

基质配比对橡胶林下大球盖菇产量与品质的影响

邹瑞龙^{1,2#}, 廖万杰^{1,2,3}, 邹华荣³, 陶 冶¹, 聂立孝^{1*}

(1. 海南大学 南繁学院/三亚南繁研究院, 海南 三亚 572025 中国; 2. 海南大学 热带农林学院, 海南 儋州 571737 中国; 3. 海南众研农业科技有限公司, 海南 三亚 572025 中国)

摘 要: 为探究橡胶林下栽培大球盖菇(*Stropharia rugosoannulata*)的高产优质基质配方, 本研究以稻草和橡胶木屑作为原料, 分析二者不同配比对大球盖菇的产量和品质的影响。设置 5 个稻草: 橡胶木屑干质量配比处理(1:0、3:1、1:1、1:3、0:1), 进行菌丝生长和田间出菇试验。结果表明, $m_{\text{稻草}}:m_{\text{橡胶木屑}}=1:3$ 时, 综合得分最高, 该基质培养的大球盖菇菌丝粗壮、密度大, 平均接种 52.75 d 后出菇、采收期长达 29 d, 子实体产量为 5.22 kg·m⁻², 生物转化率可达 26.11%。

关键词: 大球盖菇; 橡胶林下; 稻草; 橡胶木屑; 基质配比; 产量和品质

中图分类号: S646.9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7054(2026)04-0597-07

邹瑞龙, 廖万杰, 邹华荣, 等. 基质配比对橡胶林下大球盖菇产量与品质的影响[J]. 热带生物学报 (中英文), 2026, 17(4): 597–603. DOI: 10.15886/j.cnki.rdswwb.20250082 CSTR: 32425.14.j.cnki.rdswwb.20250082



大球盖菇(*Stropharia rugosoannulata*), 商品名为赤松茸, 属球盖菇科、球盖菇属真菌, 其色泽鲜艳、口感爽滑、营养丰富、适应性强、生物转化率高, 应用前景广阔, 是联合国粮农组织向发展中国家推荐的食用菌品种之一^[1-3]。目前, 大球盖菇在中国福建、云南和贵州等省推广并已形成规模化产业体系, 并形成了“菌-稻轮作”^[4]、“菌-菜轮作”^[5]、“林-菌套作”^[6]等多种栽培模式。

中国天然橡胶法定种植“红线”为 120 万 ha^[7], 海南岛是重要产区之一, 但受胶价低迷影响, 橡胶林“弃割弃管”现象严重。因此, 发展林下经济, 拓宽胶农收入结构的需求迫切。与此同时, 传统大球盖菇栽培(温室大棚、工厂化)占用耕地、能耗大、成本高, 而橡胶林的林下空间资源丰富, 成龄胶园郁闭度普遍高于 0.6, 荫蔽环境适合大球盖孢子实体分化, 因此, 在海南岛发展“林-菌模式”^[8], 可高效利用林地资源, 实现稳定橡胶种植面积和增加胶农收入的双重目标^[9]。

大球盖菇栽培基质原料来源范围广, 农林秸秆和林果木屑等农林废弃物都是良好的栽培基

质。最新农业普查数据显示, 海南水稻种植总面积常年维持在 22.87 万 ha, 水稻收割将产生大量稻草。另一方面, 海南老残次胶园比例达 25.23%^[10], 胶园更新将产生数量巨大的橡胶木屑。纯木屑作为基质透气性差^[11], 分解慢, 而纯稻草结构疏松, 保水性差, 两者的合理搭配可互补优势, 提升大球盖菇的产量和品质, 符合循环经济和绿色发展理念。近年来, 大球盖菇的研究已涵盖营养成分、栽培管理、保鲜加工、生态效益等多个方面^[12-14], 但相关研究主要集中在温带和亚热带地区。海南属于热带海洋性季风气候, 其高温高湿的环境特点加速了基质的降解, 但增加了杂菌污染的风险, 因此, 基质配比需要兼顾透气性和稳定性。关于海南本地农林废弃物(稻草和橡胶木屑)的配比优化、发酵工艺及热带橡胶林下栽培适应性的系统性研究鲜见报道, 这极大地制约了“林-菌”模式在海南岛的推广应用。因此, 本项目组以海南岛丰富的农林废弃物稻草和橡胶木屑为栽培基质原料, 首次在橡胶林下开展大球盖菇栽培基质配比的适应性验证, 探究其不同配比对大球盖菇菌丝

