

# 一株野生桑树桑黄生物学性状与驯化栽培

孙贺春, 张 静, 陈 刚, 杨紫威, 钱昌明

(安徽省康美来大别山生物科技有限公司, 安徽金寨 237300)

**[摘要]**对采自金寨县大别山区的一株生长在桑树上的野生桑黄进行菌株分离和驯化栽培试验, 经组织分离获得菌种, 通过 ITS 基因序列同源性比对鉴定为桑树桑黄。采取单因素试验对桑树桑黄菌丝在不同碳源、植物提取物、氮源和温度下长势进行比较分析, 明确桑树桑黄菌丝最适生长条件, 制备成栽培母种、原种和栽培种, 以栎树木段作为菌材进行出菇试验。结果表明: 桑树桑黄菌丝体生长的最适温度为 30 ℃, 最适植物提取物为杂木屑, 最适碳源为葡萄糖, 最适氮源为酵母粉, 桑树桑黄在栎树木段上能够实现出菇。

**[关键词]**桑树桑黄; 单因素; 组织分离; 驯化栽培

中图分类号: S567.39 文献标识码: A 文章编号: 1672-450X(2026)02-0070-07

## Biological Characteristics and Domesticated Cultivation of A Wild *Sanghuangporus sanghuang* Strain

SUN Hechun, ZHANG Jing, CHEN Gang, YANG Ziwei, QIAN Changming

Anhui Province KangMeiLai DaBie Mountain Biotech Co., Ltd, Jinzhai 237300, China

**Abstract:** A wild strain of *Sanghuangporus* growing on a mulberry tree collected from the Dabie Mountains in Jinzhai County was subjected to strain isolation and domestication cultivation experiments; the strain was obtained through tissue isolation and identified as *Sanghuangporus sanghuang* through homology comparison of ITS gene sequences; a single factor test was conducted to Comparative analysis of the growth of *Sanghuangporus sanghuang* under different carbon sources, plant extracts, nitrogen sources and temperatures was carried out to clarify the optimal growth conditions of *Sanghuangporus sanghuang*. It was prepared into cultivated mother species, original species and cultivated species, and oak tree segments were used as fungi for fruiting tests. The results show that the optimal temperature for the growth of *Sanghuangporus sanghuang* is 30 ℃, the optimal plant extract is Mixed sawdust, the optimal carbon source is glucose, and the optimal nitrogen source is yeast powder; *Sanghuangporus sanghuang* can experimentally produce mushrooms on oak tree segments.

**Key words:** *Sanghuangporus sanghuang*; single factor; tissue isolation; domestication and cultivation

桑黄作为多年生大型药用真菌在我国有着悠久的药用历史, 从两千多年前专著《神农本草经》到唐初甄权所著《药性论》都记载这味中药, 属于珍贵的药食两用真菌, 有“森林黄金”之美称<sup>[1-2]</sup>。2016年发表了桑黄孔菌属(*Sanghuangporus*)这一新种属。桑黄孔菌属目前所知共14种, 同生长的树种具有专一性, 只有桑树桑黄(*Sanghuangporus sanghuang*)这一种长在桑树上<sup>[3]</sup>。现代科学技术研究表明, 桑黄中含有多糖、麦角甾醇、

总酚、香豆素、黄酮、萜类等相关化合物, 具有免疫调节、抗癌、抗病毒、抗氧化、抗炎等作用<sup>[4-6]</sup>。桑黄在我国分布广泛, 在华北、东北、华东等地都有分布, 主要生长在桑树、杨树、松树、枣树等树干上, 桑黄的子实体呈黄褐色, 多年生、木质化, 因寄生树种不同, 其形状、颜色和药用成分上都存在一定的差异<sup>[7]</sup>。

桑黄目前尚未被收录到中国药典中, 目前在一些省份如安徽、浙江、吉林等将桑黄作为药材

收稿日期: 2025-12-04

基金项目: 安徽省科技重大专项(202203a07020014)

