

适合东北地区生长的灵芝‘FY-3’的选育

庄磊^{1*}, 杨娜¹, 于松涛¹, 郭旭欣¹, 孙志晖¹, 张介驰², 柳柏杨¹

1 哈尔滨市农业科学院畜牧与生态技术研究分院寒地食药菌创新工作室, 黑龙江 哈尔滨 150029

2 黑龙江省科学院微生物研究所, 黑龙江 哈尔滨 150010

摘要: 本研究以收集的 20 份灵芝 *Ganoderma lingzhi* 为研究材料, 经分离、拮抗反应及母种性能测定试验后, 共获得 6 个灵芝菌株。基于拮抗反应初筛、设施内小中试复筛及品比试验, 最终获得性状稳定、产量高且品质优良的灵芝品种‘FY-3’。其菌丝体呈白色、浓密絮状, 子实体菌盖形成的时间早, 菌盖半圆形, 直径达 12 cm, 盖肉厚达 1.5–2.0 cm, 盖表黄褐色, 菌盖下表面呈灰白色, 整体颜色一致, 菌盖上表面平滑, 边缘微钝。菌肉分层明显, 呈褐色。研究结果表明, 灵芝品种‘FY-3’是性状优良且适合我国东北地区人工栽培的优异药食真菌品种。

关键词: 灵芝; 品种选育; 药用真菌; 大型真菌; 新品种

[引用本文]

庄磊, 杨娜, 于松涛, 郭旭欣, 孙志晖, 张介驰, 柳柏杨, 2024. 适合东北地区生长的灵芝‘FY-3’的选育. 菌物学报, 43(3): 240237
Zhuang L, Yang N, Yu ST, Guo XX, Sun ZH, Zhang JC, Liu BY, 2024. Breeding of *Ganoderma lingzhi* ‘FY-3’ suitable for cultivation in northeast China. Mycosystema, 43(3): 240237

Breeding of *Ganoderma lingzhi* ‘FY-3’ suitable for cultivation in northeast China

ZHUANG Lei^{1*}, YANG Na¹, YU Songtao¹, GUO Xuxin¹, SUN Zhihui¹, ZHANG Jiechi², LIU Baiyang¹

1 Animal Husbandry and Ecological Technology Research Branch & Innovation Workstation of Frigid Area Edible and Medicinal Fungi, Harbin Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150029, Heilongjiang, China

2 Institute of Microbiology, Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin 150010, Heilongjiang, China

Abstract: Twenty samples of *Ganoderma lingzhi* were collected as research materials, and a total of 6 strains was isolated through antagonism reaction experiment and spawn quality

资助项目: 哈尔滨市科技局自筹项目; 黑龙江省食用菌体系岗位专家项目

This work was supported by the Harbin Municipal Science and Technology Bureau Self-raised Project and the Heilongjiang Province Edible Fungi System Post Expert Project.

*Corresponding author. E-mail: 6234083@qq.com

ORCID: ZHUANG Lei (0009-0006-5215-0192)

Received: 2024-08-19; Accepted: 2024-09-01

determination. After re-screening under facility cultivation condition, the variety ‘FY-3’ with stable traits, high yield and excellent quality was finally obtained. The mycelia of FY-3 were white, dense and flocculent, and the fruiting body formed early. The cap is semicircular, with diameter of up to 12 cm, and thickness of up to 1.5–2.0 cm. The upper surface was consistently yellow-brown, and the lower gray-white, smooth, and the edge was slightly blunt. The pileus section clearly stratified and brown. ‘FY-3’ was an excellent variety with excellent traits and suitable for artificial cultivation in northeast China.

Keywords: *Ganoderma lingzhi*; variety breeding; edible and medicinal fungi; macrofungus; new variety

灵芝 *Ganoderma lingzhi* Sheng H. Wu, Y. Cao & Y.C. Dai, 别名赤芝、丹芝等(戴玉成等 2013), 作为中国传统的药用真菌, 具有扶正固本, 提高机体免疫力等多种功能(江振友和林晨 2003; Jiang *et al.* 2004; Lin 2005; 张晓云和杨春清 2006)。该物种隶属于担子菌门 Basidiomycota、蘑菇纲 Agaricomycetes、多孔菌目 Polyporales、灵芝科 Ganodermataceae, 灵芝属 *Ganoderma* (陈诚等 2018; 黄佳等 2022; 周宇等 2022), 是珍贵药食用真菌(戴玉成等 2021; 崔宝凯等 2023)。