© CC BY 4.0 收稿日期: 2025-06-16

修回日期: 2025-07-09

基金项目: 海南省重点研发计划项目(ZDYF2022XDNY175); 海南省自然科学基金青年基金项目(324QN191); 海南省研究生创新科研课题(Qhys2023-267)

*第一作者: 邹瑞龙(2000—), 男, 海南大学热带农林学院 2022 级硕士研究生。E-mail: 15500977887@163.com

*通信作者: 聂立孝(1975—), 男, 教授, 博士生导师。研究方向: 热带作物高产高效与绿色栽培。E-mail: lxnie@hainanu.edu.cn

生长、产量及品质的影响,探究适宜海南橡胶林下大球盖菇的高效栽培基质配方,旨在构建基于海南农林废弃物稻草和橡胶木屑的大球盖菇高效栽培技术体系。

1 材料与amp;方法

1.1 材料 大球盖菇菌种由普洱锲舍菌业有限公司提供。

1.2 试验方法 为探究栽培基质中稻草和橡胶木屑不同配比对大球盖菇菌丝生长的影响,选用规格为 17 cm × 35 cm 的聚乙烯菌袋,装入等量不同配比的栽培基质(表 1),并保持紧实度一致,接种菌龄和大小一致的大球盖菇固体菌种至菌袋中央,定期观察菌丝生长状况,划线记录。

表 1 大球盖菇栽培基质主料配方(干质量)
Tab. 1 Main substrate formulations for Cultivation of *Stropharia rugosoannulata* (dry mass)

处理 Treatment	稻草与橡胶木屑比例 Ratio of rice straw to rubber wood chips	稻草/(kg·m ⁻²) Rice straw	橡胶木屑/(kg·m ⁻²) Rubber wood chips	总质量/(kg·m ⁻²) Total weight
T ₁	1 : 0	20	0	20
T ₂	3 : 1	15	5	20
T ₃	1 : 1	10	10	20
T ₄	1 : 3	5	15	20
T ₅	0 : 1	0	20	20

选择海南岛内来源广的稻草和橡胶木屑(粒径约 2 mm)作为栽培基质主料,按照表 1 分别称重,并添加辅料(以主料总干质量百分比计算,分别添加 5% 米糠、2% 麦麸、1% 豆粕、1% 生石灰、0.5% 尿素和 0.5% 磷酸二氢钾)。将各处理主料和辅料混合均匀,加水搅拌,控制含水量 60% ~ 70%(手握可见水痕,但无水滴为宜),建堆发酵,当中心温度达 65 ℃ 且维持 24 h 后进行翻料补水,重新建堆发酵,重复 3 次,直至基质呈暗褐色且无酸臭味。

选择地势平坦的橡胶林,清理地表杂草后,提前一周用石灰进行消杀,并将 3 ~ 5 cm 的表土挖出备用。将各处理组一半的基质平铺到对应小区(单个小区面积 3 m² = 2.5 m × 0.6 m × 2 垄),每个小区接种 3 包大球盖菇固体菌种(每包质量 400 g,每包菌种均分 24 块后,均匀摆放)。将另一半基质平铺覆于菌种上,最后覆土 3 ~ 5 cm。根据覆土土层干湿状态定期补水,维持表土湿润。依据菌盖形态判断采收时机,当菌盖小白点减少、开始平展或菌褶微裂时,及时采摘。

1.3 测定指标

1.3.1 菌丝长势 当大球盖菇菌丝在菌袋内开始萌发时开始划线,20 d 后第 2 次划线,用刻度尺测

量菌丝长度,观察并记录菌丝长势,包括密度和粗度,菌丝密度用“+”表示,“+”越多代表密度越大;菌丝粗度分粗壮、良好、细弱 3 个等级。其中,菌丝生长速率按以下公式计算:

菌丝生长速率 = 菌丝长度/培养时间, (1)

式中,菌丝生长速率的单位为 mm·d⁻¹;菌丝长度的单位为 mm;培养时间的单位为 d。

1.3.2 子实体性状 出菇时,每天记录各处理小区采收子实体的个数和质量,并从每个处理小区中随机取 20 个子实体,测定菌盖直径、菌盖厚度、菌柄直径、菌柄长度、氨基酸含量、蛋白质含量和可溶性糖含量等数据^[15](表 2)。