作者简介: 孙贺春(1991—), 男, 农艺师, 硕士, 研究方向为药食同源中药材栽培与开发。E-mail: 819292987@qq.com

和饮片标准收录<sup>[8]</sup>,在吉林省桑黄(杨黄)可作为普通食品原料使用,山东省已将桑黄[含粗毛纤孔菌(*Inonotus hispidus*)]列入食品安全标准计划。桑黄的开发程度较低,主要有药材、饮片、茶剂、片剂等,由于缺乏统一标准,桑黄在各省份发展程度差异较大。

桑树桑黄作为最正宗的核心种,目前人工栽培技术尚不成熟,野生资源面临枯竭;已广泛栽培的品种主要为瓦尼桑黄(杨树桑黄, *S. vaninii*)和暴马桑黄(*S. baumii*),是桑树桑黄主要的替代种;广义的桑黄也包括粗毛纤孔菌,主要分布于中国的北部地区,已实现规模化人工栽培<sup>[9]</sup>。桑树桑黄的药理活性优于市售常见的杨树桑黄及暴马桑黄<sup>[10]</sup>。王华等<sup>[11]</sup>研究比较桑树桑黄、杨树桑黄、粗毛纤孔菌中黄酮和总酚含量,发现桑树桑黄最高。桑树桑黄具有优越的药理作用,但资源逐渐面临枯竭,种源亟需保护和人工驯化栽培,本研究通过对金寨大别山桑树桑黄野生资源调研、菌种分离鉴定、驯化栽培,成功分离出桑树桑黄菌株,通过在栎树木段上小试栽培成功培育出桑树桑黄,为后期桑树桑黄人工规模化栽培、质量研究、活性成分研究、药理作用以及开发奠定了基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料、仪器与试剂

供试材料:野生桑树桑黄采自安徽省金寨县大别山区的老桑树上。

供试试剂:试剂均为分析纯,包括蔗糖、葡萄糖、蛋白胨、琼脂粉、酵母浸膏、鱼粉蛋白胨(国药集团化学试剂有限公司);D-甘露糖醇、木糖醇、玉米淀粉、纤维素酶(山东科隆特酶制剂有限公司)。

供试仪器:BSA-224S-CW 电子天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司);DK-S26 电热恒温水浴锅(上海三发科学仪器有限公司);SW-CJ-2D 型双人单面净化工作台(苏州净化设备有限公司);SHX-250 生化培养箱(常州国宇仪器制造有限公司);SHP-300 生化培养箱(上海三发科学仪器有限公司)。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 组织分离与鉴定

采用PDA培养基进行组织分离,转管纯化获得桑树桑黄纯菌种,送至中国科学院微生物研究所进行鉴定。

#### 1.2.2 桑树桑黄菌株生物学特性分析

采取单因素试验对桑树桑黄菌丝在不同碳源、植物提取物、氮源和温度下长势进行比较分析,基础培养基为马铃薯200 g,葡萄糖20 g,蛋白胨5 g,琼脂粉20 g,蒸馏水1 L。

(1)菌丝在不同温度下长势比较:研究6个温度条件下(21、24、27、30、33、36℃)菌丝的生长情况;采用基础培养基,在上述温度下进行培养,每组5个重复。

(2)菌丝在不同植物提取物下长势比较:在基础培养基中,分别加入5 mL的水及桑树木屑、栎树木屑、杂木屑、麦麸的提取物。提取物制备方法为:各取植物5 g,加30 mL纯化水,煎煮30 min,用孔径0.18 mm筛过滤,水浴浓缩至5 mL,加入基础培养基中;每组5个重复,于30℃条件下培养。

(3)菌丝在不同碳源下长势比较:研究葡萄糖、蔗糖、D-甘露糖醇、木糖醇、玉米淀粉等5个碳源条件下菌丝的生长情况;将葡萄糖换成其他碳源,每组5个重复,于30℃条件下培养。

