

# 我国热带作物种质资源收集保存与创新利用

滕建国<sup>1</sup>, 王家保<sup>2</sup>, 徐立<sup>2</sup>, 李琼<sup>2</sup>, 刘国道<sup>2\*</sup>

1. 中国热带作物学会, 海南海口 571101; 2. 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所, 海南海口 571101

**摘要:** 热带作物种质资源是我国热带农业科技发展的基础, 为全面落实新时代热带作物种质资源保护与利用工作, 推进热带作物产业高质量发展。本研究详细阐述了我国热带作物种质资源收集保存情况、种质资源圃(库)建设情况, 以及种质资源的创新利用情况, 依据发展现状和远景定位, 指出现阶段我国热带作物种质资源收集保存与创新利用研究存在的问题, 并提出针对性发展建议。

**关键词:** 热带作物; 种质资源; 收集; 保存; 创新; 利用

中图分类号: S813.9 文献标识码: A

## Conservation and Innovative Utilization of Tropical Crops Germplasm Resources in China

TENG Jianguo<sup>1</sup>, WANG Jiabao<sup>2</sup>, XU Li<sup>2</sup>, LI Qiong<sup>2</sup>, LIU Guodao<sup>2\*</sup>

1. Chinese Society for Tropical Crops, Haikou, Hainan 571101, China; 2. Tropical Crops Genetic Resources Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China

**Abstract:** Tropical crop germplasm resources are an important basis for the development of tropical agricultural science and technology in China. In order to fully implement the protection and utilization of tropical crop germplasm resources, and promote the high-quality development of the tropical crop industry. This study elaborates in detail on the collection and preservation of tropical crop germplasm resources, the construction of germplasm resource nurseries (libraries), and the innovative utilization of germplasm resources in China. According to the development status and long-term positioning, the problems at the current stage were point out, and corresponding opinions and development suggestions were put forward.

**Keywords:** tropical crops; germplasm resources; collection; conservation; innovative; utilization

**DOI:** 10.3969/j.issn.1000-2561.2023.10.009

热带作物主要分布在南亚、东南亚、非洲大部(北非和南非部分地区除外)、拉丁美洲大部和大洋洲大部(澳大利亚中南部、新西兰除外)等广泛区域, 面积约为 5360 万 km<sup>2</sup>, 涉及 138 个国家(地区)。我国热带作物主要分布于海南、广东、广西、云南等 7 省(区), 面积约为 52 万 km<sup>2</sup>。天然橡胶、木薯、热带果树、热带香料饮料作物、南药等为主的热带作物产业在国民经济中占有重要地位, 如 2020 年全国热带作物种植面积为 464.5 万 hm<sup>2</sup>, 产量为 3340 万 t, 产值为 1998 亿

元。我国热带作物种质资源是支撑热带农业科技高质量发展的基因源, 关乎热区粮食安全的战略性资源。因此, 开展热带作物种质资源收集保存与创新利用对热带作物种业安全、产业可持续发展、生态安全以及“一带一路”建设具有重要战略意义。

### 1 热带作物种质资源概述

作物种质资源又称为作物品种资源、遗传资源或基因资源, 它蕴藏在作物各类品种、品系、

收稿日期 2023-04-19; 修回日期 2023-05-23

基金项目 农业农村部政府购买服务项目“热作种质资源优良品种展示示范”

作者简介 滕建国(1962—), 男, 博士, 教授, 研究方向: 宏观经济与绿色农业。\*通信作者(Corresponding author): 刘国道(LIU Guodao), E-mail: liuguodao2008@163.com。

类型、野生种和近缘植物中，是改良作物的基因来源。热带作物是指起源于热带（表 1），适宜在热带地区种植的作物类群，主要包括橡胶树、木薯、香蕉、荔枝、龙眼、芒果、菠萝、咖啡、

胡椒、椰子、油棕、槟榔、剑麻等。热带作物种类众多，按用途可分为产胶作物、热带粮食、热带果树、热带油料、热带香辛饮料、热带药用植物、热带牧草、热带纤维、热带花卉和热带特有蔬菜。

