

桉树栽培灵芝试验及灵芝营养成分分析

张 婧

(国家林业局桉树研究开发中心, 广东 湛江 524022)

摘要: 以桉树段木和桉木屑为基质, 杂木屑为对照, 开展了桉树栽培灵芝对比试验, 并对灵芝主要营养成分和重金属含量进行了检测。结果表明: 桉树栽培灵芝是可行的, 桉树栽培灵芝菌丝生长快(桉木屑灵芝菌丝日长速 9.75 mm d^{-1} 、桉树段木灵芝菌丝日长速 7.28 mm d^{-1}); 桉木屑混合基质灵芝的单芝鲜重(47.66 g)比对照灵芝(47.11 g)高 1.18%, 而桉树段木灵芝(45.44 g)比对照的低 3.53%; 桉木屑基质灵芝多糖($1.64 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)和比对照灵芝多糖($1.44 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)高 13.89%, 桉树段木灵芝多糖与对照的相同, 桉木屑基质灵芝三萜化合物($1.88 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)比对照灵芝($1.38 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)高 36.23%; 桉树灵芝重金属含量均符合绿色食品食用菌的要求。

关键词: 桉树; 栽培; 灵芝; 营养成分; 重金属

中图分类号: S567.3+1

文献标识码: A

Ganoderma lucidum Cultivation on

Eucalyptus Substrates and Analyses of Its Nutritional Contents

ZHANG Jing

(China Eucalypt Research Centre, Zhanjiang 524022, Guangdong, China)

Abstract: A comparative experiment to examine the feasibility of using *Eucalyptus* wood, sawdust and mixed sawdust as substrates to cultivate *Ganoderma lucidum* was conducted, and then the main nutritional components and heavy metal content of the *G. lucidum* produced were examined. The results showed that *Eucalyptus* can provide a viable substrate for cultivation of *G. lucidum*, with mycelium showing rapid growth on such substrates, including around 9.75 mm d^{-1} on *Eucalyptus* sawdust and 7.28 mm d^{-1} on *Eucalyptus* wood. The total fresh weight of *G. lucidum* grown on *Eucalyptus* sawdust (47.66 g) was 1.2 % higher than that produced on the control substrate (47.11 g), and that produced on *Eucalyptus* wood substrate (45.44 g) was 3.53% lower than that of the control. The polysaccharide content of the *G. lucidum* grown on *Eucalyptus* sawdust ($1.64 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) was 13.89% higher than that of *G. lucidum* grown on the control substrate ($1.44 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), whilst that of *G. lucidum* grown on *Eucalyptus* wood substrate was the same as the control. The triterpenoid content of *G. lucidum* grown on *Eucalyptus* wood substrate was found to be $1.88 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, which was 36.23% higher than that of *G. lucidum* grown on the control substrate ($1.38 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), and thus the heavy content of *G. lucidum* grown on *Eucalyptus* substrates was found meet the requirements for green edible fungi.

Key words: *Eucalyptus*; cultivation; *Ganoderma lucidum*; nutrient content; heavy metals

桉树(*Eucalyptus*)是我国华南地区广泛种植的重要速丰林树种。桉树栽培和生产加工过程会产生大量的间伐树、萌生树和木屑等, 其剩余物资源较丰富。目前有利用桉树木屑栽培香菇(*Lentinula edodes*)、鲍鱼菇(*Pleurotus* spp.)、杏鲍菇(*P. eryngii*)、毛木耳(*Auricularia polytricha*)、灵芝(*Ganoderma lucidum*)等以及用桉树段木栽培紫芝(*Ganoderma lucidum*)的报道^[1-5]。本试验利用两种桉树基质(桉树

段木、桉木屑和棉籽壳混合基质)栽培灵芝, 以杂木屑和棉籽壳混合基质为对照, 比较灵芝菌丝和子实体的生长和农艺性状, 并分析灵芝主要营养成分(灵芝多糖、三萜化合物和氨基酸)和重金属含量, 以研究桉树栽培灵芝的可行性, 为华南地区桉树剩余物利用和食用菌生产提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试菌种：美国灵芝，母种来自广西农业科学院食用菌研究所。

