



中国科学院华南植物研究所木薯育种与生物技术研究成就回顾

张鹏

引用本文:

张鹏. 中国科学院华南植物研究所木薯育种与生物技术研究成就回顾[J]. 热带亚热带植物学报, 2026, 34(1): 117–124.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.5023>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[那坡凤仙花,越南凤仙花科新记录](#)

Impatiens napoensis Y. L. Chen, A Newly Recorded Species for the Flora of Vietnam

热带亚热带植物学报. 2018, 26(5): 545–548 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3905>

[全球变化背景下陆地植物N/P生态化学计量学研究进展](#)

Research Progress of Terrestrial Plants N/P Ecological Stoichiometry under Global Change

热带亚热带植物学报. 2019, 27(5): 534–540 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4112>

[模拟大气氮沉降对中国森林生态系统影响的研究进展](#)

Effects of Simulated Atmospheric Nitrogen Deposition on Forest Ecosystems in China: An Overview

热带亚热带植物学报. 2019, 27(5): 500–522 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4113>

[中国球兰属一新记录](#)

Hoya vangviengensis, A Newly Recorded Species of *Hoya* (Asclepiadoideae, Apocynaceae) from China

热带亚热带植物学报. 2017, 25(6): 594–596 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3757>

[香姜,越南植物一新记录种\(英文\)](#)

Alpinia coriandriodora D. Fang, A New Record for Flora of Vietnam

热带亚热带植物学报. 2019, 27(1): 99–101 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4031>

[向下翻页，浏览PDF全文](#)

中国科学院华南植物研究所木薯育种与生物技术 研究成就回顾

张鹏

(中国科学院分子植物科学卓越创新中心, 上海 200032)

摘要: 该文回顾了中国科学院华南植物研究所(现中国科学院华南植物园)自 1978 年改革开放以来至 2003 年更名前, 在木薯育种与研究方面取得的卓越成就, 重点介绍了郭俊彦教授及其团队在木薯品种选育、组织培养、遗传转化及新品种推广方面的突出贡献。研究团队引进了国际热带农业中心(CIAT, 哥伦比亚)等机构的优良木薯种质资源, 并结合组织培养快繁技术, 成功培育出高产优质的木薯新品种‘南植 188’和‘南植 199’, 并迅速推广至我国南方地区, 有力推动了木薯种质资源的高效应用与产业化的快速发展。此外, 团队建立了以‘南植 188’为核心的木薯体细胞胚胎发生及芽器官发生离体再生体系, 并创新性地构建了基于农杆菌介导的胚状体子叶芽器官发生遗传转化系统。这些突破性研究不仅推动了我国木薯基础与应用研究的发展, 也在国际木薯育种研究领域产生了深远影响, 同时培养了一批具有国际视野的木薯研究领军人才, 为我国木薯产业的发展奠定了坚实基础。

关键词: 木薯育种; 华南植物研究所; 郭俊彦; 生物技术; 成就回顾

doi: 10.11926/jtsb.5023

CSTR: 32235.14.jtsb.5023

A Retrospective on Cassava Breeding and Biotechnology Achievements at South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences

ZHANG Peng

(Center for Excellence in Molecular Plant Sciences, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200032, China)

Abstract: This article reviews the outstanding achievements in cassava breeding and research made by the South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences (now known as South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences) from the beginning of China's Reform and Opening-up in 1978 to its renaming in 2003. It highlights the significant contributions of Professor Guo Junyan and his team in areas such as cassava variety selection, tissue culture, genetic transformation, and the promotion of new cultivars. The research team introduced high-quality cassava germplasm resources from institutions such as the International Center for Tropical Agriculture (CIAT, Colombia), and, by integrating rapid propagation through tissue culture techniques, successfully developed high-yield and high-quality cassava cultivars ‘Nanzhi 188’ and ‘Nanzhi 199’. These varieties were rapidly promoted across southern China, effectively advancing the efficient utilization and industrial development of cassava germplasm resources. In addition, the team established an *in vitro* regeneration system for cassava based on somatic embryogenesis and shoot organogenesis, centered around the ‘Nanzhi 188’ cultivar. They also innovatively developed a genetic transformation system *via Agrobacterium*-mediated shoot organogenesis from cotyledons of somatic embryos. These groundbreaking studies not only propelled the advancement of basic and applied cassava research in China but also had a profound impact on international

收稿日期: 2025-04-15 接受日期: 2025-07-04

基金项目: 现代农业产业技术体系项目(CARS-11)资助

This work was supported by the Earmarked Fund for China Agriculture Research System (Grant No. CARS-11).

