

微生物学报 *Acta Microbiologica Sinica*
50(10):1288–1292; 4 October 2010
ISSN 0001–6209; CN 11–1995/Q
<http://journals.im.ac.cn/actamicrocn>

鸡枞的驯化栽培现状

张玉金¹, 郭华春², 李荣春^{1*}

(¹ 云南农业大学食用菌研究所, 昆明 650201)

(² 云南农业大学薯类作物研究所, 昆明 650201)

摘要: 本文论述了当前鸡枞菌驯化栽培的两种模式即: 以培养鸡枞菌为重心的腐生菌模式、以扩繁鸡枞菌共生白蚁为重心的原生态模式, 并对其驯化栽培过程中所面临的问题及其可能的解决方案进行了阐述。

关键词: 鸡枞菌; 白蚁; 共生; 驯化栽培

中图分类号: Q935 **文献标识码:** A **文章编号:** 0001-6209 (2010) 10-1288-05

鸡枞菌隶属于: 担子菌亚门 (Basidiomycotina), 层菌纲 (Hymenomycetes), 伞菌目 (Agaricales), 口蘑科 (Tricholomataceae) [1], 是一种名贵的野生食用菌, 其营养丰富、味道鲜美。鸡枞菌属由 Heim 于 1941 年针对与白蚁共生的伞菌提出的 [2]。《菌物索引》(Index of Fungi) 已收录的名称有 69 个。魏铁铮研究了国内外五百余份鸡枞菌标本, 指出中国分布的鸡枞菌种类有 13 个种 [3]。付子艳对云南鸡枞菌资源做了系统学研究指出, 中国鸡枞菌的种类为 24 个种 [4–6], 均可食用, 其中云南达 20 种、四川有 9 种、贵州有 8 种、广东有 4 种、其它省区仅有 1–2 种。自 1799 K ning 对蚁巢内菌圃的发现和描述算起, 人们对鸡枞菌的科学研究已有两百多年的历史 [7], 对鸡枞菌的认识也不断深入。鸡枞菌的驯化栽培、鸡枞菌种质资源的开发利用一直是广大真菌科研工作者及民间野生菌爱好者乐此不疲的研究题目。据笔者收集的与鸡枞菌相关资料来看, 就鸡枞菌驯化栽培成功的报道国外尚无首例, 而国内却不乏先例, 赖井平、李林、赵守光、余春喜、卢云发、杨文兴、孙思国等人报道了鸡枞菌驯化栽培成功的例子, 但至今还没有人工栽培成功并批量生产的报道, 表明鸡枞菌的人工栽培还存在一定的难度。

本文就当前鸡枞菌驯化栽培模式作分类阐述, 同时提出笔者个人关于鸡枞菌驯化栽培研究方面的一些建议。

1 以腐生菌栽培模式为重心的鸡枞菌栽培模式

以腐生菌栽培模式为重心的鸡枞菌栽培方法的理念来源于平菇、香菇、木耳等以分解植物、作物有机成分进而获取营养物质并合成其菌丝生物体及其储存物质的食用菌栽培模式。此模式是目前鸡枞菌驯化栽培所要达到的理想目标。其理想特征是: 在人工培养料上接种鸡枞菌菌种, 在一定时间内生产大量鸡枞菌菌丝体为鸡枞菌子实体的分化发育提供生物量; 需要或不需要白蚁参与诱导鸡枞菌子实体的分化发育; 鸡枞菌出菇受或不受季节的影响。赖井平、李林、余春喜、赵守光、孙思国等报道了基于此种模式下鸡枞菌驯化栽培成功的案例 [8–12]。赵守光等报道, 从打孔接种到菌包生理成熟所经历的时间长达 4 月之久, 其生理成熟的标准是袋壁上有瘤点出现, 挖坑对土壤进行消毒处理后、将鸡枞菌菌包脱袋、埋入坑内、覆土厚度 8 cm–10 cm, 保持土壤湿

* 通信作者。E-mail: rongchunli@126.com

作者简介: 张玉金 (1984–), 男, 四川安岳人, 博士研究生, 主要从事鸡枞菌 (*termitomyces*) 方面的研究。E-mail: zyj2003lj@163.com