灵芝是一种药食两用的真菌, 作为灵芝入药, 适合所有人群, 是延缓衰老、滋身健体的食用佳品(戴玉成等 2013)。现代科学研究发现, 灵芝具有多种活性物质, 包含三萜酸类化合物、核苷类、多糖、氨基酸和蛋白质等多种对人体有益的活性成分(Li *et al.* 2019; Opattova *et al.* 2019; Susilo *et al.* 2019; Jin *et al.* 2020; Shen *et al.* 2020; Li *et al.* 2021; 冯杰等 2023; 郭晓宇等 2023; 柳小兰等 2023; 唐晨旻等 2023; 曾凡清等 2023), 具有提高免疫力、延缓衰老、保护肝脏、降胆固醇、修护放化疗损伤、抗肿瘤、抗病毒、降血脂等广泛的药理作用(刘锋等 2012; Zhao *et al.* 2019; 马冠骅等 2023)。

尽管我国已对灵芝开展了新品种选育研究, 也培育出多个新品种(张蕾等 2014; 唐明先等 2018; 韦达等 2020; 贺黎铭等 2022; 姚春馨等 2022), 但这些选育出的品种基本适合在我国华东、华中及西南地区栽培, 适合我国东北地

区的灵芝新品种选育还未见报道。而且灵芝在我国的东北地区无天然分布(崔宝凯等 2023), 因此培育适合我国东北地区特别是黑龙江省栽培的灵芝新品种十分必要。

本试验通过野生采集灵芝子实体, 经过驯化、实验室菌丝培养初筛、设施内栽培复筛, 最终成功筛选出了适宜人工栽培的灵芝株系‘FY-3’, 该品种产量高、出芝温度范围广、形状规整, 出芝整齐度高, 为人工栽培灵芝提供了新的品种。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试菌株

本研究采集了安徽省六安市裕安区横排头景区的 20 份供试野生灵芝材料作为试验材料。经过分离纯化, 并进行拮抗筛选, 最终筛选出 6 株灵芝资源, 作为本研究的供试菌株。同时, 我们选择了‘灵芝 gy’和‘灵芝 wsw’作为对照品种, 这 2 个品种分别来自江苏高邮市科学食用菌研究所和广西农业科学院微生物研究所。

1.1.2 供试培养基

母种培养基: 马铃薯 200 g、葡萄糖 15 g、MgSO₄ 1 g、CaCl₂ 0.25 g、维生素 B₁ 0.2 mg、麦芽浸出粉 3 g、琼脂 20 g、水 1 000 mL; pH 值 6.3–6.5, 121 °C、1×10⁵ Pa 灭菌 20 min;

拮抗试验培养基: 马铃薯 200 g、葡萄糖 20 g、琼脂 20 g、蛋白胨 5 g、磷酸二氢钾 3 g、

硫酸镁 1.5 g、水 1 000 mL; pH 值 6.3–6.5, 121 °C、 1×10^5 Pa 灭菌 20 min;

原种与栽培种: 木屑 46.8 kg, 麸皮 9.6 kg, 黄豆粉 2.76 kg, 蔗糖 0.78 kg, 石膏粉 0.66 kg, pH 值 5.6, 含水量为 60%。

1.2 野生灵芝的分离方法

将采集的野生灵芝子实体分别冲洗干净, 于无菌室(接种箱、超净工作台等)内用无菌水冲洗数次, 并用无菌纸充分吸干表面水分, 再用 0.1% 升汞浸泡 5 min。取出后用无菌水冲洗多次(也可以直接用 75% 乙醇涂擦子实体表面), 进行表面消毒。消毒后, 在火焰上方, 用清洁的小刀削开菌盖表面, 迅速用接种针挑取野生灵芝子实体中部约 0.5 cm^2 的子实体组织块, 接种于试管斜面培养基上, 每一颗子实体分离 4 支试管; 接种后的试管放入 25 °C 的恒温箱中培养, 2–3 d 后组织块及其周围便可长出白色菌丝、7–8 d 后菌丝长满斜面。然后经过 3 次转管纯化, 每颗子实体对应的试管选择其中长势较好的编号后作为试管母种, 进行下一步试验。

1.3 拮抗试验

以野生驯化所得的菌株及对照菌株作为试验材料开展拮抗试验, 试验方法参照 NY/T 1845 食用菌菌株区别性鉴定拮抗反应; 将野生驯化所得菌株及对照菌株, 分别两两对峙接种于拮抗试验平板培养基上, 于 25 °C 恒温培养。

1.4 菌株菌丝生长速度测定

将菌株分别转接于 PDA 平板上, 25 °C 恒温培养, 从菌块中心点开始用游标卡尺测量培养 5 d 的菌丝生长距离, 计算菌丝在 PDA 培养基平板上的日平均生长速度, 每个菌株设 3 次重复(庄磊等 2024)。