作者简介: 张鹏(1970 年生), 男, 博士, 研究员, 主要从事木薯和甘薯生物技术研究。E-mail: zhangpeng@cemps.ac.cn

cassava breeding research. Furthermore, they nurtured a cohort of cassava research leaders with a global perspective, laying a solid foundation for the continued development of China's cassava industry.

Key words: Cassava breeding; South China Institute of Botany; Guo Junyan (Kuo Chun-Yen); Biotechnology; Achievement retrospective

木薯(*Manihot esculenta* Crantz)是热带和亚热带地区的重要粮食及经济作物,原产于南美洲亚马孙河流域。道光初年(约 1820 年前后),木薯经南洋引入我国南部沿海地区,并逐步推广种植。清光绪《高州府志》卷七《輿地·物产》亦有记载:“有木薯,道光初,来自南洋。”自此,木薯在岭南大地扎根繁衍,逐渐成为当地主要的粮食和经济作物之一。至 20 世纪 80 年代初,全国木薯种植面积已达约 $3.33 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ^[1]。然而,长期以来,国内木薯种植品种较为单一,主要以‘南洋红’、‘糯米木薯’、‘马来红’等传统品种为主^[2-3]。尽管这些品种历史悠久,但在产量和品质等方面已难以满足日益增长的社

会需求。随着人口增长及工业需求的提升,尤其是在变性淀粉和燃料乙醇等领域的广泛应用,木薯在中国的种植规模不断扩大^[4]。

自 20 世纪 80 年代起,中国科学院华南植物研究所便积极开展木薯品种选育与生物技术研究,并取得了一系列重要突破。其中,郭俊彦教授作为这一领域的开拓者和推动者,发挥了关键作用。在其带领下,研究团队历经 20 余年的努力,取得了丰硕的科研成果(图 1),极大推动了我国木薯育种技术的进步与产业发展。本文将以郭俊彦教授及其团队的研究成就为主线,系统展现华南植物研究所 20 余年的木薯育种研究的辉煌历程。

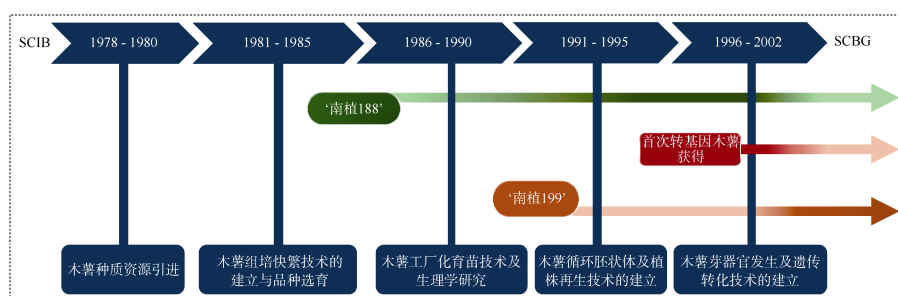


图 1 中国科学院华南植物研究所开展木薯生物技术研发的进程示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the cassava biotechnology research and development process at the South China Institute of Botanical, Chinese Academy of Sciences

1 郭俊彦教授: 点燃我国木薯生物技术研究引擎的先驱

郭俊彦教授是与钱学森同期归国的留美博士,怀揣对祖国的深厚情感与科学探索的执着精神,他毅然投身于华南植物研究所的学科建设。1976 年,随着“文革”结束,他重返科研岗位,并敏锐地意识到木薯在保障我国粮食安全中的潜力,开始涉足木薯这一新兴研究领域。面对南方复杂的种植环境,选育高产、耐寒、适应性广的木薯新品种势在必行,这一使命也成为他科研生涯的核心方向。

1978 年,郭俊彦教授参加在加拿大卡尔加里大学举办的第四届国际植物组织培养学术研讨会,借此契机重建国际学术联系。他深刻认识到,当时国

内木薯种植仍以传统品种为主,产量低、适应性差,而自主选育的品种寥寥无几。为突破这一瓶颈,他决定引进国外优良木薯品种。1980 年,在他的推动下,团队从国际热带农业研究中心(CIAT)、澳大利亚和泰国等地以试管苗的形式引进了 100 多个木薯种质。随后,他带领团队成员刘殷勤、胡兰娟等人,系统开展试管苗快繁技术研发及大田种植试验,筛选出适合我国南方种植的高产优质品种。他通过多种方式,向政府建言献策,推广木薯种植。

在研究过程中,郭俊彦教授及其团队创新性地提出并改进了多项关键技术。其中,针对试管苗移栽成活率低的难题,他带领团队发明了“试管苗苏醒法”,使试管苗能够从纸箱包装运输直接过渡到