收稿日期: 2010-03-27; **修回日期:** 2010-06-22

润,其出菇期长达4个月,生物学效率达66% - 68%^[8]。余春喜等报道瓶栽鸡枞菌的菌丝生长速度达到0.29 cm/d,满瓶天数仅为45 d左右,子实体分化到出菇大约为8 - 12d,生物效率最高达到63.8%^[9],与赵守光等栽培方法不同之处在于,瓶栽鸡枞菌未进行覆土处理,更没有与白蚁接触。赖井平等报道菌袋内菌丝生长速度为0.19 - 0.21 cm/d。料袋高度为12.5 cm,从接种到出菇50 - 55 d,4 - 6月埋袋覆土可延续采收到当年秋季的9 - 10月份,其栽培方式与赵守光的相似^[10]。李林等报道了一个引自日本的鸡枞菌菌株,接种于规格为17 cm × 45 cm的料袋,45 - 60 d菌丝满袋,覆土1个月后开始出菇,生物学效率为45% - 51%,其栽培方式与赵守光的相似^[11]。在2007年孙思国报道了“一种黑皮鸡枞菌生产方法”,其栽培方法特殊之处再于:用鸡枞菌子实体假根组织、鸡枞菌孢子分别培养出鸡枞菌菌落,再将上述鸡枞菌分离物混合培养即:将假根分离所得到的菌种转接到由培养鸡枞菌孢子得到的菌落中。菌袋达到生理成熟后脱袋覆土栽培,生物学效率达80%^[12]。

上述鸡枞菌栽培成功的报道也存在不少疑问。首先,上述成功栽培的鸡枞菌是否对应于分类学上鸡枞菌所处的地位,即可能存在同名异种的可能。长根菇(*Oudemansiella radicata*)因其与鸡枞菌形态相似,被称为露水鸡枞、黑皮鸡枞,常常被人有意或无意与鸡枞菌混淆。其次,关于上述鸡枞菌成功栽培的实验未能得到他人实验的证实,也未能大面积推广。因此,以腐生菌栽培模式为重心的鸡枞菌栽培方法在理论上还需要结合其特殊性进一步探索。

2 以扩繁鸡枞菌共生白蚁及其蚁巢为重心的鸡枞菌原生态模式

此种鸡枞菌栽培模式是建立在自然条件下白蚁对鸡枞菌的传播、培养为理论基础之上的,更偏重于对鸡枞菌的共生白蚁的扩繁即:由一窝鸡枞菌和白蚁的共生蚁巢到数窝蚁巢。此模式是在当前对白蚁与鸡枞菌的共生关系尚未清楚认识情况下实现鸡枞菌大面积栽培较为可行的栽培模式。其特征是:鸡枞菌栽培过程中始终依靠白蚁的活动;人工协助白蚁与其共生鸡枞菌建立共生关系;栽培程序较为繁琐而且工作量大;具有一年栽培多年出菇的优点。基于此模式的鸡枞菌驯化栽培成功的报道有:杨文兴及卢云发所发明的鸡枞菌栽培技术^[13-14]。

据杨文兴报道的“一种白蚁共生人工种植鸡枞菌的方法”其栽培工艺主要分为三步,第一步:培养白蚁卵,以便日后孵化发育形成各品级白蚁;第二步:培养鸡枞菌菌种;第三步:协助白蚁对鸡枞菌建立共生关系即:将白蚁与鸡枞菌配合起来建立共生菌塘。其具体方法为:选择中性偏酸、土层深度为80 cm、附近有野生鸡枞菌生长的土块作为鸡枞菌的栽培地。将剑麻杆及白蚁诱饵铺于地块中,然后用土覆盖。一般一个月后白蚁产卵其中,便可做为鸡枞菌种植用的白蚁卵块。将阔叶树木材截成小段其长度不超过70 cm,晒干备用。在种植地块中打出80 cm × 80 cm,深70 cm的塘(土坑),塘与塘之间的间距为80 cm。对塘消毒后,按每塘15 kg木材用量平铺于塘底,用切碎的麦秸秆做为木材间空隙的填缝料,在塘内放置两根空心管,并将外露端的管口密封好,以便日后投放菌种,同时放入饵料,再放入一块白蚁卵块,以便白蚁在共生塘内生长。用切碎的麦秸秆做为隔土料,最后用土覆盖。适量浇水保持土壤湿润。共生塘做好2个月后对其进行抽样观察,验证白蚁是否已在共生塘内生存繁殖,若白蚁繁育成功,便可进行菌种投放。原种由鸡枞菌孢子分离得到,再按常规方法进行转接扩繁得到母种,由母种转接扩繁得到栽培种。将露出土面的空心管管口打开,再将培育好鸡枞菌的栽培种从管口中投入,然后将管口封闭好,即完成菌种的播放。菌种播放两个月后便可出菇^[13]。

