

我国番木瓜种质资源研究发展与展望

张颖聪¹ 杜青芹² 吴传龙¹ 任鹏荣² 陈军¹ 周常清² 乔燕春¹

(¹广州市农业农村科学院 广东广州 510030

²广州市果树科学研究所有限公司 广东广州 510405)

摘要: 为明晰我国番木瓜种质资源对产业发展的支撑作用,为种质创新驱动产业高质量发展提供参考,本文系统梳理我国番木瓜种质资源发展脉络与现状发现,虽然我国番木瓜种质资源工作已形成从资源收集、品种选育到产业应用的完整体系,但当前产业仍面临资源遗传背景狭窄、关键性状精准鉴定不足、品种与产区条件及生产模式适配性不强等问题,据此提出加强野生及近缘种资源收集、深化跨单位协同创新、强化精准鉴定、聚焦产区需求研发专用品种与配套技术、完善政策保障推动全链条创新等建议,为我国番木瓜产业可持续发展提供理论支撑。

关键词: 番木瓜; 种质资源; 品种选育; 配套技术; 可持续发展

中图分类号: S668.2

Research Progress and Prospects of Papaya (*Carica papaya* L.) Germplasm Resources in China

ZHANG Yingcong¹, DU Qingqin², WU Chuanlong¹, REN Pengrong², CHEN Jun¹,
ZHOU Changqing², QIAO Yanchun¹

(¹Guangzhou Academy of Agricultural and Rural Sciences, Guangzhou 510030, Guangdong;

²Guangzhou Fruit Science Research Institute Co., Ltd., Guangzhou 510405, Guangdong)

Abstract: In order to clarify the supporting role of papaya germplasm resources in promoting industrial development in China and provide references for innovation-driven high-quality development, this paper systematically reviewed the development trajectory and current status of papaya germplasm resources in China. It was found that although a complete system for papaya germplasm resources covering resource collection, variety breeding and industrial application has been established, currently the industry still faces several challenges, such as narrow genetic background of resources, insufficient precise identification of key traits, and poor adaptability of varieties to local production conditions and cultivation models. Accordingly, this paper proposed several strategies including

基金项目: 广东省农业农村厅“广东省现代农业产业技术体系创新团队建设项目(优稀水果产业技术体系)”(2024CXTD09); 2025年广州市财政预算项目“广州市农作物新品种育种研究与示范推广”(25100001)。

作者简介: 张颖聪(1982—), 男, 硕士, 高级农艺师, 主要从事热带果树种质资源保护与创新研究工作。E-mail: ballbantang@163.com

strengthening the collection of wild and related germplasm resources, enhancing precise trait identification through cross-institutional collaborative innovation, developing region-specialized varieties and supporting technologies, and improving policy safeguards to advance whole-chain innovation. These efforts are expected to provide a theoretical foundation for the sustainable development of China's papaya industry.

Keywords: papaya; germplasm resources; variety breeding; supporting technologies; sustainable development

番木瓜 (*Carica papaya* L.) 原产中、南美洲, 17 世纪引入我国, 素有“岭南佳果”之称^[1]。20 世纪 70 年代前后, 我国开始系统化开展番木瓜种质资源工作, 至 80—90 年代, 选育出了多个具有自主知识产权的优良品种, 为产业发展打下基础, 资源和品种也逐步细分成果用、果菜两用、菜用、割酶用等几大类型。2000 年以来, 随着国家对农业种质资源保护与创新利用的重视, 番木瓜种质资源工作加速推进, 国内外资源收集存量已突破 300 份, 不仅涌现出‘红铃 2 号’‘红日 3 号’‘桂热 2 号’等一批具有代表性的优良品种, 以组织培养技术解决了番木瓜株性稳定和商品果一致性问题, 还通过转基因技术实现了‘华农 1 号’‘YK1601’等抗病育种突破。在此背景下, 我国番木瓜产业稳步发展, 2010—2021 年, 种植面积从 7601 hm² 增长至 10680 hm², 产量从 42.81 万 t 攀升至 66.88 万 t, 产业覆盖鲜食水果、蔬菜、干果和果脯加工、木瓜蛋白酶研发等多元领域, 成为海南、广东、广西、福建、云南等产区带动地方经济、促进农户增收的特色支柱产业^[2]。当前, 我国番木瓜种质资源研究虽已形成“收集—育种—应用”的基础链条, 但野生及近缘种资源匮乏导致的遗传背景狭窄、分子鉴定技术与育种实践衔接不足、现有品种产区针对性不强等问题仍制约着产业高质量发展。鉴于此, 本文系统回顾我国番木瓜种质资源研究历程和核心成果, 剖析现存问题并提出未来发展方向, 旨在为番木瓜产业可持续发展提供参考。