田间种植, 将移栽成活率从 5.3%大幅提升至 98%。这一突破不仅为木薯大规模推广奠定了坚实基础, 还促成了年产 8.0×10^5 株试管苗的专业化工厂在广东肇庆落地。此外, 他改进并创新了“适密筛法”, 通过降低植株中、下部光照, 加速叶片衰老脱落, 以快速筛选优良品种, 提高选育效率^[5]。

1986 至 1989 年, 他联合刘鸿先、王以柔教授, 亲自指导研究生魏传钊完成我国第一篇关于木薯的研究生学位论文——《光与低温的相互作用对木薯叶片光合功能的影响》^[6]。经过 10 余年的努力, 他带领团队成功选育出‘南植 188’和‘南植 199’两个高产优质木薯品种。其中, ‘南植 188’通过广东省农作物品种审定, 以其高产稳产、适应性广的优势迅速在我国南方推广; ‘南植 199’以更高的淀粉含量(36%)和更强的抗逆性, 成为我国南方的主栽品种之一。与此同时, 他倡导并支持年轻科研人员开展木薯离体再生体系研究。

1988 年, 郭俊彦教授受邀参加泰国曼谷举行的第八届国际块根作物学会年会, 并提交 2 篇研究报告, 其中《Rapid propagation of cassava cultivar “Nanzhi 188” by tissue culture and its plantlets production in commercial scale》荣获大会优秀论文二等奖^[7-8]。此

后, 他带领团队成员陆续参加了第一届亚太地区植物生理大会^[9]、第二届和第三届木薯生物技术协作网科学会议^[10-11]及第五届国际植物低温耐性研讨会^[12], 进一步推动了我国木薯研究在国际学术界的影响力。1996 年 11 月还应邀前往台湾新竹食品工业发展研究所作了“木薯组培快繁及生物技术研究”的专题演讲。

郭俊彦教授的研究成就得到了国际同行的高度认可。CIAT 主任及多位育种专家先后 3 次到访中国, 对他的研究成果给予了高度评价。他不仅亲自在国际热作中心为南美洲国家科研人员培训木薯组培技术, 还于 1989 年成功申请到洛克菲勒基金 7.5 万美元资助木薯研究。1991 年, 他主持的项目“木薯良种‘南植 188’及其组织培养快速繁殖研究”荣获中国科学院科技进步奖三等奖(完成人: 刘殷勤、胡兰娟、郭俊彦, 表 1)。

郭俊彦教授不仅开创了我国木薯引种、快繁、组培育种等研究领域的先河, 更奠定了华南植物研究所木薯生物技术研究的基础。他的卓越贡献不仅推动了我国木薯产业的快速发展, 也在国际学术界赢得了广泛认可, 为全球木薯研究与高产优质品种的推广做出了重要贡献。

表 1 1978—2002 年中国科学院华南植物研究所木薯研发上的主要成果列表

Table 1 Main achievements in cassava research and development by the South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences (1978—2002)

类型 Type	名称 Title	参与人 Participant	年份 Year	备注 Note
品种	‘南植 188’	郭俊彦、刘殷勤、胡兰娟	1988	广东省审定品种、热区推广品种
	‘南植 199’	郭俊彦、刘殷勤、胡兰娟	1994	热区推广品种
项目	木薯花药培养和快繁技术研究	郭俊彦、刘殷勤	1991	洛克菲勒基金
	木薯体细胞胚诱导	李耿光	1994	CIAT 联合
	木薯组织特异启动子的分离和克隆	黄毓文	1994	CIAT 联合
	木薯花粉培养和体细胞再生新途径的研究	马国华	1996	广东省自然科学基金
	木薯组织培养及遗传转化研究	李洪清	1997	中国科学院留学基金
人才培养	光与低温的相互作用对木薯叶片光合功能的影响	答辩人: 魏传钊 导师: 郭俊彦、刘鸿先、王以柔	1989	硕士学位
	木薯组织培养及其农杆菌介导的基因转化	答辩人: 李洪清 导师: 刘鸿先	1998	博士学位, 2000 年全国百篇优秀博士论文
	提高木薯循环培养的次生体胚再生植株频率及遗传转化研究	答辩人: 祝骥 导师: 梁承邳、黄毓文	1996	硕士论文
获奖	Rapid propagation of cassava cultivar “Nanzhi188” by tissue culture and its plantlets production in commercial scale	刘殷勤、胡兰娟、郭俊彦	1988	第八届国际块根作物学会年会优秀论文二等奖
	木薯良种南植 188 及其组织培养快速繁殖研究	刘殷勤、胡兰娟、郭俊彦	1991	中国科学院科技进步奖三等奖
技术	试管苗快繁技术	刘殷勤、胡兰娟、郭俊彦	1980—1998	实现工厂化育苗
	胚状体诱导及循环胚状体培养体系	李洪清、马国华、祝骥等	1992—2000	‘南植 188’为主
	芽器官发生	李洪清、马国华、何亚文等	1994—2000	‘南植 188’、‘MCol22’为主
	农杆菌介导的胚状体子叶遗传转化	李洪清、祝骥等	1995—2000	‘南植 188’、‘MCol22’为主

