

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20181030.005

陆树华,谭艳芳,李冬兴,等. 广西岩溶地区火龙果生态产业的培育及其发展[J]. 广西科学,2018,25(5):524-531.

LU S H, TAN Y F, LI D X, et al. The cultivation and development of dragon fruit eco-industry in karst area of Guangxi[J]. Guangxi Sciences, 2018, 25(5): 524-531.

广西岩溶地区火龙果生态产业的培育及其发展^{*}

The Cultivation and Development of Dragon Fruit Eco-industry in Karst Area of Guangxi

陆树华,谭艳芳,李冬兴,黄甫昭,王 斌,陈 婷,李先琨^{**}

LU Shuhua, TAN Yanfang, LI Dongxing, HUANG Fuzhao, WANG Bin, CHEN Ting, LI Xiankun

(广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西桂林 541006)

(Guangxi Institute of Botany, Chinese Academy of Science, Guilin, Guangxi, 541006, China)

摘要:火龙果起源于美洲,广泛分布于热带和亚热带地区。由于火龙果采用景天酸代谢途径(CAM)进行光合作用,耐旱性极强。广西岩溶地区石漠化十分严重,生态条件恶劣,结合火龙果的生物学特性,在石漠化山区引种火龙果并针对种植过程中存在的技术瓶颈,开展相关研究,在诸多关键技术进行了创新和集成应用,促进了火龙果产业的快速发展,取得了显著的经济效益和生态效益。本文总结和分析了火龙果产业发展过程中存在的问题,结合在以色列访学过程中参与火龙果相关研究的体会,探讨了开展火龙果国际合作研究的必要性。

关键词:火龙果 景天酸代谢 石漠化 生态产业 以色列

中图分类号:S667.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2018)05-0524-08

Abstract: Dragon fruit originated in the Americas and is widely distributed in tropical and subtropical regions. Because dragon fruit uses photosynthetic pathway (CAM) for photosynthesis, its drought tolerance is extremely strong. Rocky desertification in the karst area of Guangxi is very serious and the ecological conditions are very poor. Combining the biological characteristics of dragon fruit, dragon fruit was introduced to the rocky desertification mountainous area and relevant research on the technical bottleneck existing in the planting process was carried out, and numerous key technologies were innovated and integrated to application, which promoted the rapid development of dragon fruit industry and achieved significant economic and ecological benefits. Summarize and analyze the problems existing in the development of dragon fruit industry, and explore the necessity of conducting international research on dragon fruit in combination with the experience of participating in dragon fruit related research in the process

of visiting Israel. We also summarized and analyzed the problems existing in the development of dragon fruit industry. Combined with the experience of participating in the research on dragon fruit in the process of visiting Israel, the necessity of conducting international research on dragon fruit was discussed.

Key words: dragon fruit, CAM, rocky desertification, eco-industry, Israel

收稿日期:2018-01-29

作者简介:陆树华(1979-),男,在读博士生,副研究员,主要从事火龙果引种与栽培研究, E-mail:shlu@gxib.cn.

^{*} 国家重点研发计划课题(2016YFC0502405),广西创新驱动发展专项(桂科 AA17204097)和广西科学院基本科研业务费项目(2017YJJ23018)资助。

^{**} 通信作者:李先琨(1967-),男,研究员,主要从事岩溶区生态恢复研究, E-mail:lixk@gxib.cn.

0 引言

火龙果为夜间开花的攀缘仙人掌植物,起源于美洲,属仙人掌科仙人掌亚科量天尺属^[1]。根据新的仙人掌辞典^[2],量天尺属包含 14 个种,它们广泛分布于从墨西哥到北阿根廷的美洲热带和亚热带地区,具有极强的生境适应性,包括沿海滩涂、高山和热带雨林等^[3]。经过几个世纪的传播扩散,目前火龙果在热带及亚热带地区均有种植且发展迅速,成为广受欢迎的新兴水果。近十年来火龙果在世界市场广泛销售,在干旱区作为异域水果有着良好的经济效益,因为干旱地区普遍缺水,而火龙果使用景天酸途径(CAM)进行光合作用,在同等条件下其水分需求仅是其他 C3 植物的十分之一,水分利用效率极高,因而具有很强的耐旱性^[4]。正是基于火龙果具有的高经济效益和对恶劣环境的适应性,近年来火龙果在我国后发优势非常明显,种植规模扩增迅速,据统计,截止 2015 年我国火龙果种植已达到 $3.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$,直追越南^[5]。我国火龙果主要栽培省区包括广西、贵州、广东、云南、海南,其他如福建、四川有少量种植,上海等地有极少量设施栽培。广西火龙果种植面积最大,大约 $1.1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ^[6]。广西火龙果种植区多位于岩溶地区,由于生境的特殊性和脆弱性,这一地区的生态恢复及产业培育遭遇严峻挑战,迫切需要寻找两者的结合点,以带动生态环境治理和产业发展,助推岩溶地区走上可持续发展之路。