(4)菌丝在不同氮源下长势比较:研究蛋白胨、酵母粉、酵母浸膏、鱼粉蛋白胨、纤维素酶等5个氮源条件下菌丝的生长情况;将蛋白胨换成其他氮源,每组5个重复,于30℃条件下培养。

(5)观测指标:培养期间每3~5 d测量菌丝生长速度。

#### 1.2.3 驯化栽培

原种生产:采用麦粒作为培养基,经过2~3 d自来水泡制(温度15~25℃)、装袋、灭菌(121℃,4 h)、接种、培养(24~26℃),获得原种。

栽培种生产:采用杂木屑作为培养基,加水混合,水分55%~65%,经过2~3 d室内堆放发酵、装袋、灭菌(121℃,4 h)、接种、培养(24~26℃),获得栽培种。

菌棒生产:采用栎树木段作为菌材,截成长度18~20 cm,经过4~5 d 自来水泡制(温度5~15 ℃)、捞出木段,剔除表面毛刺,装袋、灭菌(121 ℃,6 h)、接种、培养(24~26 ℃),获得桑黄菌棒。

驯化栽培:经过3~4个月的培养,4—5月份将长满菌丝的菌棒转移至室外大棚内见光转色,温度达到20~25 ℃时进行摆棒、开口(长3~5 cm,宽0.5~1.0 cm);控制栽培场所相对湿度85%~95%、温度20~32 ℃,光照强度不超过1 000 lx,每天通风1~2次,每次30 min。

#### 1.2.4 菌株稳定性研究

采用PDA培养基对人工栽培子实体进行组织分离,获得桑树桑黄菌株,进行拮抗实验。

#### 1.2.5 数据处理

实验数据以“平均值±标准差”来表示,用Excel 2019、SPSS 17.0 进行数据处理;组间多重比较采用SNK法, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果与分析

### 2.1 形态分析与 ITS 测序鉴定

形态特征:野生桑树桑黄形态见图1,多年生木质子实体,无柄,侧生在桑树枝干上,形状呈不规则扇形;成熟部分颜色偏深褐色至黑褐色,表面有自然龟裂纹理;边缘(新生部分)呈现淡黄色;具有明显的生长轮。



图1 野生桑树桑黄子实体

ITS 测序鉴定:在PDA培养基上25 ℃培养,菌落颜色初为白色,后慢慢转黄,同时有褐色色素分泌。对该菌株的rDNA中ITS(ITS1,5.8S,ITS2)

片段进行序列分析,基于ITS序列的分子系统发育树分析结果表明,该菌株序列与GenBank上的桑树桑黄(*Sanghuangporus sanghuang* MF772789.1)形成一个独立的末端分支,二者之间的ITS序列相似性为100%。

菌株鉴定为:桑树桑黄(桑黄)*Sanghuangporus sanghuang*(同物异名 *Inonotus sanghuang*)。

### 2.2 野生桑树桑黄菌株生物学特性分析

#### 2.2.1 菌丝在不同温度下长势比较分析

温度是调控野生桑树桑黄菌丝生长的核心环境因子,对菌丝生长速度影响呈现显著梯度差异。由图2和图3可知,在21 ℃低温条件下,菌丝生长速度仅为(1.27±0.14) mm/d,处于最慢水平,说明低温会明显抑制菌丝代谢活动;随着温度升高至24 ℃、27 ℃,生长速度逐步提升至(2.13±0.08) mm/d、(2.95±0.07) mm/d,菌丝活性持续增强;当温度达到30 ℃时,生长速度达到峰值(3.43±0.03) mm/d,此时菌丝细胞分裂、营养吸收效率最高;33 ℃时速度略降至(3.33±0.11) mm/d,说明菌丝对该高温有较好适应性;即使在36 ℃较高温度下,菌丝仍能以(1.75±0.04) mm/d的速度生长,进一步证实该菌株菌丝属于高温生长型;30 ℃为最适生长温度。

