

东南园艺

DONGNAN YUANYI

双月刊

2023 年 第 11 卷 第 4 期

编辑委员会

主任委员：刘 波

副主任委员：翁启勇 余文权

姚文辉 许家辉

委员：（按姓氏笔划为序）

方少忠	丰 锋	邓优锦	邓秀新	王俊宁
叶正文	叶新福	江国良	刘君玲	刘建福
刘荣章	刘海桑	孙威江	许 玲	许家辉
陈义挺	陈立松	陈昆松	陈厚彬	陈清西
李建国	李维新	吴如健	何志刚	邱发春
范国成	金 光	林文忠	林河通	林智敏
易干军	郑少泉	郑宝东	罗应贵	罗瑞鸿
施 清	赵长林	俞明亮	高 山	徐建国
袁 韬	黄志龙	黄雄峰	曾 辉	温庆放
蒋际谋	雷 龔	赖钟雄	蔡建兴	潘 辉

编辑出版：《东南园艺》编辑部

地 址：福州市新店埔党福建省农科院果树
所（350013）

电 话：0591-87905700

电子信箱：dnyy0591@163.com

网络地址：<https://fjgs.cbpt.cnki.net>

主 编：许家辉

副 主 编：黄雄峰（常务） 许 玲

编辑部主任：黄雄峰

责任编辑：黄雄峰 许 玲 冯 新
林燕金 赖瑞联

英文翻译：张艳芳

校 对：陈 婷

印 刷：福州思博印务有限公司

发 行：自办发行

出版日期：2023 年 8 月 15 日

定 价：30.00 元

主管：福建省农业科学院

主办：福建省农业科学院果树研究所

学术支持单位：

福建省园艺学会

福建省食用菌学会

华侨大学园艺科学与工程研究所

广西农业科学院园艺研究所

江苏省农业科学院果树研究所

上海市农业科学院林果研究所

浙江省农业科学院园艺研究所

湖南省农业科学院园艺研究所

广东省农业科学院果树研究所

四川省农业科学院园艺研究所

贵州省农业科学院园艺研究所

江西省农业科学院园艺研究所

云南省农业科学院园艺作物研究所

海南省农业科学院热带果树研究所

声 明

凡向本刊投稿者，如无特殊声明，稿件一经采用，其专有出版权和网络传播权即授予本刊，并许可在本刊授权的网站上传播。同时要求稿件没有侵犯他人著作权或其他权利的内容，并且文责自负。

凡在本刊刊登广告，需提供准确详实信息，若因刊登广告引起的纠纷和一切后果，其责任概由广告申请者承担，与期刊无关。



征稿简约

《东南园艺》是福建省农业科学院果树研究所主办的园艺专业期刊，着重报道园艺科研成果、学术活动、技术经验、生产动态以及国内外园艺科技新信息等。开设果树、蔬菜、食用菌、花卉、茶叶、休闲园艺、园林景观等多领域栏目。

来稿要求：

1. 论点明确、论据可靠、逻辑严谨、文字通顺。
2. 来稿请按标题、作者姓名、作者单位、摘要、关键词（以上几项均要求有英文文稿），正文、致谢（可无）、参考文献的顺序撰稿。中英文摘要应详细概括目的、方法、主要结果和结论。正文中各级标题以 1、2、3，1.1、1.2、1.3，1.1.1、1.1.2、1.1.3……依此排序（一般不超过 3 级）。
3. 来稿首页脚注应注明第一作者简介（姓名、性别、出生年份、最高学历 / 学位、职称、从事研究方向）。若是基金项目，请注明基金资助的项目全称和编号。
4. 正确使用标点符号，表格设计要合理，要求使用三线表；图片要清晰，注明图号。外文字母大小写必须分清，数字或符号的斜体、上下标必须标明。量和单位按我国法定计量单位以及国际标准规定书写。
5. 文稿中摘编或引用他人作品，请在参考文献中列出其作者和文献来源。本刊采用顺序编码制，按文章正文部分引用的文献出现的先后顺序连续编码，请勿引用未经公开发表的资料。
6. 来稿文责自负；切勿一稿多投，严禁抄袭剽窃。本刊有权对拟用文稿进行技术性和文字性的编辑加工，凡不同意者，请在来稿中申明。
7. 来稿刊用与否恕不退稿。请写明你的详细通讯地址（包括地址、邮政编码、电话和电子邮箱等），以便及时联系。发出稿件三个月内未接到采稿通知，可自行处理，期间作者如另投他刊，请预先通知本刊。**本刊网上投稿，唯一邮箱：dnny0591@163.com。**
8. 本刊目前已被“CNKI 中国知网”“中国核心期刊（遴选）数据库（万方）”“中文科技期刊数据库（维普）”“CNKI 中国学术期刊综合评价数据库（CAJCED）”“中国核心期刊遴选数据库”“中国期刊全文数据库（CJFD）”“台湾华艺中文电子期刊（CEPS）”、国家图书馆馆藏、上海图书馆馆藏等收录，是北京大學《中文核心期刊要目总览》（1992 年第一版、1996 年第二版）来源期刊，曾获得第四届农业期刊技术类三等奖、第五届农业期刊金犁奖技术类三等奖、第二届福建省优秀期刊三等奖等荣誉称号。

目 次

试验研究

- 秀珍菇主栽品种遗传差异及农艺性状比较……柯斌榕, 兰清秀, 卢政辉, 卢园萍, 林弘毅, 李亚茹 (241)
- 4 个黑木耳菌株的产量与农艺性状评比 …………… 彭传尧, 樊佳豪, 严少妹, 王致钦, 杨生澍, 朱 俊, 王圣铨, 刘叶高 (248)
- 叶面喷施多效唑对马拉巴栗控冠效应的影响…………… 汪嘉琛, 郑培华, 蔡天仁, 刘建福, 杜志云, 杜清洁 (252)
- 基于 RAPD 分子标记的观赏春石斛遗传多样性分析 …………… 刘贝宁, 李刘敏, 陈发兴 (257)
- 地理标志产品福州橄榄品质检测与差异性评价……………叶倩倩 (265)
- 与芍药轮作对‘柘参 4 号’太子参生长和品质的影响…………… 陈炬烽, 林燕华, 郑生文, 贺肇东, 李 斌, 蒋 畅, 施宽伟 (271)
- 蜘蛛网八角金盘组培快繁技术研究……………朱志勇 (276)
- 基于 EST-SSR 标记的金线莲叶色突变体分子身份分析 …………… 樊荣辉, 陈艺荃, 钟淮钦, 叶秀仙 (281)
- ‘阳光玫瑰’葡萄“三期促早成熟”调控关键技术研究…………… 陈 婷, 刘鑫铭, 林金辉, 雷 龔 (286)

调查研究

- 福州市闽江公园南园园林植物资源调查分析…………… 黄秋淋, 林 华 (290)

教育研究

- “体系 – 平台 – 考核”三位一体的智慧食用菌创新人才培养模式探索 ……………陶永新 (296)
- 以就业需求为导向的食用菌栽培学课程建设探索…………… 胡延如, 文 晴, 李亚楠, 戚元成, 王凤芹, 申进文 (300)

乡村振兴实用技术

- 尤溪“稻 – 耳”轮作栽培技术 ……………严少妹, 陈家威, 彭传尧, 吴光明, 杨 彬 (304)

文献综述

- 福建省食用菌产业发展现状及对策建议……………庄学东, 施乐乐 (308)
- 广西食用菌产业发展现状分析及对策建议……………蓝秋彤, 祁亮亮, 吴 登, 黄奕洲, 郎 宁, 陆宇明 (312)

SOUTHEAST HORTICULTURE

Vol. 11

No. 4

August 2023

Comparison of Genetic Differences and Agronomic Traits between the Main Cultivars of <i>Pleurotus pulmonarius</i>	Ke Binrong, Lan Qinxu, Lu Zhenghui, Lu Yuanping, Lin Hongyi, Li Yaru (241)
Evaluation and Comparison of Yield and Agronomic Traits of Four <i>Auricularia Auricula</i> Strains	Peng Chuanyao, Fan Jiahao, Yan Shaomei, Wang Zhiqin, Yang Shengshu, Zhu Jun, Wang Shengyou, Liu Yegao (248)
Effects of Foliar Spraying of Paclobutrazol on Tree Crown Control of Potted <i>Pachira glabra</i>	Wang Jiachen, Zheng Beihua, Cai Tianren, Liu Jianfu, Du Zhiyun, Du Qingjie (252)
Genetic Diversity Analysis of Ornamental Spring <i>Dendrobium</i> Based on RAPD Molecular Markers	Liu Beining, Li Liumin, Chen Faxing (257)
Quality Inspection and Differential Evaluation of Fuzhou Olives as Geographical Indication Products	Ye Qianqian (265)
Effect of <i>Paeonia lactiflora</i> Rotation on the Growth and Quality of <i>Pseudostellaria heterophylla</i> ‘Zheshen 4’	Chen Jufeng, Lin Yanhua, Zheng Shengwen, He Zhaodong, Li Bin, Jiang Chang, Shi Kuanwei (271)
Study on Tissue Culture and Rapid Propagation of <i>Fatsia japonica</i> ‘Spider's Web’	Zhu Zhiyong (276)
Identification of Molecular ID of Leaf Color Mutants in <i>Anoectochilus roxburghii</i> by EST–SSR Molecular Markers	Fan Ronghui, Chen Yiquan, Zhong Huaiqin, Ye Xiuxian (281)
Study on Key Regulation Techniques of ‘Early–ripening in Three Batches’ of Grape ‘Shine Muscat’	Chen Ting, Liu Xinming, Lin Jinhui, Lei Yan (286)
Investigation and Analysis on Garden Plant Resources of South Garden of Minjiang Park in Fuzhou City	Huang Qiulin, Lin Hua (290)
Exploration on Trinitarian Innovative Talent Training Mode of Intelligent Edible Fungus Based on ‘System–Platform–Assessment’	Tao Yongxin (296)
Explore of Course Construction of Employment Demand–orientated ‘Edible Fungus Cultivation’	Hu Yanru, Wen Qing, Li Yanan, Qi Yuancheng, Wang Fengqin, Shen Jinwen (300)
Cultivation Techniques of Rice and Black Fungus Rotation in Youxi County	Yan Shaomei, Chen Jiawei, Peng Chuanyao, Wu Guangming, Yang Bin (304)
Development Status, Countermeasures and Suggestions of Edible Fungus Industry in Fujian Province	Zhuang Xuedong, Shi Lele (308)
Analysis of Development Status of Edible Fungus Industry in Guangxi and Its Countermeasures and Suggestions	Lan Qiutong, Qi Liangliang, Wu Deng, Huang Yizhou, Lang Ning, Lu Yuming (312)

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2023.04.001

秀珍菇主栽品种遗传差异及农艺性状比较



柯斌榕, 兰清秀, 卢政辉*, 卢园萍, 林弘毅, 李亚茹

(福建省农业科学院食用菌研究所 / 特色食用菌繁育与栽培国家地方联合工程研究中心, 福建福州 350013)

摘要:【目的】了解秀珍菇两个主栽品种‘台秀’和‘金秀’的遗传及农艺性状差异, 为后续秀珍菇新品种选育提供遗传背景及农艺性状参考。【方法】采用菌落形态对比、拮抗试验、交配型因子分析、SRAP 分子标记等方法, 并比较菌丝生长速度及出菇农艺性状, 进行两个品种间的遗传差异分析。【结果】台秀与金秀具有不同的菌落形态, 但拮抗试验未观察到明显的拮抗现象。两个品种的菌丝生长趋势相同, 菌丝适宜生长温度为 20~30℃, 30℃时菌丝生长速度最快。交配型因子测定分析表明二者具有相同的交配型因子。筛选得到 6 对引物进行 SRAP-PCR 扩增可以得到差异性条带。相同出菇条件下, 金秀子实体菌盖更加厚实、一潮单袋产量 138.86 g, 台秀子实体颜色更深、一潮单袋产量 126.57 g。【结论】秀珍菇主栽品种台秀与金秀之间遗传差异较小, 但有着不同的农艺性状表现, 可作为秀珍菇新品种选育的优良亲本。

关键词: 肺形侧耳; 子实体; 主栽品种; 遗传差异

中图分类号: S646

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2023) 04-0241-07

Comparison of Genetic Differences and Agronomic Traits between the Main Cultivars of *Pleurotus pulmonarius*

Ke Binrong, Lan Qinxu, Lu Zhenghui*, Lu Yuanping, Lin Hongyi, Li Yaru

(Institute of Edible Fungi / National and Local Joint Engineering Research Center for Breeding & Cultivation of Featured Edible Fungi, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China)

Abstract:【Objective】Understand the genetic and agronomic trait differences between the two main cultivars of *Pleurotus pulmonarius*, ‘Taixiu’ and ‘Jinxu’, to provide genetic background and agronomic traits references for further breeding of new varieties of *Pleurotus pulmonarius*.【Method】Genetic differences between the two cultivars were analyzed through colony morphology, antagonistic reaction test, mating type analysis, SRAP molecular markers, and their agronomic traits were compared through growth rate of mycelium and the results of fruiting experiment.【Result】‘Taixiu’ and ‘Jinxu’ have different colony morphology, but no significant

收稿日期: 2023-05-23

基金项目: 福建省属公益类科研院所基本科研专项 (2020R1035002、2021R1035005); 福建省特色优势食用菌工厂化专用品种及关键技术攻关 (2022NZ029015)**作者简介:** * 为通讯作者, 卢政辉 (1973-), 男, 高级农艺师, 主要从事食用菌栽培和病虫害防治研究工作, E-mail: 417088586@qq.com。柯斌榕 (1986-), 男, 助理研究员, 主要从事食药菌栽培及育种研究工作, E-mail: kebinrong@qq.com

antagonistic reactions were observed. The growth trend of the two varieties of mycelium were the same, and the suitable temperature for mycelium growth was between 20 °C and 30 °C, with the fastest mycelium growth rate at 30 °C. The analysis of mating type indicates that they had the same mating type. Six pairs of primers were screened for SRAP-PCR amplification to obtain differential bands. Fruiting experiment showed that under the same mushroom production conditions, the cap of ‘Jinxiu’ fruit body was thicker, yield per bag at the first crop reached 138.86 g. The color of ‘Taixiu’ fruit body was darker, yield per bag at the first crop reached 126.57 g. 【 Conclusion 】 The genetic differences between the main cultivars of *Pleurotus pulmonarius*, ‘Taixiu’ and ‘Jinxiu’, are relatively small, but their different agronomic traits were different. They can be used as excellent parents for the breeding of new varieties of *Pleurotus pulmonarius*.

Key words: *Pleurotus pulmonarius*; Fruiting body; Main cultivars; Genetic differences

秀珍菇又名袖珍菇、迷你蚝菇等,其学名为肺形侧耳(*Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qu é l),隶属于侧耳科、侧耳属^[1]。秀珍菇栽培起源于台湾地区,20 世纪 90 年代台湾菇农通过将凤尾菇采收期提前,从而获得商品性更好的子实体,并以秀珍菇作为商品名进行推广销售。20 世纪 90 年代末,秀珍菇栽培技术由台湾引进,并在福建、浙江、上海等地开始规模化栽培,栽培产量逐年提升^[2]。据中国食用菌协会统计,2021 年秀珍菇产量达到了 59.23 万 t,较 2020 年提升 21.69%。目前传统季节性栽培秀珍菇品种主要是由台湾引进的‘台秀’,其子实体形态优美,风味独特,深受市场青睐,是多年来秀珍菇市场的主导品种;近些年随着秀珍菇工厂化栽培不断发展,规模持续扩大,更适于工厂化栽培的秀珍菇品种‘金秀’也得到快速推广与应用^[3];这两个品种虽然均引进于台湾,但二者间遗传关系如何尚不明确。

由于秀珍菇间存在大量异种同名和同名异种现象,因此进行品种鉴定和亲缘关系分析对保障生产与科学研究具有十分重要的意义。拮抗试验、交配型因子分析、菌落及子实体形态差异、分子标记等方法均能用于食用菌品种间的鉴定和遗传差异分析。由于不同品种间菌丝会产生不亲和现象,因此菌丝间拮抗试验常用于食用菌品种间亲缘关系的初步判定^[4]。亲和配对则是通过亲本间单核菌株的亲和配对与否,来确定不同菌株间的

交配型因子是否存在差异,常通过交配型因子分析来确定。不同品种间如果存在不同的交配型因子,则通常具有不同的遗传背景,而交配型因子相同,则有可能具有相同的亲本,或近似的遗传背景。如刘新锐等利用亲和配对开展了我国肺形侧耳栽培菌株交配型分析,只检测到了 4 种 A 交配型因子和 3 种 B 交配型因子,表明我国栽培的肺形侧耳种质资源相对较少^[5]。随着分子生物学技术的快速发展,采用分子标记技术进行物种间的遗传差异分析成为一种切实可行的手段。相关序列扩增多态性(SRAP)分子标记,在食用菌的菌株鉴定、遗传差异分析方面应用较多,如采用 SRAP 分子标记进行香菇、灰树花、平菇等菌株的遗传差异分析,均取得了良好的效果^[6-8]。本研究以引自台湾的两个秀珍菇主栽品种台秀和金秀为供试菌株,从拮抗试验,交配型因子分析以及 SRAP 标记进行遗传差异分析,同时进行农艺性状比较,包括两个品种间的菌落形态、菌丝生长速度、出菇情况及子实体形态,以期对两个秀珍菇主栽品种的遗传差异和农艺性状作一个较全面的了解,为后续更好的利用这些品种进行秀珍菇工厂化专用品种选育、现有栽培品种改良,提供遗传背景及农艺性状参考。

1 材料与方法

1.1 供试菌株

供试主栽品种台秀（ITS序列登录号：OP919474）来源于福建省罗源创鲜农业科技有限公司，主栽品种金秀（ITS序列登录号：OQ103423）来源于龙海市明毅果蔬专业合作社，其原始来源均为台湾引进。交配型测定的标准菌株由主栽品种通过担孢子萌发获得，台秀交配型标准测试菌株为：57-1, 57-16, 57-27, 57-3, 金秀交配型标准测试菌株为：J-3, J-24, J-11, J-10。上述菌株均保藏于福建省农业科学院食用菌研究所福建省食用菌种质资源库。

1.2 培养基与栽培料

PDA培养基：马铃薯 200 g，葡萄糖 20 g，水 1 L，pH 自然，用于母种扩繁与平板菌丝培养。栽培料配方：木屑 60%，棉籽壳 20%，麸皮 18%，轻质碳酸钙 1%，石膏 1%，含水量 63%。

1.3 试验方法

1.3.1 菌落形态与生长速度比较

将不同的菌株在试管斜面中活化，然后接种到含有 20 mL 固体 PDA 培养基的 90 mm 平板中，25 ℃避光培养至长满后，转接到 90 mm 平板中，每个菌株做 5 个重复，分别设置温度梯度为 10、15、20、25、30、35 ℃进行避光培养。当菌丝长至 1 cm 左右时划起始线，当生长最快的平板快长满时取出划终止线，测量其生长速度。将长满菌

丝的平板进行拍照，便于菌落形态观察。

1.3.2 拮抗试验

将供试菌株活化后，在含有 20 mL 固体 PDA 培养基的 90 mm 平板上进行对峙接种，菌丝块间隔 1 cm，25 ℃避光培养 10 d，观察交接处菌丝形态，通过是否有菌丝隆起、有无色素形成以及有无沟带等拮抗现象，从而判定有无拮抗。

1.3.3 交配型因子分析

将台秀与金秀的四种标准交配型测试菌株进行两两配对，待测试菌株菌丝前端接触生长后，挑取交接处菌丝块进行锁状联合观察，来判断是否能够亲和配对。由亲和配对结果，进行两个菌株间的交配型因子分析。

1.3.4 SRAP 标记分析

选用的引物编号及其序列见表 1，PCR 反应体系及反应条件参照文献^[9]。PCR 反应体系：PCR Mix 12.5 μL，DNA 模板 1 μL，正向引物和反向引物各 1 μL，无菌水 9.5 μL。PCR 反应程序为：94 ℃预变性 5 min，94 ℃变性 1 min，35 ℃退火 1 min，72 ℃延伸 1 min，扩增 5 个循环，随后 94 ℃变性 1 min，50 ℃退火 1 min，72 ℃延伸 1 min，扩增 35 个循环，最后 72 ℃延伸 10 min。PCR 产物经 2.0% 的琼脂糖凝胶电泳，染色后用凝胶成像系统保存并记录观察结果。

表 1 SRAP 引物及其序列

引物类型	引物编号	引物序列	引物类型	引物编号	引物序列
正向	me1	TGAGTCCAAACCGGATA	反向	em6	GACTGCCGTACGAATTGCA
正向	me3	TGAGTCCAAACCGGAAT	反向	em7	GACTGCCGTACGAATTATG
正向	me4	TGAGTCCAAACCGGACC	反向	em8	GACTGCCGTACGAATTAGC
正向	me5	TGAGTCCAAACCGGAAG	反向	em9	GACTGCCGTACGAATTACG
正向	me6	TGAGTCCAAACCGGTAG	反向	em10	GACTGCCGTACGAATTTAG
正向	me7	TGAGTCCAAACCGGTTG	反向	em11	GACTGCCGTACGAATTTCTG
正向	me8	TGAGTCCAAACCGGTGT	反向	em12	GACTGCCGTACGAATTGTC
正向	me9	TGAGTCCAAACCGGTCA	反向	em13	GACTGCCGTACGAATTGGT
反向	em1	GACTGCCGTACGAATTAAT	反向	em14	GACTGCCGTACGAATTCAG
反向	em2	GACTGCCGTACGAATTTGC	反向	em15	GACTGCCGTACGAATTCTG
反向	em3	GACTGCCGTACGAATTGAC	反向	em16	GACTGCCGTACGAATTCGG
反向	em4	GACTGCCGTACGAATTTGA	反向	em17	GACTGCCGTACGAATTTCCA
反向	em5	GACTGCCGTACGAATTAAC			

1.3.5 出菇试验

按栽培料配方进行秀珍菇菌包制备，每个品种接种 36 个栽培包。菌包规格为 17 cm×33 cm，每包干料重为 450 g，含水量控制为 63%。接种后将菌包置于培养室中 25℃避光培养，当菌丝满袋后继续后熟培养 30 d。采用常规打冷刺激的方法进行秀珍菇出菇管理，观察两个主栽品种间出菇差异，并记录产量与子实体农艺性状^[10]。

1.3.6 数据统计分析

采用 DPS v7.05 对不同秀珍菇品种的菌丝生长速度、出菇产量及子实体农艺性状等数据进行统计与方差分析。

2 结果与分析

2.1 菌丝形态比较及拮抗试验

对两个秀珍菇品种的菌落形态进行比较，由图 1 可见 2 个菌株的菌落形状均比较圆整，菌丝洁白粗壮。台秀菌落形态整体比较均匀，气生菌丝细密。金秀菌落形态同台秀有较明显区别，靠近接种块中间的菌丝比较浓密，而边缘菌丝则相对稀疏。台秀与金秀两个品种间的拮抗试验，仅呈现较弱的白色拮抗线，没有出现拮抗试验中常见的色素和明显的拮抗线隆起等现象，由此可见两个菌株间的亲缘关系可能比较接近，拮抗反应比较微弱。

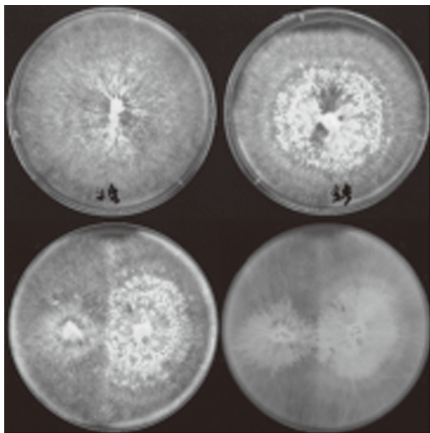


图 1 秀珍菇品种菌落形态及拮抗试验
注：台秀（左）、金秀（右）；
菌落形态（上），拮抗试验（下）

2.2 不同温度下菌丝生长速度比较

秀珍菇菌丝生长温度范围较广，由图 2 可见在供试温度 10~30℃条件下，两个品种的菌丝生长具有相同趋势，即 20~30℃较适宜菌丝生长，菌丝的生长速度较快，30℃时菌丝生长速度最快；当培养温度高于 35℃或低于 15℃时，菌丝生长速度显著降低。在 35℃条件下台秀菌丝相较于金秀菌丝生长速度更快一些，表明台秀可能具有更强的耐高温能力。

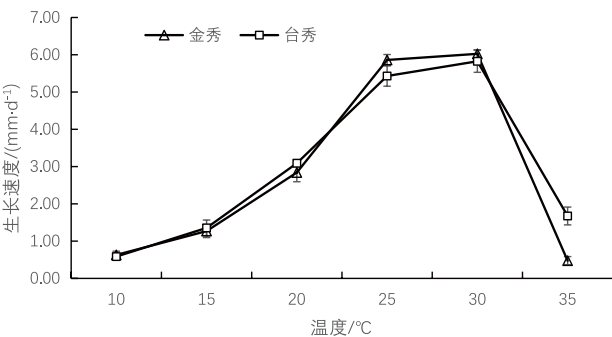


图 2 台秀与金秀不同温度下菌丝生长速度比较

2.3 交配型因子分析

秀珍菇为四级性异宗结合菌类，其交配型组成一般由 A、B 两对交配型因子控制，当两个标准测试单核菌株具有不同的交配型时，两个菌株间就能够亲和配对，可以观察到锁状联合结构^[11]。由表 2 可见，金秀与台秀的标准测试菌株进行两两配对时，16 个配对组合中有 4 个组合能够观察到锁状联合，亲和配对占比为 25%。同时能够亲和配对的组合均由不同的单核测试菌株组成。因此我们可以推测，两个主栽秀珍菇品种台秀和金秀具有相同的交配型因子，进而表明二者可能具有相同或较为接近的遗传背景。

表 2 金秀与台秀单核菌株亲和配对结果

菌株	57-1	57-16	57-27	57-3
J-3	—	—	+	—
J-24	—	—	—	+
J-11	+	—	—	—
J-10	—	+	—	—

注：“+”表示可以观察到锁状联合结构

2.4 SRAP 标记分析

随机选取了 50 对 SRAP 引物对两个菌株进行 SRAP-PCR 扩增分析, 有 34 对引物扩增效果较好, 能够扩增出清晰稳定的条带。其中有 6 对引物 (me1-em6、me6-em6、me6-em16、me8-em7、me9-em4、me9-em12) 进行 SRAP-PCR 扩增, 可

以得到较明显的差异条带如图 3 所示, 占总扩增引物数量的 12%。由此可见虽然采用 SRAP-PCR 可以将台秀与金秀进行区分, 但其中大部分引物扩增得到的条带表现一致, 差异性很小, 表明台秀与金秀可能具有较小的遗传差异性。

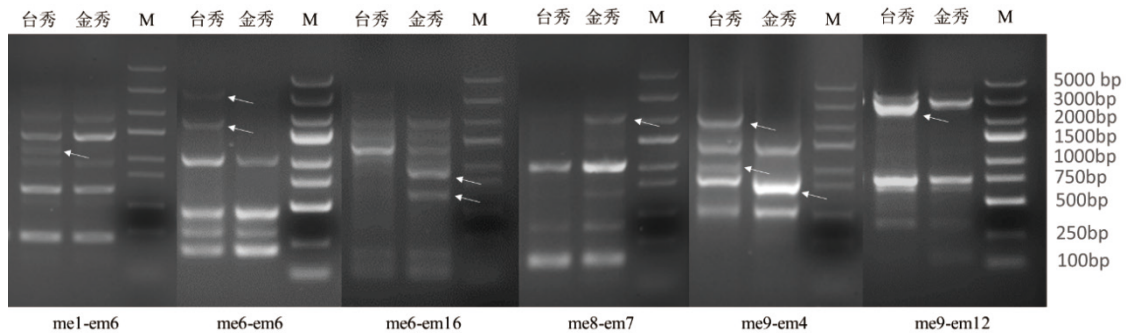


图3 6对引物的扩增结果

2.5 子实体农艺性状比较

图4显示出两个品种的出菇表现及子实体形态, 在相同出菇条件下台秀和金秀均能够正常出菇。同台秀相比, 金秀更容易受到刺激而形成原基, 出菇整齐度较好, 也更有利于工厂化出菇管理。两个品种子实体生长多为单生, 子实体菌柄侧生, 菌盖呈扇形或贝壳形, 表面光滑没有鳞片。

二者的子实体形态存在较明显差异, 与金秀相比, 同等条件下台秀的子实体菌盖颜色更深呈灰黑色、颜色分布均匀且不容易开裂, 菌柄上下粗细均匀, 但整体紧实度不如金秀。金秀子实体的菌柄常出现上下粗细不一致的情况, 在菌盖交接处呈明显膨大, 菌柄菌盖连接处菌肉组织更加厚实。

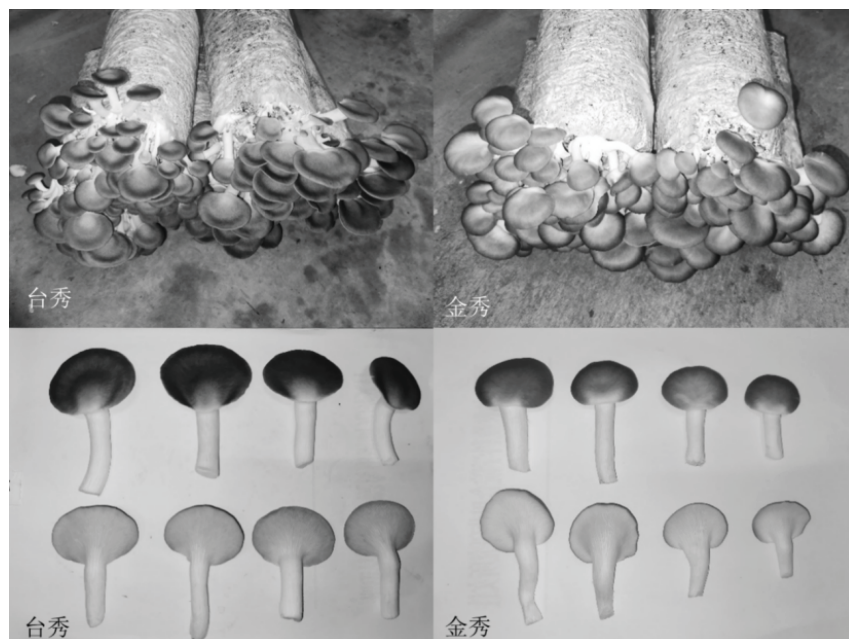


图4 台秀与金秀出菇及子实体形态对比

由表 3 可见金秀的一潮菇单袋产量达到 138.86 g，显著高于台秀（126.57 g）。在同样栽培条件下，两个子实体在菌柄长、菌盖大小及单朵重量方面表现接近，平均单朵重量均在 6 g 左右；

相较于台秀，金秀子实体的菌柄更粗、菌盖也更加厚实；因此当菌包商品菇个数相同时，金秀具有更高的单袋产量。

表 3 台秀与金秀单袋产量及子实体数量性状比较

菌株	一潮菇单袋产量 /g	菌柄 /mm		菌盖 /mm			单朵重量 /g
		长	直径	长	宽	厚	
台秀	126.57 ± 12.59 b	42.44 ± 7.39 a	11.12 ± 1.16 b	41.38 ± 4.12 a	31.08 ± 2.90 a	10.09 ± 0.91 b	6.01 ± 0.88 a
金秀	138.86 ± 13.71 a	43.81 ± 6.60 a	13.12 ± 1.68 a	40.99 ± 3.47 a	32.42 ± 3.89 a	12.67 ± 1.33 a	6.58 ± 1.05 a

注：不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平上存在显著性差异

3 结论与讨论

从 20 世纪 90 年开始，秀珍菇栽培主要以台湾引进品种台秀为主，但在使用过程中由于菌种管理欠规范，通过组织分离、菌株交流等自行命名现象屡见不鲜。造成了各地使用的栽培品种名称各异，通过分子标记进行遗传差异分析也表明栽培的秀珍菇菌种存在大量的同种异名现象^[12, 13]。由于子实体形态受环境影响较大，因此单从形态差异很难对一些亲缘关系较近的品种进行区分，通过结合分子标记技术可以更好地进行判断^[14]。近年来秀珍菇工厂化栽培发展十分迅速，传统的季节栽培品种台秀，因其出菇爆发力差，容易出现黄菇病等问题，不能很好地满足工厂化栽培的需要。当前工厂化主栽品种金秀，在出菇爆发力、一潮菇产量及整齐度等方面具有较明显的优势，但其也存在商品菇颜色较浅，菇盖容易开裂等问题^[15]。对这两个品种进行遗传差异分析，有助于更好了解两个品种的遗传背景，为后续开展品种选育，栽培条件优化提供参考。本研究以目前市场主栽的两个秀珍菇品种台秀和金秀为研究对象，结合菌落及子实体形态，拮抗试验，交配型因子分析以及 SRAP 分子标记等方法进行遗传差异比较分析。结果表明台秀与金秀在相同培养条件下子实体与菌落形态上存在较为明显的区别，但在不

同栽培条件下，其子实体形态可能出现改变。因此不能通过菌落形态或子实体形态来判断二者间的亲缘关系。由于台秀与金秀间拮抗试验反应比较微弱，且二者拥有相同的交配型因子，因此初步推测二者间具有十分接近的遗传背景。虽然通过 SRAP 分子标记筛选到 6 对引物，可以将二者进行有效的区分，但综合拮抗试验及交配型综合判断，表明台秀与金秀是亲缘关系十分接近的两个秀珍菇品种。

明确秀珍菇栽培品种的遗传差异、出菇特性、子实体农艺性状等特性，可以根据不同的栽培模式和销售市场进行品种选择。由于台秀对不同温度的适应性更强，因此常规季节栽培选用台秀作为主栽品种仍是较好的选择。工厂化栽培则需要综合考虑出菇一致性、单潮出菇产量、黄菇病发生率、子实体商品性等因素，根据多年工厂化生产实践，多选用金秀作为栽培品种。虽然两个品种均引自台湾，且亲缘关系十分接近，但二者生产表现各有特点，均可作为品种选育的优良亲本。通过杂交育种利用亲本优良性状，选育适于工厂化专用品种，有助于秀珍菇工厂化栽培健康发展。

参考文献：

[1] 李玉，图力古尔. 中国真菌志（第四十五卷）：侧耳—香菇型真菌 [M]. 北京：科学出版社，

- 2014: 1-3.
- [2] 柯斌榕, 卢政辉, 吴小平, 等. 秀珍菇退化菌株生物学特征比较及 dsRNA 病毒检测 [J]. 南方农业学报, 2018, 49 (1): 98-103.
- [3] 刘芳, 袁宗胜, 袁滨, 等. 秀珍菇生物学特性与工厂化栽培技术 [J]. 食药菌, 2023, 31 (1): 72-76.
- [4] 鲁欣, 郑秋霞, 叶丽云, 等. 一株野生秀珍菇的鉴定及其生物学特性的分析 [J]. 基因组学与应用生物学, 2017, 36 (5): 1997-2004.
- [5] 刘新锐, 叶丽云, 张黎杰, 等. 我国肺形侧耳栽培菌株交配型分析 [J]. 菌物学报, 2021, 40 (12): 3109-3117.
- [6] 刘俊, 马超君, 向星洁, 等. 基于 SRAP 标记构建野生香菇核心种质库 [J]. 食用菌学报, 2017, 24 (1): 7-17.
- [7] 张美彦, 尚晓冬, 李玉, 等. ITS-RFLP 及 SRAP 标记在灰树花种质评价中的应用 [J]. 食用菌学报, 2009 (3): 9-14.
- [8] 常艳, 金青, 凌磊, 等. 16 种平菇遗传关系的 SRAP 分析 [J]. 安徽农业大学学报, 2017, 44 (5): 834-838.
- [9] 卢政辉. 秀珍菇及其近缘 22 株菌株的 SRAP 分析 [J]. 江西农业学报, 2008, 20 (11): 8-10.
- [10] 卢政辉. 秀珍菇栽培配方优化及经济效益分析 [J]. 中国食用菌, 2018, 37 (3): 5.
- [11] 李维焕, 吴璇, 王建彬, 等. 肺形侧耳交配型研究 [J]. 食用菌学报, 2016, 23 (3): 3.
- [12] 施乐乐. 罗源地区秀珍菇栽培菌株亲缘关系初步分析 [J]. 中国食用菌, 2022, 41 (2): 48-52.
- [13] 周思琦, 龚文兵, 夏志兰, 等. 秀珍菇全基因组 SSR 位点分析及其在遗传多样性评估中的应用 [J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2023, 49 (2): 176-182.
- [14] 宋吉玲, 王伟科, 陆娜, 等. 基于农艺性状和 ISSR 标记的秀珍菇遗传多样性分析 [J]. 南方农业学报, 2022, 41 (2): 173-181.
- [15] 张志鸿. 秀珍菇工厂化栽培的配方优化 [J]. 中国食用菌, 2023, 42 (2): 88-93.
- (责任编辑: 黄雄峰)

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2023.04.002



4 个黑木耳菌株的产量与农艺性状评比

彭传尧¹, 樊佳豪², 严少妹³, 王致钦⁴, 杨生澍⁴, 朱俊⁴, 王圣销⁵, 刘叶高⁶

(¹ 尤溪县食用菌技术推广站, 福建尤溪 365100;

² 福建农林大学园艺学院, 福建福州 350002;

³ 尤溪县种子站, 福建尤溪 365100;

⁴ 尤溪县天草菌物种业有限公司, 福建尤溪 365103;

⁵ 三明市农业科学院, 福建三明 365509;

⁶ 三明市三真生物科技有限公司, 福建三明 365000)

摘要:【目的】为了筛选出适合福建尤溪本地栽培的黑木耳菌株, 给农户提供更多选择。【方法】在尤溪县选择 3 个不同海拔高度的栽培点, 对 4 个黑木耳菌株 (‘Au3’ ‘Au9’ ‘Au31’ 和 ‘黑山’) 进行示范栽培, 分析比较不同栽培点各菌株的黑木耳产量和子实体性状。【结果】4 个示范黑木耳菌株的产量为 80.2~89.2 g/袋; 其中以 Au31 的产量最高, 子实体色泽较深, 耳片也较大、较厚, 流耳率最低。【结论】Au31 黑木耳有潜力作为适合尤溪本地栽培的黑木耳菌株。

关键词: 黑木耳; 菌株; 产量; 子实体性状

中图分类号: S661.2

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2023) 04-0248-04

Evaluation and Comparison of Yield and Agronomic Traits of Four *Auricularia Auricula* Strains

Peng Chuanyao¹, Fan Jiahao², Yan Shaomei³, Wang Zhiqin⁴, Yang Shengshu⁴, Zhu Jun⁴,

Wang Shengyou⁵, Liu Yegao⁶

(¹ Youxi Edible Fungus Technology Extension Station, Youxi, Fujian 365100, China;

² College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China;

³ Youxi County Seed Station, Youxi, Fujian 365100, China;

⁴ Tiancao Fungus Seed Industry Co. Ltd., Youxi, Fujian 365103, China;

⁵ Sanming Academy of Agricultural Sciences, Sanming, Fujian 365509, China;

⁶ Sanming Sanzhen Biological S.&T. Co. Ltd., Sanming, Fujian 365000, China)

Abstract: 【Objective】In order to screen out suitable *Auricularia Auricula* strains for cultivation in Youxi County and provide more choices for farmers. 【Method】Demonstration cultivation of four *Auricularia Auricula* strains (‘Au3’, ‘Au9’, ‘Au31’ and ‘Heishan’) was conducted on at three different altitudes in Youxi County, Fujian Province and the yield and fruiting body traits of each strains at different cultivation points were

收稿日期: 2023-05-26

基金项目: 福建省星火计划项目 (2021S0030); 尤溪县食用菌“五新”技术推广项目 (尤农 [2022] 94 号)

作者简介: 彭传尧 (1981-), 男, 高级农艺师, 农业推广硕士, 主要从事食用菌等经济作物试验示范推广工作, E-mail: pcy509@126.com

analyzed and compared. 【Result】 Experimental studies have shown that the yield of four demonstrated *Auricularia Auricula* strains (‘Au3’, ‘Au9’, ‘Au31’ and ‘Heishan’) was 80.2–89.2 g per bag. Among them, ‘Au31’ had the highest yield, darker, larger and thicker fruiting body color, and the lowest melting rate.【Conclusion】 ‘Au31’ had the potential to be a suitable *Auricularia Auricula* strains for local cultivation in Youxi.