1.4 数据处理与分析 本研究运用 Microsoft Excel 2016 软件整理数据,采用 SPSS v27.0 软件分析数据,采用 Tukey HSD 法进行多重比较,设定显著性水平 α=0.05,结果均用 Mean ± sd 表示,并用 Origin 2021 软件绘制相关图表。

2 结果与分析

2.1 栽培基质中不同稻草和橡胶木屑配比对大球盖菇菌丝生长的影响 栽培基质中不同稻草和橡胶木屑配比对大球盖菇菌丝的生长影响显著。其中,T₁ 配比的菌丝生长速率最快,达到 3.78

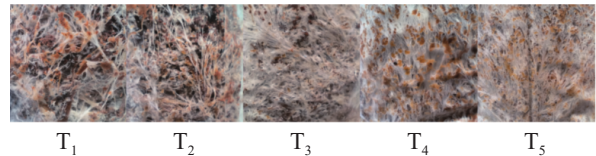
表 2 子实体测定指标

Tab. 2 Indexes of fruiting bodies for measurement

指标 Index	说明 Explanation
发菌期/d	从种植到原基形成总天数
采收期/d	出菇采收总天数
菌盖直径/mm	菌盖纵径及横径的平均值
菌盖厚度/mm	菌盖表面到菌盖底部的厚度
菌柄直径/mm	菌柄最粗处于菌柄最细处的平均值
菌柄长度/mm	菌柄顶端到菌柄基部的长度
单菇质量/g	单个子实体的质量
生物转化率/%	子实体鲜质量与培养料干质量的比值
蛋白质含量/(mg·g ⁻¹)	通过 Solarbio 双缩脲法蛋白质含量检测试剂盒测定
总氨基酸含量/(mg·g ⁻¹)	通过 Solarbio 氨基酸(AA)含量检测试剂盒测定
可溶性糖含量/(μmol·g ⁻¹)	通过 Solarbio 植物可溶性糖含量检测试剂盒测定

mm·d⁻¹, 显著高于 T₄、T₅ 配比; 处理 T₁、T₃、T₄、T₅ 的菌丝密度大于 T₂, 不同稻草和橡胶木屑配比栽培基质的菌丝均比较粗壮(图 1 和表 3)。T₁ 处理在菌丝生长速率方面表现最优, T₁ 处理在显著提高生长速率的同时, 未对菌丝密度和粗度产生负面影响。

2.2 栽培基质中不同稻草和橡胶木屑配比对大球盖菇产量、品质的影响 从表 4 可知, T₄ 发菌期最短, 为 52.75 d, T₂ 发菌期最长, 达 74.00 d, T₄ 较 T₂ 节约 40.28% 的时间, 两者之间差异显著。T₄ 采收期比 T₂ 长 52.63%, 两者差异达到显著水平。T₄ 处理的单位面积产量与生物转化率最高, T₂ 的单位面积产量与生物转化率最低, T₁、T₃ 和 T₅ 居中。其中, T₄ 的单位面积产量和生物转化率较 T₂ 分别高出 101.54%、139.32%; 表明, T₄ 既能显



T₁~T₅ 代表 5 种配比的基质处理, 稻草与橡胶木屑干质量比值分别为 1:0、3:1、1:1、1:3、0:1。下同。
T₁~T₅ represent five substrate treatments with different ratios, and the dry mass ratios of straw to rubber wood chips are 1:0, 3:1, 1:1, 1:3, and 0:1 respectively. Similarly hereinafter.

图 1 不同栽培基质的菌丝生长状态

Fig. 1 Mycelial growth status under substrates with different proportions

表 3 不同栽培基质的大球盖菇菌丝长势差异

Tab. 3 Mycelial growth differences of *S. rugosoannulata* under different cultivation substrates

处理 Treatment	生长速率/(mm·d ⁻¹) Growth rate	菌丝密度 Mycelial density	菌丝粗度 Mycelial thickness
T ₁	3.78±0.48 ^a	+++	粗壮
T ₂	2.69±1.08 ^{ab}	++	粗壮
T ₃	2.49±0.30 ^{ab}	+++	粗壮
T ₄	1.71±0.55 ^b	+++	粗壮
T ₅	1.42±0.47 ^b	+++	粗壮

注: 不同的小写字母代表处理之间存在显著的差异水平($P<0.05$)。下同。菌丝密度用“+”表示, 密度越大“+”越多。

Note: Different lowercase letters represent a significant level of differences between treatments ($P<0.05$). Similarly hereinafter. Mycelial density is indicated by "+", with more "+" representing greater density.