1.5 小区栽培试验及农艺性状的测定

栽培料袋规格选用 $17 \text{ cm} \times 35 \text{ cm}$ 。灭菌后待料温降到 25 °C 左右时开展接种作业, 菌袋接种后放置在环境温度(25 ± 2) °C 的培养房避光培养, 适时通风, 空气相对湿度维持 70% 左右,

当环境温度稳定在 25–28 °C 下发菌。出芝可采取菌袋开塞方式进行, 保持空气相对湿度 90% 左右, 加强通风, 控制光照 300–800 lx。在观察到长出的灵芝子实体具有大量孢子弹射且芝盖停止增大时, 进行采收。记录灵芝生长相关农艺性状。本实验设置 3 组重复, 每组 30 袋。

选取表现优良的菌株进行袋料栽培试验。通过观察菌丝体和子实体的生长状况, 并比较逐年的产量数据, 验证菌株是否具有稳定遗传性。

1.6 灵芝‘FY-3’和现有品种品比试验

筛选出的灵芝菌株‘FY-3’与现有品种进行品种比较试验。本试验以‘灵芝 gy’、‘灵芝 wsw’作为对照品种, 进行相关指标测定, 对照品种分别引自江苏高邮市科学食用菌研究所和广西农业科学院微生物研究所。

1.7 数据处理

采用 SPSS23.0 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 灵芝菌株的获得及野生驯化

以野外采集的 20 份野生灵芝为材料, 通过组织分离与培养后, 观察是否存在拮抗现象, 并剔除死亡与菌丝体长势极差的菌株, 共获得 6 个成功野生驯化后的灵芝株系, 命名为 FY-1、FY-3、FY-4、FY-8、FY-11 和 FY-12。

2.2 灵芝菌丝性能测定

接种 FY-1、FY-3、FY-4、FY-8、FY-11 和 FY-12 的菌丝块, 在试验中, FY-3 菌株的菌丝浓密粗壮, 生长速度快于其他菌株。表明 FY-3 具有较高的生长活力和生长潜力。FY-3 的菌丝生长速度最快, 为 8.18 mm/d (图 1)。

2.3 灵芝菌株出菇栽培

从筛选出的 6 个灵芝株系中, 进行工厂化小规模出菇试验, FY-1、FY-3 和 FY-11, 子实体生长状况较好(表 1)。其中, FY-3 表现最佳(图 2)。因此, 本试验继续对这 3 个株系进行种植, 观察子实体性状是否稳定。

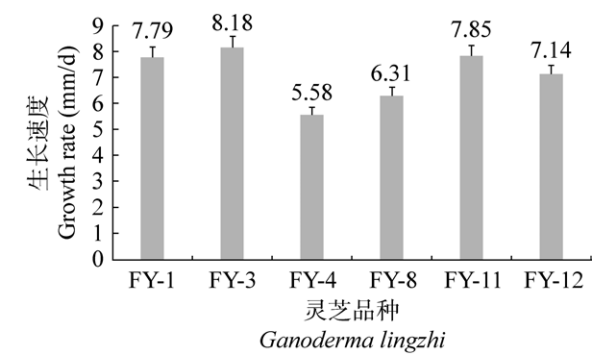


图 1 灵芝菌丝体生长速度
Fig. 1 Mycelial growth rate of *Ganoderma lingzhi* after mutagenesis.

表 1 诱变后灵芝的主要农艺性状

Table 1 Main agronomic characters of *Ganoderma lingzhi* after mutagenesis

株系	接种到满袋时间	入棚到出菇时间	子实体的生长状况	子实体直径	单朵重量
Strain	Days from inoculation to bagful colonization (d)	Days from the beginning of shed-cultivation to harvest (d)	Growth status of the fruiting body	Fruiting body diameter (cm)	Individual weight (g)
FY-1	26.5	51.5	扇形，菌盖厚，出芝整齐 Fan-shaped, thick cap, neat fruiting	10.48	74.92
FY-3	23.4	43.5	扇形，菌盖很厚而大，出芝整齐，芝型很好 Fan-shaped, cap thick and large, neat fruiting, good-shaped	12.48	87.60
FY-4	32.5	64	半圆形，菌盖小 Cap semicircular, small	6.53	47.52
FY-8	30.4	58.5	半圆形，形状较为规则，菌盖稍小 Cap semicircular, relatively regular, slightly small	8.45	52.70
FY-11	25.4	53.5	半圆形，边缘整齐，菌盖稍小，菌盖厚 Cap semicircular with neat edges, slightly small, thick	11.47	81.97
FY-12	28.5	50	不规则形状，菌盖较小 Cap irregularly shaped, small	9.53	64.90

