

## 牛樟芝的研究现状·问题与展望

陈稳竹<sup>1</sup>, 钟建荣<sup>1</sup>, 杨善岩<sup>2\*</sup> (1. 杭州民生药业有限公司, 浙江杭州 310051; 2. 浙江民生健康科技有限公司, 浙江安吉 313300)

**摘要** 近年来,牛樟芝以其稀有的资源和独特的功效为人们所关注。从分类学地位、寄生范围及分布、生活史及有性生殖类型、药理学作用及化学成分、人工栽培等方面对牛樟芝的研究现状进行总结,指出研究中存在的一些问题,并对前景进行展望。

**关键词** 分类学地位;寄生范围;生活史;人工栽培

**中图分类号** S567.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)27-0025-04

### Research Advances, Issues and Perspectives of *Taiwanofungus camphorates*

CHEN Wen-zhu<sup>1</sup>, ZHONG Jian-rong<sup>1</sup>, YANG Shan-yan<sup>2</sup> (1. Hangzhou Minsheng Pharmaceutical Co. Ltd, Hangzhou, Zhejiang 310051; 2. Zhejiang Minsheng Healthcare Co., Ltd, Anji, Zhejiang 313300)

**Abstract** Because of the scarcest resource and unique efficacy, *Taiwanofungus camphorates* has aroused people's wide concern. We reviewed recent research progresses of *Taiwanofungus camphorates* on taxonomy, host range and distribution, life cycle and mode of sexual reproduction, pharmacology effect and chemical constituents and artificial cultivation. We also discussed the major issues remaining in the current research for this fungal organism and suggested the approaches for future studies.

**Key words** Taxonomy placement; Host range; Life cycle; Artificial cultivation

牛樟芝又名牛樟菇,台湾特有真菌,仅生长于牛樟树(*Cinnamomum kanehirai*)上,被誉为“森林红宝石”<sup>[1]</sup>。牛樟芝子实体橘色或橘黄色,多年生;初扁平状,后增加变厚;边缘卷曲翘起,背面黑褐色<sup>[2]</sup>;含多糖类、固醇类、三萜类、腺苷类、不饱和脂肪酸等多种组分<sup>[3-4]</sup>,有抗癌防癌<sup>[5-6]</sup>、抗炎症、抗氧化<sup>[7]</sup>、保肝护肝<sup>[8]</sup>等功效。牛樟芝在台湾很早就作为中药,并在近十几年称为热点。由于牛樟树的滥采,野生牛樟芝数量日益稀少,台湾已将牛樟树列为保护树种。牛樟芝市场价每千克达十几万甚至几十万,市场前景巨大。围绕牛樟芝的遗传分类、生理特性、活性成分、生理功效及人工栽培等方面的研究已相继开展,并取得一定成果。就近几年牛樟芝的研究进展进行综述,讨论前人成果、总结存在的问题及不足,为今后的研究提供借鉴。

## 1 分类学地位

牛樟芝的分类学划归争议不断,1990年臧穆等<sup>[9]</sup>首次对其报道,定为灵芝属新种樟芝(*Ganoderma camphoratum* M. Zang & C. H. Su, sp. nov.),但随后发现,当时因标本(标本号 HKAS 22294)被灵芝类孢子污染,而误划为灵芝属,并将香樟树定为宿主;该论文刊印时又将“*camphoratum*”及“*camphora*”中的“*cam-*”误排为“*com-*”<sup>[10]</sup>,使得牛樟芝分类及定名一开始就充满曲折。1995年,Chang等<sup>[11]</sup>据子实体性状、生长速度、孢子纤维结构等,将其定名为*Antrodia cinnamomea* T. T. Chang & W. N. Chou(标本号 TFRI 119),宿主为牛樟树。同时期有研究将沉水樟认作其宿主<sup>[10]</sup>。1997年,吴声华等<sup>[12]</sup>对标本 HKAS 22294 和 TFRI 119 再检验,订正为*Antrodia camphorata* (M. Zang & C. H. Su) Sheng H. Wu, Leif Ryvarden & T. T.,并把1995年张东柱等定名的*A. cinnamomea* TT Chang & WN Chou 划归为*Antrodia camphorata*的同义名,

为学界广泛接受。然而,2004年Chang等<sup>[13]</sup>又提出恢复使用牛樟芝*Antrodia cinnamomea*学名的建议,争议再起。

1997年,徐唯哲<sup>[14]</sup>发现牛樟芝与*Antrodia*基因有差异性,但吴声华<sup>[2]</sup>认为其分析的基因过于保守且种类不足、测序结果准确度低,结论可信度低。2004年,吴声华等<sup>[15]</sup>对其LSH nuclear rDNA序列进行比对,认定牛樟芝应为单独一个属——台芝属*Taiwanofungus*,学名定为*Taiwanofungus camphorates*,牛樟芝分类及定名有了结论。

