

## 红锥菌人工干预研究进展

黄永钦<sup>1</sup>, 曹锰<sup>2</sup>, 赖崇健<sup>1</sup>, 梁刚<sup>1</sup>, 余小红<sup>1</sup>

(1. 钦州市林业科学研究所, 广西钦州 535000; 2. 贵港市经济作物工作站, 广西贵港 537100)

**摘要** 红锥菌至今不能完全实现人工栽培, 但研究发现可通过人工干预达到增产提质的目的。综述了国内外关于红锥菌下特有的环境条件对红锥菌生长发育影响的最新研究进展, 分析了红锥菌微环境光照、温度、湿度、土壤与红锥菌出菇时间、出菇数量及产量的关系, 对目前红锥菌人工干预进行了探讨, 以期进一步明确研究方向。

**关键词** 红锥菌; 微环境; 人工干预; 环境条件

**中图分类号** S7-9 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2020)23-0028-03

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.23.007



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Research Progress in the Cultivation of *Russula* sp.

HUANG Yong-qin<sup>1</sup>, CAO Meng<sup>2</sup>, LAI Chong-jian<sup>1</sup> et al (1. Qinzhou Forestry Science and Research Institute, Qinzhou, Guangxi 535000; 2. Cash Crop Workstation of Guigang, Guigang, Guangxi 537100)

**Abstract** Although artificial cultivation of *Russula* sp. has not been fully realized, it has been found that the purpose of improving yield and quality can be achieved through artificial intervention. From the perspective of the effects of the *Russula* sp. forest unique environmental conditions on the growth and development of *Russula* sp., the latest research progress at home and abroad were summarized. The relationship between the microenvironment (light, temperature, humidity and soil) of the forest and the time, quantity and yield of *Russula* sp. was analyzed. In order to further clarify the research direction, the current production promotion technology of *Russula* sp. was discussed.

**Key words** *Russula* sp.; Microenvironment; Manual intervention; Environmental condition

红锥菌(*Russula* sp.)别称正红菇、大朱菇、红菇、真红菇、大红菌、大红菇等,按植物学分类属于真菌植物门、担子菌纲、伞菌目、红菇科<sup>[1]</sup>,是一种生长在独特的土壤和气候环境条件下的野生菌根型食用菌<sup>[2]</sup>,随着人们生活水平的不断提高,红锥菌的营养药用价值逐渐被发现和重视,其子实体中富含蛋白质、维生素、氨基酸、红菇多糖、麦角甾醇等脂酸类和杂环衍生物等,具有降低胆固醇、抗炎、抗癌、提高机体免疫力等保健功效<sup>[3]</sup>,然而红锥菌至今不能完全实现人工栽培,野生的红锥菌产量和品质较低,远远不能满足市场的需求,但调查研究发现可以人工干预促产,从而达到增产提质的目的。查阅文献发现,现阶段多数研究是关于红菇属红锥菌的生态、资源、分类、化学成分以及菌株分离等方面的研究<sup>[1-11]</sup>,但鲜见在人工栽培以及半人工干预促产等方面的研究<sup>[12-13]</sup>。鉴于此,笔者有针对性地介绍红锥菌林微环境对红锥菌生长的影响,探讨红锥菌的人工干预技术,以期为今后生产和科研提供理论依据和方向。

#### 1 红锥菌及林下微环境特点

红锥菌属于野生菌根型食用菌,且只能长在特定的土壤条件和气候环境下<sup>[2]</sup>。调查发现红锥菌主要生长于以原生或次生的壳斗科植物为主的林分,乔木层通常是以栲和米槠为主,常伴生罗浮栲、狗牙锥、青冈栎、甜槠等壳斗科植物<sup>[14]</sup>,这主要是因为红锥菌为外生共生菌,与栲、槠等壳斗科林木根系共生,特别是直径0.05~0.08 cm的树根,二者结合后菌丝不进入根系细胞内部而是在细胞间隙,呈现出包被根表皮的菌鞘,最终形成一个紧密交织的菌套,在根的皮肤细胞间

形成哈蒂氏网,二者的共生不会导致宿主植物根系细胞死亡反而会扩大宿主植物根系的吸收表面积,增强其对微量元素等无机物的吸收能力,同时从植物根系中获取红锥菌生长所需的碳水化合物等有机物,即与寄主交换获得生长发育的必需物质,两者互惠互利<sup>[5]</sup>。因此,一般情况下群落乔木层树胸径和年龄达到一定程度的林分才有可能生长出菇,产量高的红锥菌生长的林分一般为原生性天然林和30~40年生天然次生林,红锥菌特别适宜生长于林下无杂草丛生且枯枝落叶层较厚的林地<sup>[14]</sup>。