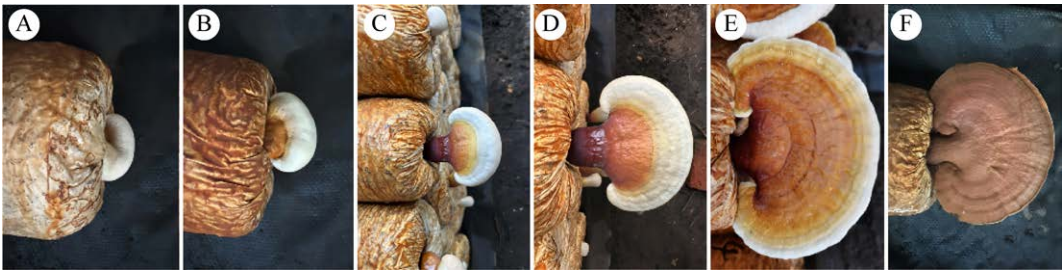


图 2 FY-3 出菇不同阶段的子实体照片 A-F: 灵芝 FY-3 生长周期第 3、7、12、18、24 和 31 天
Fig. 2 Photos of fruiting bodies at different stages of FY-3 fruiting. A-F: The growth stages of *Ganoderma lucidum* FY-3 on days 3, 7, 12, 18, 24 and 31.

2.4 连续 3 年袋栽种植产量测定

为了验证灵芝 FY-1、FY-3 和 FY-11 的子实体性状和产量是否稳定，本实验进行了 2 个种植推广试点。试点中观察了这 3 个株系的菌丝体和子实体的生长状况，并测量了它们的产量(表 2)。结果显示，FY-1、FY-3 和 FY-11 的菌丝体和子实体的生长状况良好，性状稳定。然而，3 个株系的产量却存在明显差异(图 3)。FY-1 的产量相对较低，并且呈下降趋势，而 FY-3 和 FY-11 的产量则相对稳定。FY-3 的产量要高于

表 2 袋栽种植的灵芝菌丝体与子实体生长状况

Table 2 Growth of mycelium and fruiting bodies of *Ganoderma lingzhi* in bag cultivation

株系	菌丝体的生长状况	子实体的生长状况
Strain	Growth status of the mycelium	Growth status of the fruiting body
FY-1	菌丝浓密粗壮，生长速度快，整齐 Mycelium thick, growing fast, neat	较大，直径 10–11 cm，形状规则呈扇形 Comparatively large, 10–11 cm in diameter, regularly scallop-shaped
FY-3	菌丝浓密粗壮，生长速度快，整齐 Mycelium thick, growing fast, neat	较大，直径 12–14 cm，形状规则呈扇形 Comparatively large, 12–14 cm in diameter, regularly scallop-shaped
FY-11	菌丝浓密粗壮，生长速度快，整齐 Mycelium thick, growing fast, neat	较大，直径 11–12 cm，形状规则呈扇形 Comparatively large, 11–12 cm in diameter, regularly scallop-shaped

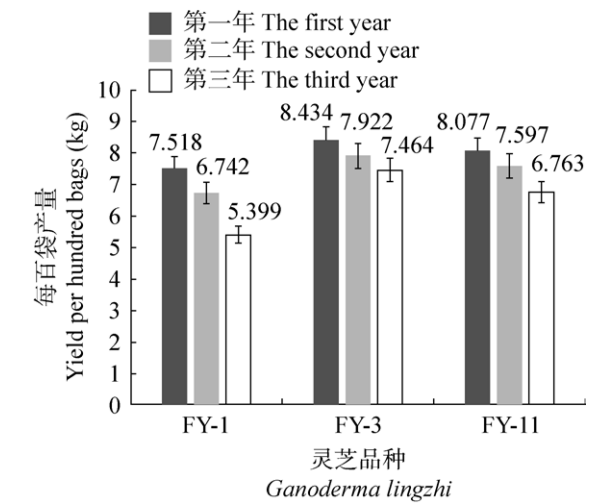


图 3 连续 3 年袋栽种植的灵芝产量
Fig. 3 Production of *Ganoderma lingzhi* planted in bags for successive three years.