1 广西岩溶山区火龙果产业需求背景

我国是世界上岩溶分布面积最大的国家,总面积(含裸露、覆盖、埋藏 3 个类型)达 $3.443 \times 10^6 \text{ km}^2$,其中裸露型面积为 $9.07 \times 10^5 \text{ km}^2$ ^[7]。以广西、贵州、云南为典型代表的中国西南岩溶区因其石漠化严重、贫困面广且深度贫困人口比例大、人地矛盾尖锐、多民族混居,治理任务尤为艰巨。我国政府和各有关部门高度重视岩溶石漠化的治理和扶贫工作,特别是 2001 年 3 月第九届全国人大第四次会议通过的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十个五年规划纲要》明确提出:“推进黔桂滇岩溶地区石漠化综合治理”,把石漠化治理提升到了国家战略的高度^[8]。

广西岩溶面积 $9.7 \times 10^4 \text{ km}^2$,占全区土地总面积的 41%,石漠化面积 $2.30 \times 10^4 \text{ km}^2$,占全区岩溶面积的 23.7%,21 世纪初期岩溶区贫困人口超过全区贫困人口的 55%^[9-10]。经过多年治理和扶贫,根据 2011 年中央扶贫开发工作会议《中国农村扶贫开发

纲要(2011—2020)》的精神,广西仍有 29 个贫困县列入了滇桂黔石漠化连片特困区。目前,广西全区居住在石漠化连片特困地区的农村贫困人口有约 330 万人,占全区贫困人口总数 52%,居住在生存条件恶劣的大石山区、石漠化区、生态脆弱区的群众约有 200 万人,其中贫困人口占 75%以上。如何改善这一地区的生态环境,并促进当地经济的良性发展,是广西岩溶地区面临最严峻的问题。

根据岩溶石漠化山地的自然资源与生态环境特征,结合资源植物的生物学特性,并通过市场分析,本研究团队发现广西岩溶山地普遍分布有仙人掌科量天尺属植物量天尺(俗称霸王花),该植物具有耐旱耐瘠薄且非常适应岩溶山地的富钙偏碱环境生长,火龙果与野生量天尺均为量天尺属植物、生态学习性和生物学特性接近,且经济价值极高,可望成为石漠化山地高值生态产业的优良经济植物。因此,本研究团队基于岩溶山地环境的特点,并对火龙果的生物学特性和生长习性进行深入了解,结合岩溶山区群众的基本需求,2003 年引进火龙果开展种植示范及系列技术攻关与推广。

2 岩溶区火龙果产业发展思路

本研究团队着眼于岩溶石山区火龙果生态经济产业的培育,从初期引入、小规模示范到大面积推广,针对岩溶山区火龙果高效优质种植过程中存在的技术瓶颈,开展系列相关研究,从茎段育苗、花粉贮藏、花果兼收、高效嫁接、水肥一体化技术应用等问题入手,采用控制实验与田间实验相结合,系统地进行技术攻关,解决生产实际问题,获得了多项具有自主知识产权的研究成果,并进行技术集成与应用示范(图 1),取得良好的生态效益、经济效益和社会效益。

3 关键技术创新与产业发展

3.1 岩溶山地火龙果种植模式

针对石漠化山区生态环境恶劣、群众生活贫困的情况,本研究团队率先在国内岩溶石漠化山区引进和种植火龙果,并针对岩溶山地的资源环境特征和生态治理目标,开展种植技术和模式的探索,为山地种植提供示范样板。

岩溶生境具有高钙高镁、土层浅薄、季节性干旱频繁的特点,许多单位和部门包括本研究团队前期在石漠化山区引种的一些植物,由于适应性差、经济价值不高等原因而难以在石漠化山区推广种植。基于岩溶石漠化山区的地质背景及气候条件,本研究团队