据卢云发报道的“一种与白蚁共生种植鸡枞菌的方法及蚁生鸡枞菌的配套种植法”的栽培步骤及技术要点如下:在中秋至立冬或惊蛰至立夏期间,挖长400 cm、宽500 cm、高80 cm的塘。塘底挖松平整,将干青冈、干核桃树断木平铺于塘底,两断木之间的距离为15 cm,断木直径在10 cm - 20 cm。断木间空隙用玉米芯填平,放入白蚁数百只,盖上去叶的玉米秸秆或高粱秸秆撒下白蚁食料(其成分为:干青木工树1份,干核桃树1份,玉米芯1份,铁丝栎1份,泡丝栎1份,玉米秸1份,高粱秸1份,高粱米0.5 - 1份,份豆面泥土1份),再覆上厚度为4 cm - 6 cm的细土,最后盖一层秸秆保温。三周后白蚁繁殖完成。在庄稼地内挖深60 cm,直径40 cm的窝,亩地可置400余窝,在窝壁距底40 cm处平刺3 - 5个小洞。在窝底放置30 cm - 35 cm厚的白蚁食料。然后将上步繁殖的白蚁连木带泥一并放入坑内,再覆上25 cm - 35 cm厚的泥土。将鸡枞菌菌种经一根真空管放入窝内,协助白蚁与鸡枞菌建立

共生关系。常规日常管理^[14]。

上述建立共生菌塘的可行性值得推敲。与鸡枞菌共生的白蚁是一种营社会性昆虫,该类群白蚁无补充型繁殖蚁,若蚁后、蚁王意外死亡,则整个群体也随之消亡。负责产卵的蚁后、蚁王常年生活于地下蚁巢,仅由工蚁外出觅食兵蚁随之护卫。显然外出觅食的白蚁不具备产卵的能力,而上述鸡枞菌栽培方法中的白蚁卵又从何而来?唯一可能就是蚁卵来自于蚁巢内繁殖蚁。蚁卵在蚁巢内得到工蚁的细心照料才能顺利孵化,目前,人们还没有在实验室内观察到白蚁卵的成功孵化。白蚁是否具有搬运蚁卵到蚁巢外的动机及行为还有待于进一步观察验证。

3 以腐生菌栽培模式为重心的鸡枞菌栽培方法所面临的问题

3.1 鸡枞菌菌丝体培养所面临的问题

就笔者2007年以来对培养皿中鸡枞菌菌丝生长情况的观察结果显示:鸡枞菌在人工培养基上生长十分缓慢、抗杂力弱。笔者2008年从云南河口采集的鸡枞菌子实体经组织分离在人工培养基(PDA+蚁巢水煮液)^[15]中培养,从接种到萌发出菌丝的时间为4~5周,经长达4个月的培养鸡枞菌才长满直径为8.5 cm的培养皿,试图将所得菌种转接至以棉籽壳为主的培养料中屡因杂菌感染而失败。这可能与鸡枞菌种类、产地以及培养基成分有关系。较其他腐生菌而言,鸡枞菌菌丝体在人工培养条件下的生长势确实不容乐观。在长期的协同进化过程中白蚁为鸡枞菌提供的基质(蚁巢内有机质)对人类来说十分特殊且知之甚少。目前,人们只知道在这一过程中鸡枞菌孢子、白蚁肠道分泌的酶类被添加到植物有机质中^[16],但在这一加工过程中植物有机质成分发生了哪些变化,我们知之甚少,特别是促进鸡枞菌菌丝生长的关键性成分。因为缺少这些方面认知,人们在配制供鸡枞菌生长的培养基(料)时,也只是依靠以往在栽培其它食用菌栽培方面的经验,往往带有一定的盲目性。