表 1 热带作物原产地情况  
Tab. 1 Origin of tropical crops

作物类别 Crop category	作物名称 Crop name	原产地 Origin
产胶作物	橡胶树 <sup>[1]</sup>	玻利维亚、巴西、哥伦比亚、法属圭亚那、秘鲁、委内瑞拉
热带果树	荔枝 <sup>[2]</sup>	中国、越南
	黄皮 <sup>[3]</sup>	中国、老挝、越南
	龙眼 <sup>[4]</sup>	中国
	香蕉 <sup>[5]</sup>	安哥拉、埃塞俄比亚、肯尼亚、马拉维、莫桑比克、卢旺达、苏丹、坦桑尼亚、乌干达、赞比亚、刚果（金）、津巴布韦
	菠萝蜜 <sup>[6]</sup>	印度
	菠萝 <sup>[7]</sup>	阿根廷、玻利维亚、巴西、哥伦比亚、哥斯达黎加、厄瓜多尔、法属圭亚那、圭亚那、巴拿马、巴拉圭、秘鲁、苏里南、委内瑞拉
	腰果 <sup>[8]</sup>	玻利维亚、巴西、哥伦比亚、厄瓜多尔、法属圭亚那、圭亚那、秘鲁、苏里南、特立尼达-多巴哥、委内瑞拉
热带花卉	澳洲坚果 <sup>[9]</sup>	澳大利亚
	红掌 <sup>[10]</sup>	哥伦比亚、厄瓜多尔
热带香辛料饮料	鹤蕉 <sup>[11]</sup>	玻利维亚、巴西、哥伦比亚、哥斯达黎加、厄瓜多尔、洪都拉斯、尼加拉瓜、巴拿马、秘鲁、委内瑞拉
	胡椒 <sup>[12]</sup>	印度
	咖啡 <sup>[13]</sup>	中非共和国、刚果（布）、埃塞俄比亚、几内亚、印度、马达加斯加、马拉维、毛里求斯、新几内亚、尼日利亚、菲律宾、卢旺达、留尼旺、索马里、苏丹、斯威士兰、坦桑尼亚、多哥、乌干达、赞比亚、刚果（金）、津巴布韦
热带粮食	香草兰 <sup>[14]</sup>	伯利兹、巴西、哥伦比亚、哥斯达黎加、萨尔瓦多、危地马拉、洪都拉斯、墨西哥、尼加拉瓜、巴拿马
	可可 <sup>[15]</sup>	巴西、哥伦比亚、哥斯达黎加、厄瓜多尔、法属圭亚那、圭亚那、秘鲁、苏里南、委内瑞拉
	木薯 <sup>[16]</sup>	玻利维亚、巴西、哥伦比亚、厄瓜多尔、秘鲁
热带特有蔬菜	面包果 <sup>[17]</sup>	南太平洋岛屿
热带油料	辣木 <sup>[18]</sup>	印度、巴基斯坦
热带纤维	椰子 <sup>[19]</sup>	俾斯麦群岛、马鲁古、新几内亚、菲律宾、萨摩亚、所罗门群岛、汤加、瓦努阿图
	油棕 <sup>[20]</sup>	中非共和国、刚果、冈比亚、加纳、几内亚、科特迪瓦、肯尼亚、利比里亚、马拉维、莫桑比克、尼日利亚、塞内加尔、塞拉利昂、苏丹、坦桑尼亚、多哥、乌干达
	剑麻 <sup>[21]</sup>	墨西哥

## 2 我国热带作物种质资源收集保存情况

20 世纪 50 年代起步阶段，为打破西方国家对战略物资和重要工业原料“天然橡胶”的封锁禁运，1951 年 8 月天然橡胶作为热带作物种质资源基础性研究工作在我国拉开序幕。由当时林业部、中国科学院和广东省先后组织全国有关高等院校和科研单位的专家多次对海南、广东、广西、云南原有橡胶、野生产胶植物进行考察<sup>[22]</sup>。

20 世纪 70 年代至 80 年代中期，我国有计划地组织了“云南作物种质资源考察”“海南岛作物种质资源考察”“海南岛饲用植物资源考察”“海南岛棉属资源考察”“广西中棉考察”“贵州主要优良野生禾草种质资源考察与搜集”“滇