菌种培养基质：母种采用综合马铃薯培养基，原种采用谷粒菌种培养基，栽培种配方采用 78% 棉籽壳、20% 米糠、1% 糖和 1% 石膏；用常规方法配置^[6]。

桉树栽培灵芝基质：(1)桉树段木：以尾巨桉 (*E. urophylla* × *E. grandis*) 林间伐木为材料，取直径为 6 ~ 12 cm、健康的树干或枝条，锯成长 18 ~ 20 cm 木段，含水量约为 35% ~ 40% (若为较干树枝，锯断后先用 2% 生石灰水浸泡约 12 h，取出淋水后备用)；将制作好的段木装入菌袋 (聚丙烯菌袋，17 cm × 33 cm)，细的段木放入 2 ~ 3 根，扎紧备用，制 90 包。(2)桉木屑混合基质：以尾巨桉木屑和棉籽壳为主料，26% 桉木屑，52% 棉籽壳，19% 米糠，1% 糖，1% 石膏，1% 石灰，制 90 菌包 (每包约 0.5 Kg 干料)。

对照：杂木屑混合基质，以杂木屑和棉籽壳为主料，26% 杂木屑，52% 棉籽壳，19% 米糠，1% 糖，1% 石膏，1% 石灰，制 90 菌包 (每包约 0.5 kg 干料)。

1.2 试验方法

1.2.1 试验安排及步骤

试验在国家林业局桉树研究开发中心实验室进行，包含灭菌、接种、发菌、出芝和采收等步骤。菌包扎好后经高压灭菌 (121 °C、2 h)，冷却后接种，在每袋底部和袋口接入栽培种约 50 g，扎紧菌袋后进行发菌培养，在室内避光处、温度 24 ~ 28 °C、湿度 60% ~ 70% 条件下培养发菌。对照棉籽壳基质料包同样进行灭菌、接种和室内发菌培养。当菌丝发满时，进行室内出菇管理，出芝期只在湿度不够时喷水，不使用任何药剂；待灵芝边缘白色消失、刚开始喷粉时，采集灵芝。

1.2.2 菌丝生长和出芝情况调查

在菌袋发菌期间观察菌丝生长情况，测定菌丝生长速度、菌丝满袋天数及统计污染率。从接种后第 3 d 开始，计算菌丝日平均生长速度，菌丝日均生长速率 ($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$) = 菌丝生长量 (mm) / 培养天数 (d)。

随机抽取 3 种基质栽培灵芝各 30 朵 (每个重复取 10 朵)，测定其子实体成熟天数、菌盖直径、中

心厚度、单芝鲜重和干重等。

1.2.3 灵芝成分分析

随机取 3 种基质栽培的灵芝，经烘干和磨粉，各取 200 g 送广东省微生物分析检测中心，进行灵芝品质分析，主要测定了灵芝主要营养成分 (多糖、三萜和氨基酸) 和重金属 (汞、镉、砷、铅) 含量。

2 结果与分析

2.1 灵芝菌丝和子实体生长状况

2.1.1 灵芝菌丝生长情况

从表 1 可知，灵芝菌丝在 3 种基质中均表现为生长快、菌丝洁白、粗壮，污染率低。桉木屑混合基质灵芝的菌丝日长速 ($9.75 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$) 比对照灵芝的 ($9.64 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$) 高 1.14%，而桉树段木灵芝的菌丝日长速 ($7.28 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$) 比对照低 24.48%；桉树段木栽培灵芝的污染率 (0.6%) 高于对照 (0.4%)，而桉木屑混合基质 (0.3%) 低于对照，这可能与段木放置时间较长、部分树皮含杂菌多有关。菌袋菌丝长满后，菌袋表面菌丝逐渐浓白，随后经 5 ~ 7 d，菌袋内分泌出黄褐色色素，菌袋的海绵盖开始凸起，菌丝已成熟，可进入出芝管理。