3.2 鸡枞菌由营养生长向生殖生长发生的诱导因子

部分鸡枞菌种类能够在人工培养基上形成小白球^[17-18],但对小白球进一步发育形成鸡枞菌子实体的影响因子知之甚少。除鸡枞菌生物量、温度、湿度因子外,白蚁的活动对鸡枞菌生长发育的影响研究得还不够深入,目前只知道白蚁分飞减少了蚁巢内

白蚁的生物量,蚁巢内白蚁对鸡枞菌(小白球)的取食量下降,鸡枞菌(小白球)能够积累足够的生物量为子实体的发育提供足够的物质基础^[19]。

4 以扩繁鸡枞菌共生白蚁为重心的鸡枞栽培模式所面临的问题

4.1 白蚁扩繁所面临的问题及措施

等翅目中不同科的白蚁具有不同的生物学特性,同科不同属的白蚁在生物学上也有一定的差异。就白蚁品级类型及其功能来说,负责种群繁衍工作的繁殖蚁,因不同的白蚁种类而具有各自的繁衍特征。原始蚁王、蚁后是群体的创造者,在原始蚁王、蚁后发生意外死亡的情况下有些种类的白蚁群体中会产生一种新的白蚁品级即:补充蚁王、蚁后,补充型繁殖蚁将担负原始蚁王、蚁后在种群内的繁衍工作,如:木白蚁科(Kalotermitidae)、鼻白蚁科(Rhinotermitidae)中的散白蚁属 *Reticulitermes* 中的白蚁^[20]。然而与鸡枞菌具有共生关系的白蚁科(Termitidae)大部分种类似乎缺少补充型繁殖蚁^[21]但该科白蚁,如大白蚁属 *Macrotermes* 和土白蚁属 *Odontotermes* 白蚁的某些种的蚁巢内发现了多王多后的现象,特别是在建巢初期^[20],估计是为了保证新建蚁巢内白蚁种群的稳定增长。木白蚁科、鼻白蚁科及其它科的白蚁因其能产生补充型繁殖蚁所以即使在由少量个体组成的群体条件下,也能存活并发育形成新的群体^[21],但对鸡枞菌共生白蚁的饲养、扩繁则不那么容易。较为可行的扩繁方法是在白蚁分飞季节收集分飞配对的繁殖蚁并将其培养于填土的容器中,待观察到繁殖蚁的第一批工蚁打洞外出觅食时,添加母巢长出的鸡枞菌孢子(滤纸收集)或母巢菌圃,以此接种,协助白蚁与鸡枞菌共生关系的建立^[22-23]。再转移建立共生关系的共生体于野外,脱去培养容器,埋入已知位置的土壤中,以便日后管理和观察。因与鸡枞菌有共生关系的白蚁科下某些属的蚁巢内发现了多个蚁王蚁后,能否将该蚁巢内同一群体的白蚁分成多个群体,每个白蚁群体再分配一对繁殖蚁统领该白蚁群体,以此实现白蚁及其共生鸡枞菌的扩繁,还有待于进一步研究。