于 2003 年在国家“十五”科技攻关项目——“喀斯特峰丛洼地生态重建技术与示范”的支持下,在石漠化严重的平果县果化镇龙何屯引进火龙果进行种植,初

期试种 24 000 株,面积约 4 hm²,这是我国首次在石漠化山区开展火龙果种植。

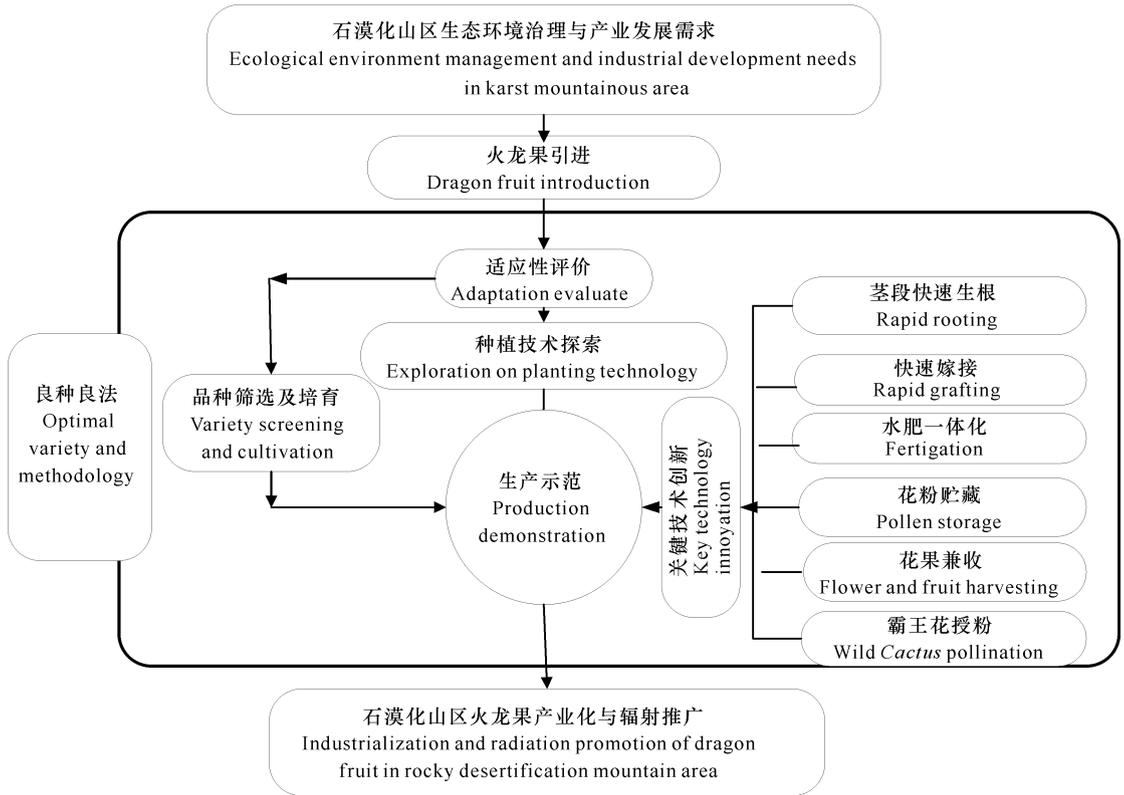


图 1 火龙果产业发展技术框架图

Fig. 1 Technical framework of industrialization development of dragon fruit

本研究团队结合岩溶石漠化山地的地形特点,开展了火龙果种植技术与开发,形成了适合岩溶山地的种植技术。

(1)石漠化区洼地土地整理种植火龙果技术。针对石漠化地区土壤分割及破碎化、厚薄分布不均、地块坑洼不平的特点,团队研发了洼地整地后种植火龙果技术,包括:清除地块内零碎的裸露石芽;充分利用裸石资源浆砌成柱,用作火龙果的攀岩体;对于石坑,采用客土回填;平整洼地地块,改良土壤;采用浆砌块石作地埂;火龙果与牧草、蔬菜等立体种植。

(2)微地貌单元水土保持与生态产业协同技术。对于岩面产流,主要采取以下方式拦蓄岩面产流:种植火龙果植物覆盖,截留降雨;直接清除石芽;浆砌块石建小截留沟。在广西平果果化示范区建立了牧草+火龙果微观生态土地优化利用模式,取得了较好的蓄水保土效果和生态经济效益。

(3)坡面牧草+火龙果梯化种植技术。在石漠化中度以下的坡面上,设计火龙果+牧草组合种植模式,火龙果单行种植在土壤斑块内侧,外侧种植牧草。利用内侧裸岩作为火龙果的支撑,3年后火龙果可挂果,此时火龙果的枝条刚好对内侧裸岩起到好的遮荫

覆盖作用,外侧的牧草不仅当年可以获得良好的经济效益,多年生牧草还具有较好的蓄水保土作用,与火龙果一起改善周围的小气候环境,促进岩面的地衣藻类、苔藓等低等植物发育,降低岩石表面夏季温度,实现火龙果的高产,从而获得较高的生态经济效益。

试种结果表明,火龙果对土层要求不高、根系分布范围较广、适应石灰土富钙偏碱特征、水分利用率高,具有极强的石漠化山地适应能力,投产当年火龙果每公顷(hm²)产量最低达到 15 000 kg,按当时市场价格产值超 120 000 元,而当地传统农作物如玉米、黄豆等收益仅 7 500~12 000 元/hm²。同时,火龙果还具有多年生、劳力相对投入少等特点,可以激发农户种植的积极性。在本研究团队技术培训与指导下,农户管理能力不断提高,这一小规模引种试验取得巨大成功,吸引来自各地的政府代表和群众参观考察,成为石漠化山地产业调整的示范样板,为火龙果在石漠化山区的产业化打下了基础。