一、番木瓜种质资源保护与创新利用发展基本现状

(一) 早期引种和地方种时期

番木瓜于明清时期由东南亚引入我国, 早期

在广东、广西等地由农户在房前屋后零星种植。彼时我国种植的番木瓜均为菜用或果菜两用型农家种或地方品种, 经过多年的驯化和筛选, ‘岭南种’‘中山种’等应用范围较广、地区适应性较强的代表品种逐渐形成, 普遍具有果型大、甜度较低、风味浓的特点^[3]。由于多采用以种子“春播夏植”或直接播种种植的栽种模式, 以及缺乏株性稳定技术和配套栽培技术支持, 番木瓜的实际种植普遍存在性状分离现象, 且产量、质量等多不稳定, 除满足种植家庭自用外, 大面积规模化商业种植较少。

(二) 种质资源相关产业的起步阶段

20 世纪 60—70 年代, 广州市农业科学研究所率先启动番木瓜种质资源系统性研究, 以‘岭南 6 号’为母本、‘中山种’为父本, 其杂交后代作为母本再与‘泰国红肉’进行杂交, 于 70 年代育成了‘穗中红’品种。经由系统选育而成的‘穗中红’与过去的地方种、农家种相比具有较高的一致性和丰产性, 果实品质也有了较大提升, 深受华南番木瓜产区果农喜爱, 迅速成为当时我国番木瓜主栽品种。

20 世纪 80 年代, 广州市果树科学研究所成立, 承继广州市农业科学研究所的研究基础, 继续开展番木瓜资源收集和品种选育工作, 并针对当时严重威胁产业的番木瓜环斑型花叶病毒病 (PRSV) 问题, 重点从早结角度对‘穗中红’品种优株进行进一步筛选, 最终育成‘穗中红 48’^[4]。该品种在珠江三角洲地区春植, 5 月下旬至 6 月初始花, 9 月中下旬始熟, 平均亩产可达 5400 kg 以上 (1 亩 \approx 666.7 m², 下同), 具有明显早结丰产特点, 且果实品质和蛋白酶原浆含量、蛋白酶原浆活性等指标均有较优异的表现。此外, ‘穗中红 48’配套的“秋播春植、一年一种”种植模式, 可使植株比过去提早近 1 个月的时间投

产,结合避病栽培措施的应用,可使果园大部分植株在进入采摘期前不发生 PRSV 或发病较轻,从而确保种植当年产量^[5,6]。在此之前,PRSV 在我国华南地区已流行成灾害,田间发病率一般达到 70%以上,广州、南宁产区田间发病率更是超过 90%,对我国番木瓜产业造成了毁灭性危害^[7,8]。‘穗中红 48’及其配套种植模式的出现,使我国番木瓜产业在 PRSV 威胁下得以存续,为产业后续发展打下了良好基础。到目前,‘秋播春植’结合避病栽培的模式已成为我国各产区主要种植模式,广泛应用于番木瓜种植生产;‘穗中红 48’在生产上虽然已经逐渐被新品种所取代,但至今仍作为重要育种材料被应用于品种创新工作中,是‘红铃’‘广蜜’‘美中红’等代表性品种的杂交亲本^[9-11]。

