

DOI:10.11937/bfyy.201518051

火龙果研究现状

田新民, 李洪立, 何云, 洪青梅, 胡文斌, 李琼

(中国热带农业科学院 热带作物品种资源研究所, 海南 儋州 571737)

摘要:追溯了火龙果起源、分布和传播历史,概述了火龙果生长特性、用途和价值,重点对火龙果种质资源收集和保存、创新利用、栽培现状和病虫害情况研究现状进行了综述,并对发展前景进行了展望。

关键词:火龙果;种质资源;研究现状

中图分类号:S 667.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)18-0188-06

火龙果是近年发展起来的一种新兴热带亚热带果树,果实营养丰富、绿色保健,含有一般植物少有的植物蛋白、花青素及水溶性膳食纤维等;花和果茎可用来做药,具有抗癌和预防高血压的功效。火龙果种植一次,可以收获至少 20 年,而且高产、早产,能够迅速为种植者带来很好的效益,对调整农业产业结构、增加农民收入、满足人们的物质需求有着重要意义。火龙果有非常大的市场潜力,国际市场上,尤其欧洲市场对火龙果的需求量已经越来越大,使得目前的种植规模远远赶不上需求量^[1]。我国台湾从 20 世纪 90 年代开始引进试种,并选育出一些优良品种^[2]。近年来,我国大陆的种植面积

不断扩大,尤其在贵州、广西、广东、云南等地已经形成了具有一定规模的大型种植企业。火龙果的推广和种植对热区农业经济的可持续发展具有非常重要的意义。现就近年来火龙果相关研究进展进行综述,重点对种质资源分布、收集和保存状况、种质资源鉴定评价情况、遗传育种和栽培现状进行了详细的阐述。并对火龙果研究中存在的问题和发展方向提出了建议,以期为我国火龙果的生产和科研提供理论参考。

1 火龙果起源、分布和传播

火龙果属仙人掌科(Cactaceae)多年生攀缘植物,又名红龙果、青龙果、仙蜜果、情人果等。仙人掌科植物在欧洲探险家发现美洲新大陆后被世界所熟悉。最早有关火龙果的文献报道是来自 1535 年出版的由 Fernández de Oviedo Valdés 所写的《General and Natural History of the Indies》一书,该书记载火龙果可食用。直到 1978 年,墨西哥人才把火龙果作为一种大众水果^[3],火龙果才正式得名。但 OLAYA 等^[4]认为印第安人在其早期社会历史阶段早就将量天尺属(*Hylocereus*)植物作为水果食用。

第一作者简介:田新民(1983-),男,博士,副研究员,研究方向为种质资源学。E-mail:tianxm06@lzu.edu.cn.

责任作者:李琼(1972-),女,硕士,研究员,研究方向为热带作物种质资源。E-mail:Liqiong4416@126.com.

基金项目:农业部财政预算资助项目(1630032015021);农业部热带作物种质资源保护资助项目(15RZZY-30);科技部国家科技基础条件平台资助项目(NICGR2015-067);农业部财政预算资助项目(国际合作项目)。

收稿日期:2015-06-02

Status Analysis of Plum in Shandong Province

NIU Qinglin¹, YUAN Kejun¹, YU Tingjuan², CUI Jiasheng³, LIU Jiayun⁴, LI Guodong⁵

(1. Shandong Institute of Pomology, Tai'an, Shandong 271000; 2. Extending Station of Forest and Fruit Technology, Jinan, Shandong 250000; 3. Pomology Station of Yantai, Yantai, Shandong 264000; 4. Forestry Bureau of Zaozhuang, Zaozhuang, Shandong 277000; 5. Forestry Bureau of Jining, Jining, Shandong 272000)

Abstract: An investigation was carried out in cultivation areas, production, the main variety, diseases and insect pests about the plum in Shandong Province to analyze the reason effecting the development of plums industry, and put forward some suggestions. This paper was provided some references for the deep industry development on the plum.

Keywords: Shandong Province; plum industry; development situation

目前世界上大多数的栽培品种都来源于量天尺属(*Hylocereus*)的 *Hylocereus undatus* 这一物种^[5]。该物种现在广泛分布于墨西哥南部、危地马拉、哥斯达黎加以及萨尔瓦多等中南美洲热带地区。在墨西哥, *H. undatus* 在热带和亚热带森林非常常见, 其形态变异很大^[3]。这一物种的起源地点和时间还不确定, 可能是墨西哥或者哥伦比亚的本土物种。JORGE 等^[6]认为南美洲是这一物种的起源中心, 因为本属的大多数物种都在南美洲被发现。BRAVO-HOLLIS^[3]则认为 *H. undatus* 来源于 Martinica 或者哥伦比亚。