著缩短发菌期又能延长采收期, 从而实现产量与生物转化率的双重突破。

大球盖菇的菌盖直径、菌盖厚度、菌柄直径、菌柄长度在不同稻草和橡胶木屑配比基质(T₁~T₅)中无显著差异(表 5)。单菇质量在不同基质中呈现差异, T₂ 单菇质量显著高于其他处理。

由图 2 可知, 大球盖菇栽培在不同配比的基质上, 整个出菇周期均可分 3 茬, 但高峰时间有所差异。第 1 茬与第 2 茬之间茬次明显, 第 2 茬与第 3 茬之间则不明显, 产量主要集中在第 2 茬。

对栽培在不同基质上大球盖菇的子实体品质(可溶性糖、蛋白质和氨基酸含量)进行了分析(表 6), 结果表明, 各处理之间的可溶性糖和蛋白质含量无显著差异。但不同配比子实体的氨基酸含量呈现差异, T₁ 和 T₃ 处理的子实体的氨基酸含量表现较优, 显著高于 T₂、T₄、T₅ 处理。

2.3 栽培基质中稻草与橡胶木屑不同配比对大球盖菇各指标影响的主成分分析 对栽培在不同基质上大球盖菇的 13 个指标(菌丝生长速率 Y₁、发菌期 Y₂、采收期 Y₃、单位面积产量 Y₄、生物转化率 Y₅、菌盖直径 Y₆、菌盖厚度 Y₇、菌柄直径 Y₈、菌柄长度 Y₉、单菇质量 Y₁₀、子实体可溶性糖含量 Y₁₁、蛋白质含量 Y₁₂ 和氨基酸含量 Y₁₃)进行主成分分析, 数据进行标准化处理后降维, 根据总方差解释结果, 提取特征值>1 的主成分, 得到 3 个主成分(PC₁、PC₂、PC₃, 贡献率分别为 61.202%、

表 4 不同栽培基质对大球盖菇产量的影响

Tab. 4 Yield differences of *S. rugosoannulata* under different cultivation substrates

处理 Treatment	发菌期/d Mycelial growth period	采收期/d Harvesting period	单位面积产量/(kg·m ⁻²) Yield per unit area	生物转化率/% Bioconversion rate
T ₁	69.25±3.50 ^{ab}	22.50±0.58 ^{bc}	2.98±0.91 ^{bc}	14.89±4.53 ^{bc}
T ₂	74.00±0.00 ^a	19.00±0.00 ^c	2.59±0.01 ^c	10.91±1.67 ^c
T ₃	63.00±8.87 ^{ab}	27.25±2.50 ^{ab}	4.62±0.88 ^{ab}	23.11±4.41 ^{ab}
T ₄	52.75±9.81 ^b	29.00±2.94 ^a	5.22±1.15 ^a	26.11±5.75 ^a
T ₅	63.75±11.87 ^{ab}	23.00±3.16 ^{bc}	3.12±0.62 ^{bc}	15.59±3.09 ^{bc}

注: 单位面积产量按土地利用率2/3, 由小区产量换算。
Note: The yield per unit area is converted from the plot yield based on a land utilization rate of 2/3.

表 5 不同栽培基质对大球盖菇农艺性状的影响

Tab. 5 Agronomic trait differences of *S. rugosoannulata* under different cultivation substrates

处理 Treatment	菌盖直径/mm Diameter of pileus	菌盖厚度/mm Thickness of pileus	菌柄直径/mm Diameter of stipe	菌柄长度/mm Length of stipe	单菇质量/g Single mushroom weight
T ₁	31.14±6.01 ^a	20.33±4.80 ^a	15.88±2.93 ^a	47.16±8.46 ^a	16.12±1.22 ^b
T ₂	23.86±5.98 ^a	17.13±6.31 ^a	11.90±5.05 ^a	47.47±16.70 ^a	23.20±5.06 ^a
T ₃	29.76±2.27 ^a	21.59±2.76 ^a	13.95±2.77 ^a	57.91±11.79 ^a	14.12±1.39 ^b
T ₄	32.84±2.05 ^a	22.30±2.33 ^a	16.34±2.59 ^a	60.67±15.72 ^a	16.06±3.96 ^b
T ₅	31.03±2.84 ^a	18.14±2.08 ^a	17.60±1.72 ^a	44.37±3.34 ^a	14.33±0.85 ^b