FY-11，这说明了灵芝 FY-3 相较于其他 2 种株系，遗传性状更加稳定，芝型很好(图 4，图 5)，而且产量较高，适宜人工种植。

2.5 灵芝 FY-3 和对照灵芝品种品比实验

筛选出的灵芝优异菌株 FY-3 与现有品种进行品种比较试验。在本试验中，我们选取了‘灵芝 gy’和‘灵芝 wsw’作为对照品种，对相关指标进行了测定(表 3)，3 个品种的满袋天数和出菇采收天数之间的差距不大。FY-3 在子实体形状、直径、单朵重等农艺性状方面表现出优势，明显优于对照品种‘灵芝 gy’和‘灵芝 wsw’。在产量方面，3 个品种之间存在显著差异，FY-3 的产量明显高于对照品种。此外，相较于对照品种，FY-3 的出菇温度范围更广，污染率更低。综上所述，灵芝菌株 FY-3 在产量、性状、抗性等方面均表

现出色，具有巨大的推广生产潜力。



图 4 灵芝 FY-3 子实体上表面
Fig. 4 The upper surface of *Ganoderma lingzhi* FY-3 fruiting body.



图 5 灵芝 FY-3 子实体腹部
Fig. 5 The lower surface of *Ganoderma lingzhi* FY-3 fruiting body.

3 讨论

灵芝含有多糖(肽)、灵芝三萜等多种药用活性成分(林志彬 2001)，具有抗肿瘤、降低血糖和血压、消炎、利尿、益胃、提高机体免疫力等多种功效(戴玉成和杨祝良 2008)。灵芝选择育种是从野生灵芝子实体中分离获得菌丝

表 3 FY-3 与对照品种品比实验

Table 3 Agronomic characteristic comparison of FY-3 and control varieties

品种名称 Variety	接种到 满袋时间 Days from inoculation to bagful colonization (d)	入棚到 出菇时间 Days from the beginning of shed-cultivation to harvest (d)	子实体颜色 及形状 Fruiting body color and shape	子实体 直径 Fruiting body diameter (cm)	单朵 重量 Individual weight (g)	出菇温度 Fruiting temperature (°C)	污染率 Pollution rate (%)
灵芝 gy	30.3	55	较小，红棕色，子实体扇形 Comparatively small, reddish brown, fan-shaped	6.20	44.92	24–26	18.5
灵芝 wsw	28.9	51.5	较小，红色，子实体半圆形 Comparatively small, red, semi-circular	8.54	59.5	23–25	20.4
FY-3	23.4	43.5	较大，红褐色，子实体半圆形 Comparatively large, brown, fan-shaped	12.48	87.60	22–28	3.1

体，经过栽培驯化试验，筛选获得优良菌种的方法，在灵芝育种工作中广泛采用。兰玉菲等(2011)以泰山野生种驯化选育到具有产量高、出芝整齐等特点的灵芝新品种“泰山赤芝 1 号”。唐明先等(2018)从野生藏灵芝菌株中驯化培育成灵芝新品种“康定灵芝”。

中国东北地区，尤其是黑龙江省，拥有丰富的林木资源和冷凉的气候特点，为灵芝栽培提供了优越的环境条件。在现有全国灵芝选育新品种中，适合我国东北地区种植的灵芝新品种还未见报道，因此培育适合东北地区栽培的灵芝新品种十分必要。

本研究从野外采集了 20 个灵芝菌株，经过分离、拮抗反应和性能测定，最终筛选出了 6 个优良的野生灵芝菌株。经过初步筛选、设施内小规模试验和品比试验，成功选育出了灵芝新品种 FY-3。该品种的菌丝体呈洁白色，粗壮而浓密，菌落整齐，子实体呈扇形，形状规则，表面呈现红褐色，子实体直径 12–14 cm，子实体单朵重 85 g 以上。袋料栽培 2–3 月开始接种，5 月初入棚出菇，6 月采收。

本试验经系统选育后的灵芝新品种‘FY-3’与

市面品种‘灵芝 gy’与‘灵芝 wsw’进行品比试验，灵芝品种‘FY-3’在菌丝生长速度、子实体性状以及抗污染能力等方面相较于灵芝‘gy’与灵芝‘wsw’均表现优良，灵芝‘FY-3’的污染率相较于市面品种较低，因此灵芝‘FY-3’对于环境的抗逆能力更强，从而增加产量。该品比实验表明，灵芝‘FY-3’的抗逆性强，高产且具有寒地特色。

综上所述，灵芝品种‘FY-3’具有良好的外观形状，生育期较短，性状优良且稳定，同时产量也较高。因此，‘FY-3’为东北地区，特别是黑龙江省的人工栽培灵芝提供了一种新的品种选择。

作者贡献

庄磊：文章撰写、试验数据调查；杨娜：野生资源搜集、试验；于松涛：试验整体设计；郭旭欣：材料制备、菌种分离纯化及母种制备；孙志晖：小区品比试验、数据统计；张介驰：试验设计、论文修改；柳柏杨：野生资源搜集。