1860 年, 火龙果被引种到菲律宾^[7], 现在火龙果已经在泰国、印度、菲律宾、马来西亚、越南、印度尼西亚和中国被广泛栽培种植, 尤其在东南亚的泰国和越南已经成为重要的经济作物。1984 年, 以色列从美国引进了数份火龙果种质, 至今已经培育了多个农艺性状优良、高产、高品质的品种, 其中黄皮白肉品种就是通过属间杂交获得的^[8-17]。

2 火龙果生长特性

火龙果种植后第 2 年即可挂果, 第 3 年进入盛果期, 植株寿命可达 100 年以上, 可以收获至少 20 年。夜间开花, 黄昏时候花朵开展, 授粉完毕后凋谢。不同品种开花结果期稍有差异, 花期一般在 6—11 月, 采果期在 7 月中旬至翌年 1 月上旬。若田间管理得当, 1 年可开 15 批花, 但每年果实数量相对较集中的有 3~4 批次。火龙果是非跃变性果实(果实成熟后不像香蕉那样经历跃变), 坐果后 30 d 即可采收, 为了品质更好, 积累更多的糖分, 可以适当延迟采收期^[18]。据报道, 坐果后 50 d 采收的果实比 30 d 采收的重 50%^[19]。10 月以后开花, 因气温低, 挂果期延长, 约需 45~60 d 成熟, 但果实品质较好。在常温下最多能保存 10 d, 但在 4.5℃ 可保存 30 d^[18]。

火龙果在不同的气候条件下都可以生长。在墨西哥年降雨量 340~3 500 mm 的地区均有分布, 海拔 2 750 m 的高原也可生长^[20]。火龙果对各种土壤类型都有较强的适应性, 但在排水好、土层疏松、肥沃又不砂质化的土壤上生长更快、产量更高、品质更好。土壤最适宜 pH 值范围为 6.0~7.5, 对低温敏感, 最适宜生长温度为 25~35℃。由于火龙果是攀缘植物, 需搭架, 很少受台风灾害影响^[1, 18, 21]。火龙果种苗可通过种子、嫁接、扦插等方式繁殖。种子繁殖的个体变异遗传分化较大, 难以保持母本的优良遗传性状, 生产上一般不采用, 但可以用来筛选适合当地栽培的变异优良品种。扦插容易生根, 生产上常用扦插进行育苗, 一般选用成熟枝条进行扦插, 因为成熟枝条的抗病虫能力更强。在扦插之前, 要将茎条存放于干燥、阴冷的地方 5~7 d, 这样插条的成活率更高。

3 火龙果的用途和价值

果实具有非常高的营养价值, 含有丰富的花青苷和植物蛋白, 红肉品种富含甜菜红素(betalains)^[22]。除生食外, 其花和果均可加工成各种营养保健食品, 目前对火龙果的加工利用已进行多方面的研究, 现开发出的火龙果产品有果酒、果醋、果酱、低糖果脯、冰淇淋、果冻、果汁罐头以及火龙果色素等^[23-30]。火龙果茎除刺后, 可切成片鲜食, 用果汁机打碎可作冷饮或调制冰淇淋。另外, 用火龙果的花为主要原料, 制作保健饮料, 其风味独特、清醇爽口^[31]。在高热量、高蛋白和高脂肪食物导致高血脂、高血糖患者日益增多的今天, 火龙果是人们的最佳消费选择之一^[32]。火龙果除作为水果外, 还集药用、蔬菜和花卉于一身^[33-34]。古玛雅人将火龙果作为利尿、治疗心脏病和创伤的良药^[35-36]。研究显示, *H. moncanthus* 的果实有很强的抗氧化的作用^[37-40]。另外, 火龙果的种子油也是潜在天然抗氧化剂, 含有 phenolics、tocopherols、sterols 等成分^[41]。较新的研究表明, 火龙果果实和茎的汁对抑制肿瘤的生长, 抵抗病毒及免疫反应等病症有积极的作用和不错的疗效^[42]。此外, 花和茎还有舒血活络、解毒功能, 外用可治骨折、腮腺炎、疮肿等^[43], 对治疗高血压、糖尿病十分有效^[32]。火龙果的茎还是珍贵仙人掌类嫁接的理想砧木, 可以把蟹爪兰、各种怪异的仙人掌(球)嫁接在其上, 制作成家庭观赏的园艺植物^[44]。另外, 火龙果无毒、无菌、无污染、无公害, 是很好的环保型植物, 它有仙人掌的功能, 在夜间吸收 CO₂, 释放 O₂, 净化空气, 保护环境, 可用作家庭阳台和庭院观赏花卉^[33, 45]。

4 推广和种植情况

在世界范围内, 澳大利亚、以色列、马来西亚、尼加拉瓜、哥伦比亚、墨西哥、哥斯达黎加、秘鲁、菲律宾、泰国和越南都有一定的种植面积^[20, 46-47]。近年来, 东南亚的种植面积在不断扩大, 尤其泰国和越南发展较为迅速, 已经成为火龙果主要的出口基地。2013 年, 越南的种植面积达 2.5 万 hm², 年产量为 46 万 t 以上, 出口金额约达 15 000 万美元。