4.2 白蚁取食鸡枞菌(小白球)与鸡枞菌发育形成子实体矛盾的处理

正如人们饲养蜜蜂获得蜂蜜一样,饲养白蚁的目的是为了得到鸡枞菌。白蚁也像蜜蜂享用自己酿造的蜂蜜那样享用自己培养的鸡枞菌^[16],白蚁对鸡

枞菌的取食保证了白蚁群体健康有序地发展。蚁巢内菌圃的生物量与白蚁的生物量具有正相关性,外出采集植物有机质的工蚁数量越多、外界植物有机质越丰富则菌圃建立速度较快,但同时众多的白蚁生物量也增加了对蚁巢内菌圃及小白球的取食量,因此,鸡枞菌与白蚁在生物量上可能保持着一定的比例,这也是鸡枞菌与其共生白蚁长期协同进化的结果。从某种角度来说鸡枞菌子实体的产生是一种意外,据报道鸡枞菌出菇时期常常发生在白蚁分飞后的一到二个月,因白蚁分飞,蚁巢内生物量减少了约40%^[19],白蚁对小白球的取食量下降,部分小白球得以继续发育形成子实体。笔者认为:在保证蚁巢内共生体平衡的前提下,采取一定的措施适当控制白蚁个体数量,以减少白蚁对小白球的取食,使更多小白球发育形成子实体,将是鸡枞菌仿野生栽培模式下,调控蚁巢内物流、能流,提高其生物转化率的一大研究方向。

5 鸡枞菌驯化栽培设想

把蚁巢看成一个系统,外界植物有机质被工蚁搬入蚁巢内,源源不断的输入该系统。鸡枞菌作为蚁巢系统的产出物,在特定条件下从蚁巢系统中输出。

5.1 蚁巢的扩繁

白蚁分飞数量巨大^[19],若能保证一定的成功率其繁殖量也十分可观。采用“拉网防逃,助分飞蚁就地筑巢”的方法收集配对繁殖蚁,帮助新蚁巢白蚁与鸡枞菌建立共生关系,实现蚁巢数量的快速增长。

5.2 蚁巢系统物流、能流的优化调控

筛选搭配白蚁食物,优化白蚁食物颗粒大小,研究开发一种白蚁饲料,减少白蚁觅食活动过程中能量的消耗,有效提高蚁巢内生物量积累效率。白蚁食物成分对鸡枞菌菌丝生长效率的影响,特别是对其出菇事件发生的关系进行研究。蚁巢内菌圃是鸡枞菌子实体形成的营养基础,对菌圃上鸡枞菌菌丝体发育形成子实体诱导因子的研究,提供一个有利的环境条件、诱导因子,调控蚁巢内物质、能量向鸡枞菌子实体方向发生。

6 结束语

实现鸡枞菌人工栽培一直是广大食用科研菌工

作者及爱好者追求的目标。本文所提及到的鸡枞菌驯化栽培栽培成功的报道可信性值得商榷,但却鼓舞着我们坚定不移的为之奋斗;文中关于鸡枞菌驯化栽培培养面临的问题,希望能使我们对鸡枞菌驯化栽培有更清晰而科学的认识。实现对鸡枞菌的人工化栽培任重而道远。白蚁在其蚁巢内栽培鸡枞菌,扩繁白蚁也就是扩繁鸡枞菌本身。研究与鸡枞菌共生白蚁的繁殖特性,利用这些规律实现白蚁及其蚁巢的扩繁,是当前通过进一步研究可以解决的问题。对鸡枞菌及其共生白蚁的研究核心在于弄清白蚁栽培鸡枞菌的工艺流程、农艺措施;在于弄清楚这个过程中白蚁对植物组织成分的转化及丰富的本质;在于弄清白蚁对鸡枞菌营养生长向生殖生长转变所采取的手段和环境需求。只有理解、掌握了这些必须的知识,人们才可能在人工条件下制备出适于鸡枞菌生长的培养基,才能在人工环境下调控鸡枞菌的出菇生理过程,才能最终实现对鸡枞菌的人工化栽培。

