xia WS, 2007. Structural elucidation of a 3-O-methyl-D-galactose-containing neutral polysaccharide from the fruiting bodies of *Phellinus igniarius*. Carbohydrate Research, 342(8): 1063-1070
- Yang Y, Zhang L, Chen Q, Lu WL, Li N, 2020. Antitumor effects of extract of the oak bracket medicinal mushroom, *Phellinus baumii* (Agaricomycetes), on human melanoma cells A375 *in vitro* and *in vivo*. International Journal of Medicinal Mushrooms, 22(2): 197-209
- Yayeh T, Lee WM, Ko D, Park SC, Cho JY, Park HJ, Lee IK, Kim SH, Hong SB, Kim S, Yun BS, Rhee MH, 2013. *Phellinus baumii* ethyl acetate extract alleviated collagen type II induced arthritis in DBA/1 mice. Journal of Natural Medicines, 67: 807-813
- Yu XL, Lu Y, Du P, Xia GH, Ge YR, 2014. Isolation and identification of low molecular weight chemical constituents from *Phellinus vaninii* fruit bodies. Acta Edulis Fungi, 21(2): 90-94 (in Chinese)
- Yuan QX, Zhao LY, Li ZH, Harqin C, Peng YF, Liu JK, 2018. Physicochemical analysis, structural elucidation and bioactivities of a high-molecular-weight polysaccharide from *Phellinus igniarius* mycelia. International Journal of Biological Macromolecules, 120(Pt.B): 1855-1864
- Zan LF, Bao HY, Li DH, 2016. Review on polyphenol components from medicinal fungi "Sanghuang" and their biological activity. Natural Product Research and Development, 28(1): 147-155 (in Chinese)
- Zhang HN, Chen RB, Zhang JS, Bu QT, Wang WH, Liu YF, Li Q, Guo Y, Zhang L, Yang Y, 2019a. The integration of metabolome and proteome reveals bioactive polyphenols and hispidin in ARTP mutagenized *Phellinus baumii*. Scientific Reports, 9(1): 16172
- Zhang HN, Jiang FC, Qu DH, Wang WH, Dong YT, Zhang JS, Wu D, Yang Y, 2019b. Employment of artp to generate *Phellinus baumii* (Agaricomycetes) strain with high flavonoids production and validation by liquid fermentation. International Journal of Medicinal Mushrooms, 21(12): 1207-1221
- Zhang HN, Yang Y, Zhang JS, Tang QJ, Liu YF, Wang WH, Wu D, 2017. A toxicological study on fruiting body powder of *Inonotus sanghuang*. Mycosystema, 36(3): 376-384 (in Chinese)