3.2 岩溶山地火龙果高效种植技术体系

本研究团队创新一批适应岩溶石漠化环境的火龙果高产优质生产关键技术和家庭简便加工装置,建立了岩溶区火龙果高效种植技术体系,大幅度提升了

产业发展能力。

(1)建立了简捷高效的火龙果花粉低温贮藏、可以实现常年供应花粉,突破了野生霸王花(量天尺)授粉结果方法。

发明了“一种简易的火龙果花粉长期贮藏保鲜技术”,通过简便装置及简易方法实现火龙果花粉的贮藏保鲜。早期在平果县岩溶山地引进种植的红肉火龙果品种是自花不亲合品种,只能通过不同品种间的交叉授粉才能形成座果,但不同品种火龙果间又存在花期不遇的现象,一定程度上对火龙果授粉及座果产生了较大影响;同时,要促使大面积野生的霸王花结果,需要采用火龙果花粉进行授粉,霸王花与火龙果也存在花期不遇的现象,这就需要储备大量的火龙果花粉才能实现霸王花的规模化授粉,因此,迫切需要研发简易实用的火龙果花粉贮藏保鲜技术方法,延长火龙果花粉活力保持时间。现有的技术方法虽然达到了这一目的,但需要配套超低温冷藏的特殊设备,一般家庭难以具备,不宜大规模推广应用。

在此基础上,本研究团队开展了相关研究,揭示了火龙果花粉贮藏的含水特性和温度条件,发明了火龙果花粉快速脱水的简易装置及贮藏技术,使普通种植户采用家用冰箱即可进行花粉贮藏,花粉活力保持在一年以上,解决了火龙果花粉保鲜需要特殊设备、活力保存时间短的难题,保证了火龙果在开花期花粉能随用随取,提高火龙果座果率。采用贮藏时间超过一年的冷藏花粉进行授粉,红肉型火龙果品种座果率达到98%,野生霸王花座果率达到93%,形成了独有的简易火龙果花粉贮藏技术体系。

本研究团队在国内创新使用火龙果花粉对大面积野生霸王花进行授粉,使霸王花顺利座果,提高经济附加值。霸王花在百色市平果县的自然分布规模达1500 hm²,崇左市等其他岩溶地区亦有自然分布,是生命力较强的植物资源。霸王花的鲜花或干品是蔬菜中佳品,是一种药食同源的名优特产。长期以来,在自然状态下霸王花植株只开花不结果,农户只是采收鲜花制成干花进行销售,效益比较低,如何让野生霸王花结上果实,提高霸王花的综合收益,是一个技术难题。本研究团队通过技术攻关与方法创新,利用同科同属植物火龙果花粉与霸王花的亲合性,采用火龙果花粉为霸王花进行授粉,完全解决了野生霸王花只开花不结果的难题。本研究团队经过连续3年的试验,野生霸王花在火龙果花粉的授粉下,一年能够开花并结果5~6批,果实产量8250 kg/hm²以上,在平果县新安镇、旧城镇、凤梧镇实施466.7 hm²的技术推广与应用示范,取得良好的效果,年收益增

加了近2600万元,大大提高了霸王花的经济效益,同时研发了配套霸王花栽培的水肥管理、病虫害防控等关键技术,显著提高经济效益、生态效益和社会效益。

(2)创制了火龙果无基质快速生根的集约化育苗技术体系。

目前最容易和最廉价的火龙果育苗方法是茎段培育,茎段育苗的关键是茎段生根,从而保证茎段萌发新芽及健壮成长。传统的方法是将剪取下来的火龙果茎段稍微晾后直接扦插在育苗基质中,茎段萌生新根时间多在20~30 d,茎段生根率不高,根系数量较少,且易感染病菌。通过技术创新,本研究团队发明了一种无基质诱导火龙果茎段快速生根方法,采用生长促进剂诱导方式,在无需基质的情况下实现茎段快速生根。该技术方法以生长促进剂浸泡火龙果茎段处理一定时间,取出放置7 d左右开始萌根,放置25~35 d后生根率可达90%以上,平均生根数10根/茎段,生根良好的茎段可直接用于种植。与传统技术相比,该技术操作简单,根系萌发早、生根率高、根系数量多、不易染病,育苗时间更短。同时,单位苗床面积育苗量提高3~5倍,育苗周期缩短30%以上,劳动效率提高6~10倍,显著提升火龙果苗木繁育能力。

(3)发明了火龙果花果兼收的方法,同时开发简易高效的火龙果花朵加工设备。

目前我国的火龙果种植主要收益来源于果实,火龙果种植只要求座果成功,而大量花朵开花时不管是否授粉成功均任其凋谢干枯,普遍采取开花过多过密时为保证营养供应才进行疏花管理的方式,在这种情况下才能收集到少量的新鲜花朵。火龙果花朵尤其是干花具有较高的经济价值和广阔的市场前景,一般每公顷火龙果产花达12万朵,如全部采收,其收益可占到果实收益的1/3。但现有的火龙果栽培中,没有进行相关技术研究,缺乏既能收集到大量花朵而又不影响果实产量的技术,未挖掘出火龙果收花保果的效益潜力。本研究团队基于植物传粉结实特性和火龙果花朵形态特征,在火龙果完成自然或人工授粉后,用环割法割除已完成授粉的花朵,对环割后的花朵进行剥离收集用于加工。采用该技术方法进行处理,全部火龙果花朵可剥离采收,由于剥离了上部花朵后的火龙果子房还保留完整的柱头和花柱(阴雨天进行包扎保护),能够完成果实的受精过程,因而对其果实的生长发育没有产生任何影响,座果率仍可达90%~100%,与未采收花朵的植株果实生长表现没有差异。与传统栽培技术相比,所用技术方法操作简单,既保

