

全国优秀农业期刊
福建省优秀科技期刊

ISSN 2095-5774
CN 35-1317/S

《东南园艺》学术支持单位 (排名不分先后)

福建省园艺学会

福建省食用菌学会

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

东南园艺

第十卷

第二期

二〇二二年四月

东南园艺

DONGNAN YUANYI

第10卷 第2期 2022年4月

SOUTHEAST HORTICULTURE

Vol.10 No.2 Apr.2022

2022

ISSN 2095-5774



福建省农业科学院果树研究所 主办
Sponsored by Fruit Research Institution, Fujian Academy of Agricultural Science



《东南园艺》微信公众号操作说明

01 扫码关注《东南园艺》微信公众号



文章二维码使用说明

02 如何使用二维码下载文章



1、使用手机扫题目旁的二维码，进行下载分享等操作



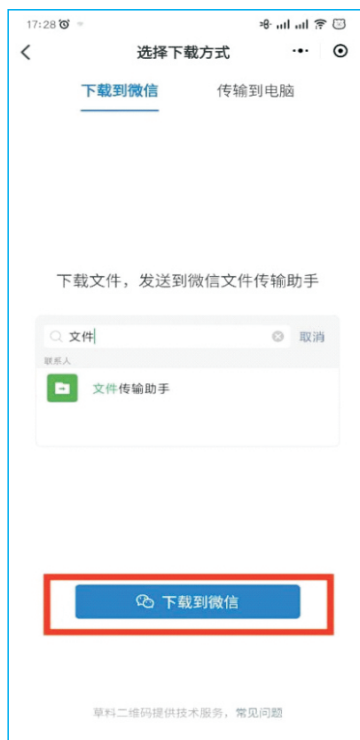
2、点击查看即可在线浏览文章

(下转封三)

(上接封二)



3、点击下载即可下载本文



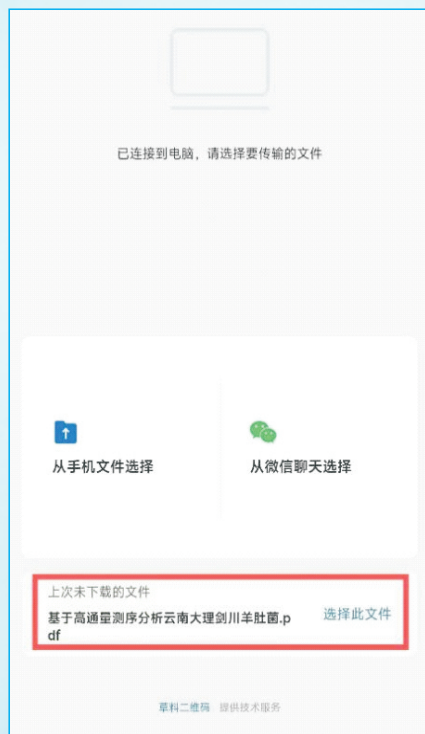
4、文章被下载到手机，可直接查看也可分享给他人



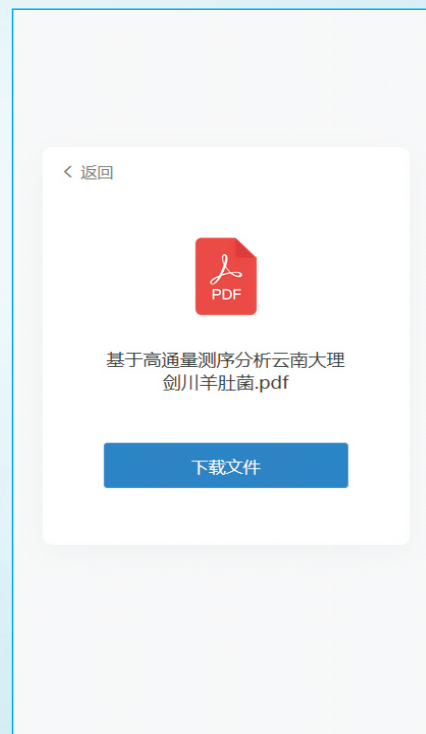
5、输入特定网址“2w.ma”后可将下载到手机的文章传输至电脑



5.1、扫网页上出现的二维码进行文件传输



5.2、选择下载好的文章，即可传输



5.3、点击下载文件就可将文章下载至电脑

东南园艺

DONGNAN YUANYI

双月刊

2022 年 第 10 卷 第 2 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）

丰 锋 邓秀新 王俊宁 叶正文 叶新福
江国良 刘荣章 刘海桑 孙威江 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 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

E-mail: dnyy0591@163.com

主 编：许家辉

副 主 编：黄雄峰（常务）

编辑部主任：黄雄峰

责任编辑：黄雄峰 许 玲 冯 新 陈扬祥
赖瑞联 李 婷 张艳芳（英文）

校 对：陈 婷

印 刷：福州雄胜彩印有限公司

发 行：自办发行

出版日期：2022 年 4 月 15 日

定 价：30.00 元

广告许可证：3500004000040

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

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
于本刊，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、最后学历 / 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：dnyy0591@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，是北京大学《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

青年学者论坛

菠萝蜜 NAC 转录因子的克隆及其在果实成熟中的表达	
..... 李真琴, 黎思华, 宋康华, 洪克前, 王俊宁 (81)	
基于 Citespace 分析枇杷花功能研究热点与趋势	姜 帆, 高慧颖, 陈秀萍 (91)

试验研究

两种提取法的枇杷果肉萜类化合物组分含量差异分析	
..... 陈秀萍, 苏文炳, 蒋际谋, 姜 帆, 陈永萍 (99)	
香叶天竺葵组培快繁体系的建立	刘 靓, 马晓娟, 汤红玲, 陈品品 (107)
留梢数量对杨梅新梢生长及开花结果的影响	罗 忠 (112)

乡村振兴实用技术

福建省中高海拔山区‘春宝’苦瓜越夏栽培技术	陈中钊, 许端祥, 杜文丽, 高 山 (116)
黑果枸杞在杭州萧山滨海盐碱围垦地的引种表现	曾洪学, 屈兴红 (119)

文献综述

大理和丽江客栈植物调查及分析	张佳瑞, 牛静薇, 陈 依, 叶伟颖, 卢楸童, 丰 锋, 李国鹏 (123)
猕猴桃的营养成分、生物活性及其综合利用研究进展	
..... 路喻丹, 刘晓驰, 冯 新, 高敏霞, 赖瑞联, 陈桂信, 陈义挺 (137)	
乡村振兴背景下福建省特色现代果业发展对策	林旗华, 刘荣章, 钟秋珍, 黄雄峰, 张泽煌 (145)
沿海省份山区耕地撂荒问题与对策分析——以永泰县丹云乡为例	洪佳凯, 范水生 (154)

SOUTHEAST HORTICULTURE

Vol. 10

No. 2

April 2022

Cloning of Jackfruit NAC Transcription Factors and Their Expressions in Fruit Ripening	
..... LI Zhen-qin, LI Si-hua, SONG Kang-hua, HONG Ke-qian, WANG Jun-ning (81)	
Research Hotspots and Trends on Loquat Flower Functions Based on Citespace.....	
..... JIANG Fan, GAO Hui-ying, CHEN Xiu-ping (91)	
Difference Analysis on the Compounds and Contents of Terpenoids of Loquat Fresh between Two Extraction Methods	
..... CHEN Xiu-ping, SU Wen-bing, JIANG Ji-mou, JIANG Fan, CHEN Yong-ping (99)	
Establishment of Rapid Sterile Propagation System in <i>Pelargonium graveolens</i> L'H é r.	
..... LIU Liang, MA Xiao-juan, TANG Hong-ling, CHEN Pin-pin (107)	
Effects of Shoot Density on Growth of New Shoots, Flowering and Fruiting of New Shoots in Waxberry.....	
..... LUO Zhong (112)	
Cultivation Techniques of ‘Chunbao’ Bitter Gourd in Middle and High Altitude Mountainous Areas of Fujian	
Province in Summer..... CHEN Zhong-shan, XU Duan-xiang, DU Wen-li, GAO Shan (116)	
Introduction Performance of <i>Lycium ruthenicum</i> in Coastal Saline Alkali Reclaimed Land of Xiaoshan District	
Subordinate to Hangzhou City ZENG Hong-xue, QU Xing-hong (119)	
Investigation and Analysis of Plants in Dali and Lijiang Inns	
... ZHANG Jia-rui, NIU Jing-wei, CHEN Yi, YE Wei-ying, LU Qiu-tong, FENG Feng, LI Guo-peng (123)	
Progress in Nutritional Composition, Bioactivity and Its Comprehensive Utilization of Kiwi Fruit	
..... Lu Yu-dan, Liu Xiao-chi, Feng Xin, Gao Min-xia, Lai Rui-lian, Chen Gui-xin, Chen Yi-ting (137)	
Countermeasures for the Development of Characteristic and Modern Fruit Industry of Fujian Province under the	
Background of Rural Revitalization	
..... LIN Qi-hua, LIU Rong-zhang, ZHONG Qiu-zhen, HUANG Xiong-feng, ZHANG Ze-huang (145)	
Analysis on the Abandonment of Cultivated Land in Mountainous Areas of Coastal Provinces and Its Countermeasures	
with Danyun Town, Yongtai County as an Example HONG Jia-kai, FAN Shui-sheng (154)	

李真琴, 黎思华, 宋康华, 洪克前, 王俊宁. 菠萝蜜 NAC 转录因子的克隆及其在果实成熟中的表达 [J]. 东南园艺, 2022, 10 (2) : 81-90.

LI Zhen-qin, LI Si-hua, SONG Kang-hua, HONG Ke-qian, WANG Jun-ning. Cloning of Jackfruit NAC Transcription Factors and Their Expressions in Fruit Ripening [J]. Southeast Horticulture, 2022, 10 (2) : 81-90.

菠萝蜜 NAC 转录因子的克隆 及其在果实成熟中的表达



李真琴¹, 黎思华¹, 宋康华^{2, 3}, 洪克前^{2, 3}, 王俊宁^{1*}

(¹ 广东海洋大学滨海农业学院, 广东 湛江 524088;

² 中国热带农业科学院南亚热带作物研究所, 广东 湛江 524088;

³ 海南省热带园艺产品采后生理与保鲜重点实验室, 广东 湛江 524088)

摘 要: NAC 是植物特有的转录因子大家族之一, 在植物生长发育中发挥重要的调控作用。为探究菠萝蜜 NAC 转录因子的特点及其在果实成熟中的作用, 本研究以‘海大 2 号’菠萝蜜果肉为材料, 克隆获得 3 个不同的 NAC 基因, 分别命名为 *AheNAC1*、*AheNAC2* 和 *AheNAC3*, 生物信息学分析结果表明, 3 个 *AheNAC* 基因 cDNA 长度分别为 1 050、1 047 和 1 050 bp, 编码 349、348、349 个氨基酸, 其二级结构由 α -螺旋、 β -转角、延长链和无规则卷曲组成, 其中无规则卷曲是主要组分。3 个 *AheNAC* 蛋白的 N 端有 1 个 NAM 保守结构域, 包含 4 个保守基序。预测 3 个 *AheNAC* 蛋白无信号肽、不存在跨膜区域, 亚细胞定位在细胞核内。基因表达结果表明, 3 个 *AheNAC* 基因均在果实采后第 1 d 时明显上调表达, 但随着果实成熟表达量呈下降趋势。ETH 和 1-MCP 处理的果实中, *AheNAC1* 和 *AheNAC3* 的表达先增强后减弱, 但表达量与自然成熟组无显著差异; 而 *AheNAC2* 基因在 ETH 和 1-MCP 处理后的表达减弱, 结果表明 3 个 *AheNAC* 基因主要在果实后熟的初期起作用, 且 ETH 和 1-MCP 处理抑制了 *AheNAC2* 的表达。

关键词: 菠萝蜜; NAC 转录因子; 基因克隆; 果实成熟

中图分类号: S667.8

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2022) 02-0081-10

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2022.02.001

Cloning of Jackfruit NAC Transcription Factors and Their Expressions in Fruit Ripening

LI Zhen-qin¹, LI Si-hua¹, SONG Kang-hua^{2, 3}, HONG Ke-qian^{2, 3}, WANG Jun-ning^{1*}

(¹ College of Coastal Agricultural Sciences, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, Guangdong 524088, China;

收稿日期: 2022-02-20

基金项目: 国家级农科教合作人才培养基地资助项目 (GDOU2013040301); 国家级教育部卓越农林人才培养计划资助项目 (园艺, GDOU2014041204); 广东省园艺和园林专业实践技能型农林人才培养模式改革试点资助项目 (GDOU2014041208); 广东省园艺专业综合改革试点资助项目 (GDOU2013040402); 广东省一流专业建设点-园艺和广东省植物生产实验教学示范中心

作者简介: * 为通讯作者, 王俊宁 (1978-), 女, 教授, 博士, 主要从事果蔬采后生理与分子生物学研究, E-mail: wangjunningb@126.com. 李真琴 (1997-), 女, 硕士研究生, 主要从事果蔬采后生理与分子生物学研究, E-mail: lizhenqiny@126.com

² South Subtropical Crops Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang, Guangdong 524088, China;

³ Hainan Province Key Laboratory for Postharvest Physiology and Technology of Tropical Horticultural Products, Zhanjiang, Guangdong 524088, China)

Abstract: NAC (NAM, ATAF1/2 and CUC2) is one of the largest families of transcription factors in plants, which plays an important role in plant growth and development. To explore the characteristics and function of NAC in jackfruit, three different NAC genes were cloned from the flesh of ‘Haida 2’ jackfruit, named as *AheNAC1*, *AheNAC2* and *AheNAC3*, then bioinformatics and expression were analyzed. The results showed that the full length cDNA of *AheNAC1*, *AheNAC2* and *AheNAC3* was 1 050 bp, 1 047 bp and 1 050 bp, encoding 349, 348 and 349 amino acids, respectively. The secondary structure of 3 NAC genes was composed of α -helix, β -corner, extended chain and random coil, of which random coil was the main component. The N terminus of *AheNAC1/2/3* protein contained a NAM conserved domain containing four motifs. *AheNAC1*, *AheNAC2* and *AheNAC3* protein might have no signal peptide and no transmembrane region, all of which were located in the nucleus. Gene expression analysis showed that the expression of the 3 NAC genes was significantly up-regulated on the 1st day, but showed a downward trend as a whole. In the fruits treated with ETH and 1-MCP, the expressions of *AheNAC1* and *AheNAC3* were first increased and then decreased, but the expression levels were not significantly different from those in the control group. The results showed that the genes mainly functioned in the early post-ripening stage of fruit, and ETH and 1-MCP treatments inhibited the expression of *AheNAC2*.

Key words: Jackfruit; NAC transcription factor; Gene cloning; Mature

转录因子是一种能特异性结合顺式作用元件的反式作用因子,通过激活或抑制植物信号通路中基因的表达,参与植物的生长发育、形态建成、逆境胁迫响应等生命活动过程^[1]。NAC 转录因子是植物特有、数量最多的转录调控因子之一^[2],能与启动子上的 NACRS (NAC recognition sequence) 或者 NACBS (NAC binding sequence) 等元件结合,调控靶基因的转录水平,进而参与多种生物学过程^[3]。NAC 转录因子在植物生长发育过程中发挥重要作用,参与调控种子的发育^[4]、次生细胞壁的形成^[5]、侧根的发育^[6]、叶片衰老^[7]、果实的成熟及着色^[8]等过程。果实成熟是一个复杂的生理过程,涉及诸多转录因子的调控。前人研究表明,NAC 转录因子参与调控香蕉 (*Musa nana* Lour.)^[9]、柿 (*Diospyros kaki* Thunb.)^[10]、枇杷 (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.)^[11]、苹果 (*Malus pumila* Mill.)^[12]、桃 (*Amygdalus persica* L.)^[13]、荔枝 (*Litchi chinensis* Sonn.)^[14]、

猕猴桃 (*Actinidia deliciosa*)^[15]、菠萝 (*Ananas comosus*)^[16]等果实的成熟与衰老过程。

菠萝蜜 (*Artocarpus heterophyllus* Lam), 别名‘树菠萝’,其果肉香甜,被誉为‘热带水果皇后’,具有较高的经济价值和应用价值^[17]。菠萝蜜为典型的呼吸跃变型水果,果实采收后成熟快,易腐烂变质,采后不易贮藏保鲜,如何延长菠萝蜜采后贮藏期显得非常重要。NAC 转录因子参与调控果实的成熟过程,但在菠萝蜜上尚未报道。鉴于此,本研究采用反转录 PCR (Reverse Transcription PCR, RT-PCR) 和实时荧光定量 PCR 技术 (Real-time Quantitative PCR, qPCR),克隆得到 3 个菠萝蜜 NAC 基因,并研究了其在菠萝蜜采后不同成熟时期的表达情况,为进一步研究 NAC 转录因子在菠萝蜜果实成熟衰老中的作用,探索菠萝蜜果实成熟的机理和采后保鲜提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

以香气浓郁的干苞型菠萝蜜品种‘海大2号’为材料。在盛花期选择花期相同、生长较好的果实挂牌,花后约150 d采收。采收后立即运回实验室,选择大小和成熟度接近、无病虫害的果实,分3组进行处理。第1组自然成熟,作为对照组;第2组采用乙烯利(ethylene, ETH) $1\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 浸泡果实2~3 min,取出晾干^[18];第3组果实采用1-甲基环丙烯(1-Methylcyclopropene, 1-MCP) $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 熏蒸17 h^[19]。3组果实均放置在相对湿度90%、室温(22 ± 1)℃的条件下贮藏。根据不同处理果实成熟程度,采用不同取样间隔时间:对照组每天取样;ETH处理组每0.5 d取样;1-MCP处理组在第0、4、8、10、12、14、16 d取样。

每次取3~5个果,分离菠萝蜜果肉,切成 $5\text{ mm}\times 5\text{ mm}\times 5\text{ mm}$ 的块状,按四分之一的方 法取样,混匀液氮速冻后,存于 -80°C 超低温冰箱备用。

1.2 方法

1.2.1 总 RNA 的提取和反转录

使用华越洋 Plant Kit 超快型植物 RNA 提取试剂盒提取菠萝蜜果肉总 RNA。以菠萝蜜果肉 RNA 为模板,采用 TaKaRa cDNA 合成试剂盒反转录合成第一链 cDNA。

1.2.2 PCR 引物设计及合成

采用 Primer Premier 5.0 软件设计 *AheNAC1*、*AheNAC2* 和 *AheNAC3* 基因的全长引物,委托生工生物工程(上海)股份有限公司合成(表1)。

表1 基因引物

引物名称	引物序列	用途
AheNAC1-for	5' - ATGGAAAATCCTGTTTGAATGAAGATGAG -3'	RT-PCR
AheNAC1-rev	5' - TCAATAGTTCCAAAGGCAATCCAAGTCGAC -3'	RT-PCR
AheNAC2-for	5' - ATGGGTGTTTCAGAAACAGACCCGCTTTC -3'	RT-PCR
AheNAC2-rev	5' - TCACCGTCCAAACCCGAACCCGCC -3'	RT-PCR
AheNAC3-for	5' - ATGGAGAGCACAGATTCTTCATCGGGATC -3'	RT-PCR
AheNAC3-rev	5' - CTACGAGTTCCAATTCATGCTCGGAAGTTG -3'	RT-PCR
AheGAPDH-qup	5' - AATGTCCTTCCGAGTTCCTA -3'	qPCR
AheGAPDH-qdw	5' -ATCATCCTCAGTGTAACCCAAA -3'	qPCR
AheNAC1-qup	5' - AAAGCCACAGGCAAAGACAA -3'	qPCR
AheNAC1-qdw	5' - GCAAATCACCCACTCGTTCT -3'	qPCR
AheNAC2-qup	5' - CAGTGATGTTTATGTCCCTTCG -3'	qPCR
AheNAC2-qdw	5' - TCTTCTTTTCTTCACCGTCCA -3'	qPCR
AheNAC3-qup	5' - CAATGATGGACCGTGATAAGG-3'	qPCR
AheNAC3-qdw	5' - GTTGGCGTCAAAAAGGCTC -3'	qPCR

1.2.3 菠萝蜜 NAC 基因的 cDNA 克隆

以‘海大2号’菠萝蜜果肉 cDNA 为模板进行 PCR 扩增,反应体系为 $50\text{ }\mu\text{L}$ 体系。PCR 反应程序为: 94°C 3 min, 94°C 30 s, 55°C 30 s, 72°C 1 min, 35 个循环; 72°C 10 min。扩增 PCR 产物进行凝胶电泳检测,切胶回收,连接 pMD20-T、

pMD19 -T 载体并转化大肠杆菌 DH5 α , 菌液检测后测序。

1.2.4 生物信息学分析

使用在线软件 ProtParam tool (<https://web.expasy.org/protparam/>) 预测菠萝蜜 NAC 编码蛋白的基本理化性质;用 SignalP 4.1 Server (<http://www.>

cbs.dtu.dk/services/SignalP-4.1/) 和 TMHMM (<http://www.cbs.dtu.dk/services/TMHMM/>) 分析 NAC 编码蛋白信号肽和跨膜区域; 使用 SoftBerry ProtComp 9.0 (<http://linux1.softberry.com/berry.phtml>) 进行亚细胞定位预测; 用 NetPhos 3.1 Server 和 DictyOGlyc 1.1 Server 进行 NAC 编码蛋白质磷酸化和糖基化位点预测; 用 SOPMA (https://npsa-prabi.ibcp.fr/cgi-bin/npsa_automat.pl?page=npsa_sopma.html) 预测 NAC 编码蛋白的二级结构; 运用 Phyre2 (<http://www.sbg.bio.ic.ac.uk/phyre2/html/page>) 构建蛋白的三级结构模型; 在 TAIR 数据库 (<https://www.arabidopsis.org/>) 下载拟南芥 NAC 蛋白全长序列; 用软件 Clustalx 和 GENEDOC 进行不同物种 NAC 氨基酸多重匹配分析; 在软件 MEGA7.0 上使用邻接法 (Neighbor-Joining) 构建系统进化树; 利用 Pfam 34.0 (<http://pfam.xfam.org/>) 数据库分析菠萝蜜 NAC 蛋白保守区域, 在 MEME 中分析其保守基序^[20], 再通过 TBtools 软件绘图。

1.2.5 qPCR 引物设计及 qPCR 程序

本研究选用 *AheGAPDH* 作为内参基因, 采用 Primer 5.0 软件在基因的非保守区设计荧光定量引物, 应用 Oligo 6.0 软件对其进行评价, 最后将符合条件的引物 (表 1) 送到生工生物工程 (上海) 股份有限公司合成。使用三步法进行 qPCR 扩增, 程序如下: 94℃ 1 min; 94℃ 5 s, 55℃ 30 s, 72℃ 30 s, 39 个循环。采用 $2^{-\Delta\Delta CT}$ 的方法进行基因相对表达量的计算。

2 结果与分析

2.1 菠萝蜜 NAC 类基因的克隆

以菠萝蜜果肉 cDNA 作为模板, 分别采用 *AheNAC1*-for/-rev、*AheNAC2*-for/-rev 和 *AheNAC3*-for/-rev 引物, 经 RT-PCR 扩增、电泳, 获得目的条带, 与预期基因片段长度相符 (如图 1), 挑阳性克隆并测序。结果显示, *AheNAC1*、*AheNAC2* 和 *AheNAC3* 的开放阅读框 (Open Reading Frame, ORF) 分别为 1 050、1 047、1 050 bp。

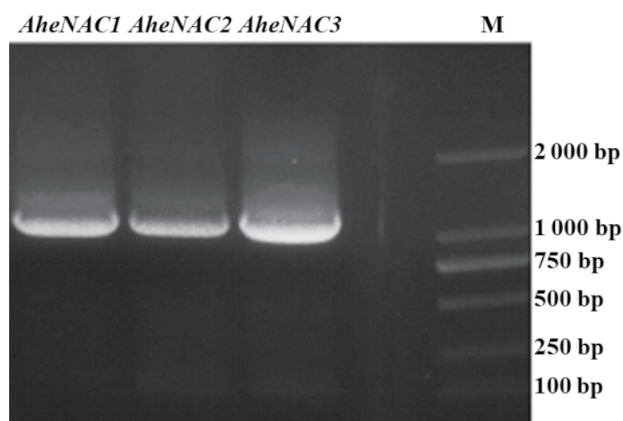


图 1 *AheNAC* 基因的克隆

2.2 菠萝蜜 NAC 的生物信息学分析

2.2.1 菠萝蜜 NAC 的蛋白质理化

采用生物信息学在线工具分析发现 (表 2), *AheNAC1*、*AheNAC2* 和 *AheNAC3* 基因分别编码 349、348、349 个氨基酸, 分子量分别为 40.16、38.91、38.86 kD。3 个 NAC 蛋白的氨基酸组成中丝氨酸 (Ser) 含量最高, 分别占比 9.7%、10.3%、10.0%, 半胱氨酸 (Cys) 含量最少。*AheNAC1*、*AheNAC2* 和 *AheNAC3* 编码蛋白均为亲水性蛋白, 其中 *AheNAC1* 为不稳定的酸性蛋白, *AheNAC2* 和 *AheNAC3* 分别为稳定和不稳定的碱性蛋白。

2.2.2 菠萝蜜 NAC 蛋白的信号肽和跨膜结构及亚细胞定位

信号肽预测发现, 菠萝蜜 3 个 NAC 氨基酸序列都不含信号肽和转运肽, 为非分泌蛋白。跨膜区预测得知, *AheNAC1*、*AheNAC2* 和 *AheNAC3* 蛋白跨膜螺旋数均为 0, 不存在跨膜结构域, 不是膜蛋白。作为转录因子, NAC 转录因子一般定位于细胞核^[21]。利用 SoftBerry ProtComp 9.0 软件对 3 个 NAC 蛋白进行亚细胞定位预测, 结果发现, 3 个蛋白定位在细胞核上的积分值最高, 分别为 8.61、8.86、9.10 (共 10 分: 数值越高表示可信度越大), 在质膜和液泡上有较少分布, *AheNAC3* 蛋白在膜外和过氧化物酶体上也有少量分布 (表 3), 从而推断菠萝蜜 NAC 蛋白可能定位于细胞核上, 这说

表 2 AheNAC 蛋白的理化性质

基因名	氨基酸数 (个)	分子量 (KD)	等电点	脂肪系数	不稳定系数	亲水性	含量最多的 3 种氨基酸 (%)
<i>AheNAC1</i>	349	40.16	6.36 (酸性)	56.45	49.71 (不稳定)	-0.853 (亲水)	Ser 9.7 Asn 8.3 Glu 7.4
<i>AheNAC2</i>	348	38.91	8.45 (碱性)	73.88	30.94 (稳定)	-0.529 (亲水)	Ser10.3 Leu 9.5 Gly 8.3
<i>AheNAC3</i>	349	38.86	9.12 (碱性)	62.61	40.84 (不稳定)	-0.725 (亲水)	Ser 10.0 Asn 8.9 Pro 8.6

表 3 AheNAC 蛋白的亚细胞定位预测

定位 Location	<i>AheNAC1</i>	<i>AheNAC2</i>	<i>AheNAC3</i>
细胞核 Nuclear	8.61	8.86	9.10
质膜 Plasma membrane	0.79	0.61	0.55
胞外 Extra-cellular	0	0.02	0.10
细胞质 Cytoplasmic	0	0	0.07
线粒体 Mitochondrial	0.01	0.03	0
细胞质内层 Endoplasm retic	0	0	0
过氧化物酶体 Peroxisomal	0.05	0.08	0.55
高尔基体 Golgi	0	0	0
叶绿体 Chloroplast	0.07	0.06	0
液泡 Vacuolar	0.47	0.34	0.13

明 AheNAC1、AheNAC2 和 AheNAC3 极可能是在细胞核内发挥调控作用的转录因子。

2.2.3 菠萝蜜 NAC 的蛋白质结构

糖基化位点预测发现, AheNAC1、AheNAC2 和 AheNAC3 编码蛋白分别存在 1、2 和 2 个糖基化位点。磷酸化位点预测发现, 3 个蛋白分别有 38、53 和 46 个磷酸化位点, 其中丝氨酸磷酸化位点最多。利用 SOPMA 法预测二级结构 (表 4) 发现, AheNAC1、AheNAC2 和 AheNAC3 均由 α -螺旋、延长链、 β -转角和无规则卷曲组成, 其中无规则卷曲是其主要组分, 在全链均匀分布, 其次为 α -螺旋, 集中分布在蛋白的 N 端和 C 端, 而 β -转角含量较少, 存在于蛋白的 N 端。三级结构的模

型构建 (图 2) 进一步表明, α -螺旋、延长链、 β -转角和随机卷曲为 3 个蛋白的折叠方式, AheNAC1 和 AheNAC2 的蛋白三级结构相似, AheNAC3 的蛋白三级结构与 AheNAC1 和 AheNAC 2 差异较大。

2.2.4 菠萝蜜 NAC 保守性

通过 Blastn 检索显示, AheNAC1 与枇杷 EjNAC3 (MG203936.1) 和桃 PpNAC4 (KR822711.1) 的相似性最高, 分别为 84.65% 和 83.9%; AheNAC2 与铜钱枣 ZnNAC (KT225022.1) 和柠条 CkNAC4 (KM366068.1) 的相似性最高, 分别为 76.96% 和 76.75%; AheNAC3 与木薯 MeNAC21 (KR605159.1) 的相似性最高, 为 80.19%。蛋白结构域预测分析表明, AheNAC1 和 AheNAC 2 的 N 端 15~139 位氨基

表 4 AheNAC 蛋白二级结构组分

蛋白名	糖基化位点 (个)	磷酸化位点 (个)			二级结构组分 (%)			
		丝氨酸	苏氨酸	酪氨酸	α -螺旋	延长链	β -转角	无规则卷曲
AheNAC1	1	23	9	6	20.34	14.90	4.87	59.89
AheNAC2	2	32	12	9	17.82	12.64	2.87	66.67
AheNAC3	2	28	14	4	12.32	14.33	2.69	71.06

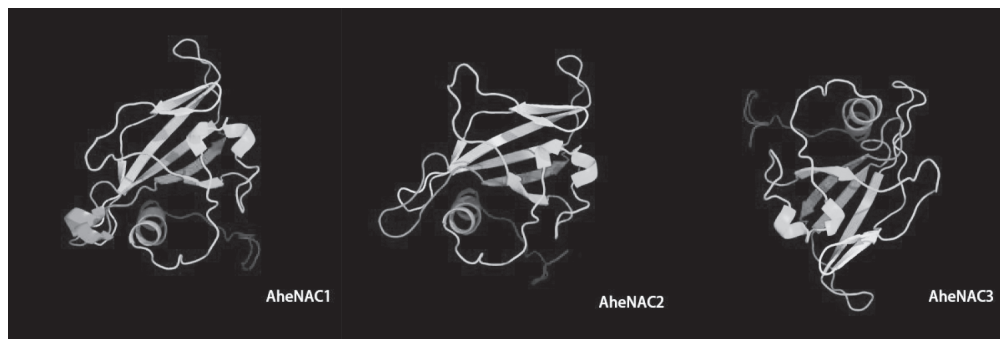


图 2 AheNAC 基因编码蛋白的三级结构预测

酸, AheNAC3 的 N 端 16~142 位氨基酸, 均为 NAM 保守结构域。使用 Clustalx 和 GENEDOC 软件对 3 个 AheNAC 蛋白和其他植物 NAC 蛋白进行多重序列比对分析, 结果显示, 在 N 端具有高度保守的结构域, 可以进一步划分为 A、B、C、D、E 5 个亚结构域, 而 C 端保守性较弱, 灵活性强, 可能与其

转录激活功能有关(图 3)。MEME 分析结果表明(图 4), AheNAC 蛋白都具有 4 个保守基序(Motif1~Motif4), 均处于 N 端的 NAM 结构域中, 其中 A 区处于 Motif3 中, B 区包含在 Motif1 和 Motif3 中, C 区包含于 Motif1 中, Motif2 和 Motif4 分别对应应在 NAC 结构域的 D 区和 E 区。

AheNAC1	: MENP--VCNEDCHMELPPGFRFPPTDEELLTHYISKLDNRSARATGVDLNRCEPDLFRAKMGKEWYFFQDRDKYFSGSRNNRATASGYWKATGDKRELFKAK : 108
AheNAC2	: -MGVSETDPLSCLSLPPGFRFPPTDEELLVQYICRKAAGQCSLEHISIDLRKFPWVLESKAIIGKEWYFFSRDRKYPFGSRNNRATASGYWKATGDKRELFKAK : 107
AheNAC3	: -MESIDSSSGSCHPOLPPGFRFPPTDEELLVWHYIKKKAASVPLPATIHAGVDLRKFPWVLESKAIIGKEWYFFSRDRKYPFGSRNNRATASGYWKATGDKRELFKAK : 109
ZnNAC (KT225022.1)	: -MGVSETDPLSCLSLPPGFRFPPTDEELLVQYICRKAAGQCSLEHISIDLRKFPWVLESKAIIGKEWYFFSRDRKYPFGSRNNRATASGYWKATGDKRELFKAK : 107
CkNAC4 (KM366068.1)	: -MGVPEKDPDLSCLSLPPGFRFPPTDEELLVQYICRKAAGHESLQIHAIDLRKFPWVLESKAIIGKEWYFFSRDRKYPFGSRNNRATASGYWKATGDKRELFKAK : 110
EjNAC3 (MG203936.1)	: MENTSGFIMEDQOMELPPGFRFPPTDEELLVSHYISKLDNRSARATGVDLNRCEPDLFRAKMGKEWYFFQDRDKYFSGSRNNRATASGYWKATGDKRELFKAK : 110
PpNAC4 (KR822711.1)	: MENASGFSKEDQOMELPPGFRFPPTDEELLVSHYISKLDNRSARATGVDLNRCEPDLFRAKMGKEWYFFQDRDKYFSGSRNNRATASGYWKATGDKRELFKAK : 110
MeNAC21 (KR605159.1)	: -MESIDSSSGSCHPOLPPGFRFPPTDEELLVWHYIKKKAASAPLEVPMAGVDLRKFPWVLESKAIIGKEWYFFSRDRKYPFGSRNNRATASGYWKATGDKRELFKAK : 109
2 LPPGFRFPPTDEELLV QYICRKAAGHESLQIHAIDLRKFPWVLESKAIIGKEWYFFSRDRKYPFGSRNNRATASGYWKATGDKRELFKAK 6 6 eD L K F W L F 4 A G E E W Y F F S R D R K Y P G R N R G Y W K A T G D K 6	
AheNAC1	: A--LGMKKRLVFEYGRAPKPKGKSNWVMHEYRLGK-----YSLYLSKTKTNWVICRIFQSCG--GKQTHSGIFR-----FLLPLP : 186
AheNAC2	: G-RKVGIKKRLVFEYGRAPKPKGKSNWVMHEYRLLE-----FRRK--GSKLDDWVLCRIYKKNSS--SNQPMITNSISKE--QYSNGCSSSSP : 190
AheNAC3	: GTQKVGKRLVFEYGRAPKPKGKSNWVMHEYRLVENNTNSASTNISKLHDDHNS--PNKASLRIDWVLCRIYKKNSS--AQPMISDRKDETS-LETLMLCSITMTPT : 214
ZnNAC (KT225022.1)	: G-RKVGIKKRLVFEYGRAPKPKGKSNWVMHEYRLLE-----THRK--GSKLDDWVLCRIYKKNSS--AQPMIS-NLISKE--HSSNGSSSSSS : 189
CkNAC4 (KM366068.1)	: G-RKVGIKKRLVFEYGRAPKPKGKSNWVMHEYRLLE-----SSRKNGGKRLDDWVLCRIYKKNSS--AQAAAANGVSSKEYTQYSNGSSSSSS : 194
EjNAC3 (MG203936.1)	: T--LAGMKKRLVFEYGRAPKPKGKSNWVMHEYRLGEG-----SSAHLPKAKNEWVICRIFQSSSG--GKQTHSGLRPSFPGNELRSSLLPLM : 197
PpNAC4 (KR822711.1)	: T--LAGMKKRLVFEYGRAPKPKGKSNWVMHEYRLGEG-----YAYLPLKAKNEWVICRIFQSSSG--GKQTHSGLRPSFPGNELRSSLLPLM : 197
MeNAC21 (KR605159.1)	: GTQKVGKRLVFEYGRAPKPKGKSNWVMHEYRLADNKVSNRPPG-----CDLGNKKNSLRDDWVLCRIYKKNSS--THRS--DHDKDDY-VEDMLG--SLPHSI : 203
2 LPPGFRFPPTDEELLV QYICRKAAGHESLQIHAIDLRKFPWVLESKAIIGKEWYFFSRDRKYPFGSRNNRATASGYWKATGDKRELFKAK 6 6 eD L K F W L F 4 A G E E W Y F F S R D R K Y P G R N R G Y W K A T G D K 6	
AheNAC1	: DSPSHNNNSYDNEARTAVGKTTSSSHPTCFSDPMQDQKSHNNNEGMIESFNNDNNIKDN--TASSFPYP-----NHQIPVQS-----FGNYSYAV : 279
AheNAC2	: HLD-----DVLSDFPAIDDRFSLPRNSLKLTHL-----DDDKLSLNLGSGNFDWATLAGNSPDLVPGN--QTQAG--CQGTGGENNR--IVYVSIIPPCNVPEP : 287
AheNAC3	: QNI-----NIIPKVPVPKPSNYTAL--QNDGEFFDGILSSADQYHHQN-----CSINNNVY--PAKRPPS-----PYNRAGSP--VVGPAKRFHGLN : 297
ZnNAC (KT225022.1)	: HLD-----DVLSDFPAIDDRFSLPRNSLKLTHL-----DDKLSNLFNLGSGNFDWASLAGNPDADFVPGNNNTQGGQCHEPIHNNHNNLYVSIIPPCNVPEP : 290
CkNAC4 (KM366068.1)	: HFD-----DVLSDFPAIDDRFSLPRNSLRLTMOQROEEKNNLNQMGAGGFWDSNPSMNSNLTETFEQGO-----TRGMVNSGCLNLYVSIIPPCNVPEP : 287
EjNAC3 (MG203936.1)	: DSP-----AYNSDARTTA--TACETSHSCFSDPMDQKTEEDIMDSFNNGNNHHHHNNH--FSSSRSNP-----SAHLNSFYSGQMTNIGLQHQNSVIM : 288
PpNAC4 (KR822711.1)	: DSS-----PYNSDTRT--TVCETSHSCFSDPMDQKTEEDIMDSFQ--NNHNNSSNNHNPDLASSSRSNP-----SAHLNPFYSQMTNIGLQHQNSVIM : 288
MeNAC21 (KR605159.1)	: VGL-----QQNAKQLLKGTYNGAL--VENEQLNFDGMLNDAMNNNTNSISQFASSTSRPAEISMLPLKRTLPS-----LYNDDDLGAGSSSKRLQDSDG : 295
6 QQNAKQLLKGTYNGAL--VENEQLNFDGMLNDAMNNNTNSISQFASSTSRPAEISMLPLKRTLPS-----LYNDDDLGAGSSSKRLQDSDG 6 6 QQNAKQLLKGTYNGAL--VENEQLNFDGMLNDAMNNNTNSISQFASSTSRPAEISMLPLKRTLPS-----LYNDDDLGAGSSSKRLQDSDG 6	
AheNAC1	: QEQS-----FLSI--LENHANEMKRNKAPTE--SRE--DESSSMVTHHDMARVNQRSFEDQ--DPSSSAGFVDLDCILNY : 349
AheNAC2	: RVG-----NSVEEDQSGRLRTORVENNSGLQPNMAYSN-----VLTQNIS--SSLPYGRYPHSGGFGGR : 348
AheNAC3	: TSTGGGTGSENVSDNSFVMSLSQIPONNTAP--HPNAVL-----HGS-----QQLP--SMNNNS : 349
ZnNAC (KT225022.1)	: RLAA-----NSVDEEDQSGRLRTORVDSGFGFQPNNT-----ILNQFNSAQLPYGRYPHSGGFGGR : 352
CkNAC4 (KM366068.1)	: ERK-----PMEEEDQSGRLRTORVEN--SGLQ--QRGEND-----FTQGSF--NSV--PFGGRYPVQVPGFG : 344
EjNAC3 (MG203936.1)	: QQQS-----LTMVENVQAPYLRSAKTEISPDG--LSIDASSAVSNREMV--QDPS--SSAPIELDGLNY : 352
PpNAC4 (KR822711.1)	: QQQS-----FLRMLENQAPYLRSAKTEISPDG--LSMDVSSVSVNREMV--QDPS--SSAPIELDGLNY : 352
MeNAC21 (KR605159.1)	: SVVTRD-----GNSSIASLISLPQT--PPLHQML-----GSTGDI--PS--QLS--GLNYS : 346
6 QQNAKQLLKGTYNGAL--VENEQLNFDGMLNDAMNNNTNSISQFASSTSRPAEISMLPLKRTLPS-----LYNDDDLGAGSSSKRLQDSDG 6 6 QQNAKQLLKGTYNGAL--VENEQLNFDGMLNDAMNNNTNSISQFASSTSRPAEISMLPLKRTLPS-----LYNDDDLGAGSSSKRLQDSDG 6	