Key words: *Auricularia Auricula*; Strain; Yield; Fruiting body traits

黑木耳 [*Auricularia Auricula* (L.ex Hook) Underw.] 又名木耳、光木耳和黑耳子, 属于木耳科木耳属^[1, 2]。黑木耳的主产区在我国的东北地区, 多采用短袋窝口栽培模式; 福建是南方黑木耳的主要栽培地区之一, 黑木耳以长袋扎口栽培模式为主。尤溪位于福建省中部, 森林覆盖率达78.48%, 属中亚热带季风性湿润气候, 农户栽培黑木耳具有原料来源广、周期短、效益高等特点, 是福建黑木耳的主产区。近年来, 在乡村振兴政策引领下, 黑木耳产业发展迅猛, 2022年全县有2 200多户菇农栽培黑木耳, 规模达6 800万袋, 已发展成为尤溪农业优势特色主导产业, “尤溪黑木耳”已于2018年被福建省农业厅等四部门评为首批特色农产品优势区。目前, 尤溪黑木耳还是以一家一户分散栽培模式为主, 存在优质品种少, 栽培管理粗放, 种业发展不平衡等问题^[3, 4], 制约了产业进一步发展壮大。尤溪栽培规模最大的‘黑山’^[5]品种, 因菇农盲目引种、管理粗放, 出现抗性减弱、耳质参差不齐、产量下降, 给菇农造成较大损失^[6, 7]。因此, 筛选出一些适合尤溪当地栽培的黑木耳菌株就显得尤为重要。

2021年, 尤溪县食用菌技术推广站与三明市三真生物科技有限公司(简称“三真公司”)合作, 由三真公司提供菌种, 在尤溪县3个不同海拔栽培点对4个黑木耳菌株进行示范栽培, 对黑木耳产量与子实体性状进行比较, 筛选出适合尤溪当地栽培的黑木耳菌株, 为菇农选种提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地点与培养基

在尤溪县选择交通便利、阳光充足、水源干净、

四周无污染的田块作为黑木耳示范栽培点。培养料配方: 杂木屑85%、麸皮14%、轻质碳酸钙1%, 含水量53%~56%。菌袋规格为14.2 cm×55 cm, 菌棒长度40 cm, 装料紧实, 菌棒湿重为1.4~1.45 kg。

1.2 试验设计

在尤溪县设置高、中、低等3个不同海拔高度的栽培点处理, 其中高海拔栽培点位于汤川乡香林村, 海拔约850 m; 中海拔点位于洋中镇桂峰村, 海拔约550 m; 低海拔点位于西滨镇七里村, 海拔约200 m, 每个栽培点均采用随机区组排列。供试菌种由三真公司提供, 分别为‘Au3’‘Au9’‘Au31’黑木耳菌株, 对照为尤溪县当地主栽的黑山菌株, 共4个处理, 每个处理3个重复, 每个重复30袋。

1.3 观测产量与子实体性状

黑木耳产量测定方法: 统计每个处理干耳总产量, 算出单袋干耳平均产量。在第一潮出耳采收前对每个菌株进行拍照, 以直观表现每个菌株的出菇场景。

子实体性状测量方法: 每个处理随机取一个菌棒, 选择向阳面一排中间10朵子实体, 用游标卡尺测量子实体的长度、宽度、厚度, 分别为子实体最长的直线距离、子实体边缘最宽幅度值、子实体先端与耳基中间部位的厚度, 取平均值。摆放各菌株子实体进行拍照。

2 结果与分析

2.1 不同菌株产量对比分析

由表1可知, 高海拔栽培点的4个菌株中, 以Au31单袋干耳产量最高, 为88.1 g/袋, 显著高于其他3个菌株; Au3的产量最低, 差异显著。中海拔栽培点的Au31与其余3个菌株单袋干耳产量

间有显著差异，Au31 的产量最高，Au3、Au9 和黑山产量相对较低，但也都超过了 82.0 g/ 袋。低海拔栽培点的 Au31 产量最高，为 90.5 g/ 袋；其余 3 个菌株间产量差异不明显。综合比较 3 个栽培点

的平均产量，以 Au31 的产量最高，为 89.2 g/ 袋，显著高于其他 3 个菌株；Au9 和黑山的产量中等，也显著高于 Au3。

2.2 不同菌株子实体性状对比分析

表 1 黑木耳 4 个不同菌株在不同栽培点的产量

菌株	单袋干耳平均产量 /g			
	高海拔点	中海拔点	低海拔点	平均
黑山（对照）	81.7 ± 0.8 b	82.7 ± 1.2 b	83.5 ± 0.9 b	82.7 ± 0.7 b
Au3	77.6 ± 1.2 c	82.5 ± 1.6 b	81.4 ± 0.8 b	80.2 ± 2.1 c
Au9	82.6 ± 1.7 b	84.3 ± 2.4 b	83.6 ± 1.0 b	83.5 ± 0.7 b
Au31	88.1 ± 1.0 a	89.0 ± 1.4 a	90.5 ± 3.4 a	89.2 ± 1.0 a

从图 1（七里村低海拔栽培点）可看出，黑山子实体颜色最深、呈黑色，部分刺孔处未出耳，地面掉耳较多；Au31 颜色相对较深、呈黑褐色；Au3 和 Au9 则颜色相对较浅、呈褐色，且 Au3 较

Au9 颜色更浅。示范 3 个菌株子实体较为饱满，地面掉耳较少。

对 4 个菌株子实体性状对比后发现（见图 2），

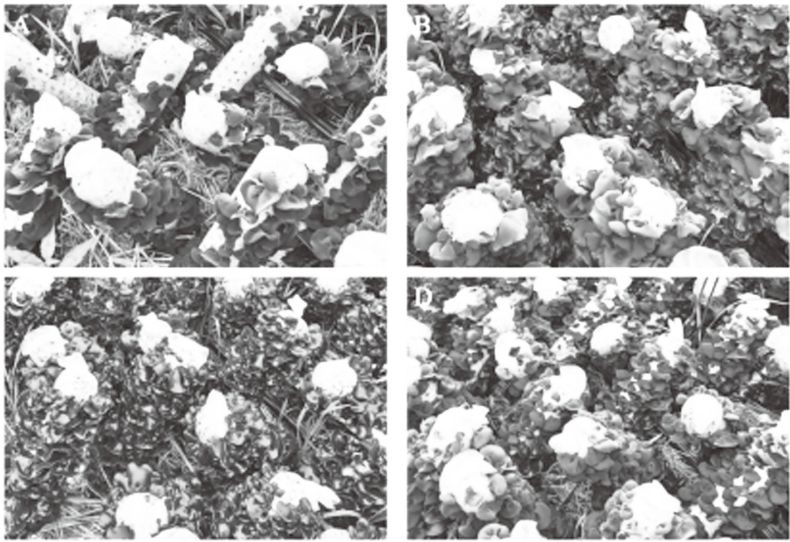


图 1 黑木耳 4 个不同菌株出菇场景对比

注：A~D 分别为黑山、Au3、Au9、Au31 菌株的出菇场景

黑山的子实体最大，背部有明显纤毛，有耳脉（耳筋）；Au3 子实体较小，朵形圆整，背部纤毛较少，耳脉较少；Au9 子实体大小居中，不规则朵形较多，背部无纤毛，耳脉较多；Au31 子实体较大，朵形较圆整，背部无明显纤毛，耳脉数适中。

从表 2 的子实体性状结果显示，Au3 的子实

体长度最短为 53.2 mm，显著低于黑山、Au9 和 Au31。黑山和 Au31 的子实体宽度较宽，显著高于 Au3 和 Au9。黑山和 Au31 的子实体厚度较厚，Au3 和 Au9 的较薄，前二者与后二者差异达显著水平。

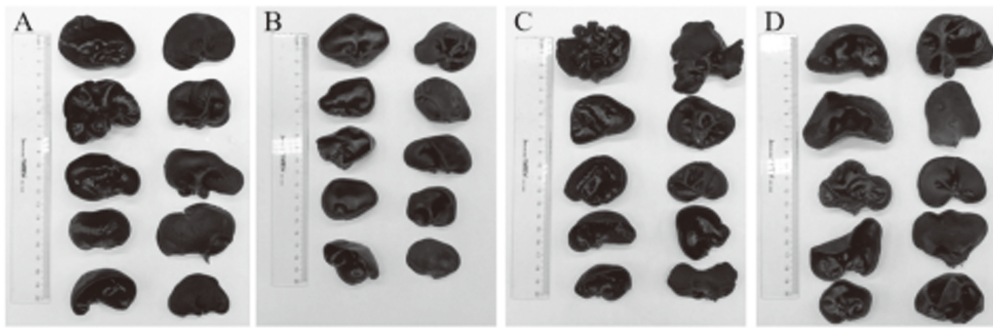


图2 黑木耳4个不同菌株子实体外观对比

注：A~D 分别为黑山、Au3、Au9 和 Au31 菌株的子实体外观。

表2 黑木耳4个不同菌株子实体性状

菌株	子实体					
	大小	纤毛	耳脉	长度/mm	宽度/mm	厚度/mm
黑山（对照）	最大	较多	较多	65.8 ± 8.5 a	49.4 ± 7.7 a	2.6 ± 0.4 a
Au3	较小	较少	较少	53.2 ± 3.7 b	38.8 ± 5.0 b	2.3 ± 0.2 b
Au9	中等	较少	最多	57.2 ± 4.2 a	40.7 ± 5.4 b	2.1 ± 0.2 b
Au31	较大	较少	中等	58.9 ± 6.1 a	44.9 ± 4.6 a	2.9 ± 0.3 a

3 小结与讨论

生产中很多农户认为黑木耳耳片越大越厚，最终产量会越高^[8]，但经本试验研究后发现，黑木耳子实体的长、宽和厚度与产量之间并非呈线性相关，黑山菌株的子实体的长、宽和厚度都较大，但最终产量并非4个菌株中最高的。黑木耳的产量与质量和其菌株的优劣具有极强的相关性^[7]，甚至起到决定性作用。试验过程发现：示范3个菌株同批次子实体颜色随海拔高度的增加逐渐变黑；出耳时随着温度降低，子实体颜色也逐渐变黑；子实体长耳时，气温较低，子实体变厚，朵形更为圆整。通过对尤溪县3个不同栽培点4个菌株示范栽培，结果表明：Au31菌株与其他3个菌株对比产量最高，子实体色泽较深，耳片也较大、较厚，流耳率较低，有潜力作为适合尤溪本地栽培的黑木耳菌株；建议在使用Au31菌株时，接种下地时间应适当延后，以提高商品性状，增加效益。

参考文献：

- [1] 黄毅. 食用菌栽培[M]. 北京：高等教育出版社，1998：167-168.
- [2] 贺新生. 食用菌物种分类地位检索方法[J]. 中国食用菌，2008（4）：55-56.
- [3] 谢福泉. 尤溪县食用菌优势特色产业发展现状及对策[J]. 现代农业科技，2020（19）：244-247.
- [4] 杨彬. 南方黑木耳新式袋栽技术[J]. 吉林农业，2015（18）：101-109.
- [5] 盛立柱，何建芬，吴志鹏，等. 黑木耳‘黑山’菌株在龙泉市栽培的表现与技术要点[J]. 食用菌 2022，30（1）：75-77.
- [6] 杨彬. 南方黑木耳长袋栽培关键环节技术集成[J]. 中国食用菌，2022，41（2）：15-18.
- [7] 刘杰，李世华，李军，等. 8个野生黑木耳菌株的生物学特性研究[J]. 食用菌，2021，43（6）：21-22，35.
- [8] 王立强. 关于发展黑木耳工厂化栽培的分析[J]. 河南农业，2022（2）：33-34.

（责任编辑：许玲）

DOI: 10.20023/j.cnki.2095–5774.2023.04.003

叶面喷施多效唑对马拉巴栗控冠效应的影响

汪嘉琛¹, 郑培华², 蔡天仁³, 刘建福^{1*}, 杜志云⁴, 杜清洁⁴(¹ 华侨大学园艺科学与工程研究所, 福建厦门 361021;² 福建省泉州市林业局, 福建泉州 362000;³ 晋江市林业和园林绿化局, 福建泉州 362200;⁴ 泉州市洛江区祥云花卉农民专业合作社, 福建泉州 362010)

摘 要: 【目的】探究叶面喷施多效唑对不同造型马拉巴栗的施用效果及其剂量效应, 旨在为盆栽马拉巴栗树冠调控提供参考。【方法】以提根型和单杆型盆栽马拉巴栗为材料, 测定与分析 0.9、1.8 g/L 多效唑处理对马拉巴栗枝梢生长和叶片的光合色素、蛋白质含量、气孔数量的影响。【结果】喷施多效唑对 2 种造型马拉巴栗的生长均有明显延缓作用, 枝梢抽发率、叶芽萌发率和顶梢节间长度显著下降, 叶片的总叶绿素、类胡萝卜素和蛋白质含量以及单位面积气孔数量均显著提高。【结论】喷施浓度为 1.8 g/L 的多效唑对盆栽马拉巴栗树冠具有较好的矮化效果。

关键词: 马拉巴栗; 多效唑; 生理特性; 矮化效应

中图分类号: S687

文献标识码: A

文章编号: 2095–5774 (2023) 04–0252–05

Effects of Foliar Spraying of Paclobutrazol on Tree Crown Control of Potted *Pachira glabra*

Wang Jiachen¹, Zheng Beihua², Cai Tianren³, Liu Jianfu^{1*}, Du Zhiyun⁴, Du Qingjie⁴(¹ Institute of Horticultural Science and Engineering, Huaqiao University, Xiamen, Fujian 361021, China;² Quanzhou Forestry Bureau, Quanzhou, Fujian 362000, China;³ Jinjiang Forestry and Landscaping Bureau, Quanzhou, Fujian 362200, China;⁴ Xiangyun Flower Farmers' Professional Cooperative, Luojiang District, Quanzhou, Fujian 362010, China)

Abstract: 【Objective】To investigate the application effect and dose effect of foliar spraying of paclobutrazol on different modellings of *Pachira glabra*, aiming to provide reference for crown regulation of potted Facai trees. 【Method】Using rooting and single stem potted Facai trees as materials, the effects of 0.9 g/L and 1.8 g/L paclobutrazol treatments on the growth of *Pachira glabra* branches, photosynthetic pigments and protein content, in leaves and the number of leaf stomata were tested. 【Result】Spraying paclobutrazol significantly delayed the growth of two types

收稿日期: 2023–05–16

基金项目: 福建省星火计划项目 (2021S0035)

作者简介: * 为通讯作者, 刘建福 (1975–), 男, 副教授, 博士, 主要从事植物生理与代谢研究工作, E-mail: 907153549@qq.com。

汪嘉琛 (2000–), 女, 在读研究生, 主要从事植物细胞培养工程研究, 1391807885@qq.com

of Facai trees, with a significant decrease in shoot germination rate, leaf bud germination rate, and internode length at the top. The content of total chlorophyll, carotenoids and protein, and stomatal number per unit area in leaves were all significantly increased. 【 Conclusion 】 Spraying 1.8 g/L paclobutrazol has a good dwarfing effect on the crown of potted *Pachira glabra*.

Key words: *Pachira glabra* Pasq.; Paclobutrazol; Physiological characteristics; Dwarfing effect

马拉巴栗 (*Pachira glabra* Pasq), 又名“发财树”, 为木棉科瓜栗属常绿树种^[1]。马拉巴栗原产于南美地区, 喜好湿热环境, 在我国福建、海南等省份多有种植。马拉巴栗形似伞状, 树干苍劲古朴, 茎基部膨大肥圆, 枝上掌状叶片辐射平展, 其观赏价值高, 树形优美, 易于管理, 具有良好的装饰和美化作用, 且商品名“发财树”寓意吉祥如意^[2], 深受商家及消费者的喜爱, 在我国消费市场具有很大的发展潜力。马拉巴栗较耐阴, 栽培养护简单, 极适合室内栽培^[3]。马拉巴栗畅销商品以盆栽为主, 有单杆、三杆、三瓣、五瓣、组合盆栽、提根盆景等^[4]。

多效唑是常用的植物生长调节剂, 具有延缓植物生长、抑制茎秆伸长、缩短节间长度、增加植物抗逆性能等效果^[5]。已有研究表明, 多效唑可以促使福禄考株型矮化、株茎变粗, 提高生长势、增强抗倒伏能力^[6]; 能够有效抑制西瓜苗期的徒长, 显著降低西瓜株高^[7]; 还能改变雌株杨梅的花序性别^[8]等。目前有关马拉巴栗的研究大多集中于水培技术^[2]、扦插育苗^[9]、病虫害防治^[10]等方面, 但鲜见关于多效唑对马拉巴栗冠型调控的研究。本试验对盆栽马拉巴栗进行形态及生理指标的测定, 旨在探究多效唑对马拉巴栗冠型调控的作用机制, 寻求多效唑最佳施用浓度, 以实现采用叶面喷施多效唑提高植株观赏性和抗性, 同时为盆栽观赏植物的树形调控和矮化栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2022年5–10月, 在泉州市洛江区祥

云花卉农民专业合作社温室大棚内开展。种植盆上口直径30 cm, 底部直径25 cm, 高度25 cm; 选择红壤土: 泥炭土=4:1为栽培基质。以提根型和单杆型马拉巴栗为试验材料, 株龄4 a, 生长势较为一致, 平均株高1.52 m、米径6.43 cm、每株枝条数量7.2枝。施用的药剂为15%可湿性粉剂多效唑, 由江苏七洲绿色化工股份有限公司生产。

1.2 试验设计

分别对提根型和单杆型等2种造型的马拉巴栗开展多效唑控冠喷施试验。多效唑浓度分别为0.9 g/L和1.8 g/L, 以喷施清水作为对照, 共3种处理, 每处理3盆为1组, 每组3次重复, 随机区组排列。喷施选择在下午5时左右, 喷至植株全部叶面刚好滴水为止。每隔7 d喷施1次, 共喷施4次, 于最后1次喷施后15 d进行植株形态指标测量, 取样检测生理指标。

1.3 测定方法

药剂处理后统计植株的总枝梢数量、新抽发枝梢数量、枝梢上已萌发的叶芽(顶芽和腋芽)数量; 计算枝梢抽发率=新抽发枝梢数/总枝梢数; 叶芽萌发率=已萌发叶芽数/总枝梢数。选择植株顶端枝梢, 在顶端向下第2~3片功能叶之间, 分别用游标卡尺、直尺测量中部直径和两叶之间距离, 计为顶梢节间粗度与长度。

选取顶端向下第2~3片功能叶, 用于气孔数量观测和生理指标检测。测定叶片的光合色素含量, 叶绿素和类胡萝卜素含量采用乙醇提取、分光光度法测定^[11], 气孔数量测定方法是选取小叶片中部, 避开叶脉切取1 cm×1 cm方块, 置于50倍光学显微镜下观察, 统计叶片背面的气孔数量, 每个叶片统计3个视野, 算出单位面积气孔数量。

蛋白质含量采用考马斯亮蓝法进行测定^[12]。

1.4 数据分析

利用 Microsoft Excel 进行数据统计, SPSS 软件进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 多效唑对马拉巴栗枝梢生长的影响

喷施多效唑后, 提根型和单杆型等 2 种造型马拉巴栗的枝梢抽发率和叶芽萌发率均显著低于对照, 见表 1。多效唑浓度越高, 枝梢抽发率和叶芽萌发率都越低; 喷施 1.8 g/L 多效唑后, 与对照相比, 提根型和单杆型的枝梢抽发率分别降

低了 21.58、22.19 个百分点, 叶芽萌发率降低了 28.35、39.38 个百分点。由此可见, 多效唑可有效抑制马拉巴栗的枝梢抽发和叶芽萌发, 从而控制树冠的生长。

随着多效唑浓度的升高, 马拉巴栗顶梢节间粗度逐渐增加、长度逐渐变小; 喷施 1.8 g/L 多效唑后, 提根型和单杆型的顶梢节间粗度分别比对照增加 46.15% 和 51.56%, 顶梢节间长度降低了 33.17% 和 30.56%。可见, 多效唑抑制了马拉巴栗顶梢节间的伸长, 增加顶梢节间粗度, 降低枝梢的生长速度, 表现出矮化效果。

表 1 多效唑对马拉巴栗枝梢生长的影响

造型 类型	多效唑浓度 /(g · L ⁻¹)	枝梢抽发率 /%	叶芽萌发率 /%	顶梢节间粗度 /mm	顶梢节间长度 /cm
提根型	对照	63.77 ± 1.03 a	78.87 ± 1.15 a	0.65 ± 0.09 c	6.21 ± 0.55 a
	0.9	49.66 ± 2.34 b	57.62 ± 2.38 b	0.86 ± 0.13 b	5.02 ± 0.82 b
	1.8	42.19 ± 8.08 b	50.52 ± 3.56 b	0.95 ± 0.07 a	4.15 ± 1.08 b
单杆型	对照	68.58 ± 1.47 a	106.71 ± 5.24 a	0.64 ± 0.08 c	6.38 ± 0.34 a
	0.9	56.21 ± 1.21 a	90.65 ± 2.10 a	0.83 ± 0.10 b	4.91 ± 0.46 b
	1.8	46.39 ± 1.06 b	67.33 ± 4.27 b	0.97 ± 0.08 a	4.43 ± 0.50 b

2.2 多效唑对马拉巴栗叶片光合色素含量的影响

光合色素决定着植物叶片光合能力。由表 2 可知, 喷施多效唑均能提高马拉巴栗的叶绿素和类胡萝卜素含量。随着多效唑浓度的增加, 提根型和单杆型 2 种马拉巴栗的叶片中各光合色素含量均逐渐增加; 其中 1.8 g/L 多效唑处理的叶片各色素含量均显著高于 0.9 g/L 多效唑处理和对

照。与对照相比, 喷施 1.8 g/L 多效唑的提根型和单杆型马拉巴栗的总叶绿素含量增加了 40.14% 和 55.63%, 类胡萝卜素含量增加了 44.44% 和 60.71%; 而提根型马拉巴栗喷施 0.9 g/L 多效唑的叶绿素 b 和类胡萝卜素含量高于对照, 但差异不显著, 而叶绿素 a 和总叶绿素含量显著高于对照。

表 2 多效唑对马拉巴栗叶片光合色素含量的影响

造型 类型	多效唑浓度 /(g · L ⁻¹)	叶绿素 a /(mg · g ⁻¹)	叶绿素 b /(mg · g ⁻¹)	总叶绿素 /(mg · g ⁻¹)	类胡萝卜素 /(mg · g ⁻¹)
提根型	对照	1.02 ± 0.21 c	0.40 ± 0.29 b	1.42 ± 0.48 c	0.27 ± 0.11 b
	0.9	1.20 ± 0.04 b	0.45 ± 0.33 b	1.65 ± 0.24 b	0.30 ± 0.17 b
	1.8	1.43 ± 0.23 a	0.56 ± 0.17 a	1.99 ± 0.03 a	0.39 ± 0.09 a
单杆型	对照	1.02 ± 0.07 c	0.40 ± 0.14 c	1.42 ± 0.27 c	0.28 ± 0.13 c
	0.9	1.27 ± 0.06 b	0.52 ± 0.18 b	1.79 ± 0.16 b	0.36 ± 0.14 b
	1.8	1.54 ± 0.07 a	0.67 ± 0.18 a	2.21 ± 0.51 a	0.45 ± 0.09 a

2.3 多效唑对马拉巴栗叶片气孔数量的影响

由图1可知，经多效唑处理后可以增加叶片的单位面积气孔数量。喷施的多效唑浓度越高，叶片气孔数量越多，且相同处理的气孔数量表现为单杆型高于提根型。1.8 g/L 多效唑处理的提根型和单杆型的气孔数量分别比对照增加 55.06% 和 59.12%。提根型马拉巴栗喷施 1.8 g/L 多效唑的气孔数量显著高于 0.9 g/L 处理和对照，而 0.9 g/L 处理与对照差异不显著。单杆型马拉巴栗喷施 1.8 g/L 和 0.9 g/L 多效唑的气孔数量均显著高于对照，但 1.8 g/L 和 0.9 g/L 处理间差异不显著。可见喷施适

当浓度的多效唑能够提高马拉巴栗叶片单位面积气孔数量。

2.4 多效唑对马拉巴栗叶片蛋白质含量的影响

喷施多效唑提高了 2 种造型的马拉巴栗叶片蛋白质含量（图 1），其蛋白质含量随着多效唑浓度的增加而增加，喷施后叶片蛋白质含量均显著高于对照，（提根型马拉巴栗经喷施多效唑后叶片蛋白质含量均显著高于对照）而 2 种喷施浓度处理间差异不显著。单杆型马拉巴栗叶片蛋白质含量在喷施 0.9 或 1.8 g/L 多效唑后有显著性提升。

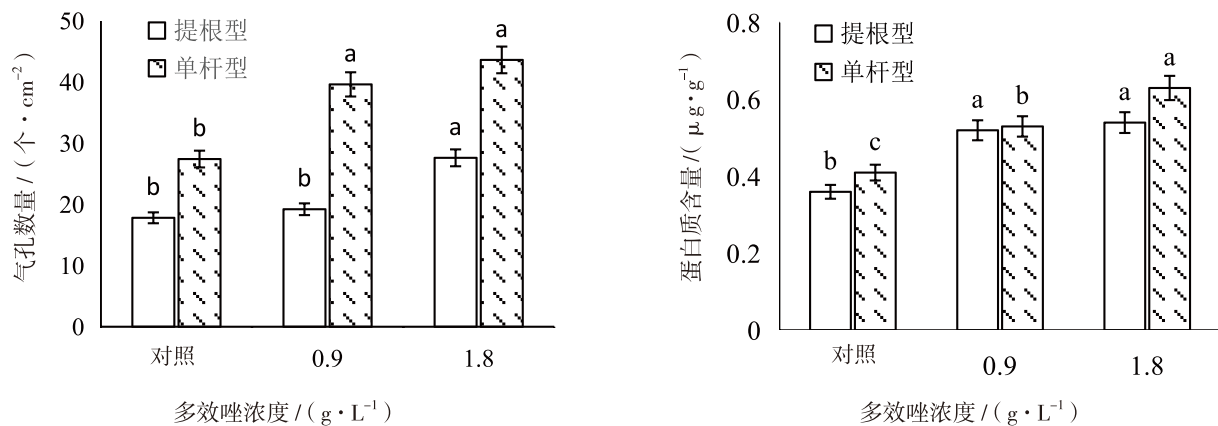


图1 多效唑对马拉巴栗叶片气孔数量和蛋白质含量的影响

3 结论与讨论

多效唑作为植物生长延缓剂，主要是使植物体内赤霉素含量大幅降低，减缓植物茎端分生组织细胞的分裂，抑制细胞的伸长，从而使植株纵向生长受到抑制，缩短节间，从而达到植株矮化的目的^[7, 13-15]。周伟权等研究表明库尔勒香梨营养生长快速期使用多效唑可有效抑制新梢纵向生长，并能促进横向生长^[16]。多效唑在柠檬上使用能够缩短柠檬新梢伸长生长，降低树体高度，表现出显著的抑梢效果^[17]。同时，多效唑在观赏向日葵^[5]、元宝枫^[11]、梅花^[18]、互叶白千层^[19]等植物上也表现出显著的矮化效果和控冠效应。本研究中，叶面喷施多效唑对马拉巴栗顶梢节间

长度起到缩短作用，对顶梢节间粗度起到增加作用，起到冠型的调控作用。

喷施多效唑后对植株叶绿素合成及可溶性蛋白合成有一定的促进效果^[17]。刘俊仙等^[20]研究表明多效唑能使甘蔗苗木叶色浓绿，小叶紫薇^[21]和紫穗槐^[22]的叶绿素含量升高。此外，本研究还发现喷施多效唑能提高马拉巴栗叶片单位面积的气孔数量，这可能是由于多效唑抑制叶片的生长，降低叶面积大小，从而提高单位面积的气孔数量。本研究中多效唑通过提高马拉巴栗单位面积叶片气孔数量和叶绿素含量，有利于提高叶片光合能力，促进植物光合产物和蛋白质的合成，有助于增强马拉巴栗对环境的适应性和抗逆性。

参考文献:

- [1] 杨青焕.发财树的室内栽培及病虫害防治技术[J].现代园艺, 2019(4): 46-47.
- [2] 张孟锦,袁必局,羊金殿,等.不同激素对水培发财树根系生长的影响[J].热带农业科学, 2018, 38(1): 39-42.
- [3] 郭翠娥.植物化学调控在发财树优质生产上的应用[J].中国花卉园艺, 2020(3): 80-81.
- [4] 张彩燕.发财树的栽培管理技术研究[J].农业科技与信息(现代园林), 2010(5): 95-98.
- [5] 刘明,张迪,何欢,等.矮壮素和多效唑对观赏向日葵的矮化效应[J].贵州农业科学, 2022, 50(7): 46-50.
- [6] 周强,金研铭.多效唑对宿根福禄考的矮化效应研究[J].安徽农业科学, 2012, 40(29): 14201-14202.
- [7] 梁任繁,苏义成,仇惠君,等.叶面喷施多效唑对网纹甜瓜幼苗农艺性状、内源激素的影响及其相互关系[J].中国瓜菜, 2023, 36(6): 50-57.
- [8] 林旗华,钟秋珍,张泽煌.多效唑诱导雌株杨梅形成雄花研究[J].东南园艺, 2023, 11(3): 168-171.
- [9] 陈金章.发财树扦插育苗技术初步研究[J].绿色科技, 2016(3): 11-12.
- [10] 杨青焕.发财树的室内栽培及病虫害防治技术[J].现代园艺, 2019(4): 46-47.
- [11] 李伸,李玲,常琛颀,等.多效唑与矮壮素对盆栽元宝枫的控冠效应[J].园艺与种苗, 2023, 43(7): 28-30.
- [12] 靖华,马爱平,亢秀丽,等.基于多效唑和微喷灌量的麦茬复播谷子品质及矮化效应研究[J].中国农学通报, 2023, 39(6): 18-25.
- [13] 邹祖有,郑会全,韦如萍,等.叶面喷施多效唑对杉木无性系幼株生长的效应分析[J].广东农业科学, 2023, 50(8): 118-125.
- [14] 刘文超,李丹,白冰,等.多效唑对番茄上胚轴矮化的影响[J].植物生理学报, 2022, 58(11): 2151-2162.
- [15] 黄相,邹瑜,赵明,等.多效唑对3个香蕉品种旱地栽培的矮化效应[J].中国南方果树, 2022, 51(4): 63-67, 73.
- [16] 周伟权,杨文莉,赵世荣,等.多效唑对库尔勒香梨新梢生长及果实品质的影响[J].新疆农业大学学报, 2016, 39(5): 360-365.
- [17] 刘红明,李晶,朱春华,等.多效唑对柠檬营养生长和生殖生长的影响[J].南方农业学报, 2013, 44(10): 1694-1699.
- [18] 张钰晗,韦淋馨,马开峰,等.不同生长抑制剂对盆栽梅花生理特性的影响[J].东北林业大学学报, 2023, 51(7): 61-67.
- [19] 张乐.植物生长延缓剂对盆栽互叶白千层矮化效应研究[D].长沙:中南林业科技大学, 2022.
- [20] 刘俊仙,李松,谭芳,等.多效唑浸种对甘蔗幼苗分蘖发生及生理特性变化的影响[J].广东农业科学. 2016, 43(4): 38-43.
- [21] 刘文静.多效唑对小叶紫薇幼苗的矮化效应[J].现代园艺. 2020, 43(11): 16-18.
- [22] 刘静雅,李绍才,孙海龙,等.多效唑对紫穗槐生长及生理特性的影响[J].植物科学学报. 2016, 34(2): 271-279.