证座果率以及果实产量,又增加了采收花朵的收益,提高了火龙果种植收入。这一技术在平果县 446.7 hm² 的果园上进行了应用示范,每年增加火龙果花朵收入达 1 600 万元,火龙果综合收益大幅提升。

目前,火龙果花朵干制的主要方式有:晾晒、烘房干燥,其中自然晾晒即使在阳光充足的晴天进行,也要 2~3 d 才能晒干,且晒干的花朵色泽发黄、品相较差,遇阴雨则易霉变;烘房干燥一般采用体积较大的烘房进行,容积从几立方米到上百立方米不等,造价高、占地面积大,对石漠化山区比较分散的种植户来说难以接受。本研究团队在研发花果兼收技术基础上,根据现实需求,设计了小型火龙果花朵烘干装置,其核心物件包括烘干架、牛津布罩和加热送风系统,具有组装简单、烘干效率高、成花品相好的特点,既克服了采用晾晒方法造成的火龙果干花品相差、易霉变的问题,又解决了采用烘房干燥方法占地大、投入高、石漠化山区不实用的问题。该烘干装置体积小、结构简单,操作简便,成本低,适合于零散种植户小规模生产加工。

(4) 研制了火龙果快速嫁接专用工具,提高了嫁接的效率和质量。

随着火龙果在石漠化山区的快速发展,以及市场对品质要求的不断提高,早期品种需要进行更新换代。可采用嫁接方法对火龙果老品种进行更新,火龙果嫁接方法较多,包括平接、楔接、靠接、插接、套接等在实际生产中都有所应用。但这些方法或操作繁琐、成活率低,或费时费力,或接穗用量大、对砧木和接穗要求高等,限制了火龙果嫁接技术的应用。在火龙果嫁接换冠过程中,急需一种简便快捷、高效的嫁接工具。

根据生产实际需要,本研究团队不断改进技术和设备,最终开发了一种火龙果快速芽接剪,不仅操作简单,而且有效提高了火龙果嫁接速度和成活率,减少了接穗用量。使用芽接剪,可获得相同角度的接穗和对应的砧木切口,两者切口高度吻合。使用时,芽接剪在砧木剪去茎肉时,在砧木上留下的切口角度与剪切下的接穗切口角度一致,将剪下的接穗放到砧木切口上时,两者切口高度吻合,只需用胶布稍加固定即可完成嫁接;同时刀片具有一定高度,垂直设置于上三角剪压板,使得芽接剪在咬合时,上下三角剪压板都不会压碎枝肉,保护嫁接标本的完整性。

(5) 研发了适用于岩溶石山区的火龙果滴灌施肥技术。

针对石漠化山区地形复杂、交通不便的特点,本研究团队利用岩溶石山区丰富的地形特点和自然资

源,就地取材,因地制宜建造蓄水池和肥料池,采用岩溶表层水自流或抽提地下水至高处蓄水池,并利用高差形成自压灌溉的方式建成滴灌施肥系统。由于岩溶地区灌溉水钙镁含量高,属于硬水,在灌溉系统中易形成水垢,堵塞过滤装置,使过滤器的水头损失增大,传统过滤装置安装不适合在岩溶地区低压灌溉系统上应用。本研究团队针对岩溶山区火龙果种植过程中应用灌溉施肥系统存在的问题,改进了低压灌溉系统过滤技术,实现了低成本高效率的过滤过程。采用双层不锈钢框配套不同过滤网并安装于贮水池内壁的技术措施,解决了低压灌溉系统水头损失大、影响灌溉系统运行的技术难题,为岩溶区火龙果低压灌溉水的过滤提供了技术支持。

该技术在石漠化山区火龙果种植上取得良好效果,试验表明,应用滴灌施肥系统进行灌溉施肥,其产量比常规种植提高 67.2%,节省肥料达 66%,并大幅减少劳力投入。

3.3 岩溶地区火龙果的引种筛选与新种培育

随着火龙果市场需求的增加,种植面积不断扩大,原先引进种植的常规品种劣势逐步显现,同时随着栽培年限延长(本研究团队在岩溶山区引种的首批植株已有 15 年树龄),品质退化等问题也逐渐表现出来,单一品种大面积种植也不符合岩溶山地生境高度异质性的特点,树体抗病虫能力减弱、品质和产量开始下降等,成为石漠化治理新阶段火龙果生态产业发展的瓶颈。另外,岩溶山区火龙果仍以零星种植居多,规模化、产业化引领作用减弱,阻碍了火龙果产业进一步发展。为改变岩溶石漠化区火龙果种植的局面,顺应市场需求,需对火龙果种质资源进行广泛收集,培育试验适应岩溶石漠化山区生态条件的火龙果新品种,对早期品种进行改良或淘汰,打造石漠化山地火龙果产业的优势品牌,提高岩溶山区火龙果种植的整体效益,提升产业发展水平。