‘穗中红’和‘穗中红 48’,以及品种配套种植模式的出现,奠定了我国番木瓜商品化种植的基础。与此同时,通过引种筛选、选育等方式培育出的‘红妃’‘台农’‘园优’等品种也陆续得到推广,除果菜两用、粗加工等用途外,番木瓜蛋白酶加工产业也逐渐起步发展。

(三) 技术革新与产业发展

20 世纪 90 年代,随着我国改革开放的不断深化,果用型番木瓜开始经过进口渠道进入我国市场。与当时我国主要栽培品种不同,果用型番木瓜普遍果型较小、甜度高,具有较高的食用品质,通常只作鲜食水果或高档菜品,又因其主要依靠进口,所以市场售价很高。当时,广州市果树科学研究所已收集保存多份国内外种质资源,针对市场对果用型番木瓜的需求,科研人员利用‘日升’(Sunrise)为母本,‘穗中红 48’为父本进行杂交,于 1996 年育成我国首个具有自主知识产权的果用型番木瓜品种‘美中红’,填补了我国果用型番木瓜自主选育品种的空白,使果用型番木瓜国产化成为可能,也为后续果用型番木瓜品种选育工作打下了良好基础^[11,12]。广西壮族自治区亚热带作物研究所也积极投身番木瓜资源与品种创新研究,依托当地气候与资源优势,收集保存地方特色种质,并针对当地番木瓜蛋白酶产业特点开展新品种选育工作,并于 2011 年育成了抗逆性表现突出、适应广西山区复杂气候的‘桂热 1 号’番木瓜^[13]。

针对 PRSV 病害问题,华南农业大学利用转基因技术将我国华南地区 PRSV 优势株系 Ys 的复制酶基因转入番木瓜,成功培育出对多个 PRSV 毒株具有抗性的‘华农 1 号’番木瓜品系,并于 2006 年正式成为我国首个获得批准释放的食用转基因农作物^[14]。在随后的几年里,‘华农 1 号’在广东省被广泛种植,有效解决了 PRSV 危害问题^[15,16]。

此外,随着果用型番木瓜品种种植面积的不扩大,使用种子实生植株果园因株性分离出产果品中近 50%为雌性果,不符合市场更青睐更具商品性和耐贮运性的长圆形两性果的实际需求^[12]。广州市果树科学研究所联合中国科学院华南植物研究所通过植物组织培养方式研发出“一种生产株性稳定的番木瓜组培苗的方法”专利技术,可使培育幼苗 100%株性一致^[17,18]。到目前,通过组织培养稳定番木瓜株性的技术已经广泛应用于生产,尤其是对产品果形有较高要求的果用型番木瓜的种植生产,菜用、果菜两用、割酶用等类型的番木瓜生产由于对果形要求不高仍以使用种子实生苗为主。由于组织培养技术在番木瓜株性稳定上的成功应用,广州市果树科学研究所通过进一步摸索和试验,总结提出了“番木瓜新品种快速选育的方法”专利技术^[19]。该技术以培育番木瓜无性系品种为目标,将番木瓜育种周期从原来的 8~10 年缩短至 3~4 年,极大的提高了番木瓜品种选育效率。

随着品种和技术的不断迭代、升级和推广应用,至本世纪初,我国海南、广东、广西、福建和云南等省(自治区)已基本形成稳定的规模化番木瓜种植产区,近年整体产业年种植面积稳定在 16 万亩左右,不仅满足了市场对番木瓜产品的消费需求,也对相关产业形成了长期稳定的支撑^[20]。