2 ‘南植 188’和‘南植 199’：木薯品种选育与商业化推广的双璧

华南植物研究所通过引进和筛选优良种质资源,结合组织培养与快速繁殖技术,成功培育出多个优良木薯品种。其中,‘南植 188’和‘南植 199’因其卓越的产量、淀粉含量及抗逆性,在我国南方地区得到广泛种植(图 2),累计推广面积超过 2 千万亩。这些品种不仅满足了国内淀粉加工产业的需求,也推动了木薯产业的可持续发展,并获得国际知名木薯栽培专家、CIAT 驻亚洲办事处主任 R. H. Howeler 博士和我国木薯育种家田益农高级农艺师的高度评价。

2.1 ‘南植 188’: 木薯组培快繁的开创性突破

1981 年,郭俊彦教授团队在从 CIAT 引进的试管苗中,筛选出表现优异的编号‘CM321-188’品种,

并正式命名为‘南植 188’。1988 年,该品种通过广东省农作物品种审定,并迅速在广西、广东、福建等地推广。‘南植 188’为中熟品种,植后 8 个月即可收获。其植株分枝部位高,嫩茎呈青绿色,老茎灰褐色,叶片宽大且深绿色。薯块大小均匀,浅生易收获;薯皮浅褐白色,薯肉白色。其鲜薯产量可达 $37\sim 52\text{ t/hm}^2$,块根干物质含量高达 $35\%\sim 40\%$,淀粉含量约 28% ,氢氰酸含量低,具有较高的食用安全性^[4]。这些特性使其迅速成为木薯生产与加工的优选品种。

在广西桂林的引种试验中,‘南植 188’展现出良好的适应性和稳产性,表现为植株生长旺盛、结薯早、薯块肥大,产量远超本地品种。其高淀粉含量、低纤维和低氢氰酸特性,使其适用于鲜食与多种深加工产品。1986—1988 年,该品种在广东、广西、福建等地大面积推广,到 1990 年在广西种植面积已



图 2 郭俊彦教授主导了优质木薯新品种‘南植 188’和‘南植 199’的选育。A: 郭俊彦教授在田间进行木薯农艺性状观测; B: 郭俊彦教授及同事在广西考察木薯种植情况; C: ‘南植 188’植株(云南保山潞江坝); D: ‘南植 199’植株(云南保山潞江坝)。

Fig. 2 Professor Guo Junyan led the breeding of the high-quality cassava varieties ‘Nanzhi 188’ and ‘Nanzhi 199’. A: Prof. Guo Junyan was observing cassava agronomic traits in the field; B: Prof. Guo Junyan and colleagues were investigating cassava cultivation in Guangxi; C: ‘Nanzhi 188’ plant (Lujiangba, Baoshan, Yunnan); D: ‘Nanzhi 199’ plant (Lujiangba, Baoshan, Yunnan).

近 2 000 hm²。最早对该品种进行报道的是林荣等^[13]在 1988 年发表于《广西植物》的研究论文。上世纪 90 年代,‘南植 188’凭借高产稳产、广适性及抗逆性,成为广西、云南等地的主栽品种之一,累计推广面积超百万亩,并持续发挥产业价值,至今仍有零星种植^[4]。

2.2 ‘南植 199’: 高产稳产、适应广泛的木薯标杆品种

‘南植 199’是郭俊彦教授团队在系统引种和筛选的基础上培育的高产优质木薯品种。1989 年,研究团队从 CIAT 引进南美洲 15 个优良木薯品种,并采用自主创新的“繁殖-苏醒”育苗法进行高密度筛选,最终从巴拉圭主系 P19 (MPan 19)中选育出优异植株。经过多代无性系繁育及田间稳定性测试,该品种于 1994 年正式定名为‘南植 199’。该品种植株直立紧凑,其顶端嫩茎浅红色,成熟老茎外皮红褐色,内皮绿色,掌状裂叶 7~9 裂,裂片披针形具紫红色叶柄,块根呈圆锥形,深褐色,内皮粉红色、薯肉白色;结薯集中,7~8 个月即可收获,属于早熟高产型。其鲜薯干物重达 34%,产量可达 30~40 t/hm²,淀粉含量稳定在 28%~33%,最高可达 36%。此外,其氢氰酸含量低(45 mg/kg),蒸煮后口感松粉无苦味,适用于鲜食和加工。该品种还表现出优异的抗性,具有抗病、抗虫、抗旱、抗倒伏及耐寒特性,适应丘陵、旱地等多种生态环境,特别适合湖南、广西等亚热带地区。关于‘南植 199’的首次新品种报道见于 Liu YongHua 1998 年发表于《Crop Genetic Resources》的研究^[14],而其种植推广的详细报道则由吴代胜和李韶华于 2000 年发表在《农家之友》上:“南植 199”木薯栽培技术^[15]。