参考文献

- [1] Kirk PM, Cannon PF, David JC, Stalpers JA. Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi. Wallingford, UK: CAB International, 2001.
- [2] Heim R. Etudes descriptives et expérimentales sur les agarics termitophiles d'Afrique tropicale. *Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France*, 1941, 64: 25-29.
- [3] 魏铁铮. 中国蚁巢伞属系统学研究. 中国科学院微生物研究所博士论文, 2004.
- [4] 付子艳. 云南蚁巢伞生物学研究. 云南农业大学硕士论文, 2007.
- [5] 付子艳, 李荣春. 鸡枞菌属与华鸡枞菌属分类研究现状. *广西植物 (Guihaia)*, 2009, 29(1): 32-38.
- [6] 付子艳, 李荣春. 鸡枞菌属系统关系的初步研究. *福建农林大学学报-自然科学版 (Journal of Fujian Agriculture and Forestry University-Natural Science Edition)*, 2009, 38(3): 271-274.
- [7] König JG. *Naturgeschichte der sog. Weissen Ameisen. Beschr der Berliner Gesellschaft naturforsch Freunde*, 1779, 4: 21-23.
- [8] 赵守光, 刘小康, 陈明达, 叶伟忠. 鸡枞菌引种驯化栽培试验. *中国食用菌 (Edible Fungi of China)*, 1998, 17(3): 11-13.
- [9] 余春喜, 刘小康, 赵守光. 瓶栽鸡枞菌试验简报. *食用菌 (Edible Fungi)*, 1997, 19(3): 32-33.
- [10] 赖井平. 鸡枞菌的驯化与高产栽培. *中国食用菌 (Edible Fungi of China)*, 1993, 12(3): 24-26.

[11] 李林, 黄忠乾. 鸡枞菌驯化栽培实验. 食用菌 (*Edible Fungi*), 1995, 6:10.

[12] 孙思国. 一种黑皮鸡枞菌生产方法. 中国专利: 200710115866. 7, 2007. 12. 26

[13] 杨文兴. 一种白蚁共生人工种植鸡枞的方法. 中国: 200610048724. 9, 2006. 10. 16

[14] 卢云发. 一种与白蚁共生种植鸡枞的方法及蚁生鸡枞的配套种植法. 中国: 200710050211. 6, 2007. 10. 11.

[15] 李栋, 徐海清, 李荣春. 蚁巢热水浸提物对鸡枞菌丝生长的影响. 中国食用菌 (*Edible Fungi of China*), 2003, 3: 23-24, 38.

[16] Leuthold RH, Badertscher S, Imboden H. The inoculation of newly formed fungus comb with *Termitomyces* in *Macrotermes* colonies (Isoptera, Macrotermitinae). *Insectes Sociaux*, 1989, 36(4): 328-338.

[17] 陈楚均, 温志强. 鸡枞菌生活史研究. 福建农林大学学报-自然科学版 (*Journal of Fujian Agriculture and Forestry University-Natural Science Edition*), 1991, 20(2): 193-196.

[18] 贺新生, 梁福. 粗柄鸡枞菌菌丝体培养和无性繁殖过程研究初报. 微生物学杂志 (*Journal of Microbiology*), 1996, 16(3): 26-31.

[19] Wood TG, Sands WA. The role of termites in ecosystems. In *Production ecology of ants and termites*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1978, 245-292.

[20] 黄复生, 朱世模, 平正明, 等. 中国动物志-昆虫纲-等翅目. 北京: 科学出版社, 2000

[21] Becker G. 宋晓刚译. 白蚁的室内饲养和室内实验方法. 白蚁科技 (*BAIYIKEJI*), 1992, 9(1): 23-33.

[22] Johnson RA. Colony development and establishment of the fungus comb in *Microtermes* sp. Nr. *Usambaricus* (Sj?stedt) (Isoptera: Macrotermitinae) from Nigeria. *Insectes Sociaux*, 1981, 28(1): 3-12.

[23] Sands WA, Sc M. The initiation of fungus comb construction in laboratory colonies of *Ancistrotermes guineensis* (Silvestri). *Insectes Sociaux*, 1960, 7(3): 251-263.

Status of termite-mushroom artificial domestication cultivation – A review

Yujin Zhang¹, Huachun Guo², Rongchun Li^{1*}

(¹Institute of Edible Fungi; Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

(²Tuber and Root Crops Research Institute; Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract:[**Objective**]Two models of domestication and cultivation of termite-mushroom were discussed: the cultivation of termitomyces model, which method of woodrotting fungi cultivation was emphasized and the original ecological model, which multiplication of symbiotic termites was focused. The problems and possible solutions during termite-mushroom cultivation were also discussed.

Keywords: termitomyces; fungus-growing termites; mutualism; artificial domestication cultivation

(本文责编: 张晓丽)

* Corresponding author. E-mail: rongchunli@126.com
Received: 27 March 2010/Revised: 22 June 2010