

林下种宝：暗褐脉柄牛肝菌破土新生

提起牛肝菌，很多人并不陌生。许多人餐桌上的白牛肝菌、自带神秘色彩的“见手青”，都是这个庞大家族的成员。暗褐脉柄牛肝菌则是较为特别的家族成员。

暗褐脉柄牛肝菌俗称黑牛肝菌，兼具共生能力和腐生能力，对生长宿主的依赖较低，环境适应性强，在海南城市和山野间随处可见。

将野生菌变成可利用的资源，需要完成菌种驯化、栽培等一系列工作。今年7月，海南首次实现暗褐脉柄牛肝菌林下生态栽培出菇，取得从“0”到“1”的关键性突破。

9月初，海南师范大学热带真菌多样性及可持续利用研究室内，该校生态学专业硕士生张思琴正潜心打磨毕业论文。她的研究对象正是暗褐脉柄牛肝菌。

两个月前，距离海口100多公里的白沙黎族自治县，林下生态栽培的蘑菇成为她最珍贵的“毕业礼物”。

今年7月，热带岛屿生态学教育部重点实验室副主任、海南师范大学生命科学学院教授曾念开团队在白沙林地首次成功实现暗褐脉柄牛肝菌林下生态栽培出菇。这标志着海南在珍稀食药菌的开发利用上迈出重要一步。

作为曾念开团队的一员，张思琴谈及今年7月9日的突破性发现，依然难掩激动：“两朵暗褐脉柄牛肝菌在凤凰木下破土而出，菌盖深褐、肉质厚实，虽然被蜗牛啃食了几处，但依然让我们兴奋不已。”

当天中午，烈日当空，热浪在凤凰木林间穿梭。曾念开带领研究生张思琴、王朝艳以及团队成员陈言柳博士，踏进海南白沙食药菌科技小院林下栽培试验点。他们在一棵紧邻水岸斜坡的凤凰木下，发现两朵破土而出的暗褐脉柄牛肝菌，菌盖有七八厘米宽。

“我们十分激动，立刻围上去用手机拍照。”张思琴回忆道。

从2024年2月种下宿主树木，到2025年6月完成菌种接种，再到今年7月、8月连续出菇，这条时间线的背后，是曾念开团队两年多的持续攻关。

“实验室实验周期短、可控性高，很快就能看到结果。林下栽培则不同，面对的是一个开放、复杂的生态系统。”张思琴说：“我们种树后要等待树木生长，接种后要等待菌丝与宿主植物的根系建立联系。温度、降雨、土壤湿度等细微环境变化都可能影响结果。出菇之前，我们只能持续观察，无法预判最终结果。”

正因如此，今年7月，暗褐脉柄牛肝菌第一次从林下破土而出时，张思琴等人兴奋不已。“这意味着两年多的技术路线终于得到最有力的验证。”张思琴说。

8月，同一片林地再次出菇，这标志着首次出菇并非孤立的偶然事件，菌丝已具备持续形成子实体的能力。截至目前，该地块已成功出菇四批次。

琼岛林下育珍菌 海南首次实现暗褐脉柄牛肝菌林下生态栽培出菇

■海南日报全媒体记者 周晓梦

牛肝菌中的『多面手』

暗褐脉柄牛肝菌是全球1300多种牛肝菌中首个实现人工驯化并突破产业化栽培瓶颈的物种，堪称牛肝菌家族中的“多面手”。

为何它能脱颖而出？这要从牛肝菌的生长习性说起。人们熟知的牛肝菌，如美味的“见手青”等，都是典型的外生菌根真菌。它们与特定树木的根系形成“共生关系”：真菌帮助树木吸收水分和养分，树木为真菌提供光合作用产生的碳水化合物。这种高度依赖宿主的特性，让很多牛肝菌无法脱离特定森林环境，人工栽培难度很大。

暗褐脉柄牛肝菌则不同，它在自然条件下既能与植物建立共生联系，也具备一定的腐生能力，能够利用环境中的有机物维持生长。简单来说，它既可以“合作共生”，也具备一定程度的“独立生活”能力，是名副其实的“多面手”。