(责任编辑:许玲)

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2023.04.004

基于 RAPD 分子标记的观赏春石斛遗传多样性分析

刘贝宁¹, 李刘敏², 陈发兴^{2*}⁽¹⁾ 福建农林大学国际学院, 福建福州 350002;⁽²⁾ 福建农林大学园艺学院, 福建福州 350002)

摘要: 【目的】利用 RAPD 分子标记对观赏春石斛的遗传多样性进行分析。【方法】以 10 份观赏春石斛种质资源为供试材料, 采用 100 条 RAPD 随机引物进行筛选。【结果】从筛选出来的 15 条具有良好多态性的引物中扩增得到 125 个 DNA 条带, 其中 80 个条带表现出多态性, 多态性位点比率为 63.89%。聚类分析结果显示, 在相似系数为 0.37 时 10 份样本分为两大类, 在相似系数 0.41 时可进一步分为两个亚类群。【结论】利用 RAPD 分子标记可以鉴别观赏春石斛种质资源。

关键词: 春石斛; 种质资源; RAPD 标记; 多态性

中图分类号: S682.31

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2023) 04-0257-08

Genetic Diversity Analysis of Ornamental Spring *Dendrobium* Based on RAPD Molecular Markers

Liu Beining¹, Li Liumin², Chen Faxing^{2*}⁽¹⁾ International College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China;⁽²⁾ College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract: 【Objective】The genetic diversity of *Dendrobium* was analyzed using RAPD molecular markers. 【Method】Using 10 ornamental spring *Dendrobium* germplasm resources as test materials, 100 RAPD random primers were used for screening. 【Result】125 DNA bands were amplified from 15 primers with good polymorphism, of which 80 bands showed polymorphism, and the ratio of polymorphic sites was 63.89%. The results of cluster analysis showed that 10 samples can be divided into two groups when the similarity is 0.37, and further divided into two groups when the similarity coefficient is 0.41. This study can provide theoretical basis for the breeding of ornamental *Dendrobium*. 【Conclusion】RAPD molecular markers can accurately identify ornamental spring *Dendrobium* germplasm resources.

Key Words: Spring *Dendrobium*; Germplasm resources; RAPD marker; Polymorphism

收稿日期: 2023-03-16

基金项目: 福建省高校产学研合作项目 (2022N5016)

作者简介: * 为通讯作者, 陈发兴 (1967-), 男, 教授, 博导, 主要从事园艺植物领域研究工作, E-mail: fxchen@fafu.edu.cn。

刘贝宁 (2003-), 女, 主要从事风景园林研究, E-mail: 2075431492@qq.com

石斛属 (*Dendrobium*) 为兰科 (*Orchidaceae*) 第二大属植物, 全球范围内有 1400 余种^[1]。中国石斛属植物有 100 余种^[2], 其中 13 种为我国特有种, 包括铁皮石斛 (*Dendrobium officinale*) 和霍山石斛 (*Dendrobium huoshanense*)^[3]。石斛属植物包括药用石斛和观赏石斛, 药用石斛在我国应用历史悠久, 最早记载于东汉时期的《神农本草经》, 其在糖尿病、心血管疾病、肿瘤、神经系统疾病等疾病的治疗上应用潜力巨大^[4]; 观赏石斛有着丰富独特的花型、花色及图案, 以及别具一格的花香, 受到消费者的青睐。近些年来, 石斛产业的发展主要依赖于野生石斛种质资源, 石斛新品种的选育较少, 且多集中在药用石斛^[5]。观赏春石斛多作为盆栽供室内观赏, 在春节前作为年宵花上市, 因其形态雍容华贵, 具有高雅尊贵的气质, 被人们称为“成功之花”。

分子标记在植物学研究中广泛应用于品种鉴定、遗传关系鉴定、遗传多样性检测、遗传图谱构建等领域^[6]。当前已有许多模式植物完成全基因组测序, 为分子标记技术的发展奠定基础^[7]。目前石斛属的分子标记研究集中在原生种、秋石斛栽培种及药用价值较高的石斛, 而尚未见到观赏春石斛相关的研究报道。本研究通过 RAPD 分子标记技术对 10 份供试观赏春石斛进行聚类分析, 以期进一步评价观赏春石斛种间的遗传多样性, 为观赏春石斛种质资源的准确鉴别提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为 10 份观赏春石斛种质(表 1、图 1), 由泉州市泉丰生物科技有限公司提供。

表 1 10 份供试观赏春石斛种质材料

编号	种质名称	学名
A01	拿坡里	<i>D. Tomofleak</i> Noponri
A02	变异国王	<i>D. Yukidaruma</i> Mutation
A03	泼墨皇后	<i>D. Lai</i> ' s Pearl 'Queen'
A04	红小町	<i>D. Sea Sky</i> 'Silk'
A05	中华梦	<i>D. China Dream</i> 'Crystal'
A06	泼墨樱花美人	<i>D. Sakura Hime</i> 'M'
A07	红星	<i>D. Snow Flake</i> 'Red Star'
A08	黄金巴比伦	<i>D. Golden Papillon</i> 'Liberty Bell'
A09	甜蜜之月	<i>D. Honey Moon</i> 'Sweet'
A10	红火鸟	<i>D. Rainbow Dance</i> 'Princess'



图 1 供试观赏春石斛种质材料

参照《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 石斛属》^[8]，对供试观赏春石斛表观性状进行观测描述，结果见表 2。

表 2 观赏春石斛种质资源部分表观性状

编号	品种	叶片形状	叶先端形状	萼片颜色	萼片图案模式	花瓣颜色	花瓣图案模式	唇瓣：眼	唇瓣：眼类型	唇瓣颜色	唇瓣图案模式
A01	拿坡里	椭圆形	钝圆	2	镶边	2	镶边	有	Ⅱ	2	镶边
A02	变异国王	条形	锐尖	1	无	2	网状	有	I	1	无
A03	泼墨皇后	椭圆形	钝圆	2	镶边	2	镶边	无	—	2	晕
A04	红小町	窄披针形	锐尖	2	晕	2	晕	无	—	2	镶边
A05	中华梦	椭圆形	锐尖	2	镶边	2	镶边	无	—	2	晕
A06	樱花美人	窄卵形	锐尖	2	镶边	2	镶边	无	—	2	镶边
A07	红星	窄卵形	锐尖	2	无	2	无	有	I	1	无
A08	黄金巴比伦	窄披针形	锐尖	1	无	1	无	有	I	2	网状
A09	甜蜜之月	窄披针形	锐尖	1	无	1	无	无	—	1	无
A10	红火鸟	椭圆形	锐尖	2	无	2	无	无	—	2	网状

1.2 试验方法

1.2.1 观赏春石斛叶片 DNA 提取

选取观赏春石斛新鲜叶片，采用翌圣生物科技（上海）股份有限公司植物 DNA 试剂盒提取基因组 DNA。采用 1% 琼脂糖凝胶电泳对 DNA 的提取质量进行观察，检测基因组条带有无及完整性。使用微量紫外分光光度计测定其浓度、OD₂₆₀/OD₂₈₀ 值，选取 OD₂₆₀/OD₂₈₀ 值在 1.8~2.0 的样品进行后续 RAPD-PCR 扩增。

1.2.2 观赏春石斛 PCR 体系优化

根据预实验确定 PCR 体系为 15 μL 的体系，

其中：模板 DNA 3 μL，RAPD 引物 3 μL，PCRmix 酶 7 μL，ddH₂O 2 μL。选择模板 DNA 浓度、引物浓度、退火温度 3 个条件进行单因素梯度优化，各因素水平如表 3。

PCR 反应程序为：95℃预变性 5 min；95℃变性 30 s，退火 30 s，72℃延伸 3 min，进行 40 个循环；72℃延伸 6 min。采用 1×TAE 配制 1% 琼脂糖凝胶电泳对 PCR 扩增的产物进行检测，电泳条件为 120 V，90 mA，25 min 左右，时间根据溴酚蓝指示剂的位置进行控制。

表 3 RAPD-PCR 体系优化条件

因素	梯度设置								
DNA 浓度 / ($\text{ng} \cdot \mu\text{L}^{-1}$)	6	7	8	9	10	11	12	13	14
引物浓度 / ($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	6	7	8	9	10	11	12	13	14
退火温度 /℃	30.0	30.6	31.4	32.6	34.2	35.7	36.9	38.3	39.8

1.3 观赏春石斛遗传多样性分析

本研究使用的 RAPD 随机引物 100 条由上海生工生物工程技术有限公司合成。对 RAPD-

PCR 扩增产物进行琼脂糖凝胶电泳检测，将清晰可重复的条带记为“1”，将同一位置上的弱带、不重复或没有出现的条带记为“0”。建立“1”、

“0”数据矩阵，统计扩增出的总条带数和多态性条带数，计算各个引物的多态性比率。采用 Ntsys 2.10e 进行聚类分析^[8]。

2 结果与分析

2.1 观赏春石斛基因组 DNA 提取与分析

所有 DNA 电泳结果如图 2 所示。电泳结果显示，DNA 条带明亮、无杂带和弥散情况，表明得到的 DNA 完整，没有或较少降解，可在后续用作 RAPD 标记的模板。

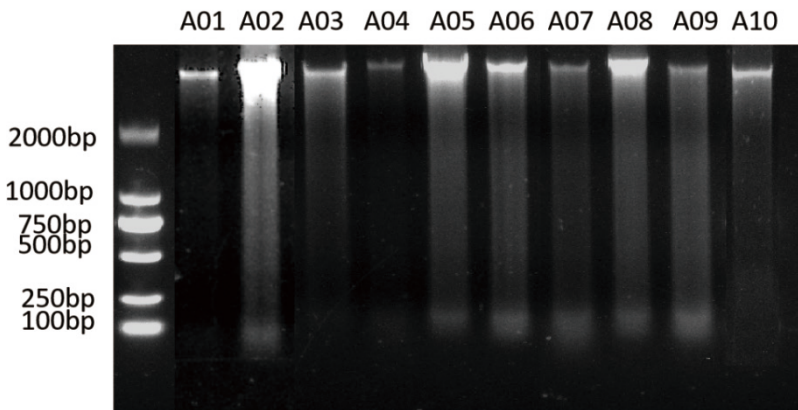


图 2 供试观赏春石斛的 DNA 电泳图

超微量紫外分光光度计测定 10 份观赏春石斛的 DNA 浓度及质量结果见表 4，由于不同品种石斛之间多糖含量的差异，所提取的石斛基因组 DNA 浓度差距较大，在 42.032~170.406 ng/μL 不等，

多集中在 60~100 ng/μL。OD₂₆₀/OD₂₈₀ 均在 1.8~2.0，进一步表明提取得到的基因组 DNA 没有或较少降解，纯度较高，可用作 RAPD 标记的模板。

表 4 供试石斛的 DNA 浓度及质量

编号	DNA 浓度 / (ng · μL ⁻¹)	OD ₂₆₀ /OD ₂₈₀	编号	DNA 浓度 / (ng · μL ⁻¹)	OD ₂₆₀ /OD ₂₈₀
A01	42.032	1.93	A06	123.766	1.85
A02	93.560	1.89	A07	131.312	1.94
A03	170.406	1.87	A08	82.656	1.97
A04	98.977	1.85	A09	77.189	1.88
A05	82.329	1.86	A10	56.573	1.91

2.2 观赏春石斛 RAPD-PCR 体系优化

RAPD-PCR 体系中模板 DNA 浓度优化结果见图 3，当 DNA 浓度为 12 ng/μL 时，条带相对更加明亮、清晰，数量最多，效果最好。

对引物浓度的优化结果见图 4，引物浓度为 9 μmol/L 时扩增得到的条带数最多、效果最清晰。因此，RAPD-PCR 体系的引物浓度选用 9 μmol/L。

对退火温度进行优化结果见图 5，退火为

38.3℃ 时扩增得到的条带数最多、条带最为清晰明亮。因此，RAPD-PCR 体系的退火温度选用 38.3℃。

综上分析，观赏春石斛 RAPD 的最佳反应体系为 15 μL 的体系包括：9 μmol/L 的引物 3 μL，12 ng/μL 的模板 DNA 3 μL，PCRMix 酶 7 μL，ddH₂O 2 μL。

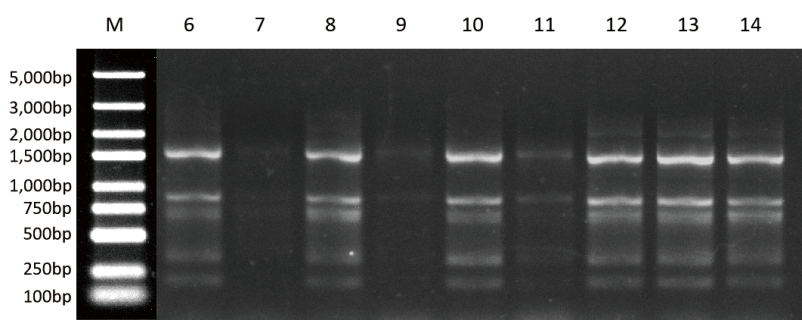


图3 模板 DNA 浓度的单因素优化结果

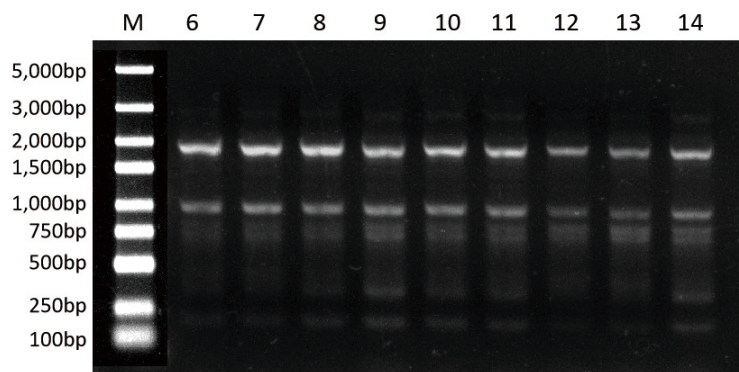


图4 引物浓度的单因素优化结果

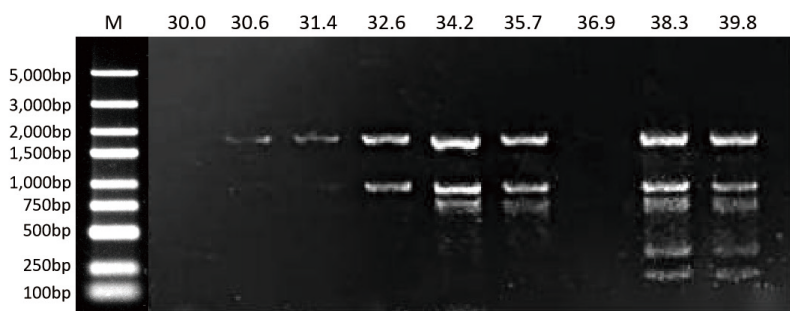


图5 退火温度的单因素优化结果

2.3 观赏春石斛引物多态性分析

先选取表观差异较大的‘泼墨皇后’和‘黄金巴比伦’对 100 条随机引物进行筛选，得到 20 条在这两种石斛中均能扩增得到三条及以上条带数的引物（图 6）。进一步筛选得到 15 个具有良好多态性的引物，从筛选出来的 15 个具有良好多态性的引物中扩增得到 125 条 DNA 条带，每个引物扩增所得的条带数量在 6 到 11 之间（见表 5）。其中，80 条 DNA 条带表现出多态性，多态性位点比率为 63.89%。

2.4 观赏春石斛聚类分析

根据 10 份观赏春石斛的形态学特征对其进行分类。其中，除‘甜蜜之月’和‘红火鸟’外其他石斛唇瓣均有眼结构；‘拿坡里’、泼墨皇后、‘中华梦’和‘樱花美人’的萼片及花瓣图案模式均为镶边；泼墨皇后和中华梦之间的性状相似程度最高；黄金巴比伦与红火鸟的花均较小，且花瓣为窄椭圆形，唇瓣图案模式均有网状，与其他 8 份种质均差别明显。

使用 NTsys 2.10e 对 0, 1 矩阵进行分析，利用

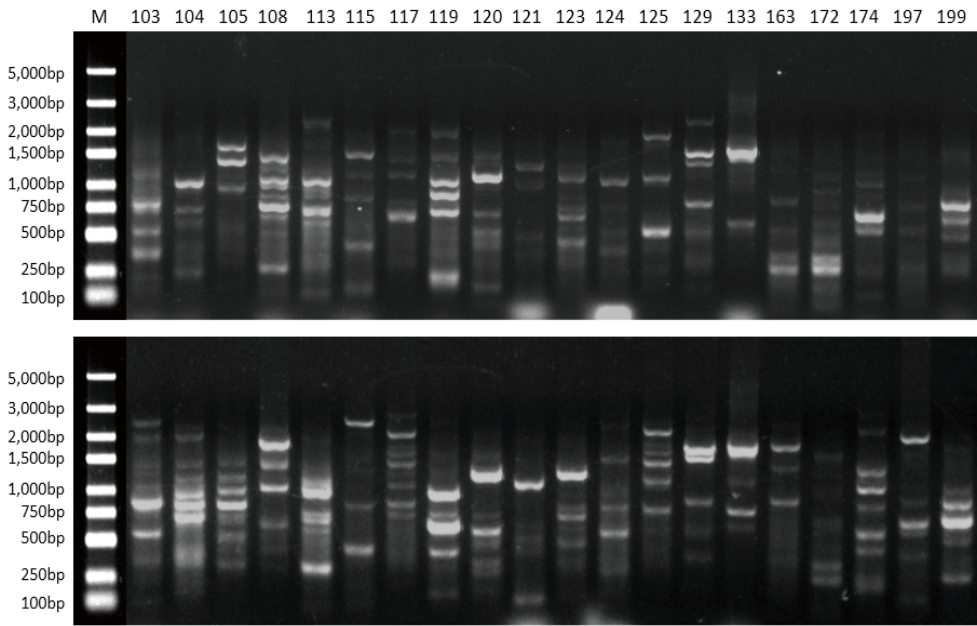


图 6 RAPD 随机引物的筛选

表 5 多态性 RAPD 引物序列及其扩增条数

引物	序列	总条带数	多态性条带数	多态性位点比率 / %
S103	AGACGTCCAC	8	7	87.50
S104	GGAAGTCGCC	8	3	37.50
S105	AGTCGTCCCC	11	8	72.73
S113	GACGCCACAC	9	6	66.67
S115	AATGGCGCAG	6	3	50.00
S119	CTGACCAGCC	10	7	70.00
S120	GGGAGACATC	6	5	83.33
S121	ACGGATCCTG	6	3	50.00
S123	CCTGATCACC	8	5	62.50
S124	GGTGATCAGG	9	5	55.56
S129	CCAAGCTTCC	8	5	62.50
S133	GGCTGCAGAA	7	4	57.14
S163	CAGAAGCCCA	10	7	70.00
S174	TGACGGCGGT	8	7	87.50
S199	GAGTCAGCAG	11	5	45.45

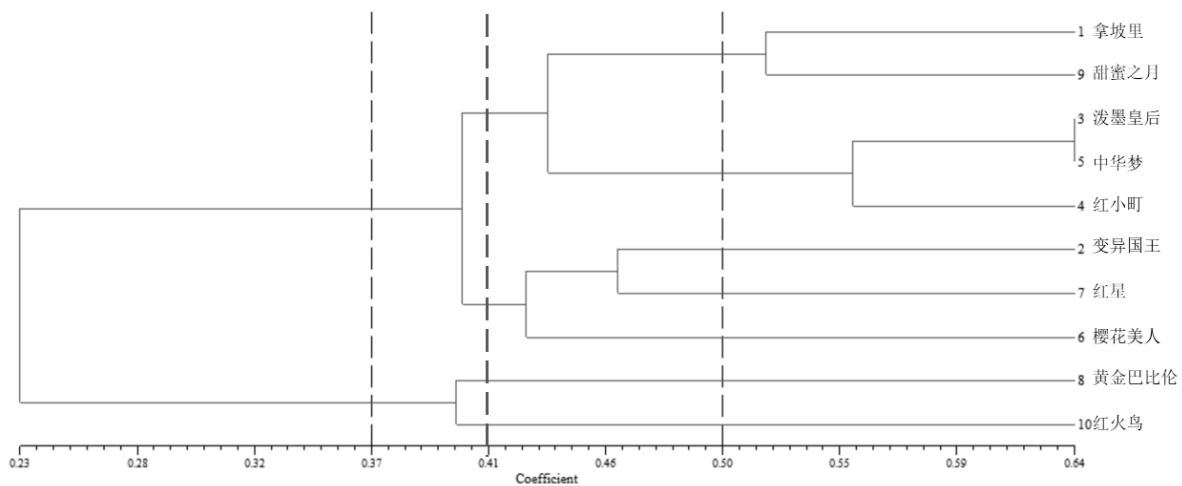
非加权平均法（UPGMA）得到 10 份观赏春石斛的聚类分析图（图 7），在相似性系数为 0.37 时可以将 10 份种质分为两大类：第Ⅰ类包括黄金巴比伦和红火鸟，这两份种质花直径均较小，花瓣形状相同，唇瓣图案均具有网状模式，其余石斛种质中没有相同花瓣形状及唇瓣图案；此两份种质的表观性状相似程度高，且与其他 8 份石斛种质

有着明显区别，唇瓣图案具有网状模式，花直径也较小，也是两者独有的表观性状特征。

第Ⅱ类在相似性系数为 0.41 时又可分为两个亚类群（第Ⅰ亚类和第Ⅱ亚类），第Ⅰ亚类包括‘变异国王’、樱花美人、‘红星’，第Ⅱ亚类包括拿坡里、甜蜜之月、泼墨皇后、中华梦和‘红小町’。泼墨皇后与中华梦相似度最高，这两份

石斛属于观赏春石斛中的泼墨石斛，其花朵的颜色类型和颜色数量十分相似、花瓣与萼片图案模式、唇瓣眼类型与唇瓣图案模式均存在高度相似。变异国王和红星在表观性状上也有着部分相似，

唇瓣眼类型及图案模式相同，且与其余供试石斛种质差别明显。因此，RAPD 标记显示供试观赏春石斛种质资源间具有丰富的遗传多样性，且可以使用 RAPD 分子标记对观赏春石斛进行初步分类。



注：1~10 为供试石斛 A01~A10

图7 观赏春石斛种质的聚类分析图

3 讨论与小结

张杨等^[9]采用 RAPD 分子标记技术，对金钗石斛、铁皮石斛和齿瓣石斛等三种石斛进行研究，从分子水平揭示这三种石斛属植物的遗传背景。朱胜男等^[10]采用 RAPD 技术对 31 种石斛属植物的遗传多样性进行分析，证明 RAPD 标记技术可以用于石斛属植物的物种鉴定和遗传多样性研究。

本研究 10 份供试石斛种质均属于观赏春石斛，经过多代杂交获得，亲缘关系较为复杂。崔学强等^[11]通过 SNP 标记的开发将 60 份供试石斛种质资源分成三个类群，包括本试验的 9 份种质，其中中华梦和泼墨皇后等 2 份种质被分入Ⅱ类群，拿坡里、变异国王、红小町、樱花美人、红星、黄金巴比伦和红火鸟等 7 份种质被分为Ⅲ类群。本研究结果表明中华梦和泼墨皇后品种间相似系数最高、亲缘关系较近，两者在表观性状上也有着高度相似。黄金巴比伦和红火鸟单独分为一类，

这与崔学强等^[11]的研究结果相符，且黄金巴比伦和红火鸟的花型、花瓣、唇瓣、萼片形状相似，同时与本研究其他 8 份种质均有较大差距，黄金巴比伦和红火鸟的唇瓣图案模式具有网状，也是其他 8 份观赏春石斛不具备的特征。

参考文献：

- [1] Pridgeon A M, Cribb P J, Chase M W. Genera Orchidacearum volume 6: Epideudroideae (part 3) [M]. Oxford University Press, 2014: 1180-1183
- [2] 王雁, 李振坚, 彭红明. 石斛兰: 资源·生产·应用 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2007: 11-69.
- [3] 杨红旗, 李磊, 董薇, 等. 我国石斛植物资源分布及其新品种选育 [J]. 中国种业, 2021 (12): 14-21.
- [4] Xu Lei, Zeng Xiaoxiong, Liu Yanan, et al. Effect of *Dendrobium officinale* Polysaccharides on Central

- Nervous System Disease: Based on Gut Microbiota[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2023 (240): 124440.
- [5] 杨红旗, 许兰杰, 李磊, 等. 我国石斛新品种选育进展、存在问题及发展对策[J]. 中国种业, 2021 (11): 26-30.
- [6] 李清, 李标, 郭顺星. 兰科石斛属植物分子生物学研究进展[J]. 中国中药杂志, 2016, 41 (15): 2753-2761.
- [7] 王剑锴. 金线莲 RAPD-SCAR 标记的开发和不同种质遗传多样性评价[D]. 福州: 福建农林大学, 2016.
- [8] 中华人民共和国农业部. NY/T 2758-2015 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 石斛属[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [9] 张杨, 陈志宽, 赖育菠, 等. 应用 RAPD 分子标记技术探讨 3 种石斛属植物的种间关系[J]. 亚热带植物科学, 2014, 43 (2): 123-126.
- [10] 朱胜男, 周振华, 冯尚国, 等. 31 种石斛属植物的 RAPD 遗传多样性分析[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版), 2011, 10 (4): 333-339.
- [11] 崔学强, 黄昌艳, 邓杰玲, 等. 基于 SLAF-seq 技术的石斛兰 SNP 标记开发及亲缘关系分析[J]. 生物技术通报, 2023, 39 (6): 141-148.
- (责任编辑: 钟海丰)

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2023.04.005

地理标志产品福州橄榄品质检测与差异性评价

叶倩倩

(福州市绿色食品发展中心, 福建福州 350026)



摘要:【目的】为探究地理标志产品福州橄榄鲜食品种的品质差异, 为福州市橄榄品种结构调整提供参考价值。【方法】选取了福州橄榄 6 个主栽品种 (品种群) 为试材, 对其果实的 28 种营养物质进行了检测, 并开展了差异性评价分析。【结果】从营养物质分析上得出 ‘清榄 2 号’ ‘灵峰’ ‘檀香’ 适合鲜食, ‘自来圆’ ‘长营’ ‘惠圆’ 适合加工。基于主成分分析法抽取 3 个主成分, 累计贡献率为 87.483%, 对各品种品质指标进行综合排序, 排名由高到低依次为: 清榄 2 号、灵峰、长营、檀香、自来圆、惠圆。【结论】对不同品种橄榄果实进行营养物质的评价分析, 结合主成分分析的结果证实了清榄 2 号、灵峰为所试样品中综合品质评价较高的品种, 可作为优先推荐种植的鲜食橄榄主推品种。

关键词: 福州橄榄; 地理标志产品; 品质评价; 主成分分析

中图分类号: S661.2

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2023) 04-0265-06

Quality Inspection and Differential Evaluation of Fuzhou Olives as Geographical Indication Products

Ye Qianqian

(Fuzhou Green Food Development Center, Fuzhou, Fujian 350026, CHINA)

Abstract: 【Objective】To explore the quality differences of fresh olive varieties in Fuzhou, a geographical indication product, and provide reference value for the structural adjustment of olive varieties in Fuzhou. 【Method】Six main olive varieties (variety groups) from Fuzhou were selected as test materials, 28 nutrient substances of fruits were tested and their differential evaluation and analysis were conducted. 【Result】Based on the analysis of nutrients, it was found that ‘Qinglan 2’, ‘Lingfeng’, and ‘Sandalwood’ are suitable for fresh consumption, while ‘Zilaiyuan’, ‘Changying’, and ‘Huiyuan’ are suitable for processing. Based on principal component analysis, three principal components were extracted, with a cumulative contribution rate of 87.483%. According to the principal component analysis, the comprehensive ranking of quality indicators among different varieties was from high to low: ‘Qinglan 2’, ‘Lingfeng’, ‘Changying’, ‘Sandalwood’, ‘Zilaiyuan’, and ‘Huiyuan’. 【Conclusion】Combining evaluation and analysis of nutrient substances of different olives varieties with the results of principal component analysis, it was confirmed that ‘Qinglan 2’ and ‘Lingfeng’ were the olive

收稿日期: 2023-05-23

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2022YFF0606800); 国家现代农业技术产业体系建设专项基金 (CARS-23-E03)

作者简介: 叶倩倩 (1983-), 女, 农艺师, 主要从事绿色食品认证工作, E-mail: 214543115@qq.com

varieties with higher comprehensive quality evaluation among the tested samples, and could be recommended as the preferred fresh and mainly promoted varieties for planting.

Key words: Fuzhou olive; Geographical indication products; Quality evaluation; Principal component analysis

橄榄是南方较为重要的经济作物,我国橄榄主要种植在亚热带地区,如福建、广东、广西、云南等地。橄榄含有丰富的营养物质及人体所需的微量元素,如铁、钙、酚类化合物、黄酮类化合物、维生素以及类胡萝卜素^[1,2],可以预防糖尿病、心血管疾病、癌症、神经退行性疾病等多种慢性病^[3]。橄榄果实可以鲜食,味道微苦微涩,久嚼微甜回甘,也可以经过进一步加工,如腌制后食用、煲汤等。在我国,橄榄已有两千多年种植的历史,其中福建省以福州市的种植橄榄历史最为悠久,福州橄榄为白榄,主要分布在闽江流域两岸的闽侯、闽清地区。在 2011 年,“福州橄榄”已获批成为全国地理标志农产品。

福州橄榄可口生津,可溶性固形物和膳食纤维含量高,营养物质丰富。目前对于橄榄的品质评价多集中于加工类橄榄,而评价鲜食橄榄品质的研究相对较少;赖瑞联等^[4]对福州的‘灵峰’‘檀香’和‘清榄 2 号’三个品种橄榄的总糖、总酸、总多酚等品质指标和香气组分进行分析;钟和清^[5]以‘惠圆’‘长营’‘自来圆’、檀香和灵峰五种橄榄为样本,探究了其果实品质特征与地质背景的差异;池豫斌等^[6]建立并验证了鲜食橄榄品质的综合评价体系,包括 4 个核心指标:总氨基酸、总多酚、总酸、可溶性糖,以及主成分分析等评价模型。为更客观、全面地对福州鲜食橄榄品种进行品质进行比较分析,本试验以灵峰、清榄 2 号、长营、惠圆、檀香、自来圆等 6 个品种的福州橄榄地理标志性农产品为试样,对其进行 28 种营养物质包括可溶性固形物、粗纤维、总黄酮、总糖、单宁、总多酚、总氨基酸(含天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸等)、柠檬酸、苹果酸、总酸、挥发油的检验测定以及显著性差异分析,以探究以 6 个品种(品种群)中品质评价最好的福州橄榄品种,

为福州市橄榄种植等相关产业及结构性调整提供一定有价值的参考。

1 材料与方法

1.1 主要材料与试剂

以灵峰、清榄 2 号、长营、惠圆、檀香、自来圆等 6 个福州橄榄品种为试材,均采收自最佳成熟期。灵峰于 12 月中下旬采摘于长乐区首占镇礼元村橄榄笼、闽侯县鸿尾乡南坑村、白沙镇上岐村;清榄 2 号于 11 月中上旬采摘于连江县琯头、闽清县白石坑、闽清县白河江、闽侯县白沙镇上岐村;长营于 11 月中旬采摘于福州市果树良种场、闽侯县白沙镇上岐村;檀香 12 月上旬采摘于闽清县白河江、福州市果树良种场;惠圆于 10 月中旬采摘于闽侯县白沙镇上岐村、福州市果树良种场;自来圆于 10 月中旬采摘于福州市果树良种场、闽清县白石坑、闽清县白河江。

测试所用的试剂中,盐酸、乙醇、氢氧化钠、丙酮(均为优纯级)购自西陇化工股份有限公司。钨酸钠、碳酸钠、硫酸锂、茚三酮、硝酸铝、重铬酸钾、二甲苯、山梨酸钾、苯甲酸钠、氯化钠、柠檬酸钠、亚硝酸钠、硝酸钠、硫酸钾、醋酸钾、碘化钾、碘酸钾、硫代硫酸钠、苹果酸、柠檬酸、草酸(均为分析纯)来自麦克林试剂公司。钼酸钠(分析纯)来自上海源叶生物科技有限公司。磷酸、苯酚、硫酸铜、无水硫酸钠、亚铁氰化钾、葡萄糖(均为分析纯)来自生工生物工程(上海)股份有限公司。没食子酸、芦丁、16 种单个氨基酸标准品来自美国 Sigma 公司。酒石酸钾钠、硫酸(分析纯)来自天津市福晨化学试剂有限公司。硫酸锌(分析纯)来自北京益利精细化学品有限公司。福林酚(分析纯)来自重庆钛新化工有限公司。酚酞来自国药集团化学试剂有限公司。磷

酸二氢钾来自北京市红星化工厂。水为符合 GB/T 6682 规定的一级水。

1.2 主要仪器与设备

电子天平梅特勒 PL602-S/00、PL203、AE1002 由美国梅特勒托利多公司生产,手持折射仪 H028354 产自日本 ATAGO 公司,半自动纤维分析仪 Fibertec 2010 system 产自丹麦福斯公司,紫外可见分光光度计 TU-1810 产自北京普析通用仪器有限公司,岛津超高效液相色谱仪 UPLC 产自日本岛津公司,氨基酸分析仪 S-433D 产自德国 SYKAM 公司,离子色谱 DX 3000 产自美国戴安公司。

1.3 测试项目与方法

试验分为外在感观分析与内在营养物质检测,其中外在感观分析主要针对 6 种橄榄果实的果皮色泽、香气、果肉质地、风味等性状进行分析比较;营养物质的检测项目主要包括柠檬酸、苹果酸、单宁、可溶性糖、可溶性固形物等风味相关物质,以及干物质、粗纤维、总多酚、总黄酮和挥发油含量等其他营养物质,检测方法与试剂见表 1;其中氨基酸为 16 种氨基酸总量(天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、组氨酸、赖氨酸和精氨酸)。

表 1 检测项目和检测方法

检测项目	检测方法	涉及试剂
干物质	GB 5009.3 - 2016《食品中水分的测定》方法 1, 即直接干燥法	盐酸、氢氧化钠
可溶性固形物	NY/T 2637 - 2014《水果和蔬菜可溶性固形物含量的测定 折射仪法》	
粗纤维	GB/T 5009.10 - 2003《植物类食品中粗纤维的测定》	1.25% 硫酸、1.25% 氢氧化钾溶液
单宁	NY/T 1600 - 2008《水果、蔬菜及其制品中单宁含量的测定 分光光度法》	钨酸钠、钼酸钠、磷酸、盐酸、硫酸锂、溴水、碳酸钠、没食子酸
可溶性糖	NY/T 1278 - 2007《蔬菜及其制品中可溶性糖的测定铜还原碘量法》	氢氧化钠、酒石酸钾钠、无水碳酸钠、硫酸铜、无水硫酸钠、碘化钾、碘酸钾、亚铁氰化钾、硫酸锌、硫酸、草酸、硫代硫酸钠、淀粉指示剂、葡萄糖
总多酚	T/AHFIA 005 - 2018 植物提取物及其制品中总多酚含量的测定 分光光度法	无水乙醇、福林酚试剂、碳酸钠、符合 GB/T 6682 规定的一级水。没食子酸($C_7H_6O_5$, CAS 号 149-91-7, 纯度 $\geq 99.0\%$)
总黄酮	SN/T 4592 - 2016《出口食品中总黄酮的测定》	硝酸铝、醋酸钾、芦丁标准品(CAS 号 153-18-4)、无水乙醇
总酸	GB 12456 - 2021《食品安全国家标准 食品中总酸的测定》第一法, 酸碱指示剂滴定法	95% 乙醇、酚酞、氢氧化钠
氨基酸	GB 5009.124 - 2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》	盐酸、苯酚、氮气(纯度 99.9%)、柠檬酸钠、氢氧化钠、茚三酮溶液、16 种单个氨基酸标准品(固体, 纯度 $\geq 98\%$)
苹果酸、柠檬酸	NYT2277 - 2012《水果蔬菜中有机酸和阴离子的测定 离子色谱法》	氢氧化钠、氯化钠、亚硝酸钠、硝酸钠、硫酸钾、磷酸二氢钾、山梨酸钾、苯甲酸钠、苹果酸、柠檬酸
挥发油	GB/T 30385 - 2013《香辛料和调味品 挥发油含量的测定》	二甲苯、丙酮、硫酸、重铬酸钾

2 结果与分析

2.1 橄榄果实外在感观分析

从外在感观分析（表 2），供试的 6 种橄榄均

符合地理标志农产品福州橄榄共性：入口涩，细嚼后生津回甘的特点，其中灵峰与檀香果肉质地较细且脆，清榄 2 号果肉脆、清香，这三种作为市场主打鲜食品种，明显口感与风味优于其它品种。