图 3 AheNAC 与其他植物 NAC 氨基酸序列比对图



图4 AheNAC 编码蛋白的保守基序分析

2.2.5 菠萝蜜 NAC 基因家族系统进化分析

为了进一步研究 AheNAC 蛋白进化关系, 利用 MEGA7.0 构建菠萝蜜和拟南芥的 105 个 NAC 蛋白系统进化树, 如图 5 所示。根据重建的邻接拓扑图以及前人的分类标准^[22-23], 3 个菠萝蜜 NAC 聚在不同的亚族, AheNAC1 属于 NAM 亚族, AheNAC2 属于 AtNAC3 亚族, AheNAC3 属于 NAP 亚族。3 个菠萝蜜 NAC 在拟南芥上均有同源基因,

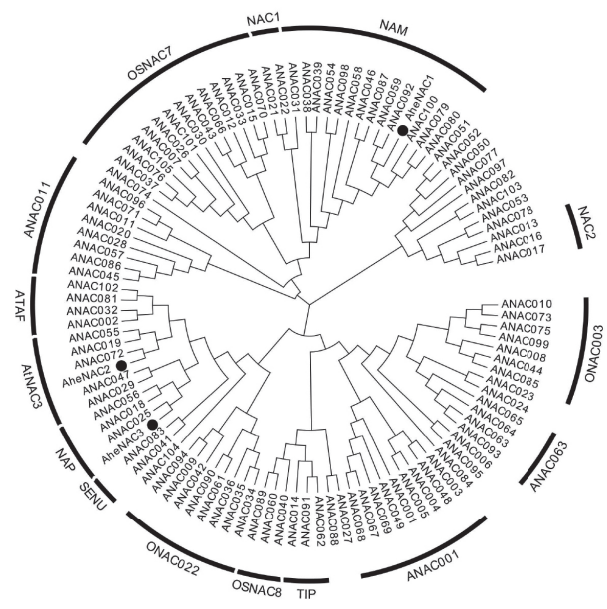


图5 AheNAC 与拟南芥 NAC 蛋白的进化关系

AheNAC1 和 ANAC092、AheNAC2 和 ANAC072、AheNAC3 和 ANAC025, 同源性高达 90% 以上。

2.3 NAC 基因在菠萝蜜成熟过程中的表达

为研究 3 个 AheNAC 基因与菠萝蜜果实成熟的

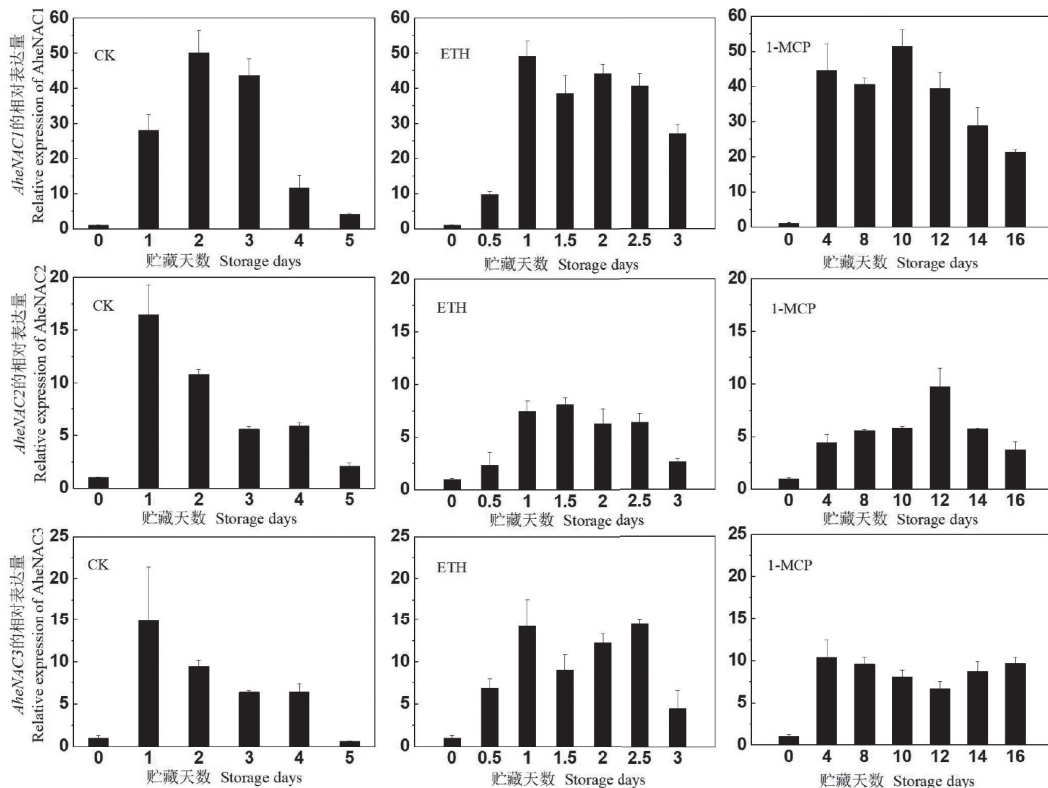


图6 AheNAC 在不同成熟时期菠萝蜜果肉中的表达特征

关系,利用 RT-qPCR 法检测 *AheNAC1*、*AheNAC2* 和 *AheNAC3* 在菠萝蜜自然成熟、ETH 催熟处理和 1-MCP 处理后的表达情况,结果如图 6 所示,菠萝蜜果肉中 *AheNAC1* 相对表达量随着果实成熟先上升后下降,在采后第 2 d 达到最高峰,随后下降;而 *AheNAC2* 和 *AheNAC3* 在采后第 1 d 的表达量最高,随后呈下降趋势。ETH 和 1-MCP 处理的果实中 *AheNAC1* 和 *AheNAC3* 的相对表达先增强再减弱,但不同时期的表达量与自然成熟组的表达量无显著差异;ETH 处理抑制了 *AheNAC2* 的表达。

3 讨论

前人从不同种类果实中分离出 NAC 基因。武肖琦等^[13]从桃果实中克隆了 1 个 NAC 基因,全长为 1 050 bp,可编码 349 个氨基酸;杨菲颖等^[24]分离了 2 个番木瓜 NAC 基因,全长分别为 609 bp 和 805 bp,可编码 202 和 268 个氨基酸;本研究从菠萝蜜中克隆了 3 个 NAC 类基因(*AheNAC1*、*AheNAC2* 和 *AheNAC3*),全长分别为 1 050 bp、1 047 bp、1 050 bp,编码 349、348、349 个氨基酸。本研究发现 3 个菠萝蜜 NAC 蛋白的二级结构均以无规则卷曲为主,这与前人^[16, 25]研究结果相似。李圣龙等^[26]研究发现,石榴 NAC 蛋白均为亲水性蛋白,其中 23 个是酸性蛋白的,50 个是碱性蛋白的,预测均定位在细胞核上;本研究发现,菠萝蜜 NAC 蛋白均为亲水性蛋白,*AheNAC1* 是酸性的,*AheNAC2* 和 *AheNAC3* 是碱性的,亚细胞定位在细胞核上。杨菲颖等^[24]研究表明,番木瓜 NAC 蛋白无跨膜结构及信号肽;谭秦亮等^[16]研究发现,菠萝 NAC 蛋白存在明显的跨膜结构,没有信号肽;而本研究发现,菠萝蜜 3 个 NAC 蛋白均无跨膜结构域及信号肽,与谭秦亮等^[16]研究结果不同,这可能与不同 NAC 基因的功能不同有关。

NAC 转录因子的 N 端含有 150~160 个氨基酸组成的高度保守序列^[27-28],这也是 NAC 转录因子的功能结构域,可细分为 5 个保守的亚结构域(A~E)^[29-30],这与其结合 DNA 和蛋白有关;

而 NAC 转录因子的 C 端是转录激活区域^[31-32],序列组成和长度高度变化,对靶基因的转录活性发挥激活或抑制作用^[29]。本研究分析结果显示,菠萝蜜 NAC 蛋白具有 NAC 家族的结构特征,即 N 端含有 1 个 NAM 保守结构域和 5 个亚域 A~E;C 端表现出高度多样化,暗示其蛋白的功能可能多样,这与前人^[29-30]研究结果一致。

谭秦亮等^[16]试验结果发现,菠萝 *AcoNAC1* 基因在早熟和晚熟品种的果实成熟期中,表达量整体呈下降的趋势,其在菠萝果实成熟后期具有一定的负调控作用。武肖琦等^[13]研究表明,*PpNAC72* 在桃果实中表达量较高,且随着果实成熟表达量不断增加,在果实成熟中后期达到峰值。本研究发现,*AheNAC1* 和 *AheNAC2* 分别与 *ANAC092* 和 *ANAC072* 同源,而 *ANAC092* 是衰老的正调控因子^[33-34],过表达 *ANAC092* 蛋白,衰老加快^[34],*ANAC072* 的表达量随着叶片衰老的推进而增加,过表达该基因能够促进叶片衰老^[35-36]。*AheNAC3* 属于 NAP 亚族,而 At-NAP 可调节拟南芥角果衰老^[37]。因此,推测 3 个菠萝蜜 NAC 可能参与调控菠萝蜜果实发育与成熟过程。随后的研究表明,随着果实成熟,*AheNAC1* 表达先增强后减弱,第 2 d 达到峰值;*AheNAC2* 和 *AheNAC3* 表达量第 1 d 较高,而后逐渐下降,说明果实成熟诱导菠萝蜜 *AheNAC1* 的表达,在菠萝蜜果实成熟前期 3 个 *AheNAC* 基因有促进作用,但在成熟后期有一定的负调控作用。在许多植物中发现乙烯可以诱导或抑制 NAC 转录因子的表达。王爽^[38]发现短时间(2~24 h)外源乙烯处理明显增强番茄 SNAC 基因的表达,但处理 24 h 后该基因的表达受到抑制。Shan 等^[9]研究发现,外源乙烯促进香蕉果肉中 *MaNAC1* 和 *MaNAC2* 基因的表达,而抑制 *MaNAC4* 的表达。杨菲颖等^[24]研究发现,外源乙烯处理的番木瓜果实中,*CpNAC1* 的表达受到明显抑制,而 *CpNAC2* 的表达量没有显著变化。本研究发现,ETH 和 1-MCP 处理的果实中 *AheNAC1* 和 *AheNAC3* 的相对表达量先增强再减弱,但却与自然成熟组无显著差异,推测 *AheNAC1* 和 *AheNAC3*

可能不通过乙烯途径调控果实成熟; 而 ETH 和 1-MCP 处理抑制了 *AheNAC2* 基因的表达, 推测 *AheNAC2* 可能通过负调控乙烯的生物合成和信号传导参与果实成熟衰老过程。

参考文献:

- [1] BAILLO E H, KIMOTHOR N, ZHANG Z, et al. Transcription Factors Associated with Abiotic and Biotic Stress Tolerance and Their Potential for Crops Improvement [J]. *Genes*, 2019, 10 (10): 771.
- [2] OLSEN A N, ERNST H A, LEGGIO L L, et al. NAC transcription factors: structurally distinct, functionally diverse [J]. *Trends in Plant Science*, 2005, 10 (2): 79–87.
- [3] LINDEMÖSE S, JENSEN M K, de VELDE J V, et al. A DNA-binding-site landscape and regulatory network analysis for NAC transcription factors in *Arabidopsis thaliana* [J]. *Nucleic Acids Research*, 2014, 42 (12): 7681–7693.
- [4] MATHEW I E, DAS S, MAHTO A, et al. Three Rice NAC Transcription Factors Heteromerize and Are Associated with Seed Size [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2016 (7): 1638.
- [5] SUN Q, HUANG J, GUO Y, et al. A cotton NAC domain transcription factor, GhFSN5, negatively regulates secondary cell wall biosynthesis and anther development in transgenic *Arabidopsis* [J]. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2020 (146): 303–314.
- [6] YARRA R, WEI W. The NAC-type transcription factor GmNAC20 improves cold, salinity tolerance, and lateral root formation in transgenic rice plants [J]. *Functional & Integrative Genomics*, 2021, 21 (3–4): 473–487.
- [7] KAMRANFAR I, XUE G P, TOHGE T, et al. Transcription factor RD26 is a key regulator of metabolic reprogramming during dark-induced senescence [J]. *New Phytol*, 2018, 218 (4): 1543–1557.
- [8] JIANG G, YAN H, WU F, et al. Litchi Fruit LcNAC1 is a Target of LcMYC2 and Regulator of Fruit Senescence Through its Interaction with LcWRKY1 [J]. *Plant and cell physiology*, 2017, 58 (6): 1075–1089.
- [9] SHAN W, KUANG J, CHEN L, et al. Molecular characterization of banana NAC transcription factors and their interactions with ethylene signalling component EIL during fruit ripening [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2012, 63 (14): 5171–5187.
- [10] MIN T, WANG M, WANG H, et al. Isolation and Expression of NAC Genes during Persimmon Fruit Postharvest Astringency Removal [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2015, 16 (1): 1894–1906.
- [11] 葛航. 转录因子 NAC 与 MADS 参与采后枇杷果实冷害木质化调控研究 [D]. 浙江大学, 2018.
- [12] 张琪静. 苹果果实成熟相关 NAC 转录因子的筛选与功能鉴定 [D]. 沈阳农业大学, 2018.
- [13] 武肖琦, 冯涛, 刘艳军, 等. 桃 PpNAC72 的克隆及表达分析 [J]. *生物技术通报*, 2019, 35 (6): 16–23.
- [14] JIANG G, LI Z, SONG Y, et al. LcNAC13 Physically Interacts with LcR1MYB1 to Coregulate Anthocyanin Biosynthesis-Related Genes during Litchi Fruit Ripening [J]. *Biomolecules*, 2019, 9 (4): 135.
- [15] 王文球. miR164-NAC 介导的猕猴桃果实采后成熟的调控机制研究 [D]. 浙江大学果树学, 2020.
- [16] 谭秦亮, 蔡元保, 杨祥燕, 等. 菠萝 NAC 转录因子基因 AcoNAC1 生物信息学及表达分析 [J]. *热带作物学报*, 2021, 42 (2): 310–316.
- [17] 毛琪, 叶春海, 李映志, 等. 菠萝蜜研究进展 [J]. *中国农学通报*, 2007 (3): 439–443.
- [18] 王俊宁, 马静, 丰锋, 等. 乙烯对采后菠萝蜜果实碳水化合物代谢及其酶活性的影响 [J]. *江西农业大学学报*, 2017, 39 (1): 43–49.
- [19] 王俊宁, 陈文耀, 丰锋, 等. 乙烯利处理对菠萝蜜果实催熟的影响 [J]. *广东农业科学*, 2014, 41 (3): 94–98.
- [20] BAILEY T L, BODEN M, BUSKE F A, et al. MEME SUITE: tools for motif discovery and searching [J].

- Nucleic Acids Research, 2009, 37 (Web Server) : W202–W208.
- [21] SEO P J, KIM M J, PARK J, et al. Cold activation of a plasma membrane–tethered NAC transcription factor induces a pathogen resistance response in Arabidopsis [J]. The Plant Journal, 2010, 61 (4) : 661–671.
- [22] OOKA H, SATOH K, HAYASHIZAKI Y, et al. Comprehensive analysis of NAC family genes in Oryza sativa and Arabidopsis thaliana [J]. DNA research, 2003, 10 (6) : 239–247.
- [23] GONG X, ZHAO L, SONG X, et al. Genome–wide analyses and expression patterns under abiotic stress of NAC transcription factors in white pear (Pyrus bretschneideri) [J]. BMC Plant Biology, 2019, 19 (1) : 1–18.
- [24] 杨菲颖, 申艳红, 耿姣姣, 等. 番木瓜 NAC 转录因子的克隆与表达分析 [J]. 热带作物学报, 2016, 37 (5) : 895–900.
- [25] 关春景. 细叶百合 3 个 NAC 转录因子的克隆及其对烟草的遗传转化 [D]. 东北林业大学, 2018.
- [26] 李圣龙, 王传铭, 李晓静. 石榴 NAC 转录因子家族的生物信息学分析 [J]. 分子植物育种, 2021, 19 (1) : 88–99.
- [27] SOUER E, van HOUWELINGEN A, KLOOS D, et al. The No Apical Meristem Gene of Petunia Is Required for Pattern Formation in Embryos and Flowers and Is Expressed at Meristem and Primordia Boundaries [J]. Cell, 1996, 85 (2) : 159–170.
- [28] OOKA H, SATOH K, DOI K, et al. Comprehensive analysis of NAC family genes in Oryza sativa and Arabidopsis thaliana [J]. DNA Res, 2003, 10 (6) : 239–247.
- [29] ERNST H A, OLSEN A N, LARSEN S, et al. Structure of the conserved domain of ANAC, a member of the NAC family of transcription factors [J]. EMBO Rep, 2004, 5 (3) : 297–303.
- [30] JENSEN M K, RUNG J H, GREGERSEN P L, et al. The HvNAC6 transcription factor: a positive regulator of penetration resistance in barley and Arabidopsis [J]. Plant Molecular Biology, 2007, 65 (1–2) : 137–150.
- [31] TRAN L P, NAKASHIMA K, SAKUMA Y, et al. Isolation and Functional Analysis of Arabidopsis Stress–Inducible NAC Transcription Factors That Bind to a Drought–Responsive cis–Element in the early responsive to dehydration stress 1 Promoter [W] [J]. The Plant Cell, 2004, 16 (9) : 2481–2498.
- [32] HAO Y, SONG Q, CHEN H, et al. Plant NAC–type transcription factor proteins contain a NARD domain for repression of transcriptional activation [J]. Planta, 2010, 232 (5) : 1033–1043.
- [33] MATA LLANA–RAMIREZ L P, RAUF M, FARAGE–BARHOM S, et al. NAC Transcription Factor ORE1 and Senescence–Induced BIFUNCTIONAL NUCLEASE1 (BFN1) Constitute a Regulatory Cascade in Arabidopsis [J]. Molecular Plant, 2013, 6 (5) : 1438–1452.
- [34] KIM J H, WOO H R, KIM J, et al. Trifurcate Feed–Forward Regulation of Age–Dependent Cell Death Involving miR164 in Arabidopsis [J]. Science (American Association for the Advancement of Science), 2009, 323 (5917) : 1053–1057.
- [35] LI S, GAO J, YAO L, et al. The role of ANAC072 in the regulation of chlorophyll degradation during age– and dark–induced leaf senescence [J]. Plant Cell Reports, 2016, 35 (8) : 1729–1741.
- [36] KAMRANFAR I, XUE G P, TOHGE T, et al. Transcription factor RD26 is a key regulator of metabolic reprogramming during dark – induced senescence [J]. The New phytologist, 2018, 218 (4) : 1543–1557.
- [37] GRECO M, CHIAPPETTA A, BRUNO L, et al. In Posidonia oceanica cadmium induces changes in DNA methylation and chromatin patterning [J]. Journal of Experimental Botany, 2012, 63 (2) : 695–709.
- [38] 王爽. 番茄 NAC 转录因子的克隆与表达分析 [D]. 天津大学, 2014.

姜帆, 高慧颖, 陈秀萍. 基于 Citespace 分析枇杷花功能研究热点与趋势 [J]. 东南园艺, 2022, 10 (2) : 91-98.
JIANG Fan, GAO Hui-ying, CHEN Xiu-ping. Research Hotspots and Trends on Loquat Flower Functions Based on Citespace [J].
Southeast Horticulture, 2022, 10 (2) : 91-98.

基于 Citespace 分析枇杷花功能研究 热点与趋势



姜帆¹, 高慧颖², 陈秀萍¹

(¹ 福建省农业科学院果树研究所, 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: 枇杷花被批准为新食品资源后, 有望成为传统枇杷产业提质增效的突破口。本研究以 Citespace 软件生成的图谱为基础, 分析我国枇杷花功能的研究现状, 挖掘研究热点。以 CNKI、WOS 平台中枇杷花功能的文献为数据源, 运用 Citespace 软件绘制年度发文量、关键词共现、关键词聚类、高突现词等可视化图谱。结果显示, 检索到相关文献 122 篇, 来自中国的 118 篇 (占 96.7%), 日本 2 篇 (占 1.6%), 伊朗和意大利均为 1 篇 (仅占 0.8%)。枇杷花功能的研究报道最早从 1999 年开始, 主要分为 3 个阶段: 第 1 阶段 (1999-2006 年), 枇杷花功能研究的起步期; 第 2 阶段 (2007-2014 年), 研究发展期, 年度发文量均在 5 篇以上; 第 3 阶段 (2015-至今), 研究的快速上升期, 年度发文量 10 篇左右。该领域出现频次较高的关键词有枇杷花 (93 次)、黄酮 (23 次)、止咳 (15 次) 等, 中心度较高的关键词有三萜酸 (0.72)、枇杷花 (0.69)、止咳 (0.66) 等, 高突现词有黄酮、三萜酸、蛋白质等。枇杷花功能的总体发文量偏低, 但呈上升趋势, 中国在该领域的研究优势明显。当前的研究热点是枇杷花功能成分的止咳功效及其机制研究。未来枇杷花研发将呈现多元化的趋势, 基础研究多着重在发掘枇杷花的新活性成分, 阐明其作用机制, 应用领域主要在枇杷花产品的开发。

关键词: 枇杷花; 功能; CNKI; 文献计量; 热点; 趋势

中图分类号: TS202; S667.3

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2022) 02-0091-08

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2022.02.002

Research Hotspots and Trends on Loquat Flower Functions Based on Citespace

JIANG Fan¹, GAO Hui-ying², CHEN Xiu-ping¹

(¹ Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China;

² Institute of Agricultural Engineering Technology, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350003, China)

Abstract: Loquat flower is approved as new food resource, and is expected to be breakthrough point to improve quality and efficiency of traditional loquat industry. Based on the map generated by Citespace software, this paper

收稿日期: 2022-01-27

基金项目: 福建省属公益类科研院所基本科研专项 (2019R1028-4); 福建省财政专项-科技创新团队项目 (CXTD2021018-2)

作者简介: 姜帆 (1977-), 男, 副研究员, 硕士, 主要从事龙眼、枇杷特异种质资源的鉴定评价与创新利用研究工作,

E-mail: jiangfan006@126.com

analyzed the research status of loquat flower functions in China, and explored the research hotspots. Literatures on loquat flower functions from CNKI and WOS platform were used as data sources to develop visual patterns on annual number of published articles, keyword co-occurrence, keyword clustering, and high-occurrence words and others by Citespace software. The results showed that 122 papers were retrieved in which there were 118 from China, occupying 96.7%, two from Japanese, occupying 1.6%, and one from Iran and one from Italy, occupying 0.8%, respectively. Research report of loquat flower function began in 1999. It was divided into three periods. The first period (1999–2006) was the beginning of loquat flower functions research. The second period (2007–2014) was the development period with about 10 published papers annually. Keywords with high frequency were loquat flower (93 times), flavonoids (23 times), antitussive effects (15 times), etc. Keywords with high centrality were triterpenoid acid (0.72), loquat flower (0.69), cough suppressant (0.66), etc. Keywords with high occurrence were flavonoids, triterpenoid acid, protein, etc. The overall publication of loquat flower was low, but it showed an increasing trend. China has obvious advantages in this field. The current research hotspot is on the antitussive effect and mechanism of the functional components of loquat flower. In the future, the research and development of loquat flower will be diversified. The basic research will focus on discovering new active ingredients of loquat flower and clarifying the mechanism of action, and the application fields will mainly focused on the development of loquat flower products.

Key words: Loquat flower; Function; CNKI; Bibliometrics; Hotspot; Trend

Citespace 软件是美国德雷塞尔大学陈超美教授研发的一款集科学计量学和数据可视化于一体的分析软件,通过可视化手段呈现科学知识的结构、规律和分布情况,因此研究者也把通过该软件绘制的可视化图形称为“科学知识图谱”^[1]。研究显示科研人员已经运用 Citespace 软件分析过柑橘^[2]、荔枝^[3]、苹果^[4]等树种的研究文献,在研究热点、前沿预测、研究进展等方面分析效果显著,但未见运用 Citespace 软件分析枇杷花文献,预测枇杷花研发热点的报道。

枇杷 (*Eriobotrya japonica* Lindl.) 是蔷薇科枇杷属的常绿果树,原产于中国,目前已在 30 多个国家栽培种植,主要产区有东亚产区,以中国和日本为主;地中海沿岸产区以西班牙为主^[5]。其中中国的栽培面积约 13 万 hm^2 , 占世界栽培面积的 80% 以上。枇杷的开花量大,生产过程中为保证果实质量必须疏花,疏花量占总花量的 90%~95%,据不完全统计每年可产出 $6.0 \times 10^5 \text{ t}$ ^[6]。枇杷花性平、味淡、入肺经、润五脏、利肺气^[7],现在研究证实枇杷花无毒,止咳化痰、抗炎效果

显著^[8],2018 年枇杷花被国家卫生健康委员会列入药食同源食品名录,2019 年被列入“三新食品”。

近年来随着人们健康意识增强和枇杷花的市场需求变化,枇杷花有望成为枇杷产业经济增长的新方向。本研究拟以 CNKI 文献为主要数据源,利用 Citespace 软件绘制作者、研究机构、关键词的科学知识图谱,通过分析该领域的研究现状,发现并挖掘研发热点,预测发展趋势,为推进枇杷花功能的系统化研究提供参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

中文文献;数据来源为 CNKI 数据库,检索公式 $T1 = \text{'枇杷'} + \text{'花'}$,检索时间为 2021 年 5 月 10 日,检索到包含学术期刊论文、学位论文、会议论文等共计 297 篇。通过人工筛选,获得与枇杷花功能相关的论文 110 篇,下载并导出包含标题、作者、机构、关键词、摘要、发表日期等信息的 Refwords 格式文件,用于 CiteSpace 软件进行数据分析。

英文文献：数据来源为 WOS 平台 SCI 数据库，检索项“Term”，检索词“loquat”，检索时间 2021 年 5 月 10 日，检索到包括学术期刊、会议论文等共 144 篇。经过人工筛选，获得与枇杷花功能相关的论文 12 篇。

1.2 研究方法

运用 CiteSpace 软件对枇杷花的中文文献数据进行可视化分析，绘制出作者、机构和关键词等的知识图谱，提供枇杷花功能研究领域的时区分布情况、研究热点、网络关联度等信息，呈现出枇杷花功能研究的研究现状、前沿热点和未来的发展趋势。

2 结果分析

2.1 枇杷花功能研究概况

通过 CNKI 和 WOS 平台共检索到枇杷花功能相关的文献资料 122 篇，分别来自中国、日本、伊朗、

意大利 4 个国家，其中中国 118 篇（占 96.7%），日本 2 篇（占 1.6%），伊朗和意大利均为 1 篇，仅占 0.8%（表 1）。由于文献样本数量少，不能使用 Citespace 软件分析。

表 1 枇杷花功能成分发文国家

发表国家	中国	日本	伊朗	意大利	总计
数量（篇）	118	2	1	1	122

其中 WOS 平台上检索到 12 篇英文文献，中国 8 篇，占 66.7%。自 2007 年 WOS 平台上首次报道枇杷花功能以来，年度发文量最高仅为 3 篇，分别是 2011、2015、2020 年，其他年份仅 1 篇或者没有（图 1）。表明该领域的研究集中在国内，这可能与中国为枇杷原产地且种质资源丰富有关。

CNKI 数据（图 1）显示枇杷花功能的研究最早从 1999 年开始，总体发文量偏低，但呈上升趋势，主要分为 3 个阶段：第 1 阶段（1999–2006 年），

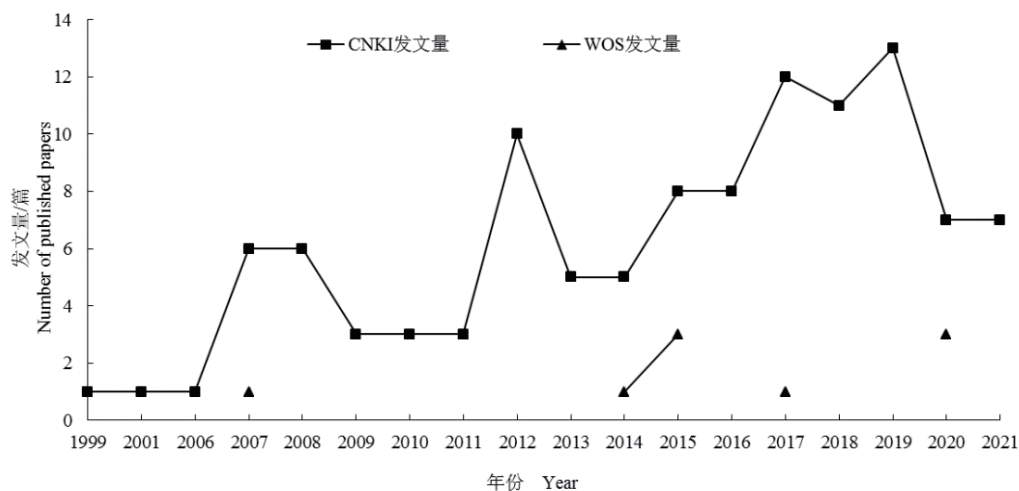


图 1 枇杷花功能成分年度发文量

这一时期年度发文量均在 1 篇以下，年度差异较明显，是枇杷花功能研究的起步期，主要涉及枇杷花中的功能成分及其含量方面的研究。第 2 阶段（2007–2014 年），这一时期年度发文量均在 5 篇以上，是枇杷花功能研究的发展期，通过试验初步验证枇杷花功能成分的止咳化痰、抗菌消炎等药理效果和相关产品的研发，表明枇杷花的功

能已经被重视。第 3 阶段（2015–至今），这一时期处于枇杷花功能研究的快速上升期，发文量总体增加，年度平均超过 9 篇，随着新技术手段的引入，对枇杷花功能的研究也更深入。

2.2 枇杷花生物活性研究内容分析

构建了关键词的共现网络图谱显示研究内容的集中度（图 2），图谱中存在 159 个节点，297



图 2 枇杷花功能研究的关键词共现网络

条连线，频次出现较高的关键词有：枇杷花 93 次、黄酮 23 次、止咳 15 次、枇杷 14 次、抗氧化作用 13 次、熊果酸 13 次、齐墩果酸 10 次、三萜酸 9 次、抗炎 7 次、化痰 6 次。中心度较高的关键词有三萜酸 0.72、枇杷花 0.69、止咳 0.66、有效性评价 0.41、齐墩果酸 0.39、抗氧化作用 0.36、黄酮 0.34、枇杷 0.28、苦杏仁苷 0.28、主成分分析 0.25、化学成分 0.14。综合以上信息可知枇杷花功能研究的热点关键词有枇杷花、三萜酸、止咳、齐墩果酸、黄酮、抗氧化作用等。该领域的研究重点集中在枇杷花的功能成分（黄酮、齐墩果酸、三萜酸）、枇杷花的止咳功效、抗氧化作用等方面。以上几个关键词间的连线多，线条粗，说明他们间的关联度紧密。

2.3 枇杷花功能研究热点分析

Citespace 聚类图谱中的模块值（Q 值）和平均轮廓值（S 值）表征网络结构与聚类清晰度，Q 值 >0.3 时网络结果显著，S 值 >0.5 时聚类结构可信^[9]。设置节点类型为关键词，时间切片为 3，其他默认，构建的关键词聚类图谱中有 159 个节点数，297 条连线，Q 值 0.7738，S 值 0.9548，表明该聚类结构可信，结果显著，聚类间有较高的清晰度，同类间的关联度高（图 3）。关键词聚类

后的结果见表 2：#0 枇杷花茶，其包含的主要关键词有枇杷花茶、综合利用、营养价值、氨基酸组成、产品开发等，该聚类研究主要是以枇杷花为原料制备枇杷花产品，评价产品的营养成分、安全性、卫生指标等。#1 总三萜、#6 齐墩果酸，2 个聚类研究的均是三萜酸类物质，聚类 1 的关键词有总三萜、提取工艺、紫外可见分光光度法等，其研究重点是总三萜类物质的提取和测定，测定方法以紫外可见分光光度计法为主；聚类 6 的关键词有齐墩果酸、熊果酸、反相高效液相色谱法、超高效液相色谱法、动态变化、种质资源等，研究侧重齐墩果酸、熊果酸的分离纯化，在不同种质资源中的含量差异，以及枇杷花生长期的动态分布，测定方法以高效液相色谱法为主。#2 挥发性成分，关键词有挥发性成分、袋泡茶、主成分分析、冲泡条件等，该聚类主要研究枇杷花和枇杷花茶产品的挥发性成分分析。#3 苦杏仁苷，关键词有苦杏仁苷、槲皮素、酚类、酒精分解、肠道运动障碍、小鼠结肠突触素，该聚类研究是探讨枇杷花中的功能成分苦杏仁苷和槲皮素，他们在醒酒、改善肠道功能方面发挥作用，也是近年开始的一个新的研究方向。#4 abts，其关键词有 abts、dpph、抗氧化、杀青、主要成分、frap、制

茶等，该聚类主要是从不同方面评价枇杷花的抗氧化作用。#5 浙贝母花，其关键词有浙贝母花、宁海白枇杷花、网络药理学、分子对接等，该聚类主要研究枇杷花和中药材浙贝母花配伍后止咳、化痰、抗炎的作用机制。#7 抑菌，该聚类包含的关键词有抑菌、次生代谢物、系统溶剂、金黄色

葡萄球菌等，说明枇杷花提取液具有很强的抑菌功能。#8 微波萃取，该聚类的关键词有微波萃取、类黄酮、清除羟自由基、成分分析等。#9 感官评价，该聚类的关键词有枇杷花、活性成分、枇杷花茶、感官评价、干燥方式等，主要研究枇杷花的口感，为枇杷花茶商品化提供理论依据。

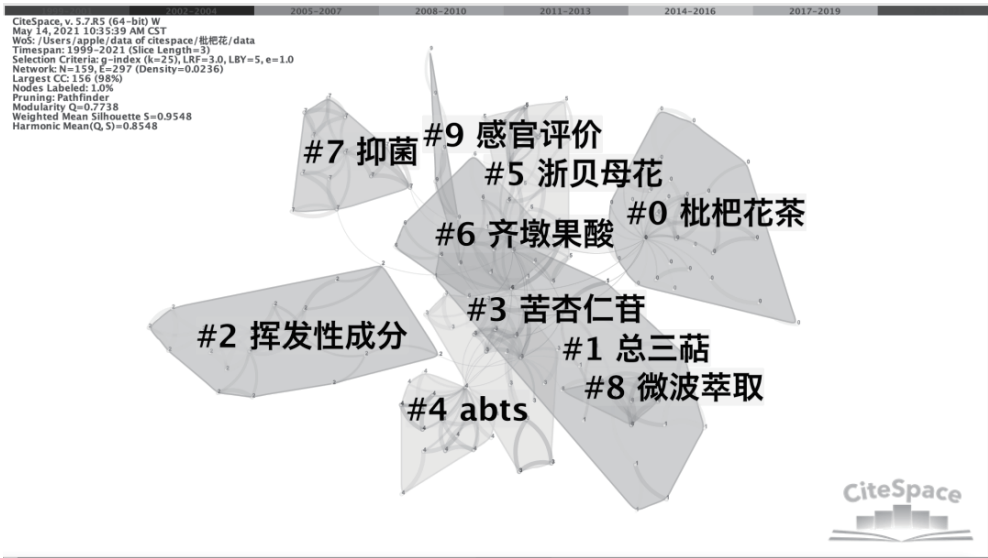


图 3 关键词聚类

表 2 枇杷花功能关键词聚类相关信息表

聚类 ID	聚类标签	Sihouette	包含的关键词
0	枇杷花茶	1	枇杷花茶、综合利用、营养价值、氨基酸组成、含量测定、产品开发、大肠菌群、有机氯类农药、溶出特性等
1	总三萜	0.942	总三萜、提取工艺、分离纯化、干燥工艺、三萜类化合物、毒理评价、紫外可见分光光度法等
2	挥发性成分	0.899	挥发性成分、袋泡茶、叶、花、茎、气相色谱质谱联用、主成分分析、拼配型、冲泡条件、加工工艺等
3	苦杏仁苷	0.936	苦杏仁苷、槲皮素、抗肿瘤活性、苦杏仁甙、酚类、酒精分解、肠道运动障碍、小鼠结肠突触素等
4	abts	0.993	abts、dpph、抗氧化、杀青、主要成分、frap、制茶等
5	浙贝母花	0.992	浙贝母花、宁海白枇杷花、网络药理学、分子对接、止咳、配伍、化痰、药效学等
6	齐墩果酸	0.893	齐墩果酸、熊果酸、反相高效液相色谱法、超高效液相色谱法、正交试验、动态变化、种质资源等
7	抑菌	0.962	抑菌、次生代谢物、系统溶剂、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、白色念珠菌、薄层色谱等
8	微波萃取	0.953	微波萃取、类黄酮、提取、大肠菌群、清除羟自由基、成分分析等
9	感官评价	0.923	枇杷花、活性成分、枇杷花茶、感官评价、干燥方式、急性毒性等

2.4 枇杷花功能研究趋势分析

Citespace 软件可以从大量文献主题词中提炼出某个时期频次变化较大的词汇,即突现词(burst terms)。图 4 是 Citespace 软件提炼出的枇杷花功能领域的前 25 个突现词。突现词的变化趋势可以分为 5 个阶段:① 1999–2006 年是枇杷花功能研究的起步阶段,文献较少,研究方向分散,基本没有突现词。② 2008–2010 年文献数量明显增加,出现 6 个高突现词,研究主要集中在枇杷花中黄酮^[10–11]、三萜酸^[12]、蛋白质^[13]、香气成分^[14]等的含量测定,以及枇杷花粗提取液抑菌^[15]、止咳化痰^[16]等功能的初步验证,是枇杷花化学成分及生物活性的起步阶段。③ 2011–2013 年的突现词数量增加到 10 个,有精油、枇杷叶、活性成分、有效性评价、响应面等,这一阶段的研究主要集中在枇杷花精油制备^[17],微波技术辅助提取活性

成分^[18]、响应面试验优化提取工艺^[19],通过动物试验对醇提物的有效性评价等^[20]。该阶段对枇杷花化学成分及生物活性的研究更深入。④ 2014–2016 年的突现词数量下降到 6 个,为种质资源、评价、纯化工艺、袋泡茶、分离纯化、黄酮,该阶段的研究集中在枇杷花种质资源的评价^[21]、活性成分的分离纯化^[22–23]、枇杷花的安全性评价^[6],枇杷花茶产品^[7, 24]等,表明枇杷花功能已被认可,开始从基础研究拓展到应用领域。⑤ 2017–2021 年的突现词有浙贝母花、配伍、抗氧化作用,该阶段的研究主要是枇杷花和中药材浙贝母花配伍后饮品的制备以及其抗菌消炎机制的探讨^[25],枇杷花的抗氧化作用^[26]、缓解肠道运动障碍^[27]、解酒护肝功效^[28]等。表明近年来枇杷花功能的研究已经呈现出多元化的趋势。

Top 25 Keywords with the Strongest Citation Bursts

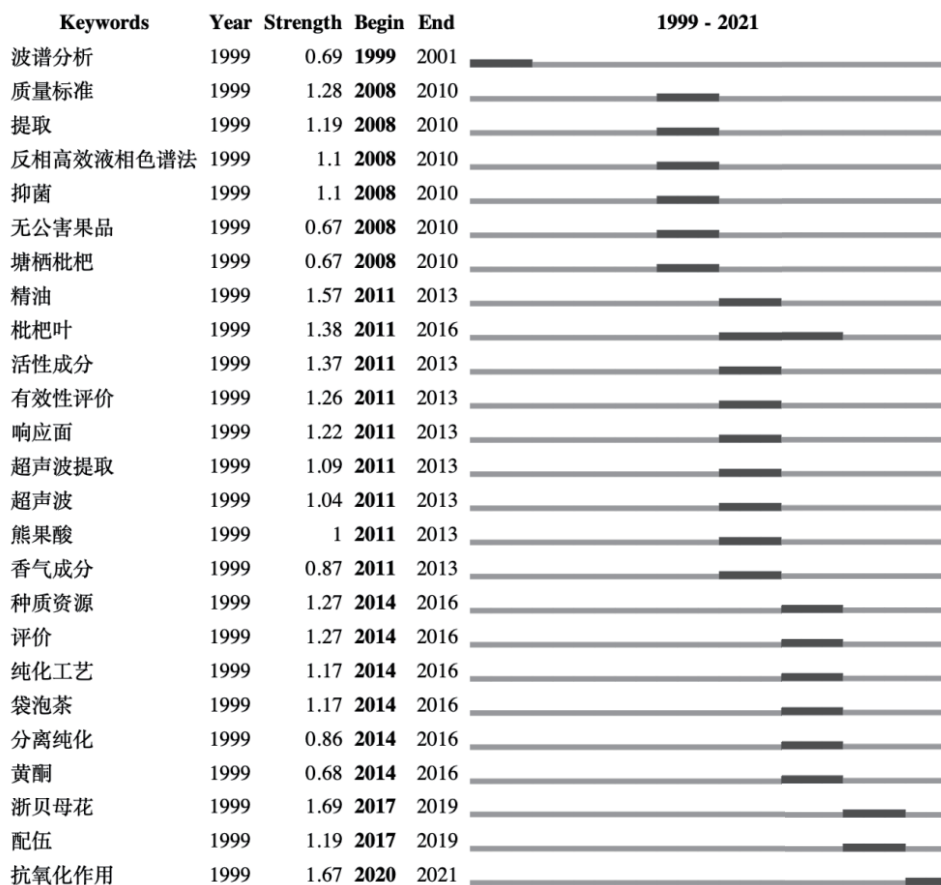


图 4 前 25 个高突现词

3 小结与讨论

枇杷是特色的小宗亚热带常绿果树, 原产于中国, 唐宋时期传入日本, 随后引种传播到世界各地, 规模化种植的国家主要是中国、日本、西班牙等, 其他国家大多当做庭院或者观赏树木^[29]。枇杷花功能的首次文献报道是 1999 年, 至今研究领域已从单成分定性和定量分析拓展到对种质资源进行群体分析以及新功能挖掘应用研究。本研究成果显示枇杷花功能的发文量与世界枇杷的分布显著相关, 这可能是导致枇杷花研究发文国家数量少, 集中在产区国家的原因。我国的枇杷栽培适宜区是长江中下游及以南地区, 种植规模最大的省份是四川, 产量最高的省份是福建。国家果树种质福州枇杷圃收集保存了世界上规模最大的枇杷资源^[8], 较为系统地开展了枇杷花研究。近年来在枇杷花功能研究领域保持着稳定、连续的高发文量, 这可能是其保持研究连续性的一个原因。目前已有运用代谢组学和生物信息学研究枇杷花的止咳功能的报道^[30], 表明其研究已深入到鉴定关键基因, 揭示未知的生理机制和代谢途径。

枇杷花是中药枇杷的新用药部位,《本草纲目》中记载枇杷花具有疏表、止咳的作用, 对肺部疾病、清热解毒及呼吸道疾病等疗效显著, 是湖南土家族、贵州布依族的习用药。本研究成果显示当前枇杷花功能的研究热点是枇杷花功能成分的止咳功效及其机制研究, 推测枇杷花消炎功能的研究将是今后研究的持续热点之一。

本文从文献计量学角度分析了枇杷花功能研究的现状, 结果发现枇杷花功能的研究总体较少, 但一直呈现上升趋势, 而且中国在该领域的研究有明显优势, 处于主导地位。研究的热点主要集中在枇杷花功能成分及其止咳功效和机制研究。发掘枇杷花的新功能成分, 挖掘其功能和作用机制, 以及枇杷花功能产品开发将逐步受到研究者的关注。但是枇杷花功能研究文献资料数量偏少, 在热点和趋势预测方面可能会存在一定的偏差。

参考文献

- [1] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能 [J]. 科学研究, 2015, 33 (2): 242-253.
- [2] 肖畅, 彭婷, 刘继红. 基于 WOS 和 Citespace 分析我国近 10 年柑橘研究热点与前沿 [J]. 果树学报, 2020, 37 (10): 1573-1583.
- [3] 全林发, 陈炳旭, 姚琼, 等. 基于文献计量学和 Citespace 的荔枝蒂蛀虫研究态势分析 [J]. 果树学报, 2018, 35 (12): 1516-1529.
- [4] 刘园, 刘布春, 程存刚, 等. 基于全球文献计量的苹果响应气候变化研究的热点分析 [J]. 果树学报, 2021, 38 (10): 1748-1759.
- [5] 高慧颖, 姜帆, 张立杰, 等. 5 个枇杷晚熟品种果实氨基酸组成和含量分析 [J]. 福建果树, 2009 (2): 37-41.
- [6] 姜帆, 邓朝军, 陈秀萍, 等. 贵妃枇杷花茶成分分析及安全性初步评估 [J]. 东南园艺, 2016, 4 (4): 5-7.
- [7] 姜帆, 高慧颖, 郑少泉. 枇杷花茶抗氧化作用及其食品卫生指标检测 [J]. 福建农业学报, 2015, 30 (2): 146-149.
- [8] 姜帆, 高慧颖, 陈秀萍, 等. 枇杷花中三萜类物的分析与评价 [J]. 热带亚热带植物学报, 2016, 24 (2): 233-240.
- [9] 张宇洋, 董建宇, 孙昕, 等. 基于 DNA 分子生物学食性研究领域的文献计量分析 [J]. 水产科学, 2022, 41 (1): 160-172.
- [10] 胡娟, 张宏, 刘刚, 等. 枇杷花总黄酮提取工艺的研究 [J]. 中药材, 2008 (11): 1724-1727.
- [11] 郑美瑜, 陆胜民, 陈剑兵, 等. 枇杷花总黄酮的提取工艺优化 [J]. 食品与发酵科技, 2009, 45 (4): 52-54.
- [12] 胡娟, 张宏, 刘刚, 等. 枇杷花三萜化合物提取工艺 [J]. 食品科学, 2009, 30 (2): 65-68.
- [13] 黄春萍, 罗群, 刘刚. 枇杷花蛋白提取条件初步研究 [J]. 食品与发酵科技, 2009 (45): 51-53.