- Zhang J, Su C, Jia YJ, Li XJ, 2019. Research progress in clinical application of lentinan anti-tumor therapy. Tianjin Journal of Traditional Chinese Medicine, 36(11): 1137-1140 (in Chinese)
- Zhang JN, Zhai HY, Zhang JM, Feng JM, Song WJ, Yan FX, 2019. Polysaccharide from *Phellinus igniarius* alleviates oxidative stress and hepatic fibrosis in *Schistosoma japonicum*-infected mice. Chinese Journal of Schistosomiasis Control, 31(6): 615-621 (in Chinese)
- Zhou LW, 2020. Systematics is crucial for the traditional Chinese medicinal studies and industry of macrofungi. Fungal Biology Reviews, 34(1): 10-12
- Zhou LW, Ghobad-Nejhad M, Tian XM, Wang YF, Wu F, 2020. Current status of 'Sanghuang' as a group of medicinal mushrooms and their perspective in industry development. Food Reviews International. Doi: 10.1080/87559129.2020.1740245
- Zhou LW, Vlasak J, Decock C, Assefa A, Stenlid J, Abate D, Wu SH, Dai YC, 2016. Global diversity and taxonomy of the *Inonotus linteus* complex (Hymenochaetales, Basidiomycota): *Sanghuangporus* gen. nov., *Tropicoporus excentrodendri* and *T. guanacastensis* gen. et spp. nov., and 17 new combinations. Fungal Diversity, 77: 335-347
- Zhu ZP, Li N, Li W, Li JM, Li ZP, Wang JB, Tang XM, 2019. Laser mutagenesis of *Phellinus igniarius* protoplasts for the selective breeding of strains with high laccase activity. Applied Biochemistry and Biotechnology, 190: 584-600

[附中文参考文献]

- 安徽省药品监督管理局, 2019. 安徽省中药饮片炮制规范. 合肥: 安徽科学技术出版社. 252-253
- 包海鹰, 杨焱, 李庆杰, 图力古尔, 李玉, 2017. "桑黄"的本草补充考证. 菌物研究, 15(4): 264-270
- 曹红妹, 胡桂萍, 石旭平, 杜贤明, 王军文, 邓真华, 黎小萍, 郑蜀云, 王礼献, 2019. 药用真菌桑黄的研究进展. 蚕业科学, 45(2): 285-292
- 常敏毅, 2015. 日华子本草. 北京: 中国医药科技出版社. 1-165
- 陈万超, 杨焱, 张劲松, 李正鹏, 陆本坤, 王琨, 2020. 桑黄类真菌活性代谢产物的研究进展. 食用菌学报, 27(4): 188-201
- 戴玉成, 崔宝凯, 2014. 药用真菌桑黄种类研究. 北京林业大学学报, 36(5): 1-6
- 丁云云, 刘锋, 施超, 张月, 李宁, 2016. 桑黄化学成分及体外抗肿瘤活性研究. 中国中药杂志, 41(16): 3042-3048
- 丁云云, 施超, 李宁, 2018. 真层孔菌属真菌化学成分最新研究进展. 天然产物研究与开发, 30(增刊1): 167-177
- 方勇, 秦绍新, 王琨, 2019. 野生桑黄在皖豫鄂三省交界大别山的分布. 第六届全国生药学研究前沿技术与发

- 展研讨会. 兰州, 2019.8.10-12