十多年来,本研究团队与国内外相关机构和种植园通过信息共享、项目合作、品种交换等多种方式,收集到来自国内外的火龙果品种(品系)35 个,其中自花授粉品种 24 个,人工授粉品种 11 个,建立了火龙果种质资源圃,目前已有 28 个品种成功挂果,为种质创新提供了良好的素材。在此基础上,根据当前国内火龙果各品种种植规模及市场销售情况,筛选了台湾大红、桂红龙、紫蜜龙、呈祥一号等 4 个品种(图 2)应用到岩溶石山区开展试验种植,观测其在岩溶石山区的生长表现,遴选出适合岩溶石山区种植的火龙果品种。结果表明,台湾大红、呈祥一号在岩溶石漠化山区表现优异,是替代早期种植传统品种——普通红肉

种和越南白肉种的理想品种。



图2 选育适应岩溶山地种植的4个火龙果品种

Fig. 2 Four dragon fruit species selected for karst mountainous area

同时,根据石漠化山区的生态条件,本研究团队进行了新品种培育并取得突破,采用厄瓜多尔黄龙变异株进行了新品种培育(图3),初步结果表明该品种黄龙果自花授粉座果率达到93%,可溶性固形物比普通红肉种高8.5%~10%,口感清甜有余香,挂果期长,展现了较好的品质特性,这一品种的培育成功,为石漠化山区火龙果的更新换代提供了优良的品种选择。



图3 培育的厄瓜多尔黄龙(上)与普通黄龙果实(下)

Fig. 3 Fruits from breeding Ecuador yellow pitaya (Top) and normal yellow pitaya (Bottom)

4 广西岩溶山区火龙果产业发展现状及其存在问题

从2003年在平果县石漠化山区引种火龙果4 hm²至今,平果县全县火龙果种植面积已达到了广西科学 2018年10月 第25卷第5期

3 333.3 hm²,生态产业初具规模,在部分乡镇成为支柱产业。近几年,相关研究成果还在石漠化重点区域的百色市田东县、田阳县、右江区、靖西市、那坡县、西林县、德保县等县市区推广应用,推动了百色市火龙果特色农业产业的迅速发展。火龙果成为百色市生态农业发展的重点,并以核心水果进行推广种植,规划到2020年全市种植面积达到16 666.7 hm²。同时,自2011年以来,霸王花授粉技术已经在石漠化严重的平果县得到了集成推广,其中在平果县新安镇、旧城镇、凤梧镇466.7 hm²的野生霸王花上进行了试验示范,显著提高了霸王花的产量、品质和效益,2015—2017年间累计应用霸王花授粉技术进行霸王花品改466.7 hm²,年均新增销售收入2 900万元,新增利润2 200万元,经济效益显著提升。同时,在平果县部分火龙果种植园进行了火龙果花果兼收技术的应用示范,应用面积总计446.7 hm²,年均新增销售收入9 700万元,新增利润7 400万元,火龙果经济收益大幅提高。此外,本项目的创新技术也在区外石漠化火龙果种植园得到应用推广,以火龙果种植闻名的贵州罗甸县以本项目研发的火龙果快速嫁接技术进行了老果园的高接换种,示范面积3.33 hm²,取得良好效果。

火龙果产业在岩溶山区获得蓬勃发展,种植面积连年增长,但存在的问题也不容忽视,普遍的问题与我国其他种植区类似,同时又有其特殊性,主要存在的问题包括:

(1)病害严重。随着种植规模不断扩大,种植户对病害的防范意识仍然薄弱,以炭疽病、溃疡病为主的病害在许多种植区有增加趋势。

(2)品种以引进为主,种植品种杂乱,自主品种少且缺乏竞争力。我国火龙果品种仍然是以从越南、台湾引进为主,品种引进后多由种植户自行改名,呈现“一种多名”的现象;同时我国自主培育的品种虽然在广西、广东、贵州等地都有相关品种登记和报道,但种植面积及影响力都较小,竞争力不足。

(3)种植面积激增与市场开拓之间的矛盾突出,导致区域价格走低,果农受伤。随着种植规模的迅速扩张,销售渠道单一使部分区域出现供求失衡,火龙果价格走低,使种植户蒙受损失,亟需多渠道开辟市场。