- [14] 宋艳丽, 于慧斌, 姬志强, 等. 枇杷花挥发性成分分析 [J]. 河南大学学报 (医学版), 2009, 28 (2): 104-106.
- [15] 何莲, 张宏, 李琪, 等. 枇杷花系统溶剂提取物抑菌作用研究 [J]. 食品科学, 2007 (12): 109-112.
- [16] 王静波, 杨必坤, 张宏, 等. 枇杷花提取物止咳作用研究 [J]. 中草药, 2009, 40 (7): 1106-1109.
- [17] 蒋际谋, 胡文舜, 姜帆, 等. 贵妃枇杷花提取液挥发性成分 GC-MS 分析 [J]. 福建农业学报, 2013, 28 (6): 545-551.
- [18] 汪文浩, 郑美瑜, 陆胜民. 微波辅助提取枇杷花中齐墩果酸和熊果酸的工艺优化 [J]. 食品工业科技, 2013, 34 (22): 227-231.
- [19] 周丹蓉, 郑少泉, 蒋际谋. 响应面法优化枇杷花总黄酮超声波辅助提取工艺的研究 [J]. 热带作物学报, 2012, 33 (7): 1219-1224.
- [20] 芦艳, 鲁周民, 樊美丽. 枇杷花不同花期醇提物抗氧化活性的比较 [J]. 现代食品科技, 2013, 29 (9): 2141-2146.
- [21] 姜帆, 周丹蓉, 高慧颖, 等. 枇杷种质花中黄酮含量分析与评价 [J]. 植物遗传资源学报, 2016, 17 (6): 1031-1035.
- [22] 丁然, 黎霞, 李琪, 等. 吸附树脂分离纯化枇杷花总黄酮的研究 [J]. 离子交换与吸附, 2014, 30 (6): 560-568.
- [23] 吴绍康, 沈先荣, 梅威威, 等. 大孔吸附树脂分离纯化枇杷花总黄酮工艺研究 [J]. 中华中医药学刊, 2014, 32 (9): 2185-2188.
- [24] 蒋晓东, 刘琼琼, 杨晓萍. 拼配型枇杷花茶袋泡茶的加工及冲泡条件研究 [J]. 华中农业大学学报, 2014, 33 (1): 112-115.
- [25] 王翰华, 杨晓春, 崔明超, 等. 浙贝母花与宁海白枇杷花配伍的抗炎及抗菌作用 [J]. 中成药, 2018, 40 (1): 46-50.
- [26] 班新伟, 康如如, 魏凌云, 等. 枇杷花功能成分及抗氧化活性随生长时间的变化 [J]. 西北林学院学报, 2018, 33 (4): 139-144.
- [27] 姜帆, 高慧颖, 郭小玲, 等. 枇杷花黄酮提取液缓解小鼠肠道运动障碍的作用 [J]. 厦门大学学报 (自然科学版), 2019, 58 (4): 621-624.
- [28] 徐伟, 马智宇, 李佳美, 等. 响应面法优化微波提取枇杷花槲皮素工艺及其对酒精分解关键酶活性的影响 [J]. 食品工业科技, 2021, 42 (3): 127-132, 139.
- [29] 崔明超, 王翰华, 陈少军. 基于网络药理学及分子对接的浙贝母花-枇杷花药对止咳化痰作用机制研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2021, 33 (2): 282-290, 321.
- [30] 林顺权. 栽培枇杷国际传播史考 [J]. 果树学报, 2020, 37 (2): 272-277.

(责任编辑: 冯新)

陈秀萍, 苏文炳, 蒋际谋, 姜帆, 陈永萍. 两种提取法的枇杷果肉萜类化合物组分含量差异分析 [J]. 东南园艺, 2022, 10 (2) : 99–106.

CHEN Xiu-ping, SU Wen-bing, JIANG Ji-mou, JIANG Fan, CHEN Yong-ping. Difference Analysis on the Compounds and Contents of Terpenoids of Loquat Fresh between Two Extraction Methods [J]. Southeast Horticulture, 2022, 10 (2) : 99–106.

两种提取法的枇杷果肉萜类 化合物组分含量差异分析



陈秀萍, 苏文炳, 蒋际谋, 姜帆, 陈永萍

(福建省农业科学院果树研究所 / 福建省龙眼枇杷育种工程技术研究中心, 福建 福州 350013)

摘 要: 本研究采用两种方法提取 ‘Marc’ 枇杷果肉中的萜类化合物, 并利用超高效液相色谱 – 串联质谱技术分析鉴定提取物中的萜类化合物组分及峰面积。结果表明, 方法一 (无水乙醇 + 超声提取、浓缩 + 甲醇溶解 + 70% 甲醇 + 涡旋) 的提取物中鉴定到萜类化合物 39 种, 方法二 (70% 甲醇 + 涡旋) 的提取物中鉴定到萜类化合物 15 种; 两者共有化合物相对含量也存在差异, 方法一比方法二提取枇杷果肉萜类化合物的效果更好, 且提取出的相对含量高出 11.8~943.3 倍。

关键词: 枇杷; 果肉; 萜类; 提取法; 超高效液相色谱 – 串联质谱 (UPLC-MS/MS)

中图分类号: S667.3

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2022) 02-0099-08

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2022.02.003

Difference Analysis on the Compounds and Contents of Terpenoids of Loquat Fresh between Two Extraction Methods

CHEN Xiu-ping, SU Wen-bing, JIANG Ji-mou, JIANG Fan, CHEN Yong-ping

(Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences/Fujian Breeding Engineering Technology Research Center for
Longan & Loquat, Fuzhou, Fujian 350013, China)

Abstract: In this study, two different methods were used to extract the terpenoids from the fresh of *Eriobotrya japonica* Lindl. cv Marc, and UPLC-MS/MS was used to determine the compounds of terpenoids and their peak areas. The results showed that a total of 39 compounds of terpenoids were identified using the first method with anhydrous ethanol, ultrasonic extraction, concentration methanol dissolution and 70% methanol combined with vortex. A total of 15 compounds of terpenoids were identified using the second method with 70% methanol combined with vortex. The relative contents of common substances between the two methods were also different. The effect using the first method

收稿日期: 2022-01-06

基金项目: 福建省属公益类科研院所基本科研专项 (2019R1028-4); 科技部、财政部国家科技资源共享服务平台项目 (NHGRC2021-NH18-1); 农业高质量发展超越“5511”协同创新工程 (XTCXGC2021006); 福建省农业科学院科技创新团队 (CXTD2021004-1); 国家科技计划项目 (2021L3022); 福建省农业科学院对外合作项目 (DWHZ2021-14); 福建省农业种质资源创新专项 (ZZZYCXZX202207)

作者简介: 陈秀萍 (1973-), 女, 研究员, 硕士, 主要从事龙眼、枇杷种质资源与育种研究工作, E-mail: cxp2516@126.com

was better than that using the second method and the relative content using the first method was 11.8~943.3 times higher than using the second method.

Key words: Loquat; Fresh; Terpenoid; Extraction method; UPLC-MS/MS

枇杷 (*Eriobotrya japonica* Lindl.) 是原产中国南方的常绿特色果树, 其果肉柔软多汁、甜酸适口, 具有止渴下气、利肺气、止吐逆、润五脏等功能, 是重要的保健果品^[1-2]。枇杷果实富含糖、有机酸、类胡萝卜素、氨基酸等营养物质^[1], 还有熊果酸、齐墩果酸和科罗索酸等活性萜类化合物^[3], 是其作为保健果品的代谢基础。

萜类化合物是异戊二烯聚合体及其衍生物的总称, 具有抗炎、抗肿瘤及抑菌等生物活性^[4], 广受农业、食品、医疗等领域关注。枇杷是植物界萜类化合物含量较高的物种^[5], 已有研究用多种方法提取鉴定枇杷萜类化合物^[6]。Shimizu 等^[7]用乙醚提取枇杷叶并鉴定到 4 种萜类化合物; De 等^[8]用氯仿提取法从枇杷叶中鉴定出 4 种新型三萜酯和 3 种熊果酸衍生物; Ito 等^[9]用丙酮萃取枇杷叶, 再经乙醚、乙酸乙酯、n-BuOH 等顺序提取, 共鉴定到 2 个糖苷化合物、1 个酰基化三萜酸和其他 9 种已知萜类化合物; 鞠建华等^[10]从枇杷叶正丁醇萃取物中分离到 6 种三萜酸; Banno 等^[11]用改良提取法从枇杷叶中分离出 16 种萜类化合物; 吕寒等^[12]用 80% 乙醇回流提取、硅胶柱层析、薄层层析及液相法分离鉴定到 9 种萜类化合物; Li 等^[13]用甲醇超声提取法从枇杷叶中鉴定到 7 种三萜类化合物; Hong 等^[14]用氯仿超声提取法从枇杷叶中鉴定到 5 种萜类化合物; 李佳美等^[4]利用高效液相色谱-质谱技术从枇杷叶水提液中鉴定出 18 种萜类化合物。可见不同的提取方法鉴定到的枇杷叶萜类化合物组分差异大。

枇杷果肉萜类化合物含量不及叶片丰富^[3, 15], 且水分多、含糖量高, 人们对其萜类化合物的研究较少, 目前仅鉴定过熊果酸、齐墩果酸和科罗索酸等少数几种萜类化合物^[3, 15-16]。近年来, 随着液相色谱 (LC)、气相 (GC)、质谱 (MS) 等

技术的不断成熟与应用, 为检测植物组织各种代谢物提供了技术支撑^[17]。超高效液相色谱-串联质谱 (UPLC-MS/MS) 技术灵敏度高、不需要衍生、分析时间短^[18], 已在荔枝^[19]、李^[20]、莲雾^[18]、枇杷^[21]等果实营养物质、初生代谢物、酚酸类物质、风味物质等分析鉴定中得到应用, 均取得良好的效果。本研究基于 UPLC-MS/MS 技术对两种不同方法提取的枇杷果肉萜类化合物进行定性定量分析, 比较两种提取方法分离到的萜类化合物种类和相对含量差异, 旨在为枇杷种质资源果肉及其他组织的萜类化合物提取鉴定提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

根据陈秀萍等^[3]前期研究结果, 以果肉三萜酸含量较高的枇杷种质 ‘Marc’ 为研究对象, 开展枇杷果肉萜类化合物组分含量定性定量分析。本实验所用果实采自定植在国家果树种质福州枇杷圃内 ‘Marc’ 成年树。于 2021 年的枇杷成熟期, 采摘树冠外围中心枝有代表性的成熟果实 20 个, 取果实中部果肉, 加入液氮研磨, 真空冷冻干燥至恒重, -80℃超低温冰箱贮藏备用。

1.2 萜类化合物的提取

方法一: 按陈秀萍等^[3]方法进行枇杷果肉萜类化合物提取液制备。具体制备方法为: 称取 1 g 果肉样品, 加入 10 ml 无水乙醇, 浸泡 2 h, 连续 50℃超声 30 min, 取上清液, 样品共提取 2 次再合并 2 次提取液, 氮吹至干燥, 残留物溶于 1 ml 甲醇中。3 个生物学重复。置 -80℃超低温冰箱贮藏备用。

取出上述样品解冻后涡旋 10 s, 混匀提取液; 取混匀后的样品 300 μ l, 置于 2 ml EP 管中, 加入 300 μ l 70% 甲醇内标提取液, 涡旋 3 min;

12 000 r · min⁻¹ 离心 10 min, 取上清液, 用 0.22 μm 微孔滤膜过滤, 保存于进样瓶中, 用于 UPLC-MS/MS 分析。

方法二: 参照 Dossou 等^[17] 方法, 称取 100 mg 果肉粉末, 加入 1.2 ml 70% 甲醇内标提取液; 每 30 min 涡旋 1 次, 每次持续 30 s, 共涡旋 6 次, 样本放置 4℃ 冰箱过夜; 12 000 r · min⁻¹ 离心 10 min, 取上清液, 用 0.22 μm 微孔滤膜过滤, 并保存于进样瓶中, 用于 UPLC-MS/MS 分析。

质控样本 (QC) 由两种方法获得的提取物混合制备而成。在仪器分析过程中, 每 10 个检测分析样本中插入一个质控样本, 以监测分析过程的重复性。

1.3 UPLC-MS/MS 分析

利用超高效液相色谱 (UPLC, SHIMADZU Nexera X2) 和串联质谱 (MS/MS, Applied Biosystems 4500 QTRAP) 对样本进行分析。

色谱条件: 色谱柱为 Agilent SB-C18 (2.1 mm × 100 mm, 1.8 μm); 流动相: A 相为超纯水 (加入 0.1% 甲酸), B 相为乙腈 (加入 0.1% 甲酸); 洗脱梯度: 0.00 min B 相比比例为 5%, 9.00 min 内 B 相比比例线性增加到 95%, 并维持 1 min, 10.00 ~ 11.10 min, B 相比比例降为 5%, 并以 5% 平衡至 14 min; 流速 0.35 ml · min⁻¹; 柱温 40℃; 进样量 4 μl。

串联质谱条件: 在三重四极杆线性离子阱质谱仪 AB4500 Q TRAP UPLC / MS / MS 系统上获

得, 该系统配备了 ESI Turbo 离子喷雾接口。ESI 源操作参数如下: 离子源, 涡轮喷雾; 源温度 550℃; 离子喷雾电压 (IS) 5 500 V (正离子模式) / -4 500 V (负离子模式); 离子源气体 I (GSI), 气体 II (GSII) 和帘气 (CUR) 分别设置为 50、60 和 25.0 psi, 碰撞诱导电离参数设置为高。在 QQQ 和 LIT 模式下分别用 10 和 100 μmol · L⁻¹ 聚乙二醇溶液进行仪器调谐和质量校准。QQQ 扫描使用 MRM 模式, 并将碰撞气体 (氮气) 设置为中等。通过进一步的 DP 和 CE 优化, 完成了各个 MRM 离子对的 DP 和 CE。

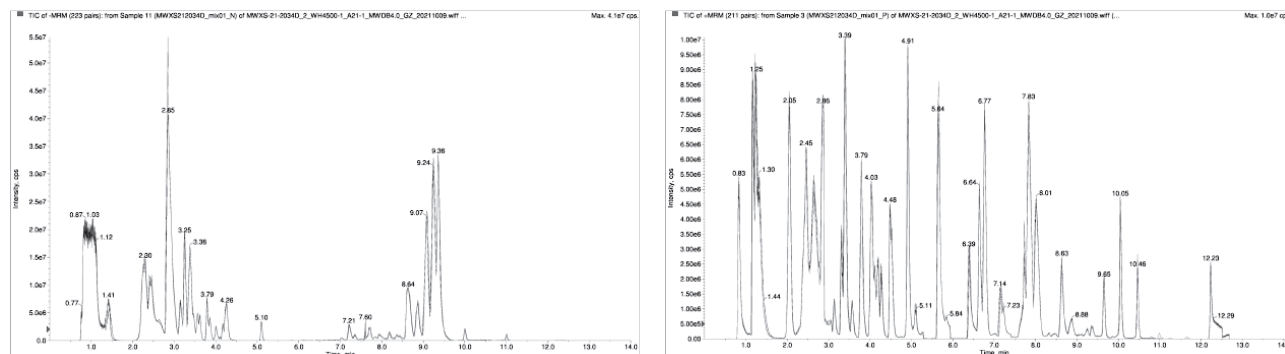
1.4 数据处理与分析

利用软件 Analyst 1.6.3 处理质谱数据, 基于迈维 (武汉) 生物技术有限公司自建数据库 (metware database), 对样本的化合物进行了质谱定性定量分析。通过三重四级杆筛选出每个化合物的特征离子, 在检测器中获得特征离子的信号强度 (CPS), 用 MultiaQuant 软件打开样本下机质谱文件, 进行色谱峰的积分和校正工作^[22], 每个色谱峰的峰面积 (Area) 代表对应化合物的相对含量, 最后导出所有色谱峰面积积分数据保存。

2 结果与分析

2.1 总离子流色谱图

根据图 1 结果可知, 化合物检测总离子流的曲线重叠性高, 即保留时间和峰强度均一致, 表明质谱对同一样品不同时间检测时, 信号稳定性



注: 横坐标为化合物检测的保留时间 (Rt), 纵坐标为离子检测的离子流强度 (强度单位为 cps)。

图 1 QC 样本质谱检测 TIC 重叠图 (左图中 N 代表负离子模式, 右图中 P 代表正离子模式)

较好。仪器的高稳定性为数据的重复性和可靠性提供了重要的保障。

2.2 两种提取法对枇杷果肉萜类化合物组分及相对含量的影响

两种提取法检测到的萜类化合物组分及相对含量由表 1 可知,采用方法一获得的提取液共鉴定到 39 种萜类化合物,包括单萜 1 种、倍半萜 1 种、二萜 2 种、三萜 33 种、三萜皂苷 2 种;采用方法二获得的提取液共鉴定到萜类化合物 15 种,包括单萜 1 种、倍半萜 1 种、二萜 2 种、三萜 11 种、三萜皂苷 1 种,均为方法一提取物中的萜类化合物。方法一获得的提取物比方法二的多鉴定出 24 种化合物,说明方法一的提取效率高。

从共有的 15 种萜类化合物相对含量(峰面积)看,方法一的峰面积比方法二高出 11.8~943.3 倍,差异最小的是 Rubuminatus B,最大的是脱氢枞酸,

说明不同的提取方法对不同萜类化合物的提取效果影响大。

方法一中鉴定到的萜类化合物相对含量 >1% 有 11 种,按相对含量高低依次为: 2 α , 19 α -二羟基-3-氧熊果-12-烯-28-酸(47.83%)、科罗索酸、山楂酸、2-羟基齐墩果酸、野蔷薇酸、脱氢枞酸、2 α , 3 α , 23-三羟基齐墩果-12-烯-28-酸、委陵菜酸、脱氢山楂酸、积雪草酸和催吐萝芙叶醇。方法二鉴定到的萜类化合物相对含量 >1% 有 9 种,按相对含量高低依次为: 2 α , 19 α -二羟基-3-氧熊果-12-烯-28-酸(23.3%)、2-羟基齐墩果酸、科罗索酸、山楂酸、2 α , 3 α , 23-三羟基齐墩果-12-烯-28-酸、委陵菜酸、野蔷薇酸、蔷薇酸和催吐萝芙叶醇,除了蔷薇酸外,其余 8 种是方法一的主要组分。

表 1 两种方法提取的枇杷果肉萜类化合物组分及相对含量

序号	萜类化合物				制备方法			
	化合物名称	分子式	分类	CAS 号	方法一		方法二	
					峰面积	相对含量 (%)	峰面积	相对含量 (%)
1	紫苏子醇 Perillyl alcohol	C ₁₀ H ₁₆ O	单萜	57717-97-2	130 040	0.08	9 322	0.28
2	催吐萝芙叶醇 Vomifoliol	C ₁₃ H ₂₀ O ₃	倍半萜	189351-15-3	1 685 600	1.08	54 642	1.63
3	脱氢枞酸 Dehydroabietic acid	C ₂₀ H ₂₈ O ₂	二萜	1740-19-8	8 658 500	5.54	9 170	0.27
4	海松酸 Pimaric acid	C ₂₀ H ₃₀ O ₂	二萜	127-27-5	69 059	0.04	3 946	0.12
5	3 β -羟基-28-去甲乌索-17, 19, 21-三烯 3 β -Hydroxy-28-norurs-17, 19, 21-trien	C ₂₉ H ₄₄ O	三萜	-	30 383	0.02	-	-
6	δ -香树脂酮 * δ -Amyrenone*	C ₃₀ H ₄₈ O	三萜	20248-08-2	151 580	0.10	-	-
7	β -香树脂酮 * β -Amyrenone*	C ₃₀ H ₄₈ O	三萜	638-97-1	80 715	0.05	-	-
8	熊果醛 Ursolaldehyde	C ₃₀ H ₄₈ O ₂	三萜	-	13 451	0.01	-	-
9	地榆皂苷元 Sanguisorbigenin	C ₃₀ H ₄₆ O ₃	三萜	-	76 839	0.05	-	-
10	Rubuminatus A	C ₂₉ H ₄₄ O ₄	三萜	-	727 100	0.47	-	-
11	熊果酸 Ursolic acid	C ₃₀ H ₄₈ O ₃	三萜	77-52-1	4 047	0.00	-	-
12	2 α , 3 α -二羟基熊果-12, 18-二烯-28-酸 2 α , 3 α -Dihydroxyurs-12, 18-dien-28-oic acid	C ₃₀ H ₄₆ O ₄	三萜	-	195 510	0.13	-	-

(续表1)

序号	萜类化合物				制备方法			
	化合物名称	分子式	分类	CAS 号	方法一		方法二	
					峰面积	相对含量 (%)	峰面积	相对含量 (%)
13	11- 酮基 - 熊果酸 11-Keto-ursolic acid	C ₃₀ H ₄₆ O ₄	三萜	105870-59-5	35 323	0.02	-	-
14	脱氢山楂酸 Camaldulenic acid	C ₃₀ H ₄₆ O ₄	三萜	71850-15-2	4 525 200	2.90	-	-
15	Rubuminatus B	C ₂₉ H ₄₄ O ₅	三萜	-	60 816	0.04	4 736	0.14
16	山楂酸 * Maslinic acid*	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	三萜	4373-41-5	11 981 000	7.67	612 160	18.30
17	23- 羟基白桦脂酸 23-Hydroxybetulinic acid	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	三萜	85999-40-2	16 309	0.01	-	-
18	2- 羟基齐墩果酸 * 2-Hydroxyoleanolic acid*	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	三萜	26707-60-8	11 920 000	7.63	661 920	19.79
19	科罗索酸 * Corosolic acid*	C ₃₀ H ₄₈ O ₄	三萜	4547-24-4	12 992 000	8.32	621 200	18.57
20	覆盆子酸 Fupenzic acid	C ₃₀ H ₄₄ O ₅	三萜	119725-20-1	285 020	0.18	-	-
21	2 α , 19 α - 二羟基 -3- 氧熊果-12- 烯 -28- 酸 * 2 α , 19 α -Dihydroxy-3-oxours-12-en-28-oic acid*	C ₃₀ H ₄₆ O ₅	三萜	176983-21-4	74 729 000	47.83	779 460	23.30
22	野蔷薇酸 * Rosamultic acid*	C ₃₀ H ₄₆ O ₅	三萜	14285-76-4	10 048 000	6.43	87 560	2.62
23	27, 28- 二羧基熊果酸 27, 28-Dicarboxyl ursolic acid	C ₃₀ H ₄₆ O ₅	三萜	-	108 420	0.07	-	-
24	科罗索酸甲酯 Corosolic Acid Methyl Ester	C ₃₁ H ₅₀ O ₄	三萜	4518-70-1	127 270	0.08	-	-
25	积雪草酸 Asiatic acid	C ₃₀ H ₄₈ O ₅	三萜	464-92-6	2 724 600	1.74	10 543	0.32
26	委陵菜酸 (2 α , 19 α - 二羟基熊果酸) Tormentic acid	C ₃₀ H ₄₈ O ₅	三萜	13850-16-3	4 960 400	3.18	126 200	3.77
27	2 α , 3 α , 23- 三羟基齐墩果-12- 烯 -28- 酸 2 α , 3 α , 23-trihydroxyolean-12-en-28-oic acid	C ₃₀ H ₄₈ O ₅	三萜	-	6 888 800	4.41	279 100	8.34
28	蔷薇酸 Euscaphic acid	C ₃₀ H ₄₈ O ₅	三萜	53155-25-2	1 548 100	0.99	81 476	2.44
29	2 α , 3 α , 19 α - 三羟基熊果-12- 烯 -23- 甲酰 -28- 酸 2 α , 3 α , 19 α -Trihydroxyurs-12-en-23-formyl-28-oic Acid	C ₃₀ H ₄₆ O ₆	三萜	-	18 887	0.01	-	-
30	2 α , 3 β , 19 α , 23- 四羟基齐墩果-12- 烯 -28- 酸 2 α , 3 β , 19 α , 23-Tetrahydroxyolean-12-en-28-oic acid	C ₃₀ H ₄₈ O ₆	三萜	55306-03-1	13 483	0.01	-	-

(续表 1)

序号	萜类化合物				制备方法			
	化合物名称	分子式	分类	CAS 号	方法一		方法二	
					峰面积	相对含量 (%)	峰面积	相对含量 (%)
31	1-β-羟基蔷薇酸 1β-Hydroxyeuscaphic acid	C ₃₀ H ₄₈ O ₆	三萜	120211-98-5	40 328	0.03	-	-
32	2α, 3α, 19α-三羟基熊果酸 2α, 3α, 19α-Trihydroxyursolic acid	C ₃₀ H ₄₈ O ₆	三萜	-	93 490	0.06	-	-
33	3-O-顺式-香豆酰-委陵菜酸 3-O-cis-Coumaroyltormentic acid	C ₃₆ H ₅₈ O ₈	三萜	-	19 738	0.10	-	-
34	3-O-反-对-香豆酰基罗丹酸 3-O-trans-p-coumaroylrotundic acid	C ₃₉ H ₅₄ O ₇	三萜	-	152 140	0.04	-	-
35	咖啡酰山楂酸 Caffeoylhawthorn acid	C ₃₉ H ₅₄ O ₇	三萜	-	63 760	0.23	-	-
36	3-O-反式-咖啡酰-委陵菜酸 3-O-trans-cafeoyltormentic acid	C ₃₉ H ₅₄ O ₇	三萜	-	361 080	0.02	-	-
37	3-O-反式阿魏酰蔷薇酸 3-O-Trans-feruloyl euscaphic acid	C ₃₉ H ₅₄ O ₈	三萜	-	24 771	0.08	-	-
38	齐墩果酸-3-O-葡萄糖苷 Oleanolic acid-3-O-glucoside	C ₄₀ H ₅₆ O ₈	三萜皂苷	3391-80-8	128 870	0.01	-	-
39	苦莓苷 F1 Nigaichigoside F1	C ₃₆ H ₅₈ O ₁₁	三萜皂苷	95262-48-9	562 950	0.36	3513	0.11

注：* 表示有同分异构体。

3 讨论与结论

近年来，广泛靶向代谢组学研究领域的发展使人们能对各种植物组织中的代谢物进行剖析和鉴定，弥合了表型与基因型间的差距^[19]。萜类化合物是枇杷果肉中的重要次生代谢物，为充分了解其萜类化合物组分及相对含量，本研究利用 UPLC-MS/MS 技术分析鉴定枇杷果肉萜类化合物，采取两种不同方法提取枇杷果肉萜类化合物。方法一是陈秀萍等^[3]前期鉴定枇杷各组织萜类化合物的提取法，提取目标物主要是萜类化合物；方法二为目前广泛靶向代谢组 UPLC-MS/MS 分析的通用提取

法，提取检测的化合物种类更多^[17, 19-20]。研究结果表明，从方法一（即枇杷果肉先用无水乙醇加超声进行提取再用甲醇溶解）的提取物中鉴定到萜类化合物 39 种，比方法二的提取物多鉴定到 24 种化合物，也比前人^[4, 7-14]用水、乙醚、氯仿、丙酮等从枇杷叶中提取鉴定到的萜类化合物组分更多；两种方法的提取物鉴定到的共有化合物有 15 种，方法一的各化合物的峰面积比方法二的高出 11.8~943.3 倍，说明方法一对枇杷果肉萜类化合物的提取率更高、效果更好，但该方法提取步骤比较繁琐、耗时耗力，适于少量样本的研究；而方法二提取步骤简单、方便，适于大样本研究。

与课题组前期研究结果^[3]相比,本研究两种方法提取物中均未鉴定到齐墩果酸,这可能与该物质含量低于检出限有关,也可能与检测方法有关,虽然 UPLC-MS/MS 能分析鉴定到较多的萜类化合物,但一些化合物同分异构体未能区分。本研究从‘Marc’枇杷果肉中提取鉴定到的萜类化合物包括单萜、倍半萜、二萜、三萜、三萜皂苷等 39 种,且以三萜为主(33 种,占 84.6%),其中相对含量>1%的组分有 11 种,分别为 2 α , 19 α -二羟基-3-氧熊果-12-烯-28-酸(47.83%)、科罗索酸、山楂酸、2-羟基齐墩果酸、野蔷薇酸、脱氢枞酸、2 α , 3 α , 23-三羟基齐墩果-12-烯-28-酸、委陵菜酸、脱氢山楂酸、积雪草酸和催吐萝芙叶醇。本研究可为更广泛的枇杷及其他蔷薇科植物种质资源的果实或其他组织来源的萜类化合物制备与鉴定提供技术参考。

参考文献:

- [1] 邱武陵,章恢志.中国果树志(龙眼 枇杷卷)[M].北京:中国林业出版社,1996.
- [2] 郑少泉,许秀淡,蒋际谋,等.枇杷品种与优质高效栽培技术原色图说[M].北京:中国农业出版社,2005.
- [3] 陈秀萍,苏文炳,蒋际谋,等.枇杷不同组织中主要三萜酸含量多样性分析[J].果树学报,2022,39(4): 621-630.
- [4] 李佳美,徐伟,张雪,等.基于 HPLC-MS/MS 对枇杷叶水提组分分析及萜类物质的结构鉴定[J].食品工业科技,2022,43(1): 295-303.
- [5] SU W, JING Y, LIN S, et al. Polyploidy underlies co-option and diversification of biosynthetic triterpene pathways in the apple tribe [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2021, 118(20): e2101767118.
- [6] 苏文炳,原远,白昀鹭,等.枇杷萜类物质鉴定与三萜酸合成研究进展[J].园艺学报,2019,46(9): 1727-1738.
- [7] SHIMIZU M, FUKUMURA H, TSUJI H, et al. Anti-inflammatory constituents of topically applied crude drugs. 1. Constituents and anti-inflammatory effect of *Eriobotrya japonica* Lindl. [J]. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 1986, 34(6): 2614-2617.
- [8] DE T N, DE S F, PIZZA C, et al. Constituents of *Eriobotrya japonica*. A study of their antiviral properties [J]. Journal of Natural Products, 1992, 55(8): 1067-1073.
- [9] ITO H, KOBAYASHI E, LI S H, et al. Megastigmane glycosides and an acylated triterpenoid from *Eriobotrya japonica* [J]. Journal of Natural Products, 2001, 64(6): 737-740.
- [10] 鞠建华,周亮,林耕,等.枇杷叶中三萜酸类成分及其抗炎、镇咳活性研究[J].中国药学杂志,2003,38(10): 752-757.
- [11] BANNO N, AKIHISA T, TOKUDA H, et al. Anti-inflammatory and antitumor-promoting effects of the triterpene acids from the leaves of *Eriobotrya japonica* [J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2005, 28(10): 1995-1999.
- [12] 吕寒,陈剑,李维林,等.枇杷叶中三萜类化学成分的研究[J].中药材,2008,31(9): 1351-1354.
- [13] LI E N, LUO J G, KONG L Y. Qualitative and quantitative determination of seven triterpene acids in *Eriobotrya japonica* Lindl. by high-performance liquid chromatography with photodiode array detection and mass spectrometry [J]. Phytochemical Analysis, 2009, 20(4): 338-343.
- [14] HONG Y, LIN B, CAO H, et al. Analysis of major triterpene acids and total polysaccharides in the leaves of 11 species of *Eriobotrya* [J]. BIO Web of Conferences, 2017(8): 03012.
- [15] ZHOU C, LI X, ZHANG W, et al. Oleanolic and ursolic acid in the fruit of *Eriobotrya japonica* Lindl.

- [J]. Journal of Medicinal Plants Research, 2011, 5 (9): 1735–1740.
- [16] 李继杨, 谢晓梅, 李倩文, 等. 枇杷不同器官及不同物候 4 种三萜酸含量的动态变化 [J]. 中国中药杂志, 2015, 40 (3): 875–880.
- [17] DOSSOU S, XU F, YOU J, et al. Widely targeted metabolome profiling of different colored sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds provides new insight into their antioxidant activities [J]. Food Research International, 2022 (151): 110850.
- [18] 尹青春, 张容鹄, 吴广, 等. UPLC–MS/MS 法同时测定采后莲雾果实中 7 种酚酸类物质含量 [J/OL]. 食品科学, 2022, <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20220216.1124.018.html>.
- [19] 蒋依辉, 朱慧莉, 刘伟, 等. 基于广泛代谢组学的荔枝果肉营养代谢物综合解析 [J/OL]. 食品科学, 2022, <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.ts.20211216.1103.002.html>.
- [20] 张琴, 黄世安, 林欣, 等. 基于 UPLC–MS/MS 的 3 个李品种果实初生代谢物分析 [J/OL]. 食品科学, 2002, <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20211221.1040.004.html>.
- [21] Zou S, Wu J, Shahid M Q, et al. Identification of key taste components in loquat using widely targeted metabolomics [J]. Food Chemistry, 2020: 126822.
- [22] FRAGA C G, CLOWERS B H, MOORE R J, et al. Signature–discovery approach for sample matching of a nerve–agent precursor using liquid chromatography–mass spectrometry, XCMS, and chemometrics [J]. Analytical Chemistry, 2010 (82): 4165–4173.

(责任编辑: 许玲)

刘 靓, 马晓娟, 汤红玲, 陈品品. 香叶天竺葵组培快繁体系的建立 [J]. 东南园艺, 2022, 10 (2) : 107-111.

LIU Liang, MA Xiao-juan, TANG Hong-ling, CHEN Pin-pin. Establishment of Rapid Sterile Propagation System in *Pelargonium graveolens* L'H é r. [J]. Southeast Horticulture, 2022, 10 (2) : 107-111.

香叶天竺葵组培快繁体系的建立

刘 靓, 马晓娟, 汤红玲, 陈品品

(泉州市农业科学研究所, 福建 泉州 362212)



摘 要: 以香叶天竺葵的幼叶为外植体, 进行组培快繁技术研究。结果表明: 在 MS+6-BA 1.0 mg · L⁻¹ + NAA 0.1 mg · L⁻¹ 的培养基上进行香叶天竺葵不定芽诱导, 不定芽分化率 84.4%; 在 MS+6-BA 1.0 mg · L⁻¹ + NAA 0.5 mg · L⁻¹ 的培养基上进行继代培养, 其增殖倍数达 11.7 倍; 采用 1/2 MS+IBA 0.5 mg · L⁻¹ 的培养基进行生根培养, 香叶天竺葵幼苗生根率 100.0%, 且植株健壮, 经炼苗后移栽成活率 95.0% 以上。

关键词: 香叶天竺葵; 组织培养; 快速繁殖

中图分类号: R284

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2022) 02-0107-05

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2022.02.004

Establishment of Rapid Sterile Propagation System in *Pelargonium graveolens* L'H é r.