20 世纪 90 年代初我国台湾开始引进试种, 并选育出一些优良品种。我国大陆从 1998 年开始陆续引种到广西、广东、海南、福建等省(区)种植, 并形成了一定的产业规模。据不完全统计, 截止 2013 年底, 全国(除台湾外)火龙果种植面积已发展到 14 000 hm² 左右。贵州种植面积达 7 000 hm², 占全国火龙果种植面积的 50%。2007 年年底贵州才开始种植火龙果, 在 6 年时间里赶超海南、广西和广东, 成为全国最大的火龙果种植基地。近几年, 广东省也在奋起直追, 种植面积达 5 000 hm²。由于种植火龙果前期投入较大, 普通农户种植面积较

小,大部分果园均以企业投入为主,进行产销一条龙的运营模式。受地理和气候条件等因素的限制,推广区域相对狭窄,主产区集中在广西、海南等少数亚热带气候地区,产量非常有限,市场缺口较大,远远满足不了国内市场需求。目前火龙果的优良品种不多,按其果皮果肉颜色可分为红皮白肉、红皮红肉、黄皮白肉三大类。目前国内栽培的火龙果品种主要有红皮白肉、红皮红肉2种类型。通常,栽种红肉品种比白肉品种更有经济价值。黄皮白肉品种由于产量低等原因,在我国市场很少见到。贵州、云南等地的红肉品种由于口感较好,非常畅销,价格非常可观,但产量过低(667 m² 产量约1 000 kg),供不应求。如今国内各地市场出售的火龙果大多数来自越南和泰国,以红皮白肉品种为主,含糖量和含水率都较低,口感较差。

5 火龙果种质资源研究

5.1 种质资源概况

仙人掌科物种果实大多都可食用,这些物种在世界各地被广泛栽培,据统计大约有250种植物果实可以食用^[20],根据茎的特点将这些可食用物种分为攀缘和柱状2种类型,攀缘仙人掌分属于2个不同的属量天尺属(*Hylocereus*)和蛇鞭柱属(*Selenicereus*),柱状仙人掌分属于3个属(*Cereus*, *Pachycereus* 和 *Stenocereus*)^[48]。量天尺属(*Hylocereus*)是美洲特有属,目前公认的有18个物种,全部分布在美洲地区,包括巴西、墨西哥等中美洲热带地区,在热带美洲西印度群岛及其它热带地区均有栽培和分布^[49]。但 HUNT^[50] 根据该属物种的形态特征,认为该属有14个物种;BRITTON等^[51] 则把它们划为16个物种。除了 *H. megalanthus* 是四倍体物种外,量天尺属其它物种都是二倍体。由于该属物种的花、茎和果多样性较高,使得该属的分类和系统发育关系非常混乱,物种界定不够明确,到目前为止还没有统一的结论^[1]。世界上的大多数火龙果栽培品种都是由 *H. undatus* 这一物种驯化和改良培育的^[18,52]。个别品种像黄皮白肉品种则是通过量天尺属(*Hylocereus*)和蛇鞭柱属(*Selenicereus*)物种之间的杂交获得^[1]。在拉丁美洲和大洋洲,*H. costaricensis* 也被广泛栽培^[20]。

5.2 种质资源收集和保存情况

目前从事火龙果研究的国家主要有以色列、泰国、越南、马来西亚、新西兰、斯里兰卡、美国、墨西哥和中国,但收集和保存的火龙果种质资源数量非常有限。火龙果种质资源主要集中在墨西哥,但具体数量不详。美国也保存了一定数量的种质。以色列班固里昂大学引进82份火龙果种质,其中蛇鞭柱属37份,量天尺属45份^[53]。DWIVEDI等^[54] 统计了288个世界范围内的种质库(圃),共收集火龙果种质资源134份,其中尼加拉瓜(Programa de Recursos Genéticos Nicaragüenses)保存火

龙果种质资源50份^[54],越南的南部水果研究所(Southern Fruit Research Institute, Viet Nam)保存24份^[54],厄瓜多尔(Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos y Biotecnología)保存18份^[54],缅甸保存火龙果种质资源3份。巴西农牧研究院也保存了一定数目的种质,其中Embrapa Cerrados 保存16份种质^[55]。另外,我国热区的农业研究机构也保存了少量的火龙果资源,像广西省农业科学院园艺所保存火龙果种质资源100多份,位于云南省西双版纳州的热带作物研究所保存火龙果资源40多份。在一些中南美洲国家和地区,某些家庭花园常栽培有量天尺属植物,是非常珍惜和宝贵的火龙果种质资源。