(4)产业高附加值深加工欠缺。目前我国火龙果生产仍以鲜果销售为主,高附加值深加工仍处于小规模尝试摸索阶段,相关技术仍然欠缺。

(5)采后保鲜设备及技术欠缺。与越南等主要火龙果生产国相比,我国在火龙果采后保鲜处理上仍存

在较大距离,保鲜设备及技术普及率较低。

(6)相关基础研究薄弱。与种植规模相比,我国火龙果基础研究严重滞后,包括火龙果种质创新、生态适应性分析、逆境胁迫等方面的深入研究寥寥无几,需要加大研究力度。

5 与以色列火龙果研究机构的合作及启示

2018年本研究团队陆树华副研究员有幸作为国家公派访问学者到以色列内盖夫本古里安大学学习,通过与以色列火龙果研究机构的接触和学习,认识到我国在火龙果研究方面与世界顶尖研究机构存在的显著差距,认识到构建与与世界各地火龙果研究机构交流合作的迫切性。

内盖夫本古里安大学是以色列顶尖研究大学之一,许多研究领域处在世界前沿。该校有约20 000名学生和4 000多名教职工,主要学科包括工程学、健康学、自然科学、人文社会学、工商管理学、医学、沙漠研究等,为以色列输送了大批人才。该校拥有3个校区,包括位于贝尔谢巴的主校区、锡提伯克的沙漠校区和埃拉特校区。其中,锡提伯克的沙漠校区,是面向解决沙漠地区农业发展的主要研究机构,在火龙果研究领域有着34年的研究基础,处于世界领先水平。以Mizrahi教授、Eran教授、Noemi Tel-Zur博士等人组成的研究团队,在火龙果研究方面取得了许多耀眼的成就,包括建立了世界最大的火龙果种植资源圃,开展了火龙果种内、种间、属间的杂交,获得了许多优良的杂交株系。

经以色列火龙果研究团队多年的研究,目前已经获得可以实现全年除6月份外都有结果的优良杂交株系,种内或种间杂交种在夏季成熟,属间杂交种在秋冬季成熟,而黄龙则在当年冬末到次年春末成熟,唯一无果的是每年的6月份。通过多倍体火龙果之间的杂交实验,取得了多个研究成果。四倍体火龙果与二倍体火龙果杂交获得了二倍、三倍、四倍、五倍、六倍和八倍体杂交种^[11],在这些多倍体中从三倍体株系中发掘了两个具有良好品性的商业杂交种,这两个杂交种具备非常出色的口感、更长的货架期,在秋末至冬末成熟,与其他火龙果基因型有较大差异,目前已在以色列推广种植,果实外销欧美国。基于这些杂交实验,所有这些杂交株系有助于发掘火龙果中具有显性、次显性及隐性基因和特征,为将来开展进一步的杂交育种打下基础。Noemi Tel-Zur博士及其团队还研发了一种胚胎拯救技术,当常规杂交失败时,可用这一技术获得具有繁殖力的杂交种^[12-13]。同时,以色列研究团队还通过染色体倍增技术打破了

火龙果自花不亲合的障碍^[14],染色体倍增主要通过以下技术实现:其一是用秋水仙碱或黄草消进行处理;其二是不同多倍体间杂交获得具有与亲本植株不同倍体的后代;其三是采用雌核发育技术。同时,通过回归杂交技术,也就是采用第一代杂交种与亲本植株或其他种火龙果进行再杂交获得了一些二代杂交种,它们具有更漂亮的外观、更佳的品感、更长的货架期以及具有自花亲合特性(图4)。同时,研究团队还发明了一种非常强大的育种工具,可以从花粉母细胞和子房中获得单倍体,这些单倍体进行染色体倍增后将获得纯合体的克隆种,纯合体的克隆种作为亲本更易于将来进一步的育种工作。



图4 以色列通过属间杂交和回归杂交获得的一代(F1)和二代(F2)杂交火龙果品种

Fig. 4 Fruits of the first generation (F1) and second generation (F2) dragon fruit hybrids produced by interspecies and backcross technique in Israel

目前本古里安大学通过杂交、染色体倍增、单倍体培育等技术手段获得了超过2 000个植株用于开展实验研究,并结合沙漠地区高温、高光照的环境特点,开展了热胁迫实验,以发掘具有耐高温特性的火龙果品种,并找到其耐高温的基因,为培育高品质耐高温品种提供理论和技术支持。与他们开展合作研究,将有助于推动我国火龙果的基础及应用研究,提升我国火龙果的竞争力。

在访学期间,我们也向以色列合作者展示了我们在火龙果研究方面的进展,特别是在火龙果嫁接方

面,我们所具有的更成熟的技术和更先进的工具,获得了以色列火龙果专家的高度评价。结合他们的品种开展了通过嫁接提升火龙果耐热性的研究,目前实验正在开展中。同时,以梨果仙人掌为砧木进行火龙果嫁接也在进行着相关的合作研究,我们期待能在火龙果逆境胁迫的合作研究中取得进一步的成果。