LIU Liang, MA Xiao-juan, TANG Hong-ling, CHEN Pin-pin

(Quanzhou Institute of Agricultural Sciences, Quanzhou, Fujian 362212, China)

Abstract: The young leaves of *Pelargonium graveolens* were chosen as explants to study rapid sterile propagation techniques. The results indicated that the medium MS+6-BA 1.0mg · L⁻¹+NAA 0.1mg · L⁻¹ was the most appropriate for induction of adventitious buds, with the differentiation rate reaching 84.4%.The highest multiplication rate of subculture was 11.7 as the medium MS+6-BA 1.0 mg · L⁻¹+NAA 0.5 mg · L⁻¹ was used. When 1/2 MS+IBA 0.5mg · L⁻¹ was used for rooting culture, the rooting rate reached 100.0%, and the plants were strong. The survival rate of transplanting was over 95.0% after the seedling training.

Key words: *Pelargonium graveolens*; Tissue Culture; Rapid Propagation

香叶天竺葵 (*Pelargonium graveolens* L'H é r.) 是牻牛儿苗科天竺葵属多年生草本植物^[1], 又名洋玫瑰、驱蚊草等, 原产于南非, 在国内现也被广泛栽培, 因其枝叶翠绿、花朵粉红, 同时还具有一定的挥发性香气而广受欢迎。香叶天竺葵的茎、叶用水蒸气蒸馏法可提取挥发油^[2], 其主要

成分有香叶醇、香叶酯、芳樟醇等, 是调香工业中不可缺少的精油成分, 广泛用于食品、日用化学等方面, 而且其叶还可以提取出玫瑰醇, 用以替代玫瑰油^[3]。同时香叶天竺葵挥发油还有抗病毒、抗真菌、抑制肿瘤细胞生长以及一定的抗炎活性和抗抑郁作用^[4-11], 其药用价值与人们的日

收稿日期: 2021-11-03

基金项目: 福建省科技计划项目 (2020N0053)

作者简介: 刘靓 (1985-), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事香草良种选育与栽培技术研究, E-mail: 68424823@qq.com

常生活密切相关。

泉州地区香叶天竺葵种植起步较晚,品种主要由外地引进。由于香叶天竺葵不易形成种子^[12],而且其茎部肉质化,扦插成活率不高,所以传统的种子和扦插繁殖方式无法满足市场对香叶天竺葵的需求。采用植物组织培养技术进行香叶天竺葵的离体快繁,不仅品种特性得以保持,还具有高效繁殖、成本低、生长整齐等优点。国内近年对于香叶天竺葵的研究主要集中在精油成分分析与药理研究上,在组织培养方面以茎段^[13]、离体芽^[14]和叶片^[15]作为外植体,均可获得香叶天竺葵的再生植株,但芽诱导率和成苗率较低,满足不了工厂化应用的需求。本文以香叶天竺葵幼叶为试材,进行组培快繁研究,旨在探讨不同激素配比对香叶天竺葵叶片不定芽诱导、增殖及生根的影响,从而建立香叶天竺葵组培快繁体系,以期对香叶天竺葵工厂化育苗提供技术保证和理论支持。

1 材料和方法

1.1 供试材料

选取种植于泉州市农业科学研究所引种圃内的香叶天竺葵健康植株,剪取幼嫩叶片作为外植体材料。

1.2 方法

先用 0.5% 的清洁剂溶液轻柔洗涤材料,再用流动的自来水冲洗 2 h 后,将材料置于滤纸上吸干水分。置于超净台上用 75% 乙醇浸泡 30 s,用镊子取出后放入 0.1% HgCl_2 溶液消毒 5 min,最后用无菌水冲洗 5 次,用灭菌后的滤纸吸净水分,切成 1.0 cm^2 左右的方块。不定芽诱导和继代培养以 MS 为基础培养基,添加不同浓度的 6-BA 和 NAA,生根培养以 MS 和 1/2 MS 为基础培养基,添加不同浓度的 NAA 或 IBA,蔗糖 $30.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,琼脂 $7.0\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,pH 值 5.8~6.0。培养条件为光照强度 2000 lx ,光照时长 $14\text{ h}\cdot\text{d}^{-1}$,温度 $(25\pm 2)\text{ }^\circ\text{C}$ 。

1.2.1 不定芽的诱导

将经消毒后的外植体,接种于诱导培养基上,叶背接触培养基。6-BA 浓度水平分别为 0.5、1.0、 $1.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,NAA 分别为 0.1、0.5、 $1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,共 9 个处理,每处理接种 30 块外植体,重复 3 次。接种后观察愈伤组织生长和不定芽分化情况,45 d 统计愈伤组织诱导率与不定芽分化率。

1.2.2 继代培养

切取带芽的愈伤组织小块,接种于继代培养基中。6-BA 浓度水平分别为 0.5、1.0、 $1.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,NAA 分别为 0.05、0.5、 $1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,共 9 个处理,每处理接种 30 块,重复 3 次。接种后 30 d 观察并统计芽的增殖情况。

1.2.3 生根培养

增殖培养的高 3 cm 左右的无菌苗进行生根培养,以 MS 和 1/2 MS 为基础培养基,添加 NAA 0、0.1、 $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 或 IBA 0、0.1、 $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,每个处理接种 30 株,重复 3 次。接种后 40 d 观察并统计生根情况。

2 结果与分析

2.1 激素对不定芽诱导的影响

接种 10 d 后叶片边缘开始卷曲、叶片略增厚呈深绿色;25 d 后叶片边缘出现淡黄色愈伤组织;35 d 后愈伤组织分化出不定芽。从表 1 可知,6-BA 和 NAA 对幼叶愈伤组织和不定芽的生成均有显著影响,6-BA 浓度越高,愈伤组织诱导率也越高。当 NAA 浓度为 $0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,添加不同浓度的 6-BA 均有较高的愈伤组织诱导率;但是随着 6-BA 浓度增加到 $1.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,虽然愈伤组织诱导率达到最高的 96.67%,愈伤组织块较大,但分化的不定芽数量明显下降,说明高浓度的 6-BA 对不定芽分化产生了一定的抑制作用。 $\text{MS}+6\text{-BA } 1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + \text{NAA } 0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 培养基为香叶天竺葵幼叶分化不定芽的适宜培养基。幼叶愈伤组织诱导率较高 (91.11%),不定芽分化率最高 (84.44%),同时不定芽质量也最好。

表1 激素对香叶天竺葵不定芽诱导的影响

6-BA ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	NAA ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	愈伤组织诱导率 (%)	不定芽分化率 (%)
0.5	0.1	82.22 bB	31.11 dD
1.0	0.1	91.11 aA	84.44 aA
1.5	0.1	96.67 aA	66.67 bB
0.5	0.5	37.78 fE	24.44 efDE
1.0	0.5	41.11 efDE	26.67 deDE
1.5	0.5	46.67 eD	23.33 efDE
0.5	1.0	57.78 dC	40.00 cC
1.0	1.0	75.56 cB	26.67 deDE
1.5	1.0	78.89 bcB	18.89 fE

注：LSD 检验，数字后的大写字母表示差异极显著，小写字母表示差异显著，下表同。

2.2 激素对继代培养的影响

继代培养 5 d 后，愈伤组织块周围开始形成浅绿色小芽，芽基部有 2~5 个不定芽。30 d 时不定芽的增殖效果以及不定芽的质量均有明显差异（表 2），当 6-BA 和 NAA 激素浓度同时较小时，不定芽小且增殖倍数低，颜色浅绿。NAA 为 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，均有相对较高的增殖倍数，6-BA 为 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，不定芽多、颜色绿色、芽健壮，

增值倍数达到最高（11.7 倍）；但当 6-BA 浓度增加到 $1.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ，增殖倍数明显降低，同时出现基部愈伤组织增大。当 NAA 和 6-BA 浓度均较高时，愈伤组织团增大，不定芽产生数量减少，瓶内出现水珠，同时芽的含水量变高，颜色浅绿，有少量玻璃化苗产生，说明高浓度 6-BA 对不定芽的增殖有一定抑制作用。香叶天竺葵继代培养适宜的培养基配方为 MS+6-BA $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ +NAA $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

表2 激素对香叶天竺葵继代培养的影响

6-BA ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	NAA ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	平均增殖倍数	增殖效果
0.5	0.05	5.0 deCD	不定芽小，颜色浅绿
1.0	0.05	5.3 deC	不定芽较小，颜色浅绿，较壮
1.5	0.05	6.0 dC	不定芽较多，颜色较绿，较壮
0.5	0.5	10.0 bAB	不定芽多，颜色绿色，较壮
1.0	0.5	11.7 aA	不定芽多，颜色绿色，壮
1.5	0.5	8.3 cB	不定芽多，颜色绿色，基部愈伤组织增大，含水量高
0.5	1.0	5.0 deCD	不定芽较少，颜色绿色，愈伤组织增大
1.0	1.0	4.3 efCD	不定芽较少，颜色较绿，含水量高
1.5	1.0	3.3 fD	不定芽较少，颜色浅绿，愈伤组织增大，含水量高

2.3 激素对生根培养的影响

生根培养 7 d 后苗的基部陆续出现白色锥状凸起, 15 d 根系开始出现。40 d 时统计生根情况 (表 3), 结果显示, 除没有添加激素的处理 1、处理 6 外, 其余处理的生根率均为 100%。处理 1 的根少且短, 苗长高不多, 但植株健壮、颜色较深绿色, 说明 1/2 MS 培养基具有一定的壮苗作用。配以相同激素水平的 MS 培养基较 1/2 MS 培养基易生根, 平均根数较多, 苗生长也较快, 但 40 d 后, 处理

7~10 培养基中植株容易出现徒长、苗弱, 甚至出现玻璃化现象。观察发现, 添加 NAA 处理的培养基中, 随着根系的生长, 茎下端也会产生愈伤组织, 使根系变粗短, 降低根系质量, 且 NAA 浓度越高现象越明显。结合生根时间、生根率、平均根长、平均根数、根和苗的长势等指标进行分析, 1/2 MS+IBA 0.5 mg · L⁻¹ 培养条件下根长且粗, 苗壮、颜色深绿色, 为适宜的香叶天竺葵生根培养基配方。

表 3 激素浓度差异对香叶天竺葵生根培养的影响

处理	培养基	生根率 (%)	平均根数 (条)	平均根长 (cm)	根及苗生长情况
1	1/2MS	93.3	5.7	0.7	根少且短粗, 苗壮、颜色较深绿色
2	1/2MS+NAA 0.1 mg · L ⁻¹	100.0	24.9	3.6	根较短粗且多、白色, 苗较壮
3	1/2MS+NAA 0.5 mg · L ⁻¹	100.0	16.1	4.6	根较长且粗, 有白色须状根, 苗长高较多, 茎基部有愈伤组织团
4	1/2MS+IBA 0.1 mg · L ⁻¹	100.0	17.3	4.5	根较长、黄白色, 主根上有须根系, 苗较壮、颜色绿色
5	1/2MS+IBA 0.5 mg · L ⁻¹	100.0	14.2	6.2	根长且粗、黄白色, 有主须根, 苗壮、颜色深绿色
6	MS	96.0	16.2	1.1	根短粗、米白色, 苗较壮、高较明显、颜色较绿
7	MS+NAA 0.1 mg · L ⁻¹	100.0	30.5	3.6	根多且细、有主根, 苗徒长, 颜色浅绿, 茎基部有愈伤组织团
8	MS+NAA 0.5 mg · L ⁻¹	100.0	23.0	3.0	根多且细, 苗徒长, 苗颜色浅绿, 茎基部有愈伤组织团
9	MS+IBA 0.1 mg · L ⁻¹	100.0	22.0	5.0	根较长且细、白色、有主根, 苗细高、颜色较绿
10	MS+IBA 0.5 mg · L ⁻¹	100.0	21.3	4.9	根较长且细、白色、有主根, 苗细高、颜色较绿

2.4 炼苗移栽

大田环境条件与组织培养环境有很大的不同, 大田湿度较低、光照水平较高且处于带菌的环境, 若直接移苗入土栽培, 成活率低, 因此移栽前要进行炼苗。香叶天竺葵试管苗移栽前, 在室内自然条件下打开瓶口炼苗 7 d, 取出后需洗净根部的培养基, 将其移栽至装好基质的育苗盘中, 浇定根水, 前期湿度控制在 85% 以上, 温度 15~30℃, 后期控制逐渐接近外界自然环境状态下的温、湿度条件, 香叶天竺葵移栽成活率可达 95% 以上。

3 结论与讨论

香叶天竺葵观赏价值高, 在家庭盆栽、园林绿化中应用广泛, 其茎、叶提取的挥发油, 是目前世界上需求量最大的芳香油之一, 同时其药用价值很高, 具有广阔的发展前景。传统的育种方法无法满足市场对香叶天竺葵商品苗的需求, 利用植物组织培养技术建立香叶天竺葵组培快繁体系进行组培苗生产是满足市场需求的有效途径。

香叶天竺葵的幼叶较易分化成芽, 且叶片分化成芽的过程一般都经过愈伤组织阶段, 所以如

何诱导愈伤组织的产生是不定芽诱导的关键。试验结果表明：最适宜香叶天竺葵幼叶分化不定芽的培养基是 MS+6-BA $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ +NAA $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ，其愈伤组织诱导率 91.1%，不定芽的分化率可达 84.4%；培养基为 MS+6-BA $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + NAA $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，不定芽的增殖效果最好，不定芽颜色为绿色、健壮，且增殖倍数高达 11.7。同时通过试验可知，过高浓度的 NAA 降低了香叶天竺葵继代过程中的增殖倍数，产生更多的愈伤组织和玻璃化苗，因此适宜浓度的 6-BA 既能保证增殖效果，又能减少玻璃苗产生几率。

在生根培养阶段，本试验中采用了 MS 以及大量元素减半的 1/2 MS 作为基本培养基，结果发现，相对于 MS 培养基，1/2 MS 培养基生长的植株更绿，更健壮，矿物元素浓度较低时有利于生根且提高壮苗效果，低盐培养也有利于释放继代植株本身积累的较多生长激素，防止植株徒长。本试验中添加 NAA 的培养基根系质量较差，这与王楚楚^[16]的研究有所差异。1/2 MS 添加 IBA $0.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 培养基较适于香叶天竺葵的生根诱导，生根率达 100%，根强苗壮，移栽成活率高，可满足香叶天竺葵组培快繁工厂化育苗的需要。

参考文献：

- [1] 张承曾.天然香料手册[M].北京:轻工业出版社, 1989.
- [2] 杨凤刚.怎样使香叶天竺葵产量高出油多[J].云南农业科技, 1999(1): 24-25.
- [3] 赵曼祯.天竺葵繁殖及园林应用[J].中国花卉园艺, 2014(20): 40-41.
- [4] 党璇, 张晓珍, 姚默, 等.香叶天竺葵药学研究概况[J].安徽农业科学, 2011, 39(31): 19095-19096.
- [5] 孙伟, 瞿伟菁.香叶天竺葵的药理研究进展[J].中药材, 2002, 25(8): 600-601.
- [6] 林兆翔.香葵综合治疗子宫颈癌[J].浙江医学情报, 1988(1): 23.
- [7] 孙伟, 徐志敏, 王淳凯, 等.香叶天竺葵精油及单体抗氧化能力比较[J].中药材, 2005, 28(2): 87-88.
- [8] 方洪钜, 苏秀玲, 刘红岩, 等.香叶天竺葵挥发油的化学成分及抗癌作用[J].药学报, 1989, 24(5): 366-371.
- [9] 李源栋, 李先毅, 段焰青, 等.GC/MS 法结合保留指数分析香叶油香味成分[J].食品与机械, 2016, 32(8): 25-28.
- [10] 徐雨生, 郭时印, 申科, 等.云南香叶天竺葵挥发油 GC-MS 分析及其体外抑菌雨抗炎活性研究[J].中国生物化学与分子生物学报, 2021, 37(11): 1502-1509.
- [11] 刘晓生, 王郁玲, 马瑞君, 等.香叶天竺葵精油和罗勒精油的抗抑郁功效及其作用机制研究[J].天然产物研究与开发, 2021, 33(11): 1829-1835, 1945.
- [12] 张存旭, 宋敏, 张粉粉, 等.香叶组培快速繁殖的研究[J].西北林学院学报, 2003, 18(2): 40-41.
- [13] 蒋亚莲, 李绅崇, 吴丽芳, 等.香叶天竺葵的离体培养研究[J].江西农业学报 2007, 19(9): 43-45.
- [14] 易清元, 夏凯国, 江明, 等.香叶天竺葵离体芽的培养及生产应用研究[J].西南农业学报, 2010, 23(2): 561-564.
- [15] 申玉华, 刘冰, 田艳春, 等.香叶天竺葵组培快繁体系的研究[J].江苏农业科学, 2010(6): 78-79.
- [16] 王楚楚, 杨万年.香叶天竺葵的组织培养快速繁殖[J].氨基酸和生物资源, 2005, 27(3): 38-40.

(责任编辑:冯新)

罗 忠. 留梢数量对杨梅新梢生长及开花结果的影响 [J]. 东南园艺, 2022, 10 (2) : 112–115.

LUO Zhong. Effects of Shoot Density on Growth of New Shoots, Flowering and Fruiting of New Shoots in Waxberry [J]. *Southeast Horticulture*, 2022, 10 (2) : 112–115.

留梢数量对杨梅新梢生长及开花结果的影响



罗 忠

(宁化县水土保持站, 福建 宁化 365413)

摘 要: 夏季修剪是杨梅栽培的重要措施之一, 为探讨夏季修剪后适宜的枝梢数量对杨梅新梢生长及开花结果的影响, 进行了不同留梢数量试验。结果表明, 随着留梢数量增加, 第 2 年枝梢的长果枝比例减少, 细果枝比例增加; 果实的平均单果重、可溶性固形物含量和可食率逐步降低; 留 1 根、4 根梢的坐果数较少, 留 2 根、3 根梢的坐果数较多。采后留梢以留 2 根梢为宜, 以培育健壮充实的结果母枝和花芽正常分化, 同时有利于透风透光, 实现杨梅丰产、优质和高效益生产。

关键词: 杨梅; 新梢; 生长; 开花结果

中图分类号: S667.6

文献标识码: A

文章编号: 2095–5774 (2022) 02–0112–04

DOI: 10.20023/j.cnki.2095–5774.2022.02.005

Effects of Shoot Density on Growth of New Shoots, Flowering and Fruiting of New Shoots in Waxberry

LUO Zhong

(*Ninghua Water and soil Conservation Station, Ninghua, Fujian 365413, China*)

Abstract: Pruning in summer is one of the important measures in growth and cultivation of waxberry. In this paper, different shoot density experiment was conducted in order to explore effects of suitable shoot density after pruning in summer on growth of new shoots, flowering and fruiting in waxberry. The results showed that long fruiting shoot proportion decreased, thin fruiting shoot proportion increased, and average fruit weight, soluble solids content and edible ratio gradually decreased with the increase of shoot density. Fruit setting number of one and four shoots was low while fruit setting number of two and three shoots was high. Two shoots after pruning was suitable to ensure formation of strong and full fruiting mother shoots, regular flower bud differentiation, good light and ventilation of tree crown so as to achieve high yield, high quality and high efficient production of waxberry.

Key words: Waxberry; New shoots; Growth; Flowering and fruiting

杨梅是我国南方的特产水果之一, 也是中国最古老的水果之一, 在我国的栽培历史悠久^[1-2]。

在 7 000 多年历史的余姚河姆渡遗址中, 考古人员发现了杨梅属花粉, 成为我国目前发现的最早的

收稿日期: 2022–02–10

作者简介: 罗忠 (1969–), 男, 农艺师, 主要从事水土保持、农业推广工作, E-mail:1964322205@qq.com

杨梅相关标本。南越王墓的考古表明, 2 200 年前广州人已开始食用杨梅果实。目前我国栽培的杨梅, 不仅果实风味独特, 还含有丰富的可溶性糖、柠檬酸、苹果酸、草酸、蛋白质、氨基酸、矿质元素、维生素和丰富的膳食纤维, 还具有健脾、消食、止渴等功效^[3]。我国杨梅种植面积达 30 多万 hm^2 , 主要分布于浙江、福建、广东、广西和云南等地区, 其中浙江省近 10 万 hm^2 , 是浙江产值最高的水果种类; 福建省杨梅栽培面积约 1 万 hm^2 , 几乎所有县市均有栽培, 是我国具有早熟优势的重要产区, 在促进福建乡村产业发展、促进乡村振兴和促进水土保持等方面具有重要意义。

杨梅为喜光树种, 植株如果任其自然生长, 会造成结果枝部位持续外移和中心枝条生长势逐渐减弱, 影响植株生长甚至造成树势衰退。在维持杨梅植株健壮生长的基础上, 修剪可以提高树冠的通风透光性, 调节植株生长和结果状况, 从而提高杨梅果实的产量和品质, 为杨梅丰产优质生产奠定基础。修剪主要有夏季修剪和冬季修剪, 夏季修剪在当年的 6~7 月份的果实采收后根据当年的生长结果情况进行适当修剪, 可改善光照以及透风的条件, 促进杨梅结果树的树势恢复, 培养优良结果母枝及促进花芽分化。冬季修剪主要是对一些比较细小的枝条及密集生长的枝条进行疏理, 及时清理枯萎枝、病虫枝、密生枝及徒长枝, 促进树体内营养物质回流根部, 促进植株矮化, 保持健康、平衡的树势, 减少病虫基数, 实现高产稳产。

在闽西长汀、宁化等县的红黄壤、紫色土等贫瘠土壤的水土保持工作中, 杨梅树生长强健, 抗旱、耐贫瘠, 相对容易栽培, 在当地水土保持上具有重要的应用价值, 取得了显著的生态效益和经济效益^[4], 是当地水土流失治理的好树种、好品种。在闽西许多杨梅生产园, 6~7 月份果实采收后施用 1 次采果肥, 促进抽发大量的夏梢, 但

基本没有人工干预, 导致植株枝条密生且细弱、内部光照通风不足等, 次年生长的果实数量多, 树冠内部湿度大病害高发, 果实品质下降。为此, 笔者进行杨梅采后修剪留梢试验, 研究采后枝梢管理对新梢生长及开花结果的影响, 探讨适宜的管理方式, 为杨梅丰产优质生产提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在福建省宁化县石壁镇宁化水土保持科技示范园的东魁杨梅园进行。经福建省农业科学院土壤肥料研究所测试技术中心对园内的土壤取样调查, 土壤养分的有机质含量 0.8010%, N、P、K 含量分别为全氮 0.0549%、全磷 0.0195%、全钾 1.9200%、碱解氮 $46.73 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、有效磷 $15.15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $122.52 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 土壤较瘠薄, 按照《全国耕地类型区、耕地地力等级划分》中紫色土旱耕地地力等级划分为第七等级。试验杨梅树龄 6~7 年生, 管理按正常果园进行, 春季结果期新梢全部抹除。

1.2 试验方法

1.2.1 试验处理

2020 年 7 月初, 对采后的杨梅果园施 1 次采后肥, 每株施复合肥 1.5 kg。施肥 1 w 后选择生长良好且长势相近的枝条进行回缩 2 cm 修剪, 剪除病虫枝、枯枝、过密枝和交叉枝。修剪 1 个月 after 分别选留 1、2、3、4 根新梢, 共设 4 个处理, 每个处理 20 根枝条, 设置 3 个重复。

1.2.2 性状调查

12 月中旬, 将新抽发的结果枝按长度分为短果枝 ($\leq 7 \text{ cm}$)、中果枝 ($7 \sim 15 \text{ cm}$) 和长果枝 ($\geq 15 \text{ cm}$) 等 3 个等级, 按粗度分为细果枝 ($\leq 3.2 \text{ mm}$)、中果枝 ($3.2 \sim 3.9 \text{ mm}$) 和粗果枝 ($\geq 3.9 \text{ mm}$) 等 3 个等级, 测量新梢的长度和粗度, 并统计百分率。

2021 年 3~4 月调查枝梢上的花序数、幼果数,

计算坐果率。4 月下旬调查坐果率后疏果，每枝留果 1 个，成熟时每处理采收 10 个果，用电子天平称重测定单果重，用 ATAGO 公司生产的 PAL-1 型数字折射仪测定果实可溶性固形物含量。

1.2.3 数据分析

各小区测量的数据取平均值，用 Excel 2003 与 SPSS 13.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同留梢数量对杨梅新梢生长的影响

2020 年 12 月对留梢处理后 5 个月的新梢性状调查结果说明（表 1），杨梅不同留梢数量后，抽发的新梢长度和粗度存在较大差异。随着留梢数

量增多，≤ 7 cm 短果枝和 7~15 cm 中果枝比例明显增加，≥ 15 cm 长果枝比例明显减少；留梢数量增加后，≤ 3.2 mm 细果枝和 3.2~3.9 mm 中果枝比例总体呈增加的趋势，≥ 3.9 mm 的粗果枝比例明显减少。说明留梢数量增加后，枝梢间营养竞争增加，留下的枝梢营养供应相对不足，进而影响了长果枝和粗果枝的比例。

从田间观察发现，留梢数量增加后，由于枝梢间距离变近，或互相遮蔽，通风采光变差，这说明除树体营养外，枝梢间的通风采光条件变差，光合作用也受到影响，制约了新梢长度和粗度的增长，造成枝条相对变短变细，每个枝梢的长势表现得较细弱。

表 1 不同留梢数量抽发的新梢长度和粗度比较

处理	不同长度结果枝比例（%）			不同粗度结果枝比例（%）		
	短果枝	中果枝	长果枝	细果枝	中果枝	粗果枝
留 1 根梢	0	46.7	53.3	0	26.7	73.3
留 2 根梢	15.0	53.3	31.7	16.7	41.7	41.6
留 3 根梢	22.2	56.7	21.1	33.3	54.5	12.2
留 4 根梢	45.8	40.0	14.2	43.3	52.5	4.2

2.2 不同留梢数量对杨梅开花坐果的影响

由于留 1 根梢后新抽生的枝梢长势旺盛，花芽数量相对较少，开花和幼果期容易抽生新梢，与花、幼果争夺养分，落花落果严重，这与颜丽菊等人发现抽发新梢影响东魁杨梅坐果的研究结果一致^[5]。从表 2 可见，留 1 根梢的平均坐果数有 1.9 个，但存在枝梢间差异，部分枝梢坐果多，部分枝梢只有 1 个果甚至无果，疏果时如果去除发育不良的肉葱果，可供选留的正常果不足；单株总枝梢数少，与其他处理相比，总量存在不足，影响了单株产量。其他留梢处理的坐果数存在显著差异，从高到低为：留 2 个梢 > 留 3 个梢 > 留 4 个梢，坐果数分别为 3.1、2.8 和 2.1，坐果率在 15.7%~16.2% 之间。

表 2 不同留梢数量的杨梅开花坐果的影响

处理	花序数	坐果数	坐果率（%）
留 1 根梢	15.2 b	1.9 c	12.5
留 2 根梢	19.7 a	3.1 a	15.7
留 3 根梢	17.3 b	2.8 b	16.2
留 4 根梢	13.3 c	2.1 c	15.8

注：表中同一列不同小写字母表示在 P<0.05 水平差异显著。下表同。

2.3 不同留梢数量对杨梅果实性状的影响

从表 3 可以看出，留 1~2 根梢的单果重显著地高于留 3~4 根梢的，留 1 根梢的可溶性固形的含量显著地高于留 3~4 根梢的，随着留梢数量的增加，可食率有降低趋势。林旗华等人的研究也

表明,结果枝长度对杨梅果实单果重和可溶性固形物含量有影响^[6]。本试验说明留梢数量增加后,树体营养供应相对不足,枝梢生长状态变弱,同时通风采光条件变差影响叶片光合作用,进而影响果实单果重和可溶性固形物含量,影响了杨梅果实品质。

表3 不同留梢数量对杨梅果实品质的影响

处理	单果重 (g)	可溶性固形物 (%)	可食率 (%)	果实风味
留1根梢	23.3 a	11.7 a	94.5	酸甜适口
留2根梢	21.6 ab	11.6 ab	93.4	酸甜适口
留3根梢	18.5 c	11.2 b	93.2	味略酸
留4根梢	17.6 c	11.0 b	92.8	味略酸

3 讨论与小结

本试验中发现东魁杨梅留1根梢后,长势旺,长果枝多,但部分植株出现少花和坐果率低的问题,说明枝梢生长过旺,植株的花芽分化及发育受到一定影响;同时留梢数量少,结果母枝数量大幅减少,枝梢生长过旺造成花芽数量减少,影响了单株产量。所以生产上,针对长势过旺的东魁杨梅树,有时需要喷施多效唑促进枝条生长充实,提高成花比例和质量。

对东魁杨梅留2根梢处理,可较好改善枝梢的光照透风条件,平衡生长和结果的矛盾,形成壮实的结果母枝和饱满的花芽,保证较多的结果基数,有利于实现东魁杨梅的优质、丰产化生产。

留3、4根梢后抽发的新梢短且细,形成花芽相对容易,果实数量多,但也造成树冠郁闭,容易出现果小、味酸、果实品质差和果实病虫害较多的问题。

合理修剪可改善树体的生长结果习性,调节

营养生长和生殖生长的平衡关系,通过改善树体的通风透光能力,提高叶片光合作用效率,进而提高树体的结果能力和果实品质^[7]。通过本试验数据分析认为,在初投产的东魁杨梅果园,采后以选择留下2根新梢为宜,既保证培育成的结果母枝健壮充实,促进花芽正常分化,又保证树冠有较好光照透风条件,提高杨梅品质,实现丰产、优质和高效益生产。如果留梢太多,则会导致枝梢细密,树体通风透光差而导致品质变劣,增产不增收。

参考文献

- [1] 杨再强,黄海静,金志凤. 基于光温效应的杨梅生育期模型的建立与验证[J]. 园艺学报, 2011, 38(7): 1259-1266.
- [2] 黄新,黄鹤楼,金志凤. 极端天气对宁波杨梅生产的影响[J]. 浙江农业科学, 2021, 62(5): 939-942.
- [3] 李梦莎,王化,周丽萍. 基于Web of Science世界杨梅研究态势分析[J]. 中国农学通报, 2016, 32(16): 178-184.
- [4] 林旗华,张泽煌,钟秋珍. 福建长汀县杨梅种植规模变化及在水土保持中的应用[J]. 东南园艺, 2014, 2(6): 57-59.
- [5] 颜丽菊,马志方,林公标. 人工控梢提高初投产期‘东魁’杨梅坐果率的研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(16): 72-76.
- [6] 林旗华,卢新坤,张泽煌. 留果数对浮宫1号杨梅果实性状的影响[J]. 中国南方果树, 2010, 39(2): 37-39.
- [7] 江才伦. 不同修剪方式对柑橘产量、品质的影响及效益研究[J]. 果树学报, 2012(6): 1017-1021.

(责任编辑:陈扬祥)

陈中钊, 许端祥, 杜文丽, 高山. 福建省中高海拔山区‘春宝’苦瓜越夏栽培技术 [J]. 东南园艺, 2022, 10 (2) : 116–118.

CHEN Zhong-shan, XU Duan-xiang, DU Wen-li, GAO Shan. Cultivation Techniques of ‘Chunbao’ Bitter Gourd in Middle and High Altitude Mountainous Areas of Fujian Province in Summer [J]. *Southeast Horticulture*, 2022, 10 (2) : 116–118.

福建省中高海拔山区‘春宝’ 苦瓜越夏栽培技术



陈中钊, 许端祥, 杜文丽, 高山*

(福州市蔬菜科学研究所, 福建 福州 350111)

摘 要: 苦瓜是福建省中高海拔山区夏季栽培的主要瓜类蔬菜之一。根据福建省高海拔山区气候特点及‘春宝’苦瓜的生长习性, 从育苗、整地作畦、定植、搭架、引蔓整枝、肥水管理、病虫害防治、适时采收等方面总结福建省中高海拔山区‘春宝’苦瓜越夏栽培技术。

关键词: ‘春宝’苦瓜; 高山; 栽培技术

中图分类号: S642.5

文献标识码: B

文章编号: 2095–5774 (2022) 02–0116–03

DOI: 10.20023/j.cnki.2095–5774.2022.02.006

Cultivation Techniques of ‘Chunbao’ Bitter Gourd in Middle and High Altitude Mountainous Areas of Fujian Province in Summer

CHEN Zhong-shan, XU Duan-xiang, DU Wen-li, GAO Shan*

(Fuzhou Institute of Vegetable Crops, Fuzhou, Fujian 350111, China)

Abstract: Bitter gourd is one of the main melon vegetables in middle and high-altitude mountainous areas of Fujian Province in summer. According to the climatic characteristics of high-altitude mountainous areas in Fujian Province and the growth habits of ‘Chunbao’ bitter gourd, the cultivation techniques of ‘Chunbao’ bitter gourd in high-altitude mountainous areas in Fujian Province were summarized from seedling raising, land preparation, planting, setting up frames, pruning, management of fertilizer and water, control of diseases and pests, timely harvest, etc.

Key words: ‘Chunbao’ Bitter gourd; High altitude mountainous areas; Cultivation techniques

福建省素有“八山一水一分田”之称, 闽北、闽西地区高山、丘陵分布较广, 山地丘陵面积约占福建陆地面积 85% 左右^[1]。中高海拔山地夏季

气候凉爽, 空气湿润, 昼夜温差大, 独特的气候环境适宜苦瓜生长, 且山区生态环境优良、水源清洁、病虫害少, 农药用量少, 符合当前绿色高

收稿日期: 2021–08–01

基金项目: 福建省科技计划项目 (2019S0001)

作者简介: * 为通讯作者, 高山 (1973–), 男, 研究员, 博士, 主要从事蔬菜遗传育种研究, E-mail:vegao@126.com。

陈中钊 (1988–), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事蔬菜遗传育种研究, E-mail:517589304@qq.com

效农业的发展趋势。近年来，苦瓜栽培面积不断扩大，已经成为福建省中高海拔山区夏季主要栽培的瓜类蔬菜之一。

自2015年以来，苦瓜新品种‘春宝’在福州、三明等地中高海拔山区（600~1 000 m）示范推广，‘春宝’苦瓜在各地均表现植株生长势强，雌花率高，抗病性强，采收期长，平均667 m²产量3 500 kg，商品性好，价格高，经济效益显著。现从育苗、整地作畦、定植、搭架、引蔓整枝、肥水管理、病虫害防治、适时采收等方面总结了福建省中高海拔山区‘春宝’苦瓜越夏栽培技术。

1 品种特征特性

植株生长势强，早熟，主蔓第1雌花节位为第8~10节，雌花率高，连续结瓜能力强；商品瓜棒状，圆瘤与短纵瘤相间，瓜长30~35 cm，横径6.0~7.0 cm，肉厚1.2 cm左右，瓜色绿、有光泽；单瓜重400~500 g，抗病性较强，耐低温弱光。适合长江中下游以南地区早春设施栽培或高海拔山区越夏栽培。

2 育苗

2.1 实生苗育苗

苦瓜种子发芽适宜温度为30℃左右，温度低于20℃发芽缓慢，13℃以下发芽困难^[2]。中高海拔山区早春温度较低，昼夜温差大，实生苗播种期以3月下旬至4月上旬为宜，5月上旬定植，苗龄30~35 d。播种前先用50~55℃温水浸种15 min，待温度降到30℃时再浸种6~8 h，将种子捞出搓洗2~3遍后沥干，播于50孔穴盘或8 cm营养钵中，浇透底水后盖1层薄膜保湿，置于设施大棚内育苗，保持育苗棚内温度白天28℃左右，夜间温度25℃左右；当夜间或寒潮期间棚内温度低于15℃时在苗床上加盖小拱棚保温，种子破土后及时掀开薄膜并逐渐通风透光，如遇连续阴雨天气需进行人工补光防止徒长。苗期可喷施30%精甲·噁霉灵可湿性粉剂1 000倍液或80%多菌灵可湿性粉剂

1 000~1 500倍液预防猝倒病。幼苗长到3~4叶1心时即可定植，定植前3~5 d进行炼苗，增强幼苗抗寒能力，提高定植成活率。

2.2 嫁接育苗

为预防枯萎病等土传病害，促进苦瓜生长旺盛、增产增收，推荐采用嫁接育苗。选择综合抗性优良、亲和性好的丝瓜作为砧木。嫁接方法一般采用贴接法、顶插接或劈接。

3 整地作畦

苦瓜忌连作，重茬地易发生枯萎病，严重时大面积发病，造成减产甚至绝收。种植‘春宝’苦瓜宜选择地势平坦、较为开阔、水源充足、土层深厚、前作非葫芦科作物的田块。高山地区栽培苦瓜生长期长，需要施足基肥以满足生长。结合犁地每667 m²施有机肥1 000~1 500 kg、复合肥100 kg、钙镁磷肥50 kg。田地耙平后作深沟高畦，畦宽1.0~1.2 m，沟宽0.5 m，畦高0.4 m。

4 定植

4月下旬至5月上旬为定植适期，实生苗3~4叶1心时即可定植。按株距1.8~2.0 m单行畦定植，每667 m²定植150~200株。定植后用30%甲霜噁霉灵水剂1 000倍液或抗枯宁可湿性粉剂800~1 000倍液灌根预防枯萎病。嫁接苗定植应控制覆土高度，覆土高度以低于嫁接口1.0~2.0 cm为宜，防止苦瓜接穗再生新根扎进土壤，感染病菌。

5 搭架

‘春宝’苦瓜一般采用平架栽培，先在田里每隔3.0~4.0 m立1根1.8~2.0 m长的粗立柱，上面用铁线捆绑木棍或竹子连接各个支撑点形成栽培框架，平架上每隔0.8~1.0 m平行拉绳作网线，网线上铺30×30 cm爬藤网。搭平架必须牢固，以防夏秋季台风、暴雨等极端天气造成平架倒塌。

6 引蔓整枝

苦瓜开始抽蔓时于定植穴一旁插长竹竿引蔓上架,为使主蔓尽早上架,需摘除距地面 1.5 m 以下全部侧蔓,1.5 m 以上保留 2~3 个强壮侧蔓随主蔓上架,上架后不再摘除侧蔓,但应调整主、侧蔓走向,使之在平架上均匀分布。

为减少养分消耗,要及早疏除未授粉或授粉不良的畸形瓜。苦瓜坐果后由于养分消耗大,基部老叶容易感病,应视植株发病情况及时打掉平架以下的老叶、黄叶及病叶。‘春宝’苦瓜分枝力强,当苦瓜枝叶铺满平架后,要及时疏除过密的老叶、病叶,剪掉未见有雌花的细弱侧蔓,使之通风透光,减少病害传播的同时促进苦瓜表皮着色。

7 肥水管理

‘春宝’苦瓜生长旺盛,连续结瓜能力强,需水需肥量大,科学的肥水管理是获得高产的关键。前期底肥充足,苦瓜定植后追肥不宜过早,避免出现植株贪肥只长叶子不开雌花的现象。第 1 次追肥在第 1 朵授粉的雌花坐果后进行,每 667 m² 施复合肥 10~15 kg,之后每隔 1 周追肥 1 次,每 667 m² 施复合肥 15~20 kg,采收盛期每隔 5 d 追肥 1 次,每次每 667 m² 施复合肥 15~20 kg。同时,坐果期可喷施含硼、锌等微量元素的叶面肥,以提高坐果率,促进果实肥大。苦瓜喜湿怕涝,在整个生长期要保持土壤湿润,如遇持续高温干旱天气,应引水灌沟起到防旱降温的作用。

8 病虫害防治

高山地区苦瓜病害以白粉病、霜霉病、炭疽病为主,虫害主要有蚜虫、瓜绢螟和瓜实蝇。应坚持“预防为主,综合防治”的原则,提倡“农业防治、物理防治、生物防治为主,化学防治为辅”^[3],做到早预防、早发现、早治疗,生产中注意合理轮作,深耕晒田,做好田园作物残渣、杂草、垃圾的清洁,改善栽培环境,减少病虫害滋生场所。

白粉病可用 36% 啶酰-乙嘧酚悬浮剂 1 000 倍液或 50% 硫磺·三唑酮悬浮剂 1 500 倍液交替轮换使用防治。霜霉病可用 69% 烯酰吗啉可湿性粉剂 1 000 倍液、72% 甲霜锰锌 800~1 000 倍液或 35% 氟菌·戊唑醇 2 000~3 000 倍液喷雾。炭疽病可用 10% 苯醚甲环唑 800~1 000 倍液或 25% 吡唑醚菌酯 1 000~1 500 倍液喷雾防治。

蚜虫可选用 10% 吡虫啉可湿性粉剂 2 000~2 500 倍液或 30% 噻虫-高氯氟悬浮剂 800~1 000 倍液交替喷施 1~2 次,每次间隔 3~5 d;瓜绢螟防治可选用 5% 阿维菌素 1 000 倍或 12% 甲维-虫螨腈 1 200~1 500 倍液等农药喷雾;瓜实蝇防治可在平架周边用黄板或性诱剂诱杀成虫,在成虫盛发期,选择傍晚用 2.5% 溴氰菊酯 1 500~2 500 倍液、75% 灭蝇胺可湿性粉剂 1 000~1 500 倍液或 5.2% 阿维高氯 800~1 000 倍液喷雾。

9 适时采收

高山栽培‘春宝’苦瓜采收期较长,苦瓜采收宜早不宜迟,过迟采收果实会消耗过多营养从而削弱植株长势,同时影响同一株上其他果实膨大造成畸形瓜增多;夏秋季气温较高,苦瓜采收过晚商品瓜易变黄,不耐储运,货架期短。苦瓜采收一般自开花后 12~15 d,当果实充分膨大,瘤粒饱满,表面有光泽时即可采收。采收初期 3~4 d 采收 1 次,采收盛期 2 d 采收 1 次。

参考文献

- [1] 詹炮国. 福建高山地区反季节花椰菜栽培技术[J]. 长江蔬菜. 2017(17): 7-9.
- [2] 卢淑芳. 高山苦瓜栽培技术[J]. 浙江农业科技. 2004(1): 48.
- [3] 李关发. 苦瓜新品种闽研二号高山栽培技术[J]. 科学种养. 2014(3): 26-27.