## 2 寄生范围及分布

牛樟芝是台湾特有真菌,宿主为牛樟树<sup>[16]</sup>,是目前牛樟树上发现的唯一木腐菌,其寄生性不强,不会引起寄主死亡<sup>[1]</sup>。牛樟芝一般寄生在百年以上的牛樟树树干腐朽的心材内壁或枯死倒伏的木材潮湿表面,生于树干中空内壁的为樟内芝,生于树干外部的称为樟外芝<sup>[17]</sup>,生长环境一般为潮湿、幽暗且温度较低的中海拔地区<sup>[1]</sup>。

牛樟树为台湾特有的常绿阔叶高大乔木,生长在海拔450~2000 m的山区,分布范围十分狭窄,主要分布在桃园(复兴角板山)、苗栗(南庄乡、三湾乡)、南投(竹山、水里乡)、高雄县(六龟)、花莲台东山等地;牛樟是台湾岛特有保育类树种,在大安溪上游的雪山坑牛樟自然保护区,育有100余株牛樟林木<sup>[18]</sup>。正因为牛樟树是牛樟芝的唯一宿主,而且适合生长的地区极为有限,而能寄生牛樟芝的老树更罕见,导致野生牛樟芝资源稀缺。

## 3 生活史及有性生殖类型

牛樟芝子实体为多年生,生长时间为每年的6—11月,11月至次年5月几乎停止生长<sup>[19]</sup>,初生子实体平伏贴在木材表面,因生长位置不同而逐渐形成不同形状。研究发现,担孢子萌发和生长密合度对牛樟芝菌丝平面培养及牛樟椴木培养的菌丝体和子实体生长影响甚大。增加湿度和提高通气量可促进子实体长出,尤其是在椴木凹陷、侧方及下方。子实体颜色由最初的淡红色逐渐转为红色带白雾状色直到呈现红黄色,其生活史如图1a所示。牛樟芝平皿培养

**作者简介** 陈稳竹(1973—),男,浙江杭州人,工程师,硕士,从事药品、保健食品等方面的研究。\*通讯作者,工程师,硕士,从事保健食品方面的研究。

**收稿日期** 2018-04-26

受营养成分影响,接种培养4 d后周围开始出现白色菌丝;8 d后白色菌丝边缘出现红色菌丝;12~16 d菌落可铺满半

个平皿,有带白色绒毛的红色菌丝。其生活史短于椴木培养,16 d即可完成一个世代,生活史如图1b所示<sup>[20]</sup>。

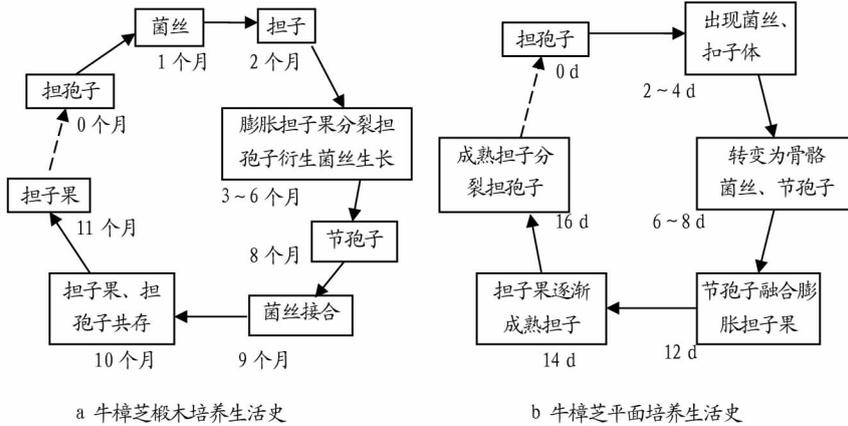


图1 牛樟芝生活史示意图<sup>[20]</sup>

Fig. 1 Life cycle of *Taiwanofungus camphorates*

真菌孢子分为有性孢子和无性孢子,无性孢子通过无性生殖产生,如游动孢子、分生孢子、孢囊孢子、节孢子、厚垣孢子等;有性孢子通过有性生殖产生,如接合孢子、卵孢子、子囊孢子、担孢子等<sup>[21]</sup>。自然条件下,牛樟芝通过有性生殖产生子实体。牛樟芝的菌丝分为有性生殖菌丝和骨架菌丝,前者可产生节孢子和担孢子,既可以节孢子进行无性生殖,又可以担孢子

进行有性生殖。此外,也可以菌丝进行无性繁殖。

#### 4 药理作用与化学成分

牛樟芝有增强免疫力、抗病毒、抗肿瘤、抗过敏、降三高、护肝等功效<sup>[22-25]</sup>,含多糖<sup>[26-27]</sup>、三萜类物质<sup>[28]</sup>、超氧化歧化酶、腺苷、蛋白质、维生素、小分子蛋白等<sup>[29-30]</sup>,三萜类物质含量是灵芝的数倍,如表1所示。