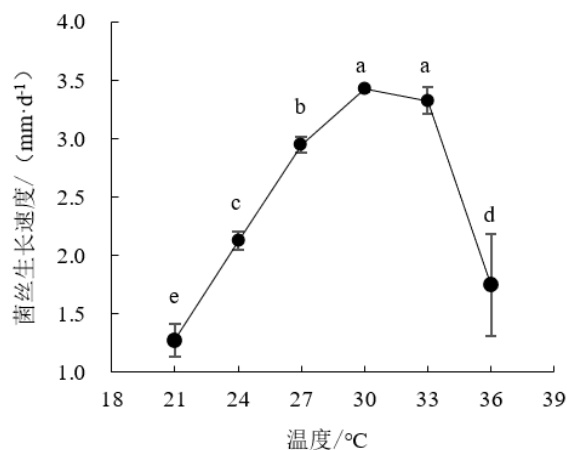


图2 桑树桑黄菌丝在不同温度下长速比较

注:图中不同字母表示差异显著,下同。

#### 2.2.2 菌丝在不同植物提取物下长势比较分析

植物提取物在生长基础保障与菌丝品质调控

上发挥重要作用。由图4和图5可知,不同植物提取物处理组的菌丝均能实现良好生长,体现出菌株对植物源性营养的广泛适应性。从生长速度来看,杂木屑组表现最优,达 $(3.42 \pm 0.01)$  mm/d,桑树木屑组 $(3.35 \pm 0.02)$  mm/d、栎树木屑组 $(3.29 \pm 0.03)$  mm/d次之,水和麦麸组速度最慢(分别为

3.19、3.17 mm/d);各组速度差值最大仅0.25 mm/d,说明该因素对生长速度影响相对较小。而关键差异集中在菌丝色泽与性状上,杂木屑组菌丝色泽更鲜亮、质地更均匀,推测其含有的木质素、纤维素比例及微量营养成分更契合菌丝细胞壁合成与代谢需求,因此为最适植物提取物。