自 1996 年起,‘南植 199’在广西开始大规模种植推广,并逐步取代对低温敏感、冬季贮藏性差的‘南植 188’,成为当地主栽品种之一^[4]。特别是在 2008 年南方雨雪冰冻灾害期间,该品种因抗寒性强,部分种茎得以存活并迅速恢复,到 2015 年,其种植面积已占据广西木薯种植面积的近一半。随着木薯淀粉在食品、化工等领域的应用拓展,对高淀粉含量品种的市场需求持续增长。‘南植 199’凭借卓越的淀粉品质与加工性能,成为淀粉加工企业的首选原料。得益于国家木薯产业技术体系及地方政府良种补贴政策与示范基地建设,该品种累计推广种植面积已超过千万亩,至今仍是我国南方木薯产业的主导品种之一^[16]。其成功推广不仅印证了品种特性与市场需求的高度匹配,也为我国木薯产业的升

级与可持续发展提供了重要范例。

3 木薯离体再生培养技术的推动者与转基因木薯的开创者

自 1992 年起,郭俊彦教授积极推动青年科学家投身木薯离体植株再生技术研究(图 1,表 1),并致力于转基因木薯的开发。他促成了与 CIAT (国际热带农业中心)等国际机构的长期合作,强化木薯种质资源的共享与利用。同时,他引入日本国家基础生物学研究所 N. Murata 教授的抗性基因 Glycine-betaine CodA,期望通过基因工程手段提升木薯的抗寒抗盐能力。

早在 1991 年,郭俊彦教授便申请和主持了洛克菲勒基金“木薯花药培养和快繁技术研究”(1991—1995 年),并联合刘殷勤、胡兰娟等共同开展研究。在此过程中,刘鸿先、梁承邺、黄毓文、李耿光、马国华等科研人员也相继参与,推动了木薯离体植株再生及遗传转化技术的发展。1994 年,为进一步加强国际合作,黄毓文和刘殷勤前往哥伦比亚 CIAT 总部进行了深度交流^[17],与该机构合作开展了“木薯组织特异启动子的分离和克隆”(主持人:黄毓文)及“木薯体细胞胚诱导”(主持人:李耿光)等研究项目,并获得了新的洛克菲勒基金资助。同年,郭俊彦研究员与李洪清博士赴印尼茂物(Bogor),参加第二届木薯生物技术协作网国际科学会议。会议期间,李洪清博士汇报了“Improvement of plant regeneration from secondary somatic embryos of cassava”,针对‘MCol22’、‘南植 188’等品种的循环体细胞胚胎发生和培养进行了详细阐述^[18],引起与会专家的广泛关注,尤其是瑞士苏黎世联邦理工学院(ETH Zurich)的 Ingo Potrykus 教授。在郭教授的推动下,师从刘鸿先研究员的李洪清前往瑞士苏黎世,在 Ingo Potrykus 实验室联合培养,进行木薯遗传转化方向的博士论文研究,并由 Johanna Puonti-Kaerlas 博士具体指导^[19]。1996 年,他们在《Nature Biotechnology》上发表了首篇转基因木薯研究论文,题为:Genetic transformation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz)^[20]。该研究实现了木薯遗传改良的技术突破,李洪清博士的博士论文也因此被评为 2000 年全国百篇优秀博士论文。随后,他继续从事木薯生物技术研究^[21-24],直至 2001 年完全转向水稻方向。李洪清博士的研究成果为当时在读研究生张

鹏前往 ETH Zurich 继续开展木薯研究提供了良好合作基础和条件。在梁承邳、凌定厚及郭俊彦等老师的大力支持下,张鹏以访问学者的身份于 1998 年 5 月前往 Ingo Potrykus 实验室开展木薯转基因遗传改良研究,稍后转为 ETH Zurich 的博士研究生(导师 Nikolaus Amrhein 教授)。在 Puonti-Kaerlas 博士指导下从事木薯胚状体子叶和脆性胚性愈伤组织为转化材料的遗传改良研究,并于 2000 年底完成博士论文^[25]。2005 年,张鹏博士作为中国科学院“百人计划”人才引进回国,在中国科学院上海生命科学研究院植物生理生态研究所(现为分子植物科学卓越创新中心)创立 SIBS-ETH 上海木薯生物技术中心(www.cassavabiotech.org.cn),为我国木薯生物学和分子育种研究的发展奠定了重要基础。