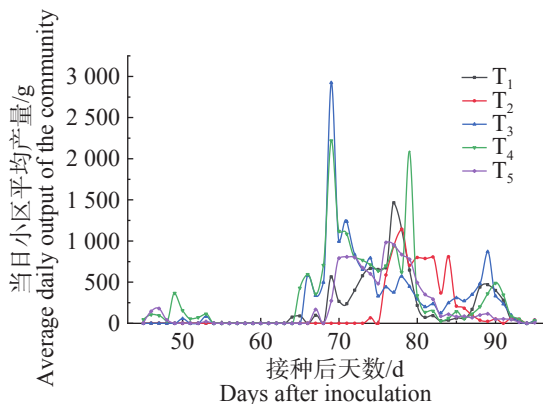


图 2 不同栽培基质的大球盖菇出菇时间分布
Fig. 2 Fruiting time distribution of *S. rugosoannulata* under different cultivation substrates

23.233%、12.178%), 3 个主成分累计贡献率达到 96.613%, 表明这 3 个主成分可反映大球盖菇各项指标的大部分信息, 可作为评价大球盖菇的综合指标(表 7)。F₁、F₂、F₃ 分别表示 3 个主成分的得分, 并根据成分矩阵和主成分因子计算各处理的综合得分, 然后按照综合得分排序, T₄>T₃>T₁>T₅>T₂(表 8)。

表 6 不同栽培基质对大球盖菇子实体可溶性糖、蛋白质和氨基酸含量的影响

Tab. 6 Differences of soluble sugar, protein, and amino acid contents in the fruiting bodies of *S. rugosoannulata* under different cultivation substrates

处理 Treatment	可溶性糖/ (mg·g ⁻¹) Soluble sugar	蛋白质/ (mg·g ⁻¹) Protein	氨基酸/ (μmol·g ⁻¹) Amino acid
T ₁	246.84±58.36 ^a	151.20±6.30 ^a	578.55±17.94 ^a
T ₂	213.32±27.50 ^a	152.22±4.83 ^a	381.26±30.33 ^b
T ₃	256.77±80.67 ^a	147.80±4.58 ^a	648.94±44.22 ^a
T ₄	243.26±19.96 ^a	145.45±12.83 ^a	241.14±32.45 ^c
T ₅	157.00±31.06 ^a	150.09±14.59 ^a	250.63±77.68 ^c

3 讨 论

T₁ 处理菌丝生长速率最快(3.78 mm·d⁻¹), 但并不是产量较高的处理; 相反, T₄ 处理虽然菌丝生长较慢, 但发菌期最短, 仅 52.75 d, 且采收时间最长, 达到 29 d, 表明以木屑为主成分的栽培基质可能通过延缓菌丝生长, 积累更多养分用于子实体

表 7 主成分分析总方差解释

Tab. 7 Total variance explained by Principal Component Analysis (PCA)

成分 Component	初始特征值 Initial eigenvalue			提取载荷平方和 Sum of squared loadings extracted		
	总计 Total	方差百分比/% Percentage of variance	累积百分比/% Cumulative percentage	总计 Total	方差百分比 Percentage of variance	累积百分比/% Cumulative percentage
1	7.956	61.202	61.202	7.956	61.202	61.202
2	3.020	23.233	84.435	3.020	23.233	84.435
3	1.583	12.178	96.613	1.583	12.178	96.614
4	0.440	3.386	100			
5	8.15E ⁻¹⁶	6.27E ⁻¹⁵	100			
6	5.78E ⁻¹⁶	4.44E ⁻¹⁵	100			
7	3.24E ⁻¹⁶	2.5E ⁻¹⁵	100			
8	2.39E ⁻¹⁶	1.84E ⁻¹⁵	100			
9	4.86E ⁻¹⁷	3.74E ⁻¹⁶	100			
10	-2.3E ⁻¹⁶	-1.8E ⁻¹⁵	100			
11	-3.2E ⁻¹⁶	-2.4E ⁻¹⁵	100			
12	-6.7E ⁻¹⁶	-5.2E ⁻¹⁵	100			
13	-8.1E ⁻¹⁶	-6.2E ⁻¹⁵	100			

表 8 不同处理主成分得分

Tab. 8 Principal component scores for different treatments.