表1 牛樟芝主要化学成分与药理作用<sup>[24,26,31-40]</sup>

Table 1 Chemical constituents and pharmacological action of *Taiwanofungus camphorates*

| 序号<br>No. | 成分<br>Composition | 特点<br>Characteristics                       | 药理作用<br>Pharmacological action             |
|-----------|-------------------|---|--|
| 1         | 三萜类               | 由30个碳素结合成五角形或六角形,所构成的天然有机分子的总称,牛樟芝苦味的主要来源   | 具有很强的抗癌效果;可以提升肝脏运作功能,对肝炎有很好的改善效果;降压、降低中风机率 |
| 2         | 多糖体               | 属杂多糖,由一种以上的单糖结合而成,其中的单糖除葡萄糖外,还包括木糖、甘露糖、半乳糖等 | 提升免疫力,调节血压、降血脂、抑制病毒、抗过敏及抗辐射等作用             |
| 3         | 腺苷                | 人体遗传物质的主要成分之一                               | 抑制血小板凝集,有助于改善中老年人血液循环                      |
| 4         | 超氧化物歧化酶           | 是一种含有金属元素的活性蛋白酶                             | 清除体内超氧阴离子,维护机体正常机能,延缓衰老,减少皮肤斑点及皱纹的产生       |
| 5         | 维生素、小分子蛋白及矿质元素    | 人体必需营养素                                     | 提供人体生长的必要营养素                               |
| 6         | 其他天然抗氧化物质         | 包括多酚类、 $\alpha$ -生育酚、抗坏血酸、 $\beta$ -胡萝卜素等   | 其较强的抗氧化能力不亚于V <sub>E</sub> 及抗氧化剂BHA        |

迄今,已从牛樟芝中分离到三萜类物质、多醣体、腺苷等在内的70多种化合物,研究表明其功效主要来自于三萜类物质和多醣体<sup>[41]</sup>,随着研究的深入,多糖分离纯化和结构特性的研究随之展开。樟芝多糖属杂多糖,具抗肿瘤活性的多糖分子量在3万以上,且分子量越大活性越高<sup>[26]</sup>。其含有的脂多糖,在药用真菌中尚属首次发现,能抑制炎症过程中胞间黏附分子和单核细胞的黏附<sup>[27]</sup>。

三萜类物质是牛樟芝子实体苦味的主要来源,1995年Chen等<sup>[42]</sup>首次分离出3种以麦角甾醇为骨架的三萜类物质,命名为樟芝酸A、B和C。研究发现,樟芝酸A对鼠P-388白血病细胞株有毒性作用,樟芝酸B有微弱的抗五羟色胺能和抗胆碱能活性。后又分离到以麦角甾醇和羊毛甾醇为骨架的两大类14种三萜类物质<sup>[43-44]</sup>。

#### 5 人工栽培

牛樟芝的特殊功效及稀缺性,决定其具有高昂的价格。

人们希望能通过人工栽培解决牛樟芝产量问题,如寻找替代树种,打破宿主单一的限制;利用生物技术,开展菌丝体发酵培养。早在1995年,就有多家单位开展牛樟芝人工栽培研究,并取得一定进展;1999年,葡萄王为代表的公司,开展菌丝体的深层液体培养研究,得到棕褐色、有樟香味的菌丝体粉末<sup>[45]</sup>。

**5.1 菌丝体发酵培养** 菌丝体发酵培养不受地理、时间和空间的限制,易于工厂化;还可通过代谢调控,提高活性物质含量<sup>[46]</sup>。牛樟芝菌丝体液体发酵培养情况见表2。

牛樟芝菌丝体发酵多为液体发酵,1997年,简秋源等<sup>[56]</sup>在26~32℃条件下,培养21 d菌丝体干品产量为0.28%,发现添加0.1%~0.3%樟脑可促进菌丝体生长。菌丝体发酵有技术难度小、易产业化、周期短等优点,成为研究热点,但缺陷是不能合成子实体特有的某些三萜类物质。2016年,赵能等<sup>[57]</sup>研究发现以麦芽浸粉与酵母提取物为氮源,果糖作为

碳源时,菌丝生长速度较快,培养 30 d 菌丝呈红色,接近子实体颜色,生长速率为 1.47 mm/d。2017 年,周璇等<sup>[58]</sup>发现不同谷物对活性产物的合成有影响,以青稞为发酵基质,其活性产物种类多且含量高。添加物辅酶 Q10 可诱导合成 Antroquinonol;同时添加植物油同步萃取发酵, Antrodin C 产量比常规液

态发酵提高了 7.06 倍, Antroquinonol 产量提高了 203.89%。2017 年,初秋博等<sup>[59]</sup>建立分析菌丝体多糖和三萜含量的定量分析模型,精确分析牛樟芝菌丝体的功能组分。李晶等<sup>[60]</sup>优化培养基,培养 15 d,菌丝体三萜含量达 36.84 mg/g。