(责任编辑:陈扬祥)

曾洪学, 屈兴红. 黑果枸杞在杭州萧山滨海盐碱围垦地的引种表现 [J]. 东南园艺, 2022, 10 (2) : 119–122.

ZENG Hong-xue, QU Xing-hong. Introduction Performance of *Lycium ruthenicum* in Coastal Saline Alkali Reclaimed Land of Xiaoshan District Subordinate to Hangzhou City [J]. Southeast Horticulture, 2022, 10 (2) : 119–122.

黑果枸杞在杭州萧山滨海盐碱围垦地的引种表现



曾洪学, 屈兴红

(浙江同济科技职业学院, 浙江 杭州 311231)

摘 要: 为探究黑果枸杞在杭州地区的引种适应性, 且为黑果枸杞在南方地区的引种推广提供数据参考。2015 年 11 月自宁夏银川引入 1 a 生黑果枸杞扦插苗在浙江杭州萧山临江滨海盐碱围垦地进行栽植。经连续多年观测, 黑果枸杞生长较好, 至 2020 年 3 月, 存活率为 48%, 平均丛高 165 cm、每丛平均冠幅达 120 cm。引种后第 3 a 开始开花结果, 鲜果的平均单果质量 0.26 g、单株产量达 22 g、百粒果质量 21.8 g。

关键词: 黑果枸杞; 滨海盐碱地; 北种南引; 生长表现

中图分类号: S567.19

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2022) 02-0119-04

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2022.02.007

Introduction Performance of *Lycium ruthenicum* in Coastal Saline Alkali Reclaimed Land of Xiaoshan District Subordinate to Hangzhou City

ZENG Hong-xue, QU Xing-hong

(Zhejiang Tongji Vocational College of Science and Technology, Hangzhou, Zhejiang 311231, China)

Abstract: In order to explore the introduction adaptability of *Lycium ruthenicum* Murr. in Hangzhou and provide data reference for the introduction and promotion of *Lycium ruthenicum* Murr. in the southern China, the annual cuttings seedling of *Lycium ruthenicum* Murr. 98 were introduced from Yinchuan, Ningxia, and planted in the coastal saline alkali reclamation land of Xiaoshan, Hangzhou, Zhejiang Province in November 2015. Through continuous observation for many years, *Lycium ruthenicum* grows well in the coastal saline alkali reclamation land located in Xiaoshan District, near Hangzhou Bay. By March 2020, the survival rate reached 48%, the average cluster height was 165 cm, and the average crown width of each cluster was 120 cm. The weight per fresh fruit was 0.26 g, the average fresh fruit yield per plant was 22 g, and the 100 seed weight per fresh fruit was 21.8 g.

Key words: *Lycium ruthenicum* Murr.; Coastal saline land; North planting and South introduction; Growth performance

收稿日期: 2021-10-28

基金项目: 浙江省高校基本科研项目 (FRF20PY005)

作者简介: 曾洪学 (1974-), 男, 讲师, 主要从事植物生理、植物生态、设施农业方面的教学和研究工作, E-mail: zenghongxue@zjtongji.edu.cn

黑果枸杞 (*Lycium ruthenicum* Murr.) 属茄科 (Solanaceae) 枸杞属 (*Lycium* L.) 多棘刺落叶灌木^[1], 果实素有“软黄金”之称, 富含氨基酸、花青素、维生素 C 和脂肪等有益物质, 具有良好的保健和药用功效^[2-3]。黑果枸杞抗逆性强, 对干旱、低温、盐碱、贫瘠等逆境环境均具有极强的耐受力, 在我国主要分布于西北干旱、盐碱的荒漠与半荒漠地区, 青海、甘肃、宁夏、新疆、西藏、陕西、内蒙古等地均有分布^[1, 4-5]。2015 年以前, 黑果枸杞在江浙地区未见有引种栽培的报道。

1 材料与方法

1.1 引种地概况与扦插苗栽培

浙江同济科技职业学院临江校区农业生产实验基地位于萧山临江工业园区钱塘江边, 濒临杭州湾; 土壤质地为受海潮顶托及盐分凝聚作用回潮沉降的浅海砂壤土, 土壤盐分含量较高, 1 m 深土体平均含盐量 0.1%~0.4%, pH 值约 7.5, 属滨海海浸型盐碱土。当地年平均气温 15.5~17.5℃, 年降水量 1 272.8 mm, 年蒸发量 961.4 mm, 年有霜日 34.9 d, 年日照总时数 2 038.4 h, 年太阳总辐射量 112 千卡·cm⁻²^[6]。

2015 年 11 月, 自宁夏引入 1 a 生黑果枸杞扦插苗 200 株, 引种苗平均高度约 75~80 cm、茎粗 0.3~0.5 cm。栽植时在试验基地选择地势较高不易积水的地块平整后, 每 3~4 枝苗为 1 丛同穴栽培, 共栽植 66 丛, 丛距 2.0~2.5 m。

1.2 观测方法

1.2.1 生长观测

分别于扦插苗栽培后的次年 (2016 年)、第

3 a (2018 年)、第 5 a (2020 年) 的 3 月对植株逐一进行观察清点, 统计发芽植株的数目。同时对每植丛的丛高、丛径、冠幅进行测量, 丛高值取每植丛最高枝的高度的平均值; 丛径值取每植丛基部东西和南北方向宽度的平均值; 冠幅值取每植丛树冠投影南北和东西方向宽度的平均值。

1.2.2 物候期

分别于 2016、2018 和 2020 年的 3 月、4 月、8 月、11 月对植株的物候期表现进行观测记录, 包括萌芽、初花、果实成熟期及落叶期。

1.2.3 果实主要经济性状

于 2020 年 8 月进行测量, 成熟果实的判定以果实扁平、色呈乌黑、极易采摘为标准。果实横径、纵径用游标卡尺进行测量, 获得数值后取平均值。

2 黑果枸杞在萧山滨海盐碱地的引种表现

2.1 生长表现

2016 年 3 月共有 167 株正常发芽, 存活率为 83.5%; 至 2018 年 3 月仍存活并正常发芽的植株共 128 株, 存活率为 64.0%; 至 2020 年 3 月正常发芽生长的植株共 96 株, 存活率为 48.0%。

在萧山滨海盐碱地生长的黑果枸杞叶片呈长披针形, 2~6 枚簇生于短枝上, 近无柄, 长 0.7~1.4 cm、宽约 0.3 cm; 枝条白色或灰白色、坚硬, 多分枝, 有棘刺; 花萼狭钟状, 花冠漏斗状, 浅紫色。植株生长迅速, 从表 1 可知, 与 1 a 生植株相比, 丛高 3 a 生增高 83.33%, 5 a 生增高 111.54%; 丛径 3 a 生增加 100.00%, 5 a 生增加 333.33%; 冠幅 3 a 生增加 80.10%, 5 a 增加 380.00%。

表 1 黑果枸杞在萧山滨海盐碱地历年的生长表现

(cm)

项目	2016 年 3 月	2018 年 3 月	2020 年 3 月
丛高	78	143	165
丛径	6	12	26
冠幅	25	45	120
株数	167	128	96

2.2 物候期表现

在杭州萧山滨海盐碱土壤条件下，黑果枸杞一般3月中下旬即开始萌芽（表2），引种后第3 a

（2018年）一般为10~20 d，8月中旬果实基本成熟。从萌芽至落叶，生长期达220~240 d，比原生地的150~160 d^[7]长70~80 d，至11月下旬落叶。

表2 黑果枸杞在萧山滨海盐碱地的物候期

年份	萌芽期 (月/旬)	初花期 (月/旬)	果实成熟期 (月/旬)	落叶期 (月/旬)
2016	3/中	-	-	11/下
2018	3/下	4/下	8/中	11/下
2020	3/中	4/下	8/中	11/下

2.3 果实主要经济性状

在杭州萧山滨海盐碱土壤条件下，黑果枸杞5 a生植株所结浆果紫黑色，球形或顶端稍凹陷呈柿饼状，果实平均横径为0.75 cm，纵径0.30 cm，单株产量22.00 g，鲜果单果重0.26 g、百粒重21.80 g。

3 小结与讨论

黑果枸杞具有较强的耐盐性^[8]，种子及幼苗在0.1%~0.4%的盐浓度范围内均能正常发芽、生长^[9-10]；对土壤pH值的耐受性也较高，在pH值6.5~8.6范围内均能正常生长^[11]；甚至在3 800 m以上的高海拔地区，用种子繁殖，其出芽率也可高于90%以上^[12]。李小娥^[13]、汪洋^[11]、毛金枫^[14]、赵晓璐^[15]、张峰等^[16]分别将黑果枸杞引种至甘肃白银、北京、天津、黑龙江肇东、山东滨州进行栽培，成活率均在50%以上，并具不同的生理生态表现。说明黑果枸杞具有广泛的地域适应性，在东北、西北、华北地区均具有引种栽培的潜能。

相较之，浙江杭州萧山临江的滨海盐碱地1 m深土体平均含盐量在0.1%~0.4%之间，pH值介于7.3~7.6，与原生地土壤环境的部分理化指标相近，故而黑果枸杞引种至此地后也能较好地生长，至引种第5 a，存活率达43%。与原生地不同的是，南方地区多雨，湿度较大，阴雨天气较多，这将影响黑果枸杞的光合效率，改变其相应的生长习性。另一方面，杭州萧山地区的平均气温和积温

均要高于黑果枸杞的原生地，生长期要比原生地长70~80 d，因而其植株生物量必然要大于原生地，5 a生植株3~4株每丛的冠幅达120 cm，植株每丛的平均高度达165 cm，比原生地最大高度150 cm^[8]高15 cm，这可能与原生地紫外线辐射强、风沙大、生长期较短、干旱等因素相关。果实经济性状方面，与原生地果实相比，引种地鲜果单果质量0.26 g，比原生地的0.37 g^[17]低了0.11 g，果实个体偏小可能与其在引种地的适应性、土壤矿质元素的成分、含量，环境的光照强度、植株的光合效率以及栽培管理技术相关。

参考文献

- [1] 匡可任, 路安民. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [2] 韩丽娟, 叶英, 索有瑞. 黑果枸杞资源分布及其经济价值[J]. 中国野生植物资源, 2014(6): 55-57.
- [3] 柴国贤. 软黄金: 青海野生黑枸杞[J]. 中国检验检疫检疫, 2013(12): 45.
- [4] 甘青梅, 骆桂法, 李普衍, 等. 藏药黑果枸杞开发利用的研究[J]. 青海科技, 1997(1): 17-19.
- [5] 袁海静, 安巍, 李立会, 等. 中国枸杞种质资源主要形态学性状调查与聚类分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013(4): 627-633.
- [6] 黄生林. 滨海盐碱地景观绿化植物研究[D]. 浙江大学, 2013.

- [7] 赵晶忠. 内陆河盐碱地黑果枸杞种子果实萌发生态适应性研究 [D]. 甘肃农业大学, 2017.
- [8] 郝媛媛, 颜耀文, 张文培, 等. 荒漠黑果枸杞研究进展 [J]. 草业科学, 2016, 33 (9): 1835–1845.
- [9] 陈海魁, 赵文红. 不同浓度 NaCl 胁迫对黑果枸杞种子萌发的影响 [J]. 农业科学与技术, 2010, 11 (4): 37–38.
- [10] 刘克彪, 李爱德, 李发明. 四种生长调节剂对黑果枸杞嫩枝扦插成苗的影响 [J]. 经济林研究, 2014, 32 (3): 99–103.
- [11] 汪洋. 黑果枸杞在北京地区引种栽培的关键技术研究 [D]. 北京林业大学, 2016.
- [12] 索朗次仁. 日喀则地区林技中心黑果枸杞引种试验研究 [J]. 农民致富之友, 2014 (18): 151.
- [13] 李小娥. 野生黑果枸杞引种试验 [J]. 农业开发与装备, 2018, 203 (11): 109–110.
- [14] 毛金枫. 黑果枸杞在天津地区引种及生长适应性研究 [D]. 天津农学院, 2018.
- [15] 赵晓璐. 黑龙江肇东市轻盐碱地黑果枸杞引种试验研究 [D]. 沈阳农业大学, 2017.
- [16] 张峰, 翟红莲, 李海涛, 等. 黑果枸杞温室育苗及滨海盐碱地造林的技术研究 [J]. 中国农学通报, 2016, 32 (7): 14–17.
- [17] 石志刚, 王亚军, 安巍, 等. 黑果枸杞的栽培技术及生产特性分析 [J]. 湖北农业科学, 2016, 55 (19): 5098–5100.

(责任编辑: 陈扬祥)

张佳瑞, 牛静薇, 陈依, 叶伟颖, 卢楸童, 丰锋, 李国鹏. 大理和丽江客栈植物调查及分析 [J]. 东南园艺, 2022, 10 (2) : 123–136.

ZHANG Jia-rui, NIU Jing-wei, CHEN Yi, YE Wei-ying, LU Qiu-tong, FENG Feng, LI Guo-peng. Investigation and Analysis of Plants in Dali and Lijiang Inns [J]. Southeast Horticulture, 2022, 10 (2) : 123–136.

大理和丽江客栈植物调查及分析



张佳瑞, 牛静薇, 陈依, 叶伟颖, 卢楸童, 丰锋*, 李国鹏
(广东海洋大学滨海农业学院, 广东 湛江 524088)

摘要: 为了解大理和丽江两地客栈植物异同及应用情况, 以筛选出适合客栈种植的植物。实地调查了两地的客栈植物以及大理花卉市场的植物种类。大理客栈植物种类有 554 种, 隶属 115 科 311 属; 丽江客栈植物种类有 532 种, 隶属 110 科 303 属; 大理花卉市场植物种类有 312 种, 隶属 81 科 182 属; 大理和丽江客栈数量较多的木本、藤本、草本和多肉植物种类有一半以上是相同的, 大理客栈全部植物物种多样性、优势度、均匀度和丰富度指数均大于丽江客栈。37 种乔灌木、23 种藤本植物、39 种草本植物、8 种水生植物、8 种室内植物特别适合配置于大理和丽江客栈。

关键词: 客栈; 植物; 大理; 丽江

中图分类号: S688

文献标识码: A

文章编号: 2095–5774 (2022) 02–0123–14

DOI: 10.20023/j.cnki.2095–5774.2022.02.008

Investigation and Analysis of Plants in Dali and Lijiang Inns

ZHANG Jia-rui, NIU Jing-wei, CHEN Yi, YE Wei-ying, LU Qiu-tong, FENG Feng*, LI Guo-peng
(College of Coastal Agriculture Sciences, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, Guangdong 524088, China)

Abstract: In order to learn the similarities and differences between Dali and Lijiang inns and application of plants to screen plants suitable for planting in the inns, the plant species in Dali and Lijiang inns and Dali's Flower Market were investigated. There were 554 species of plants in Dali inns, belonging to 115 families and 311 genera, and there were 532 species of plants in Lijiang inns, belonging to 110 families and 303 genera, and there were 312 species of plants in Dali's Flower Market, belonging to 81 families and 182 genera. More than half of the woody plants, vines, herbs and succulent plants in Dali inns were the same as the ones in Lijiang inns. The species diversity index, Simpson dominance index, Pielou evenness index and Margalef richness index of plants in Dali inns were higher than in Lijiang inns. 37 species of arbors and shrubs, 23 species of vines, 39 species of herbs, 8 species of aquatic

收稿日期: 2021–07–06

基金项目: 教育部卓越农林人才培养计划 (GDOU2014041204); 国家级大学生实践教学基地 – 农科教合作人才培养基地 (GDOU2013040301); 广东海洋大学教改项目 (XJG201674)

作者简介: * 为通讯作者, 丰锋 (1969–), 男, 教授, 主要从事园艺植物组培快繁及安全高效生产技术研究, E-mail: ff1703@126.com。张佳瑞 (1999–), 女, 硕士研究生, 主要从事园艺植物组培快繁及安全高效生产技术研究, E-mail: 1906532878@qq.com

plants and 8 species of indoor plants were suitable for planting in Dali and Lijiang inns.

Key words: Inns; Plant; Dali; Lijiang

云南位于我国西南,云贵高原西侧,其地形、地貌复杂,因而气候、土壤、植被等方面也是变化万千^[1],以美景和鲜花吸引了众多游客前来,其中尤以大理和丽江两地最负盛名。近年来,随着旅游业的不断发展以及人们对田园生活的向往,古城客栈逐渐成为旅游热点。园林设计和植物选配是影响客栈美观的重要因素,有关客栈园林设计论文较多,但客栈植物选配方面的研究还没有,为了解古城客栈植物现状,本文通过调查与分析云南大理、丽江古城客栈植物,以期为云南和其他地区的客栈植物选择与配置提供参考。

1 调查地和调查方法

1.1 调查地概况

大理古城占地面积 3 km²,位于云南西部,介于北纬 25°25′~25°28′、东经 99°58′~100°27′之间,属亚热带高原季风气候区,年平均气温为 15.1℃^[2],丽江古城占地面积 7 km²,位于云南西北部,位于北纬 25°59′~27°56′、东经 99°23′~101°31′,属低纬度高原季风气候区,年平均气温为 12.6℃,年平均降水量 900 mm^[3]。

1.2 调查内容及方法

2020 年 11 月 25~30 日,对大理和丽江古城的客栈植物进行调查,调查内容包括:记录植物种类、数量、病虫害情况、长势、色彩、芳香性、布局、配置、养护、植物来源、客栈基本信息等,拍照记录并分类鉴定,统计木本植物、藤本植物、草本植物和多肉植物的种类、数量和应用情况。

调查方式以实地调查为主,查阅资料、咨询为辅,采用典型取样法,随机选择古城内的客栈进行调查。每间客栈虽大小不一,但客栈之间面积差距不大,故以 1 间客栈作为 1 个样点,全面踏查^[2,4]。

将客栈植物大致分为木本、藤本、草本及多肉 4 类,计算物种多样性指标:Shannon-Wiener 多样性指数(H)、Simpson 优势度指数(D)、Pielou 均匀度指数(J)和 Margalef 丰富度指数(R)等^[5-6]。

1.3 大理和丽江客栈调查取样方法

在大理和丽江古城东南西北方向以及中间随机抽取 20 间客栈进行全面调查。

2 结果与分析

2.1 大理客栈植物分类统计

经调查大理客栈植物共记录 554 种、25 变种、2 亚种、3 变型,隶属于 115 科 311 属。木本、藤本、草本和多肉植物的物种数量、常见科、数量排名前 20 的物种见表 1。

2.1.1 大理客栈植物主要代表科、属

木本植物有 184 种,隶属于 60 科 128 属,其中蔷薇科(11 属 13 种)、桑科(2 属 12 种)、天门冬科(5 属 10 种)、禾本科(5 属 10 种)、夹竹桃科(7 属 8 种)、棕榈科(7 属 8 种)、锦葵科(3 属 7 种)、大戟科(3 属 7 种)、芸香科(3 属 7 种),这 9 科的植物物种数占大理客栈木本植物总物种数的 44.57%,这些科为大理客栈木本植物的优势科。

藤本植物有 34 种,隶属于 16 科 26 属,其中葡萄科(3 属 5 种)、夹竹桃科(4 属 4 种)、五加科(2 属 4 种)、紫葳科(2 属 2 种)、天南星科(2 属 3 种)、天门冬属(1 属 1 种)、忍冬科(1 属 1 种)、锦葵科(1 属 1 种)、西番莲科(1 属 1 种),这 9 科的植物物种数占大理客栈藤本植物总物种数的 64.71%,这些科为大理客栈藤本植物的优势科。

草本植物有 171 种,隶属于 63 科 127 属,其

表 1 大理客栈植物

植物类型	物种数量 (种)	常见科	数量排名前 20 的物种
木本植物	184	蔷薇科、桑科、天门冬科、禾本科、夹竹桃科、棕榈科、锦葵科、大戟科、芸香科、木兰科、木樨科、茄科、五加科、豆科、桃金娘科、柏科等	木荷蒿、山茶、杜鹃花、小琴丝竹、孝顺竹、光叶子花、绣球、细叶萼距花、月季花、散尾葵、菜豆树、木樨、胡枝子、芒毛苣苔、非洲天门冬、龙血树、胡椒木、米仔兰、花叶蔓长春花
藤本植物	34	葡萄科、夹竹桃科、五加科、紫葳科、天南星科、天门冬科、忍冬科、锦葵科、西番莲科、防己科、苦苣苔科、唇形科等	炮仗花、地锦、绿萝、文竹、龟背竹、常春藤、飘香藤、黄独、忍冬、锦屏藤、洋常春藤、鹅掌藤、异叶地锦、麒麟叶、尼泊尔常春藤、大紫蝉、红萼苘麻、五叶地锦
草本植物	171	兰科、天南星科、菊科、唇形科、石蒜科、鸭跖草科、天门冬科、茄科、牻牛儿科、鸢尾科、苋科、五加科、秋海棠科、酢浆草科等	吊兰、长叶肾蕨、吊竹梅、针茅、君子兰、野天胡荽、金边吊兰、天竺葵、镜面草、凤仙花、冷水花、墨兰、菊花、白鹤芋、万寿菊、大藻、黄金菊、四季海棠、碧冬茄
多肉植物	165	景天科、仙人掌科、阿福花科、大戟科、番杏科、天门冬科、胡椒科、菊科等	莲花掌、蒂亚、冰莓、乙女心、芦荟、新玉缀、秋丽、东云、春萌、华丽风车、黄丽、观音莲、玉蝶、黑法师、仙人掌、虹之玉、劳尔、熊童子、马库斯、大花马齿苋

* 此处指广义的多肉植物，即包括仙人掌科植物^[7]。

中兰科（7 属 15 种）、天南星科（9 属 14 种）、菊科（11 属 14 种）、唇形科（9 属 11 种）、石蒜科（6 属 7 种）、鸭跖草科（2 属 6 种）、天门冬科（5 属 6 种）、茄科（4 属 5 种）、牻牛儿科（1 属 5 种），这 9 科的植物物种数占大理客栈草本植物总物种数的 48.54%，这些科为大理客栈草本植物的优势科。

多肉植物有 165 种，隶属于 14 科 46 属，其中景天科（16 属 118 种）、仙人掌科（9 属 12 种）、阿福花科（3 属 9 种），这 3 科的植物物种数占大理客栈多肉植物总物种数的 84.2%，景天科植物占绝对优势，景天科中的石莲花属（38 种）、景天属（18 种）、青锁龙属（11 种）、莲花掌属（10 种）、风车莲属（10 种）的多肉植物较多。

2.1.2 大理（云南）本地植物及芳香植物

我国有约 238 种山茶属（*Camellia* sp.）植物^[8]，云南是山茶属植物的一大产地，有滇山茶（*Camelliareticulata*，红花）、五柱滇山茶（*C. yunnanensis*，白花）、云南连蕊茶（*C. tsaii* var.

Tsaii，白花）等，客栈中山茶属植物的应用较多。

我国有约 542 种杜鹃花属（*Rhododendron* sp.）植物^[9]，产自云南的有蝶花杜鹃（*R. aberconwayi*，白花）、腺房杜鹃（*R. adenogynum*，白色或粉红色）、黄毛雪山杜鹃（*R. aganniphum* var. *Flavorufum*，初黄色，后红棕色）等，客栈常见的杜鹃属植物为杂交种锦绣杜鹃（*Rhododendron pulchrum*，白色、粉色或玫红色等），种类较为单一。

其他云南产的植物：滇丁香（*Luculia pinceana*）、金粟兰（*Chloranthus spicatus*）、西藏虎头兰（*Cymbidium tracyanum*）、小报春（*Primula forbesii*）、云南火焰兰（*Renanthera imschootiana*）等。

芳香植物主要有：木樨（*Osmanthus fragrans*）、非洲天门冬（*Asparagus densiflorus*）、栀子（*Gardenia jasminoides*）等。

2.1.3 大理客栈植物的来源与种植、养护情况

植物主要来源有：花市或花鸟鱼虫市场（40.4%）、花店（39.5%）、其他客栈索要而来

或赠送 (9.6%)、苗圃 (7.0%)、野外采集、网购、接手客栈 (3.5%)。

客栈植物基本由老板或员工自行打理,浇水、施肥,偶尔换土,兼有盆栽与地栽 2 种类型。少部分客栈疏于管理,处于放养状态。个别客栈邀请了专门的设计师进行设计,如暖山客栈,设计师不仅负责设计,也负责购买植物。部分客栈老板喜爱植物,对植物有充分的了解,对庭院进行了精心布置。如双月亭,小亭子、假山、照壁与植物相得益彰,植被覆盖面积大,种类多,长势良好;另一种人生客栈,客栈由 5 个中式园林小品组成,店主自行养护客栈植物;泼茶别苑,植物数量虽不多,但种类丰富,有一定园林设计;馨香园,庭院面积大,设有景观墙,种植吊兰等植物,有一定设计感。

2.1.4 大理客栈植物病虫害情况

多数客栈植物未发现严重病虫害,个别客栈的个别种植物病虫害较为严重。

病害较严重的植物:木茼蒿 (*Argyranthemum frutescens*)、黄金菊 (*Euryops pectinatus*)、绣球 (*Hydrangea macrophylla*)、栀子、木樨、四季海棠 (*Begonia cucullata* var. *hookeri*) 等,主要是白粉病。

虫害较严重的植物:种植于楼顶的花叶蔓长春花 (*Vinca major* ‘*Variegata*’) 出现蚜虫;山茶属、木樨等植物叶片、枝干上出现较多介壳虫。

2.1.5 大理客栈植物的色彩搭配与客栈整体布局

冬季的客栈主色调为绿色,有不少常绿植物,如常春藤 (*Hedera nepalensis* var. *sinensis*)、地锦 (*Parthenocissus tricuspidata*)、花叶蔓长春花、蔓长春花 (*Vinca major*)、尼泊尔常春藤 (*Hedera nepalensis*)、绿萝等。

其他花色或叶色的植物:橙黄色的炮仗花 (*Pyrostegia venusta*),攀援在客栈的墙上、房屋、藤架之上,开花时极为壮观;红色或粉红色的光叶子花 (*Bougainvillea glabra*) 和木茼蒿,前者四季常绿,鲜艳的苞片是观赏的主要部位,后者花量大,颜色鲜艳,适合地栽或作花坛、盆栽植物;

玫红色、粉红色重瓣或单瓣的天竺葵 (*Pelargonium hortorum*)、锦绣杜鹃;马蹄纹天竺葵 (*Pelargonium zonale*),叶片有深色的环形纹;黄色的黄金菊、旱金莲 (*Tropaeolum majus*);蓝紫色的巴西野牡丹 (*Tibouchina semidecandra*);淡紫色或粉色的小报春;红色或深紫色的鸡爪槭 (*Acer palmatum*);白色或紫色的香雪球 (*Lobularia maritima*) 等。

较大型或覆盖面积较大的木本及藤本植物,如:光叶子花、炮仗花、常春藤、地锦等,数量多,花量大且本身具有较高的观赏价值。开花或观叶的灌木、草本基本购买于花市或花店。多数客栈的多肉植物是一个个独立的小盆栽,摆放在庭院各处,较为凌乱;个别客栈的多肉植物形成组合,不同种类和色彩搭配,种植在庭院阳光充足处、阳台或楼顶。

客栈的整体布局主要为中式,客栈中有亭子、假山、汀步、池塘、照壁等,植物随着这些布置变化;部分客栈的布置中西结合,既有古朴的屋檐,又有玻璃的二楼平台,内部设计简约大方。

2.2 丽江客栈植物分类统计

经调查丽江客栈植物共记录 532 种、22 变种、4 亚种、2 变型,隶属于 110 科 303 属。各类植物的物种数量、常见科、数量排名前 20 的物种见表 2。

2.2.1 丽江植物主要代表科、属

木本植物有 136 种,隶属于 54 科 104 属。其中蔷薇科 (10 属 12 种)、桑科 (1 属 8 种)、禾本科 (4 属 7 种)、天门冬科 (4 属 7 种)、茄科 (6 属 6 种)、锦葵科 (4 属 6 种)、芸香科 (3 属 6 种)、五加科 (4 属 5 种)、木犀科 (3 属 5 种),这 9 科的植物物种数占丽江客栈木本植物总物种数的 45.59%,为丽江客栈木本植物的优势科。

藤本植物有 33 种,隶属于 18 科 24 属。其中五加科 (2 属 6 种)、葡萄科 (2 属 5 种)、夹竹桃科 (3 属 4 种)、紫葳科 (2 属 2 种)、木樨科 (1 属 2 种)、忍冬科 (1 属 1 种)、天南星科 (1 属 1 种)、天门冬属 (1 属 1 种)、使君子科 (1 属 1 种),这 9 科的植物物种数占丽江客栈藤本植物

表 2 丽江客栈植物

植物类型	物种数量 (种)	常见科	数量排名前 20 的物种
木本植物	136	蔷薇科、桑科、禾本科、芸香科、天 门冬科、茄科、锦葵科、五加科、木 樨科、棕榈科、木兰科、夹竹桃科、 桃金娘科等	月季花、木茼蒿、绣球、蔓长春花、孝顺竹、花叶 蔓长春花、光叶子花、小琴丝竹、倒挂金钟、鹅掌 柴、细叶萼距花、杜鹃叶山茶、木樨、菜豆树、黄 杨、肉桂、马缨丹
藤本植物	33	五加科、葡萄科、夹竹桃科、木樨科、 紫葳科、忍冬科、豆科、天门冬科、 天南星科等	常春藤、飘香藤、鹅掌藤、绿萝、花叶常春藤、洋 常春藤、龟背竹、文竹、尼泊尔常春藤、花叶鹅掌 藤、丛林素馨、异叶地锦、炮仗花
草本植物	177	菊科、天南星科、唇形科、天门冬科、 兰科、十字花科、石竹科、鸭跖草科、 锦葵科、报春花科、凤梨科、禾本科、 五加科等	天竺葵、吊兰、金边吊兰、四季海棠、沿阶草、菊 花、君子兰、铁线蕨、黄金菊、仙客来、凤仙花、 马蹄莲、肾蕨、小报春、家天竺葵、肾形草、长叶 肾蕨、竹节菜、碧冬茄
多肉植物	186	景天科、阿福花科、仙人掌科、番杏科、 天门冬科、大戟科、胡椒科、马齿苋 科、刺戟木科、回欢草科、菊科等	蒂亚、虹之玉、佛甲草、紫珍珠、莲花掌、女雏、 新玉缀、黑法师、马库斯、树马齿苋、姬胧月、火 祭、冰莓、乙女心、观音莲、玉蝶、华丽风车、十 字星锦、春萌、钱串景天

总物种数的 69.70%，这些科为丽江客栈藤本植物的优势科。

草本植物有 177 种，隶属于 55 科 136 属。其中菊科（26 属 31 种）、天南星科（11 属 15 种）、唇形科（8 属 13 种）、天门冬科（7 属 9 种）、兰科（3 属 8 种）、十字花科（6 属 6 种）、石竹科（4 属 6 种）、鸭跖草科（2 属 5 种）、锦葵科（3 属 4 种），这 9 科的植物物种数占丽江客栈草本植物总物种数的 54.80%，为丽江客栈草本植物的优势科。

多肉植物有 186 种，隶属于 16 科 50 属。其中景天科（20 属 133 种）、阿福花科（3 属 11 种）、仙人掌科（7 属 11 种），这 3 科的植物物种数占丽江客栈多肉植物总物种数的 83.3%，景天科植物占绝对优势，景天科中的石莲花属（52 种）、景天属（17 种）、青锁龙属（14 种）、莲花掌属（12 种）、风车莲属（8 种）的多肉植物较多。

2.2.2 丽江（云南）本地植物及芳香植物

其他云南产的植物：侧柏（*Platycladus orientalis*）、幌伞枫（*Heteropanax fragrans*）、粉枝莓（*Rubus biflorus*）、丛林素馨（*Jasminum*

duclouxii）、石楠（*Photinia serratifolia*）、板凳果（*Pachysandra axillaris*）、使君子（*Quisqualis indica*）等。

丽江客栈中的芳香植物主要有：木樨、灰莉、梔子、白兰、茉莉花、大花木曼陀罗、含笑花、玉兰、金边瑞香、使君子、丛林素馨等。

2.2.3 丽江客栈植物的来源与种植、养护情况

客栈植物主要来源有：花市或花鸟鱼虫市场（50.0%）、花店（39.0%）、苗圃（8.1%）、其他客栈索要而来或接手客栈不清楚植物来源（3.3%）。

丽江客栈植物绝大多数由客栈老板或员工自行打理，个别处于放养状态，少数客栈邀请设计师设计客栈，如南阅·里轻奢客栈，客栈内有各种种类、颜色的肾形草，深紫色的红花檵木（*Loropetalum chinense var. rubrum*）、鸡爪槭（*Acer palmatum*）等，石子路设有灯带。部分客栈老板十分喜爱植物，如年轮客栈，此客栈面积不算大，但植物种类多，养护较好，特有的植物有树番茄（*Cyphomandra betacea*）、马桑（*Coriaria nepalensis*）等，不足是在搭配方面略欠美感。

2.2.4 丽江客栈植物病虫害情况

樱属 (*Cerasus sp.*) 植物和杜鹃属植物白粉病较为严重, 且冬季樱属植物枝叶稀疏, 甚至全部脱落, 影响客栈美观。菊科的黑心金光菊 (*Rudbeckia hirta*, 又名黑心菊) 也发现有白粉病。梔子叶脉间失绿, 疑似缺素等生理性病害。月季花、南美天胡荽 (*Hydrocotyle verticillata*) 叶片上发现黑色病斑。鹅掌藤、君子兰叶面存在灰霉。

鹅掌藤叶片上有虫瘿, 飘香藤幼嫩部位有夹竹桃蚜, 木樨、君子兰 (*Clivia miniata*) 等植物叶面上有介壳虫。

2.2.5 丽江客栈植物的色彩搭配与客栈整体布局

虽然丽江古城内的客栈占地面积小, 但每个客栈的植物种类繁多。由店主自行种植、打理植物的客栈对色彩搭配要求并不严苛, 能开花或者色彩鲜艳即可。由设计师设计的客栈则更加美观, 注重植物种类和色彩的搭配, 如南阅·里轻奢客栈。

古城内的客栈外观较为古朴, 但部分客栈内的装修偏向现代, 较为简约; 古城外的客栈则更加偏向时尚简约的风格。

2.3 两地客栈植物物种多样性指标差异

大理客栈全部植物的多样性指数高于丽江客栈。木本植物和藤本植物的多样性指数远高于丽江。草本植物多样性高于丽江, 多肉植物多样性低于丽江。

大理客栈全部植物的物种优势度指数与丽江客栈植物物种优势度指数相近, 大理略高。木本植物、藤本植物和草本植物的物种优势度指数均是大理客栈更高, 多肉植物的物种优势度指数两地相同。

客栈全部植物的物种均匀度指数亦是大理更高。木本植物、藤本植物、草本植物和多肉植物物种均匀度指数均是大理客栈更高。

大理客栈全部植物的物种丰富度指数高于丽江客栈, 木本植物明显高于丽江客栈; 藤本植物高于丽江客栈; 草本植物略低于丽江客栈; 多肉植物低于丽江客栈 (详见表 3)。

表 3 两地客栈植物物种多样性、优势度、均匀度和丰富度指数

指数类型	分类	大理客栈	丽江客栈
Shannon–Wiener 多样性指数	所有植物	5.14	4.90
	木本植物	3.91	3.36
	藤本植物	2.03	1.88
	草本植物	3.94	3.68
Simpson 优势度指数	多肉植物	4.15	4.20
	所有植物	0.99	0.98
	木本植物	0.96	0.93
	藤本植物	0.77	0.72
Pielou 均匀度指数	草本植物	0.97	0.94
	多肉植物	0.97	0.97
	所有植物	0.81	0.78
	木本植物	0.75	0.68
Margalef 丰富度指数	藤本植物	0.58	0.54
	草本植物	0.77	0.71
	多肉植物	0.81	0.80
	所有植物	59.13	54.89
	木本植物	23.07	16.09
	藤本植物	5.39	4.69
	草本植物	20.35	20.45
	多肉植物	19.75	21.78

2.4 大理花卉市场植物调查概况

经调查大理花卉市场的植物共记录 312 种、15 变种、5 亚种、3 变型, 隶属于 81 科 182 属 (见表 4)。

表 4 大理花卉市场植物

植物类型	物种数量 (种)	常见科
木本植物	83	天门冬科、桑科、芸香科、大戟科、蔷薇科、五加科等
藤本植物	15	天南星科、五加科、紫葳科、夹竹桃科、天门冬科等
草本植物	92	天南星科、菊科、凤梨科、虎耳草科、天门冬科等
多肉植物	122	景天科、仙人掌科、天门冬科、大戟科、阿福花科等

2.4.1 大理花卉市场植物主要代表科、属

木本植物有83种,隶属于40科59属。其中天门冬科(2属9种)、芸香科(3属6种)、桑科(1属6种)、蔷薇科(5属5种)、大戟科(3属5种)、五加科(2属4种)、茜草科(3属3种)、桃金娘科(3属3种)、禾本科(2属3种),这9科的植物物种数占大理花市木本植物总物种数的53.01%,为大理花市木本植物的优势科。

藤本植物有15种,隶属于11科15属。其中天南星科(4属5种)、五加科(2属2种)、紫葳科(2属2种),这3科的植物物种数占大理花市藤本植物总物种数的60.00%,为大理花市藤本植物的优势科。

草本植物有92种,隶属于9科71属。其中天南星科(9属12种)、菊科(8属9种)、凤梨科(4属6种)、唇形科(3属4种)、天门冬科(3属4种)、竹芋科(2属4种)、虎耳草科(1属4种)、鸭跖草科(1属4种)、兰科(2属3种),这9科的植物物种数占大理花市草本植物总物种数的54.35%,为大理花市草本植物的优势科。

多肉植物有122种,隶属于13科43属。其中景天科(12属59种)、仙人掌科(13属23种)、天门冬科(3属9种),这3科的植物物种数占大理花市多肉植物总物种数的74.59%,景天科植物占绝对优势。

2.4.2 大理花卉市场芳香植物

大理花卉市场中的芳香植物主要有:鸡蛋花、灰莉、白兰、含笑花、木樨、栀子、大花木曼陀罗、金边瑞香、瑞香、碰碰香、薰衣草、风信子、香雪兰等。

2.5 客栈植物现状

乡土植物应用较少:乡土植物应用体现适地适树原则^[10-11],乡土植物成活率高、养护成本低,而且可以增强本地物种的推广和应用,体现地域特色,应积极发掘野生植物资源,充分利用云南得天独厚的野生植物资源。

不注重整体观赏性:整体观赏性大于单株,

绿量上景观累加效应,同种个体的相互协作效应及环境效益都大大优于单株及零星的种植方式^[12],而客栈中零散的盆栽居多,整体不协调,没有统一性。

芳香植物应用少:芳香植物的气味是重要的感官感受之一,最好能做到四季有花,四季飘香^[13],善用木樨、忍冬、栀子等香花植物,及薄荷、碰碰香等香草植物。

3 小结与讨论

3.1 大理与丽江客栈植物异同点

3.1.1 相同点

两地客栈木本植物数量排名前20的植物有13种是相同的:月季花、山茶、绣球、杜鹃花、小琴丝竹、孝顺竹、光叶子花、木荷蒿、细叶萼距花、菜豆树、木樨和花叶蔓长春花。两地客栈数量较多的木本植物有一半以上相同,说明这些植物的使用比较普遍。其中木荷蒿、光叶子花、细叶萼距花等植物观赏价值较高,也较好养护。两地的数量较多的木本芳香植物均是木樨。两地数量排名前20的木本植物主要是菊科、蔷薇科、山茶科、杜鹃花科、禾本科、紫茉莉科、绣球花科、千屈菜科、木樨科和紫葳科等科的植物。