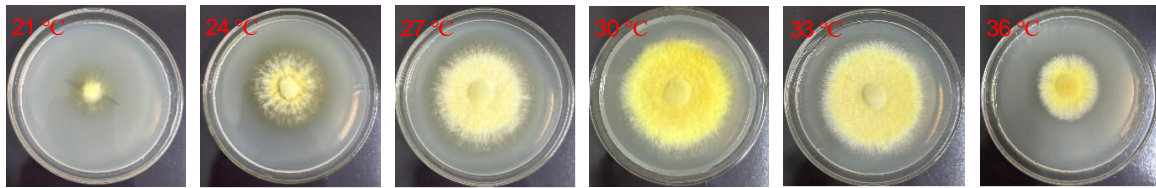


图3 桑树桑黄菌丝在不同温度下长势比较

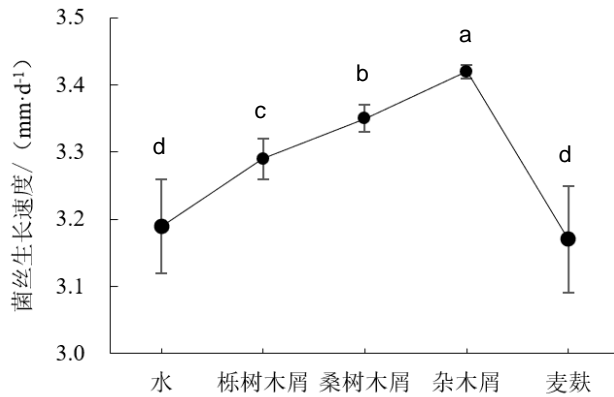


图4 桑树桑黄菌丝在不同植物提取物下长势比较

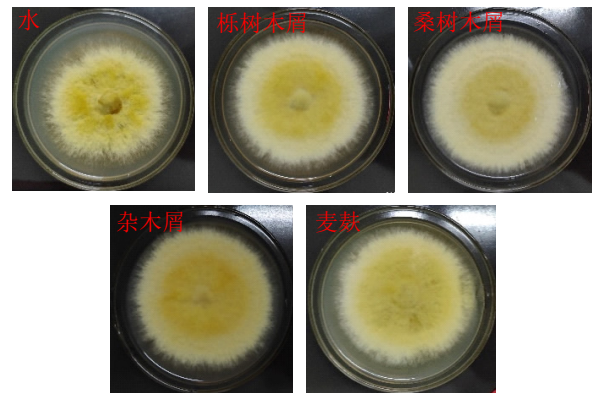


图5 桑树桑黄菌丝在不同植物提取物下长势比较

### 2.2.3 菌丝在不同碳源下长势比较分析

碳源作为野生桑树桑黄菌丝生长的能量核心来源,其种类选择直接决定菌丝生长效率。由图6和图7可知,不同碳源处理组的生长速度差异显著。葡萄糖组表现最为突出,菌丝生长速度达 $(3.41 \pm 0.05)$  mm/d,这是因为葡萄糖作为单糖,可直接被菌丝细胞吸收利用,无需额外消耗能量进行分解,能快速转化为细胞呼吸所需的ATP,为菌丝生长提供高效能量支撑;玉米淀粉 $(3.21 \pm 0.02)$  mm/d与木糖醇组 $(3.18 \pm 0.03)$  mm/d差异不大,玉米淀粉需经菌丝分泌的淀粉酶分解为葡萄糖后利用,木糖醇作为五碳糖,代谢途径较葡萄糖复杂,因此速度稍慢;蔗糖 $(2.97 \pm 0.06)$  mm/d与D-甘露糖醇组 $(2.94 \pm 0.03)$  mm/d速度最慢,蔗糖需分解为葡萄糖与果糖,D-甘露糖醇代谢效率更

低,进一步证明葡萄糖为最适碳源。

### 2.2.4 菌丝在不同氮源下长势比较分析

氮源是桑树桑黄菌丝合成蛋白质、核酸等关键生物大分子的原料,其种类不仅影响生长速度,还对菌丝形态品质有重要调控作用。由图8和图9可知,鱼粉蛋白胨组菌丝生长显著较差,速度仅 $(2.03 \pm 0.12)$  mm/d,推测可能因其含有特殊氨基酸组成或微量抑制成分,干扰了菌丝的氮代谢过程;其余氮源组生长速度差异较小,酵母粉组 $(3.22 \pm 0.03)$  mm/d与纤维素酶组 $(3.17 \pm 0.08)$  mm/d均显著高于其他分组,蛋白胨组 $(3.08 \pm 0.16)$  mm/d与酵母浸膏组 $(2.93 \pm 0.05)$  mm/d显著高于鱼粉蛋白组。从菌丝品质来看,酵母粉组菌丝色泽均匀、整齐度最高,其丰富的氨基酸、B族维生素等营养成分不仅满足氮需求,还能促进菌