台湾省在番木瓜领域的品种和技术创新成果与经验,不仅对当地产业形成了良好的支撑,还直接或间接辐射影响我国大陆、东南亚甚至其他热带亚热带国家和地区番木瓜产区,发挥着积极推动产业发展的作用。经过近几十年的自主研究创新,台湾省培育形成了数十个适配不同需求的番木瓜品种,其中:‘红妃’是台湾选育出的代表性品种之一,兼具大果型品种的丰产性和接近小果型品种的优良食用品质,是包括‘广蜜’‘红铃 2 号’在内

多个优良品种的育种亲本；‘台农 2 号’具有生长势强、结果部位低、风味浓郁的特点，曾长期占据台湾 90% 以上栽培面积^[21,22]。此外，为应对当地台风频发、病虫害易传播以及 PRSV 危害等问题，矮化种植技术和网室栽培技术得到了改良和成熟应用^[23,24]。

（四）种质资源工作的系统化深入推进

2012 年，原农业部正式授牌并认定依托于广州市果树科学研究所的番木瓜种质资源圃为“农业部广州番木瓜种质资源圃”，承担番木瓜种质资源的调查、收集、保存、鉴定评价、创新和共享利用等工作。该资源圃在承担单位原有工作基础上，结合大田一年生种植、温室多年生种植、温室幼苗、离体培养和种子等多手段对国内外不同类型的番木瓜种质资源进行“立体保存”，在确保资源安全的同时规范化开展资源鉴定评价和资源创新，并与国内行业各环节主体实现资源共享利用^[25]。到目前为止，该资源圃已收集、保存国内外番木瓜种质资源超过 300 份，累积了大量资源鉴定评价资料，育成的‘红日 2 号’‘红日 3 号’‘红铃 2 号’‘广蜜’等非转基因品种基本覆盖当前产业所需类型，形成了《热带作物种质资源描述规范 番木瓜》等行业标准 4 项，为我国番木瓜资源和品种创新以及产业健康发展提供有力支撑^[10,25,26]。

广西壮族自治区亚热带作物研究所致力于地方特色番木瓜资源的收集和鉴定评价，选育出的‘桂热’系列番木瓜品种具有高产、抗逆性强、蛋白酶原浆产量高等特点，为当地番木瓜蛋白酶、木瓜粉、木瓜丝等加工产业发展提供了品种支持^[13]。福建省农业科学院果树研究所、福建省亚热带植物研究所等单位除开展资源收集和鉴定评价外，还注重地方品系和东南亚品种的引进筛选，其中‘马来 9 号’‘马来 10 号’等品种（系）在当地表现出较强适应性，具有市场开发潜力^[27,28]。广东省农业科学院果树研究所近年也投入开展番木瓜基础研究和品种选育工作，在番木瓜花性转变、炭疽病抗性等方面研究工作取得了一定突破，选育出了‘紫晖’‘黄花佑’等优良新品种^[29,30]。

此外，番木瓜基础研究领域近年也备受国内科研院所的关注。福建农林大学海峡联合研究院近年

在番木瓜基因组破译、性别决定与分化机制研究、基因枪介导的转基因机制研究等基础研究领域取得了多项突破性进展^[31,32]。不仅如此，通过国际资源共享及合作，该院收集了来自世界各地多份番木瓜及其近缘种资源，为后续番木瓜的资源与品种创新工作提供了实物基础。中国热带农业科学院热带生物技术研究所在番木瓜相关病毒致病机理研究、性别鉴定技术研究等方面开展工作并取得了重要成果^[33,34]。该所以‘台农 2 号’为受体，转入 PRSV-Yk 株系外壳蛋白基因及 3' 端非翻译区片段，培育出转基因抗 PRSV 番木瓜植株，其转基因事件 YK1601 于 2018 年获得安全证书^[35]。该转化事件涉及品种包括当前我国商品化种植面积最大的品种‘中白皮日升’在内的多个抗病品种，对海南当地 PRSV 具有较高抗性，解决了‘华农 1 号’在海南种植抗病表现不理想的问题。