红锥菌生长受光照、温度、湿度、土壤、氧气等环境因素的影响<sup>[15]</sup>,因此红锥菌的产量品质与林下微环境有着直接密切关系<sup>[16-17]</sup>。调查发现,林下微环境多为光照充足、气候温和湿润、夏长多雨,土壤富含腐殖质、疏松通气等。红锥菌林下枯枝落叶层较厚,长时间不仅有改善土质增加有机质的作用,同时还能减少水的蒸发,有利于土壤长期保持水分,实现自动调节林下的温度和湿度,使林下气候实现良性循环<sup>[18]</sup>。红锥菌林下特有微环境是红锥菌生长发育必不可少的条件,因此研究其对红锥菌生长发育及其作用的生理生化机理尤为重要。

#### 2 林下微环境对红锥菌的影响

微环境直接关系着红锥菌的出菇时间、产量和品质<sup>[5,19]</sup>,因此人为干预林下微环境显得尤为重要,有必要进一步研究微环境各因子与红锥菌生长的内在联系,探索红锥菌生理生化机制。

**2.1 光照** 有专家认为光照不是影响红锥菌的主要环境因子<sup>[12]</sup>,但在实际调查中发现,少量的光照就能满足红锥菌等食用菌的生长发育,过多的光照反而会抑制其生长<sup>[20]</sup>。就红锥菌而言,林下光照强度200~1 200 lx是其出菇和生长最

**基金项目** 广西林业科研与推广项目(g2018kt03)。

**作者简介** 黄永钦(1963—),男,广西钦州人,高级工程师,从事林业经济研究。

**收稿日期** 2020-06-03; **修回日期** 2020-08-16

佳的光照强度<sup>[21]</sup>。也有研究认为,适当提高光照和通气量可以明显增加林下红锥菌的产量<sup>[22]</sup>。林玉秀<sup>[14]</sup>研究认为维持 0.6~0.8 的林分郁闭度能够获得较高的红锥菌产量,如果红锥菌生长的群落过于茂密,可在 5—6 月进行 1 次透光疏理,砍除过于密集、树体不良、非目的树种或去除树枝,从而增加透光度,调整适合的林分郁闭度。也有调查发现,红锥菌出菇前天气变化规律多表现出数天光照充足的晴朗天气,随后晴雨天交替进行,在这种高温湿润的林下环境,红锥菌的菌丝才能快速扭结成子实体<sup>[5]</sup>。大量调查研究显示,光照是红锥菌人工干预中最关键的因素之一,适当的光照不仅有利于红锥菌的生长发育,还可提高红锥菌品质,对红锥菌人工干预起决定性作用。光照作用的机理认为是光照增加后可以提高地面的温度,从而间接影响红锥菌的出菇和生长。

**2.2 温度** 温度与红锥菌生长发育有着密切的关系,最适宜出菇林下气温是 25~35℃,过高或过低的温度均不能出菇<sup>[5,14,21]</sup>,但其具体作用过程和生理生化机理目前研究甚少,还需进一步试验证明。研究发现,适当提高空气温度有利于提高红锥菌的产量,同时也发现适当地加大昼夜温差也能显著提高红锥菌产量<sup>[21]</sup>。由于林下环境一般都是暴露在大自然下,很难人为调控其温度,但可以利用有地形、坡度走向和朝向等大环境。综合考虑,红锥林应避免温度过低的山顶和风力多大的山坡等<sup>[5]</sup>,尽量选择温度较高中下山坡会更有利于红锥菌的生长。

**2.3 湿度** 湿度是红锥菌生长发育较关键且必不可少的环境条件。在野外红锥林下,直接影响湿度的就是自然降雨,每年夏秋季出菇季节一定程度降雨后,林下空气湿度维持在 80%~100%,土壤含水量维持在 40%以上,出菇量明显较多,如果降雨量偏少,特别是极端干旱年份,红锥菌的菌丝几乎无法形成子实体<sup>[23]</sup>,因此出菇量较少。调查发现受连续雨水或干旱影响的年份,出菇时间可提早或推后 10 d 左右<sup>[5]</sup>。目前红锥菌大多主要依据当年气候条件自然出菇,近 2 年笔者也进行人工喷水增加湿度试验,结果显示增加湿度的红锥菌产量较对照的增产幅度在 8%~15%,但人工喷水会相应增加成本,因此人工喷水代替降雨调节湿度的方法是否适用还有待进一步研究试验。增加枯枝落叶以及土壤有机质是提高土壤对水分保持能力的重要途径,因此在自然降雨无法调节的情况下,有效提高土壤对水分的保持能力,从而达到间接增加湿度的目的就显得尤为重要<sup>[24]</sup>。