表 1 灵芝菌丝生长和污染率情况

基质	满袋天数/d	菌丝日长速 / ($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$)	污染率 / %
桉树段木	30	7.28	0.6
桉木屑混合基质	20	9.75	0.3
对照	21	9.64	0.4

2.1.2 灵芝子实体生长和农艺性状

3 种基质栽培灵芝均表现为生长良好，出芝早，菌盖近圆形、轮纹清晰、有漆样光泽，菌柄短。3 种基质灵芝的成熟天数为 33 ~ 35 d，灵芝颜色均为红褐色，两种桉树栽培灵芝比对照灵芝颜色更深，对照灵芝颜色更偏红色。桉木屑混合基质灵芝的单芝鲜重 (47.66 g) 比对照灵芝 (47.11 g) 高 1.18%，而桉树段木灵芝 (45.44 g) 比对照低 3.53%；而桉木屑灵芝折干率 (28.19%) 低于对照灵芝 (28.58%)，桉树段木栽培灵芝的折干率 (29.49%) 高于对照灵芝 (表 2)。

表 2 灵芝菌子实体生长农艺性状

基质	成熟天数/d	菌盖直径/cm	单芝鲜重/g	单芝干重/g	折干率/%
桉树段木	33 ~ 35	10.81	45.44	13.39	29.49
桉木屑混合基质	33 ~ 35	11.39	47.66	13.44	28.19
对照	33 ~ 35	11.27	47.11	13.47	28.58

2.2 栽培灵芝品质分析

2.2.1 栽培灵芝的主要营养成分含量情况

从灵芝主要营养成分检测结果可知, 两种桉树栽培灵芝含较高含量的灵芝多糖和三萜化合物(表 3)。桉木屑混合基质灵芝多糖(1.64 g · 100 g⁻¹)比对照灵芝多糖(1.44 g · 100 g⁻¹)高 13.89%, 桉树段木灵芝多糖与对照灵芝的相同。均明显高于钟礼义^[5]报道测得桉树和对照米楮栽培紫芝的多糖含量(桉树早季灵芝含 0.52 g · 100 g⁻¹, 米楮早季灵芝含 0.56 g · 100 g⁻¹)。桉木屑混合基质灵芝三萜化合物(1.88 g · 100 g⁻¹)比对照灵芝的(1.38 g · 100 g⁻¹)高 36.23%, 桉树段木灵芝三萜化合物(1.00 g · 100 g⁻¹)比对照灵芝的低 27.54%。付立忠^[7]测得 12 个灵芝菌种子实体三萜含量在 0.41% ~ 1.19% 之间, 以京大、赤芝 05、惠州灵芝较高, 分别为 1.19%、1.12%、1.01, 对比可见, 本试验两种桉树栽培灵芝的三萜化合物含量较高。两种桉树栽培灵芝中 16 种氨基酸含量与对照灵芝的基本相近。

2.2.2 栽培灵芝的重金属含量情况

由灵芝重金属含量测定结果可知(表 4), 两种桉树栽培灵芝的铅含量(<0.050 0 mg kg⁻¹)低于对照(0.0986 mg kg⁻¹)。3 种基质栽培灵芝的汞、镉、砷、铅含量, 均符合 NY / T 749-2012《绿色食品 食用菌》中规定的食用菌干品重金属指标(镉≤1.0 mg kg⁻¹, 汞≤0.2 mg kg⁻¹, 砷≤1.0 mg · kg⁻¹, 铅≤2.0 mg kg⁻¹), 试验所得灵芝符合绿色食品食用菌的标准, 且远优于该标准要求。