表 2 文献报道的牛樟芝菌丝体液体发酵培养情况

Table 2 Liquid fermentation and culture of *Taiwanofungus camphorates*' mycelium reported in literature

| 菌株编号<br>Strain No. | 生物量<br>Biomass<br>g/L | 胞外多糖<br>Extracellular<br>polysaccharide//g/L | 胞内多糖<br>Intracellular<br>polysaccharide//g/L | 三萜类物质<br>Triterpenes<br>material//mg/g | 参考文献<br>Reference |
|--------------------|-----------------------|--|--|--|-------------------|
| BCRC 35366         | 27.10                 | 1.20   | 1.70   | 74.71                                  | [47]              |
| BCRC 35396         | 8.70                  | 1.36   | —  | —                                      | [48]              |
| BCRC 35396         | 2.60                  | 0.49   | —  | —                                      | [49]              |
| BCRC 35396         | 8.87                  | 0.15   | —  | —                                      | [50]              |
| BCRC 35396         | 21.64                 | —  | —  | —                                      | [51]              |
| BCRC 36716         | 8.07                  | 1.36   | —  | —                                      | [52]              |
| AC 0623            | 23.00                 | —  | —  | 30.00                                  | [53]              |
| B 85               | 2.88                  | —  | —  | —                                      | [54]              |
| A 2                | 10.00                 | —  | —  | —                                      | [55]              |
| AC 001             | 11.85                 | —  | —  | —                                      | [56]              |
| NPF-AC 01          | 6.51                  | 2.82   | —  | 48.90(mg/L)                            | [41]              |

**5.2 子实体栽培** 以椴木块、木屑太空包或合成培养基栽培牛樟芝<sup>[16,61]</sup>;子实体与野生牛樟芝功效成分相同。有研究指出,太空包培养周期 4~8 个月,比椴木栽培法短。连启西<sup>[62]</sup>用大米、小米、高粱或小麦为培养基,以太空包栽培,缩短培养周期及成本。黄亚羚<sup>[63]</sup>发现子实体中的 antcin K 能抑制肝癌细胞转移,可显著降低 Hep 3B 细胞黏附于细胞外基质的作用以及移行和侵犯的能力,并可以降低 Hep 3B 细胞内基质金属蛋白酶-2 和基质金属蛋白酶-9 的蛋白质表现量以及其分泌活性,并促使 Hep 3B 细胞中上皮细胞指标蛋白 E-cadherin 表现量上升,而间质细胞指标蛋白 vimentin 表现量下降。说明椴木栽培牛樟芝子实体中麦角甾烷三萜类活性成分 antcin K 具有降低肝癌转移风险的潜力,可用于抑制癌细胞转移和辅助抗癌治疗。台湾工业技术研究院生物医药研究所发现,以“椴木栽培法”获得的子实体与野生牛樟芝成分一致,能完全取代野生牛樟芝;也可以牛樟芝木屑提取液进行普通椴木的浸泡,然后再以浸泡的椴木进行栽培。

## 6 存在的问题及展望

### 6.1 相关研究

(1) 牛樟芝虽然定名为 *Taiwanofungus camphorates*,但某些地方仍然习惯沿用 *Antrodia camphorata*,导致牛樟芝学名使用混乱;(2) 牛樟芝具有抗肿瘤、抗氧化、抗炎以及保肝等药理作用,但这些研究多处于临床前阶段,尚需大量临床试验验证;(3) 目前,对于牛樟芝的活性研究集中在多糖粗提物及三萜类化合物上,而其他活性物质如腺苷类、蛋白质类、不饱和长链脂肪酸、微量元素等,也同样具有开发价值,值得进一步研究与开发;(4) 牛樟树是目前已知的牛樟芝专一宿主,只有在牛樟木上长出的子实体才具有其独特功效,即使有报道称成功培育子实体,也是利用牛樟木或其浸出液。现在的牛樟树是台湾保育类树种,禁止出口,这就间接限制了

牛樟芝的栽培研究进展;(5) 牛樟芝各种栽培方法都存在不足<sup>[16]</sup>,液体发酵菌丝体虽含有三萜类物质,但缺少子实体特有的某些种类<sup>[41,64]</sup>;固体培养菌丝体不能完全取得子实体等成分<sup>[65-66]</sup>;而子实体栽培时间长,成本高<sup>[67]</sup>。

**6.2 相关法规** 牛樟芝作为著名的药用菌,在台湾地区已有悠久的历史。台湾卫生福利部 2014 年发布一项草案《牛樟芝食品管理及标示相关规定》(部授食字第 1031301232 号),具体规定如下:一是食品使用牛樟芝为原料时,食品业者应提供原料详细加工工艺、规格及毒理试验报告等相关证明文件,销售前送卫生福利部备查。二是产品外包装应以中文加注“婴幼儿、孕妇、哺喂母乳者不宜食用”。三是外包装标示原料(子实体或菌丝体)及培养方式。

近几年,大陆才兴起对牛樟芝的研究,并日益受到重视。初期,大陆没有相关的标准及法规依据,随着法规的健全,牛樟芝在大陆的应用逐渐合法。2016 年,中华海峡两岸牛樟芝产业发展协会委托许夏芬博士进行菌种及牛樟木的 DNA 鉴定、行业标准制定等项目,质量标准的制定工作由福建省食品药品质量检验研究院负责;安全性及药效研究工作由福建中医药大学相关部门负责。经与福建省食品药品监督管理局备案申请确认后,日后每批输入中国大陆的牛樟芝原料皆须由中华海峡两岸牛樟芝产业发展协会提供对照品(标准品)比对品及查厂、采菇的协助认证。2017 年 7 月,国家公布新的《中医药法》,对中药材的应用有了全新的规范,牛樟芝的应用进入新的里程碑;同年 10 月,台湾牛樟芝合法输入大陆标准制定完成,准予申报进口。相信随着法律法规的不断完善,台湾地区特有的物种牛樟芝,必将在治疗人类多种顽疾和保健方面发挥重要作用。

### 参考文献

[1] 马晓蕾.台湾红宝石——牛樟菇[J].中国商贸,2013(19):42-43.