利益冲突

作者声明，该研究不存在任何潜在利益冲突的商业或财务关系。

[REFERENCES]

- Chen C, Liu XF, Li Q, Wang J, Fu RT, Zhang H, Lu DH, 2018. Bioinformatic analysis of simple sequence repeat (SSR) loci in *Ganoderma oregonense* transcriptome. Chinese Agricultural Science Bulletin, 20(7): 48-55 (in Chinese)
- Cui BK, Pan XH, Pan F, Sun YF, Xing JH, Dai YC, 2023. Species diversity and resources of *Ganoderma* in China. Mycosystema, 42(1): 170-178 (in Chinese)
- Dai YC, Cao Y, Zhou LW, Wu SH, 2013. Notes on the nomenclature of the most widely cultivated *Ganoderma* species in China. Mycosystema, 32(6): 947-952 (in Chinese)
- Dai YC, Yang ZL, 2008. A revised checklist of medicinal fungi in China. Mycosystema, 27(6): 801-824 (in Chinese)
- Dai YC, Yang ZL, Cui BK, Wu G, Yuan HS, Zhou LW, He SH, Ge ZW, Wu F, Wei YL, Yuan Y, Si J, 2021. Diversity and systematics of the important macrofungi in Chinese forests. Mycosystema, 40: 770-805 (in Chinese)
- Feng J, Liu YF, Yan MQ, Tang CH, Zhou S, Zhang JS, 2023. Effects of oleic acid on metabolic flux distributions of lanosterol synthesized by liquid submerged fermentation of *Ganoderma lingzhi*. Mycosystema, 42(6): 1386-1395 (in Chinese)
- Guo XY, Peng XF, Zhou J, Wang CG, Zhou J, Chen H, Wu WJ, Zhang JS, Feng N, 2023. Preparation and separation of moderate-polarity triterpenoids from basidiomata of *Ganoderma lingzhi*. Mycosystema, 42(12): 2454-2469 (in Chinese)
- He LM, Yao K, Zhou Z, Jiang N, Luo X, 2022. Selection of a new *Ganoderma lucidum* breeding strain, "ChiZhi-1". Sichuan Agricultural Science and Technology, 5: 15-20 (in Chinese)
- Huang J, Wang HJ, Wu Q, Wang XL, Liu GQ, 2022. Research progress and prospect of active proteins and peptides of *Ganoderma*. Mycology Research, 20(2): 79-86, 76 (in Chinese)
- Jiang J, Slivova V, Harvey K, Valachovicova T, Sliva D, 2004. *Ganoderma lucidum* suppress growth of breast cancer cells through the inhibition of Akt/NF-kappa B signaling. Nutrition and Cancer, 49(2): 209-216
- Jiang ZY, Lin C, 2003. Experimental study of the regulation effect of *Ganoderma lucidum* polysaccharide on the immune function of mouse cells. Journal of Microbiology, 23(2): 51-54 (in Chinese)
- Jin H, Song C, Zhao Z, Zhou G, 2020. *Ganoderma lucidum* polysaccharide, an extract from *Ganoderma lucidum*, exerts suppressive effect on cervical cancer cell malignancy through mitigating epithelial-mesenchymal and JAK/STAT5 signaling pathway. Pharmacology, 105(7-8): 461-470
- Lan YF, An XR, Wang QW, Wang MC, Yu QW, Tang LN, Li XM, 2011. A new *Ganoderma lucidum* cultivar "Taishan Chilingzhi 1(TL-1)". Acta Horticulturae Sinica, 38(12): 2427-2428 (in Chinese)
- Li QZ, Chang YZ, He ZM, Chen L, Zhou XW, 2019. Immunomodulatory activity of *Ganoderma lucidum* immunomodulatory protein via PI3K/Akt and MAPK signaling pathways in RAW264. 7 cells. Journal of Cellular Physiology, 234(12): 23337-23348
- Li Y, Tang J, Gao H, Xu Y, Han Y, Shang H, Qin C, 2021. *Ganoderma lucidum* triterpenoids and polysaccharides attenuate atherosclerotic plaque in high-fat diet rabbits. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 31(6): 1929-1938
- Lin ZB, 2001. Modern study of *Ganoderma lucidum*. Beijing Medical University Press, Beijing. 1-212 (in Chinese)
- Lin ZB, 2005. Cellular and molecular mechanisms of immuno-modulation by *Ganoderma lucidum*. Journal of Pharmacological Science, 99(22): 144-153
- Liu F, Li P, Huang XW, Xu JH, 2012. Anti-tumor effect of triterpene GLE from *Ganoderma lucidum* in vivo and in vitro. Chinese Journal of New Drugs, 21(23): 2790-2793 (in Chinese)
- Liu XL, Liang GY, Yang Y, Wei FX, Zhang QH, Deng TF, Zhou XF, Wang DP, 2023. Analysis of inorganic elements and nutrient components in different parts of *Ganoderma lucidum* from Guizhou. Journal of Xinyang Normal University (Natural Science Edition), 36(1): 39-45 (in Chinese)
- Ma GH, Qin X, Zhang JS, Yan MQ, Zhou S, Feng J, Zhou J, Liu YF, 2023. β -glucosaccharide separated and purified from *Ganoderma lingzhi* and its in vitro anti-inflammation activities. Mycosystema, 42(6): 1360-1369 (in Chinese)
- Opattova A, Horak J, Vodenkova S, Kostovcikova K, Cumova A, Macinga P, Vodicka P, 2019. *Ganoderma lucidum* induces oxidative DNA damage and enhances the effect of 5-fluorouracil in colorectal cancer in vitro and in vivo. Mutation Research-Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 845: 403065
- Shen SF, Zhu LF, Wu Z, Wang G, Ahmad Z, Chang MW, 2020. Extraction of triterpenoid compounds from *Ganoderma lucidum* spore powder through a dual-mode sonication process. Drug Development and Industrial Pharmacy, 46(6): 963-974
- Susilo RJK, Winarni D, Husen SA, Hayaza S, Punnapayak H, Wahyuningsih SPA, Darmanto W, 2019. Hepatoprotective effect of crude polysaccharides extracted from *Ganoderma lucidum* against carbon tetrachloride-induced liver injury in mice. Veterinary World, 12(12): 1987
- Tang CM, Zhang JS, Liu YF, Tang Y, Wang P, Feng J, 2023. Effects of pH on metabolites and antioxidant activities of