表 4 两种基质栽培灵芝重金属含量情况 mg kg⁻¹

重金属组分	桉树段木灵芝	桉木屑混合基质灵芝	对照灵芝
汞	0.017 4	0.0083 8	0.012 0
镉	0.057 3	0.061 0	<0.005 0
砷	0.036 3	0.041 6	0.039 7
铅	<0.050 0	<0.050 0	0.098 6

表 3 两种基质栽培灵芝营养成分含量 g · 100 g⁻¹

营养物质成分	桉树段木灵芝	桉木屑混合基质灵芝	对照灵芝
灵芝多糖	1.44	1.64	1.44
三萜化合物	1.00	1.88	1.38
苯丙氨酸	0.60	0.58	0.69
丙氨酸	0.65	0.70	0.75
蛋氨酸	4.02	4.03	4.03
脯氨酸	0.44	0.51	0.51
甘氨酸	0.50	0.51	0.56
谷氨酸	1.13	1.19	1.21
精氨酸	0.58	0.54	0.64
赖氨酸	0.67	0.66	0.71
酪氨酸	0.35	0.30	0.41
亮氨酸	0.87	0.80	0.96
丝氨酸	0.55	0.58	0.62
苏氨酸	0.59	0.60	0.64
天冬氨酸	0.97	1.01	1.09
缬氨酸	0.53	0.58	0.60
异亮氨酸	0.44	0.44	0.50
组氨酸	0.26	0.26	0.29

3 结论与讨论

从灵芝菌丝和子实体的生长状况看, 两种桉树栽培灵芝的菌丝生长速度快、出芝早、单芝鲜重高、折干率高。桉木屑混合基质灵芝的菌丝日长速(9.75 mm d⁻¹)比对照灵芝的(9.64 mm d⁻¹)高 1.14%, 桉树段木灵芝的菌丝日长速(7.28 mm d⁻¹)比对照低 24.48%; 桉木屑混合基质灵芝的单芝鲜重(47.66 g)比对照灵芝(47.11 g)高 1.18%, 而桉树段木灵芝(45.44 g)比对照灵芝的低 3.53%; 而桉木屑灵芝折干率(28.19%)低于对照灵芝(28.58%), 桉树段木栽培灵芝的折干率(29.49%)高于对照灵芝的(28.58%)。从灵芝品质分析结果看, 桉树灵芝的主要营养成分含量较高, 桉木屑混合基质灵芝多糖(1.64 g · 100 g⁻¹)比对照灵芝多糖(1.44 g · 100 g⁻¹)高 13.89%, 桉树段木灵芝多糖与对照灵芝的相同; 桉

木屑混合基质灵芝三萜化合物($1.88 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)比对照灵芝的($1.38 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)高 36.23%。桉树灵芝重金属含量均符合绿色食品食用菌的要求。因此,桉树段木和桉木屑混合基质栽培美国灵芝是可行的。

本试验在室内进行,所得灵芝总体偏小且明显小于同样菌包在林下种植所产灵芝,试验灵芝的菌盖较小、菌柄更短,这可能与试验采用的栽培处理方法、基质配方和培养过程中的湿度控制、氧气含量和光线控制等有关,具体还有待进一步试验分析。

参考文献

- [1] 吴继林,林方良.桉树木屑袋栽食用菌试验初报[J].桉树科技,2000(2):31-32.
- [2] 夏凤娜,邵满超,黄龙花,等.桉树木屑栽培食用菌[J].食用菌学报,2011,18(3):42-44.
- [3] 王培瑾,林日金.桉树木屑袋栽毛木耳技术研究[J].农业科技通讯,2013,(6):43-44.
- [4] 张婧,杜阿朋.利用桉树木屑栽培榆黄菇试验[J].食药食用菌,2017,25(6):379-381.
- [5] 钟礼义.桉树栽培紫芝及营养成分分析[J].中国食用菌,2014,33(3):24-26.
- [6] 常明昌.食用菌栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [7] 付立忠,吴学谦,李明焱,等.灵芝品种子实体多糖和三萜含量分析与评价[J].中国食用菌,2009,28(4):38-40.