表 2 6 种橄榄果实外观性状比较

品种	果皮色泽	香气	果肉质度、风味
灵峰	黄绿色	无明显气味	较细、较脆、涩，微酸，回甘快
清榄 2 号	青绿色	清香	较粗、较脆、涩，酸，回甘
长营	绿色	无明显气味	质粗、韧、涩，酸，回甘
惠圆	绿色	清香	质粗、粗韧、涩，酸，回甘
自来圆	绿色	清香	质粗、粗韧、涩，回甘
檀香	黄绿色	清香	较细、脆、涩，酸，回甘

2.2 橄榄果实氨基酸总量的分析比较

如表 3 所示，6 种橄榄的 16 种氨基酸总量从高到低依次为：檀香>清榄 2 号>灵峰>长营>自来圆>惠圆，其中檀香和清榄 2 号的氨基酸总量显著高于长营、惠圆、自来圆，而灵峰与清榄 2 号差异不显著。

表 3 6 种橄榄的 16 种氨基酸总量分析比较

品种	16 种氨基酸总量 / (mg · g ⁻¹)
灵峰	13.54 ± 2.01 bc
清榄 2 号	15.23 ± 1.75 b
檀香	17.92 ± 0.46 a
长营	12.82 ± 1.03 c
惠圆	11.39 ± 0.08 c
自来圆	11.76 ± 0.28 c

2.3 橄榄果实中风味相关物质分析比较

对比了 6 种橄榄果实中的总酸、单宁、总糖、可溶性固形物等风味相关物质，结果见表 4。通过固酸比和糖酸比可以判断橄榄果实的成熟度、口感以及风味^[7]；6 个品种的糖酸比大小依次为清榄 2 号>灵峰>檀香>长营>自来圆>惠圆，固酸比的高低排序依次为灵峰>檀香>清榄 2 号>自来圆>长营>惠圆，与表 2 中的风味感官较为符合，其中惠圆的固酸比与糖酸比均为所有品种中最低并且显著低于多个品种。糖酸比和固酸比越高越适合鲜食，反之则适合加工，因此清榄 2 号、灵峰、檀香是适合鲜食的品种，自来圆、长营、惠圆适合加工。6 种橄榄的单宁含量相近，差异不显著。

表 4 6 种橄榄果实中风味相关物质比较

品种	可溶性固形物 /%	单宁 /%	总糖 /%	总酸 /%	糖酸比	固酸比
灵峰	11.330 ± 0.604 ab	0.911 ± 0.066 a	2.481 ± 0.572 ab	1.063 ± 0.024 c	2.339 ± 0.568 a	10.667 ± 0.673 a
清榄 2 号	11.629 ± 1.476 ab	1.068 ± 0.158 a	2.27 ± 0.100 b	1.217 ± 0.182 bc	2.538 ± 0.388 a	9.640 ± 1.100 ab
檀香	11.833 ± 1.159 a	0.959 ± 0.114 a	2.47 ± 0.584 ab	1.13 ± 0.134 bc	2.245 ± 0.167 ab	10.560 ± 1.562 a
长营	10.975 ± 0.704 ab	1.073 ± 0.033 a	3.054 ± 0.441 a	1.276 ± 0.101 ab	2.215 ± 0.649 ab	8.630 ± 0.653 b
惠圆	10.167 ± 0.208 b	0.936 ± 0.030 a	2.27 ± 0.100 b	1.431 ± 0.128 a	1.599 ± 0.214 b	7.150 ± 0.791 c
自来圆	11.133 ± 0.808 ab	0.997 ± 0.182 a	2.593 ± 0.119 ab	1.184 ± 0.027 bc	2.192 ± 0.123 ab	9.410 ± 0.777 ab

2.4 橄榄果实中其他营养物质的分析比较

果实的干物质可以表示总的营养物质积累。如表5显示,清榄2号的干物质含量最高、自来圆最低。粗纤维可以促进消化器官的运作及营养吸收^[8],但是也会降低果实口感;粗纤维含量高依次是清榄2号>檀香>灵峰>惠圆>自来圆>长营。多酚是具有强大抗氧化特性和多种治疗效果的物质,因其自由基清除和抗炎特性可以用于治疗多种与代谢紊乱相关的疾病,如肥胖、血

脂异常、高血糖、高血压等^[9];檀香的总多酚含量最高,与清榄2号差异不显著,而显著高于其他4个品种。黄酮也是一种可以清除自由基、抗炎的物质,可以加强伤口愈合能力、抗过敏、抗衰老^[10];清榄2号的黄酮含量略高于灵峰与檀香,显著高于自来圆。挥发油含量则与橄榄释放的香气有关,其中灵峰、清榄2号、檀香的挥发油含量显著高于其余3种橄榄。综合来看,灵峰、清榄2号、檀香的多项数值高于长营、惠圆、自来圆。

表5 6种橄榄中其他营养物质的分析比较

品种	干物质 /%	粗纤维 /%	总多酚 / (mg · g ⁻¹)	总黄酮 / (g · kg ⁻¹)	挥发油 /%
灵峰	18.233 ± 0.252 b	2.855 ± 0.226 ab	2.07 ± 0.18 bc	0.133 ± 0.012 ab	0.934 ± 0.218 a
清榄2号	20.367 ± 2.454 a	3.054 ± 0.441 a	2.29 ± 0.36 ab	0.148 ± 0.039 a	0.920 ± 0.030 b
檀香	18.633 ± 0.115 ab	3.163 ± 0.058 a	2.58 ± 0.23 a	0.132 ± 0.008 ab	0.920 ± 0.030 b
长营	17.300 ± 0.265 b	2.478 ± 0.574 a	1.78 ± 0.02 c	0.114 ± 0.015 ab	0.860 ± 0.010 b
惠圆	17.400 ± 0.265 b	2.297 ± 0.110 b	2.16 ± 0.08 bc	0.115 ± 0.007 ab	0.867 ± 0.021 b
自来圆	17.133 ± 0.907 b	2.563 ± 0.226 ab	2.17 ± 0.14 b	0.106 ± 0.005 b	0.917 ± 0.029 b

2.5 主成分分析

如表6所示,采用主成分分析法对橄榄中的可溶性糖、干物质、单宁、粗纤维、挥发油、可溶性固形物、总黄酮、氨基酸总量、总酸和总多酚共10种成分进行分析,得出前3个主成分累计

贡献率达87.483%,因此可溶性糖、干物质、单宁成分可以作为橄榄品质的主成分代表原有的10份品质指标。F₁、F₂和F₃的特征值依次是5.354、2.331和1.063;贡献率依次是53.542%、23.311%和10.630%。

表6 品质指标主成分特征值、贡献率及累计贡献率

主成分	特征值	贡献率 / %	累积贡献率 / %
F ₁	5.354	53.542	53.542
F ₂	2.331	23.311	76.853
F ₃	1.063	10.630	87.483

其中A₁-A₁₀依次为可溶性糖、干物质、单宁、粗纤维、挥发油、可溶性固形物、总黄酮、氨基酸总量、总酸和总多酚。6种橄榄的综合评价如表7,

得分由高到低依次是清榄2号、长营、檀香、自来圆、灵峰、惠圆。由此可见,清榄2号的得分最高、综合品质最优。

表7 6种橄榄的主成分得分及排序

品种	F ₁	F ₂	F ₃	F	排序
灵峰	1.166	0.805	-0.142	79.694	2
清榄2号	4.258	-0.316	-0.382	216.541	1
长营	0.071	0.509	-0.130	14.270	3
惠圆	-1.225	0.182	-0.651	-68.243	6
自来圆	-1.029	-0.085	-0.303	-60.285	5
檀香	-0.098	-1.640	0.911	-33.814	4

3 结论

通过福州橄榄 6 个主栽品种（品种群）进行了品质指标的分析，结合 28 种营养物质的含量检测以及对其进行主成分分析，得出不同品种的营养物质含量相差较大。其中檀香的氨基酸总量最高，显著高于其他品种。从营养物质分析上看，清榄 2 号、灵峰、檀香的糖酸比和固酸比高于自来圆、长营、惠圆，因此清榄 2 号、灵峰、檀香适合鲜食，自来圆、长营、惠圆适合加工；目前清榄 2 号为闽清县主栽品种，灵峰为闽侯县主栽品种，这两个县为福州橄榄的最主要产区，实测结果也反应了鲜食橄榄种植市场需求。主成分分析从 10 种品质指标中选用了可溶性糖、干物质、单宁等前三个主成分，贡献率达到 87.483%，综合评分最高的品种是清榄 2 号、灵峰、檀香，此 3 种为所试样品中综合品质评价较高的橄榄品种，可作为优先推荐种植的鲜食主推品种。

参考文献：

- [1] Rababaht M, AL-Udatt M, AL-Mahasneh M, et al., Effect of Different Fermentation Processes on the Phytochemical Properties of Green Table Olives [J]. Revista Brasileira de Fruticultura, 2020, 42 (1): e-409.
- [2] Safdari L, Khadivi A, Identification of the Promising Oleaster (Elaeagnus angustifolia L.) Genotypes Based on Fruit Quality-related Characters [J]. Food Sci Nutr, 2021, 9: 5712-5721.
- [3] Gonzalez-Burgos E, Gomez-Serranillos M P, Effect of Phenolic Compounds on Human Health [J]. Nutrients, 2021, 13 (11): 3922.
- [4] 赖瑞联, 陈瑾, 冯新, 等. 福州 3 个鲜食橄榄品种（系）的氨基酸组成与品质评价 [J]. 中国南方果树, 2021, 50 (5): 71-75.
- [5] 钟和清. 福建福州橄榄品质特征及其与地质背景的关系 [J]. 福建地质, 2020, 39 (4): 287-293.
- [6] 池毓斌, 朱丽娟, 黄敏杰, 等, 鲜食橄榄品质综合评价模型的建立与验证 [J]. 果树学报, 2017, 34 (8): 1051-1060.
- [7] Xie D, Liu D, Guo W, Relationship of the optical properties with soluble solids content and moisture content of strawberry during ripening [J]. Postharvest Biology and Technology, 2021, 179: 111569.
- [8] Mateos G G, JIMÉNEZ-Moreno E, Serrano M P, et al., Poultry Response to High Levels of Dietary Fiber Sources Varying in Physical and Chemical Characteristics: 1 Papers from the Informal Nutrition Symposium, "Exploring Maximum Animal Responses," were Presented at the Poultry Science Association and American Association of Avian Pathologists 2011 Annual Meeting in St. Louis, Missouri, on July 16, 2011 [J]. Journal of Applied Poultry Research, 2012, 21: 156-174.
- [9] Gasmi A, Mujawdiya P K, Noor S, et al., Polyphenols in Metabolic Diseases [J]. Molecules, 2022, 27: 6280.
- [10] Andrade A W L, Machado K D C, Machado K D C, et al., In Vitro Antioxidant Properties of the Biflavonoid Agathisflavone [J]. Chemistry Central Journal, 2018, 12: 75.

（责任编辑：冯新）

DOI: 10.20023/j.cnki.2095–5774.2023.04.006

与芍药轮作对‘柘参4号’太子参生长和品质的影响

陈炬烽¹, 林燕华¹, 郑生文², 贺肇东¹, 李斌², 蒋畅¹, 施宽伟^{1*}(¹ 福建省中医药科学院, 福建福州 350003;² 福建西岸生物科技有限公司, 福建宁德 355300)

摘要:【目的】探讨分析与芍药轮作对‘柘参4号’太子参生长和品质的影响。【方法】采用“芍药–太子参”轮作的生态种植方式,测定柘参4号太子参的生长状态、商品性状与品质,并与普通连作的太子参进行比较分析。【结果】采用“芍药–太子参”轮作方式比普通连作方式的发病率降低了23.07%;太子参块根的平均长度、直径分别提高5.49%、20.4%;每667 m²产量提高了26.48%,且对太子参块根的浸出物、多糖和皂苷含量无显著影响。【结论】采用“芍药–太子参”轮作方式能显著减低太子参的发病率,提高太子参的品质及产量。

关键词: 太子参; 生态轮作; 芍药

中图分类号: S567.3

文献标识码: A

文章编号: 2095–5774 (2023) 04–0271–05

Effect of *Paeonia lactiflora* Rotation on the Growth and Quality of *Pseudostellaria heterophylla* ‘Zheshen 4’

Chen Jufeng¹, Lin Yanhua¹, Zheng Shengwen², He Zhaodong¹, Li Bin², Jiang Chang¹, Shi Kuanwei^{1*}(¹ Fujian Academy of Chinese Medical Sciences, Fuzhou, Fujian 350003, China;² Fujian West Bank Biotechnology Co., Ltd., Ningde, Fujian 355300, China)

Abstract: 【Objective】To explore and analyze the effect of *Paeonia lactiflora* rotation on the growth and quality of *Pseudostellaria heterophylla* ‘Zheshen 4’. 【Method】Using the ecological planting mode of ‘*Pseudostellaria–Paeonia lactiflora*’ rotation, the growth status, commercial characteristics, and quality of *Pseudostellaria heterophylla* ‘Zheshen 4’ were measured, and compared with the common continuous planting mode of *Pseudostellaria heterophylla*. 【Result】Under the rotation planting mode, the incidence rate of *Pseudostellaria heterophylla* was reduced by 23.07%, the length and diameter of the root tubers were increased by 5.49% and 20.4% respectively and the yield per 667 m² was increased by 26.48% compared with that under the common continuous planting mode. Rotation planting mode had no effect on extract, polysaccharide, and saponin content in root tuber of *Pseudostellaria heterophylla*. 【Conclusion】Ecological planting mode of ‘*Pseudostellaria–Paeonia lactiflora*’ rotation could significantly reduce the incidence

收稿日期: 2023–02–15

基金项目: 国家中医药管理局专项 (〔2021〕242号)

作者简介: * 为通讯作者, 施宽伟 (1976–), 男, 主治医师, 研究生, 主要从事中医药研究工作, E-mail: 53462552@qq.com。

陈炬烽 (1979–), 男, 助理研究员, 主要从事中医药研究工作, E-mail: 40385531@qq.com

rate and improve the quality and yield of *Pseudostellaria heterophylla*.

Key words: *Pseudostellaria heterophylla*; Ecological rotation planting; *Paeonia lactiflora* Pall.

太子参为石竹科孩儿参属植物 [*Pseudostellaria heterophylla* (Miquel) Pax] 的干燥块根, 可作为补益及保健功能中药材^[1], 可益气健脾, 生津润肺等^[2], 其富含多糖、皂苷、环肽、氨基酸、挥发油等组分^[3], 具有降血糖、抗炎、抗氧化和免疫调节等药理作用^[4]。太子参主产于福建、贵州等地^[2], 其中福建柘荣被称为“中国太子参之乡”, 具有悠久的太子参种植与应用文化。太子参作为福建省“福九味”代表性道地中药之一, 为闽东地区农业标杆产业, 十四五以来已成为柘荣县乡村振兴重要载体, 对区域性农业经济增长和产业链联动发展具有积极意义。

太子参属于跨年生草本植物, 种植周期为 8 个月, 国内多采用太子参种根在每年的 11–12 月栽种, 次年 7 月份左右采挖收获, 全生长期包括 6 个阶段^[5], 在种植环节中, 气候、土壤和地理等因素对太子参产量、品质和经济效益影响至关重要^[6–8], 同时太子参栽培连作障碍问题不容忽视。目前已有研究^[9–12]报道太子参种植中存在严重的连作障碍, 导致太子参植株生长与发育不良、产量降低甚至绝产、太子参品质下降, 进一步可致使太子参道地性适宜种植土壤面积不断缩减, 显著制约太子参区域内产业及其产业链可持续发展。柘荣县内多山地少田地, 由于连作障碍使得大面积土地出现撂荒, 为了解决这一问题, 轮作是较常使用方法, 目前太子参多与水稻轮作, 而在柘荣县只有少部分田地可实现水稻轮作, 山地实现种植水稻所需水源条件较困难, 故稻参轮作存在较大的局限性, 寻找其他合适的轮作作物尤为重要。芍药 (*Paeonia lactiflora* Pall.) 是芍药科芍药属的多年生草本植物, 是一种既可作为药用又可作为观赏的经济作物, 且芍药喜高海拔、喜光、耐寒。芍药对土壤中的病原体具有一定的抗菌、抗病毒的作用。芍药的多种成分, 如芍药甙、

黄酮等, 具有一定的抗菌、抗病毒的作用^[13]。通过芍药和太子参的轮作种植, 可以有效地防治由于连年种植太子参所导致的土传病害, 从而提高太子参的产量和品质。因此, 探究“芍药–太子参”轮作对‘柘参 4 号’太子参生长和品质的影响具有重大产业意义。

1 材料与方法

1.1 供试品种

供试太子参品种为‘柘参 4 号’, 种苗由福建西岸生物科技有限公司提供。供试芍药由市场购入。

1.2 试验地点

大田试验地位于福建省柘荣县英山乡凤洋村太子参 GAP 基地, 北纬 27°15′, 东经 119°49′, 海拔 900~1 060 m, 年平均气温 15.6℃, 年降水量约 2 000 mm, 年平均日照时数 1 600 h, 属亚热带海洋性季风气候。太子参基地土壤以红土类为主, 其成土母质是红壤, 富含铁、锰等微量元素。

1.3 试验方法

选择太子参 GAP 基地中土质和肥力条件较一致的山地田作为试验田块, 试验地块分成 2 个区域, 分别进行“芍药–太子参”生态轮作和连续四年种植太子参的普通连作模式。每个区域选取 6 小块地块, 每地块长宽为 4 m×0.5 m。每地块间均设保护行, 试验期间施肥、除草等日常管理一致。种植示意图见图 1。

1.4 指标测定

1.4.1 太子参植株性能测定

2021 年 11 月 1 日对太子参种苗进行定植。2022 年 2 月 16 日待太子参齐苗后, 对 12 个地块分别统计出苗数量, 计算太子参出苗率。2022 年 5 月 15 日分别记录每地块太子参的发病株数 (病

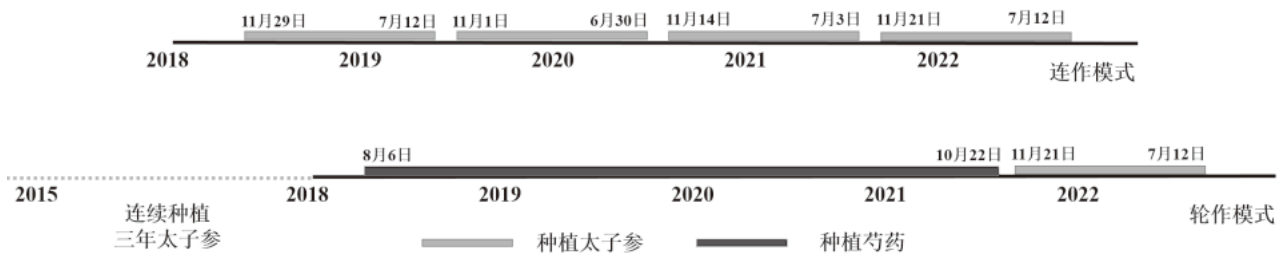


图1 种植示意图

毒病、叶斑病)，除以出苗株数计算太子参发病率。

1.4.2 太子参商品品质测定

2022年6月30日分别对每地块进行太子参采挖、清洗沥干。在每地块随机选取9株太子参，测量其块根长度、直径，计算平均值。试验小区产量为挖出小区内全部太子参进行实际称重，再折算得出每667 m²产量。

1.4.3 太子参化学品质测定

测产后的太子参进行自然晾晒干燥，按照2020年版《中华人民共和国药典》水溶性浸出物法项下的冷浸法进行浸出物测定。按照DB35/T 1077-2010《地理标志产品 柘荣太子参》中太子参多糖进行测定。按照T/GDFDTAEC 03-2022 保健

食品中总皂苷的测定—分光光度法进行测定总皂苷含量。

1.5 数据处理

所有数据均采用SPSS 20.0系统进行整理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 生态轮作对太子参出苗率和发病率的影响

经调查，结果如表1所示。太子参生长前期，生态轮作与普通连作的出苗率相近，均超过97%，差异不显著；在生长中期，与普通连作相比，生态轮作的发病率降低了23.07%，两者间存在极显著差异。

表1 太子参植株性能比较

种植模式	出苗率 /%	发病率 /%	667 m ² 产量 /kg
生态轮作	97.93 ± 0.88 a	35.40 ± 4.83 A	452.53 ± 40.62 B
普通连作	97.40 ± 0.73 a	58.47 ± 11.28 B	357.78 ± 25.58 A

注：表中数据后不同大、小写字母分别表示差异极显著（ $P < 0.01$ ）与差异显著（ $P < 0.05$ ）。下表同

2.2 生态轮作对太子参块根商品性状的影响

2种种植模式的柘参4号太子参块根均呈长纺锤形，表面晶黄色，具细纵皱纹及横向凹陷，深凹陷处有须根痕，从外观来评价商品特征均为正常。从表2得知，生态轮作的太子参块根长

度和直径均高于普通连作，分别提高了5.49%、20.4%，但与普通连作无显著差异。生态轮作的太子参每667 m²产量比普通连作提高了26.48%，达极显著差异。

表2 太子参块根的商品性状比较

种植模式	块根长度 /cm	块根直径 /cm	667 m ² 产量 /kg	块根形状及颜色	总体评价
生态轮作	7.30 ± 0.68 a	0.59 ± 0.09 a	452.53 ± 40.62 B	长纺锤形，表面晶黄色	正常
普通连作	6.92 ± 0.47 a	0.49 ± 0.12 a	357.78 ± 25.58 A	长纺锤形，表面晶黄色	正常

2.3 生态轮作对太子参浸出物含量的影响

从表 3 得知, 生态轮作与普通连作的柘参 4 号太子参浸出物含量分均高于国家药典标准 ($\geq 25.0\%$), 且两者无显著差异; 生态轮作与普

通连作的太子参多糖含量表明, 生态轮作的略高于普通种植, 但两者无显著差异; 生态轮作与普通连作的太子参皂苷含量之间差异也不显著。

表 3 太子参块根的浸出物、多糖和皂苷的含量比较

种植模式	浸出物 /%	多糖含量 /%	总皂苷含量 /%
生态轮作	41.70 $\pm$ 1.59 a	8.58 $\pm$ 0.50 a	2.53 $\pm$ 0.26 a
普通连作	41.13 $\pm$ 1.35 a	8.32 $\pm$ 0.54 a	2.69 $\pm$ 0.34 a

3 讨论与结论

由于水稻在生长过程中分泌的化感物质对连年种植太子参所引起的土传病害的影响不及芍药分泌的化感物质。另外, 芍药可以通过其深根系统将种植太子参后的酸性土壤逐渐转化为中性或偏碱性的土壤, 减少土壤中的病虫害滋生。所以可能会导致利用芍药与太子参轮作优于利用水稻与太子参轮作。

太子参为跨年生草本植物, 生长周期为 8 个月, 柘荣县采用太子参种根种植, 在 11 月份开始栽种, 于次年 7 月份左右采挖收获。太子参种植存在严重连作障碍, 随着连作年限的延长, 根长、根系数量、株高、茎分支数、结实种子数、总生物量呈下降趋势, 产量和单个根重明显降低^[11]。柘荣当地农民多采用太子参-水稻水旱轮作的种植方式来缓解太子参的连作障碍^[14]。通过“芍药-太子参”轮作的生态轮作方式, 对‘柘参 4 号’太子参生长和品质的影响进行研究, 结果表明生态轮作比普通连作太子参的发病率降低了 23.07%, 每 667 m² 产量提高了 26.48%; 太子参块根长度提高了 5.49%, 直径提高了 20.4%, 且对太子参块根的浸出物、多糖和皂苷含量无显著影响。由本试验得出, 芍药和太子参的轮作模式采用连续种植三年太子参后改种三年芍药再种植三年太子参, 如此循环, 即可避免太子参的连作障碍, 又可增加芍药产出效益。

参考文献:

- [1] Pan Huiqing Z Y-D, Yi Weimeng, Chen Saihong. Effects of Different Concentrations of Radixpseudostellariae Fibrous Root Extracts on Serum Cytokines in Mice and Their Correlation Analysis [J]. Agricultural Science & Technology, 2022, 23 (3): 46-51.
- [2] Zhang Y. Reevaluation on Antioxidant Activity of Tonic Chinese Herbs *Pseudostellaria heterophylla* [J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2020, 12 (1): 11-16.
- [3] Zhang Yanda P H-Q, Ma Yufang, Shi Shaohua. Effects of Different Extract of *Pseudostellaria heterophylla* on Immunological Function in Mice based on Meta-analysis and Network Meta-analysis [J]. Agricultural Science & Technology, 2021, 22 (2): 51-58.
- [4] Hu D-J, Shakerian F, Zhao J, et al. Chemistry, Pharmacology and Analysis of *Pseudostellaria heterophylla*: a mini-review [J]. Chinese Medicine, 2019, 14 (1): 1-21.
- [5] 林乃莹. 柘荣太子参生长发育规律研究 [J]. 福建农业科技, 2007 (6): 16-18.
- [6] 黄冬寿, 王树贵. 福建“柘荣太子参”栽培环境的道地性研究 [J]. 中国野生植物资源, 2010, 29 (2): 12-14.
- [7] 马阳, 侯娅, 邹立思, 等. 太子参指标成分与气

- 候因子的相关性[J]. 中药材, 2016, 39(8): 1723-1727.
- [8] 袁济端. 福建柘荣太子参基地土壤肥力状况评价[J]. 福建热作科技, 2007, 32(3): 3-7.
- [9] 吴红森, 张晟恺, 焦艳阳, 等. 微生物菌肥对太子参连作障碍和药理作用的改良效应[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2021, 29(8): 1315-1326.
- [10] Linkun Wu J C, Hongmiao Wu, Xianjin Qin. Insights into the Regulation of Rhizosphere Bacterial Communities by Application of Bio-organic Fertilizer in *Pseudostellaria heterophylla* Monoculture Regime [J]. *Frontiers in Microbiology*, 2016, (7): 1-14.
- [11] 夏品华, 刘燕. 太子参连作障碍效应研究[J]. 西北植物学报, 2010, 30(11): 2240-2246.
- [12] 林茂兹, 王海斌, 林辉锋. 太子参连作对根际土壤微生物的影响[J]. 生态学杂志, 2012, 31(1): 106-111.
- [13] 金英善, 陈曼丽, 陶俊. 芍药化学成分和药理作用研究进展[J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2013, 27(4): 745-750.
- [14] 王毓光, 黄冬寿. 太子参-水稻轮作高效栽培技术[J]. 农业科技通讯, 2009(12): 171-172.
- (责任编辑: 许玲)

DOI: 10.20023/j.cnki.2095–5774.2023.04.007

蜘蛛网八角金盘组培快繁技术研究



朱志勇

(湄洲岛市政园林管理处, 福建莆田 351154;

泉州市泉美生物科技有限公司, 福建泉州 362012)

摘要:【目的】为探究蜘蛛网八角金盘组培快繁技术。【方法】以蜘蛛网八角金盘的带芽茎段为外植体进行组培快繁研究。【结果】在 MS + 3.0 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA 培养基中培养 10 d 后, 诱导出幼芽; 1/2 MS + 1.5 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA 培养基对丛生芽的增殖效果最好, 增殖系数达 3.56; 生根培养基以 MS + 0.1 mg/L NAA + 3.0 mg/L IBA 为最佳, 生根率可达 96.30%; 移栽基质为 40% 椰糠 + 60% 泥炭土的组合同最佳, 成活率达到 96.42%。【结论】蜘蛛网八角金盘组培快繁技术可快速获得大量株型整齐、性状优良的植株, 应用于产业化生产。

关键词: 蜘蛛网八角金盘; 组织培养; 快速繁殖

中图分类号: S682.36

文献标识码: A

文章编号: 2095–5774 (2023) 04–0276–05

Study on Tissue Culture and Rapid Propagation of *Fatsia japonica* ‘Spider's Web’

Zhu Zhiyong

(Meizhou Island Municipal Landscape Management Office, Putian, Fujian 351154, China;

Quanzhou Quanmei Biotechnology Co., Ltd, Quanzhou, Fujian 362012, China)

Abstract: 【Objective】In order to study tissue culture and rapid propagation of *Fatsia japonica* ‘Spider's Web’. 【Method】Stems with buds of *Fatsia japonica* ‘Spider's Web’ were used as explants to study tissue culture and rapid propagation. 【Result】The young buds could be induced after 10 days cultured on the medium MS + 3.0 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA. The medium 1/2 MS + 1.5 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA was the best for multiplication culture of clumpy buds and the multiplication coefficient was 3.56. The medium MS + 0.1 mg/L NAA + 3.0 mg/L IBA was the best for inducing roots from shoots and the rootage ratio was above 96.30%. The seedlings were transplanted to substrate combination of 40% coconut bran and 60% peat soil, whose survival rates were highest, reaching 96.42%. 【Conclusion】Tissue culture and rapid propagation techniques of *Fatsia japonica* ‘Spider's Web’ could rapidly obtain a large number of plants with neat plant types and excellent traits and could be applied in industrial production.

Key words: *Fatsia japonica* ‘Spider's Web’; Tissue culture; Rapid propagation

收稿日期: 2023–01–23

基金项目: 泉州市科技计划项目支持 (2021C016R)

作者简介: 朱志勇 (1983–), 男, 硕士, 主要从事园艺园林技术研究工作, E-mail: 115951897@qq.com

八角金盘属于龙五加科八角金盘属的常绿灌木或小乔木，叶形优美，浓绿光亮，是深受喜爱的室内外观叶植物^[1]。蜘蛛网八角金盘耐阴性强，颜色亮丽，在园林景观配置和室内盆栽观赏等方面有较多应用，市场需求量大。八角金盘主要采用播种^[2]、扦插^[3]等方式繁殖，繁殖系数和成活率都很低，无法满足市场需求。采用组培快速繁育的方法，可以在短时间内获得大量株型整齐，性状优良的植株。依巴代提·阿外都等^[4]以八角金盘的顶芽及侧芽作为外植体研究八角金盘组培快繁技术，结果显示不定芽诱导率最高可达90%，增殖系数最高3.7，生根率最高89%，组培苗移栽成活率最高达85%。发明专利技术“一种组织培养快速繁育花叶八角金盘的方法”^[5]报道显示，花叶八角金盘组培生根率可达95%，移栽成活率也达95%。然而，利用组培方式繁殖蜘蛛网八角金盘鲜见报道，本试验以蜘蛛网八角金盘为试验材料，进行蜘蛛网八角金盘组培快繁技术研究。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试品种为蜘蛛网八角金盘（图1）。



图1 蜘蛛网八角金盘

1.2 试验方法

1.2.1 无菌材料的获得

采集生长健壮、无病虫害蜘蛛网八角金盘上带顶芽的幼嫩茎段，洗涤干净后，在无菌条件下进行灭菌处理，并置于诱导培养基中培养，操作方法：带芽茎段→0.1% HgCl_2 灭菌20 min→无菌

添加不同浓度水冲洗3次→切成2~3 cm长，接入6-BA、NAA的诱导培养基（表1）中，暗培养。每处理100个，重复3次。培养7 d后，转入新的同种培养基中防止褐化，10 d后芽开始萌动生长，20 d后统计芽诱导情况。

1.2.2 丛生芽的增殖培养

将诱导培养基中诱导出的芽体进行分离，切割成带芽的单芽，转入增殖培养基（表1）。采用1/2MS为基础培养基，加入不同浓度的NAA、6-BA。每处理50个，重复3次。定期观察其生长状况并记录，30 d后统计增殖系数。

1.2.3 丛生芽的生根培养

将增殖培养基中长至3 cm以上的丛芽分离，切割成单芽后，转入生根培养基（表1）。采用MS为基础培养基，加入不同浓度的NAA和IBA。每处理100个，重复3次。10 d后观察小芽的生根情况，30 d后统计长根情况。

1.2.4 瓶苗移栽

瓶苗根系长至2~3 cm时，选择根系发达、生长健壮的生根苗，炼苗一周后，取出小苗洗净根部琼脂，移栽到育苗盘，使用椰糠和泥炭土混合的育苗基质见表1，每盘移栽100株，每个处理重复种植3盘（基质在移栽前提前用0.1%高锰酸钾进行消毒）。移栽之后，大棚温度保持15~30℃，湿度保持80%以上，小苗成活后浇水坚持“见干见湿”原则。移栽30 d后统计成活情况。

1.2.5 数据处理与分析

数据处理使用Excel 2003与DPS软件进行统计分析。

2 结果与讨论

2.1 不同培养基对愈伤组织和芽诱导的影响

随着6-BA浓度的升高，蜘蛛网八角金盘外植体的出芽数和愈伤团块形成数呈先升后降的趋势（表2）。当6-BA浓度为3.0 mg/L时，出芽数和愈伤团块数最高。当NAA浓度超过0.2 mg/L，蜘蛛网八角金盘外植体芽诱导和愈伤团块的形成

表 1 各阶段培养基及基质配方设计

诱导培养基	增殖培养基	生根培养基	育苗基质
MS + 1.0 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA	1/2 MS +0.5 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA	MS + 0.1 mg/L NAA + 1.5 mg/L IBA	20% 椰糠 + 80% 泥炭土
MS + 3.0 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA	1/2 MS + 1.0 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA	MS + 0.1 mg/L NAA + 3.0 mg/L IBA	40% 椰糠 + 60% 泥炭土
MS + 5.0 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA	1/2 MS + 1.5 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA	MS + 0.2 mg/L NAA + 4.5 mg/L IBA	50% 椰糠 + 50% 泥炭土
MS + 7.0 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA	1/2 MS + 2.0 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA	MS + 0.2 mg/L NAA + 6.0 mg/L IBA	60% 椰糠 + 40% 泥炭土

注：培养基蔗糖 3%，卡拉胶 0.75%，pH 值 5.8，培养温度 21~23℃，光照 12~14 h/d，光照 1 800~2 200 lx。生根培养基中添加 500 mg/L 活性炭

表 2 不同培养基对芽诱导的影响

诱导培养基	出芽数 / 个	形成愈伤团块数 / 个
MS + 1.0 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA	62.07 ± 1.59 c	33.18 ± 1.11 d
MS + 3.0 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA	87.53 ± 0.34 a	85.52 ± 0.20 a
MS + 5.0 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA	79.48 ± 0.21 b	68.25 ± 3.66 b
MS + 7.0 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA	45.17 ± 1.23 d	50.89 ± 1.99 c

注：同一列数据后不同字母表示差异达 5% 显著水平，下表同

受到抑制。因此，MS + 3.0 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA 是蜘蛛网八角金盘外植体芽诱导和愈伤团块形成的最佳培养基配方，出芽率达到 87.53%，愈伤团块形成比率达到 85.52%。

2.2 不同培养基对芽增殖的影响

4 组培养基对芽增殖的效果如表 3 所示，在 NAA 浓度为 0.1 mg/L 时，适当提高 6-BA 的浓度有利于提高蜘蛛网八角金盘的增殖系数；在 NAA

浓度为 0.2 mg/L 时，随着 6-BA 浓度的提高，蜘蛛网八角金盘增殖受到抑制；总体上，随着 6-BA 浓度的升高，蜘蛛网八角金盘增殖系数呈先升后降的趋势。本试验中用于蜘蛛网八角金盘芽增殖的最佳培养基是 1/2 MS + 1.5 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA，增殖系数为 3.56，变异率为 0，芽生长健壮，叶片正常。

表 3 不同培养基对芽增殖的影响

增殖培养基	接种数 / 团	总芽数 / 个	有效芽 / 个	变异芽 / 个	增殖系数
1/2 MS +0.5 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA	50	88.75 ± 4.06 d	88.09 ± 4.06 d	0	1.76 ± 0.03 d
1/2 MS + 1.0 mg/L 6-BA + 0.1 mg/L NAA	50	112.38 ± 8.31 c	107.42 ± 7.72 c	1	2.14 ± 0.01 c
1/2 MS + 1.5 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA	50	182.33 ± 5.62 a	178.66 ± 5.34 a	0	3.56 ± 0.10 a
1/2 MS + 2.0 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA	50	163.60 ± 11.27 b	161.90 ± 10.77 b	0	3.22 ± 0.09 b

注：转瓶 2 次后记录生长情况；以芽团统计增殖系数

2.3 不同培养基对丛生芽生根的影响

当继代苗长到3 cm以上时,选择生长正常、健壮的小芽,从丛生芽块上单个切下转至生根培养基上进行生根诱导。生根接种后,放在弱光下(光照 $48\sim95\ \mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$)培养10 d左右时,小苗的基部形成白色突起,并逐渐伸长,形成明显幼根,长成完整小植株,此时宜逐步增加散射光照强度使小苗更粗壮。