- [2] 吴声华. 牛樟芝的命名及其分类地位之讨论[C]//第七届海峡两岸真菌学学术研讨会论文集. 台中: 中华民国真菌学会, 2006: 161-171.
- [3] 徐小伟, 泽桑梓, 杨斌, 等. 牛樟芝主要活性成分及其药理研究现状[J]. 林业调查规划, 2014, 39(6): 21-25.
- [4] GEETHANGILI M, TZENG Y. Review of pharmacological effects of *Antrodia camphorata* and its bioactive compounds[J]. Evidence-based complementary and alternative medicine, 2011, 2011: 1-17.
- [5] HUANG T T, WU S P, CHONG K U, et al. The medicinal fungus *Antrodia cinnamomea* suppresses inflammation by inhibiting the NLRP3 inflammasome[J]. Journal of ethnopharmacology, 2014, 155(1): 154-164.
- [6] HO C L, WANG J L, LEE C C, et al. Antroquinonol blocks Ras and Rho signaling via the inhibition of protein isoprenyltransferase activity in cancer cells[J]. Biomedicine & pharmacotherapy, 2014, 68(8): 1007-1014.
- [7] 汪雯翰, 孙太萍, 杨海芮, 等. 樟芝子实体和菌丝体萃取物的抑菌及抗氧化活性[J]. 食用菌学报, 2016, 23(2): 79-83.
- [8] 刘燕福. 牛樟芝菌株培养条件优化、抗疲劳及保肝作用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [9] 臧穆, 苏庆华. 我国台湾产灵芝属一新种——樟芝[J]. 云南植物研究, 1990, 12(4): 395-396.
- [10] 陈体强, 方忠玉. 台湾珍稀药用菌樟芝及其寄(腐)生树种牛樟[J]. 福建农业科技, 2003(1): 41-42.
- [11] CHANG T T, CHOU W N. *Antrodia cinnamomea* sp. nov. on *Cinnamomum kanehirai* in Taiwan[J]. Mycological research, 1995, 99(6): 756-758.
- [12] WU S H, RYVARDEN L, CHANG T T. *Antrodia camphorata* ("niu-chang-chih"), new combination of a medicinal fungus in Taiwan[J]. Bot Bull Acad Sin, 1997, 38: 273-275.
- [13] CHANG T T, CHOU W N. *Antrodia cinnamomea* reconsidered and *A. salmonea* sp. nov. on *Cunninghamia konishii* in Taiwan[J]. Bot Bull Acad Sinica, 2004, 45: 347-352.
- [14] 徐唯哲. 借由分析 18S rDNA 序列探讨牛樟芝在多孔菌的亲缘关系[D]. 台中: 东海大学, 1997.
- [15] WU S H, YU Z H, DAI Y C, et al. Taiwanofungus, a polypore new genus[J]. Fung Sci, 2004, 19(3/4): 109-116.
- [16] 张东柱. 台湾特有珍贵药用真菌牛樟芝[J]. 食用菌, 2011, 19(1): 33-34.
- [17] 黄大斌, 杨菁, 黄进华, 等. 樟芝生物学特性研究[J]. 食用菌学报, 2001, 8(2): 24-28.
- [18] 杨远波, 刘和义, 吕胜由. 台湾维管束植物简志II 种子植物门[M]. 台北: 台湾省行政院农业委员会, 1999: 131-133.
- [19] 理筱龙. 牛樟芝之简介[C]//中国菌物学会. 首届药用真菌产业发展暨学术研讨会论文集. 北京: 中国菌物学会, 2005: 79-80.
- [20] 杨亚道. 牛樟芝培养与观察研究[D]. 台中: 朝阳科技大学, 2011.
- [21] 周德庆. 微生物学教程[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2002: 58.
- [22] 浦跃武, 熊冬生. 樟芝的研究及其应用现状[J]. 中国医院药学杂志, 2005, 25(2): 171-173.
- [23] 刘华, 周旻, 贾薇, 等. 药用真菌樟芝菌丝体多糖提取工艺及活性的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(6): 243-245.
- [24] 陈柏伟. 牛樟芝子实体酒精萃取物之基因毒理评估及对大鼠短期致肝癌性之影响[D]. 台中: 中兴大学, 2017.
- [25] 陈启桓, 苏庆华, 蓝明煌. 樟芝固体栽培及其生物活性之研究[J]. 中华真菌学会会刊, 2001, 16(2): 65-72.
- [26] 刘晓凤, 王召初, 高昊峰, 等. 牛樟芝发酵碎红茶及其特性研究[J]. 工业微生物, 2018(1): 14-21.
- [27] CHENG J J, YANG C J, CHENG C H, et al. Characterization and functional study of *Antrodia camphorata* lipopolysaccharide[J]. J Agric Food Chem, 2005, 53(2): 469-474.
- [28] 李晶, 林雄杰, 何静敏, 等. 牛樟芝菌丝体和子实体三萜含量测定及 *Se* 和 *Mvd* 基因表达分析[J]. 西南农业学报, 2016, 29(9): 2206-2211.
- [29] 林信亿. 高效液相层析紫外光侦测器飞行式质谱仪于牛樟芝子实体乙醇萃取物之分析[J]. 台湾: 虎尾科技大学, 2015.
- [30] CHEN L Y, SHEU M T, LIU D Z, et al. Pretreatment with an ethanolic extract of *Taiwanofungus camphoratus* (*Antrodia camphorata*) enhances the cytotoxic effects of amphotericin B[J]. J Agric Food Chem, 2011, 59(20): 11255-11263.
- [31] NAKAMURA N, HIRAKAWA A, GAO J J, et al. Five new maleic and succinic acid derivatives from the mycelium of *Antrodia camphorata* and their cytotoxic effects on LLC tumor cell line[J]. J Nat Prod, 2004, 67(1): 46-48.
- [32] ZAKARIJA A, SOFF G. Update on angiogenesis inhibitors[J]. Curr Opin Oncol, 2005, 17(6): 578-583.
- [33] YANG H L, KUO Y H, TSAI C T, et al. Anti-metastatic activities of *Antrodia camphorata* against human breast cancer cells mediated through suppression of the MAPK signaling pathway[J]. Food and chemical toxicology, 2011, 49(1): 290-298.
- [34] SONG T Y, YEN G C. Antioxidant properties of *Antrodia camphorata* in submerged culture[J]. J Agric Food Chem, 2002, 50(11): 3322-3327.