6 结论

岩溶石漠化地区由于生态环境脆弱、经济发展滞后,迫切需要发展兼具经济效益和生态效益的经济作物。火龙果具有极高的商品价值,对恶劣环境具有很强的适应能力。在岩溶石漠化山区,从初期引入、小规模示范到大面积推广,火龙果产业培育初步成型。在产业培育过程中,本研究团队开展了系列技术攻关,取得了一批实用性强的研究成果,通过集成应用促进了火龙果产业的快速发展,提高了火龙果的综合收益。但在火龙果规模扩张的同时,也面临着包括品种培育、市场开发、基础研究、采后保鲜等问题,有待政府部门、科研单位及经营者间加强合作、解决问题。以色列在火龙果方面研究起步早、研究比较深入,在世界火龙果研究中占据着领先地位,通过在以色列本古里安大学的访学,与世界知名火龙果专家交流,感受到我国在火龙果研发上与世界先进研究机构存在的显著差距以及开展合作研究的迫切性,这既需要政府部门的支持和推动,也需要相关科研院所通过多渠道搭建合作平台,以提高我国火龙果的研发水平,助推产业提升。

参考文献:

[1] KUBITZKI K. The families and the genera of vascular plants[M]. Springer,1993.

[2] HUNT D. The new cactus lexicon[D]. England:Milborne Port,2006.

[3] ORTIZ Y D H. Pitahaya: A new crop for Mexico[M]. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Edit, 1999:35-58.

[4] MIZRAHI Y, RAVEH E, YOSSOV A, et al. New fruit crops with high water use efficiency[J]. Alexandria: ASHS Press,2007:216-222.

[5] 中华人民共和国商务部. 中国扩种火龙果对越南火龙果产业形成压力[EB/OL]. (2017-07-10)[2018-10-29]. <http://www.mofcom.gov.cn/article/i/jyj/j/201707/20170702607045.shtml>.
Ministry of Commerce of the People's Republic of China. China's expansion of dragon fruit puts pressure on Vietnam's dragon fruit industry[EB/OL]. (2017-07-10)

[2018-10-29]. <http://www.mofcom.gov.cn/article/i/jyj/j/201707/20170702607045.shtml>.

[6] 陆树华,谭艳芳,黄甫昭,等. 4个火龙果品种在岩溶山区的栽培表现及生态适应性研究[J]. 广东农业科学, 2018,45(4):51-56.
LU S H, TAN Y F, HUANG F Z, et al. Culture performance and eco-adaptation of four varieties of dragon fruit in karst rocky mountainous area[J]. Guangdong Agricultural Sciences,2018,45(4):51-56.

[7] 袁道先,蔡桂鸿. 岩溶环境学[M]. 重庆:重庆出版社, 1988.
YUAN D X, CAI G H. Karst environmental science [M]. Chongqing:Chongqing Publishing Group,1988.

[8] 袁道先. 岩溶石漠化问题的全球视野和我国的治理对策与经验[J]. 草业科学,2008,25(9):19-25.
YUAN D X. Global view on karst rock desertification and integrating control measures and experiences of China[J]. Pratacultural Science,2008,25(9):19-25.

[9] 蒋忠诚. 广西弄拉峰丛石山生态重建经验及生态农业结构优化[J]. 广西科学,2001(4):308-312.
JIANG Z C. Rehabilitation of ecology and optimization of eco-agricultural structure in karst peak cluster area in Nongla of Guangxi[J]. Guangxi Sciences,2001(4):308-312.

[10] 李先琨,吕仕洪,蒋忠诚,等. 喀斯特峰丛区复合农林系统优化与植被恢复试验[J]. 自然资源学报,2005,20(1):92-98.
LI X K, LV S H, JIANG Z C, et al. Experiment on vegetable rehabilitation and optimization of agro-forestry system in karst Fengcong depression (peak cluster) area in Western Guangxi, China[J]. Journal of Natural Resources,2005,20(1):92-98.

[11] TEL-ZUR N, ABBO S, BAR-ZVI D, et al. Genetic relationships among *Hylocereus* and *Selenicereus* vine cacti (cactaceae): Evidence from hybridization and cytological studies[J]. Annals of Botany,2004,94:527-534.

[12] CISNEROS A, TEL-ZUR N. Embryo rescue and plant regeneration following interspecific crosses in the genus *Hylocereus* (Cactaceae)[J]. Euphytica,2010,174(1):73-82.

[13] CISNEROS A, GARCIA R B, TEL-ZUR N. Creation of novel interspecific-interploid *Hylocereus* hybrids (Cactaceae) via embryo rescue[J]. Euphytica,2013,189(3):433-443.

[14] TEL-ZUR N, DUDAI M, RAVEH E, et al. In *situ* induction of chromosome doubling in vine cacti (Cactaceae)[J]. Scientia Horticulturae,2011,129(4):570-576.

(责任编辑:符支宏)