处理 Treatment	主成分得分 Principal component scores			综合得分 Composite score	排序 Sequence
	F ₁	F ₂	F ₃		
T ₁	-1.007	0.949	1.775	-0.180	3
T ₂	-3.792	0.594	-1.413	-2.355	5
T ₃	1.736	1.630	0.124	1.456	2
T ₄	3.623	-0.333	-0.968	2.022	1
T ₅	-0.559	-2.840	0.482	-0.943	4

的分化,这与刘本洪等^[11]提出的木屑基质透气性改善理论相符,其紧实结构利于保温保湿,促进原基形成。

T₄的产量和生物转化率显著优于其他处理($P<0.05$),主要原因可能是橡胶木屑富含纤维素,分解缓慢,与易降解的稻草形成互补,稻草可提供速效养分,持续供应子实体发育所需的营养^[2]。其次,稻草与橡胶木屑 1:3 的配比平衡了透气性和保水性,避免纯木屑(T₅)的透气性不足和纯稻草(T₁)的结构塌陷,保证子实体的生长发育正常。

T₃和 T₁的氨基酸含量显著高于 T₄,可能是因为稻草提供更丰富的氮源,而较高的橡胶木屑占比的栽培基质中 C/N 失衡,限制了氮的代谢。

发菌期长度与采收期长度呈负相关趋势(T₄发菌期最短但采收期最长),表明不同配比基质可能对菌丝的生长产生影响,同时通过调节营养供应影响子实体的发育速度,T₄对基质养分的利用效率高于 T₂。同时,T₄配比契合海南橡胶林下高郁闭度,高温高湿的环境特点,高占比橡胶木屑可增强基质抗雨水冲刷的能力,并减少养分流失,缩短发菌期,降低杂菌污染的风险,符合“林-菌”模式对操作简易性的需求^[8]。

大球盖菇高产配方研究除稻草和橡胶木屑组合外,可拓展其他农林废弃物,如王草、谷壳等。各地宜根据资源特点选择,如稻区可侧重稻草与谷壳。适量添加 N、P、K、Ca 等矿质元素或进行基质预处理,优化理化性质以提升产量,为大球盖菇规模化生产提供多元高效基质方案。本研究存在一定局限性,未对基质发酵和栽培过程中的 C/N、pH 等理化性质的动态变化进行监测,后续研究中,可结合基因组学技术,深入解析微生物群落

对基质配比的影响机制。在本研究中, T_4 基质展现出显著性优势, 不仅缩短发菌期、延长采收期, 还能有效提高产量及生物转化率。未来研究可从基质成分(如纤维素、木质素含量)及环境参数(如温湿度)入手, 系统探究不同配比的基质发挥作用的内在机制, 为优化栽培技术提供坚实的理论支撑。此外, 栽培基质的筛选应紧密围绕生产目标开展, 若追求高产或优质, 需进行针对性选择; 同时, 基质稳定性对实验结果变化存在潜在影响, 也应予以重点关注。