曾念开表示，对宿主依赖相对较弱、兼具腐生能力的生物学特性，为暗褐脉柄牛肝菌的人工培养和驯化创造了条件，使其成为少数具备人工驯化和产业化开发潜力的牛肝菌之一。

除了易栽培的优势，暗褐脉柄牛肝菌的经济与药用价值同样亮眼。其肉质肥厚、风味独特，富含蛋白质、多糖、生物碱等多种活性成分。研究表明，其部分提取物在体外实验中具备抗氧化、抑制肿瘤细胞增殖等活性，是一种极具开发潜力的食药菌。

海南岛拥有丰富的暗褐脉柄牛肝菌野生资源，目前已发现19个地理居群，广泛分布在海口市、白沙黎族自治县、万宁市、乐东黎族自治县、陵水黎族自治县等地，甚至在海南师范大学校园、金牛岭公园草坪都有可能与它不期而遇。但是，长期以来，其资源价值和开发潜力并未得到充分认识。

从资源调查、活性成分研究到栽培试验成功，曾念开团队的系列研究与栽培试验，正是要将暗褐脉柄牛肝菌这个海南热带雨林珍稀菌类从基础研究推向生态栽培和产业化应用。

『树上开花、树下出菇』的探索

过去，暗褐脉柄牛肝菌的人工栽培主要采用工厂化模式。在环境可控的菇房里，人们通过精准调控温度、湿度和光照，实现标准化生产。但是，这种方式投入成本高，需要依赖厂房、设备和持续的能源消耗。

此次曾念开团队探索的林下生态栽培，开辟了一条截然不同的路径。其技术核心是将菌种接入适宜的林地环境中，让菌丝在林木根系上定殖、扩展，更多依靠自然降雨、林地微环境完成生长，最大程度还原其野生生长习性。

“这相当于从设施农业的‘一次性生产模式’转向仿自然生态的‘长期利用模式’。”曾念开介绍，灵芝、毛木耳等食用菌栽培一个周期结束后需重新制作菌包，暗褐脉柄牛肝菌林下生态栽培则不同，其探索的是让菌丝在林地中长期定殖，并与植物根系形成稳定生态关联，构建长效生态共生系统，理论上可达到“一次接种、多年（预计8年—10年）持续出菇”的目的，减少重复投入。目前，团队成员正在通过长期观测验证其持续生产能力。

此次技术突破是海南、云南跨地域科研协作的成果。云南省热带作物科学研究所张春霞团队在暗褐脉柄牛肝菌林下栽培方面积累了丰富的经验，已形成地方技术标准。曾念开团队发挥长期研究海南本地真菌资源和种质的优势，将张春霞团队积累的栽培技术和经验，与海南本地菌株、林木资源及热带气候条件相结合，开展本土化适应与优化。

“此次在白沙的试验，我们选用宿主植物凤凰木，既考虑了其与暗褐脉柄牛肝菌的生态适配性，也兼顾了其对海南气候的适应性和在未来林下经济中的综合价值。”张思琴说。

栽培模式革新伴随着全新挑战。野外自然环境远不如菇房可控，台风和极端高温、高湿气候都可能影响菌丝生长和出菇稳定性。张思琴表示，连续四次出菇证明技术路线的可行性，但距离标准化、规模化生产还需要经过更长周期和更大面积、不同林地的反复试验验证。

下一步，曾念开团队计划扩大试验种植规模，持续筛选优良菌株，优化接种和出菇调控技术。他们的目标是逐步建立起“树上开花、树下出菇”的立体生态栽培模式。未来，该模式还可以运用于咖啡、热带果树等经济作物的培育，打造“树上结果、树下出菇”的复合林下生产系统，实现林地空间的最大化利用。



曾念开团队成员在白沙开展研究工作。本版原图均由受访者提供



暗褐脉柄牛肝菌兼具共生能力和腐生能力。

自沙林下生态栽培的暗褐脉柄牛肝菌。
AI制图/孙发强