- 付立忠, 陆娜, 闫静, 王伟科, 宋吉玲, 袁卫东, 周祖法, 2021. 三种桑黄属真菌人工栽培子实体营养、药效成分及抗氧化活性分析评价. 菌物学报, 40(8): 2148-2158
- 甘肃省药品监督管理局, 2020. 甘肃省中藏药材标准, 标准号: No. YCBZ2020-048, 7-8
- 葛青, 毛建卫, 张安强, 孙培龙, 2013. 桑黄子实体多糖的分离纯化及结构鉴定. 食品科技, 38(3): 168-171+175
- 贺屏雅, 杨玥, 邸磊, 李俊龙, 李宁, 2020. 不同基质栽培的药用鲍姆桑黄孔菌体外抗肿瘤活性的比较研究. 菌物学报, 39(7): 1400-1409
- 湖北省食品药品监督管理局, 2009. 湖北省中药材质量标准. 武汉: 湖北科学技术出版社. 113-114
- 黄罗丹, 安春艳, 刘德阳, 潘裕添, 2019. 液体发酵桑黄总黄酮对抗肿瘤活性及细胞周期的影响. 山东理工大学学报(自然科学版), 33(2): 65-68+73
- 吉林省药品监督管理局, 2020. 吉林省中药材标准. 长春: 吉林科学技术出版社. 216-217
- 李羚, 郭立忠, 李树文. 2021. 耐盐桑黄菌株筛选及其驯化. 青岛农业大学学报(自然科学版), 38(3): 205-208
- 李正鹏, 陈万超, 张赫男, 张忠, 吴迪, 杨焱, 2021a. 暴马桑黄新品种‘沪桑2号’. 园艺学报, 48(S2): 3021-3022
- 李正鹏, 李玉, 陈万超, 张赫男, 吴迪, 杨焱, 2021b. 粗毛纤孔菌新品种‘沪黄1号’. 园艺学报, 48(S2): 3023-3024
- 刘春静, 张晓阳, 戴玉成, 魏玉莲, 2005. 鲍氏层孔菌培养条件的研究. 菌物学报, 24(2): 306-309
- 刘帅, 莫俊恺, 潘丹阳, 刘高强, 2018. 桑黄多糖的药理作用及提取方法研究进展. 生物技术通报, 34(12): 63-67
- 刘帅阳, 廖宣宇, 余戎镇, 杨振赞, 韩鏐, 郭琼, 施维, 2019. 桑黄提取液抗尿酸活性的研究. 人参研究, 31(4): 17-20
- 任思竹, 史振霞, 张艳霞, 苏姗, 王宁, 闫训友, 2021. 真菌桑黄的药用功效及栽培技术研究进展. 安徽农业科学, 49(3): 5-9
- 山东省药品监督管理局, 2012. 山东省中药材标准. 济南: 山东科学技术出版社. 159-160
- 孙思邈, 2010. 备急千金要方. 太原: 山西科学技术出版社. 1-911
- 王菲菲, 陈飞虎, 李宁, 刘峰, 施超, 丁云云, 2017. 栎树桑黄提取物诱导胃癌细胞凋亡作用的研究. 安徽医科大学学报, 52(10): 1495-1499
- 王钦博, 杨焱, 齐晓彦, 2016. 桑黄水提物抑菌作用的研究与应用. 上海农业学报, 32(6): 64-68
- 汪天明, 邸磊, 施高翔, 刘慧敏, 汪长中, 李宁, 2019. 桑黄正丁醇提取物对白念珠菌生物膜形成的抑制作用. 安徽中医药大学学报, 38(6): 52-57
- 汪雯翰, 张劲松, 杨焱, 2014. 鲍氏层孔菌(桑黄)的化学成分与药理活性研究进展. 天然产物研究与开发, 26(增刊1): 142-145
- 吴声华, 戴玉成, 2020. 药用真菌桑黄的种类解析. 菌物学报, 39(5): 781-794
- 吴秀丽, 林生, 朱承根, 赵峰, 于洋, 岳正刚, 刘波, 杨永春, 戴均贵, 石建功, 2011. 火木层孔菌液体培养物的化学成分研究. 中国中药杂志, 36(7): 874-880
- 武晓林, 王超儀, 包海鹰, 2018. 不同“桑黄”类真菌水提取物的抗肿瘤活性研究. 生物技术通报, 34(8): 138-143
- 许谦, 周文欣, 王冲, 李倩, 孙盟悦, 焦新新, 姜洁洁, 张龙祥, 2019. 桑黄活性物质研究现状. 中国食用菌, 38(2): 1-6
- 於学良, 卢艺, 杜盼, 夏国华, 戈延茹, 2014. 瓦尼木层孔菌子实体中小分子化学成分分离与鉴定. 食用菌学报, 21(2): 90-94
- 笕立峰, 包海鹰, 李丹花, 2016. “桑黄”类真菌中多酚物质及其生物活性研究进展. 天然产物研究与开发, 28(1): 147-155
- 张赫男, 杨焱, 张劲松, 唐庆九, 刘艳芳, 汪雯翰, 吴迪, 2017. 桑黄纤孔菌子实体粉的毒理研究. 菌物学报, 36(3): 376-384
- 张珈宁, 瞿海燕, 张金梦, 冯金梅, 宋文剑, 袁发浒, 2019. 桑黄多糖缓解日本血吸虫感染小鼠氧化应激及肝纤维化的实验研究. 中国血吸虫病防治杂志, 31(6): 615-621
- 张晶, 苏畅, 贾英杰, 李小江, 2019. 香菇多糖抗肿瘤治疗临床应用进展. 天津中医药, 36(11): 1137-1140