两地客栈藤本植物数量排名前20的植物有11种是相同的:炮仗花、常春藤、飘香藤、地锦、绿萝、鹅掌藤、洋常春藤、龟背竹、文竹、尼泊尔常春藤、异叶地锦。两地客栈数量较多的藤本植物有一半以上相同,说明这些植物的使用比较普遍。其中炮仗花、地锦属和常春藤属的植物在两地长势良好,观赏价值高且易养护,十分适合客栈垂直绿化。两地的藤本芳香植物应用不多,建议可以多种植云南产的丛林素馨、球兰、紫藤等特色芳香植物。两地数量排名前20的藤本植物主要是紫葳科、五加科、葡萄科、夹竹桃科、天南星科、防己科等科的植物。

两地客栈草本植物数量排名前20的植物有11种是相同的:吊兰、长叶肾蕨、君子兰、金边吊兰、

天竺葵、凤仙花、黄金菊、菊花、四季海棠、碧冬茄、铁线蕨。两地客栈数量较多的草本植物也有一半以上相同,其中吊兰是两地数量最多的观叶草本植物,大理吊兰的数量排名第一,丽江吊兰排名第二。两地没有共同的数量较多的草本芳香植物。两地数量排名前 20 的草本植物的科主要是肾蕨科、鸭跖草科、石蒜科、天门冬科、牻牛儿苗科、凤仙花科、菊科、天南星科、秋海棠科、茄科和凤尾蕨科。

两地客栈多肉植物数量排名前 20 的植物有 12 种是相同的:莲花掌、蒂亚、冰莓、乙女心、新玉缀、春萌、华丽风车、观音莲、玉蝶、黑法师、虹之玉、马库斯。两地客栈数量较多的多肉植物也有一半以上相同,其中蒂亚是两地数量最多的多肉植物,大理蒂亚的数量排名第二,丽江蒂亚排名第一。两地植物主要是景天科多肉植物。

3.1.2 不同点

大理常用藤本植物为炮仗花和地锦作为垂直绿化植物,而丽江则常用常春藤、飘香藤(*Mandevilla sanderi*)等藤本植物和蔓长春花、花叶蔓长春花等蔓性木本植物。

大理常见的观叶草本植物除了吊兰(*Chlorophytum comosum*)、长叶肾蕨(*Nephrolepis biserrata*)、还有吊竹梅(*Tradescantia zebrina*)、针茅(*Stipa capillata*)、野天胡荽(*Hydrocotyle vulgaris*)、镜面草(*Pilea peperomioides*)、大藻(*Pistia stratiotes*)等植物;丽江常见的观叶草本植物除了吊兰、长叶肾蕨,还有沿阶草(*Ophiopogon bodinieri*)、肾蕨(*Nephrolepis cordifolia*)、肾形草(*Heuchera micrantha*)、竹节菜(*Commelina diffusa*)等,其中肾形草的叶色多样,有深有浅,也有特殊纹路。

大理数量排名前 20 的多肉植物所属的科主要有景天科、阿福花科、仙人掌科和马齿苋科,而丽江数量排名前 20 的多肉植物所属的科只有景天科和刺戟木科,但实际上丽江的多肉植物物种丰富度指数高于大理,大理多肉植物占 46 个属,丽江多肉植物占 50 个属。

3.2 大理与丽江客栈植物的优点

3.2.1 物种较为丰富

大理客栈植物共有 554 种,82 个客栈中有 17% 的客栈植物种类超过 50 种。丽江客栈植物共有 532 种,81 个客栈中有 25% 的客栈植物种类超过 50 种。

3.2.2 植物来源较固定

两地客栈植物来源相似,花市、花店购买偏多,较为单一。除了上述途径,客栈与客栈之间的植物交换也是植物来源的渠道之一,若想要推广某种植物,可以选择一些客栈作为试点,吸引周围客栈交换或购买。调查发现网购植物偏少,原因可能是本身云南是植物大省,花市植物物种丰富,就近购买便利。

3.2.3 充分利用空间

古城内空间有限,客栈面积固定,一般都有 2~3 层,庭院种植木本植物和草本植物;花架、廊架、墙边或墙角种植藤本植物,如地锦、异叶地锦等,营造“绿墙”的垂直景观;二楼种植盆栽或者枝条垂挂下来的植物。室内摆放绿萝、圆叶椒草等小巧的案头植物。楼顶阳光充足,适合多肉植物和喜光草本植物、藤本植物生长。客栈的每一个角落都被充分利用。

3.3 大理与丽江客栈植物不足及建议

3.3.1 客栈植物选择

目前认为长期适应本地立地条件并生长良好的植物也可属于乡土植物^[14]。现从适应性、观赏性和经济性等方面考虑,推荐适宜客栈种植的优秀乡土植物。

考虑到云南冬季较为寒冷,偶见极端天气,避免选择种植对热量、光照需求高的热带植物(如乔木状棕榈科植物),且大理和丽江的客栈面积有限,尤其是古城内的客栈,客栈内的木本植物/构架植物建议选择 1~2 种中小型乔木,另搭配若干小灌木、木质藤本植物。同时要根据客栈内的光照条件将植物种植在合适的位置,喜阳植物种植在向阳的地方,经常被建筑物遮挡、树下等较

表 5 推荐种植の木本植物（小乔木、灌木）

观赏部位	属	植物名称
观花	杜鹃花属	云南杜鹃 <i>Rhododendron yunnanense</i>
		马缨杜鹃 <i>Rhododendron delavayi</i>
		滇南杜鹃 <i>Rhododendron hancockii</i>
	蔷薇属	高盆樱桃 / 云南樱花 <i>Cerasus cerasoides</i>
		红花高盆樱桃 <i>Cerasus cerasoides</i> var. <i>rubea</i>
		棣棠花 <i>Kerria japonica</i>
		重瓣棣棠花 <i>Kerria japonica</i> f. <i>pleniflora</i>
	苹果属	垂丝海棠 <i>Malus halliana</i>
	山茶属	滇山茶 <i>Camellia reticulata</i>
	含笑属	云南含笑 <i>Michelia yunnanensis</i>
		苦梓含笑 <i>Michelia balansae</i>
	长喙木兰属	山玉兰 <i>Liriodendron delavayi</i>
	紫薇属	紫薇 <i>Lagerstroemia indica</i>
	绣球属	绣球 <i>Hydrangea macrophylla</i>
	黄蓉菊属	黄金菊 <i>Euryops pectinatus</i>
	木茼蒿属	木茼蒿 <i>Argyranthemum frutescens</i>
观叶	槭属	金沙槭 <i>Acer paxii</i>
	檫木属	红花檫木 <i>Loropetalum chinense</i> var. <i>rubrum</i>
		檫木 <i>Loropetalum chinense</i>
	黄杨属	雀舌黄杨 <i>Buxus bodinieri</i>
	侧柏属	侧柏 <i>Platycladus orientalis</i>
	米仔兰属	米仔兰 <i>Aglaia odorata</i>
	天门冬属	迈氏非洲天门冬 <i>Asparagus densiflorus</i>
观果	紫珠属	紫珠 <i>Callicarpa bodinieri</i>
	火棘属	火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>
	茄属	珊瑚豆 <i>Solanum pseudocapsicum</i> var. <i>diffusum</i>
	紫金牛属	紫金牛 <i>Ardisia japonica</i>
	毛核木属	毛核木 <i>Symphoricarpos sinensis</i>
	冬青属	枸骨 <i>Ilex cornuta</i>
		冬青 <i>Ilex chinensis</i>
	卫矛属	卫矛 <i>Euonymus alatus</i>
	十大功劳属	十大功劳 <i>Mahonia fortunei</i>
综合	石楠属	球花石楠 <i>Photinia glomerata</i>
	南天竹属	南天竹 <i>Nandina domestica</i>
	黄连木属	清香木 <i>Pistacia weinmanniifolia</i>
	四照花属	头状四照花 <i>Cornus capitata</i>
	九里香属	千里香 <i>Murraya paniculata</i>

阴暗的环境则种植喜阴植物。

观花为主可选花大而美丽、颜色多样的杜鹃花属、蔷薇属、山茶属等属的植物，如高盆樱桃、山玉兰均为云南特色物种。灌木可选择黄金菊群植形成“花篱”，十分壮观，木茼蒿与黄金菊观赏价值相当，两地客栈多有栽培。倒挂金钟属的植物虽引种于国外，但因其花朵下垂，似灯笼，国内广泛栽培，客栈调查中发现两地都喜欢栽培该属植物，近年有许多品种、栽培种被培育出来，花色更为丰富，选择空间更大。观叶为主可选槭木属、槭属、黄杨属、侧柏属等属的植物，槭属植物树形优雅，叶形、叶色多样，叶色的变化亦能体现季相变化。迈氏非洲天门冬和非洲天门冬原产非洲，后者我国常见栽培，但前者株形更为特别，枝叶紧促长条状，似“狐尾”，是不错的绿篱植物。观果为主可选紫金牛属、冬青属、十

大功劳属等植物，但枸骨、十大功劳的叶片具刺，若要种植，可在其周围种植低矮的草本植物或小灌木，避免与人直接接触。许多植物兼具多种观赏功能，如球花石楠，兼具观花、观叶和观果的观赏功能，适应性强，耐修剪，病虫害少；南天竹叶色会因环境变化，花序、果序大型；清香木叶色浓绿，叶形特别，果实色彩鲜艳；千里香花量大、花芳香，云南有产，但少见栽培（表 5）。

有攀援习性的藤本植物适合覆盖建筑物，或与廊架、拱门等配合形成园林小品，不少还具有芳香，为客栈环境“增色增味”不少，如炮仗藤属、忍冬属、素馨属、球兰属等属的植物。飘香藤在客栈中常见栽培；鸡蛋果花形奇特，其果实亦是美味水果；地锦属的花叶地锦、地锦、异叶地锦等植物主要用于观叶，可覆盖大面积建筑和地面，适合墙面垂直绿化和屋顶绿化。锦屏藤我国南方

表 6 推荐种植的木质藤本或蔓性植物

属	植物名称
炮仗藤属	炮仗花 <i>Pyrostegia venusta</i>
紫藤属	紫藤 <i>Wisteria sinensis</i>
忍冬属	忍冬 <i>Lonicera japonica</i> 红花岩生忍冬 <i>Lonicera rupicola</i> var. <i>syringantha</i>
蔷薇属	木香花 <i>Rosa banksiae</i>
素馨属	多花素馨 <i>Jasminum polyanthum</i> 丛林素馨 <i>Jasminum duclouxii</i> 野迎春 / 云南黄素馨 <i>Jasminum mesnyi</i> 茉莉花 <i>Jasminum sambac</i>
使君子属	使君子 <i>Quisqualis indica</i>
飘香藤属	飘香藤 <i>Mandevilla sanderi</i>
球兰属	球兰 <i>Hoya carnos</i>
西番莲属	鸡蛋果 <i>Passiflora edulis</i>
叶子花属	光叶子花 <i>Bougainvillea glabra</i>
地锦属	花叶地锦 <i>Parthenocissus henryana</i> 地锦 <i>Parthenocissus tricuspidata</i> 异叶地锦 <i>Parthenocissus dalzielii</i>
白粉藤属	锦屏藤 <i>Cissus verticillata</i>
蔓长春花属	花叶蔓长春花 <i>Vinca major</i> ‘ <i>Variegata</i> ’ 蔓长春花 <i>Vinca major</i>
榕属	薜荔 <i>Ficus pumila</i>
爆仗竹属	爆仗竹 <i>Russelia equisetiformis</i>
球兰属	球兰 <i>Hoya carnos</i>

表7 推荐种植的草本植物

种类	属	植物名称
宿根花卉	柳叶菜属	柳叶菜 <i>Epilobium hirsutum</i>
	独尾草属	独尾草 <i>Eremurus chinensis</i>
	假升麻属	假升麻 <i>Aruncus sylvester</i>
	落新妇属	落新妇 <i>Astilbe chinensis</i>
	珍珠菜属	狼尾花 <i>Lysimachia barystachys</i>
	狸尾豆属	猫尾草 <i>Urania crinita</i>
	艳山姜属	艳山姜 <i>Alpinia zerumbet</i>
	天竺葵属	天竺葵 <i>Pelargonium hortorum</i>
		马蹄纹天竺葵 <i>Pelargonium zonale</i>
	剪秋罗属	剪秋罗 <i>Lychnis fulgens</i>
	荷包牡丹属	荷包牡丹 <i>Lamprocapnos spectabilis</i>
		白花荷包牡丹 <i>Lamprocapnos spectabilis f. alba</i>
	银莲花属	秋牡丹 <i>Anemone hupehensis var. japonica</i>
	舞花姜属	舞花姜 <i>Globba racemosa</i>
	观音草属	观音草 <i>Peristrophe bivalvis</i>
	鞘蕊花属	五彩苏 <i>Coleus scutellarioides</i>
	琉璃草属	倒提壶 <i>Cynoglossum amabile</i>
	虎耳草属	虎耳草 <i>Saxifraga stolonifera</i>
	兰属	虎头兰 <i>Cymbidium hookerianum</i>
		滇南虎头兰 <i>Cymbidium wilsonii</i>
		桔梗属 <i>Platycodon grandiflorus</i>
	香青属	珠光香青 <i>Anaphalis margaritacea</i>
	冷水花属	花叶冷水花 <i>Pilea cadierei</i>
	肾蕨属	肾蕨 <i>Nephrolepis cordifolia</i>
	铁角蕨属	巢蕨 <i>Asplenium nidus</i>
	铁线蕨属	掌叶铁线蕨 <i>Adiantum pedatum</i>
球根花卉	鸢尾属	鸢尾 <i>Iris tectorum</i>
	马蹄莲属	马蹄莲 <i>Zantedeschia aethiopica</i>
	石蒜属	石蒜 <i>Lycoris radiata</i>
	香雪兰属	香雪兰 <i>Freesia refracta</i>
	大丽花属	大丽花 <i>Dahlia pinnata</i>
	马蹄莲属	马蹄莲 <i>Zantedeschia aethiopica</i>
1、2年生花卉	醉蝶花属	醉蝶花 <i>Tarenaya hassleriana</i>
	金盏花属	金盏花 <i>Calendula officinalis</i>
	藿香蓟属	熊耳草 <i>Ageratum houstonianum</i>
	旱金莲属	旱金莲 <i>Tropaeolum majus</i>
	茛苢属	茛苢松 <i>Quamoclit pennata</i>
	翠菊属	翠菊 <i>Callistephus chinensis</i>
	报春花属	小报春 <i>Primula forbesii</i>

多引种，主要观赏其紫红色的气生根，适合花架、廊架种植。具有蔓性的植物适合种植在二楼、楼顶的走廊、花坛，枝条下垂随风而动，为客栈“增趣”，如蔓延性强的花叶蔓长春花和蔓长春花，悬挂的枝叶很好地展示植物的线条美。爆仗竹在云南亦有引种栽培，其枝条细长下垂，红色的花朵犹如“鞭炮”，也适合种植于客栈二楼，花枝自然下垂，营造红火喜庆的景观（表 6）。

草本植物可选择的种类十分多，建议选择宿根花卉营造四季均可观赏花境，选择栽培条件相近的植物搭配种植于石子路两侧、绿篱前。除了宿根花卉，球根花卉也是造园常用的植物，球根花卉与 1、2 年生花卉宿根花卉等植物搭配种植，可以填补自身花期有限的不足。1、2 年生花卉一般种植在花境前半部，以弥补球根花卉花谢、叶枯的不足，具体种植的前后位置可以根据植物的花期前后决定，随花期时间越后种植的位置一般越靠前。落新妇属、珍珠菜属、艳山姜属等较大的多年生植物，花序呈垂直分布，一般置于花境中后方，避免遮挡前方低矮的植物。天竺葵和马蹄纹天竺葵两地客栈都有种植，花色多为红、橙、粉色，

单瓣重瓣均有；小报春是古城中较常见的小野花；舞花姜云南产，花序奇特，观赏价值较高；虎头兰和滇南虎头兰原产云南，为两地客栈内常见的兰科植物。云南凤仙花属（*Impatiens* sp.）的植物种类丰富，是值得发掘的野生植物资源。

客栈中光照不足的阴暗地区可以种植喜阴的合果芋属、沿阶草属、冷水花属等植物，蕨类植物也是不错的选择，如肾蕨、巢蕨，后者特产于云南，可以地栽，也可以尝试附生在客栈内的木本植物茎干上（表 7）。

水生植物及湿生植物可以选择睡莲属、莲属、千屈菜属等属的植物，种植空间受限可以选择迷你碗莲。池塘内可放置假山，在假山之上可以种植植物作为点缀（表 8）。

室内植物可选择花烛属、五彩芋属、黛粉芋属、肖竹芋属、细穗竹芋属、草胡椒属、姬凤梨属、铁兰属等植物，亦可以选择蕨类植物。室内受到光照条件限制，宜种植耐阴性好、对光照要求不高的植物，也可以种植小型棕榈科植物，如袖珍椰子（表 8）。

表 8 推荐种植的水生植物

水生植物	植物名称
睡莲属	睡莲 <i>Nymphaea tetragona</i>
莲属	莲 <i>Nelumbo nucifera</i>
荇菜属	金银莲花 <i>Nymphoides indica</i>
千屈菜属	千屈菜 <i>Lythrum salicaria</i>
慈姑属	慈姑 <i>Sagittaria trifolia</i> subsp. <i>leucopetala</i>
大藻属	大藻 <i>Pistia stratiotes</i>
狐尾藻属	粉绿狐尾藻 <i>Myriophyllum aquaticum</i>
鹿蹄草属	驴蹄草 <i>Pyrola calliantha</i>
五彩芋属	五彩芋 <i>Caladium bicolor</i>
铁兰属	老人须 <i>Tillandsia usneoides</i>
姬凤梨属	姬凤梨 <i>Cryptanthus acaulis</i>
铁角蕨属	铁角蕨 <i>Asplenium trichomanes</i>
铁线蕨属	铁线蕨 <i>Adiantum capillus-veneris</i>
肖竹芋属	孔雀竹芋 <i>Calathea makoyana</i>
	双线肖竹芋 <i>Calathea ornata</i> ‘Roseolineata’
	“米娅”彩虹肖竹芋 <i>Calathea roseopicta</i> ‘Mia’

考虑到安全因素，建议不种植或少种植有毒植物，种植了最好有警告提示，禁止触碰采摘，避免误食。夹竹桃科、大戟科和某些天南星科的植物有乳汁，乳汁多有毒且遍布整株植物，前者的果实、种子毒性更大；茄科植物也不乏剧毒的观赏植物，种植需谨慎。如曼陀罗全株有毒，种子毒性最烈；金杯藤花大而美丽，且有香味，但全株有毒。香豌豆植株和种子有毒。海芋、金钻蔓绿绒的乳汁有毒（表9）。

客栈植物选择建议：综合考虑其性质、观赏价值，合理配置植物，以营造一个和谐的整体为目标，考虑植物之间的关系和与其他客栈要素间协调^[5]。仿照自然界的植物群落，结合景观设计的基本理论，将不同生态位的植物搭配种植，避免竞争，从而建立一个和谐完整的小环境。例如水体环境中可以分别种植挺水植物、浮水植物、沉水植物，若全部种植同一类型的植物，植物之间空间竞争、养分竞争激烈，不利于植物的生长繁殖。巧用构架植物，帮助定下客栈基调^[12]，体现客栈特性。例如中式和日式庭院，常选择树姿优美、叶色丰富的槭属植物作为构架植物，或使用较多竹元素；西式庭院可多选用常绿或落叶、耐修剪黄杨属、石楠属等植物。多应用乡土植物，充分利用云南得天独厚的野生植物资源，如杜鹃花属、山茶属植物。完善客栈内草坪植物、水生植物和竹类植物的造景，结合科学性和艺术性，营造幽深野趣、活泼雅致等氛围^[9, 12, 15-16]。

表9 不建议种植的有毒植物

属	植物名称
夹竹桃属	夹竹桃 <i>Nerium oleander</i>
络石属	络石 <i>Trachelospermum jasminoides</i>
曼陀罗属	曼陀罗 <i>Datura stramonium</i>
木曼陀罗属	木本曼陀罗 <i>Brugmansia arborea</i>
金盏藤属	金杯藤 <i>Solandra maxima</i>
山黧豆属	香豌豆 <i>Lathyrus odoratus</i>
海芋属	海芋 <i>Alocasia odora</i>
喜林芋属	金钻蔓绿绒 <i>Philodendron tatei</i> ‘Congo’

3.3.2 植物养护与病虫害防治

调查显示大多数客栈老板对植物的养护并无丰富经验及热情。现有客栈中的草坪和水生植物最易被忽略，长势不佳。建议可寻求专业人士的帮助或专业养护及设计外包公司，实现客栈植物配置与定期养护。

两地客栈植物大都长势良好，没有严重的病虫害，有也只是局部或者某种植物发现病虫害。因调查的时间有限，不能得知完整的病虫害资料，但根据客栈植物的种植和管理情况，建议沿用“预防为主，综合防治”的病虫害防治方针，合理选择植物种类，多选用乡土物种；合理规划种植，植物种在客栈中合适的位置，合理密植，过于密集通风不良，湿度过大都容易发生病虫害；定期管理：清理枯枝落叶、修剪植株和施肥；发现病株后要及时清除或喷药防治，避免病虫害进一步扩大。针对不同病虫害，选对方法和药剂，对症下药，才能药到病除。

针对此次调查出现比较多病害：白粉病，建议购买健康苗木，不要种植过密，注意通风透光，多施钾肥，若发现病害及时喷洒保护性杀菌剂（如50%多菌灵1000倍液、石硫合剂80~100倍液），注意交替使用杀菌剂，防止产生抗药性，及时处理病株，防止病害蔓延^[17-18]。

针对此次调查出现比较多虫害：蚜虫、介壳虫，建议防治蚜虫可人工饲养或保护天敌昆虫，进行生物防治，也可选用粘虫黄板进行物理防治；蚜虫数量过多，可采用吡虫啉、氧化乐果喷洒防治，喷洒石硫合剂可以消灭越冬虫卵；除此之外还要结合修剪、剪除病枝病叶并烧毁等管理措施^[18]。介壳虫会分泌蜡质来保护自己，随着虫龄增大，其蚧壳更加厚，抵抗杀虫剂的作用更强，防治介壳虫的关键在于初期，在虫害初期，剪除病枝，减少虫源，限制其传播蔓延，也可以保护介壳虫的天敌，如寄生蜂、草蛉和瓢虫等益虫。化学防治在其蚧壳还未形成时喷洒阿维菌素等药剂^[19]。

3.3.3 园林小品及花境应用

调查发现运用到园林小品的客栈较少。根据客栈位置结构选择合适的园林手法：借景、分景等，提升园林格调；体量较小（颜色浅、枝叶疏）的常绿植物、秋季变色的落叶植物可与亭子配置，雅致协调，后者还能体现季相变化；山石、假山等特殊的园林要素可以和蕨类植物、苔藓植物、竹类植物等搭配种植，或使用榕属植物攀附在假山上；屋顶种植时要考虑到承重和灌溉，植物体量不宜过大。室内植物数量和规模均小于室外，要求种植的植物比例适合，体量、颜色等和房屋的装修风格协调，加之室内阳光条件没有室外好^[20]，要求选择的植物有一定耐阴性，或改变客栈内光照条件。

花境是近年兴起的一种较为特殊的花卉种植方式，良好设计的花境能够表现出花卉的自然规律与群体之美，可多年观赏。调查发现，客栈多采用花盆或花坛式的栽培方法，植物凋谢过季后更换。建议使用可持续性强、维护成本低的花境，相邻花卉生长强弱、繁衍速度相近，植株之间共生，相较于花盆花坛式的栽培，花境具有更大的观赏价值和经济效益。

现如今花境在中国的发展尚处于起步阶段，云南作为中国的花卉之都，其优越的花卉资源和气候条件对花境的发展有非常大的优势，也可对花境在中国的发展起到一定的先导作用。

致谢：广东海洋大学园艺卓越 1171 梁锐韵、卢静霞、罗美珠、陈依、邓静怡、胡莉娜、黄翠萍、黄燕平、徐旭华等云南《园艺生产课程实习》同学参与了调查工作。

参考文献：

- [1] 吴征镒. 云南植物志 [M]. 科学出版社, 1977.
- [2] 程家国, 宇柏成, 谭晓东, 等. 云南少数民族地区大理市 2016–2018 年各类酒店、客栈微小气候监测结果分析 [J]. 医学动物防制, 2020, 36 (12): 1218–1221.
- [3] 李宗省, 何元庆, 张宁宁, 等. 丽江市大气环境特征分析 [J]. 地理科学, 2010, 30 (4): 588–593.
- [4] 赵娟娟, 欧阳志云, 郑华, 等. 城市植物分层随机抽样调查方案设计的方法探讨 [J]. 生态学杂志, 2009, 28 (7): 1430–1436.
- [5] 冷冰, 温远光. 城市植物多样性的调研方法 (综述) [J]. 亚热带植物科学, 2008, 37 (4): 69–71, 75.
- [6] 韦宇, 李斌, 童绍玉, 等. 楚雄紫溪山南坡植物物种多样性的海拔梯度分布格局研究 [J]. 林业资源理, 2012 (2): 96–101.
- [7] 闫双喜, 闫丽君, 裴林英. 多肉植物百科图鉴 [M]. 河南科学技术出版社, 2019.
- [8] 张宏达. 中国植物志 [M]. 科学出版社, 1998.
- [9] 杨汉碧, 方瑞征, 金存礼. 中国植物志 [M]. 科学出版社, 1999.
- [10] 肖雍琴, 孙耀清. 植物配置与造景 [M]. 中国农业大学出版社, 2016.
- [11] 翁殊斐, 陈锡沐. 广州市公园植物景观特色与品种配置相关性研究 [J]. 亚热带植物科学, 2004 (1): 42–45.
- [12] 克里斯托弗·布里克尔. 世界园林植物与花卉百科全书 [M]. 河南科学技术出版社, 2013.
- [13] 黄久香, 胡翠云, 胡炜, 等. 华南农业大学园林植物调查与分析 [J]. 福建林业科技, 2008 (2): 240–245.
- [14] 杨怡秋. 盘龙区公园绿地乡土植物应用调查 [J]. 低碳世界, 2021, 11 (2): 241–242.
- [15] 孙传宝. 浅谈竹元素在主题客栈庭院文化氛围营造中的应用 [J]. 美与时代 (上), 2020 (8): 94–96.
- [16] 吕国娟, 廖伟彪. 城市绿地园林植物调查及应用探析 [J]. 现代园艺, 2020, 43 (16): 122–123.
- [17] 刘蕊. 园林植物白粉病的发生与防治 [J]. 现代园艺, 2015 (10): 70.
- [18] 王小梅. 城市园林植物常见病虫害及防治措施 [J]. 甘肃农业, 2020 (9): 95–97.
- [19] 仇建标, 方晓琪, 陈继浓, 等. 浙江红树林介壳虫的发生及防治 [J]. 现代农业科技, 2021 (6): 116–117, 121.
- [20] 孙传宝. 花卉文化在主题客栈环境氛围营造设计中的应用研究 [J]. 大众文艺, 2017 (16): 134.

(责任编辑: 赖瑞联)

路喻丹, 刘晓驰, 冯 新, 高敏霞, 赖瑞联, 陈桂信, 陈义挺. 猕猴桃的营养成分、生物活性及其综合利用研究进展 [J]. 东南园艺, 2022, 10 (2) : 137-144.

Lu Yu-dan, Liu Xiao-chi, Feng Xin, Gao Min-xia, Lai Rui-lian, Chen Gui-xin, Chen Yi-ting. Progress in Nutritional Composition, Bioactivity and Its Comprehensive Utilization of Kiwi Fruit [J]. Southeast Horticulture, 2022, 10 (2) : 137-144.

猕猴桃的营养成分、生物活性 及其综合利用研究进展



路喻丹^{1,2,3}, 刘晓驰^{1,2,3}, 冯 新^{1,2}, 高敏霞^{1,2}, 赖瑞联¹, 陈桂信³, 陈义挺^{1,2*}

(¹ 福建省农业科学院果树研究所, 福建 福州 350013;

² 福建省落叶果树工程技术研究中心, 福建 福州 350013;

³ 福建农林大学园艺学院, 福建 福州 350002)

摘 要: 猕猴桃营养成分丰富, 生物活性强, 在水果市场上占有率高, 随着产量的增加, 猕猴桃的产业亟需升级, 对其生物活性和综合利用的研究亟待加强。本文对猕猴桃的糖类、有机酸等营养成分及抗氧化、抗肿瘤等生物活性的最新研究进展进行概述, 并总结了猕猴桃在食品、医药、护肤品等方面的综合利用现状, 旨在为猕猴桃资源的深度开发与利用提供参考。

关键词: 猕猴桃; 营养成分; 生物活性; 综合利用

中图分类号: S663.4

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2022) 02-0137-08

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2022.02.009

Progress in Nutritional Composition, Bioactivity and Its Comprehensive Utilization of Kiwi Fruit

Lu Yu-dan^{1,2,3}, Liu Xiao-chi^{1,2,3}, Feng Xin^{1,2}, Gao Min-xia^{1,2}, Lai Rui-lian¹, Chen Gui-xin³, Chen Yi-ting^{1,2*}

(¹ Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China;

² Research Centre for Engineering Technology of Fujian Deciduous Fruits, Fuzhou, Fujian 350013, China;

³ Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract: Kiwi fruit is rich in nutritional composition, has strong biological activity, and has a high fruit market share. With the yield increase of kiwi fruit, kiwi fruit industry needs upgrading, and the research on the biological activity and comprehensive utilization of kiwi fruit needs to be strengthened. In this paper, the latest research progress

收稿日期: 2022-02-19

基金项目: 福建省人民政府与中国农业科学院农业高质量发展超越“5511”协同创新工程(KXXYJBG2021006); 福建省农业科学院科技创新团队建设(CXTD2021009-2); “十四五”福建省种业创新与产业化工程(zycxny2021010)

作者简介: *为通讯作者, 陈义挺(1972-), 男, 副研究员, 博士, 主要从事果树种质资源与品质调控研究工作,
E-mail: chyiting@163.com。路喻丹(1999-), 女, 硕士研究生, 主要从事果树种质资源与品质调控研究,
E-mail: 1303922912@qq.com

of kiwi nutrients, including sugar, organic acids and others, and biological activities including anti-oxidation, anti-tumor and others are summarized, and the comprehensive utilization of kiwi in food, medicine, skin care products was summed up, aiming to provide references for the deep development and utilization of kiwi resources.

Key words: Kiwi fruit; Nutritional composition; Biological activity; Comprehensive utilization

猕猴桃 (*Actinidia* Lindl) 为猕猴桃科猕猴桃属的落叶藤本植物。猕猴桃属植物自然分布于赤道至北纬 50° 的亚洲东部, 除白背猕猴桃和尼泊尔猕猴桃分别分布于日本和尼泊尔外, 其余 52 个种 21 个变种均起源于我国。目前国内陕西、湖北、湖南、河南、江苏、安徽、福建、广东、广西等地均有种植, 国外以亚洲种植较多, 欧洲次之, 非洲最少^[1-2]。猕猴桃被世人誉为“世界珍果”、“水果之王”, 果肉富含丰富的膳食纤维、维生素、有机酸、多糖、蛋白质、氨基酸等多种营养成分以及多种人体必需的微量元素^[3], 具有降血脂、抗脂质过氧化、清除活性氧自由基、抑制肿瘤细胞、提高免疫功能等方面的生物活性^[4]。虽然我国猕猴桃的种植面积和产量均已跃居世界第 1, 但产业效益不及新西兰等国。猕猴桃深加工和资源的深度开发利用不足是其原因之一。基于此, 笔者就猕猴桃的营养成分、生物活性及其在食品、医药与化妆品等方面的综合应用现状进行概述, 以期今后猕猴桃资源的深度开发利用以及猕猴桃深加工产业的发展提供参考。

1 猕猴桃营养成分

猕猴桃被誉为“水果中的维 C 之王”, 其有机酸含量丰富, 每 100 g 鲜果中的抗坏血酸 (Vc) 含量高达 120~380 mg, 相当于柑橘的 3~14 倍、桃的 17~70 倍、西红柿的 15~32 倍、梨的 30~140 倍、苹果的 20~84 倍^[5], 同时也含有丰富的糖类、膳食纤维、不饱和脂肪酸、维生素、酚类等, 这些成分赋予了猕猴桃果实丰富的感官体验和极高的营养价值。

1.1 糖类

猕猴桃果实中约 80% 的干物质是由葡萄糖、

果糖和蔗糖组成的有效碳水化合物^[6], 主要可溶性糖是葡萄糖和果糖, 蔗糖含量较少^[7]。猕猴桃属植物不同分类群的果实总糖含量差异较大, 范围在 0.93%~0.06% 之间, 多数品种含有甘露糖 (Man)、鼠李糖 (Rha)、葡萄糖醛酸 (Glc A)、半乳糖醛酸 (Gal A)、葡萄糖 (Glc)、半乳糖 (Gal)、木糖 (Xyl)、阿拉伯糖 (Ara) 以及岩藻糖 (Fuc) 等 9 种单糖, 各品种的单糖组成的相对含量存在明显的差异^[8]。

1.2 有机酸

猕猴桃果实的有机酸以苹果酸、奎宁酸和柠檬酸为主。不同品种猕猴桃的有机酸含量存在较大的差异, 如苹果酸最高的是‘早鲜’ (26.426 mg·g⁻¹·FW⁻¹), 奎宁酸最高的是‘金阳’ (15.559 mg·g⁻¹·FW⁻¹), 柠檬酸最高的是‘晚红’ (9.843 mg·g⁻¹·FW⁻¹)^[9]。

1.3 不饱和脂肪酸

猕猴桃果籽含油率为 22%~24%, 以‘海沃德’猕猴桃籽的出油率最高。亚麻酸、油酸、亚油酸等不饱和脂肪酸为猕猴桃籽油中主要脂肪酸 (85.7%~87.1%)^[10]。不同品种之间差异较大的脂肪酸有亚麻酸、十六烷酸和十八烷酸, 但脂肪酸的构成差异较小^[11]。

1.4 维生素

维生素 C 具有增强人体抵抗力的功能。猕猴桃果实富含维生素 C, 每 100 g 鲜果含维生素 C 120~380 mg^[12]。现有的主栽种中华猕猴桃的维生素 C 含量大于美味猕猴桃^[13]。

1.5 酚类

酚类物质是猕猴桃抗氧化能力的重要成分之一, 具有明显的抗氧化活性和较强的清除自由基效果^[14]。猕猴桃果实的多酚成分主要包括没食子酸、

香豆酸、儿茶素、绿原酸、咖啡酸、阿魏酸等物质。徐香猕猴桃的多酚质量浓度为 $0.123 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1}$, 具有很高的抗氧化活性^[15]。除了猕猴桃果实, 猕猴桃皮渣中也含有大量的多酚、黄酮及多糖等物质^[16]。

2 猕猴桃生物活性作用

猕猴桃因为含有大量营养成分而具有很强的生物活性, 如抗癌、抗肿瘤、减缓疲劳、肥胖和便秘、预防心脑血管疾病等。

2.1 抗氧化作用

猕猴桃果实和根部的提取物均具有很强的抗氧化活性。不同猕猴桃的抗氧化活性差异与其所含的物质成分有关, 如红肉猕猴桃因富含花青素糖苷而具有较高的抗氧化活性^[17]; 贵长猕猴桃因多酚含量丰富, 可有效清除 DPPH 自由基、羟基自由基, 表现出良好的还原能力和抗氧化作用^[18]。

2.2 抗肿瘤作用

多糖具有抗肿瘤活性, 猕猴桃根多糖对巨噬细胞具有免疫调节作用, 能显著增强其胞饮和吞噬活性^[19]。Zuo 等^[20]比较 3 种猕猴桃乙醇提取物的抗癌细胞增殖特性, 结果显示软枣猕猴桃乙醇提取物的抗肝癌和结肠癌增殖的效果最好。

软枣猕猴桃根中的化学活性成分包括三萜类、黄酮类、生物碱类等, 具有广泛的抗癌活性, 可加速肿瘤细胞凋亡, 促进细胞衰老, 其中三萜类物质对胃癌细胞的抑制活性效果显著^[21]。关于猕猴桃抗癌作用机制, 除降低体内毒性以外, Giuseppe Lippi^[22]认为猕猴桃的抗坏血酸介导的 DNA 氧化损伤减少和对癌细胞系的细胞毒性作用可能直接起到抗癌作用, 而每日排便增强和肠道粪便乳酸菌含量增加, 最终可能间接有助于降低恶性肿瘤尤其是结肠直肠癌的风险。

2.3 调节免疫作用

猕猴桃根的寡糖和多糖均具有调节免疫系统作用^[23], 尤其是肿瘤免疫。其提取物可以增强小鼠脾细胞对靶细胞的杀伤力, 提高细胞免疫功能^[24]。从软枣猕猴桃中提取出的有效成分如多糖^[25]

等可以促进大鼠免疫器官生长、增强细胞免疫力。

2.4 缓解疲劳作用

小鼠实验显示猕猴桃根多糖具有抗疲劳抗氧化功效^[26], 而软枣猕猴桃粗生物碱提取物还能降低小鼠体内乳酸、氨、肌酸激酶水平^[27]。目前这一作用机制的研究还只停留在动物实验阶段, 临床效果还需进一步验证。

2.5 改善肥胖作用

猕猴桃籽油可通过调节生热作用和肠道菌群缓解肥胖, 进而通过减少炎症、脂肪产热和肠道微生物群失调来改善肥胖^[28-29]。动物实验表明猕猴桃籽多酚提取物可通过改善小鼠体内糖脂代谢和肠道菌群来缓解肥胖, 降低肥胖小鼠的体质量^[30-31]。

2.7 减缓便秘作用

猕猴桃果实中含有大量膳食纤维, 动物实验证实猕猴桃渣中的膳食纤维可以显著改善便秘小鼠的粪便状况^[32], 而人体实验观察到, 食用猕猴桃后大便频率增加和粪便粘稠度降低^[33], 进而证实猕猴桃减缓便秘的作用。

2.8 其他作用

用猕猴桃果汁对小鼠灌胃可提高抗氧化酶活力, 抑制机体脂质过氧化, 延缓衰老^[34]。猕猴桃中的血清促进素具有镇静的作用, 能辅助治疗抑郁症^[35]。猕猴桃富含植物化学成分叶黄素可预防治疗白内障等眼病^[36]。

3 猕猴桃综合利用

目前我国猕猴桃销售方式仍以鲜销为主, 加上贮藏设施和技术水平有限, 导致采后损失率高。因此, 猕猴桃精深加工的市场需求在不断增加, 对猕猴桃的利用也从加工食品延伸到药品, 再到化妆品类等。提高猕猴桃的综合利用率有助于提高产品附加值, 扩大延伸猕猴桃产业链, 增加种植户收入。

3.1 食品中的利用

3.1.1 猕猴桃饮料

猕猴桃加工饮料一般以果汁、果酒和果醋为

主, 维生素 C 含量高。以猕猴桃为原料, 利用植物乳杆菌、嗜酸乳杆菌复合菌种发酵制备的猕猴桃饮料具有较强的抗氧化能力, 较高的总黄酮含量、可溶性固形物和维生素 C 含量^[37]。而以绿茶、猕猴桃为主要原料, 辅以脱脂奶、柠檬酸和蔗糖可配制猕猴桃绿茶饮料^[38]。

猕猴桃果酒中所含的有机酸对其观感、口感和品质具有重要的影响, 有机酸能溶解酒中的色素, 使得果酒的颜色纯净美观^[39]。猕猴桃果醋营养丰富, 具有开胃健脾、促进消化的功能, 也可直接作为调味品, 或调制成风味独特的猕猴桃果醋饮料^[40]。猕猴桃果醋中的柠檬酸和苹果酸含量较鲜果均有显著降低, 而酒石酸含量则显著上升, 带皮发酵可进一步降低酒石酸和柠檬酸含量并显著提高果醋中总黄酮、总酚含量^[41]。

3.1.2 猕猴桃干制品

猕猴桃属于呼吸跃变型果实, 采摘后极易变软腐烂, 因此果脯果干等产品既方便运输, 也能较大程度地保存营养成分, 扩大猕猴桃市场。果脯制备工艺目前大多数采用超声渗糖, 优化条件后可提高果脯的渗糖速率, 主要质构指标可达到与蜜枣果脯接近, 感官质量优于真空渗糖^[42]。