丝形态发育,因此为最适氮源,而纤维素酶组虽

速度相近,但在菌丝整齐度上稍逊于酵母粉组。

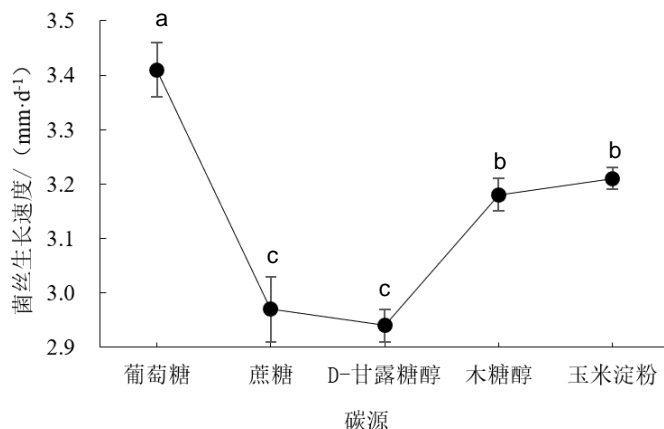


图6 桑树桑黄菌丝在不同碳源下长速比较

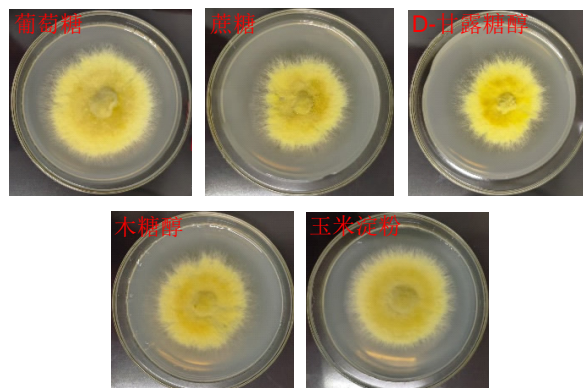


图7 桑树桑黄菌丝在不同碳源下长势比较

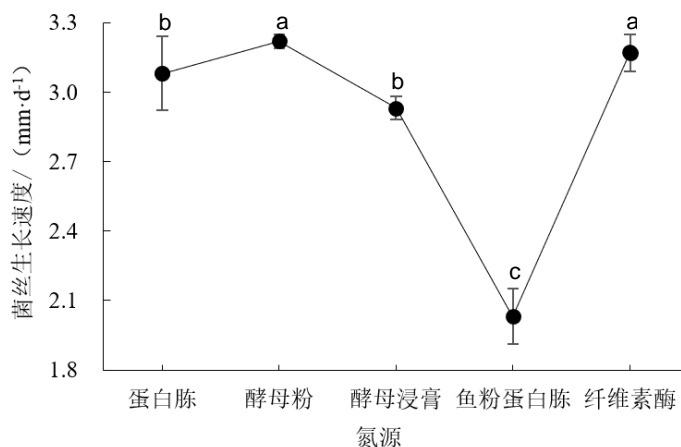


图8 桑树桑黄菌丝在不同氮源下长速比较

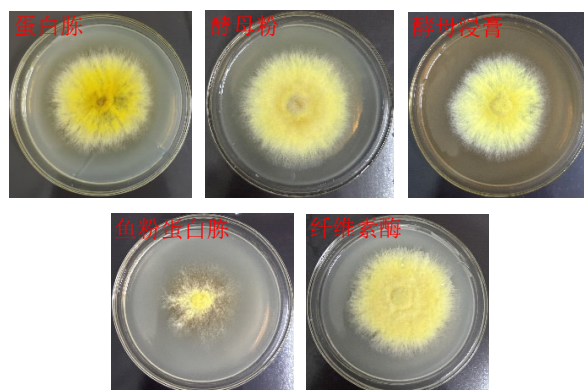


图9 桑树桑黄菌丝在不同氮源下长势比较

### 2.3 驯化栽培

通过栽培管理措施,对桑树桑黄在栎树木段上的人工栽培取得突破,实现出菇管理第1年即成功出菇。该阶段桑黄子实体生长速度为(0.30 ± 0.12) mm/d,最终长成的子实体规格为长(6.1 ± 0.80) cm、宽(3.3 ± 0.70) cm、高(4.8 ± 1.30) cm;子实体颜色呈深黄色,且子实体底部未出现菌管分化,推测该现象与栽培周期不足相关。菌管分化作为桑黄子实体成熟的重要标志,需要充足的生长时间来完成组织发育进程。进入第2年栽培周期后,桑黄子实体恢复正常生长;经2 a连续栽培,子实体总规格达到长(9.7 ± 1.20) cm、宽(7.5 ± 1.65) cm、高(7.3 ± 1.22) cm,但年生长速率降至(0.19 ± 0.08) mm/d,明显慢于第1年,这一变