不同培养基的生根效果如表4所示,MS + 0.1 mg/L NAA + 1.5 mg/L IBA 和 MS + 0.2 mg/L NAA + 6.0 mg/L IBA 培养基中的生根率较低,生根时间长,生根数少,30 d后只有1~2条0.5 cm长的根,所以不适宜作为生根培养基。生根最适培养基为MS + 0.1 mg/L NAA + 3.0 mg/L IBA,生根率达到96.30%,30 d后有3~4条0.5 cm长的根。

表4 不同培养基对生根的影响

生根培养基	每株生根数/条	生根率/%
MS + 0.1 mg/L NAA + 1.5 mg/L IBA	$2.33 \pm 0.17\ c$	$62.94 \pm 3.45\ c$
MS + 0.1 mg/L NAA + 3.0 mg/L IBA	$3.61 \pm 0.12\ a$	$96.30 \pm 1.91\ a$
MS + 0.2 mg/L NAA + 4.5 mg/L IBA	$3.17 \pm 0.16\ b$	$78.14 \pm 5.89\ b$
MS + 0.2 mg/L NAA + 6.0 mg/L IBA	$2.40 \pm 0.09\ c$	$51.02 \pm 1.84\ d$

2.4 不同育苗基质对组培苗移栽成活的影响

将已培养30 d以上、根系好、生长健壮的小苗移栽到温室大棚内进行瓶外培养,移栽1个月后,对各种基质的移栽成活情况进行抽查统计,结果表明,不同的育苗基质对蜘蛛网八角金盘组培苗的移栽成活差异明显。当基质为40%椰糠+60%泥炭土的组合时,种苗移栽成活率最高,成活率达到96.42%,小苗生长健壮(表5)。

表5 不同基质对移栽成活率的影响

育苗基质	成活率/%
20% 椰糠 + 80% 泥炭土	$76.37 \pm 4.14\ b$
40% 椰糠 + 60% 泥炭土	$96.42 \pm 1.31\ a$
50% 椰糠 + 50% 泥炭土	$52.01 \pm 0.22\ c$
60% 椰糠 + 40% 泥炭土	$24.83 \pm 1.60\ d$

3 讨论与结论

大多数植物应在其生长开始的季节采样较好,若在生长末期采样,外植体在培养基中反应迟钝或不能培养成功^[6]。外植体初代诱导除了受到外植体本身取材影响外,与培养过程中使用的生长调节剂也是息息相关^[7]。本试验结果显示,在蜘蛛网八角金盘组培快繁中,利用健康植株的带芽茎段为外植体诱导不定丛芽,适当提高6-BA浓度更有利于诱导出正常的丛芽,但当6-BA浓度 $\geq 7.0\ \text{mg/L}$ 不利于芽的诱导。

鹅掌楸与八角金盘同为五加科植物,杨玉贤^[8]研究鹅掌楸组培技术发现,当6-BA浓度在0.1~0.5 mg/L之间,提高浓度有利于组培苗增殖,当浓度为0.5~1.0 mg/L,结果则相反。依巴代提·阿外都等^[4]研究结果显示,6-BA浓度在0.5~1.5 mg/L和NAA浓度在0.1~0.5 mg/L范围内,适当提高6-BA和NAA浓度有利于八角金盘增殖。本试验结果显示,在低浓度NAA情况下,适当提高6-BA浓度有利于促进蜘蛛网八角金盘的增殖;当NAA浓度提高之后,6-BA浓度提高不利于增殖;1/2 MS + 1.5 mg/L 6-BA + 0.2 mg/L NAA为最佳增殖培养基,增殖率为3.56,变异率为0。本试验结果与依巴代提·阿外都等人试验结果相似。

在植物的组培生产中,组培苗生根培养及后期炼苗移栽是极其重要的环节^[9, 10]。组培苗生根的质量不仅影响后期的长势,而且还影响到组培苗产业化生产的成本^[11]。在生根培养过程中,培

培养基的种类、不同生长调节剂类型及配比均对根的生长有重要影响。研究不同生长调节剂对八角金盘属海南冬青组培苗生根影响时发现,同时使用 IBA 和 NAA 对海南冬青生根的促进作用具有叠加效果,且在一定浓度范围内随着 2 种生长调节剂浓度升高,生根率提高^[12]。龚范武^[13]等人研究激素和基质对八角金盘扦插生根的结果显示,八角金盘生根率随着 IBA 和 NAA 浓度升高而升高,透气性、保湿性好的种植基质有利于提高八角金盘扦插种植成活率。本试验结果显示,IBA 和 NAA 浓度过高或者过低都不利于蜘蛛网八角金盘组培苗生根,MS + 0.1 mg/L NAA + 3.0 mg/L IBA 为最佳组合,生根率达到 96.42%。不同基质组合对蜘蛛网八角金盘组培苗移栽成活率的影响差异大,其中 40% 椰糠 +60% 泥炭土基质组合的移栽成活率最高,且有利于蜘蛛网八角金盘移栽后的生长。

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编委会.中国植物志(第五卷)[M].北京:科学出版社,1998.
- [2] 谢兰禹,李柱,王焕进,八角金盘引种试验初探[J].山东林业科技,2019(5):63-64.
- [3] 杨银虎.八角金盘培育技术[J].现代园艺,2015(4):48-49.
- [4] 依巴代提·阿外都,嵇云,许辉,等.八角金盘的组织培养研究[J].新疆农业科技,2009(5):42.
- [5] 李秋静,林丹,卿霞,等.一种组织培养快速繁育花叶八角金盘的方法:中国,201910892308.4[P].2019-09-20.
- [6] 熊丽,吴丽芳.观赏花卉的组织培养与大规模生产[M].北京:化学工业出版社,2003:31-32.
- [7] 朱丽芳,史俊,朱再标,等,老鸦瓣芽茎组织培养初步研究[J].中草药,2014,45(4):563-568.
- [8] 杨玉贤.杂交鹅掌楸组培育苗技术[J].绿色科技,2016,8(15):101-102.
- [9] 江明,易清元,王梦,山草果组培苗生根实验[J].西部林业科学,2013,42(4):82-86.
- [10] 刘会超,贾文庆.基本培养基及植物生长调节剂对牡丹组培苗生根的影响[J].河南科技学院学报(自然科学版),2010,38(2):32-34.
- [11] 高丽,李洪林,杨波.基本培养基与生长调节剂组合对素心建兰根状茎增殖和芽分化的影响[J].亚热带植物科学,2007,36(4):13-15.
- [12] 姚绍嫦,谭文明,蓝祖裁,等.海南冬青组培快繁体系的建立[J].江苏农业科学,2017,45(1):22-26.
- [13] 龚范武,龚舟,王萍,等.激素和基质对八角金盘扦插生根的影响[J].湖南林业科技,2013,40(5):13-15.

(责任编辑:许玲)

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2023.04.008

基于 EST-SSR 标记的金线莲叶色突变体分子身份分析

樊荣辉¹, 陈艺荃², 钟淮钦^{1*}, 叶秀仙^{1*}(¹ 福建省农业科学院作物研究所 / 福建省特色花卉工程技术研究中心, 福建福州 350013;² 福建省农业科学院农业工程技术研究所, 福建福州 350003)

摘要: 【目的】为金线莲 (*Anoectochilus roxburghii*) 从 DNA 分子水平上探索叶色突变体的遗传差异。【方法】采用 EST-SSR 分子标记技术对金线莲及其 2 个叶色突变体进行分子鉴定。【结果】20 对 SSR 引物共扩增出 78 条谱带, 其中 3 对引物 (JXL-6、JXL-14 和 JXL-16) 能稳定扩增出差异条带, 多态性条带 9 条, 多态性比率 11.54%。【结论】获得的 2 个叶色突变体为金线莲突变体, 叶色突变体与亲本在 DNA 分子水平差异较小。

关键词: 金线莲; 自然突变; 分子标记鉴定; SSR

中图分类号: S567.239

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2023) 04-0281-05

Identification of Molecular ID of Leaf Color Mutants in *Anoectochilus roxburghii* by EST-SSR Molecular Markers

Fan Ronghui¹, Chen Yiquan², Zhong Huaqin^{1*}, Ye Xiuxian^{1*}(¹Institute of Crop Sciences, Fujian Academy of Agricultural Science/Fujian Engineering Research Center for Characteristic Floriculture, Fuzhou, Fujian 350013, China;²Institute of Agricultural Engineering Technology, Fujian Academy of Agricultural Science, Fuzhou, Fujian 350003, China)

Abstract: 【Objective】This study aimed to explore genetic differences of leaf color mutants of *Anoectochilus roxburghii* at the DNA level. 【Method】Molecular identification of *Anoectochilus roxburghii* and its two leaf color mutants was conducted by EST-SSR molecular markers. 【Result】The results showed that 20 pairs of SSR primers produced 78 bands, 3 pairs of primers (JXL-6, JXL-14 and JXL-16) could stably amplify differential bands. Nine bands were polymorphic produced in 20 pairs of SSR primers and polymorphism ratio was 11.54%. 【Conclusion】Two leaf color mutants were identified as mutants of *Anoectochilus roxburghii*. However, there were small differences between mutants and parents at DNA molecular level.

Key word: *Anoectochilus roxburghii*; Natural mutation; Molecular marker identification; SSR

收稿日期: 2022-12-23

基金项目: 福建省自然科学基金项目 (2020J011370); 福建省农业科学院科技创新团队建设项目 (CXTD2021010-2); 福建省人民政府与中国农业科学院高质量发展超越“5511”协同创新工程项目 (XTCXGC2021003)

作者简介: * 为通讯作者, 叶秀仙 (1977-) 女, 副研究员, 主要从事花卉种质筛选与创新研究, E-mail: yxx7861@163.com。
钟淮钦 (1979-), 男, 副研究员, 主要从事花卉种质筛选与创新研究, E-mail: zhqeast@163.com。
樊荣辉 (1983-), 女, 副研究员, 硕士, 主要从事花卉分子辅助育种研究, E-mail: rhfan1012@163.com

突变体,与传统杂交后代相比,具有变异性状多样化、能稳定遗传品种现有优良性状、选育简便快捷等优势,在育种中占有非常重要的地位。因此,突变是丰富种质库的重要途径,也是新品种选育的有效途径。

因环境因素引起的饰变产生的表观遗传同样会影响本种的表型,为明晰所获得的突变材料是否为 DNA 遗传变异引起,除了进行表型稳定性观测外,还有必要进行遗传鉴定。DNA 分子标记技术是以基因组核苷酸的多态性为基础,在分子水平上直接反映遗传变异的标记,具有准确度高、不受环境影响且能早期快速鉴定等优点,广泛用于作物分子辅助育种、遗传多样性分析和品种鉴定等方面^[1-4]。目前常用的 DNA 标记技术有 SRAP、RAPD、ISSR、RFLP、AFLP 和 SSR 等^[5-8]。SSR 是一类由几个核苷酸(一般为 1~6 个)为重复单位组成的长达几十个核苷酸的串联重复序列。根据来源不同,SSR 分为基因组 SSR 和植物表达序列标签 SSR(expressed sequence tags SSR, EST-SSR)。EST-SSR 标记是基于表达序列标签开发微卫星的一种新型分子标记,因此除了具有基因组 SSR 的共显性遗传、多态性强、分布随机等优点外,还具有通用性和保守性更强的优点^[9]。EST-SSR 已广泛用于南瓜(*Cucurbita moschata*)^[10]、铁皮石斛(*Dendrobium officinale*)^[11]等多种作物的品种鉴定和遗传多样性分析。

金线莲(*Anoectochilus roxburghii*),又名金线兰、金线草等,为兰科开唇兰属多年生草本植物,主要分布在福建、浙江、云南和台湾等地区^[12]。具清热解毒、消炎止痛等功效,是中国传统的珍贵药材^[13]。金线莲以组培快繁作为主要繁殖方式,在组培快繁过程中较易产生自然突变,本团队在组培过程中获得 2 个金线莲叶色突变体,具有一定的观赏价值。本研究采用 SSR 技术对 2 个叶色突变体进行鉴定,以确定遗传变异的影响因素,并从分子水平上对金线莲新品种选育提供科学依据和参考数据。

1 材料与方法

1.1 材料

金线莲母株(J-1)在组培快繁过程中自然突变一株中间金黄色叶色突变体(J-2),中间金黄色叶色突变体(J-2)在组培快繁过程中又自然突变出全金黄色叶色突变体(J-3)(图 1)。3 个样品在组培瓶中培养 3 个月,取叶片,液氮速冻,-80℃保存。

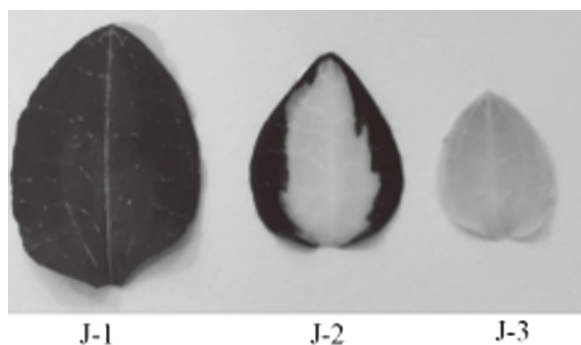


图 1 金线莲母株及 2 个叶色突变体

1.2 基因组 DNA 提取

金线莲 DNA 的提取采用 CTAB 法,用 1% 琼脂糖凝胶电泳检测 DNA 纯度,分光光度计检测 DNA 浓度,样品浓度调至 50 ng/μL,备用。

1.3 SSR 鉴定

使用 20 对 SSR 引物对金线莲 3 个样品进行扩增,引物名称分别为 JXL-1 至 JXL-20。所用引物为转录组测序结果中筛选的 SSR 引物,转录组原始数据已上传 NCBI(NCBI SRA accession PRJNA594793)。PCR 反应体系(25 μL): 10 × PCR buffer 2.5 μL, 2.5 M dNTP 2 μL, Taq DNA 聚合酶 0.15 μL, 10 mM 上游引物 1 μL, 10 mM 下游引物 1 μL, 50 ng/μL DNA 1 μL, ddH₂O 17.35 μL。扩增程序: 94℃预变性 5 min; 94℃ 30 s、51℃ 30 s、72℃ 30 s, 35 个循环; 72℃ 7 min。PCR 产物用 2.0% 琼脂糖凝胶电泳检测,适合的扩增产物进一步在全自动核酸蛋白分析仪(LabChip GX Touch 24, 美国 PerkinElmer 公司)上检测。

2 结果与分析

采用 20 对 SSR 引物对金线莲母株及 2 个叶色突变体基因组进行 PCR 扩增, 共扩增出 78 条谱带, 有 3 对引物 (JXL-6、JXL-14 和 JXL-16) 扩增出明亮、清晰、稳定且有差异的条带, 用于叶色突变体的鉴定分析, 其多态性条带数 9 条, 多态性比率 11.54% (表 1, 图 2)。

结果显示, 中间金黄色叶色突变体 (J-2) 与金线莲母株 (J-1) 的扩增条带相似度很高, 只有引物 JXL-6 和 JXL-14 能稳定扩增出差异常带, 并且多态性条带数少, 表明两者在 DNA 分子水平存在较小程度的差异, 遗传背景高度相似, 也进一

步表明中间金黄色叶色突变体 (J-2) 可能为金线莲母株 (J-1) 的自然突变体。全金黄色叶色突变体 (J-3) 是从中间金黄色叶色突变体 (J-2) 中再次突变而来, 分子标记扩增条带表明, 二者相似度较高, 全金黄色叶色突变体 (J-3) 与金线莲母株 (J-2) 相似度稍降低, 引物 JXL-6、JXL-14 和 JXL-16 均能稳定扩增出差异常带, 且多态性条带数目稍多, 在 DNA 分子水平上也存在较大差异。聚类分析表明, 中间金黄色叶色突变体 (J-2) 和金线莲母株 (J-1) 亲缘关系最近, 聚为一类, 全金黄色叶色突变体 (J-3) 遗传距离稍远。

表 1 SSR 引物序列

序号	引物名称	正向引物 5'-3'	反向引物 5'-3'
1	JXL-1	GGAAAGAAAGATCGGGGAAG	GGCTGTCTTGCGTCTCTTCT
2	JXL-2	CTGAAGAGGCCCTTATCGCAC	GGTAATAAAAGTGGCAGCGG
3	JXL-3	ATGAACCAATGATGCCGAAT	TCCGAACATCCGAAATGAAG
4	JXL-4	GCTATTTTGACCCCGATTT	CAGGCATCATGTTCTCACCA
5	JXL-5	GAACAGTAGAACAATGTAGCCCG	TTGCCACCCTGCTCTTAATC
6	JXL-6	CCAATTCGTCTGAGTCCCAT	CCAGTCAACTCCGTCTCCAT
7	JXL-7	GGGGTTGAGTCAAGAACGAA	CATTGCTCGGTGTTGAAGAA
8	JXL-8	CATTGCTCGGTGTTGAAGAA	GGGGTTGAGTCAAGAACGAA
9	JXL-9	GAAATGGATCTACCAATCAAAGG	CTTACCGCTGTCAGGGTTGT
10	JXL-10	AAGGAAGAGAGAGAAGCGGC	GAACCAGCCGTCAGTCAAGT
11	JXL-11	TTTTGTAGGGACGGAAGCAG	AACCCAATTCTCCACCTTC
12	JXL-12	CACAGGCCGAAAATCCAACCTT	TGAGCACAAAGAAGGAAGCA
13	JXL-13	AACATCGTTCTTAGCGAGGC	GCGCAGGAATTGGAAGTTAG
14	JXL-14	AATCCTTGCCTCCATGTCTG	CAACAAGGAAGGATCGGAAG
15	JXL-15	GCAGCCTTGATTACTTGGGA	CTGTTCCGTTGCTTCCAGTT
16	JXL-16	CTCGTCCGGGATTGAGATAA	GGGAAAGACGAACTATGCCA
17	JXL-17	TCTGATAAAGTTCACCGCCC	TTCCGACATGAAAGGAAAGC
18	JXL-18	TTGGCATAACTTGCCGAAAT	ACTCGTGCTGCGTCTACCTT
19	JXL-19	TTCTACTGGCGCAGGAAGTT	TTCCTAACGGCCTAACCCCTT
20	JXL-20	CCGTACTATGATGGGTGCAA	GAGCATGTTATGCCATCCG

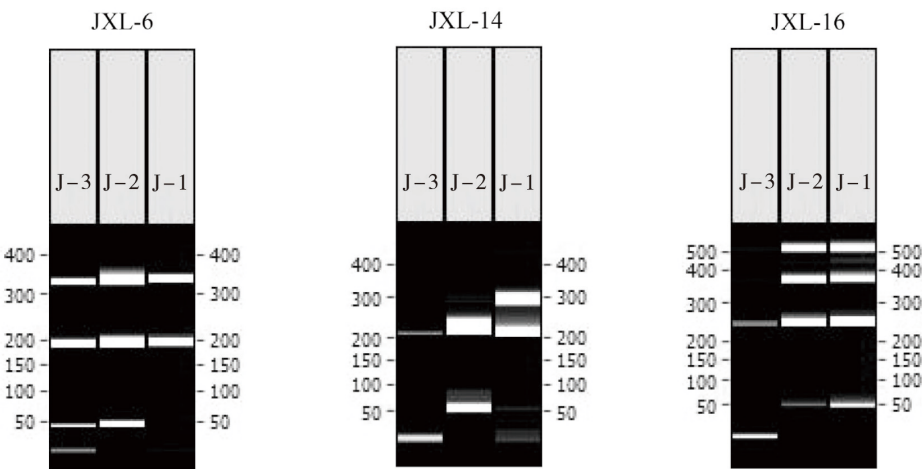


图 2 3 对 SSR 引物扩增图
注：1: J-3; 2: J-2; 3: J-1

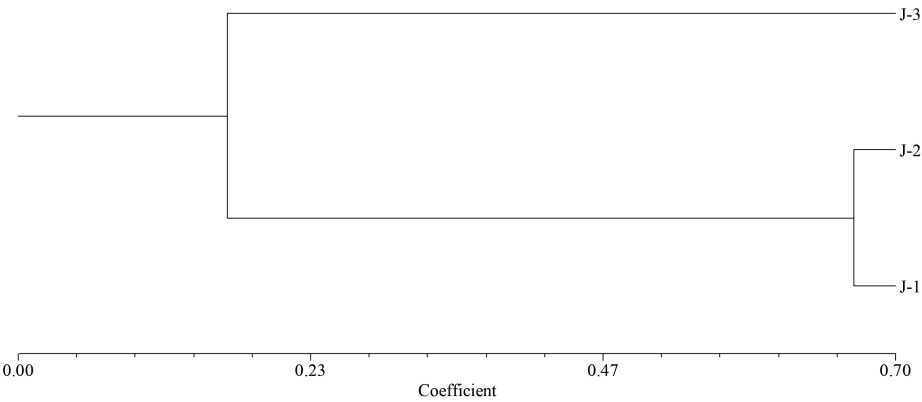


图 3 金线莲母株及 2 个叶色突变体分子标记聚类分析

3 讨论

目前，DNA 分子标记技术已成为鉴定作物亲本与后代遗传差异的一种快速、有效和准确的方法。SSR 分子标记具有重复性、通用性和稳定性好等优点，在后代鉴定中具有很大优势，已在多种植物中广泛应用^[14, 15]。

李小孟等（2016）利用 SSR 引物 SS15 和 TAA27 将芽变的真龙柚从沙田柚中鉴别出来，初步确定真龙柚是由沙田柚遗传物质改变产生的^[16]。冯涛等（2017）应用 SSR 分子标记对小白桃及其早熟芽变品种津柳早红基因组 DNA 进行特异性扩增，找到了 UDP96-008、CPPCT 022、BPPCT 028、UDP98-411、UDP96-99 等 5 个多态性标记^[17]。

胡冬梅等（2021）利用 SSR 技术成功鉴定了温州蜜柑的芽变材料及其亲本^[18]。本研究采用 SSR 标记技术对金线莲母株及 2 个叶色突变体进行分析，结果表明，中间金黄色叶色突变体与金线莲母株在 DNA 分子水平上差异很小，遗传背景和亲缘关系更近，可能为金线莲母株的突变体。全金黄色叶色突变体与中间金黄色叶色突变体遗传距离更近，而与金线莲母株相比，遗传距离较远，可能由于全金黄色叶色突变体是从黄绿相间的中间金黄色突变体中再次突变而来，这与其性状表现高度一致。本研究利用全自动核酸蛋白分析仪进行分析，与传统的聚丙烯酰胺凝胶电泳法相比，具有谱带大小准确，灵敏度高和用量小等优点，能更加准确显示遗传差异性。

余周源对小麦 39 个突变体进行聚类分析, 性状相近突变体聚在同一簇下, 性状不相关突变体遗传距离稍远^[19]。本研究对金线莲母株及 2 个叶色突变体进行聚类分析, 中间金黄色叶色突变体和金线莲母株亲缘关系最近, 全金黄色叶色突变体(J-3)遗传距离稍远。此外, 本研究为后续相关基因的挖掘, 揭示叶色突变机制提供了科学依据。

参考文献:

- [1] Ercisli E, Agar G, Yildirim N, et al. Identification of Apricot Cultivars in Turkey (*Prunus armeniaca* L.) Using RAPD Markers [J]. *Romanian Biotechnological Letters*, 2009, 14 (4): 4582–4588.
- [2] Wei W L, Qi X Q, Wang L H, et al. Characterization of the Sesame (*Sesamum indicum* L.) Global Transcriptome Using Illumina Paired-end Sequencing and Development of EST-SSR Markers [J]. *BMC Genomics*, 2011, 12 (1): 451.
- [3] Chang Y L, Oh E U, Lee M S, et al. Construction of a Genetic Linkage Map Based on RAPD, AFLP, and SSR Markers for Tea Plant (*Camellia Sinensis*) [J]. *Euphytica*, 2017, 213 (8): 190.
- [4] 杨海峰, 惠林冲, 陈微, 等. 应用分子标记辅助选育洋葱不育系及其杂交应用[J]. *江西农业学报*, 2019, 31 (7): 1–9.
- [5] Rao V R, Hodgkin T. Genetic Diversity Conservation and Utilization of Plant Genetic Resources [J]. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 2001, 68 (1): 1–19.
- [6] Pattaraborn M, Nutthalak L, Sittipun S, et al. Genetic Diversity of Indo-China Rice Varieties Using ISSR, SRAP and InDel Markers [J]. *Genetics*, 2019, 98 (3): 1–11.
- [7] Berna D, Turan K, Hatice I. Analysis of Genetic Diversity Among ‘Misket’ Apple Clones Using AFLP, SSR and RAPD Markers [J]. *Erwerbs-Obstbau*, 2019, 61 (3): 293–302.
- [8] Agyenim-Boateng K G, Lu J N, Shi Y Z, et al. SRAP Analysis of the Genetic Diversity of Wild Castor (*Ricinus communis* L.) in South China [J]. *PLoS One*, 2019, 14 (7): e0219667.
- [9] 于鹏飞, 孙晓健, 李晨晨, 等. 香椿染色体核型分析及 SSR 分子标记开发 [J]. *园艺学报*, 2019, 46 (6): 1172–1182.
- [10] 朱海生, 王彬, 叶新如, 等. 中国南瓜转录组 SSR 信息分析及其分子标记开发 [J]. *中国细胞生物学学报*, 2019, 40 (3): 468–475.
- [11] 李海梅, 沈佳, 赵娟, 等. 黄瓜线粒体基因组 SSR 标记开发及其在种子纯度鉴定中的应用 [J]. *南京农业大学学报*, 2015, 38 (5): 764–771.
- [12] 谢宗万. 全国中草药汇编 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1992: 392–393.
- [13] 万婷, 熊富良. HPLC-ELSD 法测定金线莲提取物中金线莲苷 [J]. *中成药*, 2014, 36 (7): 1485–1488.
- [14] 周志成, 王惠林, 王贤磊, 等. SSR 标记鉴定甜瓜品种 ‘红月亮’ 种子纯度 [J]. *中国瓜菜*, 2014, 27 (1): 21–24.
- [15] 李永清, 江金兰, 叶炜, 等. SSR 分子标记鉴定铁皮石斛与霍山石斛的正反交后代 [J]. *福建农业学报*, 2017, 32 (8): 870–873.
- [16] 李小孟, 雷天刚, 陈伟, 等. 沙田柚芽变品种 “真龙柚” 的分子标记鉴定 [J]. *中国南方果树*, 2016, 45 (5): 52–54.
- [17] 冯涛, 刘娟, 华夏雪. 利用 SSR、SRAP 分子标记鉴定桃早熟芽变 [J]. *江苏农业科学*, 2017, 45 (6): 42–44.
- [18] 胡冬梅, 江东, 李永平, 等. 利用 Target SSR-seq 技术鉴定温州蜜柑芽变材料 [J]. *中国农业科学*, 2021, 54 (23): 5083–5096.
- [19] 余周源. EMS 诱导的三雌蕊小麦突变体的筛选、鉴定及转录组分析 [D]. 南充: 西华师范大学, 2021.

(责任编辑: 冯新)

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2023.04.009

‘阳光玫瑰’葡萄“三期促早成熟” 调控关键技术研究



陈 婷, 刘鑫铭, 林金辉, 雷 龔*

(福建省农业科学院果树研究所 / 福建省落叶果树工程技术研究中心, 福建福州 350013)

摘 要:【目的】为缓解‘阳光玫瑰’葡萄规模生产栽培中集中用工需求及成熟上市压力, 利用福建地理资源优势, 以延长采果期提质增效为目的, 开展“三期促早成熟”调控集成技术研究。【方法】以阳光玫瑰为材料, 在多年单项技术预试验的基础上, 对封棚揭膜调温控湿、精准留梢摘心整穗、重施基肥促壮提质、病虫害防控等“三期促早成熟”调控技术进行整合处理。【结果】同果园阳光玫瑰分成“提早 30 d + 提早 15 d + 正造果”三批次成熟, 各批次间产量无显著性差异, 均表现出果穗美观、可溶性固形物含量 19.0% 以上、品质优, 且促早成熟批次出园价格提高。【结论】实施“三期促早成熟”调控技术既保证了果实优良品质, 又实现错峰用工, 延长了果品供应期, 促进阳光玫瑰葡萄种植经济效益的提升。

关键词: 阳光玫瑰; 三期促早成熟; 调控技术

中图分类号: S663.1

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2023) 04-0286-04

Study on Key Regulation Techniques of ‘Early-ripening in Three Batches’ of Grape ‘Shine Muscat’

Chen Ting, Liu Xinming, Lin Jinhui, Lei Yan*

(Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences/ Research Center for Engineering Technology of Fujian
Deciduous Fruits, Fuzhou, Fujian 350013, China)

Abstract: 【Objective】In order to relieve the pressure of intensive labour and ripening in large-scale production and cultivation of grape ‘Shine Muscat’, advantages of geographical resources in Fujian Province was taken to study integrated regulation techniques of ‘early-ripening in three batches’ for extending harvest period and improving quality and efficiency. 【Method】Based on pre-testing of single technology for many years, grape ‘Shine Muscat’ was used as material to integrate regulation techniques of ‘early-ripening in three batches’, including sealing the shed and removing the film to control temperature and humidity, precise shoot

收稿日期: 2023-06-13

基金项目: 福建省属公益类科研院所基本科研专项 (2020R10280013); 福建省农业科学院科技创新团队项目 (CXTD2021009-2)

作者简介: * 为通讯作者, 雷龔 (1979-), 男, 副研究员, 博士, 主要从事果树育种与栽培技术研究, E-mail: lxmy2010@163.com。

陈婷 (1985-), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事葡萄育种与栽培技术研究, E-mail: tingch2022@163.com

retention, topping and cluster pruning, heavy application of base fertilizer to promote strong plant and improve fruit quality, and control of disease and pests. 【Result】 There were three times of fruit maturity periods at one orchard, including 30 days in advance, 15 days in advance and normal maturity period. No significant differences on yield were found among three times of fruit maturity periods. All fruit had beautiful clusters, a soluble solid content exceeding 19.0%, and high quality. Fruits by facilitating early maturity had increased price. We propose a set of key regulation techniques of regulation techniques of ‘early-ripening in three batches’. 【Conclusion】 Implementation of regulation techniques of ‘early-ripening in three batches’ could not decrease fruit quality, realize off-peak labor, extend fruit supply period, and promote economic benefits of grapple ‘Shine Muscat’.

Key words: Grape ‘Shine Muscat’; Early-ripening in three batches; Regulation technology

‘阳光玫瑰’葡萄为欧美杂交种,中晚熟,由‘安芸津21号’与‘白南’为亲本杂交育成^[1]。果皮黄绿色且薄,果肉硬脆,可溶性固形物含量高,玫瑰香味浓郁,深受消费市场喜爱。近年来不少农户由零星种植发展为规模栽培,导致同果园成熟上市集中,销售压力大,且在生产栽培过程中,摘心、花穗整形、生长调节剂应用、疏果等用工需求密集,用工难问题日益凸显。

福建省地处我国东南部,属亚热带海洋性季风气候,山地水热资源丰富,葡萄种植生产具有早熟优势。充分利用我省温热气候条件及栽培设施,开展阳光玫瑰“三期促早成熟”调控关键技术研究、集成与应用,可实现错峰用工,缓解集中用工压力,提早果品供应期,是提升阳光玫瑰葡萄栽培经济效益的有效途径之一。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验地点在福建省宁德市古田县吉巷乡高坑村,海拔382 m,试验地块地势平坦,壤土,配套水肥一体化灌溉系统。

1.2 试验材料

供试材料为鲜食葡萄品种阳光玫瑰5 a生植株,树势健壮一致。试验于连栋避雨棚内进行,棚高4.0 m,采用篱棚复合式架式栽培(即沿种植行设置立柱并拉结一道低于棚架面30 cm的钢绞丝),“一”字树形,主蔓高度1.4 m,架面叶幕

高度1.7 m,株行距1.5 m×3.0 m。

试验园阳光玫瑰生长期内田间肥水管理一致,分别于萌芽后至开花前、第一次生长调节剂处理后、膨果期等时期少量多次施入肥料,每667 m²共施硝酸铵钙12.5~15.0 kg、氨基酸壮根肥5~10 kg、有机水溶肥15~20 kg、平衡肥15~20 kg,二次膨大期施肥以钾肥为主,每667 m²施高钾复合肥26 kg;花前喷施0.2%硼肥1次;幼果期,叶面喷施糖醇钙,补充中量元素;生长期视树体长势及叶片状态调整喷施氨基酸叶面肥、尿素等。新梢生长期、果实膨大期保障水分供给充足,花期、成熟期及采后需适当控水,视具体土壤墒情进行调整。

1.3 试验方法

试验区共2 000 m²,分别设立2个提早破眠处理和1个对照处理,即处理1(第一批次)、处理2(第二批次)和对照(正造果)。处理1、2分别在2022年1月8日和21日进行提早破眠处理,使用单氰胺25~30倍液涂抹冬芽,并对避雨棚四周进行围膜封棚,促进破眠萌芽;对照在1月25日进行处理,仅破眠未封棚。生长期根据阳光玫瑰葡萄物候期变化,实施“三期促早成熟”栽培技术。

1.4 测定指标

物候期调查:观察并记录葡萄萌芽期(5%芽眼鳞片开裂时)、盛花期(50%花帽脱落时)及成熟期(95%果粒完成软化且TSS≥17%时),调查方法及记录标准参考《葡萄种质资源描述规

范和数据标准》略作增补^[2]。

果实品质测定：于葡萄成熟期，采用游标卡尺测定葡萄果粒横径、纵径；用电子天平测定果实穗重、粒重；用便携式折光仪测定果实可溶性固形物含量，每处理重复 10 次。

产量测算：于采收期采摘各处理的单一植株上所有成熟程度基本一致且达到上市要求的果穗，以台秤称取总重量，每处理重复 3 次，根据种植株行距折算成 667 m² 产量。

2 结果与分析

2.1 “三期促早成熟”调控对物候期及产量的影响

根据计划采收时间及阳光玫瑰葡萄生长发育时长，通过分批围膜封棚及破眠剂处理，促进冬芽提早萌发且萌芽整齐，各处理物候期具体如表 1，相较于对照正造果，第一批次果实成熟期提早 30 d，第二批次提早 15 d。各处理 667 m² 产量为 1 509.6~1 613.2 kg，且处理间无显著性差异。

表 1 2022 年各处理阳光玫瑰物候期及产量

	萌芽期	盛花期	成熟期	667 m ² 产量 /kg
处理 1（第一批次）	2 月 6 日	4 月 6 日	7 月 24 日	1554.0 a
处理 2（第二批次）	2 月 18 日	4 月 12 日	8 月 8 日	1509.6 a
对照（正造果）	2 月 25 日	4 月 16 日	8 月 24 日	1613.2 a

注：同一列中的不同小写字母表示 $P<0.05$ 水平的差异显著。下表同

2.2 “三期促早成熟”调控对果实品质的影响

采收后，对比试验园三批次成熟果实的品质（见表 2），平均穗重均为 600 g 以上，粒重

12.9~13.5 g，可溶性固形物含量 19.0% 以上，品质优，但各批次间无显著性差异。

表 2 2022 年阳光玫瑰三批次成熟果实品质

	穗重 /g	粒重 /g	果粒纵径 /mm	果粒横径 /mm	可溶性固形物含量 /%
处理 1（第一批次）	638.6 a	13.4 a	29.1 a	25.4 a	19.2 a
处理 2（第二批次）	623.7 a	13.5 a	29.7 a	25.3 a	20.8 a
对照（正造果）	648.5 a	12.9 a	28.5 a	25.3 a	20.5 a

3 结论与讨论

由于同一生态区中农户规模种植，同园区内阳光玫瑰葡萄生长物候期基本一致，栽培管理阶段性集中，存在集中用工现象，尤其是花果管理，集中用工压力更甚。通过促早成熟调控，调节阳光玫瑰物候期，实现同果园果实分三批次成熟，田间管理可错峰用工，有效缓解栽培管理集中用工压力。与正造果的果实品质相比，前两批次的

促早成熟果均表现出果穗美观，可溶性固形物含量 19.0% 以上，味甜、品质优，且由于提早供市，出园价格提高 8 元 /kg，销售供不应求，经济效益提升显著。

植物生长调节剂使用是影响果品商品性的重要技术措施之一，其应用效果受品种、气候等因素影响。李逸凡等^[4]在花后 15 d 以 40 mg/L GA₃、花后 25 d 用 5 mg/L CPPU 浸蘸果穗，显著增加了‘弗雷无核’葡萄果实粒重与穗重，改善外观并显著降低

可滴定酸含量,提升果实品质。姜福莉等^[5]针对河北昌黎气候特点及‘金田蓝宝石’葡萄品种特性,筛选出无核化生产的最优生长调节剂使用方案,即第一次在盛花期使用 75 mg/L GA₃,第二次在花后 10~14 d 使用 75 mg/L GA₃ + 2 mg/L CPPU。本试验基于福建古田气候条件开展了阳光玫瑰“三期促早成熟”调控关键技术集成及效果分析,但不同生态气候条件下植株对生长调节剂的反应存在差异,适配的生长调节剂使用种类及适宜浓度还有待进一步研究。此外,温、光、湿等大环境气候条件会影响棚内微域环境,从而影响葡萄生长发育,因此针对不同海拔不同地区的气候差异,适宜封棚时间还有待进一步研究调整,以促进“三期促早成熟”技术的进一步推广应用。

4 “三期促早成熟”调控关键技术集成

4.1 封棚围膜调温控湿

分别在1月上旬和1月下旬,对果园内避雨棚进行分批分区围膜,封棚一周后至阳光玫瑰葡萄萌芽前,温度控制在 25~28℃,湿度保持 90%,促进萌芽。萌芽后的新梢生长期,温度控制在 25~30℃,湿度降至 70% 左右,因此在萌芽后的晴天应进行适当通风,以避免棚内高温高湿带来的不利影响。

4.2 精准留梢摘心整穗

冬芽萌发后,每个节位仅留 1 根健壮新梢,梢间距约 20 cm。每梢留 1 花穗,花穗以上 3 叶摘心,顶副梢按 3~4 叶反复摘心;花穗以下副梢全部抹除,花穗位置副梢留 2~4 片摘心,为果穗遮阳和提供养分,其余副梢留 1 叶摘心并抹去叶腋芽眼。

在葡萄开花前进行花穗整形有利于精品果的生产^[3],还能减少疏果用工。棚内初见有花朵开放时进行花穗整形,仅留花穗穗尖 6 cm,剪去其他支穗。

4.3 生长调节剂处理

花后 2 d 使用 15 mg/L GA₃ + 2 mg/L CPPU 浸蘸花穗,12~15 d 后,用 20 mg/L GA₃ + 2 mg/L CPPU 浸蘸果穗,以促进果粒膨大。药剂处理后要

及时轻弹果穗,弹落多余药液。根据开花状态分批次进行生长调节剂处理,并且在生长调节剂第一次处理后 7~10 d 进行疏果,剪去畸形果、病果、过密果等,每穗留果约 60 粒。

4.4 重施基肥促壮提质

9 月底~10 月初,在距主干 30~40 cm 处挖 30~40 cm 深沟施入基肥,分年度在主干两侧轮流施入。基肥主要以有机肥为主,每 667 m² 施入有机肥 3~4 t,掺入牡蛎钙 100~150 kg,钙镁磷肥 100~150 kg 以及微量元素,可有效改善土壤条件,促进树体健壮及果实品质提升。

4.5 病虫害防治

花期前后重点防控灰霉病,可喷施施佳乐 1 000 倍液、啉酰腐霉利 4 000 倍液或凯泽 1 500 倍液;生长期可喷施螺虫乙酯 4 000 倍液、多角体病毒 1 000 倍液等防治红蜘蛛、粉蚧及蛾类;套袋前喷施阿米西达。药剂选用低毒低残留农药,且注意轮换使用,宜选用水剂、微乳剂、水分散粒剂等剂型。采收前 1 个月停止喷药。

参考文献:

- [1] 刘鑫铭,陈婷,雷龔.阳光玫瑰葡萄在福州地区的引种表现及栽培要点[J].东南园艺,2018,6(2): 33-36.
- [2] 刘崇怀,沈育杰,陈俊.葡萄种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006: 126.
- [3] 鲁会冉,陈锦永,程大伟,等.葡萄花穗整形技术研究进展[J].江西农业学报,2017,29(7): 56-61.
- [4] 李逸凡,姚玉新.GA₃和CPPU对弗雷无核葡萄果实膨大剂品质的影响[J].落叶果树,2023,55(4): 29-32.
- [5] 姜福莉,李琛,赵紫蝶,等.生长调节剂对‘金田蓝宝石’葡萄无核化和品质的影响[J].中外葡萄与葡萄酒,2023(5): 54-59.