此外,祝骥的硕士学位论文《提高木薯循环培养的次生胚再生植株频率及遗传转化研究》(1996)也为‘南植 188’离体再生体系的优化做出了贡献^[26]。马国华研究员在‘南植 188’体细胞胚胎诱导与繁殖、子叶芽器官再生等方面发表了多篇论文,推动了木薯离体植株再生体系的完善^[27-31]。何亚文则围绕‘南植 188’和‘华南 201’品种的胚状体诱导及其芽再生展开研究^[32],为木薯组织培养体系的优化提供了新的思路(表 1)。

4 结论

回顾 1978—2003 年,中国科学院华南植物研究所在木薯生物技术与育种方面取得了卓越成就,特别是郭俊彦教授及其团队的贡献尤为突出。团队通过引进优良种质、创新育种技术,并积极推动国际合作,成功培育出高产优质的木薯品种‘南植 188’和‘南植 199’,在全球范围内享有盛誉,为我国木薯产业的可持续发展提供了坚实支撑。其中,‘南植 188’因为其生长旺盛,耐瘠性强已成为我国木薯育种的重要材料之一,而‘南植 199’因为其高产高粉,植株直立矮小适合密植,广受农民喜欢。同时,该团队培养的生物技术人才在多个学科领域取得重要突破,为全球作物科学的持续发展做出了积极贡献。

自 2007 年以来,华南植物园积极参与中国科学院知识创新工程木薯项目,并承担 973 计划(国家重点基础研究发展计划)中我国唯一以单一作物为研究对象的项目——“重要热带作物木薯品种改良的基础研究”子课题任务(吴国江、王瑛)。这一系列研究

进一步发展了华南植物园在木薯研究领域的优势,并深化了其在基础研究和应用创新方面的影响力。

5 展望

随着生物技术的迅猛发展,木薯育种也进入后基因组时代,多组学融合成为作物研究的重要趋势,正迈向基因编辑、分子设计育种等更精准、高效的方向^[33]。木薯全基因组测序的完成成为功能基因组学、表观遗传学、代谢组学与表型组学的系统整合奠定了基础^[34]。未来研究将更注重对关键性状(如高产、抗病、耐逆、品质改良)背后调控网络的精细解析,并结合大数据与人工智能手段,实现木薯复杂性状的预测与分子设计。与此同时,单细胞组学与空间转录组学等新兴技术也将被应用于木薯贮藏根发育、次生长及淀粉合成等关键过程的动态解析。此外,精准基因编辑工具(如 CRISPR/Cas、碱基编辑、靶向表观遗传调控)将在重要功能基因的靶向改良中发挥更大作用,加速木薯从传统育种向智能设计育种的转变。数字农业平台与高通量表型分析系统的结合也将助力于育种效率的显著提升。

展望未来,我国不仅将在木薯分子遗传改良领域继续保持领先,还将积极探索木薯在食品工业、生物能源和功能性淀粉等方向的产业潜力,推动形成基础研究-技术创新-成果转化的全链条创新模式。借助国家战略平台和“一带一路”倡议,构建面向热带地区的木薯基因资源共享与创新网络,引领我国乃至全球木薯科技发展进入新阶段。

致谢 感谢中国科学院华南植物园马国华、广西壮族自治区亚热带作物研究所田益农和李军、云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所刘光华和宋记明等专家在相关资料核实及图片上的大力帮助。

参考文献

- [1] TIAN Y N, LIN X, JIN S R. Present situation and future potential of cassava in China [C]// HOWELER R H, TAN S L. Cassava's Potential in Asia in the 21st Century. Proc. 6th Regional Workshop. Ho Chi Minh City, Vietnam: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2000: 71–83.
- [2] STONE B. Trends and distribution of Chinese cassava production and use, 1820—1984 (A technological and economic examination of historical development and future potential) [M]// LYNAM J K. Global