二、番木瓜种质资源创新与产业发展面临的主要问题

（一）种质资源遗传多样性单一，抗风险能力薄弱

番木瓜作为外来物种，虽然在我国已有 300 多年的栽培历史，但国内资源在种类和遗传背景上仍相对单一。目前我国非转基因番木瓜主栽品种，如‘红铃’‘广蜜’‘红日 3 号’‘桂热 2 号’等，其亲本基本都包括‘穗中红 48’或与‘穗中红 48’有不同程度的亲缘关系。农业农村部番木瓜种质资源圃已基本摸清国内番木瓜资源情况，但受到引种渠道等因素限制，国外资源、野生种及近缘种资源保存数量相对较少。相对单一的遗传背景使得品种在日益复杂的种植生态与自然环境下虫害、病害、涝害等发生逐渐频繁。例如：二斑叶螨由于具有较强的抗药性和适应性，已经成为威胁几乎所有主栽番木瓜品种种苗繁育和种植生产的重要虫害，目前仍缺乏有效防治手段；在广东和广西产区，因季节性长时间强降雨导致的番木瓜根腐和茎腐问题已经成为不亚于 PRSV 和番木瓜畸形病毒病（PLDMV）的主要病害，对种植生产造成严重的负面影响；海南产区由于 PRSV 株系的复杂化，原有转基因品种已无法有效确保植株抗病性。

（二）资源精准鉴定评价不足，资源共享利用率低

目前，我国番木瓜种质资源评价仍以产量、果形、可溶性固形物含量等表型性状鉴定为主，关键性状分子层面鉴定评价相对缺乏。福建农林大学海峡联合研究院、中国热带农业科学院热带生物技术研究所、广东省农业科学院果树研究所等单位分别在番木瓜株性、病毒机理和转化体系、炭疽病和耐贮运性等方面以分子生物学手段开展研究并取得了进展，但其成果尚未能有效应用于指导品种创新培育工作。对于产销终端关注的保鲜贮藏性、糖分累积、芳香物质合成、蛋白酶合成与分泌等分子机理研究和基因挖掘工作仍有待进一步开展。

此外，国内番木瓜种质资源研究“分散化”特征明显，资源和数据信息共享联动机制尚不健全，导致各相关单位在资源保存、鉴定评价等方面存在重复，技术和成果难以实现互补，这些问题延缓了性状精准鉴定评价进程，不利于品种和配套技术的突破和创新，不适应于产业进一步扩大化和专业化发展需求。建立跨区域、跨单位的协同创新平台，实现资源、数据、技术和成果的深度共享与整合，有利于充分发挥不同单位资源和技术优势，在有效提高资源利用率的同时，加快性状精准鉴定评价、品种和技术创新进程，从而对产业形成更有力的支撑。

（三）地区和产业针对性育种创新有待加强

经过近几十年的发展，我国番木瓜产业已基本形成用途细分且相对集中的专用品种产区，如：桂东和粤西产区侧重种植割酶用和加工型品种，海南产区则聚焦鲜食果用型品种的生产。但从资源创新与产业适配性来看，针对性育种与区域化配套技术的协同创新仍存在短板。不同产区在气候条件、病虫害压力、生产模式等方面可能存在较大差异，如粤西产区常面临季节性台风与强降雨威胁，广西产区则习惯套种以提高土地使用效率，海南产区则需面对 PRSV 病毒株系复杂问题。目前番木瓜品种创新工作多专注于品种在选育当地的种植表现，对目标产区实际情况考虑有所欠缺，虽然育成品种具备一定的广适性，但缺乏针对特定产区的定向改良。例如：‘红铃 2 号’是曾经在广州及其周边地区广