(责任编辑:李婷)

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2023.04.010

福州市闽江公园南园园林植物资源调查分析

黄秋淋, 林 华

(福州市闽江公园管理处, 福建福州 350001)



摘 要:【目的】查清福州市闽江公园南园园林植物资源本底,开展全面调查研究,以为公园的绿化建设、景观改造、植物引种提供理论参考。【方法】采用实地踏查法和样线法对闽江公园南园园林植物资源展开调查,并对植物科属种结构、常绿与落叶树种类型及比例、植物来源、观赏类型进行分析。【结果】闽江公园南园共有园林植物 235 种,隶属于 82 科 171 属。其中双子叶植物 60 科 115 属 166 种,单子叶植物 15 科 48 属 61 种,裸子植物 6 科 7 属 7 种,蕨类植物 1 科 1 属 1 种。乔灌木种类数量最多,以常绿树种为主,占乔灌木总数的 68.6%;物种来源方面,引种占比较大、占总数的 58.8%,乡土植物应用较小、占 41.2%;观赏类型方面,按数量多少排序为观叶>观花>观形>观果。【结论】闽江公园南园园林植物资源丰富,观赏类型多样;此外,应深度挖掘乡土植物资源、增加彩叶树种和落叶树种的种植面积,才能体现出显著的季相景观。

关键词: 园林植物资源;植物来源;观赏类型;闽江公园南园

中图分类号: Q948.18

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2023) 04-0290-06

Investigation and Analysis on Garden Plant Resources of South Garden of Minjiang Park in Fuzhou City

Huang Qiulin, Lin Hua

(Fuzhou Minjiang Park Management Office, Fuzhou, Fujian 350001, China)

Abstract: 【Objective】The research aimed to find out the background of garden plant resources in South Garden of Minjiang Park in Fuzhou City, and to conduct comprehensive investigation in order to provide theoretical references for green construction, landscape reconstruction and plant introduction of garden. 【Method】Field survey and sample transect method were used to investigate the plant resources of South Garden of Minjiang Park and plant structure of family, genus and species, types and ratio of evergreen and deciduous tree, plant sources and ornamental types were analyzed. 【Result】There were 235 species of garden plants, belonging to 82 families and 171 genera. Among them, there are 166 species of dicotyledons belonging to 115 genera and 60 families, 61 species of monocotyledons belonging to 48 genera and 15 families, 7 species of gymnosperm belonging to 7 genera and 6 families, and 1 species of ferns belonging to 1 genera and 1 family. Arbor and shrub species had the largest number and evergreen tree species were the most, accounting for 68.6% of the total number of arbor and shrub. In terms of species sources, introduced species accounted for a relatively large proportion, accounting for 58.8% of the total, and the application of native plants was

收稿日期: 2023-05-21

基金项目: 高层次人才科研启动专项 (MWY2023-5-02)

作者简介: 黄秋淋 (1990-), 女, 风景园林管理工程师, 林业硕士, 主要从事园林植物多样性研究工作, E-mail: 766129460@qq.com

relatively small, accounting for 41.2%. In terms of ornamental types, the largest of number was species with leaf as ornamental object, the second was that with flower, the third was that with shape and the least was that with fruit.

【 Conclusion 】 The south garden of Minjiang Park was rich in garden plant resources and was diverse in ornamental types. In addition, local plant resources should be deeply excavated, and the planting area of colored-leaf trees and deciduous trees should be increased to reflect the obvious seasonal landscape.

Key words: Garden Plant Resources; Plant source; Ornamental types; South Garden of Minjiang Park

城市公园是城市居民日常休闲、放松、游憩的重要场所, 公园植物的合理配置是城市公园绿化建设的重要内容^[1]。随着城市化进程加快, 城市公园在提高居民生活质量和维持生态平衡上有着举足轻重的地位, 城市公园建设成为当下最受关注的热点问题之一。植物作为公园建设的重要生命元素, 其丰富度、多样性及景观配置的好坏会直接影响公园绿化品质的高低^[2]。在公园规划和建设中, 植物物种的选择与配置决定了公园绿化的景观效果和公园绿化品质^[3]。所以, 对公园内植物进行合理配置是非常重要的^[4]。福州市闽江公园南园建成于2002年, 公园建设利用闽江江滨的优越条件和原生植被条件, 营造了独特的自然生态环境。为使公园特有的生态面貌和景观特色得以更充分展现, 需对公园植物现状及存在问题有全面的了解。为此, 通过对闽江公园南园园林植物资源进行实地调查与分析, 以期对公园今后绿化建设、景观改造、植物引种提供理论参考。

1 研究区概况

福州市背面靠山、依江面海, 气候条件适宜, 属典型的亚热带季风气候, 夏季高温多雨, 冬季温和少雨。1~2月最冷, 平均气温6~10℃; 7~8月最热, 平均气温达33~37℃, 极端天气下气温可达42.3℃; 年均气温20~25℃, 年均降水量900~2 100 mm, 年相对湿度约77%^[5], 其得天独厚的地理位置和气候环境适宜多种植物生长。

闽江公园以闽江为界, 由南北两园组成, 是福州市内最大的开放式休闲公园, 更是国内最长的都市江滨公园^[6]。南园位于福州市仓山区闽江

南岸, 占地面积47 hm², 全长约5 km, 由“编年史艺术长廊”“日沐椰风”“荷塘月色”“江畔闲情”“梦里田园”“泽南方舟广场”“童趣天地”“十里花径”“春江花月夜”和“闽水流馨”等十个景区组成。南园人为干扰程度轻, 人工雕琢痕迹少, 原生林相对丰富; 乔、灌、草植物搭配独特, 彰显闽江流域文化特色和榕城风情, 是集观光、游憩、休闲于一体的开放型城市公园。

2 调查方法与内容

经文献查阅和资料分析, 采用实地踏查法和样线法对闽江公园南园园林植物进行外业调查。调查后的物种依据《福建植物志》^[7]、《园林树木学》^[2]和《中国外来植物》^[8]等权威著作和擅长植物分类的专家进行仔细鉴定和信息补充, 并编制植物名录, 同时对南园园林植物的科、属、种、物种来源及观赏特性进行分类统计和分析, 参照《中国植被》^[9]对园区植物的生活型进行详细划分与统计分析。

3 研究结果与分析

3.1 园林植物科属种的组成

经实地调查和鉴定, 福州市闽江公园南园现有园林植物235种, 隶属于82科171属; 其中双子叶植物60科115属166种, 单子叶植物15科48属61种, 裸子植物6科7属7种, 蕨类植物1科1属1种(详见表1)。被子植物在闽江公园南园植物组成中占有优势地位, 而裸子植物和蕨类植物占比较少, 使用频率低。被子植物分别占科、属、种的91.5%、95.3%、96.6%, 其中双子叶植

物和单子叶植物各占全国总数的 70.6% 和 26.0%。只占全国植物科、属、种的 7.3%、4.1%、3.0%。
双子叶植物的应用远大于单子叶植物。裸子植物 蕨类植物则仅占植物科、属、种的 1.2%、0.6%、0.4%。

表 1 闽江公园南园园林植物科属种的组成

植物类群	科		属		种	
	数量	比例 /%	数量	比例 /%	数量	比例 /%
双子叶植物	60	73.2	115	67.2	166	70.6
单子叶植物	15	18.3	48	28.1	61	26.0
裸子植物	6	7.3	7	4.1	7	3.0
蕨类植物	1	1.2	1	0.6	1	0.4
合计	82	100.0	171	100.0	235	100.0

3.2 园林植物生活型的组成

闽江公园南园的园林植物生活型按《中国植被》分类统计结果如表 2 所示。235 种植物中常绿乔木 52 种（隶属于 25 科 40 属），占有种的 22.1%；落叶乔木 43 种（隶属于 26 科 39 属），占有种的 18.3%；常绿灌木 75 种（隶属于 35 科 49 属），占有种的 31.9%；落叶灌木 15 种（隶属于 9 科 14 属），占有种的 6.4%；草本 41 种（隶属于 21 科 35 属），占有种的 17.4%；藤本 2 种

（隶属于 2 科 2 属），占有种的 0.9%；竹类 7 种（隶属于 1 科 4 属），占有种的 3.0%。其中乔木和灌木占比大，草本次之，竹类较少，藤本资源欠缺。常绿乔木与落叶乔木比值约为 1.2:1，搭配均衡合理；常绿灌木与落叶灌木比值为 5:1，比例较悬殊，不能充分体现季相景观。草本植物中，地被植物占绝大多数，水生植物仅 5 种。藤本植物 2 种，景观形式单一。竹类植物 7 种，种类较少，景观多样性不显著。

表 2 闽江公园南园园林植物生活型的组成

生活型	科		属		种	
	数量	比例 /%	数量	比例 /%	数量	比例 /%
常绿乔木	25	25.6	40	23.4	52	22.1
落叶乔木	26	26.6	39	22.8	43	18.3
常绿灌木	35	35.9	49	28.7	75	31.9
落叶灌木	9	9.3	14	8.2	15	6.4
草本	21	21.5	35	20.5	41	17.4
藤本	2	2.1	2	1.2	2	0.9
竹类	1	1.0	4	2.3	7	3.0
合计	119	121.8	183	107.0	235	100.0

3.3 园林植物来源的组成

经实地调查和资料查阅，闽江公园南园物种来源分为乡土植物、国内引种、国外引种、入侵种 4 类（表 3）。公园内园林植物以乡土植物（97 种）和国外引种（85 种）居多，分别占总种数的 41.2% 和 36.2%；其次为国内引种（51 种），占总种数的 21.7%；入侵种（2 种）占比最少，

仅占总种数的 0.8%。其中乡土植物占比较高，却缺少珍稀植物，导致乡土景观不显著。园内园林植物主要以引种为主，占总种数的 57.9%，植物种类丰富，景观配置多样。其中国外引种的乔木有蓝花楹（*Jacaranda mimosifolia*）、洋蒲桃（*Syzygium samarangense*）、澳洲鸭脚木（*Schefflera actinophylla*）、美丽异木棉（*Ceiba speciosa*）；灌

表 3 闽江公园南园园林植物来源的组成

植物来源	种	比例 /%	典型植物
乡土植物	97	41.2	乌桕、朴树、杜英、枫香树、橄榄、海桐、艳山姜、福建山樱花、红叶石楠、荔枝、垂柳、阴香、棕榈、肾蕨
国内引种	51	21.7	水杉、盆架树、麻楝、二乔玉兰、台湾栾树、银杏、红枫、鸡爪槭、红花檵木、木芙蓉、灰莉、紫叶李、沿阶草、幌伞枫
国外引种	85	36.2	虎刺梅、琴叶珊瑚、鸡蛋花、翠芦莉、花叶假连翘、鸡冠刺桐、荷花玉兰、澳洲鸭脚木、黄蝉、假槟榔、美丽针葵、丝葵、酒瓶兰、印度榕
入侵种	2	0.9	蟛蜞菊、凤眼蓝

木有八角金盘（*Fatsia japonica*）、花叶假连翘、朱缨花、双荚决明（*Cassia bicapsularis*）等；草本植物有巴西野牡丹（*Tibouchina semidecandra*）、翠芦莉（*Ruellia brittoniana*）、紫竹梅（*Tradescantia pallida*）、花叶冷水花（*Pilea cadierei*）等。入侵种中，陆生植物蟛蜞菊（*Sphagneticola calendulacea*）和水生植物凤眼蓝（*Eichhornia crassipes*）蔓延速度快，对园区其他植物的生长空间造成极大危害。

3.4 园林植物观赏类型的组成

经调查分析，闽江公园南园植物按观赏类型分为观叶植物、观花植物、观果植物、观形植物等 4 类。由表 4 可知，235 种植物中观叶、观花、观形、观果植物分别有 147、95、85、14 种，分别占总种数的 62.6%、40.4%、36.2%、6.0%，比例约为 10:7:6:1。观叶植物中灌木较多，其中以豆科、

马鞭草科、金缕梅科、五加科、夹竹桃科应用最广。如朱缨花（*Calliandra haematocephala*）、花叶假连翘（*Duranta erecta* ‘Variegata’）、红花檵木（*Loropetalum chinense* var. *rubrum*）采用片植、列植、丛植等相互造景。观花植物中乔木和灌木居多，如大花紫薇（*Lagerstroemia speciosa*）、刺桐（*Erythrina variegata*）、小蜡（*Ligustrum sinense*）等，不但花大艳丽、色彩丰富，且花期主要集中于春夏季，是园内的优势观赏类型。观形和观果植物以乔木为主，观形植物在于树型高大，树干美观，如水杉（*Metasequoia glyptostroboides*）、假槟榔（*Archontophoenix alexandrae*）、蒲葵（*Livistona chinensis*）等；观果植物在于果形奇特，色泽鲜美，如腊肠树（*Cassia fistula*）、阳桃（*Averrhoa carambola*）、紫叶李（*Prunus cerasifera* ‘Pissardii’）等。

表 4 闽江公园南园园林植物观赏类型的组成

观赏类型	种	比例 /%	典型植物
观叶	147	62.6	朱缨花、花叶假连翘、红花檵木、八角金盘、夹竹桃、花叶海桐、红背桂、鱼尾葵、秋枫
观花	95	40.4	大花紫薇、刺桐、凤凰木、双荚决明、木芙蓉、小蜡、桂花、荷花玉兰、三角梅、蝴蝶花
观形	85	36.2	水杉、圆柏、假槟榔、王棕、蒲葵、垂柳、佛肚竹、美丽异木棉
观果	14	6.0	腊肠树、橄榄、阳桃、荔枝、构树、九里香、紫叶李、火棘

4. 闽江公园南园园林植物资源特征分析

4.1 亚热带景观独特，棕榈科植物繁多

棕榈科植物叶形奇特，树形美观，是热带地

区的典型代表，更是公园景观的一大特色。园内 16 种不同特征的棕榈科植物，以群植、列植、孤植等方式构成不同空间景观，打造出独具特色的亚热带景观风貌。

4.2 植物类型多样, 观赏性丰富

南园的乔木、灌木和草本植物覆盖度广, 空间配置合理, 高低错落有致, 形成不同的景观效果。适应性、抗逆性和竞争性较强的乔木为公园植物资源多样性创造条件, 不仅维持公园生态系统的稳定, 还是引人注目的景观亮点。大多灌木也具有类似作用, 如红花檵木、红叶石楠 (*Photinia × fraseri*)、黄金榕 (*Ficus microcarpa* ‘Golden Leaves’)、花叶假连翘等是公园灌木常见种, 其颜色丰富、树形多样, 亦耐修剪, 搭配不同色彩的植物可增加植物景观的观赏性。草本植物也是园林植物构成中不可缺少的组成部分, 用作花境、花坛设计, 呈现出丰富多彩的景观。

5. 存在的问题

5.1 乡土植物较少, 多样性水平低

南园有 97 种乡土植物, 在植物来源中占比较大, 但只占总种数的 41.2%, 大部分园林植物为引种树种。主要原因是建立园林城市、生态城市, 为实现植物资源多样性, 过于重视外来植物的引进和栽培工作, 从而忽略乡土植物的管理驯化。植物多样性水平低在于藤本植物种类少、地被植物单一、常见植物应用频繁。

5.2 植物景观季相特征不显著

除去藤本、竹类和草本植物, 园内共有 127 种常绿植物, 58 种落叶植物, 二者比值约为 2.2:1; 落叶植物作为季节更替的主要表现要素, 比例少会直接影响公园的季节性景观。此外, 彩叶植物也作为体现季节的另一因素, 园内绿叶植物与彩叶植物比值约为 4.4:1, 比例悬殊较大, 难以形成明显的季相景观。

6. 建议

6.1. 提升乡土植物比例

经调查发现, 闽江公园南园的乡土植物占总物种数的 41.2%, 物种数占比不大, 公园大部分植物都为引种栽培, 形成以外来物种居多的状况。

应该结合当地的气候条件、土壤状况和城市文化, 选择适合当地环境条件的乡土植物进行合理布局和物种多样性配置, 才不会造成大量雷同植物的丛植、列植和片植, 进而提高乡土植物资源和乡土植物多样性。加大乡土植物和珍稀植物的开发力度, 通过植物的引种、驯化和栽培, 建立以乡土植物为主的地域性公园, 形成独特的公园文化景观。

6.2 注重季相景观建设

植物作为季节变化的信号指示, 其生长发育过程中的抽芽、展叶、开花、结实、落叶等一系列变化都能构建出不同的季节性景观^[10]。公园以常绿植物为主体, 适当提高落叶植物和彩叶植物种类, 尤其是增加落叶乔木的种植范围和树种比例, 才能随时序变化形成不同季相景观。选用树形美观、花叶奇特的落叶乔木与常绿植物进行配植, 在时空维度上构成鲜明的季相景观。如黄花风铃木 (*Handroanthus chrysanthus*)、凤凰木 (*Delonix regia*)、麻楝 (*Chukrasia tabularis*) 等落叶乔木与樟 (*Cinnamomum camphora*)、木樨 (*Osmanthus fragrans*) 等搭配, 打造园林植物的层次感和时序美。选用果实饱满、色泽鲜美的观果植物做景观设计, 在观赏效果上也能呈现出季相变化特征。如杧果 (*Mangifera indica*)、柿 (*Diospyros kaki*)、蒲桃 (*Syzygium jambos*) 等观果植物, 在景观建设上与彩叶植物的运用效果如出一辙。此外, 季节性彩叶植物如乌桕 (*Triadica sebifera*)、鹅掌楸 (*Liriodendron chinense*)、水杉 (*Metasequoia glyptostroboides*)、枫香树 (*Liquidambar formosana*) 等都能随时序变化呈现出不同景观色彩。相比绿色植物景观, 季节性彩叶植物能增加景观的观赏性和层次感, 达到四季有景可赏, 景色耐人寻味。

6.3 加强入侵种防范

入侵种在新的生境中不断蔓延和扩散, 对生态系统的结构和功能造成明显的损害和影响^[11]。为防止入侵种对公园生态系统的稳定性和多样性造成影响, 应做好应对措施, 从根本上认识到入

侵种的危害性,提高生态环境的保护意识和宣传力度,防止外来物种入侵。制定实施方案,采用人工或药剂的防治方式控制其蔓延和扩散速度,最终将其铲除。此外,还应加强入侵种的监测工作,建立入侵种风险预警和快速反应机制。

参考文献:

- [1] 曾帅,刘磊.重庆渝中半岛游园观赏植物资源调查与分析[J].安徽农业科学,2021,49(16): 138-143.
- [2] 陈有民.园林树木学[M].北京:中国林业出版社,2011: 216-821.
- [3] 何萍.上虞园林植物资源及其园林应用研究[D].杭州:浙江大学,2013: 8-9.
- [4] 赵洋阳.呼和浩特市成吉思汗公园植物景观调查与分析[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2019.
- [5] 廖善刚.福建省旅游气候资源分析[J].福建师范大学学报(自然科学版),1998,14(1): 96-100.
- [6] 汪磊.城市滨水带状公园使用状况评价研究[D].福州:福建农林大学,2014: 1-2.
- [7] 福建省科学技术委员会.福建植物志[M].福州:福建科学技术出版社,1995.
- [8] 何家庆.中国外来植物[M].上海:上海科学技术出版社,2012.
- [9] 中国植被编辑委员会.中国植被[M].北京:科学出版社,1980: 146-147.
- [10] 蒙东萍,朱栗琼.贵港市马草江生态公园植物资源调查与分析[J].现代园艺,2019(19): 23-25.
- [11] 马媛,李懿轩.郑州市龙子湖公园植物资源调查分析[J].现代园艺,2020(6): 105-106.

(责任编辑:许玲)

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2023.04.011

“体系 – 平台 – 考核”三位一体的智慧食用菌 创新人才培养模式探索



陶永新

(福建农林大学园艺学院, 福建福州 350002)

摘要:【目的】旨在探讨“体系 – 平台 – 考核”三位一体的智慧食用菌创新人才培养模式。【方法】通过构建智慧食用菌课程教材、实验实践教学体系,建设虚拟仿真、VR、校外企业组成的教学平台,升级和完善对智慧食用菌创新实验和实践教学的考核方式。【结果】通过教学改革,学生对智慧食用菌的学习热情大大提高,课程成绩的优良率达到 50% 以上。【结论】教学改革探索大幅提升了食用菌课程的教学质量,也为智慧食用菌产业发展创新人才的培养模式提供有价值的参考。

关键词: 智慧食用菌; 创新人才培养; 教学模式; 教学改革

中图分类号: F326.13

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2023) 04-0296-04

Exploration on Trinitarian Innovative Talent Training Mode of Intelligent Edible Fungus Based on ‘System–Platform–Assessment’

Tao Yongxin

(College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract:【Objective】This paper aims to explore trinitarian innovative talent training mode of intelligent edible fungus based on ‘System–Platform–Assessment’.【Method】By constructing the course and teaching materials and experimental and practical teaching system of intelligent edible fungus, teaching platforms composed of virtual simulation, VR and off-campus enterprises was constructed and assessment methods for innovation experiment and practice teaching of intelligent edible fungus were upgraded and improved.【Result】Through the teaching reform, the students’ enthusiasm for learning intelligent edible fungus was greatly improved, and the excellent rate of course scores reached more than 50%.【Conclusion】This teaching reform exploration has greatly improved the teaching quality of edible fungus course, and also provided valuable references for the cultivation mode of intelligent edible fungus industry to develop innovative talents.

Key words: Intelligent edible fungus; Training of innovative talents; Teaching mode; Teaching reform

收稿日期: 2023-03-23

基金项目: 福建农林大学教改项目 (YB2020005)

作者简介: 陶永新 (1987-), 男, 副教授, 博士, 主要从事食用菌教学与科研工作, E-mail: taoyongxinmuse@163.com

智慧农业是将现代信息技术运用到传统农业中,运用传感器和软件在农业生产中的各种环节实现对农业生产环境(温、光、气、湿等)和农业生产对象的智能感知、智能分析、智能决策、智能预警、专家在线指导等,为农业生产提供精准化种植、可视化管理、智能化决策,是农业生产的高级阶段^[1]。食用菌是一类可以食用的大型真菌,其栽培生长的特性决定了食用菌较为容易实现智慧化生产。目前可以人工栽培的食用菌达到60多种,其中有10多种已经实现了工厂化周年栽培,如金针菇、双孢蘑菇、真姬菇等,每年还有陆续新增^[2]。因此,智慧食用菌是智慧农业中不可或缺而又独特的组成部分。

智慧食用菌的生产理念、栽培方式均与传统有较大区别。近十几年来,我国食用菌积极向智慧化生产模式发展,现代化的食用菌企业稳步增长,生产和管理方面亟需与之相应的智慧化食用菌专业且具有实践和创新能力的复合型人才^[3]。因此,在产业需求和智慧农业的大潮流下,相关高校应该积极建立智慧食用菌人才培养体系,加快这方面人才的培养。本文主要从“体系—平台—考核”三方面进行了教学改革和人才培养模式进行了探索,为智慧食用菌教学和人才培养提供一定参考。

1 智慧食用菌人才培养体系

1.1 智慧食用菌配套课程和教材建设

智慧食用菌人才培养首当其冲是相应的课程和教材。国内现有的食用菌栽培教材一是主要以纸质版为主,数字化的教材、配图及视频较少;二是其内容多数还是传统的栽培,少部分有工厂化栽培。智慧食用菌教材应该是以智慧栽培模式为主,涵盖智慧栽培的厂房设计、设施设备、物联网、大数据等,同时结合食用菌相关的智慧育种、现代生物技术、现代遗传学等形成全新的智慧食用菌教材,应该具体一定的前瞻性和引领性。与此相配套的是智慧食用菌的智慧化课程教学。

建设食用菌线上课程以及虚拟仿真实验课程,采用上课期间线上线下相结合的方式,学生先通过线上课程进行基本的学习,进而在线下课堂则更多的采用讨论、答疑方式进行提升。上课方式也尽可能多地采用智慧教学工具,如雨课堂等,全面增加课题的智慧化程度。

1.2 智慧食用菌实验教学课程

传统食用菌实验教学最大的弊端在于无法让学生体验食用菌栽培的整个过程,只能是针对部分环节、部分菇类进行实验。采用虚拟仿真实验教学进行食用菌栽培课程讲授,学生在自己电脑上可以设计厂房的布局,对食用菌栽培的每个环节(从栽培料的配制到出菇采收)进行不同参数的设计,实验不同参数对灭菌效果的影响,探索不同环境因子下子实体生长形态的变化,模拟真实菇厂的产量和效益,研究新的技术参数,实时得出每个改变对最终食用菌栽培的效果影响。虚拟仿真还可以配备VR实验设备,学生可以通过VR眼镜和手柄虚拟进行无菌操作等实验步骤,且可反复练习,或通过AR来即时体验蘑菇从小到大的整个生长过程。一方面大大增加了学生对智慧食用菌课程的热爱和兴趣,另一方面也更好地提升了该课程的实验教学质量。

1.3 智慧食用菌实践教学课程

围绕智慧食用菌人才培养方向,通过设计多层次多方位的综合实践教学体系。在校外,积极与国内、省内食用菌龙头企业合作,建立实践教学基地,可以在假期内组织学生赴企业进行系统的实践教学,使教学紧跟产业当前的发展前沿。而在校内,则重点发展创新科研实践教学体系和创业项目培育体系^[4]。根据学生的意向,组织一部分学生进行创新科研实践,并与导师组成创新小组,可以从大一入学开始,通过培育大学生创新训练项目,持续性进行创新实践能力的培养。另一部分同学则进行创业实践训练,同样组成创业小组,培育大学生创业项目,有意识地培养学生在智慧食用菌方面进行创业和实践。在学分上

设立创新和创业实践激励体制,对于取得相应成果的实践项目给予智育得分、奖学金、评先评优等方面的激励机制,更好地激发学生的动力和兴趣,提升实践教学效果。

2 智慧食用菌教学平台建设

以上智慧食用菌人才培养体系,尤其是实验和实践教学体系离不开平台的建设。平台可以是专用的也可以利用学院和学校其他平台,包括实体的实验室,也包括线上的平台。具体如下:首先充分利用国内现有的平台资源进行搭建,针对食用菌智慧化栽培建设银耳智慧化栽培的虚拟仿真教学平台,同时从其他高校引进金针菇和杏鲍菇的智慧化栽培虚拟仿真平台。其次,选择关键和重要的平台进行专门建设,针对关键的实操环节,建设食用菌智慧栽培的物联网和无菌操作 VR 平台,极大提高了智慧食用菌的实验和实践智慧体验感。再者,还与国家食用菌龙头企业合作,委托企业在菇厂实地开展学生实验,并将每个阶段的实验数据、照片和视频实时传给学生,让学生真实感受智慧栽培的实践应用。最后,将科研平台同时作为教学平台相利用,教学科研平台的相互融合,达到最大化利用教学平台和科研平台。

3 智慧食用菌课程考核方式

智慧食用菌课程的考核以及人才培养的评价方式也应该相应升级,不能简单地以卷面考试成绩为唯一的评价。尤其是应该加大对实验和实践教学的科学评分,具体可包括:A.实践教学的过程评分:对实践环节的实施过程、步骤、标准给予合理的计分,学生完成后自动打卡计分,实践过程评分是实践教学评分的重要组成,老师评分的同时还需给出评语和提升意见。B.实践教学的结果评分:对实践最后的成果进行分类评分,包括实践作品、实验结果、专利、PPT 汇报等形式,分类进行评分,结果评分加过程评分作为最后实

践总分,可算作实践教学相关课程的学分。C.创新实践成果的学分认定:对各类创新实践成果进行多样化认定,包括论文、研究报告、大会报告、专利等进行分类评分,可算作实践教学相关课程的学分。D.创业实践成果的学分认定:对各类创业实践成果进行多样化认定,包括企业策划、公司运作、盈利情况、产出情况等进行分类评分,可算作实践教学相关课程的学分^[5]。

4 总结与启示

智慧食用菌是食用菌产业发展的必然趋势。通过以上“体系-平台-考核”三位一体的智慧食用菌创新人才培养模式的初步探索,学生在课堂教学、实验和实践教学过程中的参与度显著提高,很多学生积极提出自己的想法与老师讨论;尤其是在虚拟仿真实验课中,有 90% 以上的同学有进行实验探索达 5 次以上,个别同学甚至进行了 15 次实验,实验报告中的感悟体会也非常真实,课程成绩的优良率达到了 50% 以上。在学生赴食用菌企业实践的过程中,很多学生提的问题不再是表面或知识性的问题,而是对生产中重要环节改进或创新模式方面的问题。这些充分体现了“体系-平台-考核”三位一体培养模式对学生兴趣和能力的积极提升。接下来,可以联合全国食用菌相关教学高校,建立智慧食用菌教学资源的共享平台,同时进一步加强与全国各类食用菌龙头企业的合作,更多地将企业生产实践与学生的创新实验和创业实践结合起来,对于培养智慧食用菌创新型人才具有重要意义。

参考文献:

- [1] 苏培森,李玉保,宋勇,等.新农科背景下智慧农业专业校企合作人才培养模式探索——以聊城大学为例[J].智慧农业导刊,2023,3(18):9-12.
- [2] 陶永新,朱坚.食用菌栽培实践教学的创新探索[J].中国园艺文摘,2017(10):214-216.
- [3] 秦运柏,潘敏玲,朱勇建,等.新工科背景下人

- 工智能创新人才培养探究思考[J]. 广西物理, 2021, 42(1): 46-47.
- [4] 黄娟, 吴子康. 大学生创业训练项目前期运行探索——以于都御提产业园之智慧农业为例[J]. 创新创业理论与实践, 2023, 6(6): 191-193.
- [5] 刘国花, 庞敏. 基于新农村建设的园艺专业创新型人才培养模式探索实践[J]. 黑龙江农业科学, 2020(9): 97-100.
- (责任编辑: 黄雄峰)

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2023.04.012

以就业需求为导向的食用菌栽培学课程建设探索

胡延如, 文 晴, 李亚楠, 戚元成, 王凤芹, 申进文*

(河南农业大学生命科学学院, 河南郑州 450046)



摘 要:【目的】为提高食用菌专业人才培养质量, 更好地向社会输出食用菌领域专业能力较强的综合性人才。【方法】从优化教学内容、丰富教学手段、完善教学方法等三个方面着手, 以就业需求为导向, 就《食用菌栽培学》的课程建设进行探索。【结果】从教学成效来看, 这种课程建设激发了学生的学习动力, 提高了学生对食用菌的全面认识和选择食用菌为就业方向的意愿。【结论】实践证实该方法是一种行之有效的课程建设改革途径。

关键词: 食用菌栽培学; 课程建设; 就业; 教学

中图分类号: S646; G642.3

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2023) 04-0300-04

Explore of Course Construction of Employment Demand-orientated 'Edible Fungus Cultivation'

Hu Yanru, Wen Qing, Li Yanan, Qi Yuancheng, Wang Fengqin, Shen Jinwen*

(College of Life Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450046, China)

Abstract: 【Objective】This paper explores the course construction of employment demand-orientated 'Edible Fungus Cultivation'. 【Method】To improve the training quality of edible fungi professionals and export comprehensive talents with strong professional ability in the field of edible fungi to the society, we optimized the teaching content, enriched the teaching means and perfected the teaching methods. 【Result】In terms of teaching effect, this kind of course construction stimulated students' learning motivation, improved their overall understanding of edible fungi and their willingness to choose edible fungi as employment direction. 【Conclusion】Practice has proved that this method is an effective way of course construction reform.