- Research and Development: The Cassava Economy of Asia: Adapting to Economic Change. Cali, CO: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1987.
- [3] LIN X, LI K M, TIAN Y N, et al. A historical account of progress made in cassava varietal improvement in China [C]// HOWELER R H, TAN S L. Cassava's Potential in Asia in the 21st Century. Proc. 6th Regional Workshop. Ho Chi Minh City, Vietnam: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2000: 185–192.
- [4] TIAN Y N, LI K M. Cassava breeding and varietal release in China [C]// HOWELER R H. Cassava Research and Development in Asia. Proc. 7th Regional Workshop. Bangkok, Thailand: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2002: 101–107.
- [5] LIU Y Q, HU L J. The wisdom of Professor Guo Junyan [C]// Collected Works in Commemoration of the 60th Anniversary of Professor Guo Junyan's Return to China for Academic Service. South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, 2015: 50–51. [刘殷勤, 胡兰娟. 郭俊彦教授的智慧 [C]// 郭俊彦教授回国工作 60 周年纪念文集. 中国科学院华南植物园, 2015: 50–51.]
- [6] WEI C Z. Interactive effects of light and low temperature on photosynthetic function in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves [D]. Guangzhou: South China Institute of Botany, Chinese Academia of Sciences, 1989. [魏传钊. 光与低温的相互作用对木薯叶片光合功能的影响 [D]. 广州: 中国科学院华南植物研究所, 1989.]
- [7] LIU Y Q, HU L J, KUO C Y. Rapid propagation of cassava cultivar Nan-Zhi 188 by tissue culture and its plantlets production in commercial scale [C]// HOWELER R H. The Eighth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. Bangkok, Thailand: International Society for Tropical Root Crops, 1988.
- [8] KUO C Y, LIU Y Q, WEI C Z. A high yielding cassava cultivar “Nan Zhi” and its physiological analysis [C]// HOWELER R H. The Eight Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. Bangkok, Thailand: International Society for Tropical Root Crops, 1988.
- [9] GUO J Y, LIU Y Q. Rapid propagation of cassava by tissue culture and its application in rural districts in China [C]// First Asia-Pacific Conference on Plant Physiology. Kuala Lumpur, Malaysia: Malaysian Society of Plant Physiology, 1992.
- [10] LI H Q, HUANG Y W, LIANG C Y, et al. Improvement of plant regeneration from secondary somatic embryos of cassava [C]// The Cassava Biotechnology Network: Proceedings of the Second International Scientific Meeting. Bogor, Indonesia: CIAT, 1995: 289–302.
- [11] LI H Q, MA G H, ZHU J, et al. Role of somatic embryogenesis and organogenesis in breeding cold tolerant cassava [C]// The Cassava Biotechnology Network III Meeting. Ugnada: The Cassava Biotechnology Network, 1996.
- [12] LI H Q, MA G H, ZHU J, et al. Role of somatic embryogenesis and organogenesis in breeding cold tolerant cassava [C]// The 5th International Plant Cold Hardiness Seminar. Corvallis, USA: Oregon State University, 1996.
- [13] LIN R, WANG R Z, ZHANG Y L. Notes on introduction experiment of cassava cv. ‘Nanzhi188’ [J]. Guihaia, 1988, 8(3): 259–261. [林荣, 王润珍, 张燕玲. 木薯良种——“南植 188”引种试验简报 [J]. 广西植物, 1988, 8(3): 259–261.]
- [14] LIU Y H. Brief introduction to a few new cassava germplasm lines [J]. Crop Genet Resour, 1998, 2: 31.
- [15] WU D S, LI S H. Cultivation techniques of cassava variety ‘Nanzhi 199’ [J]. Friends Farmers, 2000(4): 16. [吴代胜, 李韶华. ‘南植 199’木薯栽培技术 [J]. 农家之友, 2000(4): 16.]
- [16] MALIK A I, KONGSIL P, NGUYỄN V A, et al. Cassava breeding and agronomy in Asia: 50 years of history and future directions [J]. Breed Sci, 2020, 70(2): 145–166. doi: 10.1270/jsbbs.18180.
- [17] HUANG Y W, LIU Y Q. Cassava research at the international center for tropical agriculture [J]. J Trop Subtrop Bot, 1995, 3(2): 93–100. [黄毓文, 刘殷勤. 国际热带农业中心的木薯研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 1995, 3(2): 93–100.]
- [18] LI H Q, HUANG Y W, LIANG C Y, et al. Improvement of plant regeneration from secondary somatic embryos of cassava [C]// Second International Scientific Meeting of the Cassava Biotechnology Network (August 25–28, 1992, Bogor, Indonesia). Cali Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1994: 289–302.
- [19] LI H Q. Cassava tissue culturing and *Agrobacterium*-mediated genetic transformation [D]. Beijing: Graduate School of Chinese Academy of Sciences, 1998. [李洪清. 木薯组织培养及其农杆菌介导的基因转化 [D]. 北京: 中国科学院研究生院, 1998.]
- [20] LI H Q, SAUTTER C, POTRYKUS I, et al. Genetic transformation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) [J]. Nat Biotechnol, 1996, 14(6): 736–740. doi: 10.1038/nbt0696-736.
- [21] LI H Q, LI M R, LIANG C Y. Study on factors influencing *Agrobacterium*-mediated cassava transformation [J]. Acta Biol Exp Sin, 1999, 32(4): 391–399. [李洪清, 李美茹, 梁承邨. 影响农杆菌介导的木薯基因转化因素的研究 [J]. 实验生物学报, 1999, 32(4): 391–399.]
- [22] LI H Q, LI M R, LIANG C Y, et al. Tissue culture and *Agrobacterium*-mediated transformation of cassava [J]. Guihaia, 1999, 19(4): 359–366. [李洪清, 李美茹, 梁承邨, 等. 木薯的组织培养和基因转化 [J]. 广西植物, 1999, 19(4): 359–366. doi: 10.3969/j.issn.1000-3142.1999.04.013.]
- [23] LI H Q, LI M R, LIU H X, et al. Towards genetic engineering cassava