西滇南牧草种质资源考察与搜集”等专项考察工作，系统收集我国热区热带作物种质资源。特别是“七五”期间，“海南作物种质资源考察”项目被列为国家重点攻关项目，原华南热带作物科学研究所和中国农业科学院品种资源研究所等 14 家单位近百名科研人员历时 5 年，考察了海南 19 个县（市），搜集各类作物种质资源 4922 份，发现新种 7 个，中国新纪录属 3 个，中国新纪录种 8 个，海南新纪录科 5 个，海南新纪录属 39 个，海南新纪录种 93 个，发现了海南巴豆、海南油杉、陆均松、鸡毛松、青皮等一批珍稀资源，抢救收集了陆稻、红小豆、粟等一批特色乡土种质<sup>[23]</sup>。

20 世纪 80 年代后期至今，我国先后实施了

国家科技基础性工作专项、科技基础条件平台专项和热带作物种质资源物种保护等项目。该阶段是我国热带作物种质资源收集保护研究的快速发展阶段,发现了一批重要的资源,有尖峰岭胡椒 (*Piper jianfenglingense* C. Y. Hao & Y. H. Tan)、凹叶含笑 (*Michelia retusa* Q. L. Wang, N.H. Xia & Y. H. Tongsp. nov.) 等新种 11 个,广坝石斛兰 (*Dendrobium lagarum*)、小果木 (*Micrococca mercurialis*) 等中国新记录 11 个,弯花叉柱花 (*Staurogyne chapaensis*)、中华薹草 (*Carex chinensis*) 等海南新记录种 63 个,尤其再次发现的中国植物红皮书唯一一个绝灭级植物——爪耳木 (*Lepisanthes unilocularis*)。目前,我国收集国内外热带作物种质资源总量约 5.0 万份,其中荔枝、龙眼、枇杷保存量位居世界第一,芒果保

存量位居世界第二,橡胶树、腰果、可可保存量位居世界第三,木薯、菠萝保存量位居世界第四(表 2),极大丰富了我国热带作物种质资源战略储备<sup>[24]</sup>。该阶段也强调纵深推进我国边远热区的作物资源普查工作,如藏东南热带稀有生物资源的收集保护引起国家部委领导的高度重视,2020 年中国热带农业科学院启动了西藏墨脱热作种质资源专项收集考察工作,初步查明上述区域的热带作物资源本底情况、优势类群、珍稀种类等基础信息,抢救性收集资源 1916 份,开展针对性保育保护研究,实现入库入圃安全保护,为热作种业创新和持续性利用储备重要的遗传材料,同时开展特色资源保育、驯化、栽培、加工和开发利用研究,形成特色农产品加工利用技术案例,为西藏墨脱等地的热作产业发展和乡村振兴作重要支撑。

表 2 主要热带作物种质资源保存情况  
Tab. 2 Preservation of main tropical crop germplasm resources

作物名称 Crop name	国家(地区) Country (region)	主要研究机构 Main research institutions	保存量 Preservation quantity
橡胶树	马来西亚	马来西亚橡胶研究院	9672
	印度尼西亚	印度尼西亚橡胶研究院	7788
	中国	中国热带农业科学院橡胶研究所	6190
木薯	哥伦比亚	哥伦比亚国际热带农业中心	6643
	巴西	巴西农牧业研究院	3810
	印度	印度中央块茎作物研究所	1216
	中国	中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所	902
荔枝	中国	广东省农业科学院果树研究所	775
	美国	美国国家植物种质资源系统(国家种质圃 Hilo 分圃、国家种质圃 Miami 分圃)	86
	以色列	以色列农业研究中心	80
龙眼	中国	福建省农业科学院果树研究所	320
	越南	越南农业科学院果蔬研究所	103
	泰国	泰国清莱园艺研究中心 泰国清迈大学农业研究与发展中心	51
枇杷	中国	福建省农业科学院果树研究所	845
	日本	日本长崎果树试验场	197
	西班牙	西班牙瓦伦西亚农业研究所	123
芒果	印度	印度亚热带园艺作物研究所	745
	中国	中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所	354
	美国	美国国家植物种质资源系统(国家种质圃 Miami 分圃)	312
腰果	印度	印度腰果研究委员会	1000
	巴西	巴西农牧业研究院	605
	中国	中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所	425
菠萝	巴西	巴西农牧业研究院	848
	法国	法国农业研究发展国际合作中心	600
	美国	夏威夷菠萝研究所	162
	中国	中国热带农业科学院南亚热带作物研究所	133
可可	马来西亚	马来西亚可可局	2263
	巴布亚新几内亚	可可和椰子研究所	1200
	中国	中国热带农业科学院香料饮料研究所	500