**2.4 其他** 氧气环境因子也影响红锥菌的生长发育,但由于是开阔的林下环境,氧气一般不是制约红锥菌生长发育的因素<sup>[25]</sup>。此外,红锥菌的出菇和生长也受地形、坡度、风力大小的影响<sup>[26]</sup>,但这些因素基本都是间接作用于光照、温度、湿度等直接因素,因此不是影响红锥菌生长发育的必须环境条件。在菌根苗培育和异地移植方面,笔者也进行 4 年多的研究,目前效果未显现。

### 3 林下土壤对红锥菌生长的影响

红锥菌是野生菌根型食用菌,与根系形成共生关系,因此其生长与土壤、根系的数量密切相关。大量调查发现,红

锥菌生长在有红锥林覆盖的坡地上,一般为红棕壤土,富含腐殖质、疏松透气、保水性好。观察发现出菇处的土壤为团粒状,由枯枝落叶的残留物与原始土壤结合而成,有机质含量丰富,腐殖层厚度为 0.5~6.0 cm,相对含水量 40%以上,pH 4.5~6.5<sup>[5]</sup>。红锥菌林地土壤营养成分主要取决于腐殖质,而腐殖质的来源主要是枯枝落叶层。红锥菌与表层根系共生,属于浅层营养,同时杂草也是浅层营养<sup>[12]</sup>,因而整个群落分布时乔木适当增加,中下层灌草较少则更有利于红锥菌生长,这与钱建新等<sup>[5]</sup>的研究结果基本一致。也有研究发现,经过疏枝改造后的红锥菌林地由于枯枝落叶较少,进而减少了土壤腐殖质的增加,长时间会影响土壤肥力,导致红锥菌产量和品质不高,但与红锥菌出菇与否无关<sup>[27]</sup>。

红锥菌的出菇和生长离不开与其共生的林木根系,共生根系的多少直接决定了红锥菌的数量<sup>[5]</sup>。红锥菌与林木根系共生时,菇柄基部着生多条直径为 1~2 mm 索状菌丝,呈“根系”分布,并逐步与植物根系(直径 0.05~0.08 cm)缠绕相连,结合成为共生菌根<sup>[5,28]</sup>。这些共生菌根紧密分布在表层土上,根须空隙也有其他植物长出,形成层次化的林木群落<sup>[29]</sup>。因此,促进林木多长表层毛细根(直径 0.05~0.08 cm)以便与红锥菌共生,是人工干预的主要试验方向,特别是春秋季节出菇前后,有必要进行断老根促新根、滴灌适量生根粉等措施进行促根,以提供足量的根系与红锥菌共生<sup>[5]</sup>。同样,陈文新<sup>[30]</sup>研究表明,红锥菌与幼苗期的林木根系形成共生体,红锥菌的菌丝在自然环境下具有很强的生命力,即使连续数年都不出菇,只要环境条件适宜,同一地方还会长出红锥菌子实体<sup>[5]</sup>。因此利用菌根化苗木造林值得进一步试验探索<sup>[31]</sup>。

### 4 营养补给对红锥菌生长的影响

红锥菌与根系二者互利共生,菌丝可扩大林木根系的吸收表面积力,根系为红锥菌的生长提供含微量元素、氮化合物、碳水化合物等其他有机物等<sup>[5,32]</sup>。笔者研究发现,适量施用花生麸和麦糠会明显提高红锥菌的产量,但施用牛粪和硫酸亚铁不会提高红锥菌的产量<sup>[18]</sup>。曾广宇等<sup>[33]</sup>试验发现,有机肥和化肥均能使红锥菌产量提高,但化肥增产效果不如有机肥显著,分析认为化肥是快速肥,在施入土壤时还没来得及被菌丝吸收就被雨水冲刷,而有机肥是缓释肥,能改善土壤,提高土壤含水能力,有利保持表层土层湿度,正好适于菌根菌丝萌发到结菇这个过程,进而完全被红锥菌吸收促进子实体生长。同时研究发现,施用麦麸和花生饼对红锥菌菌丝持续生长发育有较好的促进作用<sup>[34]</sup>。进一步研究发现,红锥菌子实体蛋白质含量与土壤有机质呈显著负相关,但其子实体中碳水化合物含量与土壤有机质呈显著正相关,红锥菌子实体微量元素跟土壤中的微量元素呈正相关<sup>[16,35]</sup>,因此土壤和营养补给不仅影响红锥菌的产量,还关系到红锥菌的品质。笔者根据菌根型食用菌生长特性分析认为,今后研究试验方向应注重二者共生体的长势,侧重通过给林木补给养分,而间接达到为红锥菌提供补给的目的,这是因为红锥菌基本所需生长微量元素和化合物基本全部来自林木