- Ganoderma lingzhi* liquid fermentation. *Mycosystema*, 42(2): 570-583 (in Chinese)
- Tang MX, Chen H, Luo XG, He XL, Yang YR, Ma W, Dai XG, Rgyamtso L, 2018. Breeding of new variety Kangding *Ganoderma lucidum*. *Chinese Edible fungi*, 37(5): 84-86 (in Chinese)
- Wei D, He HQ, Chen Q, Huang Q, 2020. Plasma mutagenesis of *Ganoderma lingzhi* for breeding the high-nano-selenium strains. *Mycosystema*, 39(1): 13-22 (in Chinese)
- Yao CX, Tian GT, Wang H, 2022. Three new cultivars of *Ganoderma leucocontextum*. *Mycosystema*, 41(12): 2095-2097 (in Chinese)
- Zeng FQ, Lü ML, Xue ZW, Feng N, 2023. Analysis of 18 main triterpenoids in basidiomata of *Ganoderma lingzhi* by HPLC. *Mycosystema*, 42(11): 2309-2319 (in Chinese)
- Zhang L, Wang Y, Zhu HZ, Li JM, Qian H, Li MY, Chen ZL, 2014. Selection of a new *Ganoderma lucidum* breeding strain, “XZ-2”. *Acta Edulis Fungi*, 21(1): 15-20 (in Chinese)
- Zhang XY, Yang CQ, 2006. Chemical composition and pharmacological effects of *Ganoderma lucidum*. *Foreign Medicine and Plant Drugs*, 21(4): 152-155 (in Chinese)
- Zhao C, Zhang C, Zhang Z, Ahmad Z, Li JS, Chang MW, 2019. Pharmacological effects of natural *Ganoderma* and its extracts on neurological diseases: a comprehensive review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 121: 1160-1178
- Zhou Y, He EQ, Teng Q, Lu JJ, 2022. Cultivation techniques for *Ganoderma* in forest understories. *Tropical Agricultural Science*, 42(3): 20-23 (in Chinese)
- Zhuang L, Sun ZH, Guo XX, Yang N, Yu ST, 2024. Breeding report of *Vanderbylia robiniphila* (huaier) strain ‘As-7’. *Mycosystema*, 43(7): 151-158 (in Chinese)
- [附中文参考文献]**
- 陈诚, 刘晓飞, 李强, 王剑, 伏荣桃, 张鸿, 卢代华, 2018. 美国大灵芝(*Ganoderma oregonense*)转录组 SSR 位点的生物信息学分析. *中国农业科技导报*, 20(7): 48-55