采用冻干—真空油炸干燥工艺技术制备猕猴桃脆片^[43], 可提高果蔬制品的贮藏稳定性, 增加果蔬附加值。以狗枣猕猴桃制作的狗枣猕猴桃压缩饼干, 作为方便食品的同时保留猕猴桃原有的风味和营养^[44]。以‘海沃德’猕猴桃制备的高膳猕猴桃超微粉具缓解便秘功效, 高膳猕猴桃咀嚼片又方便携带^[45]。将猕猴桃和黄秋葵组合进行产品开发, 不仅可良好地保存产品中的功效活性成分, 还可开发出新的风味与口感, 并有一定抗氧化和降血糖作用^[46]。

3.1.3 猕猴桃其他加工食品

以猕猴桃为主要原料, 添加薄荷可制成薄荷猕猴桃果酱^[47], 也可添加其他材料制成各种风格的猕猴桃味果冻^[48-49]。采用复合凝聚法制备得到猕猴桃籽油微胶囊, 可以综合高效利用猕猴桃籽

的食品保健作用^[50]。

3.2 医药中的利用

中华猕猴桃的根在中药里称为藤梨根, 将其提取物中粗多糖与总三萜组合处理细胞后, 可有效抑制肿瘤的转移, 达到抗肿瘤的目的^[51]。具体包括治疗晚期大肠癌^[52], 抑制卵巢癌细胞^[53]、胃癌细胞^[54]、肺癌细胞^[55]、食管癌细胞的增殖^[56]。

小鼠实验证实软枣猕猴桃多糖可调节糖尿病小鼠的血糖和血清指标^[57], 并能通过促进胆固醇排泄途径来实现降低胆固醇水平^[58]。中华猕猴桃不饱和脂肪酸可防治放射性肺损伤, 其机制可能与减少氧化应激损伤有关^[59], 还可上调 EHD2 表达, 抑制肺腺癌小鼠移植瘤的生长和转移^[60]。猕猴桃茎所含的槲皮素较高, 可以保护心脑血管, 抗癌抗肿瘤等。软枣猕猴桃茎皮中槲皮素的清除自由基和抗脂质体过氧化能力甚至强于维生素 C^[61]。

3.3 化妆品中的利用

猕猴桃籽油富含亚油酸和 α -亚麻酸 2 种人体必需脂肪酸, 以及维生素 E、微量元素硒 (Se) 等营养成分。亚油酸作为营养性助剂可起到保湿、抗过敏、调理作用, 还能有效抑制酪氨酸酶的活性以减少黑色素的生成^[62], 维生素 E 和微量元素硒也具有较好的抗氧化性和清除氧自由基的能力, 可扩张毛细血管并改善血液循环。小鼠实验也显示猕猴桃籽油在小鼠体内有较强的抗氧化活性, 可淡化黄褐斑^[63]。从长白山产软枣猕猴桃提取得到的茎、叶多糖均具有清除 DPPH 自由基的能力, 同样可作为一种天然的抗氧化剂进一步开发利用^[64]。

4 讨论与展望

目前猕猴桃果实的营养成分和生物活性的相关研究已取得了较大进展。但各部分的研究相对分散, 且多只针对某一特性的研究, 仍存在诸多不足。如猕猴桃根的药物活性研究较多, 而茎叶的药物活性研究偏少; 猕猴桃的多糖、不饱和脂肪酸和维生素 C 的研究较为深入, 而膳食纤维的研究相对薄弱。猕猴桃籽油的抗氧化活性在猕猴

桃的功能活性研究中较为普遍,可用于护肤品开发和保健食品开发。同时,猕猴桃果实的食品加工利用研究较多,而其他部位的较少。此外,生产上应多研究延缓猕猴桃果实的衰老以保持其采后果实品质和营养价值^[65]。

最后,对于后续猕猴桃的研究工作提出一些建议:1)应完善猕猴桃的营养评价体系,综合全面地对营养成分进行评定和研究,如对酚类物质的研究多以多酚这一大类为研究对象,而儿茶素等其他细分后的酚类物质较少涉及。同时应深入探索猕猴桃多酚成分和作用机制并加强其分离纯化和成分稳定技术^[66]。2)应完善猕猴桃全株的生物活性研究并开发应用。如猕猴桃茎叶的生物活性研究,此外猕猴桃皮渣中含有大量的多酚、黄酮及多糖等物质,具有优化肠道菌群结构等作用^[67]。同时,要将生物活性实验从实验数据记录和动物实验结果对接到临床试验上,以更精确地检验其对人类作用情况,控制用量和成分浓度,进而达到更好的临床效果。3)加大猕猴桃食品深加工、精深加工的开发力度,尝试多种现代前沿技术,如采用超临界CO₂萃取猕猴桃籽油的分离工艺^[68]和现代新型果蔬干燥技术如热泵干燥^[69]等。最近有研究以长白山野生软枣猕猴桃为原料研制干燥果汁粉,并对喷雾干燥工艺参数优化、助干剂优选及其抗氧化性和稳定性进行试验以开发干燥果汁粉新产品^[70]。在最大程度保留猕猴桃营养成分的同时减少添加剂成分,以获得安全健康、方便食用的猕猴桃加工食品。4)进一步加大猕猴桃相关产品的开发和研究力度,拓展其在医药、化工、畜牧、农业生产等行业的开发应用,如猕猴桃果皮渣可提取果胶等物质^[71],猕猴桃木生物炭的土壤重金属修复^[72],猕猴桃套种技术^[73]等。5)加强猕猴桃种质资源研究与创新利用。加大猕猴桃种质资源、特别是优异野生资源收集与保存力度,建立更加科学的种质资源鉴定、评价体系并配套系统的高品质猕猴桃生产体系^[74];加大分子育种技术、生物技术+人工智能+大数据信息

技术等前沿性育种研究力度,有序推进杂交育种等传统育种与现代生物育种有机结合,选育出营养成分更丰富、功能活性物质更好的品种。

猕猴桃是营养成分和功能活性丰富,保健效果好的一种健康水果。我国农业部门和相关农业推广人员要加大推广力度,让国产猕猴桃被国内外更多人所接受,让猕猴桃及其加工产品走入千家万户,促进猕猴桃产业高质量可持续健康发展。

参考文献:

- [1] Feng X, Lai R L, Gao M X, et al. Characterization and complete genome sequences of two novel variants of the family Closteroviridae from Chinese kiwifruit[J]. PLoS ONE, 2020, 15 (11): e0242362.
- [2] 齐秀娟, 郭丹丹, 王然, 等. 我国猕猴桃产业发展现状及对策建议[J]. 果树学报, 2020, 37 (5): 754-763.
- [3] 马淑然, 李洪利, 沈海滨. 寒凉水果的食疗价值[J]. 生命世界, 2020 (11): 56-63.
- [4] 牛强, 申健, 刘悦, 等. 软枣猕猴桃主要活性成分及药理活性研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40 (3): 333-338, 344.
- [5] 潘德林, 黄胜男, 张计育, 等. 猕猴桃在南京地区开花物候期的观察[J]. 农学学报, 2016 (10): 63-66.
- [6] Monro JA. Kiwifruit, carbohydrate availability, and the glycemic response [J]. Advances In Food And Nutrition Research, 2013 (68): 257-271.
- [7] Piotr Latocha. The Nutritional and Health Benefits of Kiwiberry (Actinidia arguta) - a Review [J]. Plant foods for human nutrition (Dordrecht, Netherlands), 2017, 72 (4): 325-334.
- [8] 张萍, 陈燕, 王潇瑞, 等. 不同品种猕猴桃粗多糖的单糖组成及抗氧化性能比较[J]. 化学工程师, 2018, 32 (10): 1-5.
- [9] 王刚, 王涛, 潘德林, 等. 不同品种猕猴桃果实有机酸组分及含量分析[J]. 农学学报, 2017 (12):

- 81-84.
- [10] 曹毛毛, 卢泽绵, 高慧, 等. 不同品种猕猴桃果实的理化性质及抗氧化活性 [J]. 西北大学学报 (自然科学版), 2018, 48 (2): 231-237.
- [11] 李可, 袁怀瑜, 朱永清, 等. 不同品种猕猴桃籽油脂肪酸组成的 PCA 分析 [J]. 中国调味品, 2021, 46 (2): 70-74.
- [12] 戢小梅, 翟敬华, 陈志伟, 等. 猕猴桃的营养成分与保健功能 [J]. 湖北农业科学, 2020, 59 (S1): 386-388, 420.
- [13] M Esti, M C Messina, P Bertocchi, et al. Chemical compounds and sensory assessment of kiwifruit (*Actinidia chinensis* (Plance) var. *chinensis*): Electrochemical and multivariate analyses [J]. Food Chemistry, 1998 (3): 293-300.
- [14] 黄春辉, 廖光联, 谢敏, 等. 不同猕猴桃品种果实发育过程中总酚和类黄酮含量及抗氧化活性的动态变化 [J]. 果树学报, 2019, 36 (2): 174-184.
- [15] 卜凡琼, 代雨婷, 冯武, 等. 徐香猕猴桃多酚抗氧化特性研究 [J]. 华中农业大学学报 (自然科学版), 2019, 38 (1): 112-118.
- [16] Cheng V J, Aeda B, McConnell M, et al. Effect of extraction solvent, waste fraction and grape variety on the antimicrobial and antioxidant activities of extracts from wine residue from cool climate [J]. Food Chem, 2012, 134 (1): 474-482.
- [17] 宁允叶, 熊庆娥, 曾伟光. 红阳猕猴桃全红型芽变 (86-3) 的果实品质及花粉形态研究 [J]. 园艺学报, 2005, 32 (3): 486-488.
- [18] 林栋, 陈昌兴, 杨强, 等. 丽贵长猕猴桃多酚抗氧化及抑制亚硝化作用研究 [J]. 食品科技, 2019, 44 (4): 230-235, 243.
- [19] Sun H, Zhang J, Chen F, et al. Activation of RAW264.7 macrophages by the polysaccharide from the roots of *Actinidia eriantha* and its molecular mechanisms [J]. Carbohydr Polym, 2015, 5 (121): 388-402.
- [20] Zuo LL, Wang z Y, Fan Z L, et al. Evaluation of antioxidant and antiproliferative properties of three *Actinidia* (*Actinidia kolomikta*, *Actinidia arguta*, *Actinidia chinensis*) extracts in vitro [J]. International journal of molecular sciences, 2012, 13 (5): 5506-5518.
- [21] 赵红岩. 中华猕猴桃根三萜类化合物双水相超声提取工艺及抗癌活性分析 [J]. 农产品加工, 2018 (20): 29-30, 33.
- [22] Lippi G, Mattiuzzi C. Kiwifruit and Cancer: An Overview of Biological Evidence [J]. Nutr Cancer, 2020, 72 (4): 547-553.
- [23] 肖祥, 孙荣进, 江善清, 等. 猕猴桃根的药理作用及临床应用研究进展 [J]. 中国医药导报, 2014, 11 (23): 157-159.
- [24] 安泳潼, 沈龙海, 尹蓓珮, 等. 猕猴桃素-D 的抗肺癌作用和免疫调节功能 [J]. 中国医药工业杂志, 2012, 43 (10): 842-845.
- [25] 宣丽. 软枣猕猴桃多糖的结构初探及抗氧化活性、免疫活性的研究 [D]. 沈阳农业大学, 2013.
- [26] 刘祝祥, 尹红, 肖琳莉, 等. 猕猴桃根多糖抗疲劳、抗氧化与单糖组分鉴定 [J]. 食品科学, 2013, 34 (13): 239-242.
- [27] LIU Y, LIU C. Antifatigue and increasing exercise performance of *Actinidia arguta* crude alkaloids in mice [J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2016, 24 (4): 738-745.
- [28] Qu, L., Liu, Q., Zhang, Q., et al. Kiwifruit seed oil prevents obesity by regulating inflammation, thermogenesis, and gut microbiota in high-fat diet-induced obese C57BL/6 mice [J]. Food and Chemical Toxicology, 2019 (125): 85-94.
- [29] Qu, L., Liu, Q., Zhang, Q., et al. Kiwifruit seed oil ameliorates inflammation and hepatic fat metabolism in high-fat diet-induced obese mice [J]. Journal of Functional Foods, 2019 (52): 715-723.

- [30] 张齐. 猕猴桃籽多酚对高脂饮食诱导小鼠肥胖的预防作用及其机制 [D]. 西北大学, 2020.
- [31] 左丽丽, 高永欣, 张岚, 等. 狗枣猕猴桃多酚对肥胖小鼠的减肥降脂作用 [J]. 粮食与油脂, 2021, 34 (10): 132-136.
- [32] Zhuang, Ziqi, Chen, et al. The manufacturing process of kiwifruit fruit powder with high dietary fiber and its laxative effect [J]. *Molecules*, 2019, 24 (21): 3813.
- [33] Wilkinson - Smith, Victoria, Dellschaft, et al. Mechanisms underlying effects of kiwifruit on intestinal function shown by MRI in healthy volunteers [J]. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 2019, 49 (6): 759-768.
- [34] 郑长慧, 罗洁, 陆清园, 等. 猕猴桃对 D- 半乳糖致衰老小鼠的抗衰老作用研究 [J]. 中外医学研究, 2015, 13 (5): 15-16.
- [35] 孟文俊. 猕猴桃的营养保健价值及开发利用研究 [J]. 现代农村科技, 2019 (11): 103-104.
- [36] 许金光. 软枣猕猴桃多肽制备、纯化及其生物活性研究 [D]. 沈阳农业大学, 2012.
- [37] 吴丽, 谢小青, 唐春红, 等. 复合菌种发酵条件对猕猴桃饮料抗氧化活性的影响 [J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12 (24): 9514-9520.
- [38] 孙红艳, 王小云, 刘文星. 绿茶 - 猕猴桃复合饮料制取工艺研究 [J]. 食品工业科技, 2014, 35 (1): 227-231, 236.
- [39] Shin-Ichi Ohira et al. On-line electrodialytic matrix isolation for chromatographic determination of organic acids in wine [J]. *Journal of Chromatography A*, 2014 (1372): 18-24.
- [40] 徐廷. 刺梨果醋饮料的研制及其发酵过程中的品质变化 [D]. 湖北民族学院, 2018.
- [41] 钟武, 王腾腾, 张娜威, 等. 带皮发酵对‘金艳’猕猴桃果醋品质的影响 [J]. 食品科学, 2020, 41 (22): 74-81.
- [42] 孙海涛, 邵信儒, 姜瑞平, 等. 响应面试验优化超声渗糖制备野生软枣猕猴桃果脯工艺及其质构分析 [J]. 食品科学, 2015, 36 (20): 49-55.
- [43] 李翔, 聂青玉, 许彦. 三种干燥方式制备的猕猴桃脆片品质比较 [J]. 南方农业, 2021, 15 (28): 33-36.
- [44] 杨娇, 左丽丽, 张潇伟, 等. 狗枣猕猴桃压缩饼干加工工艺研究 [J]. 粮食与油脂, 2018, 31 (7): 73-76.
- [45] 冀冰. 高膳猕猴桃咀嚼片的研制及其通便功能的研究 [D]. 西北农林科技大学, 2017.
- [46] 李旭. 猕猴桃秋葵咀嚼片加工工艺的优化 [D]. 四川农业大学, 2019.
- [47] 付晓萍, 李凌飞, 赵海洲, 等. 薄荷猕猴桃果酱加工工艺的优化 [J]. 贵州农业科学, 2013, 41 (11): 171-173.
- [48] 张丽华, 李昌文, 纵伟, 等. 猕猴桃果酱制作的研究 [J]. 湖北农业科学, 2016, 55 (3): 699-702.
- [49] 王雪媛, 高贵田, 耿鹏飞, 等. 葡萄味软枣猕猴桃果肉果冻的研制 [J]. 农产品加工, 2015 (13): 19-22.
- [50] 潘梦婷. 超声波辅助水酶法提取猕猴桃籽中油脂及其微胶囊化的研究 [D]. 东北林业大学, 2016.
- [51] 冯永, 岳顺, 刘正华. 热疗辅助放化疗在晚期大肠癌的临床治疗中的应用研究 [J]. 实用癌症杂志, 2017, 32 (4): 650-652, 655.
- [52] 苏林, 彭植强, 杨琦, 等. 中药藤梨根煎剂治疗晚期大肠癌 62 例临床疗效观察 [J]. 四川中医, 2018, 36 (6): 118-121.
- [53] 王银辉, 罗丽华, 冉瑞智, 等. 藤梨根制剂对卵巢癌细胞株 A2780 MMP-2、MMP-9 和 TIMP-1 表达的影响 [J]. 临床和实验医学杂志, 2018, 17 (18): 1937-1941.
- [54] 张凡勇, 张娜, 方亮. 藤梨根制剂对胃癌 SGC-7901 细胞 MMP-2、MMP-9 和 SDF-1 表达的影响 [J]. 中医学报, 2018, 33 (2): 175-180.

- [55] 吴淑莲, 荣福. 藤梨根含药血清对肺腺癌 A549 细胞的抑制作用[J]. 广东医学, 2017, 38(16): 2432-2435.
- [56] 党辉, 关徐涛, 宋锐, 等. 藤梨根提取物与奥沙利铂在诱导人食管癌细胞 Ec9706 细胞凋亡中的协同作用[J]. 中华中医药学刊, 2017, 35(2): 286-289.
- [57] 牛强. 软枣猕猴桃枝条多糖的分离纯化及降血糖活性研究[D]. 佳木斯大学, 2020.
- [58] 陈罡, 王宇, 祝儒刚, 等. 软枣猕猴桃多糖对高脂食小鼠脂代谢的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2020, 51(3): 321-327.
- [59] 贺立洋, 魏文婕, 尹勤, 等. 中华猕猴桃果仁非饱和脂肪酸(果王素)在大鼠放射性肺损伤中的防治作用及其机制探索[J]. 中国临床药理学与治疗学, 2022, 27(2): 154-162.
- [60] 刘理静, 周美玲, 陈智魁, 等. 中华猕猴桃果仁油非饱和脂肪酸(果王素)上调含 EH 结构域蛋白 2 (EHD2) 抑制肺腺癌小鼠移植瘤生长和转移[J]. 细胞与分子免疫学杂志, 2020, 36(7): 622-627.
- [61] 田佳鑫. 软枣猕猴桃茎皮中槲皮素的提取纯化及抗氧化作用研究[D]. 沈阳农业大学, 2016.
- [62] 王冰清, 王建霞, 陈功锡, 等. 基于文献分析的中国猕猴桃属植物亚麻酸资源研究[J]. 亚热带植物科学, 2017, 46(2): 175-180.
- [63] 罗禹, 方志强, 杨楠, 等. 猕猴桃籽油对黄褐斑小鼠的作用及机制研究[J]. 中国美容医学, 2016, 25(9): 78-80.
- [64] 常清泉, 王海莲, 白晓仙, 等. 长白山产软枣猕猴桃茎叶多糖提取及抗氧化活性[J]. 北方园艺, 2018(19): 136-144.
- [65] 曹毛毛. p- 香豆酸调控猕猴桃果实采后衰老的作用机制研究[D]. 西北大学, 2019.
- [66] 邵佩, 陈胜, 罗威, 等. 猕猴桃多酚的纯化工艺及组分分析[J]. 食品科技, 2019, 44(12): 260-265.
- [67] 唐诗. 猕猴桃皮渣多酚提取及其对肠道菌群的影响作用研究[D]. 贵州医科大学, 2019.
- [68] 熊铁一, 罗禹. 猕猴桃籽油的提取、成分和增强免疫功能的研究[J]. 中国医药指南, 2014, 12(20): 96-98.
- [69] 曾目成. 猕猴桃片新型联合干燥技术研究[D]. 中国农业科学院, 2014.
- [70] 程森耀. 软枣猕猴桃喷雾干燥果汁粉制备及特性研究[D]. 吉林大学, 2017.
- [71] 孟凡池, 曹建芳, 张钰婷, 等. 超声辅助提取猕猴桃果皮及果肉中果胶的工艺优化[J]. 绿色科技, 2017(14): 283-285.
- [72] 任春燕. 基于猕猴桃木生物炭的土壤重金属修复效果评价[D]. 西北农林科技大学, 2020.
- [73] 高敏霞, 冯新, 陈文光, 等. 福建省猕猴桃果园套种经济作物栽培模式[J]. 东南园艺, 2018, 6(5): 30-32.
- [74] 高敏霞, 冯新, 赖瑞联, 等. 猕猴桃果实内在品质评价指标及影响因素研究进展[J]. 东南园艺, 2018, 6(4): 39-44.

(责任编辑: 黄雄峰)

林旗华, 刘荣章, 钟秋珍, 黄雄峰, 张泽煌. 乡村振兴背景下福建省特色现代果业发展对策 [J]. 东南园艺, 2022, 10 (2): 145–153.

LIN Qi-hua, LIU Rong-zhang, ZHONG Qiu-zhen, HUANG Xiong-feng, ZHANG Ze-huang. Countermeasures for the Development of Characteristic and Modern Fruit Industry of Fujian Province under the Background of Rural Revitalization [J]. Southeast Horticulture, 2022, 10 (2): 145–153.

乡村振兴背景下福建省特色现代果业发展对策



林旗华, 刘荣章*, 钟秋珍, 黄雄峰, 张泽煌*

(福建省农业科学院果树研究所, 福建 福州 350013)

摘 要: 福建省地理气候复杂多变, 生态禀赋优越, 造就了丰富多样的果树品种及资源, 是我国水果的特色产区。本文从果树种植面积、产量和品种结构变化等角度分析了福建省水果产业现状与演变; 从“天时”、“地利”和“人和”3个角度分析了福建发展特色现代果业的优势。同时, 针对福建果业存在的问题与不足, 从加强政府扶持与引导, 做好果业区域规划, 加强果树资源收集保存利用与新品种培育, 调整品种结构, 提升果业现代化水平, 实施福建特色果业品牌化战略, 促进果业产业化水平提升, 深入推进科技特派员制度, 促进乡村休闲果业发展和加强闽台果业合作等方面提出十点对策与建议, 以期助力福建省特色现代果树产业的健康与可持续发展。

关键词: 特色现代果业; 福建省; 乡村振兴; 对策

中图分类号: F326.13

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2022) 02-0145-09

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2022.02.010

Countermeasures for the Development of Characteristic and Modern Fruit Industry of Fujian Province under the Background of Rural Revitalization

LIN Qi-hua, LIU Rong-zhang*, ZHONG Qiu-zhen, HUANG Xiong-feng, ZHANG Ze-huang*

(Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Science, Fuzhou, Fujian 350013, China)

Abstract: The complex and changeable geography and climate of Fujian Province and its superior ecological endowments have created a rich variety of fruit tree species and resources. It is a characteristic fruit producing area in China. This paper analyzed the current situation and evolution of the fruit industry in Fujian Province from the perspectives of fruit tree planting area, yield and fruit selection, and analyzed the advantages of Fujian's development of characteristic modern fruit industry from the perspectives of “opportune time”, “geographic

收稿日期: 2022-01-23

基金项目: 福建省属公益类科研院所基本科研专项 (2019R1028-10, 2020R1028004); 福建省星火项目 (2020S0059); 福建省农业种质资源创新专项 (福建特色果树种质资源挖掘与创新利用); 省级种质资源保护单位 (福建省特色果树种质资源圃)

作者简介: * 为通讯作者, 刘荣章 (1967-), 男, 研究员, 主要从事农业可持续发展研究, E-mail:350306402@qq.com。

张泽煌 (1973-), 男, 研究员, 硕士, 主要从事果树育种及栽培研究, E-mail:419091816@qq.com。

林旗华 (1980-), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事果树遗传育种与分子生物学研究, E-mail:linqihua168@126.com

advantage” and “unity of the people”. At the same time, according to the problems existing in Fujian fruit industry, ten countermeasures and suggestions are put forward, in order to help the healthy and sustainable development of the characteristic modern fruit tree industry in Fujian Province. Including strengthening government support and guidance, doing a good job in regional planning of the fruit industry, strengthening the collection, conservation and utilization of fruit tree resources and the cultivation of new varieties, adjusting the variety structure, improving the modernization level of fruit industry, implementing the branding strategy of Fujian characteristic fruit industry, promoting the improvement of the industrialization level of the fruit industry, further promoting the science and technology commissioner system, promoting the development of the rural leisure fruit industry and strengthening the cooperation between Fujian and Taiwan fruit industry.

Key words: Characteristic modern fruit industry; Fujian province; Rural revitalization; Countermeasures

中国是世界水果生产大国,水果种植面积和产量均居全球第一,但是水果品质和效益与果业发达国家相比还存在较大的差距^[1]。目前我国已经进入到经济高质量发展转型的新时期,乡村振兴战略在“党的十九大”中应运而生,提出了“产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕”的乡村振兴战略总要求,其中“产业兴旺”排在首位^[2]。作为主要经济作物的水果产业已经成为很多农村发展经济的支柱产业,取得较为显著的经济效益和社会效益。促进果业发展,成为提高农民经济收入、提升农民生活质量、振兴乡村经济和缩短城乡差距的很好选择^[3]。做好做强水果产业对实现福建乡村振兴意义重大,福建要通过现代化果业先进技术和理念的推广应用,挖掘福建果业“特色”,实现乡村振兴,向“果业强、果乡美、果农富”的目标迈进。

1 福建果业发展现状

近年来,按照中央和省“三农”工作的部署要求,福建省水果产业围绕“特色现代”的主线,按照高质量发展的要求,通过选育引进果树新品种和推广新优果树栽培技术,初步建成了果类搭配齐全、品种优良、区域布局科学的生产基地,取得了较为显著的社会和经济效益,果业已发展成为福建省特色优势农业产业之一,2020年果业被省委列入福建省重点做强做优做大的十大乡村特色产业^[2]。福建省的水果产业中,柚类、橄榄的种植面积与产量均居全国第一,平和县是“中国柚都”“世界柚乡”,闽侯县是“中国橄榄之乡”。

1.1 水果种植面积萎缩,产量不断提升

2020年全省水果种植面积达35.58万hm²,占全国总面积(1264.6万hm²)的2.81%。2000年到2015年,呈大幅下降,2015年以后呈小幅回升。

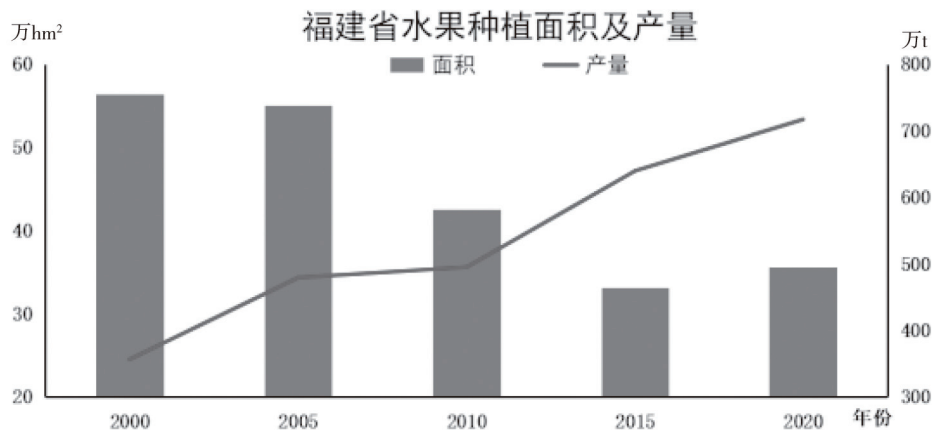


图1 福建省水果种植面积及产量变化

2020 年全省水果种植面积为 2000 年的 63.12%，比 2000 年减少了 20.79 万 hm^2 ，但比 2015 年增长了 7.23 %。

2020 年全省水果产量达 717.05 万 t，占全国总产量（28 692.4 万 t）的 2.20%。2000 年以来水果产量总体呈稳步上升的趋势，2020 年全省水果产量达到了 2000 年的 2.01 倍，比 2000 年增加了 360.61 万 t^[4]（图 1）。漳州市、福州市和三明市是福建省水果生产大市，3 个地区的水果种植面积和产量分别占全省的 60.79 % 和 75.47%^[5-7]。

1.2 水果种植种类丰富多样

福建属亚热带海洋性季风气候，地理气候复杂多变，生态禀赋优越，既适宜种植亚热带果树，又可种植温带果树和热带果树^[8-10]。种植面积超过 1 万 hm^2 的有柚类、柑橘类（不含柚）、龙眼、

李、枇杷、荔枝、梨、桃、香蕉、葡萄、杨梅和青梅等，此外橄榄、柿子、菠萝、番石榴、莲雾、火龙果、百香果、青枣、番木瓜、番荔枝等多种果树也有商业化栽培。其中柚类是福建省种植面积最大的果类，种植面积为 7.82 万 hm^2 ，占比 22.73%；其次为柑橘类（不含柚）、龙眼、李和枇杷，种植面积分别为 5.60 万 hm^2 、3.01 万 hm^2 、2.59 万 hm^2 和 2.04 万 hm^2 ，占比分别为 16.33%、8.75%、7.53% 和 5.93%。2020 年福建省水果产量高的也是柚类，产量高达 279.11 万 t，占比为 38.92%；其次为柑橘类（不含柚），产量为 106.99 万 t，占比 14.92%。产量超过 20 万 t 的还有香蕉、李、枇杷、葡萄和龙眼等，占比分别为 6.30%、4.97%、4.68%、3.19% 和 3.07%（图 2）。

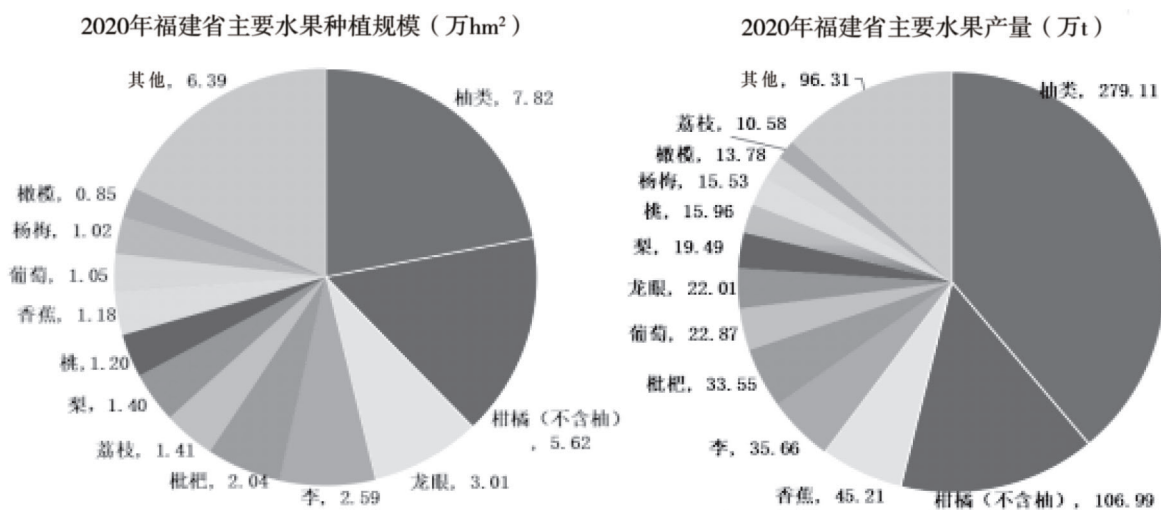


图2 福建省2020年主要水果种植面积及产量

1.3 水果种植结构调整

2020 年与 2000 年相比，福建主要水果占比增加最大的 5 个树种分别是柑橘（含柚）、葡萄、李、枇杷和杨梅，占比分别增加 14.60、2.59、2.54、1.30 和 0.52 个百分点^[4]（图 2、图 3）。柑橘占比的增加主要是这期间柚类在平和等地的大面积扩种，平和柚种植面积从 2000 年的 1.92 万 hm^2 增加到 2020 年的 5.39 万 hm^2 。葡萄占比的增加是由于避雨栽培模式的成功应用，解决了“南方不宜种植

葡萄”的问题。2020 年与 2000 年相比，福建主要水果占比减少最大的 5 个树种分别是龙眼、荔枝、柿、香蕉和桃，占比分别减少了 7.36、3.03、2.43、2.42 和 0.95 个百分点（图 2、图 3），这些果类占比的减少主要是因为效益不佳导致。此外 2000 年以来，以热带果树为主的新兴果树，如火龙果、莲雾、百香果、芒果、番石榴和释迦等也在福建落地生根，但由于适宜种植的区域主要集中在漳州等地，总体面积还比较小^[11-12]。

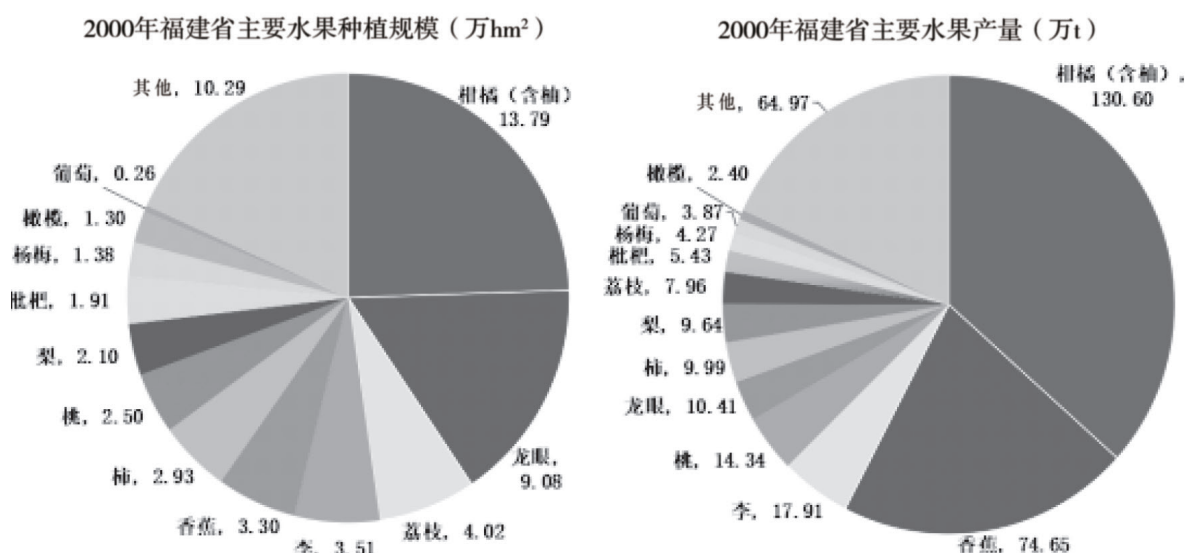


图 3 福建省 2000 年主要水果种植面积及产量

2 福建发展特色现代果业的核心优势

2.1 “天时”——国家和省政策大力支持

党中央和习近平总书记非常关心福建的“三农问题”，习近平总书记在闽工作期间，针对“三农”问题就开创了一系列生动实践，取得了一系列丰硕成果，形成了丰富的“三农”工作理念^[1]。2014年习近平总书记在闽考察时强调，特色农业是福建农业的优势所在，也是福建农业的亮点所在，要切实加快特色现代农业建设。2021年春习近平总书记又一次来到福建，针对“三农问题”，总书记强调指出，福建要加快推进乡村振兴，立足农业资源多样性和气候适宜优势，培育特色优势产业。2017年以来，福建省先后印发《福建省乡村产业振兴专项规划（2018–2022年）》、《关于加快农业七大优势特色产业发展的意见》、《福建省促进乡村产业振兴实施方案》、《进一步推动十大乡村特色产业高质量发展工作方案》、《关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的实施意见》等文件，为全面推进乡村振兴做出总体部署，为做好当前和今后一个时期“三农”及“果业”工作指明了方向。

同时，福建深入推进习近平总书记在闽工作

时开创的科技特派员制度，引导特派员助力乡村特色果业发展，依靠科特派这个密切产学研联系的纽带，通过提供技术咨询、联合研发、成果转化等服务，推动企业、合作社和水果种植大户等发展，成为果业科技创新支撑高质量发展的重要载体和力量，解决了科技服务果农的最后一公里，为福建特色现代果业的高效发展提供了扎实的技术保障^[13]。

2.2 “地利”——地理生态禀赋独特

福建省地处祖国东南沿海，在北纬 23°33′~28°19′，东经 115°50′~120°43′之间，跨中、南亚热带气候，境内多山，群峰耸峙，山岭蜿蜒，丘陵起伏，素有“八山一水一分田”之称，以福州—福清—永春—漳平—上杭为分隔线，分为中亚热带和南亚热带 2 个气候区域^[8–10]。福建复杂多变的地理气候条件，造就了丰富多样的生物气候类型，生态禀赋优越，不仅果树多样性资源丰富，既可种植亚热带果树，还可种植温带果树和热带果树，还使其成为一些热带、亚热带果树分布的最北缘区域，如闽东沿海地区纬度虽然较高，但背山面海的地形特点，成为了我国自然条件下龙眼、荔枝等果树栽培的北缘地区，通过一些晚熟优良品种的选育和推广，晚熟的优势更加显著，

具有独特的市场竞争优势。位于福建中北部的福州闽侯县、闽清县，依托闽江的小气候环境，在闽江两岸种植有大量的橄榄树，是我国橄榄最大、品质最优的北缘产区。

同时，福建与台湾隔海相望，自然气候条件相近，台湾的水果产业发展早、拥有丰富的果树种类、众多的优良果树品种、先进的果树配套栽培技术、领先的果业发展理念。近水楼台先得月，学习台湾先进的水果产业发展经验，对福建特色现代果业的高效健康发展具有积极的借鉴与启示作用。

2.3 “人和”——群众吃苦耐劳爱钻研

福建地少人多，人均耕地面积只有 333 m²，仅为全国平均水平的三分之一。但是，福建人民自古以来就有吃苦耐劳的优良传统和爱拼才会赢的创业干劲。位于福建东北部的福安市，经过 13 万葡萄从业者近 40 年的探索发展，从打破“南方不宜种植葡萄”的传言，到荣膺“中国特色巨峰葡萄之乡”和“南国葡萄之乡”，2020 年全市种植葡萄面积约 5 333 万 hm²、总产量近 9 万 t，全产业链产值达 25 亿元，占全市农林牧渔业总产值近三成，成就了福安最具特色的水果产业。位于闽江北岸山坡上的闽清县梅溪镇梅埔村白河江自然村，全村 85 户 300 多人，耕作条件极差，10 多年来通过主动借助科技力量和总结生产经验，集成了高接换种、深翻施肥、合理用药、养蜂授粉、修剪控梢、促矮早产、人工采果等一系列精细化栽培技术，不断改善橄榄品质，扩大种植面积，发展鲜食橄榄产业。如今，白河江村种植橄榄面积达 133 hm²，年销售额达 5 000 多万元，平均每户收入 60 多万元，人均收入 12 万元。通过橄榄产业发展—人才归聚—乡村振兴的良性循环，白河江人大力实施橄榄兴农战略，逐渐将白河江打造成了一二三产融合的橄榄小镇。

3 福建果业存在的问题与不足

3.1 缺少总体规划

果树种植的目的是让农民实现增收增效，实现这一目标的首要任务是种植出高产、优质、高效的果品，前期由于缺少总体规划，未能因地制宜与科学规划。一方面很多果树种植在不适宜的地区，导致受冷害影响，严重影响种植效益；另一方面盲目跟风种植，看到效益好的果树就一拥而上，导致后期大量滞销。

3.2 品种结构仍不合理

一是品种结构不合理，同种水果的上市期过于集中，果农为了追求高价，大部分水果被早采，导致果品综合质量较差，未能展现出水果原本的优特品质。二是优新品种的选育、更新和推广速度慢，果树由于投产周期长，更新换代尤其不易。三是选择水果种类的盲目性较大，果树发展没能适地适栽，致使个别年份不适宜区果园受到自然灾害的严重影响。

3.3 产业链发展不均衡

福建果业产业链发展不平衡，果业整体效益的提升受到严重制约，特别是果品贮藏、加工和市场营销等产后环节，成为产业链中最薄弱的环节。保鲜技术的落后导致运销过程中大量果品发生腐烂变质，导致增产不增收；缺乏高端果品加工及能深加工和综合利用的企业，少量加工企业也多是以传统的手工作坊为主，以制干、制罐为主，科技含量低，缺乏现代化的加工企业。

3.4 产业化、组织化程度仍偏低

福建水果的种植管理模式以一家一户一园为主，种植管理技术的标准化水平不高，差异大，这种生产经营方式不利于果业的持续稳定发展。分散的农户难以分析预测市场需求及变化，承担市场变化带来风险的能力弱。缺少效益好、有示范带动的龙头企业，产业优势未能得到充分发挥。