根系。

## 5 红锥树龄对红锥菌生长的影响

笔者在研究推广中发现,不同树龄红锥林下的红锥菌产量不一样:15~20 a 红锥次生林林下红锥菌产量较 30~40 a 的红锥原生林产量高。进一步调查发现,雨季砍伐过重新萌芽成林的次生红锥林根系根尖周围缠绕大量雪白菌丝,随后也长出较密红锥菌。这一现象说明较老树龄红锥林比不上年轻树龄生长旺盛,这也给红锥菌低产林改造提供依据。对于这一技术改造,笔者认为应有计划进行,即逐步砍伐(不是生态公益林),而非一下子全部砍完,具体砍伐多长时间还有待进一步研究。

## 6 红锥菌效益分析

对广西等红锥菌产地进行调查并结合笔者研究推广得出,在自然状态下红锥菌产量为 0~40 kg/hm<sup>2</sup>,但经过人工疏枝、去杂改造后,适当进行土壤有机质和微量元素营养补给时,红锥菌产量可提高到 187.5 kg/hm<sup>2</sup>,按 2019 年市场价格鲜菇 180 元/kg,大约增加收入 2.5 万元/hm<sup>2</sup>,去除成本投入 0.4 万元/hm<sup>2</sup>,可实现纯收入提高 2.1 万元/hm<sup>2</sup>。其次有机肥和微量元素的大量施入直接促进了林木快速生长成材,缩短了林木生长更新周期,提高了林木效益。从生态环境角度分析,这也极大改善林下以及局部林区的微环境,为局部地区生态平衡贡献了力量<sup>[36]</sup>。

## 7 结论

综上所述,红锥菌可通过人工干预达到增产增收目的,其形式多种多样,较常见的方法有通过去除过密林木枝条、适当去除杂灌木等手段,增加光照强度、调节土壤湿度和空气湿度等林下微环境,增施有机肥和微量元素的营养物质<sup>[37]</sup>。除常规方法外,笔者更偏重调节光照强度、增加土壤和空气湿度及增施有机营养物质 3 项措施,其中调节光照强度最关键。在今后人工干预研究中,一方面应实施树龄改造,另一方面应更加注重红锥菌野生菌根型食用菌的特性,从菌林二者互利共生的角度进行全面研究试验,特别是通过菌根化育苗和促进林木生长来提高红锥菌产量品质的方法急需进一步试验和探讨。

## 参考文献

- [1] 李国杰,文华安. 中国红菇属分类研究进展[J]. 菌物学报,2009,28(2): 303-309.
- [2] 李海鹰,范嘉晔,王桂文,等. 广西浦北鳞盖红菇的形态与生态环境[J]. 中国食用菌,1995,14(1):27-28.
- [3] 孙灵慧,钱珍,刘晓宇. 白灵菇和红锥菌的成分分析研究[J]. 食品科技,2009,34(11):101-104.
- [4] 李海鹰,王桂文,范嘉晔,等. 红菇与红锥形成的根共生体形态的描述[J]. 微生物学通报,2000,27(3):182-184.
- [5] 钱建新,陈仁毅,张惠兰. 正红菇的生长环境研究[J]. 福建林业科技,2003,30(4):52-54.
- [6] 甘耀坤,赵良发,戴卢,等. 野生红菇研究综述[J]. 玉林师范学院学报