泛应用的优良果菜两用型品种，因其蛋白酶原浆出浆率较割酶用型主栽品种‘红铃’高近 30%，故而在广西横县引种，但最后却因不适应当地套种模式，试点效果远未达预期。根据产业发展现状，针对产区条件定向开展品种选育工作并结合生产实际研发品种配套技术，才能使种质资源研究成果更好地服务于产业需求，促进高质量发展。

三、番木瓜种质资源工作与产业健康发展建议

（一）充实资源保存数量，拓宽遗传资源基础

足够数量的多样性种质资源存量是开展种质资源研究与创新工作的基础。针对当前国内番木瓜品种和资源遗传背景相对单一的问题，需在农业农村部番木瓜种质资源圃已有基础上加强资源调查、收集与保存工作力度，重点收集国外品种、野生种和近缘种资源，进一步充实资源圃资源存量，丰富资源遗传多样性。目前，农业农村部番木瓜种质资源圃已通过国内共享、交换等渠道收集了多份国外资源，其中不乏具有可直接或间接应用于品种创新培育工作的新种质，如：徒木瓜属（*Vasconcellea*）植物中具有 PRSV 抗性基因，若能成功转育到栽培番木瓜中，将对产业形成有力支撑。多样化资源的持续收集和保存，不仅能为解析番木瓜抗性、品质调控等关键性状遗传机制提供丰富材料，更能为定向品种创新筑牢物质基础，为产业可持续发展提供核心支撑。

（二）加强协同创新，深化资源精准评价

针对当前现有资源性状精准鉴定评价不足现状，需加强国内相关科研院所合作交流，不仅可实现资源、数据和信息共享，通过多地鉴定全面掌握资源在我国不同产区种植性状表现，还能充分发挥各单位技术优势，实现关键性状精准鉴定。广州市果树科学研究所、广西壮族自治区亚热带作物研究所、福建农林大学、中国热带农业科学院等单位分别在资源存量和表型鉴定数据积累、加工型品种创新及技术研发、资源引进与基因组学研究、抗病毒相关机理研究和转基因技术等方面已取得领先成果。结合各单位在多领域研究成果，实现种质、数据和技术上的跨域共享，聚焦产业需求，可快速实

现对品质、抗性等关键性状的精准鉴定和基因挖掘,推动番木瓜品种创新从经验育种向精准育种转变,提升资源利用与创新效率。

(三) 完善产业与产区针对性品种及配套技术体系建设

为产业和市场提供品种和技术支撑是种质资源工作的重要价值体现之一。随着我国经济进入高质量发展阶段,番木瓜产业生产端和消费端对于番木瓜新品种和配套技术的需求不再停留在笼统的概念层次,而更多的是在具体品种表现和技术应用效果上提出了越来越高的要求。例如:消费市场对于优质果用型番木瓜的可溶性固形物含量要求通常为13%或以上;种植市场对于品种抗病性要求已从原来的单纯具备PRSV抗性逐渐转变为对PRSV多毒株、畸叶病毒病、疫病等具备较高抗性;蛋白酶加工企业则更注重品种蛋白酶原浆产量和酶活性的高低等。同时,由于我国不同产区产业侧重点和实际自然条件存在差异,不同产区对于番木瓜品种类型,甚至是同一类型品种都有不同的综合需求,这就要求育种单位能更精准地紧密结合产区市场需求,更有针对性地开展品种创新。

在资源数量和类型不断充实、资源鉴定评价数据不断趋于完善的基础上,融合传统杂交育种、基因编辑、分子标记辅助选择、组织培养等多领域技术的新型品种创新技术体系将帮助育种专家选育出更具市场和地区针对性的优良品种。此外,番木瓜具有可塑性强、速生高产的特点,又具有与天然橡胶类似的工业加工原料生产属性,转化体系已日趋成熟,结合基因编辑等前沿技术,有望育成生物反应器、观赏园艺等特殊用途类型新品种,进一步拓宽番木瓜应用范围、延长产业链。