5.3 种质资源鉴定与评价

目前,世界范围内收集和保存的火龙果种质资源非常少,而且火龙果研究的起步较晚,种质资源鉴定、评价工作较为落后,还没有形成较为统一的种质资源描述规范和数据标准。较多的工作都集中在对部分品种的品质性状(营养成分、口感等性状)进行鉴定^[57-61],其它性状如抗旱、抗寒和抗病虫性状都没有系统的鉴定和评价。JUNQUEIRA等^[55] 对保存在巴西农牧研究院的16份种质通过随机扩增片段多态性方法(RAPD)进行了遗传多样性分析,结果显示,16份种质的遗传距离在0.006~0.148之间变化,同一物种的不同个体间也存在异常变异。FAN等^[62] 通过抑制性消减杂交技术和互补脱氧核糖核酸微阵列分析(suppression subtractive hybridization and cDNA microarray analysis)对干旱响应的不同表达水平的基因进行了鉴定,共有2 112个克隆被筛选出用于cDNA微阵列的构建,209个表达序列标签(ESTs)通过测序和比对分析被鉴定,36个基因被定位在47个KEGG通路上,这些通路包括碳水化合物代谢、酯类代谢、能量代谢、核苷酸代谢以及氨基酸代谢通路。ONG等^[63] 鉴定了红肉火龙果中的细菌微生物,共鉴定30种微生物,其中20种属于肠球菌属(*Enterococcus*)。

5.4 种质创新利用

目前,从事火龙果遗传育种的国家主要有以色列、泰国、越南、中国台湾和美国等国家和地区。以色列已经培育了产量为40 t/hm²的火龙果品种^[1,53];通过量天尺属(*Hylocereus*)和蛇鞭柱属(*Selenicereus*)物种之间的杂交,获得的品种已经在以色列广泛种植^[5]。台湾和越南通过选育得到了自交亲和、高产的火龙果品种^[5]。越南培育的品种‘Vietnam #1’,果大、果皮粉红色,果肉白色,可溶性固体(甜度指标)达到13%~19%。另外,通过近缘物种 *H. polyrhizus* 和 *H. costaricensis* 进行杂交,利用其杂交个体与 *H. undatus* 再进行杂交,也获得了众多的商业品种^[5]。

6 病虫害研究概况

火龙果抗逆性极强,相比其它作物,病虫害相对较少发生。但在火龙果能够生长的热带地区,气温高,雨热资源丰富,生物多样性高,病虫害也会发生。

目前为止,已记录的火龙果病原菌主要有欧文菌(*Erwinia carotovora*)、黄单胞菌(*Xanthomonas campestris*)、炭疽病(*Colletotrichum gloeosporioides* Penz)、链格孢属(*Alternaria* sp)、弯孢菌(*Curvularia* sp)、茎点霉菌(*Phoma* sp)、枝孢菌(*Cladosporium* sp)、蠕孢菌(*Helminthosporium* sp)、棒孢霉菌(*Corynespora* sp)、*Bipolaris cactivora*、盘长孢状刺盘孢(*Colletotrichum gloeosporioides*)、尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)、野油菜黄单胞菌(*Xanthomonas campestris*)、壳二孢属(*Ascochyta* sp.)、曲霉属真菌(*Aspergillus* sp.)、葡萄座腔菌(*Botryosphaeria dothidea*)、小穴壳菌属(*Dothiorella* sp.)、镰刀菌属(*Fusarium* sp.)、双极霉属(*Bipolaris* sp.)等病原菌^[64-71]。

INRA-CEE^[64]和BADILLO^[65]在尼加拉瓜观察发现象鼻虫、甲壳虫、喙缘蝽属、水蚁属等9种害虫。在哥伦比亚,*Dasiops saltans* (spear fly)使40%~80%的花被破坏而导致减产^[72]。此外,某些线虫(*Meloidogyne* spp)也侵袭火龙果,昆虫留下的小洞又成为了真菌和细菌侵袭的直接入口,最终导致植株被杀死^[1]。

火龙果采收后,一些真菌的侵染会影响火龙果的品质,这些真菌主要包括 *Bukholderia cepacia*、*B. multivorans*、*Monilinia* sp.、*Capnodium* sp.、*Gloeosporium agaves*、*Macssonina agaves*、*Phytophthora* sp. 和 *Sphaceloma* sp. 等病原体^[73]。

总结起来,火龙果病害主要有基腐病、茎腐病、疮痂病、炭疽病、枯萎病、黑斑病、病毒病、溃疡病和茎枯病9种病。其中,枯萎病和疮痂病是由细菌引起的病害,茎腐病、基腐病、炭疽病、黑斑病、溃疡病和茎枯病是由真菌引起的病害。火龙果虫害主要有堆蜡粉蚧、黑刺粉虱、红蜘蛛、尺蠖类害虫、刺蛾类害虫、刺蛾类害虫、金龟子类害虫、蜗牛类害虫等^[64-65,74]。目前,针对不同病虫害,已经形成了较为成熟的应对方法,使损失降到最低。随着火龙果种植区域和面积的不断扩大,新的病虫害被不断发现^[1]。