- [35] SONG T Y, YEN G C. Protective effects of fermented filtrate from *Antrodia camphorata* in submerged culture against CCl<sub>4</sub>-induced hepatic toxicity in rats[J]. J Agric Food Chem, 2003, 51(6): 1571-1577.
- [36] WU M T, TZANG B S, CHANG Y Y, et al. Effects of *Antrodia camphorata* on alcohol clearance and antifibrosis in livers of rats continuously fed alcohol[J]. J Agric Food Chem, 2011, 59(8): 4248-4254.
- [37] HUANG G J, DENG J S, HUANG S S, et al. Protective effect of antrosterol from *Antrodia camphorata* submerged whole broth against carbon tetrachloride-induced acute liver injury in mice[J]. Food chemistry, 2012, 132(2): 709-716.
- [38] HSIEH Y H, CHU F H, WANG Y S, et al. Antrocamphin A, an anti-inflammatory principal from the fruiting body of *Taiwanofungus camphoratus*, and its mechanisms[J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(5): 3153-3158.
- [39] LI S L, HUANG Z N, HSIEH H H, et al. The augmented anti-tumor effects of *Antrodia camphorata* co-fermented with Chinese medicinal herb in human hepatoma cells[J]. Am J Chin Med, 2009, 37(4): 771-783.
- [40] HUANG G J, HUANG S S, LIN S L, et al. Analgesic effects and the mechanisms of anti-inflammation of ergostatrien-3 $\beta$ -ol from *Antrodia camphorata* submerged whole broth in mice[J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(12): 7445-7452.
- [41] 陆震鸣. 樟芝深层液态发酵及其三萜类化合物的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.
- [42] CHEN C H, YANG S W. New steroid acids from *Antrodia cinnamomea*, a fungal parasite of *Cinnamomum micranthum* [J]. J Nat Prod, 1995, 58(11): 1655-1661.
- [43] CHIANG H C, WU D P, CHERNG I W, et al. Asequiterpene lactone, phenyl and biphenyl compounds from *Antrodia camphorata*[J]. Phytochemistry, 1995, 39(3): 613-616.
- [44] CHERNG H C, WU D P, CHERNG I W, et al. Triterpenoids from *Antrodia cinnamomea* [J]. Phytochemistry, 1996, 41(1): 263-267.
- [45] 陈体强, 方忠玉. 珍稀药用菌樟芝研究现状与进展[J]. 食用菌学报, 2003, 10(4): 55-60.
- [46] MAO X B, ZHONG J J. Hyperproduction of cordycepin by two-stage dissolved oxygen control in submerged cultivation of medicinal mushroom *Cordyceps militaris* in bioreactors[J]. Process biochemistry, 2004, 20(5): 1408-1413.
- [47] HO C L, LIN M T, DUAN K J, et al. The hepatoprotective activity against ethanol-induced cytotoxicity by aqueous extract of *Antrodia cinnamomea* [J]. Journal of the Chinese institute of chemical engineers, 2008, 39(5): 441-447.
- [48] LIN E S, CHEN Y H. Factors affecting mycelial biomass and exopolysaccharide production in submerged cultivation of *Antrodia cinnamomea* using complex media [J]. Bioresource technology, 2007, 98(13): 2511-2517.
- [49] LIN E S, SUNG S C. Cultivating conditions influence exopolysaccharide production by the edible Basidiomycete *Antrodia cinnamomea* in submerged culture[J]. Int J Food Microbiol, 2006, 108(2): 182-187.
- [50] SHU C H, LUNG M Y. Effect of pH on the production and molecular weight distribution of exopolysaccharide by *Antrodia camphorata* in batch cultures[J]. Process biochemistry, 2004, 39(8): 931-937.
- [51] YANG F C, HUANG H C, YANG M J. The influence of environmental conditions on the mycelial growth of *Antrodia cinnamomea* in submerged cultures[J]. Enzyme and microbial technology, 2003, 33(4): 395-402.
- [52] LIN E S, CHEN Y H. Factors affecting mycelial biomass and exopolysaccharide production in submerged cultivation of *Antrodia cinnamomea* using complex media [J]. Bioresource technology, 2007, 98(13): 2511-2517.
- [53] CHANG C Y, LEE C L, PAN T M. Statistical optimization of medium components for the production of *Antrodia cinnamomea* AC 0623 in submerged cultures[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2006, 72(4): 654-661.
- [54] HSU F L, CHOU C J, CHANG Y C, et al. Promotion of hyphal growth and underlying chemical changes in *Antrodia camphorata* by host factors from *Cinnamomum camphora*[J]. Int J Food Microbiol, 2006, 106(1): 32-38.