### 3 种质资源圃（库）建设

在国家有关部门项目经费支持下，我国已建立了以种质圃（库）结合的热带作物种质资源保存利用体系，包括国家热带作物种质资源圃 10 个，国家热带作物中期保存库和国家热带牧草中期备份库各 1 座，农业农村部热带作物种质资源圃 25 个（表 3，表 4）。其中，依托中

国热带农业科学院建成的有国家热带作物中期保存库和国家热带牧草中期备份库各 1 座，国家热带作物种质资源圃 7 个，农业农村部热带作物种质资源圃 10 个。此外，在我国热区各省（区）也建有省级热带作物种质资源圃，如海南 20 个、广西 12 个、广东 2 个、云南 6 个、贵州 3 个、福建 2 个。

表 3 国家热带作物种质资源圃保存情况

Tab. 3 Preservation of National Tropical Crop Germplasm Resources Nursery

种质圃名称 Germplasm nursery name	省份 Province	保存种质 Preservation germplasm	保存量 Preservation quantity
国家橡胶种质资源圃（儋州）	海南	橡胶树	6190
国家木薯种质资源圃（儋州）	海南	木薯	902
国家热带饲草种质资源圃（儋州）	海南	热带牧草	860
国家热带香料饮料种质资源圃（万宁）	海南	香草兰、可可等	1800
国家热带果树种质资源圃（湛江）	广东	芒果、菠萝等	1413
国家热带棕榈种质资源圃（文昌）	海南	油棕、槟榔等	554
国家荔枝香蕉种质资源圃（广州）	广东	荔枝、香蕉	1167
国家龙眼枇杷种质资源圃（福州）	福建	龙眼、枇杷	1165
国家甘蔗种质资源圃（开远）	云南	甘蔗	3846
国家芒果种质资源圃（田东）	海南	芒果	354

表 4 农业农村部热带作物种质资源圃（库）保存情况

Tab. 4 Preservation of tropical crop germplasm resources nursery of Ministry of Agriculture and Rural Affairs

种质圃名称 Germplasm nursery name	省份 Province	保存种质 Preservation germplasm	保存量 Preservation quantity
农业农村部儋州橡胶种质资源圃	海南	橡胶树	6190
农业农村部儋州木薯种质资源圃	海南	木薯	902
农业农村部儋州热带牧草种质资源圃	海南	热带牧草	860
农业农村部儋州芒果种质资源圃	海南	芒果	426
农业农村部儋州热带药用植物种质资源圃	海南	南药	4275
农业农村部儋州油棕种质资源圃	海南	油棕	342
农业农村部文昌椰子种质资源圃	海南	椰子	214
农业农村部乐东腰果种质资源圃	海南	腰果	425
农业农村部万宁胡椒种质资源圃	海南	胡椒	222
农业农村部海口菠萝蜜种质资源圃	海南	菠萝蜜	76
农业农村部广州番木瓜种质资源圃	广东	番木瓜	300
农业农村部广州黄皮种质资源圃	广东	黄皮	230
农业农村部广州荔枝种质资源圃	广东	荔枝	775
农业农村部广州香蕉种质资源圃	广东	香蕉	392
农业农村部湛江菠萝种质资源圃	广东	菠萝	133
农业农村部湛江剑麻种质资源圃	广东	剑麻	160
农业农村部福州龙眼种质资源圃	福建	龙眼	320
农业农村部福州枇杷种质资源圃	福建	枇杷	845
农业农村部南宁火龙果种质资源圃	广西	火龙果	423
农业农村部南宁番石榴种质资源圃	广西	番石榴	98
农业农村部景洪橡胶树种质资源圃	云南	橡胶树	3324
农业农村部景洪澳洲坚果种质资源圃	云南	澳洲坚果	204
农业农村部瑞丽咖啡种质资源圃	云南	咖啡	698
农业农村部瑞丽石斛种质资源圃	云南	石斛	380
农业农村部元谋罗望子种质资源圃	云南	罗望子	132
国家热带作物中期保存库	海南	热带作物	3531
国家热带牧草中期备份库	海南	热带牧草	10928