- (*Manihot esculenta* Crantz) for preventing premature leaf shed [J]. J Grad School Acad Sin, 2000, 17(2): 74–80. [李洪清, 李美茹, 刘鸿先, 等. 木薯抗叶片早衰的基因工程育种 [J]. 中国科学院研究生院学报, 2000, 17(2): 74–80.]
- [24] LI H Q, LI M R, LIANG C Y. Some influential factors for shoot organogenesis and plant regeneration in cassava [J]. Plant Physiol Commun, 2000, 36(4): 297–299. [李洪清, 李美茹, 梁承邺. 几种影响木薯芽器官发生及植株再生的因素 [J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(4): 297–299. doi: 10.13592/j.cnki.ppj.2000.04.002.]
- [25] ZHANG P. Studies on cassava (*Manihot esculenta* Crantz) transformation: Towards genetic improvement [D]. Zurich: ETH Zurich, 2000. doi: 10.3929/ethz-a-004086059
- [26] ZHU J, HUANG Y W, LIANG C Y. Improvement of plant regeneration from cyclic secondary somatic embryos in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) [J]. J Trop Subtrop Bot, 1998, 6(2): 144–151. [祝骥, 黄毓文, 梁承邺. 提高木薯循环培养的次生体胚再生植株频率研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 1998, 6(2): 144–151. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.1998.2.010.]
- [27] MA G H, XIAN Y L, LI M R, et al. Study on cold hardiness of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) [J]. Trop Agric, 1997, 74(1): 45–48.
- [28] MA G H. Effects of cytokinins and auxins on cassava shoot organogenesis and somatic embryogenesis from somatic embryo explants [J]. Plant Cell Tiss Org, 1998, 54(1): 1–7. doi: 10.1023/A:1006065120629.
- [29] MA G H, XU Q S, XIAN Y L. Direct primary somatic embryogenesis and shoot formation from immature leaves of *Manihot esculenta* [J]. Acta Bot Sin, 1998, 40(6): 503–507. [马国华, 许秋生, 羨蕴兰. 从木薯嫩叶直接诱导初生体细胞胚胎发生和芽的形成 [J]. 植物学报, 1998, 40(6): 503–507. doi: 10.3321/j.issn:1672-9072.1998.06.004.]
- [30] MA G H, XU Q S, XIAN Y L. Effects of several auxins on somatic embryogenesis and plant regeneration in cassava [J]. J Trop Subtrop Bot, 1999, 7(1): 75–80. [马国华, 许秋生, 羨蕴兰. 几种生长素对木薯体细胞胚发生和植株再生的作用 [J]. 热带亚热带植物学报, 1999, 7(1): 75–80. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.1999.1.014.]
- [31] MA G H, XU Q S. Induction of somatic embryogenesis and adventitious shoots from immature leaves of cassava [J]. Plant Cell Tiss Org, 2002, 70(3): 281–288. doi: 10.1023/A:1016569617969.
- [32] HE Y W, HAN M L, HE H, et al. *In vitro* plant regeneration from Chinese cassava cultivars via organogenesis [J]. Acta Biol Exp Sin, 1998, 31(1): 79–85. [何亚文, 韩美丽, 贺红, 等. 中国木薯栽培种通过器官发生再生植株研究 [J]. 实验生物学报, 1998, 31(1): 79–85.]
- [33] MA Q X, TONG W J, CHENG L, et al. Advancing cassava molecular breeding through genome editing: A promising pathway [J]. Trop Plants, 2025, 4(1): e004. doi: 10.48130/tp-0024-0046.
- [34] WANG W Q, FENG B X, XIAO J F, et al. Cassava genome from a wild ancestor to cultivated varieties [J]. Nat Commun, 2014, 5(1): 5110. doi: 10.1038/ncomms6110.