此外桂味和妃子笑嫁接亲和性差,双肩玉荷包可以作为桂味和糯米糍的矮化砧木;Chen 等<sup>[10]</sup>研究了井冈红糯与其他荔枝栽培品种的嫁接亲和性,亲和组合显示深绿色叶和嫁接口光滑,而不亲和的组合呈黄色叶。此外组织学检测表明,亲和性组合从愈伤组织中形成维管束桥,不亲和的组合中维管束桥很少,亲和组合的 SOD、POD 和 PPO 活性高于不相容组合;秦献泉等<sup>[11]</sup>通过高接进行黑叶荔枝品种改良,为广西荔枝品种改良和生长期调整提供最佳接穗组合,结果显示桂

糯、映山红、桂花香和米荔嫁接到黑叶上亲和性较好;Pires 等<sup>[12]</sup>研究了黑叶、妃子笑、糯米糍、Kway May Pink 和 Bengal 高接在 Bengal 表现,结果表明(孟加拉/孟加拉)成功率最高,达 89.9%,嫁接在黑叶、妃子笑、糯米糍、Kway May Pink 上分别有 60.6%、55.0%、52.6%和 47.0%的成活率。然而关于新品种岭丰糯嫁接亲和性及高接在不同荔枝品种上坐果能力和品质表现的相关研究目前尚鲜有报道。

表 3 2016 年不同地区高接不同砧木的岭丰糯果实性状参数比较

Table 3 Comparison of fruit character parameters Lingfengnuo grafted onto rootstocks in different production areas in 2016

| 采样地区<br>Sampling site | 砧木品种<br>Rootstock variety | 单果重<br>Weight per fruit //g | 果皮重<br>Peel weight g | 种子重<br>Seed weight g | 可食率<br>Edible rate % | 焦核率<br>Seed abortive rate//% | TSS        |
|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|------------|
| 惠东 Huidong            | 怀枝                        | 20.70±0.43                  | 3.74±0.08            | 0.55±0.02            | 79.30±0.15           | 100                          | 18.00±0.11 |
| 茂名 Maoming            | 鉴江红糯                      | 21.00±0.84                  | 2.26±0.10            | 1.31±0.18            | 83.40±0.71           | 45.0                         | 15.70±0.15 |
| 阳西 Yangxi             | 双肩玉荷包                     | 21.70±1.04                  | 4.17±0.06            | 0.70±0.05            | 77.40±1.29           | 81.7                         | 17.70±0.23 |
|                       | 白糖罂                       | 23.70±0.78                  | 4.21±0.09            | 0.97±0.19            | 78.10±1.09           | 70.0                         | 17.40±0.24 |
|                       | 怀枝                        | 23.60±0.67                  | 4.30±0.13            | 0.66±0.09            | 80.00±0.57           | 90.0                         | 16.70±0.18 |
| 阳东 Yangdong           | 白腊                        | 14.60±0.40                  | 2.85±0.06            | 0.87±0.13            | 71.90±2.54           | 89.1                         | —          |
|                       | 桂味                        | 14.10±1.79                  | 3.05±0.40            | 0.59±0.49            | 74.10±2.67           | 65.5                         | —          |

注:阳东采样时间为 6 月 12 日,茂名、阳西采样时间为 6 月 18 日,惠东采样时间为 6 月 21 日

Note:The sampling date of Yangdong was June 12;the sampling dates of Maoming and Yangxi were June 18;the sampling date of Huidong was June 21