## 4 种质资源创新利用

通过农艺性状鉴定,筛选出橡胶树、木薯、腰果、荔枝、芒果、香蕉等作物的优异种质 2700 多份,并对部分资源进行了品质和抗逆性鉴定,创制优异种质 300 多份(表 5),制定实生、嫁接、扦插等系列种苗繁育技术规范 13 项;热作种子、种苗技术规程 32 项;花药、茎尖、胚等外植体组织培养技术 412 项;在分子生物学方面,完成 388 份木薯种质资源 23 个农艺性状分析,包括块根数量、茎高、表皮、支链淀粉含量等,基于 1 313 775 个高质量 SNP,对 23 个农艺性状进行全基因组关联分析,获得 23 个农艺性状的 52 个关联信号。在橡胶树赤霉素不敏感突变体中发现,外源 GA 处理 24 h 后,突变体中 GA 代谢通路的负调控因子 GAI 蛋白未降解,而对照中 GAI 蛋白发生降解,从而释放受其抑制的 GA 效应,促进植物正常生长,初步揭示橡胶树突变体矮化的原因是 GAI 蛋白不能被赤霉素诱导降解,从而抑制生长。选育出橡胶树系列品种、华南系列木薯品种、柱花草系列品种、文椰 2 号、中粒种咖啡无性系兴 28 号、卡蒂姆 C1FC7963 (F6) 咖啡、Own Choice 澳洲坚果、广粉 1 号粉蕉、抗枯 5 号香蕉、桂热芒 284 号芒果、桂香龙眼等一批热带作物新品种,在海南、云南、广东、广西、福建、四川等省(区)大面积推广,为热带作物产业发展提供了强有力的科技支撑。

表 5 部分优异种质清单  
Tab. 5 List of some excellent germplasm

种质名称 Germplasm name	特征特性 Characteristic
QZ1 木薯	耐采后腐烂,块根采后在常温下可保存 15~30 d 左右
腰果 B7	壳果达到 w180 级别
红皮番荔枝	果皮暗红,单果重 280 g,果心形,果肉韧滑,味香甜,外观美
金菠萝	抗寒、抗旱
奶油香芒	丰产优质、具奶油香味,纤维少、品质佳
香花芒	丰产、稳产好,抗病性强
黄花胡椒(云南保山)	抗瘟病
益智(海南琼中)	抗益智秆蝇
姜黄(广西灵山县)	高产
橡胶树 XJ002785	抗白粉病

## 5 存在问题

### 5.1 引种难度大,遗传多样性不够丰富

热带作物主要起源于热带美洲、非洲等地区,

世界各国对种质资源的保护意识一直在加强,引进难度加大,致使国内保存的热带作物种质资源多样性丰富度低。

### 5.2 资源本底不清,基因资源挖掘不充分

虽然开展了大量的热带作物种质资源普查收集工作,但未形成规范化、标准化的种质资源收集保存工作机制,导致本底不清;现有资源中仅约 60%进行了基本农艺性状和品质性状鉴定,约 10%进行了生物和非生物逆境抗性鉴定,在重要性状的遗传规律、基因表达调控网络和代谢途径调控机制解析等方面的精准评价严重滞后。

### 5.3 保存设施不够完善,难以满足发展需求

缺乏国家层面的规划和统筹安排,除几个主要作物外,大多由各个研究单位自行收集和建圃保存,致使部分资源重复保存且保存量少而分散。由于长期未纳入国家统一的种质资源保护体系,无正常运行经费,资源保存和繁殖更新技术落后。

### 5.4 突破性品种培育难度大,重大育种技术有待突破

我国热带作物种质创新和开发利用起步晚,目前仍以实生选种和传统杂交育种为主,多熟期、抗病、耐低温、鲜食加工兼用等多优良性状聚合的突破性品种缺乏;基于分子生物学技术的设计育种技术急需突破。

## 6 建议

### 6.1 加大力度开展国内收集,摸清家底

加大对我国边远热区的系统调查和收集力度,包括云南怒江干热河谷、中缅边境、中越边境,藏东南墨脱、察隅等地;完善海南、广东、广西、云南、福建、贵州及四川干热河谷地区的补查,重点收集野生近缘种、特殊性状种质和地方品种。