4 结 论

本研究分析了稻草和橡胶木屑配比对大球盖菇菌丝生长、子实体产量和品质的影响。研究结果表明, 大球盖菇橡胶林下栽培基质适宜的稻草和橡胶木屑配比是 $T_4(m_{\text{稻草}}:m_{\text{橡胶木屑}}=1:3)$, 该配比基质栽培的大球盖菇发菌期较短(52.75 d)、产量高($5.22 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$)、生物转化率高(26.11%)。在实际推广中, 建议在 T_4 配比($5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 稻草 + $15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 橡胶木屑)的基础上, 辅以 5% 米糠、2% 麦麸等补充营养。该基质配比实现了海南两大农林废弃物稻草和橡胶木屑的资源化利用, 为热带地区“林-菌”生态模式提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 闵露娟, 邓涛, 狄岚, 等. 大球盖菇研究进展[J]. 南方林业科学, 2024, 52(4): 65–72. <https://doi.org/10.16259/j.cnki.36-1342/s.2024.04.012>
- [2] Huang L, He C M, Si C, et al. Nutritional, bioactive, and flavor components of giant *Stropharia* (*Stropharia rugoso-annulata*): a review[J]. Journal of Fungi, 2023, 9(8): 792. <https://doi.org/10.3390/jof9080792>
- [3] 胡雪萍, 朱恒星, 黄飞逸, 等. 不同品种大球盖菇营养和风味品质分析[J]. 南方农业学报, 2025, 56(12): 3685–3696. <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-1191.2025.12.007>
- [4] 冯泽耀. 大球盖菇-直播稻轮作栽培技术[J]. 农村新技术, 2024(1): 19–21. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-3542.2024.01.012>
- [5] 冒维维, 金萌萌, 马建宏. 大球盖菇-花椰菜设施轮作栽培技术[J]. 园艺与种苗, 2023, 43(11): 41–42. <https://doi.org/10.16530/j.cnki.cn21-1574/s.2023.11.015>
- [6] 熊维全, 曾先富, 李昕竺. 花木林下套种大球盖菇技术[J]. 食用菌, 2017, 39(5): 57–58. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-8357.2017.05.020>
- [7] 李达, 张绍文. 天然橡胶产业发展政策分析: 红线与红利[J]. 林业经济问题, 2020, 40(2): 208–215. <https://doi.org/10.16832/j.cnki.1005-9709.2020.02.012>
- [8] 黄国宁. 发展林下经济新思路, 打造林农增收新亮点: 海南林菌间作模式与草料培育菌苗技术推广示范[J]. 热带林业, 2016, 44(4): 28–29.
- [9] 吴红萍, 金映虹, 陈喜蓉. 海南发展橡胶林下经济的现状、问题与对策[J]. 热带林业, 2022, 50(1): 10–14. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-0938.2022.01.002>
- [10] 何长辉, 刘锐金, 安锋, 等. 海南省天然橡胶种植园更新策略分析[J]. 中国热带农业, 2024(5): 9–18. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-0658.2024.05.003>
- [11] 刘本洪, 甘炳成, 彭卫红, 等. 透气性及低温处理对大球盖菇菌丝生长的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(2): 246–248. <https://doi.org/10.3321/j.issn:1006-687X.2004.02.027>
- [12] Suzuki T, Ono A, Choi J H, et al. The complete mitochondrial genome sequence of the edible mushroom *Stropharia rugosoannulata* (Strophariaceae, Basidiomycota)[J]. Mitochondrial DNA Part B, 2019, 4(1): 570–572. <https://doi.org/10.1080/23802359.2018.1558120>
- [13] Hao H B, Zhang J J, Wu S D, et al. Transcriptomic analysis of *Stropharia rugosoannulata* reveals carbohydrate metabolism and cold resistance mechanisms under low-temperature stress[J]. AMB Express, 2022, 12(1): 56. <https://doi.org/10.1186/s13568-022-01400-2>
- [14] Wu J, Fushimi K, Tokuyama S, et al. Functional-Food constituents in the fruiting bodies of *Stropharia rugosoannulata*[J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 2011, 75(8): 1631–1634. <https://doi.org/10.1271/bbb.110308>
- [15] 梁卫驱, 喻孟君, 陈彦, 等. 8 个大球盖菇菌株栽培比较试验[J]. 食用菌, 2024, 46(6): 22–24. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-8357.2024.06.007>

Effect of substrate ratio on yield and quality of *Stropharia rugosoannulata* under rubber plantation

Zou Ruilong^{1,2#}, Liao Wanjie^{1,2,3}, Zou Huarong³, Tao Ye¹, Nie Lixiao^{1*}

(1. Nanfan School/Sanya Nanfan Institute, Hainan University, Sanya, Hainan 572025, China; 2. School of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Danzhou, Hainan 571737, China; 3. Hainan Zhongyan Agricultural Technology Co., Ltd., Sanya, Hainan 572025, China)

Abstract: To explore the substrate formula for cultivating *Stropharia rugosoannulata* with high yield and high quality under rubber plantations, rice straw and rubber wood chips were used as raw materials to investigate the impact of their ratios on the yield and quality of *S. rugosoannulata*. Five treatments with rice and rubber wood chips at the dry mass ratios (1:0, 3:1, 1:1, 1:3, 0:1) were arranged in this experiment for observation of mycelial growth and field fruiting. The results showed that the treatment with the ratio of 1:3 had the highest comprehensive score. The mycelium of *S. rugosoannulata* cultivated with this substrate was robust and dense, with an average fruiting period of 52.75 days after inoculation and a harvesting period of 29 days. The yield of fruiting bodies in this treatment reached 5.22 kg·m⁻², and the biological conversion rate was 26.11%.

Keywords: *Stropharia rugosoannulata*; under rubber plantations; rice straw; rubber wood chips; substrate ratio; yield and quality

(责任编辑: 潘学峰)