Key words: Edible fungi cultivation; Course construction; Employment; Teaching

食用菌是一类可食用的大型真菌, 其生产特点
是不与人争粮、不与粮争地、不与地争肥、不与农

争时、不与其他争资源。食用菌产业可将农林生产
中产生的废弃物转化为优质蛋白, 是一种高附加值

收稿日期: 2023-05-13

基金项目: 河南农业大学教育教学改革研究与实践项目 (2023XJGLX130); 河南农业大学教育教学改革研究与实践项目
(2023XJGLX139)

作者简介: *为通讯作者, 申进文 (1964-), 男, 教授, 硕士, 主要从事食用菌生理与栽培研究工作。胡延如 (1989-), 女, 讲师,
博士, 主要从事食用菌遗传与生理研究工作, E-mail: huyanru12@163.com

的产业。我国是食用菌生产和消费大国，食用菌产业已经成为继农、林、牧、渔之后的第五大产业。食用菌产业不断发展壮大，工厂化生产已然成为发展趋势，而产业的发展对于食用菌中高级专业技术人才，尤其是具有较高专业理论素质和实践能力的综合型人才的需求不断增大^[1]。比如，食用菌生产加工企业迫切需要具备食用菌培育、保鲜、加工及营销等能力的人才；事业单位及政府部门需要从事食药食用菌教学和科研、技术推广等方面工作的人才；随着国家大力支持食用菌特色产业发展政策的陆续推出，各地政府鼓励青年人才返乡自主创业，以创立生产合作社或者承包责任制等形式带领家乡人民从事食用菌的生产加工工作。

我国农林院校是食用菌专业人才培养的主要场所，针对食用菌专业人才培养制定了相应的课程。课程建设是高等教育专业建设和人才培养的重要内容^[2]。但是，目前高等教育课程建设与社会需求之间匹配度有待提高。为了进一步深化学院教学改革，提高食用菌专业课程教学质量，培养面向社会需求的高素质复合型人才，特制定以就业需求为导向的食用菌栽培学课程建设规划方案。

1 课程简介

食用菌栽培学是我国农林院校培养食用菌专业人才的重要课程之一，分为理论课和实验课，课程教学目的是让学生了解常见食用菌的栽培原理和技术。课程内容包括绪论、食用菌形态结构与主要类群、生理与生态、遗传与育种、培养料与栽培设施设备、菌种繁育常见食用菌的栽培原理与技术、食用菌病虫害防控及食用菌保鲜加工与菌渣利用等。食用菌栽培学以遗传学、微生物学、植物生理学等基本学科为基础，同时也是一门以实验操作、实验观察及实验记载为手段的实践性很强的课程。

2 课程建设目标

当今社会就业形式严峻，用人单位与毕业生数量均较多，但是相互之间能匹配的却较少。用人单

位不再过度重视求职者的学术能力或者应用能力，而是要求求职者同时具备学术、应用及创新等多项能力。因此，高校在培养人才过程中，应该注重以就业需求为导向，将综合能力的提升作为人才培养的目标，契合市场最大化需求^[3]。但是，目前传统高校食用菌人才培养模式往往具有一定延时性，培养的人才与市场需求契合度不高。因此，食用菌人才培养必须以就业需求为指导，制定合理的课程建设目标，以期学生不仅能掌握食用菌栽培的基础知识，而且可以提升食用菌人文素养和应用知识的能力，通过优化教学内容、革新教学方法，提升教学质量，构建既重视人文情怀培养、又突出应用能力培养的高素质应用型人才的课程体系。

3 课程建设内容

3.1 优化教学内容

食用菌栽培学教学内容除了要让学生掌握最基本的食用菌种类识别、营养保健价值、栽培方式等常规知识外，还需要丰富其趣味性、应用性和前瞻性。例如，在绪论部分，引入与食用菌相关的神话故事、名人轶事、各地风俗等内容培养学生的人文素养，传播我国博大精深的食用菌文化；通过对我国食用菌相关支持政策的解读，激发学生对食用菌产业发展的信心和兴趣；宣传国内外著名食用菌工厂的企业文化提升学生的从业志向；以《菌物学报》《食用菌学报》《食用菌》等各类杂志的食用菌论文为例，介绍食用菌领域的前沿科研进展，提升学生从事食用菌科学研究的兴趣。在食用菌菌种制备章节，教材主要介绍的是固体菌种制备，对液体菌种制备讲解较为简单，但是目前工厂化栽培的食用菌多采用液体菌种，因此，在授课时应该对该部分进行内容的拓展和延伸，让教学内容更接近实际生产。在不同菌类的栽培技术教学内容方面，将菌类分为传统农业栽培方式（如大棚、露天栽培等）的菌类（如平菇、香菇）和工厂化栽培菌类（如金针菇、双孢蘑菇），然后对不同栽培模式的管理流程、注意事项等进行比较分析。在食用菌采后加工保鲜

及菌渣利用环节,着重讲解食用菌深加工技术及产品开发的应用前景。在食用菌优良品种选育环节,增加食用菌育种方法及过程内容的比例,提升学生从事食用菌科学研究的热情,等等。此外,增加实用模块教学内容的比例,如消毒灭菌、菌种生产、鉴定与保藏技术、储藏加工与病虫害防治等,提升学生分析解决食用菌生产加工问题的能力。通过对教学内容的优化,紧密结合当前食用菌研究和发展的前沿水平,使教学内容与时俱进。

实验教学方面,对实验内容进行精选和更新。如,在已经开设的“平菇的栽培管理技术”内容中,注重增设与实际生产紧密结合的“液体菌种的制备工艺参数优化”,即可将培养基的配制与灭菌、无菌操作与菌种活化、发酵条件的控制、栽培袋的制备等实验整合在一起,形成一套完整的技术流程,并且可以让学生通过实际操作发现生产中会出现的多种问题,一个环节出现错误就可能导致不出菇的结果,由此提高学生做事的严谨性和培养学生的敬业精神。在“平菇细菌性病害的分离鉴定”实验中,学生可以通过微生物的分离纯化、平菇的再侵染、染色、分子生物学快速鉴定等内容,熟悉生产过程中食用菌的品质控制技术,提升食用菌常用技能的掌握程度^[4]。

3.2 丰富教学手段

在传统的教学过程中,教师与学生是互相分离的,教师以板书和PPT展示的形式向学生灌输知识,学生如果能认真听讲则可快速获取知识,但是在现实课堂上,很难有学生能坚持认真听讲。学生所学知识仅限于教师展示的内容,综合素质得不到全面提升,无法适应社会快速发展对人才质量的需求。此外,长期固定的教学手段也会使教师的教学内容故步自封,成为培训式教学。当今正处于“互联网+”时代,网络学习已经成为学习的重要途径,因此,教师应该利用各种教学平台,丰富教学手段,提高学生的学习兴趣和积极性。首先,教师可以利用校园网络教学平台,如河南农业大学购买了超星泛雅网络教学平台,教师可以将该课程相关的学习资料和测

试题等上传至该平台,学生可登录平台自主预习,完成测试并自动得出成绩,平台则自动给出各学习内容的浏览情况、各题目的出错率等信息,为教师的针对性讲解提供依据。目前,关于食用菌的微信平台有很多,如“中国食用菌协会”“易菇网”“我爱食用菌”“菇小二”等系列公众号,每天都推出最新资讯,包括食用菌生产栽培技术、食用菌文化、食用菌饮食、食用菌研发进展等相关知识,如食用菌制造肉制品、食用菌制造皮革等,鼓励学生阅读英文文献,提高专业英文水平;鼓励学生创建自己的公众号,上传自己浏览到的有趣知识,提高学习积极性和协助能力。在进行工厂化食用菌栽培技术讲解过程中,可以通过视频连线让工厂技术人员远程为学生讲解工厂化栽培过程的每个环节,加深学生对关键技术的理解。

3.3 完善教学方法

传统教学方法师生互动较少,学生学习积极性和课堂参与度不高,影响学习效果。可以在借助网络平台进行教学的基础上,采取互动教学、翻转课堂、虚拟仿真教学、现场教学等方法,将单一的书本教学方法多元化。例如,教师可以通过提问的方式引导学生进行互动教学,课前提出一个问题,让学生带着问题进入课程的学习,课中就讲到的重点内容进行提问,课后向网络平台上传课后作业和小测验,帮助学生复习巩固本节课学到的重要知识点等。课堂中增加师生互动,可以吸引学生的学习兴趣,调动他们参与课堂的积极性。

翻转课堂,顾名思义,是让学生作为课堂的主体。课堂不再是教师“填鸭式”灌输教学知识的场所,基础理论知识可由学生在课下自主完成,而课堂则主要由教师帮助学生完成知识的消化吸收^[5]。例如,在进行不同食用菌栽培管理专题授课时,教师将全班同学分为两组,一组负责讲解传统农业栽培方式的菌类,一组负责讲解工厂化栽培菌类,学生课下先行查阅资料、搜集生产现场的案例等,汇总成PPT;研讨课上由小组成员汇报PPT并回答其他小组提出的问题,教师对研讨内容进行全方位把

控,并点评小组成员的表现如语言表述能力、PPT制作水平、内容丰富度等,同时对讲解不到位或者不全面的地方进行纠正和补充,此外,对每个小组进行评分,作为平时成绩的一部分。学生在查找资料时可能会遇到困难,教师通过QQ、微信或者邮箱等途径及时给予指导和帮助。学生通过独立设计教学内容、教学目的及教学过程,用他们自己的方式加上团队同学的积极配合,将枯燥的课堂生动化,将专业的知识通俗化,配合教师的循循善诱和适当指点,可以使课堂氛围非常活跃,极大地调动学生的积极性和主动性,师生关系也会变得和谐融洽。

对于一些传播方式受限制的知识点,可以借助虚拟仿真教学方法。比如,在实验课程的安排中,限于场地和时间,只能为学生安排一种或者两种食用菌进行栽培实践,而金针菇等工厂化栽培品种需要特殊的培养条件,一般实验室难以提供,学生无法实现线下学习其栽培管理技术,则可以开展虚拟仿真实验,使学生深入了解不同环境因子对不同菇种生长过程的影响,提高学生分析问题和解决问题的能力^[1]。教学中还可以与食用菌工厂进行合作,带领学生参观食用菌工厂,现场学习工厂化栽培各环节的技术要点并进行实际操作,做到理论和实践相结合。鼓励学生参与农业创业类专业比赛,指导学生寻找食用菌产业中的创新创业点,并将其整理成创业作品说明书,增强学生的创新意识和创业能力。通过教学方法的完善,使学生更积极主动学习食用菌的基础知识,拉近理论教学与生产实践的距离^[6]。

4 教学效果分析

通过对河南农业大学在校学生(2020级生物工程、生物技术和生物科学专业)进行课程建设满意度调查,发现学生整体上对于此项课程建设的改革比较满意。其中,学生对于教学手段和教学方式接受度较高,普遍认为教学改革激发了学习的积极性和主动性,与在教室接受醍醐灌顶的学习相比,学

生更愿意通过互联网进行学习和知识拓展;此外,学生对于教学内容的优化反应也较好,认为更贴近实际生产的教学内容可以提高学生对食用菌课程专业度和应用前景的认可。过去,学生认为食用菌栽培枯燥乏味,工作量大且简单重复;现在,学生发现食用菌产业是一门朝阳产业,尤其在当今社会面临粮食问题的背景下,食用菌产业前景广阔,而食用菌生产栽培和加工过程中涉及到较多的技术问题需要专业人才的技术支撑。通过对2019级和2020级学生进行问卷调查发现,2019级中只有5%学生选择食药菌为考研方向,2%学生选择到地方农科院和食用菌生产企业从事与食用菌相关的工作;而2020级中有15%学生在考研方向选择时选择食药菌方向,8%学生有意向从事食药菌相关工作。但是,如何制定学生满意度较高的考核模式是需要进一步思考的问题。

参考文献:

- [1] 陶永新,朱坚,邱栋梁.食用菌栽培课程虚拟仿真实验教学模式探索[J].园艺与种苗,2020,40(2): 60-62.
- [2] 代培红,王莉萍,苏豫梅,等.《酶工程》课程建设规划的研究[J].教育教学论坛,2019(45): 173-174.
- [3] 王小梅.以就业为导向的创新人才培养研究[J].科学咨询(科技·管理),2021(8): 205-206.
- [4] 刘靖宇,张敏,孟俊龙,等.食用菌栽培学的综合性实验教学改革探索[J].教育教学论坛,2017(42): 271-272.
- [5] 姚佳,马悦,徐文,等.基于微课的翻转课堂在医学微生物实验教学改革中的探索[J].微生物学通报,2019,46(9): 2426-2435.
- [6] 吴秋云,夏志兰.食用菌栽培学课程教学改革与探索[J].教育现代化,2019,6(57): 225-227.

(责任编辑:许玲)

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2023.04.013

尤溪“稻-耳”轮作栽培技术

严少妹¹, 陈家威¹, 彭传尧², 吴光明³, 杨彬³(¹ 尤溪县种子站, 福建尤溪 365100;² 尤溪县食用菌技术推广站, 福建尤溪 365100;³ 尤溪县农业科学研究所, 福建尤溪 365100)

摘要: 探讨福建省三明市尤溪县杂交稻制种与黑木耳种植的“稻-耳”轮作栽培技术, 以加快循环经济和绿色环保可持续发展, 提高土地利用率, 实现农业增效、农民增收。从茬口安排、品种选择、杂交稻制种技术、黑木耳栽培技术等 4 个方面总结了杂交稻制种与黑木耳轮作栽培技术要点。

关键词: 杂交稻制种; 黑木耳; 轮作; 栽培技术

中图分类号: S511; S646.6

文献标识码: B

文章编号: 2095-5774 (2023) 04-0304-04

Cultivation Techniques of Rice and Black Fungus Rotation in Youxi County

Yan Shaomei¹, Chen Jiawei¹, Peng Chuanyao², Wu Guangming³, Yang Bin³(¹ Youxi County Seed Station, Youxi, Fujian 365100, China;² Youxi County Edible Fungus Technology Promotion Station, Youxi, Fujian 365100, China;³ Youxi Institute of Agricultural Sciences, Youxi, Fujian 365100, China)

Abstract: The paper explored the rice and black fungus rotation cultivation techniques for hybrid rice seed production and black fungus cultivation, accelerate circular economy and green and environmental-friendly sustainable development, improve land use efficiency, and achieve agricultural efficiency and farmers' income increase. This paper summarized the key points of hybrid rice seed production and black fungus rotation cultivation from four aspects: crop rotation arrangement, variety selection, hybrid rice seed production, and black fungus cultivation.

Key words: Hybrid rice seed production; Black fungus; Rotation; Cultivation techniques

近年来, 福建省三明市尤溪县按照“长远规划、合理布局、绿色循环”的发展理念, 推动水稻制种产业和黑木耳特色产业发展。2022 年, 全

县杂交水稻制种面积达 2 233.3 hm²、产量 7 400 t、产值 1.05 亿元, 成功获得“国家级制种大县”称号, 同时全县袋料栽培黑木耳超过 6 800 万袋, 产值 3.8

收稿日期: 2023-05-05

基金项目: 福建省科技计划项目 (2021S0030)

作者简介: 严少妹 (1977-), 女, 高级农艺师, 主要从事农业技术推广工作, E-mail: 373418771@qq.com

亿元，黑木耳是尤溪农户种植规模最大的食用菌。为进一步推动农村经济结构调整和乡村振兴发展，从2018年开始示范推广杂交稻制种与黑木耳轮作栽培模式，优化农业种植结构，发挥大田资源优势，实现农民稳收、增收。本文通过介绍杂交稻制种与黑木耳轮作栽培技术，探讨循环经济和新兴产业绿色可持续发展模式，为农业产业高质高效发展提供理论参考。

1 茬口安排

尤溪县杂交稻制种基地主要分布在海拔200~600 m区域，以菌后、烟后制种为主。杂交稻制种与黑木耳轮作的茬口安排，应根据杂交稻和黑木耳的品种特性、栽培地的海拔区域、前后作衔接等，适时安排杂交稻制种的播种、收割时间及黑木耳的制袋、下地时间、采收时间。在尤溪县海拔300 m以下区域，杂交稻制种父本于5月下旬~6月上旬、母本于6月中旬播种，9月下旬前完成稻种收获；黑木耳于8月上旬~9月上旬完成制袋、接种，10月下旬完成下地摆场，翌年4月中旬采收结束。在尤溪县海拔300~600 m区域，杂交稻制种父本于5月中下旬播种，父、母本播种差期10~15 d以内，9月上旬前完成稻种收获；黑木耳于7月中旬~8月中旬完成制袋、接种，10月上旬前完成下地摆场，翌年4月中旬采收结束。

2 品种选择

2.1 杂交稻制种品种

根据尤溪县制种基地布局，海拔300 m以下区域，杂交稻制种以两系品种制种为主，亲本品种从播种至始穗的天数，以父本不超过100 d、母本不超过75 d为宜，如徽两优898、徽两优丝苗等品种；海拔300~600 m区域，以三系品种制种为主，如华浙优、中浙优等系列品种。

2.2 黑木耳栽培品种

黑木耳宜选择抗逆性强、易于管理、产量高并经省级以上农作物审（认）定的品种，如‘黑木耳

黑山’‘黑木耳916’‘农黑2号’等。

3 杂交稻制种技术要点

4月中下旬，菌袋栽培料营养基本转化完毕，黑木耳整个生产周期结束，应及时拆除场架材料清理耳场，安排下一茬水稻制种，实现“稻-耳”循环轮作。废菌渣每间隔2~3 a，按田间摆放总量30%左右（约200棒/hm²），经脱袋后（其余菌棒清理出场）与畦面上稻草一起均匀犁耕入田，并灌水溶田20 d左右，以提高稻田的有机质含量，改善土壤孔隙度，实现稻田的土壤改良，提高水稻制种产量和品质。

3.1 秧田管理

在尤溪县海拔300 m以下区域，杂交稻制种根据亲本播始历期，适时播种，确保抽穗扬花和安全齐穗^[1]。一期父本于5月28日至6月1日播种，二期父本于6月7~10日播种，母本于6月16~18日播种；海拔300~600 m区域，父本于5月中下旬播种，安排父、母本播种差期在10~15 d以内。播种前1 d施复合肥220~230 kg/hm²作底肥。播种时，用丁硫克百威+施乐时进行拌种，防病虫害。父本大田用种量2.5~3 kg/hm²、秧田播种量120~130 kg/hm²；母本用种量根据种子的发芽率与插秧密度确定，大田用种量13~14 kg/hm²（机插秧25~30 kg/hm²）、秧田播种量180~220 kg/hm²。苗期管理，种子播后第3 d除草，保持畦面湿润无积水。播后7 d左右的秧苗一叶一心期，喷多效唑（父本用3.0 kg/hm²、母本1.2 kg/hm²，兑水1 150 kg）^[2]促秧苗矮壮，次日灌水施肥和喷施药剂防治病虫害，田间保持浅水促分蘖。

3.2 大田管理技术

3.2.1 移栽

秧苗种植采用畦栽密植，畦宽150 cm、沟宽30 cm，父母本行比1:8。要求父本插1~2本秧，母本三个蘖的插1本秧，单根的要插2本秧，母本要求秧龄20 d内插完。

3.2.2 肥水管理

秧苗移栽前 2~3 d, 大田施用复合肥 220~230 kg/hm² 作底肥。母本移栽后 7 d 施复合肥 180~200 kg/hm², 父本移栽后第 5 d 施用尿素 50 kg/hm²+ 氯化钾 20~25 kg/hm² 作追肥, 进入幼穗分化二期(烤田期)施氯化钾 230~300 kg/hm² 作穗粒肥; 水分管理要求掌握薄水插秧、寸水护苗、浅水促蘖、苗足晒田、水层孕穗赶花、干湿交替灌浆结实^[2]。

3.2.3 病虫害防治

杂交稻病虫害防治的第一次喷药在秧苗移栽后 10~12 d 进行, 防治螟虫、飞虱以及稻瘟病、细条病等, 第二次喷药在烤田前 1~2 d, 父母本进入幼穗分化, 主要是防治飞虱、纹枯病、稻瘟病、细条病; 第三次喷药在稻穗破口前, 即喷施“九二〇”前 2~3 d, 主要是防治飞虱、螟虫、黑粉病、稻曲病、稻瘟病。

3.2.4 保质要点

从杂交稻的苗期至成穗期结合农事操作及时去杂保纯, 去除父母本的异品种、变异株, 以提高杂交后代种子的纯度; 当母本见穗时开始喷施“九二〇”, 解除母本包颈, 提高异交结实率; 当母本始花时开始赶粉, 每天赶粉 3 次以上, 每次间隔不超过 0.5 h, 连续赶粉 10 d 左右^[2], 提高授粉率; 当母本授粉完, 应及时清割父本, 以保持良好通风条件, 提升种子质量; 种子达到成熟期(八成熟), 即喷施“九二〇”后约 25~28 d, 选择晴好天气收割并及时烘干, 确保杂交后代种子的产量和质量。

4 黑木耳栽培技术要点

4.1 栽培袋制作

4.1.1 培养料选用

栽培料常规配方为杂木屑 84.5%、麦麸 14%、碳酸钙 1%、石灰 0.5%。木屑要求选用经堆积发酵 3~6 个月或晒干的不含芳香性的多种阔叶树混合杂木屑, 木屑颗粒粒度 0.25~2 mm, 粗细混合搭配, 装袋前需提早 2~3 d 充分预湿。麦麸要求新鲜、不结块、无霉变。

4.1.2 栽培袋制作

菌棒装袋选用规格为 14.2 cm × (55~57) cm 的聚乙烯黑木耳专用袋。拌料要均匀, 培养料含水量调配至 55%~58%, 一般掌握装料后菌棒长 40 cm 的棒重 1.35~1.4 kg; 菌棒长 43 cm 的棒重 1.5~1.65 kg, 调节培养料 pH 值 6.0~6.5, 拌料后尽快完成装袋、灭菌。

4.2 灭菌接种

4.2.1 灭菌

每灶灭菌 5 000~6 000 袋为宜, 采用常温灭菌方式, 灭菌升温要做到“攻头、保尾、控中间”。即争取 4 h 内升温达 100℃, 100℃以上保持 18~20 h, 闷灶自然降温, 降至 80℃左右时趁热出灶。

4.2.2 闷堆

出灶后的菌袋, 进行闷堆处理, 以降低污染率, 即用塑料膜将菌棒密封, 用气雾消毒剂进行熏蒸, 每万袋用气雾消毒剂 4 kg, 随后让菌棒自然降温。

4.2.3 接种

栽培菌袋中心温度降至 28℃以下方可接种, 采用接种箱方式接种, 以保证菌棒成品率。接种期间如果天气炎热, 应在上午 9:00 前或下午 16:00 后接种, 每袋接种 3 穴; 9 月份后每袋应接种 4 穴或双面 5 穴。菌种最好提早 2~3 d 从恒温培养室移到接种场所, 进行适应性训练, 增强菌丝活力。接种后立即套外袋, 提高栽培袋的成品率。

4.3 发菌管理

良好的通风透气发菌场所和适宜的养菌温度是提高发菌质量重要条件, 发菌场地要求阴凉、通风、干燥、光线暗。菌棒摆放前 2 d 要对场所进行消毒杀虫。排列式堆放菌袋, 堆高 7~8 层, 排间距 40~50 cm, 以利于培养场所通风、降温。接种后 15 d 左右, 当接种穴菌丝生长直径 5~6 cm 时, 要及时翻堆; 若超过 10 cm 则不宜翻堆, 以防高温烧菌。发菌期间棚内温度控制在 25~28℃, 当棚内温度超过 32℃, 通过棚顶喷淋设施喷水降低棚内温度, 空气相对湿度控制在 75% 以下为宜。

4.4 出耳管理

黑木耳菌丝满袋后 5~10 d, 80% 菌袋两端出现

吐黄水时，说明菌丝生理已成熟，就可脱袋刺孔。脱袋后每个菌棒刺孔 180~230 个，可直接下地摆场，也可恢复养菌 3~5 d，但此时菌棒应采用“井”字型堆放，防高温烧菌。选择晴天或阴天菌棒下地摆场。菌棒摆放密度为 533~667 袋/hm²。

4.4.1 转筒晒筒

菌棒下地摆场 4~5 d 后，对菌棒进行转筒、调头 2~3 次，防菌棒单边长晒造成菌丝退化，确保菌棒周围木耳生长整齐一致。遇长时间高温干旱天气，应增加翻边次数，第一潮耳采后，也要转筒、增强菌丝体活力，提高第二、三潮次木耳产量。

4.4.2 水分管理

科学给水管理可以提高黑木耳的产量和品质，木耳水分管理要遵循“干干湿湿，干湿交替”原则进行，晴天多喷，阴天少喷，雨天不喷。

前期管理 从菌棒下地至耳芽形成阶段。保持耳床小气候田间湿润即可，如果遇气温高、干燥、湿度低，应在日落 2 h 后稍稍喷水保湿，或在畦沟上灌水，提高场地空间湿度，防菌棒脱水，料、袋脱壁。

幼耳管理 从子实体原基形成到幼耳形成阶段。空气相对湿度保持在 85%~95%，每天喷水 3~5 次，每次 3~5 min，间隔 15~25 min，此时气温较高，应在日落 1.5 h 后喷水，当气温超过 25℃要停止喷水防止烂棒。

成耳管理 从子实体幼耳到成耳阶段。空气相对湿度保持在 85%~95%，每天喷水 1~2 次，每次 1 h，间隔 1 h，保证子实体能吸足水分。

低温管理 遇到低温天气，应在午后喷水，遇到霜冻天气，提前 1~2 d 停止喷水，减少子实体持水量，提高木耳防寒抗冻能力。

转潮管理 一潮木耳采后，要停喷水 2~4 d，复壮菌丝，进入下一潮出耳管理，根据天气状况和子实体生长情况采取合理水分管理办法，方法同上。采收前 1~2 d 停止喷水。

5 小结

通过杂交稻制种与黑木耳种植的“稻—耳”轮作栽培生产模式探索，达到水旱轮作、培肥地力、减少病虫害的作用，充分利用温光资源，有效解决土地季节性闲置、经济作物与粮食种植争地等矛盾^[3]，提高土地利用效率，实现农业产业绿色循环，确保水稻用种安全、钱粮双收。

参考文献：

- [1] 曾兰生，陈隆添. 浅谈宁都县烟—水稻制种轮作高产技术要点[J]. 种子科技，2019，37（4）：67，69.
- [2] 严少妹，陈家威，张彩燕，等. 徽两优 898 在尤溪县烟后制种技术初探[J]. 农业科技通讯，2021，595（7）：278~280.
- [3] 周秋，吴维聪，吴友海，等. 庆元县稻耳轮作循环利用模式初探[J]. 农业与技术. 2017，37（13）：40~41.

（责任编辑：许玲）

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2023.04.014

福建省食用菌产业发展现状及对策建议



庄学东, 施乐乐

(福建省食用菌技术推广总站, 福建福州 350001)

摘要: 全面分析了福建省食用菌产业发展现状及产业发展存在的问题, 提出了相应的对策建议, 以期助力推动福建食用菌产业高质高效发展。

关键词: 食用菌; 发展现状; 对策建议

中图分类号: S646

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2023) 04-0308-04

Development Status, Countermeasures and Suggestions of Edible Fungus Industry in Fujian Province

Zhuang Xuedong, Shi Lele

(Fujian Edible Fungi Technology Promotion Station, Fuzhou, Fujian 350001, China)

Abstract: The paper comprehensively analyzed development status and existing problems of edible fungus industry in Fujian Province and proposed some corresponding countermeasures and suggestions in order to promote high quality and high efficient development of edible fungus industry in Fujian Province.

Key words: Edible fungus; Development status; Countermeasure and suggestion

福建省是全国食用菌主产区和特色优势区, 食用菌的产业规模、出口创汇、栽培种类、工厂化生产水平常年位居全国前列^[1]。近年来, 食用菌产业更是以“不与农争时, 不与粮争地, 不与地争肥”的独特优势^[2], 成为福建省农业循环发展、农民增收致富、助力乡村振兴的重要抓手。然而, 随着全国食用菌产业的高速发展, 产业竞争愈发激烈, 新形势下如何进一步做大做强食用菌产业、巩固保持产业领先地位, 成为福建省亟待解决的

难题。本文分析了福建省食用菌产业的发展现状、存在问题, 提出了相应的对策建议, 以期助力推动福建省食用菌产业高质高效发展。

1 发展现状

1.1 产业规模全国领先

近年来, 福建食用菌保持强劲发展态势。2021 年全省食用菌产量 478 万 t (鲜品), 同比增长 5.64%, 产值 248 亿元, 同比增长 4.8%, 产量

收稿日期: 2023-06-18

基金项目: 福建省现代农业 (食用菌) 产业技术体系建设专项 (2060302)

作者简介: 庄学东 (1971-), 男, 高级工程师, 主要从事农产品贮藏、加工与质量安全管控技术集成、示范与推广方面研究, E-mail: 158213286@qq.com

产值均位居全国第二；食用菌出口量 15.07 万 t，占全国出口量的 21.68%，出口额 4.95 亿美元，占全国出口额的 15.23%，出口创汇位居全国前列；全省生产食用菌的县（市、区）共 60 多个，产值亿元以上的有 42 个，其中，5 亿元以上有 15 个，10 亿元以上有 5 个；全省从事食用菌生产及相关行业的人员逾 200 万人，约占农业劳动力 34%，一些食用菌主产大县从事食用菌生产的专业和兼业人员占当地农村劳动力的比重甚至达到 70% 以上，从业人员体量庞大。

1.2 栽培种类日益丰富

福建省人工栽培食用菌 50 余种，商业化规模栽培 30 多种，珍稀种类近 20 种，是全国食用菌栽培种类最多、最齐全的省份^[3]，其中香菇、双孢蘑菇、毛木耳、银耳、茶树菇、杏鲍菇、真姬菇、黑木耳、金针菇、秀珍菇等十大主栽种类产量占全省总产量的 85% 以上。近年来，福建省不断优化调整食用菌品种结构，在巩固发展现有优势品种的基础上，大力发展珍稀特色食药用品新物种，如：鹿茸菇、绣球菌、黑皮鸡枞、鸡腿菇、灵芝、竹荪、金耳等，绣球菌更是在国内率先突破了工厂化栽培技术瓶颈，实现周年化生产。全省食用菌栽培呈现优势品种与珍稀特色品种齐头并进、优势互补的良好发展局面。

1.3 工厂化生产持续引领

福建省现有食用菌工厂化生产企业 166 家，年产量约 120 万 t，工厂化生产占比接近 25%，高出全国平均水平约 15%。工厂化生产种类涵盖杏鲍菇、海鲜菇、金针菇、双孢蘑菇、银耳、绣球菌、鹿茸菇、秀珍菇等，其中万辰、祥云、嘉田、福泉鑫、神农等大型工厂化生产企业在产能、生产工艺上处于全国领先地位。福建省首创银耳、绣球菌、秀珍菇工厂化栽培模式，引领全国工厂化发展，同时对黑皮鸡枞、茶树菇、滑子菇、金耳、红托竹荪等种类的工厂化栽培探索正紧锣密鼓地有序开展。

1.4 产业区域布局科学合理

福建省食用菌产业凭借闽东南地区农副产品下脚料丰富和闽西北地区林木枝桠材料丰富的资源优势以及区域气候特点，形成闽东南沿海地区以草腐菌类为主、闽西北山区以木生菌类为主的生产布局，培育了一批规模化和具有区域特色的食用菌专业村和生产基地，产业带和产业集群逐渐凸显。其中香菇基地主要分布在宁德市、南平市、三明市；杏鲍菇、双孢蘑菇基地以漳州市为主；银耳、茶树菇基地集中在宁德市、南平市；毛木耳基地主要分布在漳州市、龙岩市、南平市；海鲜菇基地主要在南平市、宁德市；秀珍菇、绣球菌基地主要集中在福州市、漳州市；竹荪、大球盖菇基地主要集中在南平市、三明市。

1.5 “福菌”品牌日渐响亮

福建省共有 205 个食用菌产品获得绿色食品、有机食品认证和无公害农产品认定，其中有机食品、绿色食品认证产品 65 个。“顺昌海鲜菇”“罗源秀珍菇”“古田银耳”“顺昌竹荪”“将乐竹荪”获得农产品地理标志产品登记，“古田银耳”“武平灵芝”“长汀香菇”获得地理标志证明商标注册。全省培育打造了“古田银耳”“顺昌海鲜菇”“罗源秀珍菇”等 3 个区域公用品牌，由龙头企业培育创建的“仙芝楼”“神农白雪”“银朵”“如意情”等品牌产品质量过硬、美誉度高，驰名全国。

2 存在问题

2.1 科技赋能不够强劲

福建省食用菌产业科技创新支撑不够有力，主要体现在两个方面：一是食用菌新品种选育相对滞后，金针菇、杏鲍菇、真姬菇、鹿茸菇等工厂化品种面临的国外种源“卡脖子”难题仍然严峻；二是现代化、自动化设施装备未能及时迭代升级，75% 的食用菌设施栽培仍处于传统老旧生产水平，现代化设施栽培、工厂化栽培占比有待进一步提高。

2.2 全链发展存在短板

一二三产全产业链融合发展不充分，食用菌

精深加工产业发展滞后,采后商品化处理、冷链仓储物流等配套不足,食用菌电商、微商、抖音直播带货、休闲采摘、文旅康养等新销售渠道、新业态普及面不广。

2.3 销售市场阻滞不畅

近年来,受新冠肺炎疫情和中美贸易争端影响,福建省食用菌销量出现一定程度萎缩。在国内市场方面,存在食用菌产品同质化严重、食用菌企业价格无序竞争、市场缺乏整合度难以形成产销联盟等问题,导致国内销售市场出现阻滞;在国际市场方面,许多国家设置了新的贸易壁垒,提高了食用菌质量安全标准和检验手段,造成我省食用菌产品出口受阻,出口量出现下滑。

3 对策建议

3.1 强化科技创新支撑

大力实施现代种业(食用菌)创新工程、农业(食用菌)关键核心技术攻关、现代农业(食用菌)产业技术体系等重点项目。在良种保障方面,开展自主选育品种替代行动,加速推进食用菌新品种选育,特别要加快竹荪、黑皮鸡枞、茶树菇、银耳、秀珍菇等福建特色优势种类的品种选育,满足福建省特色发展需求。同时,要加速推广应用双孢蘑菇“福蘑”系列、金针菇“农万金”系列、真姬菇“闽真”“农万真”系列、银耳“绣银1号”“Tr2016”等近年选育的福建食用菌“明星”品种,促进食用菌生产用种更新换代;鼓励企业与科研院所开展产学研合作,加快建立以企业为主体的商业化育种供种新机制,培育一批全国种业阵型企业,提升福建良种繁育、良种供给能力。在产业转型升级方面,加大食用菌集约、节能、省工、高效设施装备创新攻关,以香菇、茶树菇、毛木耳等大宗季节性品种为重点,推广食用菌钢架大棚设施栽培,配套添置温光水气等智能化自动化控制设备及多层架式栽培菇架,提升现代设施栽培水平;突出杏鲍菇、银耳、金针菇、海鲜菇、鹿茸菇、绣球菌等工厂化生产品种,推广自动化

生产线、自动化高压灭菌器、无菌净化接种车间、现代发酵隧道、自动化切菇、分拣分选等先进设施装备,促进工厂化栽培提质增效。

3.2 推动全产业链发展

积极构建集生产、加工、收储、物流、销售、电商于一体的食用菌全产业链发展方向。一产方面,通过产业集群、产业强镇、“一村一品”示范村等重点建设项目,推动福建省食用菌产业规模发展,重点培育发展一批生产规模大、辐射带动强的菌种繁育中心、菌包集中生产供应中心。二产方面,加大精深加工企业招商引资力度,出台水电、用地、税收、金融等配套优惠政策,吸引国内大型加工龙头企业落户福建,推动福建省精深加工产业提档升级;支持食用菌加工企业开展饮料、调味品、休闲食品、医疗保健食品、生物提纯等精深加工产品开发和生产线改造,延伸产业链条,提高产品附加值。三产方面,补齐集中供汽、烘干、冷藏、物流等基础配套短板,充分挖掘食用菌生态价值、旅游休闲价值、文化价值,积极发展蘑菇部落、蘑菇小镇等集生产、观光、休闲采摘于一体的食用菌新业态,推进产业深度融合。

3.3 构建“双循环”新格局

进一步拓展市场消费需求,打通内外“双循环”路径。在扩大内需方面,依靠政府部门、食用菌行业协会等机构建立食用菌产销联盟,进一步整合销售市场,做到统一定价、统一销售,打破销售市场无序竞争状态;借助今日头条、抖音、快手、小红书等新媒体渠道宣传食用菌营养功效、方便菜谱、科普知识,提高消费市场认知度,打开市场消费需求^[4-6];依托“互联网+”,启动农村淘宝、拼多多等电商项目培育食用菌网店,打造线上销售新渠道,打通食用菌产品走进千家万户的“最后一公里”;做好市场需求调研,发展品种差异化栽培,做到“人无我有”、“人有我优”,掌握销售市场定价权。在扩大外需方面,借助“一带一路”倡议,积极开发沿线国家市场,引导食

用菌企业积极参加国际知名农产品展会，宣传推介自身产品和品牌；利用阿里巴巴国际站、速卖通、亚马逊等跨境电商平台，鼓励食用菌企业进行网络跨境销售，建立国际网络营销体系；构建食用菌产品质量标准体系 HACCP，进一步提升食用菌产品质量安全，积极应对国际市场“绿色壁垒”，打通产品出口销售通道。

参考文献：

- [1] 谢福泉. 福建省食用菌产业发展变化研究与对策建议[J]. 北方园艺, 2021(1): 143-152.
- [2] 林惠娟. 福建食用菌产业发展现状及对策分析[J]. 福建农业科技, 2012(8): 84-87.
- [3] 谈梦娇, 谢福泉. 修筑强“菌”之路 助力福建食用菌产业转型升级[J]. 食用菌市场, 2016(9): 68-69.
- [4] 王丹, 林玲玲, 徐学荣. 福建省食用菌产业可持续发展研究[J]. 北方园艺, 2021(18): 148-154.
- [5] 王泽生, 蔡丹凤, 谢宝贵, 等. 福建省食用菌学科发展研究报告[J]. 海峡科学, 2016(1): 119-127.
- [6] 黄志龙. 福建食用菌产业发展问题与应对措施[J]. 食用菌, 2007(6): 1-2.