7 展望

火龙果作为一种新兴热带作物,生命力顽强,种植技术要求不高,病虫害少,市场需求大且价格好,具有非常乐观的发展前景。目前对火龙果的研究,主要集中在采后保鲜处理、营养成分、遗传育种、栽培以及生理抗逆适应性等,种质资源基础研究还非常薄弱,种质资源家底还不够清楚,国内收集到的火龙果种质资源非常有

限,远远达不到科研和生产的需求,因此需加大种质资源引进力度,尤其要从墨西哥、哥伦比亚等资源最丰富的国家入手,引进优异种质。其次,火龙果在自然状态下通常是通过蛾子或蝙蝠来传粉的,在某些特殊天气条件下,由于传粉者的减少而导致产量的降低,必须通过人工进行授粉,而火龙果又在夜间开花,给授粉工作增加了难度。目前,虽然已经培育了能够自花授粉的品种,但适合其生长的区域非常狭小,只限于部分地区,大多数地区的主要栽培品种都依靠人工进行授粉。因此,培育更多的高产、优质的自花传粉品种是当务之急。另外,目前缺乏耐寒、耐涝优良品种。火龙果不耐寒、不耐涝也是制约其大规模推广和生产的因素之一,适合其生长的热带亚热带地区如果遇到极度低温,将造成火龙果生产毁灭性的破坏;雨量太多可能造成根部积水过多、排水不畅引发生理伤害和烂根烂茎等现象,影响火龙果的生长、发育和果实品质。因此,加大火龙果优异资源的引进力度,结合地方实际气候条件,充分利用国内外火龙果资源,挖掘优异种质,加强火龙果优良新品种选育工作,通过传统育种方法和现在分子育种技术紧密结合,选育能够自花授粉、耐寒、耐涝品种,为推动火龙果产业的进一步壮大发展作好铺垫。

参考文献

- [1] ORTIZ-HERNANDEZ Y D, CARRILLO-SALAZAR J A. Pitaya (*Hylocereus* spp.): a short review[J]. *Comunicata Scientiae*, 2012, 3(4): 220-237.
- [2] 邓仁菊, 范建新, 蔡永强. 国内外火龙果研究进展及产业发展现状[J]. *贵州农业科学*, 2011, 39(6): 188-192.
- [3] BRAVO-HOLLIS H. Las cactáceas de México Vol. I. UNAM[M]. México D F, México, 1978: 743-743.
- [4] OLAYA C, TUNAS Y. Pitayas. Frutas de América tropical y subtropical, historia y usos[M]. Ed Norma S A, Bogotá, Colombia, 1991, 123.
- [5] GUNASENA H P M, PUSHPAKUMARA D K N G, KARIYAWASAM M. Dragon fruit[M]. Chapter 4, 2007, 110-141.
- [6] JORGE L I F, FERRO de O. Aspectos anatómicos e fitoquímicos de *Hylocereus undatus* (Haworth) Britton & Rose[J]. *Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo*, 1989, 25: 123-136.
- [7] CASAS A, BARBERA G. Mesoamerican domestication and diffusion[M]. In: Nobel P S (Ed.). *Cacti Biology and Uses*. University of California Press, California, USA, 2002: 143-162.
- [8] MIZRAHI Y, NERD A, NOBEL P S. Cacti as crops[J]. *Horticultural Reviews*, 1997, 18: 291-320.
- [9] MIZRAHI Y, NERD A, SITRIT Y. New fruits for arid climates[M]. In: Janick, J, Whipkey, A. *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, USA, 2002: 378-384.
- [10] METZ C, NERD A, MIZRAHI Y. Viability of pollen of two fruit crop cacti of the genus *Hylocereus* is affected by temperature and duration of storage[J]. *Hort Science*, 2000, 35(2): 199-201.
- [11] BEN-ASHER J, NOBEL P S, YOSSOV E, et al. Net CO₂ uptake rates for *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus* under field conditions: drought influence and a novel method for analyzing temperature dependence[J]. *Photosynthetica*, 2006, 44: 181-186.