### 6.2 加强引进国外核心资源,丰富遗传背景材料

通过“一带一路”等政府间合作项目锁定资源富集国家,开展重点引种工作,丰富我国热带作物种质资源数量和多样性。

### 6.3 统一规划布局,构建热带作物种质资源创新体系

构建由种质资源保存库(圃)、改良中心、试验站组成的种质资源保存评价和创新利用体系,保存国内外稀有濒危种、特有种、具有重要

经济价值及科学价值的种质资源，建立种质资源本底数据集和共享信息数据库，硬件设施建成设施完善、功能齐全、国内领先、支撑有力、服务高效，在国际上有重要影响、国内一流的热带作物种质资源收集保存和创新利用中心。

#### 6.4 实施热作良种联合攻关，培育新品种

聚焦我国热区重大科技前沿问题，实施一批重要热带作物良种联合攻关计划。加强热带作物育种技术创新，鉴定创制一批优质新种质，培育选拔一批突破性品种。

#### 6.5 建立种质资源开放共享机制，提高信息服务水平

探索建立种质资源共享利益分配制度，构建面向科研机构和社会公众的分级共享热带作物种质资源大数据平台，提供种质资源共享利用交易第三方服务。开展热带作物种质资源信息管理与共享服务应用技术研究，深化热带作物种质资源大数据的创新应用，提高种质资源参与科学研究和产业发展的精准性和有效性服务功能。

#### 参考文献

- [1] Plants of the World Online: *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:349913-1>.
- [2] Plants of the World Online: *Litchi chinensis* Sonn.[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:783539-1>
- [3] Plants of the World Online: *Clausena lansium* (Lour.) Skeels[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:772147-1>
- [4] Plants of the World Online: *Dimocarpus longan* Lour.[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:782795-1>
- [5] Plants of the World Online: *Musa acuminata* Colla[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:797527-1>
- [6] Plants of the World Online: *Artocarpus heterophyllus* Lam.[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:850389-1>
- [7] Plants of the World Online: *Ananas comosus* (L.) Merr.[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:12322-2>
- [8] Plants of the World Online: *Anacardium occidentale* L.[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:319068-2>
- [9] Plants of the World Online: *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:705192-1>
- [10] Plants of the World Online: *Anthurium andraeanum* Linden ex André[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:84549-1>
- [11] Plants of the World Online: *Heliconia metallica* Planch. & Linden ex Hook.[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:796967-1>
- [12] Plants of the World Online: *Piper nigrum* L.[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:682369-1>
- [13] Plants of the World Online: *Coffea* L.[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:325985-2>
- [14] Plants of the World Online: *Vanilla planifolia* Andrews [EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:262578-2>
- [15] Plants of the World Online: *Theobroma cacao* L.[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:320783-2>
- [16] Plants of the World Online: *Manihot esculenta* Crantz [EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:351790-1>
- [17] Plants of the World Online: *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:582598-1>
- [18] Plants of the World Online: *Moringa oleifera* Lam.[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:584736-1>
- [19] Plants of the World Online: *Cocos nucifera* L.[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:666160-1>
- [20] Plants of the World Online: *Elaeis guineensis* Jacq.[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:666802-1>
- [21] Plants of the World Online: *Agave sisalana* Perrine[EB/OL]. [2023-04-12]. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:6701-2>
- [22] 王庆煌, 崔鹏伟. 热带农业与国家战略[M]. 北京: 科学出版社, 2022.  
WANG Q H, CUI P W. Tropical agriculture and national strategies[M]. Beijing: Science Press, 2022. (in Chinese)
- [23] 华南热带作物科学研究院, 中国农业科学院作物品种资源研究所. 海南岛作物(植物)种质资源考察文集[M]. 北京: 农业出版社, 1992.  
South China Institute of Tropical Crop Science, Institute of Crop Variety Resources, Chinese Academy of Agricultural Sciences. Collection of germplasm resources of crops (plants) in Hainan island[M]. Beijing: Agriculture Press, 1992. (in Chinese)
- [24] 何云, 濮文辉, 洪青梅, 李琼. 中国热带作物种质资源发展的重要进展和趋势[J]. 中国热带农业, 2022, 107(4): 64-70.  
HE Y, PU W H, HONG Q M, LI Q. Important progress and trend of germplasm resources development of tropical crops in China[J]. China Tropical Agriculture, 2022, 107(4): 64-70. (in Chinese)