种植生产管理技术是影响番木瓜品种产量与质量表现的重要因素。虽然不同种类番木瓜品种对自然条件要求比较接近,但在肥、水、药等方面需求还是存在较大品种差异。围绕避病、高效水肥应用、产品采后处理等重点,根据不同品种特点因地制宜地开发配套种植与生产相关技术并予以标准化有机整合,可使技术标准更贴近产区生产实际,获得更好的推广宣贯效果,有利于整体提高番木瓜产品质量的同时对相关产品质量安全形成一定保障,

助力产业高质量发展和乡村振兴。

(四) 完善政策与技术保障体系

产业的健康可持续发展,离不开政策的保障和扶持。建议加大对番木瓜种质资源引进、精准鉴定评价和结合前沿技术开展育种创新工作的支持力度,引导和鼓励企业、合作社等产业各环节主体参与共同构建“产业需求—种质创新—品种培育—技术研发—产业应用”全链条协同创新平台,在实现资源充分共享的基础上加速科研成果的产出与转化落地。此外,建议鼓励国内番木瓜种质资源科研机构加强合作和积极参与国际联合攻关,在实现资源共享的同时开展功能基因挖掘,提升我国在番木瓜种质资源研究领域国际话语权,推动产业国际化发展。

参考文献

- [1] 陈健.番木瓜品种与栽培彩色图说[M].北京:中国农业出版社,2002.
- [2] 华经产业研究院.2023-2028年中国木瓜行业市场深度评估及投资策略咨询报告[R].北京:华经情报网(2023-11-09).
- [3] 黄建昌,肖艳.番木瓜抗PRSV突变的抗病性鉴定[J].北方园艺,2007(3):44-46.
- [4] 夏元熙.番木瓜“穗中红48”高产栽培技术[J].福建果树,1996(2):51-52.
- [5] 蒙忠武.番木瓜环斑花叶病发生原因及防治对策[J].中国热带农业,2027(5):43.
- [6] 叶卡斯.广州市果树所育成番木瓜品种数量居全国首位[N/OL].广州日报·新花城.(2022-12-01)[2025-10-27].
https://www.toutiao.com/article/7172173231137554958/?channel=&source=search_tab.
- [7] 肖火根,赵冈哲夫,骆学海.华南地区番木瓜环斑病毒和畸形花叶病毒调查鉴定研究[J].华南农业大学学报,1997(4):52-53.
- [8] 肖艳,黄建昌.番木瓜环斑型花叶病毒(PRSV)的为害特征及分子生物学[C]//中国园艺学会热带南亚热带果树分会成立大会暨首届学术研讨会论文集.2006:165-168.
- [9] 李卫红,徐双明,周常清,等.矮干高产“红铃”番木瓜栽培关键技术[J].中国南方果树,2009,38(3):43-44.
- [10] 熊月明,刘友接,黄雄峰.12份番木瓜种质资源的主要特征