该研究发现,岭丰糯荔枝宜以糯米糍、怀枝、白糖罂、白腊等为砧木进行高接,其亲和性良好,果实品质也好;岭丰糯高接在黑叶、妃子笑和山枝(可能是黑叶实生苗)的单株产量偏低,主要表现是嫁接亲和性差,因此砧木品种对岭丰糯品质、焦核率和产量具有显著的影响。该研究还发现多点高接不同砧木的岭丰糯焦核率有较大差异。此外,在同一地点高接不同砧木品种的单果重差异不明显,而种子重和焦核率差异较大。在茂名高接鉴江红糯的岭丰糯的果皮重偏轻、种子重最大、焦核率和 TSS 含量最低,这一因砧木而产生偏离岭丰糯正常果实性状的现象值得进一步研究。岭丰糯可以通过直接高接换种更换怀枝、糯米糍、白糖罂、白腊等传统品种,但与黑叶、妃子笑和双肩玉荷包的亲和性偏弱。

#### 参考文献

- [1] 范妍,尹金华,刘成明,等.晚熟荔枝新品种——岭丰糯的选育[J].果树学报,2010,27(5):852-853.
- [2] 吕庆芳,李洪波.白糖罂荔枝嫁接亲和性试验初报[J].中国南方果树,1998,27(3):32.
- [55] 刘华,贾薇,刘艳芳,等.珍稀药用真菌——樟芝深层发酵培养条件的优化[J].微生物学通报,2007,34(1):70-74.
- [56] 简秋源,姜宏哲,陈淑贞.牛樟菇培养性状及其三萜类成分分析之研究[C]//地方牛樟生物学及农林技术研讨会论文集(林业专刊第 72 号).台北:台湾省林业试验所,1997:133-137.
- [57] 赵能,原晓龙,陈剑,等.不同碳氮源对牛樟芝菌丝体生长的影响[J].西部林业科学,2016,45(4):7-12.
- [58] 周璇,夏永军,刘胜男,等.不同培养方式对牛樟芝活性组分的影响[J].工业微生物,2017,47(2):18-23.
- [59] 初秋博,赵毅,刘焱磊,等.采用近红外漫反射光谱进行牛樟芝菌丝体组分检测的研究[J].药物分析杂志,2017(10):1904-1909.
- [60] 李晶,林春梅,林雄杰,等.牛樟芝富萜菌丝体培养基及应用:CN201510493533.2[P].2015-10-28.
- [61] SONG M,PARK D K,PARK H J,et al. Antrodia camphorata grown on

- [3] 黄凤珠,彭宏祥,朱建华,等.荔枝新品种‘贵妃红’和‘草莓荔’嫁接亲和性试验[J].亚热带植物科学,2011,40(3):8-11.
- [4] 欧良喜,钟扬伟,李剑书.荔枝砧穗组合亲和性研究初报[J].中国果树,1993(2):30-31.
- [5] 蔡建兴,林炳洪.乌叶荔枝高接换种砧穗组合试验初报[J].福建果树,2011(2):14-16.
- [6] 华敏,王祥和,陈业光.无核荔 A 4 号嫁接亲和性研究初报[J].中国南方果树,2009,38(3):36-37.
- [7] 郭仰楚,谢宝铨,刘家增.荔枝小苗嫁接试验初报[J].福建果树,1986(4):6-9.
- [8] 黄伯湛,冯洁贞,钟启程,等.荔枝接穗和砧木间营养交换的研究第二报[J].核农学报,1988,9(4):160-162.
- [9] HU G B,CHEN H B,HUANG X M,et al. Shoot growth from scions top-grafted on different litchi cultivars[J]. Acta horticulturae,2010,863:449-452.
- [10] CHEN Z,ZHAO J T,QIN Y H,et al. Study on the graft compatibility between ‘Jingganghongnuo’ and other litchi cultivars[J]. Scientia horticulturae,2016,199:56-62.
- [11] 秦献泉,杨万青,李春,等.黑叶荔枝高接换种改良试验[J].南方农业学报,2015,46(4):631-634.
- [12] DE CARVALHO PIRES M,YAMANISHI O K,PEIXOTO J R. Topworking of ‘Bengal’ lychee trees in the state of São Paulo,Brazil[J]. Revista brasileira de fruticultura,2014,36(3):680-685.

(上接第 28 页)

- germinated brown rice suppresses melanoma cell proliferation by inducing apoptosis and cell differentiation and tumor growth[J]. Evidence-based complementary and alternative medicine,2013(1):1-9.
- [62] 连启西.牛樟芝人工栽培方法: I331506[P].2010-10-11.
- [63] 黄亚玲. 榎木栽培牛樟芝子实体中三萜类活性成分 Antcin K 藉由调节 Integrin 所介导的细胞黏附、移行及侵犯,达到抑制人类肝癌细胞转移之效果[D].台北:台湾大学,2014.
- [64] 张宏海,张仲欣,马海乐.樟芝深层液体发酵条件的试验研究[J].食品与药品,2008,10(9):18-21.
- [65] 夏永军,李炜疆,许颖荣.樟芝固态发酵产品活性代谢产物分析[J].食品与发酵工业,2011,37(8):86-90.
- [66] 张宝荣,夏永军,许颖荣.樟芝菌固态发酵生产三萜类化合物[J].食品工业科技,2011,32(7):174-177.
- [67] 张继文,范莉莎.樟芝段木栽培及其超声波提取生产线产业化工艺技术[C]//第九届全国食用菌学术研讨会论文集摘要集.北京:中国菌物学会,2010:36-42.