(责任编辑：黄雄峰)

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2023.04.015

广西食用菌产业发展现状分析及对策建议

蓝秋彤¹, 祁亮亮², 吴 登³, 黄奕洲³, 郎 宁², 陆宇明^{2*}(¹ 广西大学农学院, 广西南宁 530004;² 广西壮族自治区农业科学院微生物研究所, 广西南宁 530007;³ 广西农业技术推广站, 广西南宁 530021)

摘 要: 2023 年中央一号文件提出构建多元化食物供给体系, 培育壮大食用菌产业, 为食用菌产业迎来新发展机遇。食用菌产业作为广西重要的优势特色农业产业之一, 是广西种植业蓬勃发展的重要引擎。通过分析广西食用菌产业的发展现状, 发现广西食用菌规模总体向好, 并有逐渐扩大的趋势, 依托国家地理标志产品, “桂菌”品牌效应正逐渐增强; 在历史积淀、自然禀赋、交通条件、栽培原料、政策支持等方面均有较大的优势, 但也存在菌种混乱、标准化生产水平偏低、缺乏品牌效应、缺少专业人才等问题, 未来还需要在建立食用菌繁育研发体系、统筹产业布局、加强“桂菌”品牌建设、加强人才培养等方面做出努力。

关键词: 食用菌; 广西; 产业现状; 发展建议

中图分类号: F326.13

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2023) 04-0312-09

Analysis of Development Status of Edible Fungus Industry in Guangxi and Its Countermeasures and Suggestions

Lan Qiutong¹, Qi Liangliang², Wu Deng³, Huang Yizhou³, Lang Ning², Lu Yuming^{2*}(¹ College of Agriculture, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530004, China;² Institute of Microbiology, Guangxi Zhuang Autonomous Region Academy of Agricultural Sciences, Nanning, Guangxi 530007, China;³ Guangxi Agricultural Technology Extension Station, Nanning, Guangxi 530021, China)

Abstract: “No. 1 central document” for 2023 proposed to build a diversified food supply system. Cultivating and strengthening the edible fungus industry could give new development opportunities for edible fungus industry. Edible fungus industry, as one of the important advantageous characteristic agricultural industries in Guangxi, is an important engine for the prosperous development of Guangxi’s planting industry. This paper analyzed development status of edible fungus industry in Guangxi. It was found that the scale of edible fungus in Guangxi was generally good, and there was a trend of gradual expansion. Relying on national geographic indication product, “Guijun” brand

收稿日期: 2023-06-02

基金项目: 国家食用菌产业技术体系项目 (CARS-20); 国家现代农业产业技术体系广西创新团队项目 (nycytxgxcxtd-2021-07-01)

作者简介: * 为通讯作者, 陆宇明 (1970-), 男, 研究员, 主要从事乡村振兴、产业经济等研究工作, E-mail: lym@gxaas.net。

蓝秋彤 (1999-), 女, 硕士研究生, 主要从事农业农村发展、产业经济研究工作, E-mail: lanqiutong@foxmail.com

effect was gradually enhanced. Edible fungi industry in Guangxi had greater advantages in the historical deposits, natural endowments, transportation conditions, raw materials of cultivation, policy support, etc. However, there were some problems, including confusion of strains, low-level standardized production, the lack of brand effect, the lack of professionals and other issues. In the future, Guangxi edible fungus industry needs to establish edible fungus breeding research and development system, coordinate the industrial layout, strengthen the “Guijun” brand building, strengthen the cultivation of edible fungus talents and other aspects of efforts.

Key words: Edible fungus; Guangxi; Industry status; Development suggestion

食用菌作为广西重要的农产品,具有投资少见效快、资源利用率高、营养价值高等特点。食用菌产业集经济效益、生态效益与社会效益一体,在增加农民收入、促进乡村振兴等方面发挥着重要作用^[1]。2019年自治区人民政府印发《关于进一步支持返乡下乡人员创业创新促进农村一二三产业融合发展的实施意见》中鼓励和引导返乡下乡人员重点发展食用菌规模种植,促进农村经济发展,实现农民有效增收。2022年5月实施的《广西壮族自治区乡村振兴促进条例》,鼓励县级以上人民政府制定农业产业规划,优化农业生产结构和区域布局,因地制宜发展食用菌产业。2023年中央一号文件提出构建多元化食物供给体系,培育壮大食用菌产业,多项政策出台让食用菌产业迎来新发展机遇。本文通过分析广西食用菌产业发展现状及存在问题,旨在为广西食用菌产业向好发展提供参考。

广西地理位置优越、生态环境多样,既是中缅生态热点地区,亦属于华南全球生物多样性热点地区^[2]。截止2023年,广西大型真菌已知物种数约为1750种^[3],大型真菌的数量与云南相似、生物多样性与云南相当。广西大型药用真菌有112种,药用真菌总数占世界药用真菌总数23.8%^[4]。

广西栽培食用菌有着悠久的历史,据史料记载,早在唐朝已栽培成功香菇,与世界香菇发源地浙江丽水庆元相比,足足早了百年;清代,香菇的主产区主要在容县及平南,当地取桑树等木材,在阴凉地浇灌米浆进行栽培;民国时期,香菇主产区扩大至桂林、柳江、苍梧等地,其中以

三江、融安居多。广西栽培黑木耳的历史也比较悠久,在宋代,木耳榿木出耳在广西取得了成功;清代,宜州、凌云、永福的栽培面积最大;民国,在百色、乐业、田林、田阳、北流、环江和柳州周边地区栽培较多^[5]。

1 广西食用菌产业现状

1.1 主栽品种与产量、产值

根据图1,自2004年以来,广西食用菌产业分为三个阶段。第一阶段(2004–2016年)食用菌实现了跨越式的发展,产量从16.6万t快速增长至128.6万t,产值从13.02亿元增长至115.2亿元,产量和产值均实现十三连增,且2013–2016年连续三年实现产量超百万t、产值超百亿元,食用菌产量和产值在2016年达到峰值^[6]。第二阶段(2017–2019年)受产业结构调整的影响,广西食用菌产业出现了断崖式的回落,产量产值双双下降,降幅高达20%以上。第三阶段(2020–2021年)食用菌的产量再次突破百万吨大关,2020年产值近百亿元,2021年产值近90亿元。广西食用菌产业总体处在波浪式前进、整体向好的动态发展过程。

通过对广西各市县(市、区)的食用菌种类、产量、产值以及生产区域、从业人员、经营主体等进行了系统调研(图2、图3),历经二十余载发展,广西食用菌主栽种类已经由21世纪初“三菇一耳”(双孢蘑菇、平菇、秀珍菇、黑木耳)转变为现在的“四菇二耳”,即双孢蘑菇、香菇、黑木耳(云耳)、平菇、毛木耳、秀珍菇等。栽

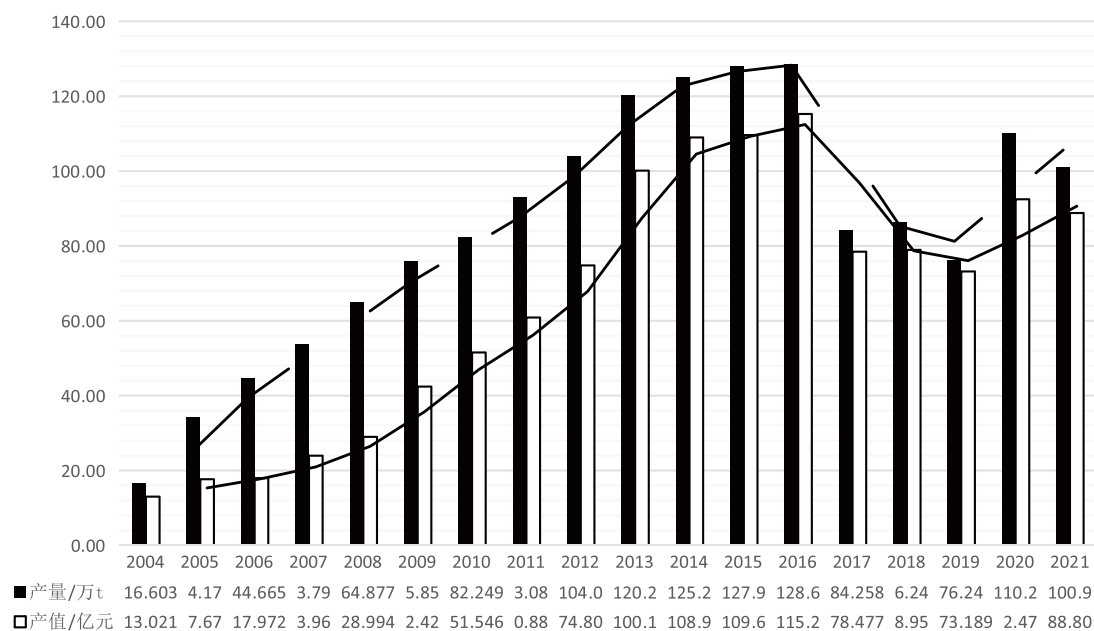


图 1 广西食用菌产量与产值图 (2004-2021 年度)

培品种的变化,直接影响到产业的调整与稳定。双孢蘑菇是广西传统主栽品种,南宁市、横县(现名横州市)、桂林市曾为主产区,产量曾占全区总产量的 50% 左右,近年来受产业转移等因素影响,双孢蘑菇大幅度减产,对广西食用菌总产量影响巨大。以被誉为“中国双孢蘑菇之乡”的横州市为例,近年把茉莉花产业作为主导产业大力培育发展,在创造了“世界 10 朵茉莉花,6 朵来自横州”传奇的同时,菇农从农法栽培耗时耗力

的双孢蘑菇转移到茉莉花产业,双孢蘑菇生产企业由于土地、资金、技术、外贸市场等限制改行转产,造成双孢蘑菇产量产值纷纷下降。而桂林市因柑橘产业的发展,企业和农户自发转向追逐经济效益更高、管理更加粗犷的果园水果种植。食用菌产业与其他农业产业相比具有一定的局限性,多数食用菌生产需要设施齐备的菇房等高标准高造价设施设备,加之与水果、茉莉花、林业的竞争等,诸多外在条件影响了食用菌产业的发展。

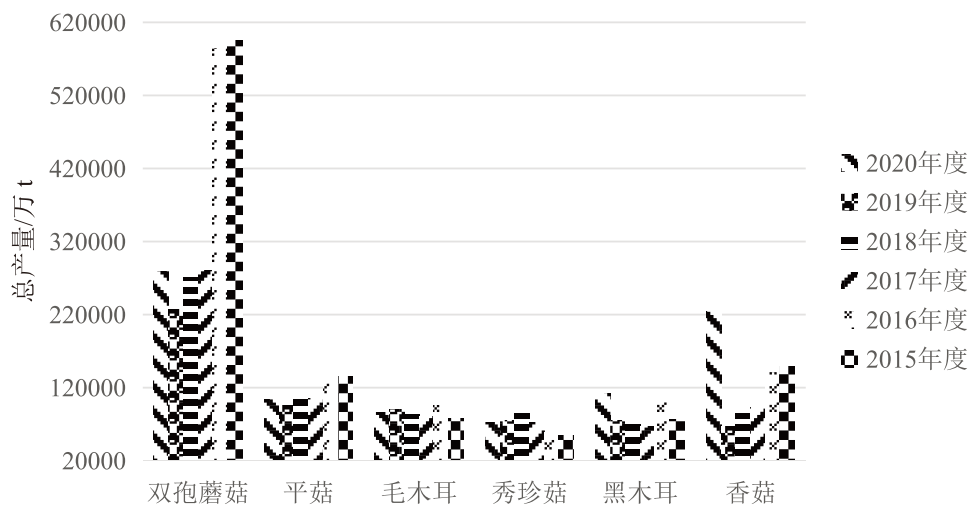


图 2 广西食用菌主栽品种产量变化 (2015-2020 年度)

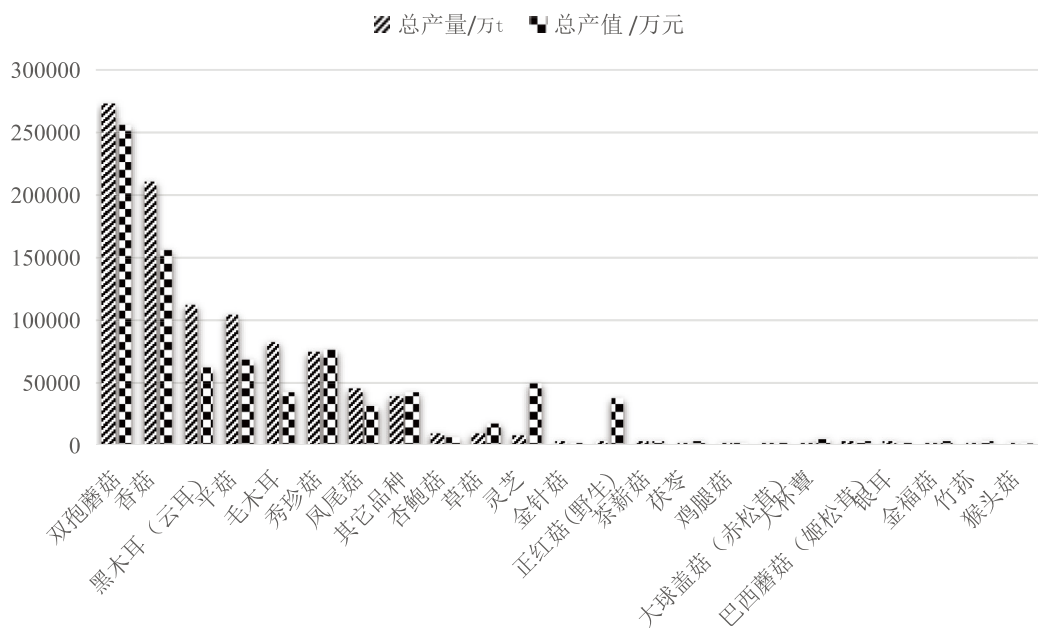


图3 广西食用菌产量与产值图（2021年度）

1.2 产区分布及规模

广西食用菌以冬春季栽培为主，主产区集中在以桂林、柳州为主的桂北地区，以及南宁、玉林等较大城市及周边地区，其他地区呈现出零散分布。2021年（表1），桂林市的食用菌从业人员近2万人，相关企业和合作社近百家，主要分布在资源县、兴安县、全州县等地，栽培面积约3 768.77万 m^2 ，总产量约38.35万t，总产值约33.75亿元，产量和产值约占总量的37.98%和38.01%，在广西排名第一；排名第二的是玉林市，食用菌从业人员1万有余，相关企业和合作社数量为19家，主要分布在容县、北流县、兴业县等，栽培面积约1 621.96万 m^2 ，总产量约为16.58万t，总产值约为14.48亿元，产量和产值约占总量的16.43%和16.31%；南宁市排名第三，食用菌从业人员约7.4万人，相关企业和合作社24家，主要分布在横州市、马山县、兴宁区等，食用菌栽培面积1 397.14万 m^2 ，总产量约13.99万t，总产值约13.66亿元，产量和产值约占总量的13.87%和15.38%。桂林、玉林和南宁作为广西食用菌主产区，产量和产值约占总量的三分之二以上。排名第四的是柳州市，食用菌栽培面积与南宁市相当，

从业人员1.7万人，相关企业和合作社41家，但是产量和产值约为南宁市的一半。近两年随着“小米粉，大产业”的提出，柳州螺蛳粉旺盛的市场消费需求带动上游原材料毛木耳需求量增大，极大地刺激柳州食用菌产业，也为周边地区的食用菌企业和合作社提供了新机遇，进一步带动广西食用菌产业的发展。

1.3 生产模式

食用菌生产模式主要包括物联网的人工智能栽培、高端的工厂化栽培、中端的设施化栽培、常规的农法应季栽培、林菌套作的林下栽培、综合利用的冬闲田栽培等。目前广西食用菌生产模式除人工智能栽培外，其他模式均有发展。工厂化栽培主要品种包括金针菇、杏鲍菇、海鲜菇、鹿茸菇、银耳等，其不受季节影响，可实现周年化栽培；设施化栽培主要用于生产双孢蘑菇、草菇，通过简单的温控，从而进行周年化生产；农法栽培与季节常相结合，在广西主要以秋季制种制棒、冬春季栽培，可依据不同季节选择不同温型的种类及品种。利用不同的栽培模式或不同的食用菌种类，亦可以实现周年栽培。以香菇、黑木耳、毛木耳为例，通常在7-8月份制种，9-10月份制

表 1 广西 14 个市食用菌生产状况、主栽品种及分布区域（2021 年）

地区	a 栽培面积 /m ²	b 总产量 / 万 t	总产值 / 亿元	主栽品种	主要分布区域
桂林市	3 768.77	38.35	33.75	香菇、双孢蘑菇、黑木耳、毛木耳、秀珍菇、灵芝、平菇等	资源县、兴安县、龙胜县、全州县等
玉林市	1 621.96	16.58	14.48	双孢蘑菇、正红菇（野生）、毛木耳、平菇、秀珍菇、凤尾菇、香菇等	容县、北流市、陆川县、兴业县等
南宁市	1 397.14	13.99	13.66	双孢蘑菇、杏鲍菇、香菇、秀珍菇、凤尾菇等	横州市、马山县、上林县、隆安县、青秀区、南宁－东盟经济开发区、兴宁区
柳州市	1 215.79	8.58	7.72	灵芝、双孢蘑菇、毛木耳、平菇、香菇、凤尾菇、秀珍菇、黑木耳等	融水县、柳城县、融安县、鹿寨县等
贺州市	6731.50	8.16	4.40	黑木耳、香菇、双孢蘑菇、凤尾菇、金针菇、秀珍菇等	八步区、平桂区、钟山县、昭平县、富川县等
河池市	752.88	5.76	5.42	双孢蘑菇、香菇、黑木耳、毛木耳、平菇、凤尾菇、秀珍菇等	金城江区、宜州区、罗城县、环江县、南丹县、天峨县、东兰县等
百色市	360.72	3.00	1.78	香菇、黑木耳、毛木耳、平菇、凤尾菇、秀珍菇等	右江区、田阳县、德保县、田林县、那坡县、靖西县等
来宾市	234.48	2.31	2.13	香菇、黑木耳、毛木耳、平菇、凤尾菇、秀珍菇、草菇等	兴宾区、忻城县、武宣县、金秀县等
贵港市	149.52	1.72	1.08	香菇、黑木耳、毛木耳、平菇、凤尾菇、秀珍菇等	覃塘区、港北区、港南区等
梧州市	208.98	1.34	1.44	双孢蘑菇、香菇、黑木耳、毛木耳、平菇、凤尾菇、秀珍菇、红椎菌等	苍梧县、岑溪市、藤县、蒙山县等
崇左市	342.44	0.62	0.58	平菇、秀珍菇、杏鲍菇、银耳、猴头菇等	龙州县、宁明县、天等县等
钦州市	626.5	0.37	2.16	平菇、凤尾菇、秀珍菇、红椎菌等	浦北县、灵山县、钦南区等
防城港市	28.54	0.14	0.14	平菇、凤尾菇、秀珍菇等	防城区等
北海市	3.92	0.05	0.04	平菇、凤尾菇、秀珍菇等	海城区等

注：a 地栽或床栽的以实际面积计算，袋栽以 20 袋为 1 m² 折算。b 按鲜品产量统计，干品以 1: 10 折算。c 玉林、梧州、钦州三市均包含了不能人工栽培的红椎菌的栽培面积

棒、发菌，11 月至翌年 3 月份出菇。桂北地区可栽培越夏香菇，常在 3–4 月份制棒，6–12 月份排场、出菇。林下栽培主要栽培灵芝、茯苓、竹荪，一般利用林下地形地摆或埋棒生产，以春季制棒，夏季、秋季出菇为主；广西冬季冬闲田的面积较大，以“稻耳轮作”“稻菇轮作”为主要的生产模式，利用冬季温度较稳定，来生产黑木耳、大球盖菇等，产菇后的菌渣可以直接回田，提升农作物的产量

和品质，从而直接参与“三物循环”。

1.4 主栽或主推技术

为提高广西食用菌产量及品质，进一步提升产业综合质量效益和竞争力，近年广西坚持市场导向、品质导向，引进、培育、筛选了不同温型的平菇，短培养周期的香菇，耐高温的大杯蕈，反季节的秀珍菇、大杯蕈和高抗病的秀珍菇等多个优良种类及品种，不断优化升级品种结构和区

域布局。集成创新配套高效栽培技术,因地制宜推广平菇全发酵栽培技术、香菇越夏栽培技术、毛木耳钉子种制种技术、黑木耳和毛木耳液体菌种制种技术、杏鲍菇菌渣栽培双孢蘑菇技术、坚果壳等替代棉籽壳栽培食用菌技术、冬闲田栽培大球盖菇技术、反季节栽培秀珍菇技术、绿色病虫害防控栽培技术等一批食用菌绿色高产高效栽培技术,满足不同生产规模、不同生产模式的需求,推动广西农法栽培以冬春为主向设施化周年生产转型,加快食用菌产业提档升级,还有效提高了冬蚕房、冬闲田及废弃桑枝、稻草秸秆、木薯秸秆等闲置资源使用效率,成为部分地区拓宽农民增收渠道、促进乡村产业蓬勃兴旺的新路子。同时,提高食用菌的附加值,加大力度推进食用菌的加工,协助相关企业研发食用菌脆片、食用菌酱菜、食用菌面条、食用菌饮品等,食用菌的多元化融合发展,多产业协同发展将成为今后的发展主趋势,品种、技术等的创新也将迎来新的未来和挑战。

2 产业发展问题

2.1 食用菌菌种混乱, 缺乏省级知识产权保护

广西生产使用的菌种多以引进为主, 品种混乱, 同物异名以及异物同名的现象严重^[7]。由于缺少省级知识产权的保护及相关政策, 省内自主知识产权的品种无法得到合理保护, 大大降低了食用菌育种者的积极性。目前多数生产企业或合作社等多从福建、江苏、湖北、浙江、吉林、黑龙江等地引进品种, 主要包括平菇、秀珍菇、榆黄蘑等侧耳类, 黑木耳、毛木耳等木耳种类, 海鲜菇、蟹味菇等工厂化种类。菌种管理无序造成的问题不可忽视: 一是食用菌的“种”不能掌握在生产者手中, 在市场竞争中处在劣势被动地位; 二是引进的种类多以“熟人介绍”等方式, 极大地增加了菌种的不确定性, 一旦发生“菌种”伤农事件, 将会带来巨大的损失, 扰乱食用菌市场; 三是食用菌不同于其他粮食作物, 作为一种肉眼可见, 徒手可摘的“微生物”, 既具有生长繁殖

快的优点, 亦有变异速度快的弊端, 如没有严格的菌种管理制度, “自留种”将很难保证品种后续性状的稳定性。同时, 育种者的食用菌新品种由于缺乏省级的品种登记或审定, 只能努力争取国家级的品种权保护, 即植物新品种权; 又因为食用菌生长及其对环境要求的特性, 亦会延长获得新品种授权的时间。

2.2 标准化生产水平偏低, 食用菌产业链延伸不足

广西现有食用菌地方标准 12 项, 与贵州相差不大, 但远低于食用菌先进省份, 还没有形成以食用菌产业为核心的标准体系, 标准化水平整体偏低, 相关标准研究较产业发展滞后。广西食用菌大部分以鲜品形式售出, 部分以干品售卖, 产业链不健全的问题比较突出, 这与全国食用菌行业的整体现状相似。相比水果等其他广西特色优势农业产业, 食用菌精深加工产品开发较少。目前广西食用菌加工仍以初加工为主, 如烘干后直接包装、各类食用菌干品配伍后的汤料包等; 以即食食品为辅, 如东兰县的香菇、秀珍菇脆片, 黑木耳酱, 龙州县的银耳饮品、冻干银耳, 融安县的灵芝孢子粉胶囊、灵芝粉袋泡茶等。另外, 食用菌加工企业设备简单、工艺落后, 加工企业的产能与生产不匹配, 加工体系标准不健全, 产品加工、包装乱象丛生, 缺乏市场竞争力等, 也制约产业持续健康发展。

2.3 缺乏品牌效应, 食用菌文化意识薄弱

“桂菌”历史悠久, 产品质量佳, 在 20 世纪 80 年代知名度相对较高, “象山”牌双孢蘑菇曾在广西大放异彩, 远销国内外, 但随着双孢蘑菇的产业结构调整及其他商业原因, 广西食用菌未能持续维持知名度及发挥品牌效应。目前广西尚无以食用菌为主导产业的国家级农业产业化重点龙头企业, 食用菌企业品牌、产品品牌知名度较低; 获绿色食品和有机产品认证的产品较少, 仅有“浦北红椎菌”“田林灵芝”“融水灵芝”等 3 个地理标志保护产品; 食用菌文化、品牌带动发展效应不强, 制约了广西食用菌市场、品牌的进一步

拓展。在食用菌公共品牌、企业品牌打造上意识薄弱,在产品设计、营销策划、文化挖掘、创意推广上仍有很大的提升空间。

2.4 专业人才缺少,产业化服务体系不健全

与常规农作物生产不同,食用菌生产需要较高的专业技术及相关基础,但目前多数食用菌从业者既是企业的管理者,也是生产的一线人员,绝大部分是通过“传帮带”“师傅带徒弟”的模式培养的,一般都没有农业高校的受教育经历。在广西从事食用菌产业的技术人员大多是来自福建、浙江、山东、吉林等地,有较深厚的栽培功底,但缺乏理论基础。此外,参与食用菌采收、初加工等的劳动力普遍文化水平较低,多为留守在村庄的妇女、老人^[6]。而广西食用菌生产基地一般处于深山或偏远地区,高校优秀人才往往“敬而远之”,进一步加重了专业人才匮乏问题。

当前广西食用菌产业服务有各级农技推广部门、科研院所和国家食用菌产业技术体系南宁站、广西食用菌创新团队、广西食用菌科技先锋队等各类平台,常年服务于一线基地,然而相关指导多集中于产中生产技术,产前、产后的服务体系不健全。其次,服务面覆盖不全面,“自治区—市—县—乡”四级食用菌技术产学研联动推广机制有待健全完善,目前广西涉及食用菌专业的科研院所较少,省级以广西农业科学院、广西科学院、广西大学等为主,市县食用菌推广和科研技术力量薄弱,专业人才少,对食用菌产业服务不均衡^[8],难以直接及时对接基层开展服务,从而造成广西菇农物资储备、菌种制备、菌棒生产、菌丝培养等产前及产后的生产组织化程度低,栽培管理模式标准化程度低,品质难以保障。此外,广西现有的生产模式多为菌种购买、制棒、接种、培养、出菇、采收等全阶段模式,与福建、山东、浙江等模块化生产模式相比,该模式菌种质量难以保证,制棒规格多样,接种水平参差不齐,培养菌棒环境因子多变,出菇场所千差万别,造成产业服务中各科研院所、高校、平台与经营主体

之间的信息沟通困难,指导服务交流不畅。

3 食用菌产业发展对策和建议

虽然广西食用菌产业在全国的排名略有下降,且面临问题较多,但广西拥有得天独厚的地理优势、环境优势以及生态优势,吸引了诸多工厂化企业来桂投资,如华绿、品品鲜、广西雪榕生物科技有限公司等,这种以大型工厂化企业带动,吸引资金入桂,在带动地方经济方面发挥了积极作用。总体来讲,食用菌的发展模式应与当地种植水平与产业条件相结合,选择合适的品种及栽培模式,从而达到稳产高产、高质高效,推动产业向高质量发展转型提速。

3.1 建立食用菌繁育研发体系,推进省级知识产权保护

广西需要制定食用菌种业规划,鼓励和加大种业基础研究和科技创新投入。包括针对野生种质资源收集保存与精准鉴定、菌种保藏和育种研究,创建常规育种与分子育种相结合的育种平台,开展优质品种的选育、特色食用菌的繁育工作^[8];建立健全食用菌良种繁育基地及体系,依据产业核心,构建食用菌育种优势发展区,进一步建立省部级食用菌良种繁育中心,为国家级的平台打好基础^[9];建立区域性的品种试验示范区或基地,推进食用菌繁育工作的顺利开展;加强研企系统合作能力,提高企业自主创新能力,持续增强企业在“育—繁—试—推”中的作用,为科研院所繁育研发菌种提供落脚点和着力点,促进食用菌整体专业化、标准化。

加大对食用菌科研单位、企业等的研发投入与经费支撑^[10],建立食用菌的基因库,保护科研人员研发成果,增强知识产权保护;加强食用菌行业内知识产权保护的制度建设,普及相关基础知识,建立专门管理机构。加强种业管理,建立健全广西菌种生产规章制度,加大食用菌种业执法力度,引导食用菌菌种企业按照《食用菌菌种管理办法》持证经营,保障菌种品质。加快建设

食用菌菌种检测中心,开展菌种质量监督抽查,为处置菌种质量纠纷、误食毒蘑菇等不良突发事件提供科学鉴定。进一步完善食用菌标准体系构建,建立相关标准和技术规范,推进食用菌产业标准化建设。

3.2 统筹产业布局,建立健全食用菌产业体系

依托广西独特的食用菌产业优势,因地制宜、彰显特色^[11],乘RCEP政策东风,瞄准大湾区及东盟市场,提高食用菌产业模块化程度,加快推动地方资源优化配置,促进产业布局优化与产业升级。坚持政策引导、企业引领、科技支撑的总体原则,重点培育优势产区,培优先进工厂化企业,持续扶持企业发展。健全食用菌产业体系,坚持“设施化制棒(包)、生态化出菇”的总体原则。由科研院所或研发型企业提供母种、原种、栽培种,并由专业制棒企业负责规模化、个性化制棒,交由生产企业进行接种、培养、分散至各出菇企业或合作社、基地,保证相关生产的规模化、标准化,保证菌种、菌棒质量。

3.3 加强“桂菌”品牌建设,整合食用菌优势资源

积极打造区域特色品牌,拓展销售市场。做好食用菌产后资源整合,提升产业综合实力,延伸产业链。加强食用菌干品、精深加工产品、菌物药等产品研发力度,丰富食用菌食品和保健品的种类,提高食用菌的附加值。通过打造品牌,探索创新与培育壮大食用菌产品区域公共品牌,做出影响中国甚至东南亚的“桂菌”品牌,进一步发挥广西桥头堡的重要作用,提高“桂菌”品牌市场、产品的辨识度和影响力。优化产业结构,依据市场,尤其是东盟与大湾区市场的供求关系,及产能、地理位置等条件,适度调整生产种类与规模,发展珍稀名贵食用菌,如近些年风头正盛的羊肚菌、桑黄、大杯蕈、黑皮鸡枞、巴西蘑菇、大球盖菇、毛木耳等,增加食用菌鲜品市场的供应种类,满足人们追求“新奇特”的健康生活需要。加大对广西食用菌文化的挖掘与宣传工作,让食用菌“飞入寻常百姓家”,让文化有魂,产品落

地生根;结合文旅产业,发展食用菌小镇生态旅游^[12],挖掘食用菌饮食文化,丰富产业内涵与外延功能,全方位提升产品的附加值。依托南宁作为东盟博览会永久举办地的区位优势,建设权威的信息化平台,加强信息的采集、整合,形成方便、快捷、高校的信息服务体系;打造集成电子商务、产品交易、信息发布、产品溯源、价格监测、答疑解惑等为一体的综合型、权威型、多领域的信息平台,为产业交流提供有效的信息。

3.4 加强食用菌人才培养,促进科技成果转化

加强引导和支持科研院所及企业引进食用菌技术人才,通过直接聘用或柔性引进领军人才、学科带头人、学术带头人、青年拔尖人才等方式,带动食用菌产业发展;推动广西高等院校、职业学校设立食用菌相关专业学科,增加课程,增强食用菌理念;推动建设一批食用菌试验示范基地、教学实训基地、学生实习基地,培养复合型人才、专用型人才、实用性人才。通过农业推广系统,推进各地市、县乡成立食用菌工作小组,在基层培养一批能够与食用菌打交道的忠实人员,进一步扩大推广队伍,收集产业一线问题与线索,增强服务。利用各科研院所、高校资源等开展对一线科技人员及专业技术能手、技术员的培训工作,进一步提升各县市、乡镇基层食用菌工作人员的科研能力与技术水平,培养懂专业、留得住、做得好的实用性人才。充分发挥广西食用菌学会、广西食用菌协会的力量,以服务为宗旨,建起政府、科研、企业之间的桥梁纽带,积极整合社会力量,综合利用各方人才、统筹力量,推进食用菌人才培养与产业发展。组建食用菌专业的技术创新团队,为技术人才提供交流平台,增加对创新成果的支持力度,促进新品种、新技术、新工艺、新产品的落地转化。

参考文献:

- [1] 张晓艳,李洪山.恩施州食用菌产业发展模式及对精准扶贫的重要性分析[J].中国食用菌,

- 2020, 39 (5): 181-184, 187.
- [2] 梁剑. “一带一路”背景下广西——东盟野生食用菌资源合作开发的可持续性研究[J]. 中国食用菌, 2019, 38 (12): 5-7.
- [3] 牟光福, 张艳成, 刘金容. 广西大型真菌多样性研究进展 [C] // 中国菌物学会. 中国菌物学会 2023 年学术年会论文摘要——菌物多样性及系统学, 2023: 1.
- [4] 宋丹, 韩璐, 杨宏, 等. 广西药用大型真菌资源概况 [J]. 南方园艺, 2020, 31 (1): 74-79.
- [5] 谢毅栋. 广西食用菌发展历程及对策 [J]. 安徽农学通报 (上半月刊), 2009, 15 (21): 86-87, 129.
- [6] 徐世宏, 韦炜, 吴登, 等. 广西食用菌产业发展研究 [J]. 食用菌, 2017, 39 (4): 1-4.
- [7] 孔维丽, 张玉亭, 康源春, 等. 河南食用菌产业由大省向强省转变的思路与政策建议 [J]. 中国食用菌, 2018, 37 (5): 75-80.
- [8] 秦延春, 郎宁, 卢玉文, 等. 推进广西食用菌产业高质量跨越式发展的策略 [J]. 食用菌, 2022, 44 (3): 69-71.
- [9] 陆中华. 浙江省食用菌产业生产现状与发展思考 [J]. 中国食用菌, 2023, 42 (4): 110-114, 119.
- [10] 蔡嵘, 于晓胜. “一带一路”背景下河南食用菌出口贸易发展研究 [J]. 中国瓜菜, 2021, 34 (4): 136-140.
- [11] 韦林杉. 新农村建设中食用菌产业经济管理策略 [J]. 中国食用菌, 2020, 39 (7): 104-107.
- [12] 杨栋. 广西食用菌小镇生态旅游可持续发展路径分析 [J]. 中国食用菌, 2021, 40 (10): 105-108.
- (责任编辑: 黄雄峰)