- [12] WEISS J, NERD A, MIZRAHI Y. Flowering and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential[J]. Hort Science, 1994, 29: 1487-1492.
- [13] WEISS I, MIZRAHI Y, RAVEH E. Effect of elevated CO₂ on vegetative and reproductive growth characteristics of the CAM plants *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus* [J]. Scientia Horticulturae, 2010, 123: 531-536.
- [14] CISNEROS A, TEL-ZUR N. Embryo rescue and plant regeneration follow interspecific crosses in the genus *Hylocereus* (Cactaceae) [J]. Euphytica, 2010, 174: 73-82.
- [15] CISNEROS A, BENEGA GARCIA R, TEL-ZUR N. Ovule morphology and seed development in three *Hylocereus* species (Cactaceae) [J]. Flora, 2011, 206: 1076-1084.
- [16] CISNEROS A, TEL-ZUR N. Evaluation of interspecific-interploid hybrids (F1) and Back Crosses (BG1) in *Hylocereus* species (Cactaceae) [M]. In: Swan, A (ed.) Meiosis: Molecular Mechanisms and Cytogenetic Diversity. In Tech Publishers, Rijeka, Croatia, 2012: 367-388.
- [17] COHEN H, TEL-ZUR N. Morphological changes and self-incompatibility breakdown associated with autopolyploidization in *Hylocereus* species (Cactaceae) [J]. Euphytica, 2012, 184(3): 345-354.
- [18] ZEE F, YEN C-R, NISHINA M. Pitaya (dragon fruit, strawberry pear) [D]. Honolulu (HI); University of Hawaii, 2004; 3. (Fruits and Nuts; FN-9).
- [19] CHANG FR, YEN C R. Flowering and fruit growth of pitaya (*Hylocereus undatus* Britt. & Rose) [J]. Chinese Soc Hort Sci, 1997, 43(4): 314-21.
- [20] LE BELLEC F, VAILLANT F, IMBERT E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future[J]. Fruits, 2006, 61: 237-250.
- [21] 江志鹏. 火龙果栽培技术[J]. 柑桔与亚热带果树信息, 1999, 15(2): 91.
- [22] STINTZING F C, SCHIEBER A, CARLE R. Betaeyanins in fruits from red-purple Pitaya, *Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose [J]. Food Chemistry, 2002, 77: 101-106.
- [23] 高翔, 王蕊. 火龙果酒发酵工艺的研究[J]. 中国酿造, 2005(2): 49-51.
- [24] 王新广, 罗先群, 陈娜. 火龙果酒酿造工艺技术[J]. 资源开发与市场, 2005, 21(6): 493-496.
- [25] 张安宁, 高翔, 王蕊. 火龙果醋的生产工艺研究[J]. 食品科学, 2006, 27(11): 364-366.
- [26] 王蕊, 高翔. 火龙果低糖果脯的加工工艺[J]. 食品与机械, 2004, 20(4): 48-50.
- [27] 高翔, 王蕊. 火龙果冰淇淋的研制[J]. 中国乳品工业, 2004, 32(10): 9-11.
- [28] 邓瑶摘. 火龙果系列加工食品的研制[J]. 食品科技, 2004(1): 36-38.
- [29] 黄爱萍, 姜帆, 高惠颖, 等. 我国大陆火龙果引种栽培与利用现状[J]. 台海农业探索, 2005(4): 44-45.
- [30] 李升峰, 刘学铭, 吴继军, 等. 火龙果的开发与利用[J]. 食品工业科技, 2003, 24(7): 88-89.
- [31] 夏杏洲, 钟日初, 郭茵筱. 火龙果花保健饮料的研制[J]. 广州食品工业科技, 2004, 20(4): 69-71.
- [32] 张福平. 火龙果的营养保健功效及开发利用[J]. 食品研究与开发, 2002, 23(3): 49-50.
- [33] 李兴华. 21 世纪保健食品—火龙果[J]. 云南农业, 2001(7): 14.
- [34] 庄总来, 邱凌, 宋康康, 等. 仙蜜果花成分的研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2004, 43(4): 578-580.
- [35] ARGUETA A V, CANO L M A, RODARTE M E. Atlas de las plantas de la medicina tradicional Mexicana [M]. Instituto Nacional Indigenista, 1994, II: 1170-1171.
- [36] ANKLI A, STICHER O, RICH M H. Yucatec maya medicinal plants versus non medicinal plants: indigenous characterization and selection [J]. Human Ecology, 1999, 27(4): 557-580.
- [37] WU L C, HSU H W, CHEN Y C, et al. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya [J]. Food Chemistry, 2006, 95(2): 319-327.
- [38] ESQUIVEL P, STINTZING F C, CARLE R. Pigment pattern and expression of colour in fruits from different *Hylocereus* sp. genotypes [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2007, 8(3): 451-457.
- [39] NURLIYANA R, SYED ZAHIR I, MUSTAPHA SULEIMAN K, et al. Antioxidant study of pulps and peels of dragon fruits; a comparative study [J]. International Food Research Journal, 2010, 17: 367-375.
- [40] KIM H, CHOI H K, MOON J Y, et al. Comparative antioxidant and antiproliferative activities of red and white pitayas and their correlation with flavonoid and polyphenol content [J]. Journal of Food Science, 2011, 76(1): 38-45.
- [41] ARIFFIN A A, BAKAR J, TAN C P, et al. Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil [J]. Food Chemistry, 2009, 114(2): 561-564.
- [42] 李升峰, 陈卫东, 肖更生, 等. 火龙果籽油脂肪酸组成的研究[J]. 福建果树, 2006(2): 4-5.
- [43] 陈振东, 高海筹. 一种值得推广的新兴水果—红龙果[J]. 福建热作科技, 2001, 26(3): 44-46.
- [44] 赵志平, 杨春厦. 火龙果的开发与发展前景[J]. 中国种业, 2006(2): 13-14.
- [45] DRENNAN P M, NOHEL P. Responses of CAM species to increasing atmospheric CO₂ concentrations [J]. Plant, Cell and Environment, 2000, 23: 767-781.
- [46] GUNASENA H P M, PUSHPAKUMARA D K N G. Dragon fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose; a fruit for the future [M]. Sri Lanka Council for Agricultural Policy, Wijerama Mawatha, Colombo 7, Sri Lanka, 2006.
- [47] GUNASENA H P M, PUSHPAKUMARA D K N G, KARIYAWASAM M. Dragon fruit *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose; field manual for extension workers [M]. Sri Lanka Council for Agricultural Policy, Wijerama Mawatha, Colombo 7, Sri Lanka, 2006.
- [48] CRANE J, BALERDI C. Dragon fruit. Institute of Food and Agricultural Sciences [M]. University of Florida, IFAS Extension, Gainesville, 2004: 32611.
- [49] BARTHOLOTT W, HUNT D R. Cactaceae. In: Kubitzki, K., Rohrer, J.G. And Bittrich, V. (eds.). The families and genera of vascular plants [M]. Volume 2. Springer Verlag, Berlin, Germany, 1993: 161-197.
- [50] HUNT D R. The New Cactus Lexicon [M]. Vols I & II. DH Books, Milborne Port, UK, 2006: 925.
- [51] BRITTON N L, ROSE J N. Descriptions and illustrations of plants of the cactus family [M]. Vol. I and II, Dover Publ, Inc, New York, USA, 1963: 183-195.
- [52] NERD A, SITRIT Y, KAUSHIK R A, et al. High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops [J]. Scientia Horticulturae, 2002, 96: 343-350.
- [53] MIZRAHI Y, NERD A. Climbing and columnar cacti—new arid lands fruit crops [M]. In: Janick J. ed. Perspective in new crops and new crops uses. ASHS Press, Alexandria, USA, 1999, 358-366.
- [54] DWIVEDI S, SHAHRAWAT K, PUPPALA N, et al. Plant prebiotics and human health: Biotechnology to breed prebiotic-rich nutritious food crops [J]. Electronic Journal of Biotechnology, 2014, 17: 238-245.
- [55] JUNQUEIRA K P, FALEIRO F G, JUNQUEIRA N T V, et al. Genetic diversity of native pitaya native from Brazilian savannas with basis on RAPD markers [J]. Rev Bras Frutic, 2010, 32(3): 819-824.
- [56] ESQUIVEL P, STINTZING F C, CARLE R. Phenolic compound profiles