3.5 果园自动化、机械化水平低

福建由于地理地貌的限制，95%以上的果园分布在山地和丘陵^[8]，不利于大型农业机械和自动化设备的使用；同时，由于生产起点低，投入不足，大部分果业生产环节仍然以原始的手工劳

动为主,劳动强度大、效率低下,大大限制了果业的高效发展。

3.6 农村劳动力转移与从业人员老龄化突出

改革开放以来,社会经济迅猛发展,城镇化脚步持续加快,大量农村劳力转移进城打工,大量果园被放弃或粗放管理,果业的持续健康发展受到影响。同时,由于留在农村的劳动力不足,导致从事果业生产的劳动力老龄化愈发严重,不利于果树新品种新技术新成果的推广应用。

3.7 品牌意识较薄弱

福建果业在品牌意识方面比较薄弱,这不仅影响水果效益的提升,也限制了果品的顺畅销售。果品的品牌与质量是相互促进,相辅则效益倍增,反则效益减半。

3.8 产学研衔接不够通畅

近年来,福建省产学研结合得到了长足的发展,一大批果树新品种、新技术等科研成果在实践中得到了应用和推广,促进了果业的发展,但也存在许多不足之处。由于各方在思想认识、利益分配、文化融合、信息沟通方面存在着的问题,导致大量成果处于闲置状态,未能真正发挥作用。

3.9 休闲果业的作用发挥不充分

福建区域内的休闲果园总体规模小、季节性较强,从休闲观光的角度看,总体水平较低,主要偏向于水果生产,以低层次的采摘、品尝为主,特色创意不够,缺少主题果园景观,科普作用也明显不足。

4 福建发展特色现代果业的对策与建议

4.1 加强政府扶持与引导,把特色现代果业作为乡村振兴的重要途径

加强政府对特色现代果业的扶持与引导,通过各种鼓励扶持和优惠政策等措施,引导农户依托当地自然资源、地理环境、气候条件等区位优势,发展本区域特色、优势果树产业,形成“一村一品”、“产业强镇”和“优势产业带”的产业布局,做大做强特色果树产业,提高特色果品高质量发

展水平。通过政策扶持、规划先行、技术引领、示范带动、品牌促进等,引导果农调整果类及品种结构,提质增效,深化果业供给侧结构性改革,促进产业转型升级,推动农业从一产向二三产业延伸,让特色现代果业发展成福建乡村振兴、农民增收致富的重要产业支撑。

4.2 做好果业区域规划与控制,提升区域特色果树产业水平

要依托地区地理气候、生态资源禀赋等优势特点,利用和发挥福建各区域独特的气候、地理和地形优势,进行区域规划,总结产业优势,科学合理布局,在福建省内不同区域发展不同的果树种类。同时分析周边省份同类果品生产情况,挖掘产业优势,通过品种更新和产业水平提升,保持和增强产业竞争优势,争做产业发展的引领者,实现利润最大化。按照“适地适栽、因地制宜、合理规划、有序发展”原则,科学评估,充分发挥品种、树种和当地生态条件的综合优势,因地制宜引导主栽果类向适宜区集中,让具有区域竞争优势的果树种类在“最适宜区”和“适宜区”适度发展优势产品,形成主导产业。而在“次适宜区”限制发展或不发展。要坚持需求导向和效益优先的原则,依据果业供给侧改革要求,充分发掘福建省果业发展优势,分析果业发展的短板和不足,优化全省果树生产区域布局。

通过总结与分析平和柚子、福安葡萄、永泰芙蓉李、永春芦柑、诏安青梅、云霄杨桃、龙海杨梅、同安龙眼、莆田枇杷、永定红柿、建阳桔柚、建宁黄花梨等福建特色果业品牌成功经验,分析今后市场发展趋势和将面临的挑战,扬长避短,通过新品种、技术集成推广与应用,以市场为导向,优化果树产业品种结构,对符合市场需求、具有区域特色、经济效益明显的果树品种进行重点扶持,优化早、中、晚熟品种布局,打造一批品质优良、栽培技术先进、配套设施完善的福建传统名优特果品生产基地,实现福建特色现代果业区域化、规模化、品牌化发展,通过产业振兴,促进乡村

振兴。

4.3 加强果树资源收集保存、利用与新品种培育

福建的特色现代果业以“特”取胜，其特色的基础在于资源和品种。资源是福建特色果业保持优势的重要基础，因此要提高福建特色果树资源的收集保存、鉴定、评价与创新利用水平，创制综合性状优良、目标性状突出的特色果树种质资源，提高福建特色资源的利用水平，为促进特色果树资源创新利用、果业产业化发展等提供基础。加强选育适合地方特色的品种，在现有的品种基础上，分析产业需求，制订育种目标，通过杂交育种、芽变选种和辐射育种等多渠道，选育出不同熟期、品质优良、适应性强和抗逆的特色果树品种，增强福建特色水果产业优势和竞争力。

4.4 调整品种结构，促进产业链延伸，做大产业蛋糕

调整和优化福建特色果品的早、中、晚熟品种结构，适当增加耐贮藏品种，通过贮藏保鲜等方式延长果品供应期，通过产业化改造和提升，将小果种打造成大产业。针对不同销售群体，生产不同风味品质、特殊保健效果和绿色有机等特色的鲜食果品，满足市场多样化、优质化的需求。针对青梅、柿子、橄榄和芙蓉李等多用途水果，培育适合食品加工要求的优良品种，为果品加工提供原材料，做大做强水果产业蛋糕。例如诏安县的青梅第一产业年产值只有1个多亿元，但通过产业链延伸，全产业链年产值达60亿元。要突破传统果树生产理念，利用福建沿海地区的交通运输便利、合资企业多、加工业较发达、国际贸易通畅、产业标准较高等优势条件，推动与果业相关的外向出口型和精深加工型企业发展，促进果业生产向第二第三产业延伸，做大产业蛋糕，实现更高的经济效益。

4.5 提升果业现代化水平，提高果业生产效率

针对务农人口减少、农村人口老龄化、劳动力成本上升等问题，顺应果业生产由传统劳动密集型生产方式向机械化、设施化、智能化、网络

化等生产方式转变。学习国（境）内外先进经验，融合新技术，推广适应福建丘陵山地果园的小型、智能机械，减少人力浪费，实现高效生产。加快果园设施化改造，通过推广温室大棚等设施，实现果品产期调节，调整果品淡旺季供应。根据各地生产环境与需求，推广测土配方施肥、果园环境监测、水肥一体化、虫情监测自动化，建设智能示范果园。充分利用5G时代带来的技术变革，加速果业现代化进程，将5G技术应用到果业物联网、科学种植、果品流通溯源等领域，推动果业走向数字化、智能化时代，实现福建特色果业可持续健康发展。

4.6 实施果业品牌化战略，提升果品市场竞争力

开展水果产业品牌提升行动，塑造福建特色果业品牌，增强福建特色水果品牌竞争力。加强地理标志产品、区域特色果品等现有果业品牌规范化管理，强化品牌质量管控，通过品牌化战略改变果业产业化程度较低的现状。促进龙头企业培育、发展和壮大，建立果业协会和果业合作社等新型农民主体，通过提质增效技术应用和优势果业品牌打造，将现有果品生产从单一追求总量增加调整为控量、提质、节本、增效、绿色、安全的高价值果品生产。通过果品分级、包装、贮藏和运输等新技术、新标准运用与推广，改进现有果品粗放销售的产业模式；面对不同的市场需求，提供品牌化、差异化的产品，提高市场竞争力，做强果品终端产业。扶持龙头企业、新型农民主体和家庭农场等新型果业主体，着力打造网络直播购物等融媒体平台联动的营销新模式，通过品牌塑造，提升福建果品的市场竞争力，促进福建特色果业持续和健康发展。

4.7 提升果业产业化水平，推行“绿色”消费，实现可持续发展

通过招商引资，吸引外来资本投资果业，引进资金和技术，促进果树产业向市场化、产业化方向转变。实施各类人才返乡创业优惠措施，加大信贷、税收和子女教育等政策扶持力度，鼓励

引导家庭农场、合作社、龙头企业积极参与水果生产,提高水果生产集约化、专业化、组织化水平,走“大而强”水果生产经营之路。打造利于返乡人才创业的环境,加大政策扶持,建立果园流转机制和平台,提升返乡创业人员扩大投资和再生产能力,实现返乡创业人员的自我发展和实力壮大能力,让乡村成为返乡青年创业、就业、居住的美丽新农村,实现乡村的可持续发展。要支持引导果农资本投入果园基础设施等建设,让特色果树产业成为乡村群众增收的经济支柱,实现果业的内生可持续循环发展。针对目前大多水果包装与快递使用发泡塑料托盘和聚氯乙烯塑料包装袋等不环保材料,以及过度包装的现状,倡导“碳中和”“碳达峰”理念,提倡轻简包装,多就地取材,利用树藤、树条等材质编织水果篮,使用新型 PBAT 等材料制作的可降解包装材料。

4.8 深入推进科技特派员制度,引导特派员助力乡村果业发展

科技特派员制度是习近平总书记在闽工作时最先开创的,实施以来不断为“三农”工作注入强大活力,培养了一大批懂农业、爱农村、爱农民的“三农”工作队伍,对于解决科技服务农业农村第一线、实施乡村振兴战略意义重大。2019 年 10 月 20 日,习近平总书记在“科技特派员制度推行 20 周年总结会议”上对科技特派员制度做出重要指示,强调“要坚持把科技特派员制度作为科技创新人才服务乡村振兴的重要工作进一步抓实抓好”。要实现果树新技术、新品种的推广应用,必须借助科研人员的力量,通过科技特派员这个密切产学研联系的纽带,为基层果农、合作社、企业等提供技术咨询、联合研发、成果转化等服务,破解水果品质、产量等发展瓶颈,推动福建果业科技创新发展,解决科技服务果农的最后一公里,更好地为乡村果业振兴服务。

4.9 促进乡村休闲果业发展

改变传统观光果业仅有果品采摘的单一模式,丰富休闲内涵,通过果品生产、果品加工与果树

文化、果树科技和健康生活等内容的整合,加大果业发展与古籍典故、诗词词赋、社会习俗、餐饮文化等果业文化融合,打造集“可游、可养、可居、可业”的乡村果园景观综合体,建设果树生产、学、研的三产融合基地,将乡村果园打造为城乡中小学生研学基地,成为城市居民种植体验、采摘等乡村生活体验的休闲目的地,让乡村果园既有颜值又有产值,成为引领绿色、生态、健康方式的新型农村。通过观光休闲果业产业打造,让乡村形成积极向上、邻里和谐的乡村文化,紧跟中国特色社会主义时代主旋律,将乡村打造成社会主义精神文明建设的重要阵地,打造成弘扬社会主义核心价值观宣传的重要阵地。

4.10 加强闽台果业合作,提高福建特色现代果业发展水平

福建和台湾隔海相望,地理气候条件相似,台湾果业发达,曾进行 3 次大规模的世界性引种,拥有丰富的果树种类和众多的优良品种,引进的果树经过筛选、育种和配套栽培技术研究,使台湾果树的品质、产量及产值实现了大幅度提升^[14-15]。台湾果树产业以优异新品种选育、精细化管理及产期调节等见长,在果品出口、市场营销等方面也具备丰富的经验。加强闽台果业交流与合作,不断促进台湾优新果树品种及配套栽培技术的引进,通过双方资金、人员和技术合作,共同开展产业关键技术和产业难题攻关,促进相关产业技术更新换代,实现两地果树产业互惠互利、协同发展、合作共赢。

参考文献:

- [1] 王海波,杨振锋,丛佩华,等.我国果业重大使命和“十四五”重点任务[J].中国果树,2022(4):1-4.
- [2] 于伟国.发展特色现代农业加快乡村振兴步伐(省委书记谈乡村振兴③)[N].人民科技日报,2018.01.15(10).
- [3] 刘妮雅.乡村振兴背景下“三农”问题解决新路

- 径探索[J].农业经济,2021(12):38-39.
- [4]福建省统计局.福建统计年鉴-2021[M].北京:中国统计出版社,2021.
- [5]漳州市统计局.漳州统计年鉴-2021[M].北京:中国统计出版社,2021.
- [6]福州市统计局.福州统计年鉴-2021[M].北京:中国统计出版社,2021.
- [7]三明市统计局.三明统计年鉴-2021[M].北京:中国统计出版社,2021.
- [8]施清,李健,林诚智.福建果业现状与对策[J].福建农业科技,2009(3):84-87.
- [9]施清.福建果业现状及今后发展思路[J].福建农业科技,2004(4):11-13.
- [10]陈清西,王玉玲.台湾芒果在漳州的适应性与配套栽培技术[J].中国南方果树,2004(3):43-44.
- [11]林旗华,刘荣章,钟秋珍,等.漳州市2000-2018年水果产业规模变化与结构调整分析[J].东南园艺,2020,8(1):41-46.
- [12]林旗华,钟秋珍,张泽煌.漳州市果树产业现状与对策[J].东南园艺,2018,6(6):53-56.
- [13]谢开飞.牢记总书记嘱托,福建擦亮科特派“金字招牌”[N].科技日报,2022.03.22(2).
- [14]罗应贵,詹兴堆.台湾果业发展概况及闽台果业合作思考[J].福建果树,2011(2):29-35.
- [15]林旗华,刘荣章,钟秋珍,等.闽台果树产业发展演变与启示[J].东南园艺,2021,9(2):54-58.

(责任编辑:许玲)

洪佳凯, 范水生. 沿海省份山区耕地撂荒问题与对策分析——以永泰县多云乡为例 [J]. 东南园艺, 2022, 10 (2) : 154–160.

HONG Jia-kai, FAN Shui-sheng. Analysis on the Abandonment of Cultivated Land in Mountainous Areas of Coastal Provinces and Its Countermeasures with Danyun Town, Yongtai County as an Example [J]. Southeast Horticulture, 2022, 10 (2) : 154–160.

沿海省份山区耕地撂荒问题与对策分析 ——以永泰县多云乡为例



洪佳凯, 范水生 *

(福建农林大学经济与管理学院, 福建 福州 350002)

摘 要: 为了解沿海省份耕地撂荒原因, 保障粮食安全并推动乡村振兴, 本文于 2021 年 7 月对福州市永泰县多云乡进行实地调研, 简要分析当地耕地撂荒和土地闲置状况, 剖析山区耕地撂荒成因主要有农业生产效益低、产业化进程缓慢、生产缺乏劳动力、流转交易市场尚未成熟和社会保障体系落后等, 并提出了包括加大财政金融支持力度、发展集中连片科技经营、调整农村社会保障政策、发展特色优质高效农业和落实耕地管控政策法规等治理对策, 以期为治理沿海省份山区耕地撂荒问题提供借鉴。

关键词: 耕地撂荒; 现状; 成因; 治理对策

中图分类号: F323.211

文献标识码: A

文章编号: 2095-5774 (2022) 02-0154-07

DOI: 10.20023/j.cnki.2095-5774.2022.02.011

Analysis on the Abandonment of Cultivated Land in Mountainous Areas of Coastal Provinces and Its Countermeasures with Danyun Town, Yongtai County as an Example

HONG Jia-kai, FAN Shui-sheng *

(College of Economics and Management, Fujian agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract: In order to understanding the causes of cultivated land abandonment in coastal provinces, ensure food security and then promote rural revitalization, field survey of Danyun Town, Yongtai County, Fuzhou City was conducted in July 2021, and the situation of local cultivated land abandonment and land idleness was briefly analyzed. The reasons for the abandonment of cultivated land in mountainous areas were deeply analyzed, including low benefits of agricultural production, slow industrialization process, shortage of labor in production, immature circulation and trading market, backward social security system and others. Some countermeasures were put forward for the abandonment of cultivated land, including increasing financial support, developing scientific and technological management of centralized contiguous land, adjusting rural social security policies, developing characteristic high

收稿日期: 2022-02-01

作者简介: * 为通讯作者, 范水生 (1977-), 男, 教授, 博士, 主要从事多功能农业与区域发展、茶叶经济等方面研究, E-mail:348694206@qq.com。洪佳凯 (2001-), 男, 主要从事农村区域发展与乡村振兴方向研究, E-mail:2195860972@qq.com

quality and efficient agriculture and implementing policies and regulations on cultivated land control so as to provide references for solving problem of abandonment of cultivated land in mountainous areas of coastal provinces.

Key words: Abandonment of cultivated land; Situation; Reasons; Countermeasures

民以食为天,食以地为本。耕地为农民从事农业生产提供了广袤的劳动空间,也是农产品供应的重要基础和保证。据统计,2021年我国粮食总产量达6 828.5亿kg,比上年增加133.5亿kg,全年粮食产量连续7a保持在6 500亿kg以上^[1],能够初步满足国人日常消费需求,基本摆脱了多种粮食产品的进口依赖。在新型工业化与城镇化持续发展的背景下,国家始终大力支持“三农”领域,以守住国家粮食安全底线和12.01亿hm²耕地红线为目标,提出完善和保障国家粮食安全制度,并出台了一系列政策法规。2022年中央一号文件指出,要持续稳定全年粮食播种面积和产量,落实“长牙齿”的耕地保护硬措施,统筹划定落实3条控制线的同时,分类明确耕地用途,严格落实耕地利用优先顺序,完善耕地占补平衡政策和加大耕地执法监督力度^[2]。由此可见,耕地利用领域的政策法规框架初步形成,撂荒耕地由农民私人行为上升为政府治理行为,管控责任更加明晰,治理手段日趋完善。

撂荒耕地不仅造成耕地资源的浪费,更关乎粮食产量平稳增长的大局,其重要性不言而喻。但福建等南方沿海省份当前由于受山地丘陵地区自然条件存在特殊性,以及城镇化带来的农村劳动人口转移等问题的影响,耕地撂荒现象愈发成为山区农村不可忽视的一大问题,耕地面积总量不断减少,抛荒撂荒面积逐年增加。地方政府每年出台不少复耕复产、代耕代种的扶持政策,阶段性地部分解决了撂荒问题,但耕而复荒的现象比较突出,目前尚未找到彻底解决该问题的良策。

关于耕地抛荒的产生原因,学者们针对其形成机制进行了深入剖析,刁官玉等^[3]借助显隐性撂荒定义,认为种粮效益低,结构调整难,扶农缺力度和执法难度大是土地撂荒的成因。邢晓雯^[4]认

为教育程度偏低和劳动力外流也是农村土地撂荒的形成原因。李诚等^[5]为农村土地供求搭建了一套制度构架,并进行了经济学公式和函数分析,认为造成撂荒的因素有需求不足、供给障碍和区域经济发展不平衡等。姜保国等^[6]通过对山地丘陵地区进行研究,认为土地流转机制、土地政策的不健全和执行偏差,导致农民宁愿放任撂荒,也不愿意种田或流转。别采妍等^[7]认为自然灾害频繁、耕地条件较差导致流转难度大是宁夏省隆德县土地撂荒的部分原因。黄娇花等^[8]以桂平市新德村为例,通过问卷和走访调查得出土地分配不合理、从众守旧等思想都是农村土地抛荒的成因之一。

学者们科学研判撂荒现状,并提出相应的治理对策。王为民等^[9]从完善农村社会保障制度、确保土地流转制度实施、加强土地集约经营等方面进行论述,以从根本上解决土地撂荒问题。刘珺^[10]认为有必要创新土地流转模式,加大农业基础设施建设力度并推广农业新技术。徐莉^[11]认为在治理过程中可以采取妥善解决“劣等地”,将抛荒地集中连片等措施。王敏等^[12]从创造就业机会吸引劳动力回流、加大种粮补贴力度、建立土地与农民适当分离的制度和厘清“三权”界限方面提出了治理对策。王温鑫^[13]认为可以从实行抛荒责任追究制、建立承包地托管、退出和抛荒处罚机制等入手解决。

基于以上研究背景,本文将以福州市永泰县多云乡为例,通过走访调查与问卷调研相结合的方式,深入剖析耕地撂荒的原因,并针对撂荒耕地治理问题提出行之有效的对策。

1 山区耕地撂荒现状

在引发耕地总面积减少的众多因素中,既有

工业化城镇化建设带来的土地使用类型转变,也有退耕还林还草和自然灾害导致的耕地流失,以及不合理利用和撂荒造成的耕地面积减少。为了解山区的耕地利用情况,调研组于 2021 年 7 月赴福州市永泰县丹云乡进行实地调研。该乡位于福州市西南部,总面积 6 万 hm^2 ,平均海拔 640 m,属亚热带季风气候区,适宜种植绿茶、李、黄桃、青梅等特色农作物,下辖丹云、赤岸、翠云、下洋、前洋和溪坪等 6 个自然村,全乡共 1 500 户,户籍人口 4 000 余人,远离县城且交通不便,劳动力流失严重,常驻人口极少,耕地撂荒情况较为突出,具备福建沿海低山丘陵地区乡镇的典型特征。

因翠云村所处位置距离丹云乡核心区较远,地理环境与山区特征存在差异,未纳入考察范围。调研组只对其余 5 个自然村进行问卷调查,采取随机调查与入户访谈相结合的方式,收集现有耕地面积、耕地生产和撂荒状况、撂荒原因及土地流转政策知晓度等信息。最终对回收的 114 份有效调查问卷进行数据统计,结果显示,有 102 户拥有耕地,占 89.47%,其中 99 户耕地面积超过 10.67 hm^2 ,占 86.84%。结合公开的统计数字进行对比分析后发现,山区耕地利用方面存在如下 2 个突出问题。

1.1 耕地撂荒抛荒问题愈演愈烈

全乡 114 户受访村民中有 66 户撂荒抛荒耕地,

占 57.89%,其中 38 户村民表示未来也不会继续耕种,占 33.33%。在严格保护耕地用途的大背景下,耕地撂荒逐渐成为导致耕地总面积下降的重要因素。

1.2 耕地显性撂荒与季节性隐性撂荒并存

全乡 114 户有 29 户家中耕地已无长期生产,占 25.44%,耕地生产状况存在显性撂荒现象。85 户仍有长期耕种,其中丹云村、前洋村等地共有 17 户已将自家耕地流转给大型企业(超市、药企)进行规模化生产,但全年只种植 1 季作物(蔬菜、中草药等),存在季节性隐性撂荒现象;另 58 户耕地处于自给状态,也存在不同程度的隐性撂荒现象。丹云乡耕地撂荒的具体原因如图 1 所示(原调查问卷为多项选择),有 18 户因原本长势较好的农田常年受到野猪侵袭,村民生计与野生动物保护政策的矛盾未能得到有效解决;20 户认为相比于从事农业耕种,更愿意选择其他工作,这也进一步导致丹云乡各村劳动力外流,留守村民以中老年人为主,因此有 80 户表示家中缺乏劳动力耕种;46 户因往年耕地收成和效益不好而不再耕种;10 户由于自有耕地位置过于偏远,日常打理困难而撂荒;4 户因缺乏资金导致撂荒。总体而言,丹云乡显隐性撂荒状况并存,相比之下隐性撂荒现象更加不可忽视。

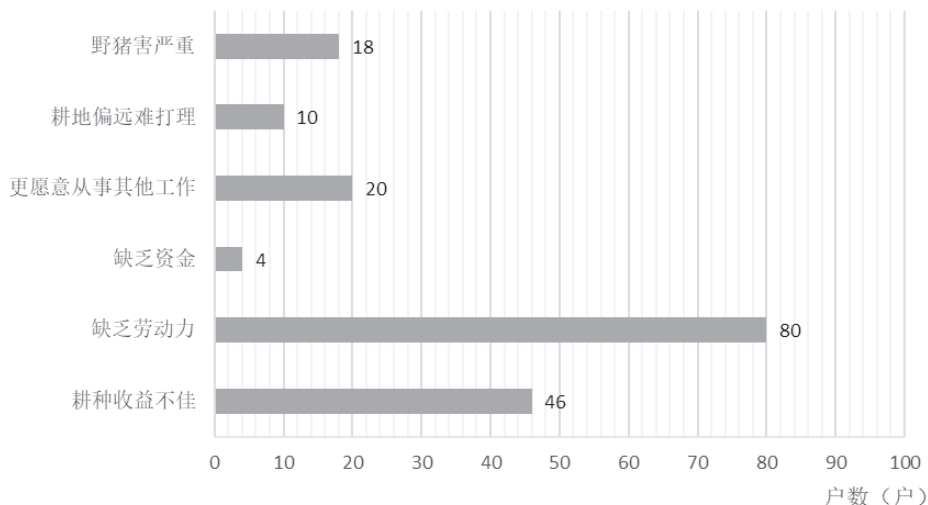


图 1 丹云乡耕地撂荒原因

2 山区耕地撂荒成因分析

2.1 农业生产效益低，就业竞争优势不明显

从经济学角度分析，农业生产经济效益不高，尤其是种粮比较效益低，是耕地撂荒的根本原因。作为理性经济人，在付出同样的劳动时间和强度的前提下，从事回报高的行业或工种是自然而理性的选择，农民也不例外。近年来，永泰全县产业结构逐渐转向以二三产为主体，依据配第-克拉克定理，源源不断的农村劳动力分阶段由第一产业进入第二、三产业，造成从事农业生产的劳动力短缺，引发大面积土地闲置和耕地撂荒现象产生，进而导致地力等级下降。除去劳动力因素，化肥、农药等农用物资价格逐年走高也是原因之一，进一步挤占本就十分微薄的粮食利润空间。虽然国家近年来不断增加对粮食种植业的政策优惠项目，发放种粮补助、农机采购补助等，并提高粮食的保护性收购价格，但总体来说影响有限，无法从根本上改变大局。加之粮食是人们生活所必需的商品，价格波动幅度不大，因此少有农户能够继续维持单一商品粮生产途径，纷纷转向以自给自足为主。丹云乡的调研显示，农民自耕自种的土地主要种植水稻、芋头等粮食作物，产品自给自足或是小规模出售以补贴家用。

2.2 农村“空心化”现象普遍，耕地生产缺乏劳动力

伴随着我国新型工业化城镇化的快速发展，农村普遍出现青壮年劳动力大量向城市转移的现象，村落“空心化”问题突出，造成耕地生产劳动力的严重缺乏。本调查中的丹云乡因受地形因素影响，当地交通条件较差，乡里的学生和年轻人多已外出，常住人口总数少，且老龄化较为严重；加上种粮收益普遍较低，且村里的产业基础比较薄弱，劳动力外流比例大，而农村老人大多年老体弱，没有精力从事长时间的农业生产活动，其生产效率远低于青壮年劳动力，“人地分离”的现象在农村愈发常见。根据第七次人口普查数据，

2021年末永泰县总人口38.57万人，常住28.12万人，人口净流出达10.45万人，比例达27.10%，具备典型的山区人口高流出特征^[14]。

2.3 传统农耕模式难以为继，农业产业化进程缓慢

目前与家庭联产承包责任制相适应的传统粗放型农业经营模式，在山区农村还普遍存在，其特点是使用人力畜力而非机械进行劳作。永泰山区属于典型的丘陵地形，耕地零散细碎分布，不适合大规模机械化作业，难以进行规模化集约经营。采用传统农耕模式耕种的土地产量低效益差，已经不能适应当下商品粮种植的需求。曾经极大促进我国农业农村发展的家庭联产承包责任制，在新的历史条件下局限性日益凸显，对于探索新的现代化生产模式的需求日益迫切。

2.4 制度设计滞后缺位，流转交易市场尚未成熟

从土地制度角度来看，当前的农村土地流转交易制度仍存在缺位或滞后于现实需求，国家和地方尚未建立起一套统一的土地流转交易制度，大部分地区都处于自发的探索和实践阶段。调查发现，丹云乡村民对于土地流转政策的了解途径，以通过网络和电视新闻渠道得知的最多，共计84户，占73.68%；通过村干部或他人口述渠道的有23户，占20.18%；其他渠道的7户，占比6.14%。地方政府对土地流转政策宣传和引导不到位，导致市场不够完善，或从未建立交易平台，土地交易的供求信息难以有效对接，且缺乏对土地进行分类评级和科学估价的第三方中介机构和配套服务提供。因此土地流转交易尚停留在“人对人”的状态，规范性和稳定性低，极易产生矛盾和纠纷。土地流转困难重重，流转成本高昂，交易效率低下，无法通过市场机制实现土地资源的优化配置，造成有能力、想耕种的种粮大户或专业合作社无地可种，而不愿意或无能力耕种的农户难以把土地转让出去的状况。此外，国家的种粮补贴政策在实施过程中，大多是按照拥有耕地的面积发放给农户，未考虑耕地是否实际耕种，因此种粮补贴政策对防止土地撂荒作用甚微。

2.5 社会保障体系落后, 基本需求无法满足

一直以来农村土地被赋予“养家糊口”的生存保障功能, 农民根深蒂固的土地情结, 使土地不仅仅是农业生产的载体, 更成为了农村家庭的生存依靠所在。农户宁可以自给自足为目标进行低效耕种, 也不愿将土地流转交易给他人进行规模化种植, 导致土地季节性撂荒现象蔓延, 部分农民在进城务工后家中耕地甚至处于完全无人打理的状态。究其原因, 这些现象的产生与农村社会保障体系不完备不充分有着密切的关系。耕地面积萎缩使种地只能作为“兜底”的选择, 失去了原有的社会保障功能, 因此农民被迫流入其他产业以寻求获得更高的社会保障待遇。土地的社会保障功能难以被完全替代, 现有农村社会保障体系又不能消除农民在教育、医疗、养老等方面的后顾之忧, 这是很多进城务工或经商的农民“离乡不弃土”的深层次原因。与城市职工相比, 农村养老保险和新农合医保体系保障能力总体偏弱, 发放给农民的养老金数额, 以及医保报销的比例均偏低, 暂且无法从根本上满足亿万农民的基本社会保障需求。

3 山区耕地撂荒治理对策

山区耕地撂荒是由农业生产比较效益低、农村“空心化”、传统农耕模式瓦解、土地流转制度滞后缺位和社会保障体系落后等多重因素造成的结果, 本质上属于综合性的“三农”问题。我国人多地少的矛盾长期存在, 粮食生产还需依赖进口的现状时刻警示着我们, 要高度重视耕地撂荒的危害性, 无论是从保障粮食安全的角度, 还是建设人与自然和谐共生的生态文明的角度出发, 都要求我们必须采取强有力措施治理耕地撂荒现象。因此, 各地应因地制宜地采取加大财政金融支持力度、改革土地流转制度和完善农村社会保障体系等措施, 着力解决农业科技应用不足、农村基层党组织力量不强等突出问题, 从根源解决山区耕地撂荒问题, 实现乡村全面振兴。

3.1 加大财政金融支持力度, 提高农业综合收益水平

政府资助和引导新兴农业业态形成, 有助于缓解耕地大面积撂荒的局面。一是调整和优化各类种粮补贴, 采取各类补贴与农产品采购价格挂钩等保障激励措施。二是探索设立财政为主要出资方的农业担保公司, 大力支持农村信用社等基层金融机构创新农村贷款抵押担保方式, 为涉农贷款提供担保和贴息, 帮助农村新兴农业业态摆脱资金获取渠道不畅、手续费高昂的困境。三是引导和支持保险机构推出新型农业保险险种, 加大地方优势特色农产品保险以奖代补试点覆盖范围。财政出资补贴部分保险费用, 为新型农业经营主体抵御自然灾害、极端天气或市场风险造成的重大经济损失保驾护航。四是为有志于扎根农村的青年创业者和返乡创业农民工和商人群体提供初创期所需的政策补贴和信贷支持, 协助对接相关产业资源和科技资源, 免费提供管理技能、电子商务、风险防范等方面的培训和教育, 打造良好的创新创业生态。五是大力扶持现代化农业龙头企业, 发展现代农业规模化经营。

3.2 破解土地流转制度障碍, 发展集中连片规模经营

国有土地资源管理和农业农村部门需要针对农村土地流转存在的各类问题进行深入调研, 并在此基础上总结有效做法, 形成规范性指导意见。在农村县域积极开展试点推广, 逐步将指导意见转化为农村土地流转的制度性文件, 从而破解土地流转“无规可依”的窘境。其次, 农村政府可探索划转一定比例的集体建设用地出让金, 用于设立农村土地流转专项基金和建设土地流转公共信息平台, 扶持土地分类、评级、估价、纠纷仲裁等中介服务机构, 培训相关专业技术人员。通过各种合法形式流转土地经营权, 发展新型专业合作社, 以促进农村耕地集约化经营。

3.3 调整农村社会保障政策, 城镇居民共享优质生活

借鉴城市职工社保体系建设经验,政府逐步加大中央和地方财政支持农村社保的力度,鼓励集体经济发达的农村地区增加社保资金投入,鼓励土地已流转出且在城市有相对固定工作岗位的农民参加城镇职工社会保险和工伤保险,以期破除农民工就业难和落户难的困境。在开展试点的基础上,逐步打通城镇职工医疗保险和新型农村合作医疗保险等的互转互认通道,建立城乡统一的社会保障制度体系,给予城市和农村居民相对平等的社保和医保待遇,免除农民对于土地流转后生活保障方面的后顾之忧。针对因城镇建设导致失地的农民,或无力耕种土地的低保户、老年人和残疾人等特殊群体,政府应增加最低生活保障补贴,促进新型农村合作医疗保险全覆盖,调整大病统筹的比例和最高限额,改善基层医疗机构设施老旧和医护培训不足的现状,优化农村基层医疗全流程服务。

3.4 转化应用新兴科技成果,发展特色优质高效农业

农业科研机构需加快创新成果推广和应用,致力于融合土地要素和科技要素,发挥基层农业技术专员和科技特派员优势,助推农业科技贡献率提升。政府注重因地制宜调整农业产业结构,大力发展高效优质农业,促进农业生产加工环节形成完整产业链,多方面提高农民种粮收益。适当引进一些具有竞争优势的新品种,推广“名、优、特、新”农产品,进行“一村一品”、“一乡一业”建设,打造地域性优质农产品品牌,通过电商直播等新兴营销方式拓展农产品销售渠道,让村民能够在自产自销的基础上获得可观的收益,并带动更多村民加入种植的行列,从源头上减少耕地撂荒现象的产生。

3.5 落实耕地管控政策法规,致力山区全面振兴

各级政府尤其是乡镇基层组织要加大对《土地管理法》、《农村土地承包法》和《基本农田保护条例》等土地法律法规的执法力度,出台政策法规赋予农村集体经济组织权力和土地管理部

门的执法权力,收回长期撂荒农户的土地承包权和经营权,通过法治手段治理土地撂荒“顽疾”,监督和跟踪耕地使用情况。同时,开展常态化土地保护普法宣传和国家强农惠农富农政策宣讲,提高农民珍惜土地、保护耕地的法律意识。在此基础上,按照“五大振兴”要求配齐并加强乡村党群组织,积极探索土地使用权流转机制,创新农村土地产权制度,鼓励和引导农户组建“公司+合作组织(协会)+农户”等多种经济组织发展农村合作经济,开创适合本地发展的新兴农业业态,探索生产专业化、经营一体化、服务社会化道路,强化产业链全流程社会化服务功能,加强农村经济合作组织与市场 and 大型商超的对接和合作,解决农产品“销售难”问题。最终把特色产业培育成优势产业,把优势产业打造成支柱产业,实现农业综合生产能力大幅提升。社会主义新农村应坚定不移走绿色发展之路,着力破解耕地撂荒难题,夯实大国粮仓的根基,使乡村基层党组织真正成为带领山区农民就业增收的中坚力量。

4 讨论

据统计,进入21世纪之初,我国耕地总面积呈现大幅缩减态势,耕地恢复迫在眉睫。2009年时我国耕地总面积回升至13.55亿 hm^2 ,总量有所恢复,表明耕地保护初见成效;但在2009–2019年间再次下降至12.79亿 hm^2 ,足见“两化”进程对三农领域带来的影响之大^[15]。同一时期内,沿海地区的耕地面积总体上也呈下滑趋势。2005年,福建省耕地总面积为0.11亿 hm^2 ,人均0.32 hm^2 ,低于0.50 hm^2 的全国平均水平;而2019年第3次全国国土调查时,全省耕地总面积大幅下降至0.09亿 hm^2 ^[16],人均0.23 hm^2 ,仅为全国平均水平的三分之一。以福州市为例,2020年1~6月,全市共完成水稻生产功能区抛荒撂荒复耕面积0.89万 hm^2 ,复耕率64.37%,推算出其撂荒耕地面积约为1.39万 hm^2 ^[17];同时期早稻插秧完成面积8.22万 hm^2 ,推算出复耕前耕地撂荒比例已达到16.95%^[18],

亟需持续开展撂荒耕地治理。福州市下辖的山区县永泰耕地撂荒的相关统计数据也揭示了同样的问题。2020 年永泰县整治抛荒撂荒土地面积 1.34 万 hm^2 , 占同年粮食播种面积的 7.65%^[19], 复耕复垦土地面积数居福州市首位, 说明该县土地抛荒撂荒情况比较严重, 与全国各地一样, 亟待探讨有针对性的综合措施以治理耕地撂荒问题。

参考文献:

- [1] 新华社. 再创新高! 2021 年全国粮食总产量达 13657 亿斤 [OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-12/06/content_5657602.htm. 2021.12.6.
- [2] 中共中央国务院. 中共中央国务院关于做好 2022 年全面推进乡村振兴重点工作的意见 [OL]. http://www.moa.gov.cn/ztlz/jj2022zyyhj/zxgz_29027/202202/t20220222_6389271.htm. 2022.1.4.
- [3] 刁官玉, 杨晓玲. 土地撂荒的现状成因及对策 [J]. 重庆行政, 2003 (6): 43-45.
- [4] 邢晓雯. 农村土地撂荒问题及对策研究 [J]. 农村经济与科技, 2016, 27 (22): 21-22.
- [5] 李诚, 董晓波. 农村土地撂荒问题的经济学分析 [J]. 统计教育, 2007 (6): 61-62.
- [6] 姜保国, 刘珊, 雷贵, 等. 关于我国土地撂荒现状的思考——基于对武陵山片区土地撂荒的调查分析 [J]. 今日中国论坛, 2013 (17): 52-54.
- [7] 别彩妍, 李天麒. 农村承包土地撂荒问题研究——以宁夏隆德县为例 [J]. 南方农村, 2013, 29 (7): 36-39, 50.
- [8] 黄娇花, 陆榕艺, 全晓虹, 等. 农村土地抛荒成因及治理对策研究——以桂平市新德村为例 [J]. 产业与科技论坛, 2020, 19 (3): 78-81.
- [9] 王为民, 李相敏. 农村社会保障缺失下的土地撂荒问题研究 [J]. 山东社会科学, 2008 (4): 24-26.
- [10] 刘珺. 基于社会保障的我国农村土地撂荒现状与对策分析 [J]. 现代农业科技, 2015 (24): 343-344, 348.
- [11] 徐莉. 我国农地抛荒的经济学分析 [J]. 经济问题探索, 2010 (8): 60-64.
- [12] 王敏, 杜俊霖, 王思懿. “下岗”到再“上岗”: 农村土地抛荒治理机制创新研究 [J]. 领导之友, 2017 (15): 34-40.
- [13] 王温鑫. 闽东沿海丘陵山区土地抛荒现象的初步考察——基于福建省霞浦县崇儒乡的个案分析 [J]. 安徽农业科学, 2015, 43 (7): 318-320, 361.
- [14] 永泰县统计局. 永泰县第七次全国人口普查公告 2020 七人普 [OL]. <https://tjgb.hongheiku.com/15971.html>. 2020.8.17.
- [15] 新华社. 关于第二次全国土地调查主要数据成果的公报 [OL]. http://www.gov.cn/jrzq/2013-12/31/content_2557453.htm. 2013.12.31.
- [16] 福建省自然资源厅. 福建省第三次国土调查主要数据公报 [OL]. http://zrzyt.fujian.gov.cn/zwgk/zfxgkzl/zfxgkml/tdgl_19753/202112/t20211231_5805488.htm. 2021.12.27.
- [17] 福州日报. 福州全力推动耕地抛荒撂荒整治复耕率提前过半 [OL]. http://www.moa.gov.cn/xw/qg/202007/t20200703_6347716.htm. 2020.7.2.
- [18] 福州市农业农村局. 1-4 月份福州市农业农村经济运行情况分析 [OL]. http://nyj.fuzhou.gov.cn/zz/xxgk/zwgk/tjxx/202005/t20200527_3289745.htm. 2020.5.27.
- [19] 福建日报. 永泰致力练就县域经济发展“硬功夫” [OL]. http://www.fujian.gov.cn/zwgk/ztlz/gjcjgxxg/xld/202101/t20210106_5509491.htm. 2021.1.6.

(责任编辑: 李婷)