化大概率是栎树木段营养持续消耗所致;随着栽培时间延长,木段内可供桑黄菌丝吸收利用的碳源、氮源等营养物质逐步减少,无法支撑子实体维持高速增长。

二年生桑黄子实体表现出2个显著的成熟特征:一是子实体上层形成了褐色年轮;二是底部颜色转变为棕黄色,且成功分化出菌管(图10)。其中菌管的分化形成与栽培过程中的昼夜温差变化存在直接关联,温度的波动会刺激桑黄子实体的组织分化:一方面,温差可促进子实体内酶活性的节律性变化,加速菌丝向生殖生长阶段的转化;另一方面,昼夜温度的交替变化能够调控子实体细胞壁的增厚与组织排列,为菌管结构的形成提供了必要的生理条件。



图 10 栽培桑树桑黄不同年度子实体形态

#### 2.4 拮抗实验

通过对柞树木段上长出的桑树桑黄子实体进行组织分离,与野生桑树桑黄子实体分离的菌丝进行拮抗实验(图 11)。结果表明:驯化栽培前后,菌株间未出现拮抗现象,菌丝性状一致,没有因改变栽培条件而出现菌株变化。

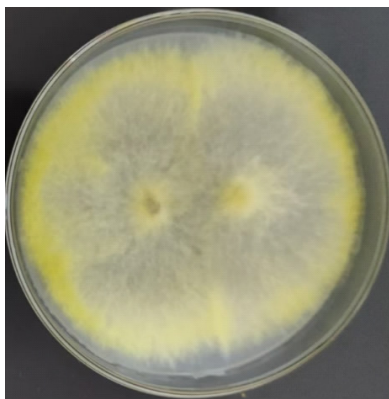


图 11 拮抗实验结果

### 3 结论与讨论

本研究明确桑树桑黄菌丝最适碳源(葡萄糖)、氮源(酵母粉)及温度适配范围(27~33℃),印证了桑黄属真菌的共性生物学特性;核心突破在于分离鉴定出大别山区特有的高温适应性菌株,首次证实柞树木段可作为替代菌材实现出菇,打破其宿主专一性限制,建立了仿野生驯化栽培技术体系,同时明确杂木屑为最适植物提取物,揭示了鱼粉蛋白胨对菌丝生长的抑制效应。本研究丰富了桑树桑黄优质种质资源,突破了传统栽培依赖桑树的瓶颈,降低了栽培成本,

为专用培养基精准配制与规模化栽培提供了关键技术支撑和新方向。

本研究结果与杜忠伟、范祺等<sup>[12-13]</sup>关于桑黄菌丝生长特性及营养偏好的研究结论一致,进一步验证了桑黄属真菌对速效碳源、复合型氮源的需求及中高温生长的共性。而柞树木段替代菌材的成功应用,突破了吴声华等<sup>[3]</sup>提出的桑黄孔菌属与宿主树种专一性的认知,为菌材多元化开发提供了重要依据;鱼粉蛋白胨的抑制效应为培养基配方优化规避了潜在风险,填补了相关研究空白。

当前桑树桑黄产业仍面临多重瓶颈:优质种质供应不足、生长周期长、出菇阶段温光水肥精准调控难度大、柞树木段资源依赖与营养单一、核心代谢机制不明等<sup>[14-16]</sup>,制约了规模化发展。未来需针对核心瓶颈开展靶向研究:一是构建优质菌株液体发酵快速繁殖体系,实现菌种工业化生产,破解种质供应难题;二是优化温度、光照、水肥精准调控技术与复合菌材配方,缩短生长周期,促进菌管分化,降低资源依赖;三是建立菌种鉴定、栽培过程及产品质量的标准化体系,规范产业秩序;四是深入解析活性成分合成与共生代谢机制,为品质提升提供理论支撑。通过技术创新与标准完善,推动桑树桑黄从实验室小试走向产业化规模化生产,最终实现野生资源保护与产业可持续发展的双赢。