- 及评价[J].中国南方果树,2015,44(6):118-120.
- [11] 袁韬.小果型番木瓜“美中红”引种示范栽培技术[J].柑桔与亚热带果树信息,2002(12):31-32.
- [12] 宁德鲁,陆斌.“美中红”番木瓜丰产栽培技术[J].云南农业科技,2006(6):37-38.
- [13] 陈豪军,潘祖建,周全光,等.番木瓜优良品种的引进与选育研究[J].中国南方果树,2013,42(6):59-63.
- [14] 姜大刚,周峰,姚涓,等.转基因番木瓜“华农一号”事件特异性定性PCR检测方法的建立[J].华南农业大学学报(自然科学版),2009,30(1):37-41.
- [15] 李晓伟,薛春玲.农民选择转基因番木瓜技术的影响因素分析[J].广东农业科学,2010,37(5):220-222.
- [16] 郑玉亭,王纯洁,陈艾,等.农民获得转基因技术服务:基于广东番木瓜生产的实证研究[J].农业工程,2012,2(2):101-105.
- [17] 陈健,游恺哲,林冠雄,等.组培技术在番木瓜株性稳定上的应用研究[J].广东农业科学,2004(3):22-24.
- [18] 陈健,陈国华,游恺哲,等.一种生产株性稳定的番木瓜组培苗的方法:ZL02134703.4[P].2005-05-25.
- [19] 林冠雄,游恺哲,陈健,等.番木瓜新品种快速选育的方法:ZL200610037165.1[P].2009-06-24.
- [20] 农业部农垦局,中国农垦经济发展中心.主要热带作物优势区域布局(2016-2020年)[M].北京:中国农业出版社,2016:240-254.
- [21] 刘克权.台湾木瓜——红妃的品种特性和栽培技术[J].福建农业,2000(3):15.
- [22] 陈春香.‘台农2号’番木瓜特征特性及栽培技术[J].东南园艺,2015(5):71-72.
- [23] 邵建明.番木瓜卧式调控丰产栽培技术[J].中国热带农业,2015(5):67-69.
- [24] 黄俊庆,蔡楚雄,刘世平,等.木瓜新品种引进观察及网室栽培技术[J].广东农业科学,2004,31(6):52-54.
- [25] 刘国道.中国热带作物种质资源图名录[M].北京:中国农业出版社,2022.
- [26] 农业农村部热带作物及制品标准化技术委员会.热带作物种质资源描述规范 番木瓜:NY/T 3809—2020[S].北京:中国农业出版社,2020.
- [27] 黄雄峰,庄文彬,吴溪木,等.“马来西亚10号”番木瓜引种表现及栽培技术要点[J].中国热带农业,2007(5):40-41.
- [28] 赖瑞云,谢志南,钟赞华,等.马来西亚番木瓜品种引种试验[J].闽西职业技术学院学报,2009,11(2):106-109.
- [29] 魏岳荣,杨护,周陈平,等.优质丰产番木瓜新品种紫晖的选育[J].果树学报,2022,39(6):1129-1132.
- [30] 吴夏明,周陈平,杨敏,等.小果型非转基因番木瓜新品种黄花佑的选育[J].果树学报,2024,41(1):193-196.
- [31] Yue JM, Chen X, Chen S, et al. SunUp and Sunset genomes revealed impact of particle bombardment mediated transformation and domestication history in papaya[J]. Nature Genetics,2023,54(5):715-724.
- [32] Liu J, Chen LY, Zhou P, et al. Sex based expression of hormone related genes at early stage of sex differentiation in papaya flowers[J]. Horticulture Research,2021,8:147.
- [33] 谭东,度德财,沈文涛,等.番木瓜畸形花叶病毒hc-pro基因保守基序FRANK点突变对病症表现的影响[J].热带作物学报,2018,39(5):948-954.
- [34] 何亮声,沈文涛,黎小璵,等.利用多重PCR技术快速鉴定番木瓜性别[J].热带作物学报,2008,29(3):347-351.
- [35] 中华人民共和国农业农村部.2018年农业转基因生物安全证书批准清单[EB/OL].(2019-01-08)[2025-10-27].
http://www.moa.gov.cn/ztl/zjyqwgz/spxx/201901/t20190108_6166293.htm.

◀◀
(上接第58页)

- 阳:西北农林科技大学,2014.
- [25] Inshao L, Ke H, Qian Z, et al. Draft genome and biological characteristics of *Fusarium solani* and *Fusarium oxysporum* causing black rot in *Gastrodia elata*[J]. International Journal of Molecular Sciences,2023,24(5):4545-4545.
- [26] 李世琦,高素霞,徐国豪,等.不同杀菌剂对党参根腐病的室内毒力测定及其拮抗细菌筛选[C]//中国植物病理学会.中国植物病理学会2024年学术年会论文集.河南省农业科学院植物保护研究所;河南中医药大学药学院,2024:1.