and their corresponding antioxidant capacity of purple pitaya (*Hylocereus* sp.) genotypes[J]. Z Naturforsch C, 2007, 62: 636-644.

[57] CAI Y Q, XIANG Q Y, CHEN J L, et al. Analysis of nutritional components in pitaya fruit[J]. Econ Forest Res, 2008, 26: 53-56.

[58] REBECCA O P S, BOYCE A N, CHANDRAN S. Pigment identification and antioxidant properties of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) [J]. Afr J Biotechnol, 2010, 9: 1450-1454.

[59] WICHENCHOT S, JATUPORNPIPAT M, RASTALL B. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties[J]. Food Chemistry, 2010, 120(3): 850-857.

[60] CAMPOS-ROJAS E, ESPINOZA J M P, CAMPOS-MONTIEL R G, et al. Evaluation of pitaya plants (*Stenocereus* spp.) of natural populations of Monte Escobedo, Zacatecas[J]. Revista Chapingo Serie Horticultura, 2011, 17(3): 173-182.

[61] DE FREITAS S T, MITCHAM E J. Quality of pitaya fruit (*Hylocereus undatus*) as influenced by storage temperature and packaging[J]. Sci Agric, 2013, 70: 257-262.

[62] FAN Q J, YAN F X, QIAO G, et al. Identification of differentially-expressed genes potentially implicated in drought response in pitaya (*Hylocereus undatus*) by suppression subtractive hybridization and cDNA microarray analysis[J]. Gene, 2014, 533(1): 322-331.

[63] ONG Y Y, TAN W S, MOHAMAD R, et al. Biochemical and molecular identification of *Enterococcus* spp. from red pitaya[J]. Process Biochemistry, 2014, 49(4): 563-568.

[64] INRA-CEE. Guía tecnológica para la producción de pitahaya[M]. Instituto Nicaragüense de Reforma Agraria, Managua, Nicaragua, 1994: 70.