#### 参考文献:

- [1] CHEN G, WANG W, LIU C, et al. Integrated metabolomic and transcriptomic analysis reveals variation in the metabolites and genes of *Sanghuangporus sanghuang* from Sanghuang-related fungi [ J ]. Archives of Microbiology, 2025, 208(1): 19.
- [2] LUO Y, CAO N, HUANG L, et al. Structural characterization, and antioxidant, hypoglycemic and immunomodulatory activity of exopolysaccharide from *Sanghuangporus sanghuang* JM-1 [ J ]. Molecules, 2024, 29(19): 4564.
- [3] 吴声华,戴玉成. 药用真菌桑黄的种类解析 [ J ]. 菌物学报, 2020, 39(5): 781-794.
- [4] CHIEN LH, DENG JS, JIANG WP, et al. Evaluation of lung protection of *Sanghuangporus sanghuang* through TLR4/NF- $\kappa$ B/MAPK, keap1/Nrf2/HO-1, CaMKK/AMPK/

- Sirt1, and TGF- $\beta$ /SMAD3 signaling pathways mediating apoptosis and autophagy [ J ]. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2023, 165: 115080.
- [5] DONG ZH, WANG YC, HAO CT, et al. *Sanghuangporus sanghuang* extract extended the lifespan and healthspan of *Caenorhabditis elegans* via DAF-16/SIR-2.1 [ J ]. *Frontiers in pharmacology*, 2023, 14: 1136897.
- [6] CHIEN LH, DENG JS, JIANG WP, et al. Study on the potential of *Sanghuangporus sanghuang* and its components as COVID-19 spike protein receptor binding domain inhibitors [ J ]. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 2022, 153: 113434.
- [7] 任思竹, 史振霞, 张艳霞, 等. 真菌桑黄的药用功效及栽培技术研究进展 [ J ]. *安徽农业科学*, 2021, 49(3): 5-9.
- [8] 长城, 郑海婷, 孙孟琪, 等. 三种桑黄类真菌多指标活性成分和有害重金属含量测定 [ J ]. *菌物学报*, 2023, 42(4): 1023-1036.
- [9] 杨娟娟, 孙波, 王卓仁, 等. 四种桑黄类真菌挥发性风味成分分析 [ J ]. *菌物学报*, 2023, 42(4): 1009-1022.
- [10] 王旭, 焦月华, 郑秀茜, 等. 桑黄化学成分及药理作用的研究进展 [ J ]. *化学工程师*, 2021, 35(12): 54-56.
- [11] 王华, 朱荣才, 崔胜, 等. 一株野生桑黄菌的分离鉴定及活性成分分析 [ J ]. *北方园艺*, 2024(12): 108-114.
- [12] 杜忠伟, 胡志强, 亢学平, 等. 8株桑黄菌丝生长特性及栽培研究 [ J ]. *中国食用菌*, 2021, 40(5): 31-35.
- [13] 范祺, 吴茂玉, 张博华, 等. 桑黄的主要活性成分及国内外研究进展 [ J ]. *中国果菜*, 2022, 42(11): 50-55.
- [14] 付立忠, 陆娜, 闫静, 等. 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 [ J ]. *菌物学报*, 2021, 40(8): 2148-2158.
- [15] 陆春霞, 刘开莉, 梁贵秋, 等. 十一个桑黄菌株的形态学观察与分子鉴定 [ J ]. *浙江农业学报*, 2024, 36(4): 800-810.
- [16] 高晓东, 郎文培, 王丽杰, 等. 药用真菌桑黄的国内外研究进展综述 [ J ]. *种子科技*, 2021, 39(6): 8-9.