- 崔宝凯, 潘新华, 潘峰, 孙一翡, 邢佳慧, 戴玉成, 2023. 中国灵芝属真菌的多样性与资源. *菌物学报*, 42(1): 170-178
- 戴玉成, 曹云, 周丽伟, 吴声华, 2013. 中国灵芝学名之管见. *菌物学报*, 32(6): 947-952
- 戴玉成, 杨祝良, 2008. 中国药用真菌名录及部分名称的修订. *菌物学报*, 27(6): 801-824
- 戴玉成, 杨祝良, 崔宝凯, 吴刚, 袁海生, 周丽伟, 何双辉, 葛再伟, 吴芳, 魏玉莲, 员瑗, 司静, 2021. 中国森林大型真菌重要类群多样性和系统学研究. *菌物学报*, 40: 770-805
- 冯杰, 刘艳芳, 颜梦秋, 唐传红, 周帅, 张劲松, 2023. 油酸对灵芝液态深层发酵合成羊毛甾醇代谢流分布的影响. *菌物学报*, 42(6): 1386-1395
- 郭晓宇, 彭小芳, 周靖, 王晨光, 周俊, 陈惠, 吴伟杰, 张劲松, 冯娜, 2023. 灵芝子实体中等极性三萜的制备分离. *菌物学报*, 42(12): 2454-2469
- 贺黎铭, 姚珂, 周州, 江南, 罗霞, 2022. 灵芝新品种药赤芝 1 号的选育研究. *四川农业科技*, 5: 15-20
- 黄佳, 王浩锦, 伍强, 王晓玲, 刘高强, 2022. 灵芝活性蛋白和多肽研究进展及展望. *菌物研究*, 20(2): 79-86, 76
- 江振友, 林晨, 2003. 灵芝多糖对小鼠细胞免疫功能调节作用的实验研究. *微生物学杂志*, 23(2): 51-54
- 兰玉菲, 安秀荣, 王庆武, 王明才, 于清伟, 唐丽娜, 李秀梅, 2011. 灵芝新品种‘泰山赤灵芝 1 号(TL-1)’. *园艺学报*, 38(12): 2427-2428
- 林志彬, 2001. 灵芝的现代研究. 北京: 北京医科大学出版社. 1-212
- 刘锋, 李鹏, 黄秀旺, 许建华, 2012. 灵芝三萜组分 GLE 的体内外抗肿瘤作用. *中国新药杂志*, 21(23): 2790-2793
- 柳小兰, 梁光焰, 杨莹, 魏福晓, 张清海, 邓廷飞, 周新富, 王道平, 2023. 黔产赤灵芝不同部位无机元素和营养成分分析. *信阳师范学院学报(自然科学版)*, 36(1): 39-45
- 马冠骅, 秦秀, 张劲松, 颜梦秋, 周帅, 冯杰, 周靖, 刘艳芳, 2023. 灵芝 β -葡聚糖的分离纯化和体外抗炎活性. *菌物学报*, 42(6): 1360-1369
- 唐晨旻, 张劲松, 刘艳芳, 唐业, 王鹏, 冯杰, 2023. pH 对灵芝液态发酵代谢物及抗氧化活性的影响. *菌物学报*, 42(2): 570-583
- 唐明先, 陈杭, 罗孝贵, 何晓兰, 羊玉蓉, 马薇, 戴旭光, 降初拉尔布, 2018. 灵芝新品种康定灵芝选育研究. *中国食用菌*, 37(5): 84-86
- 韦达, 何华奇, 陈群, 黄青, 2020. 等离子体诱变灵芝选育高产纳米硒菌株. *菌物学报*, 39(1): 13-22
- 姚春馨, 田果廷, 王晖, 2022. 白肉灵芝三个新品种的选育报告. *菌物学报*, 41(12): 2095-2097
- 曾凡清, 吕明亮, 薛振文, 冯娜, 2023. 灵芝子实体中 18 种主要三萜成分的高效液相分析. *菌物学报*, 42(11): 2309-2319
- 张蕾, 王瑛, 朱惠照, 李建森, 钱华, 李明焱, 陈宗良, 2014. 赤灵芝新菌株“仙芝 2 号”的选育. *食用菌学报*, 21(1): 15-20
- 张晓云, 杨春清, 2006. 灵芝的化学成分和药理作用. *国外医药植物药分册*, 21(4): 152-155
- 周宇, 贺尔奇, 腾谦, 卢加举, 2022. 林下灵芝栽培技术. *热带农业科学*, 42(3): 20-23
- 庄磊, 孙志晖, 郭旭欣, 杨娜, 于松涛, 2024. 刺槐范氏孔菌(槐耳)‘As-7’的选育报告. *菌物学报*, 43(7): 151-158