[65] BADILLO J. Manual Técnico de Fitosanidad en Pitahaya[M]. MAG-FOR-OIRSA-VIFINEX, Managua, Nicaragua, 2005: 85.

[66] TABA S, MIKAMI D, TAKAESU K, et al. Anthracnose of pitaya (*Hylocereus undatus*) by *Colletotrichum gloeosporioides* [J]. Japanese Journal of Phytopathology, 2006, 72: 25-27.

[67] WANG C L, LIN C C. Fruit rot of pitaya and stem rot of cacti in Taiwan [J]. Journal Plant Pathology Bulletin, 2005, 14(4): 269-274.

[68] MASYAHIT M, SIJAM K, AWANG Y, et al. The first report of the occurrence of anthracnose disease caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. on dragon fruit (*Hylocereus* spp.) in peninsular Malaysia [J]. American Journal of Applied Sciences, 2009, 6: 902-912.

[69] HYUN I H, LEE S D, LEE Y H, et al. Mycological characteristics and pathogenicity of *Fusarium oxysporum* Schlecht. Emend. Snyder & Hans. Causing stem rot of cactus [J]. Korean Journal of Plant Pathology, 1988, 14: 463-466.

[70] KIM Y H, JUN O K, SUNG M J, et al. Occurrence of *Colletotrichum* stem rot caused by *Glomerella cingulate* on graft-cactus in Korea [J]. Plant Pathology Journal, 2000, 16: 242-245.

[71] KIM J H, JOEN Y H, KIM S G, et al. First report on bacterial soft rot of graft-cactus *Chamaecereus silvestrii* caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum* in Korea [J]. Plant Pathology Journal, 2007, 23: 314-317.

[72] DELGADO A, KONDO T, IMBACHI L K, et al. Biología algunos datos morfológicos de la mosca del botón floral de la pitaya amarilla *Dasiops saltans* (Townsend) Diptera: Lonchaeidae en el valle del Cauca, Colombia [J]. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle, 2010, 11(2): 1-10.

[73] MASYAHIT M, SIJAM K, AWANG Y, et al. First report on bacterial soft rot disease on dragon fruit (*Hylocereus* spp.) caused by *Enterobacter cloacae* in peninsular Malaysia [J]. International Journal of Agriculture and Biology, 2009, 11(6): 659-666.

[74] 郑伟, 蔡永强, 戴良英. 火龙果病虫害的研究进展 [J]. 贵州农业科学, 2007, 35(6): 139-142.

Research Progress of Pitaya

TIAN Xinmin, LI Hongli, HE Yun, HONG Qingmei, HU Wenbin, LI Qiong

(Tropical Crops Genetic Resources Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou, Hainan 571737)

Abstract: In this study, the origin, distribution and dissemination history of pitaya were traced. The pitaya growth characteristics and commercial value were introduced. It was mainly focused on the research progress of germplasm resource collection, preservation, utilization and plant diseases and insect pests. Finally, the development foreground and existing problems of pitaya were prospected and discussed.

Keywords: pitaya; germplasm resources; research progress

欢迎订阅 2016 年《山西果树》

《山西果树》是由山西省农业科学院主管, 山西省农科院果树研究所主办的以科学研究和技术普及相结合的综合性和果树科技期刊, 被中国期刊网、中国学术期刊(光盘版)、中国期刊数据库、中国核心期刊(遴选)数据库、中文科技期刊数据库、北京龙源期刊网等多家网络和数据库收录。本刊为山西省一级期刊, 并先后荣获全国园艺类核心期刊奖、华北地区优秀期刊奖、全国优秀农业期刊奖、全国优秀农业专业技术期刊奖等奖励。本刊设有试验研究、经验技术、调查建议、综论指导、来稿摘登、报刊摘引、咨询服务、国外果树科技、信息与广告等栏目, 主要报道果树科研新成果, 交流果树先进实用的管理经验与技术, 普及果树科学知识, 提供果树科技信息服务等, 内容丰富, 科学实用, 信息量大, 发行范

围广, 是广大农林院校师生、果树科技工作者的良师益友, 是果农朋友发家致富的好帮手。本刊为双月刊, 16 开本, 64 页, 每逢单月 10 日出版, 每册定价 4.00 元, 全年 6 册共 24.00 元。国内外公开发行, 全国各地邮政局均可订阅, 邮发代号 22—17; 漏订者可直接汇款《山西果树》编辑部订阅, 免费邮寄, 需挂号者每寄 1 次另加挂号费 3.00 元, 统一订 6 套以上者免收挂号费。

本刊地址: 山西省太原市龙城大街 79 号 山西省农业科学院果树研究所《山西果树》编辑部, 邮编: 030031, 电话: 0351—7639463 (兼传真)、7639464, 电子信箱: sxgszszs@163.com (编辑部), sxgszszs@126.com (广告部)。