- (自然科学),2005,26(3):70-74.
- [7] 韦仕岩,吴圣进,吴纯善. 藤县野生大红菇生境调查及开发现状初报[J]. 食用菌,2006,28(S1):19.
- [8] 曾广宇,伍琪,李勇江,等. 广西红锥菌分离培养研究[J]. 食用菌,2014,36(5):26-27.
- [9] 陈少珍,黄思良,闭志强,等. 野生红菇菌丝体分离技术研究[J]. 中国农学通报,2004,20(2):5-7.
- [10] 陈旭健,甘耀坤,王名光,等. 红菇的分离培养研究初探[J]. 玉林师范学院学报(自然科学),2005,26(5):64-65,77.
- [11] 蔡小玲,葛刚,郭勇,等. 野生红菇的分离纯化培养初探[J]. 广州食品工业科技,2003,19(2):30-31.
- [12] 李开祥,梁文汇,曾广宇,等. 广西红锥菌林地改造人工促繁方法[J]. 农业研究与应用,2016(3):30-33.
- [13] 周世玉,林芝,刘剑斌,等. 红菇研究现状及展望[J]. 防护林科技,2014(8):63-65,67.
- [14] 林玉秀. 人工促进措施对正红菇产量的影响研究[J]. 林业勘察设计,2018(4):48-51.
- [15] 张雷,覃聪颖. 曾广宇:世界首创人促林下红锥菌[J]. 广西林业,2016(8):17.
- [16] 陈柳英. 菌根食用菌产业发展现状及展望[J]. 福建农业科技,2015(12):68-70.
- [17] 李国杰,李赛飞,赵东,等. 红菇属研究进展[J]. 菌物学报,2015,34(5):821-848.
- [18] 黄图英. 红锥林生态效益及保护对策[J]. 南方农业,2015,9(6):91-92.
- [19] 范俐,陈锋. 不同生境正红菇子实体营养成分的测定与分析[J]. 食品研究与开发,2015,36(3):97-100.
- [20] 刘智会. 红平菇液体菌种栽培技术和营养成分分析与多糖提取工艺[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2006.
- [21] 黄永钦,何贵整,梁刚,等. 主要环境因子对红锥菌产量的影响[J]. 广西林业科学,2018,47(3):316-320.
- [22] 曾广宇,李开祥,梁文汇. 不同林地改造方法对野生鳞盖红菇产量的影响[J]. 食用菌学报,2016,23(1):23-26.
- [23] 李常安,彭秀. 正红菇菌丝体移栽试验[J]. 食用菌,2014,36(6):42-43.
- [24] 涂育合,陈永聪,郑肇快. 正红菇依存森林的群落学特征[J]. 植物资源与环境学报,2001,10(2):26-30.
- [25] 张振核. 正红菇的生长与生态环境的关系[J]. 福建林业科技,1995,22(1):27-30.
- [26] 范俐. 福建省红菇的地理分布及其依存的植被类型[J]. 食用菌,2006,28(4):4-6.
- [27] 任奎瑜,赵久成,郭霜,等. 红锥林中正红菇生境的土壤肥力及真菌多样性特征[J]. 西南农业学报,2020,33(1):109-116.
- [28] 周再知,陈羽,梁坤南,等. 乡土用材树种与红菇菌根菌高效共生体的筛选研究[J]. 中南林业科技大学学报,2011,31(2):7-14.
- [29] 黄永钦,彭秀. 红锥林生态效益及保护对策探讨[J]. 广西农学报,2014,29(5):77-80.
- [30] 陈文新. 土壤和环境微生物学[M]. 北京:北京农业大学出版社,1990:210-226.
- [31] 姜清彬,仲崇禄,陈羽,等. 红菇菌根食用菌接种马尾松苗期的共生效应研究[J]. 中南林业科技大学学报,2016,36(8):6-9,38.
- [32] 陈清禄. 外生菌根菌接种对红锥生长及光合作用的影响[J]. 现代园艺,2016(11):10-11.
- [33] 曾广宇,梁文汇,李开祥,等. 施肥对菌根型食用菌红锥菌产量的影响[J]. 农业研究与应用,2016(2):12-14.
- [34] 曾广宇,甘福丁,秦文弟,等. 广西野生鳞盖红菇原种培养研究[J]. 北方园艺,2015(4):147-149.
- [35] 范俐,陈锋. 南平市建阳区林地土壤养分与正红菇营养成分相关性的研究[J]. 食用菌学报,2015,22(2):82-88.
- [36] 许旭萍,李惠珍,黄德鑫. 红菇生态的研究[J]. 中国食用菌,2001,20(2):25-27.
- [37] 王青云,石木标. 中国红菇的研究现状与展望[J]. 中国食用菌,2004,23(4):10-12.