

广西甘薯种质资源的研究进展

黄咏梅, 李慧峰, 李彦青, 滑金锋, 廖金秀, 银捷, 梁耀文, 陈天渊

(广西壮族自治区农业科学院玉米研究所, 南宁 530007)

摘要: 截至2020年10月, 广西共收集、保存甘薯种质资源825份。按来源分类, 包括地方品种479份、选育品种266份、品系69份、近缘野生种2份以及其他资源9份; 编入广西甘薯种质资源圃586份, 这些资源从用途上分, 有食饲兼用型238份、淀粉型53份、食用型153份、高胡萝卜素型15份、高花青素型15份、食用型紫薯90份、叶菜型22份。对农艺性状、干物率及产量等方面对586份资源进行鉴定评价, 对部分资源进行了营养品质鉴定和抗病性鉴定, 获得各类优异种质126份。建立了“三轨制”保存方法, 完善了甘薯种质资源的保存更新技术。以收集和保存的种质资源为基础, 基于数据库管理和配套软件开发, 建立广西甘薯种质资源数据信息管理系统, 实现资源、数据、信息三共享。应用表型性状和分子标记等技术, 综合采用表型数据最佳构建策略、SSR分子标记数据最佳构建策略和SRAP分子标记数据最佳构建策略, 构建了122份广西甘薯种质资源核心库, 利用核心种质及其衍生材料作亲本, 先后育成优良甘薯品种33个, 部分品种如桂薯二号、桂粉2号、桂紫薇薯1号和桂薯10号等在生产上获得广泛的应用。新品种的育成和推广极大的促进广西甘薯产业的发展, 取得显著的经济、社会和生态效益。

关键词: 广西; 甘薯; 种质资源; 鉴定; 利用

Current Status of Sweet Potato Germplasm Resources in Guangxi Province of China

HUANG Yong-mei, LI Hui-feng, LI Yan-qing, HUA Jin-feng, LIAO Jin-xiu,

YIN Jie, LIANG Yao-wen, CHEN Tian-yuan

(Institute of Maize Research, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007)

Abstract: A total of 825 sweet potato germplasm resources are preserved until October of 2020 in Guangxi province of China, classified by genetic origin, including 479 landraces, 266 cultivars, 69 breeding lines, 2 wild relatives as well as 9 other resources. 586 resources were compiled into the nursery of sweet potato germplasm resources in Guangxi, that part of resources classified by use, including 238 edible and forage types, 53 high starch types, 153 edible types, 15 high beta-carotene types, 15 high anthocyanin types, 90 edible types purple sweetpotato, 22 leaf-vegetable types. The results of classification provided the basis for the selection of parents for sweet potato cross breeding, improve the breeding efficiency. At the same time, 586 resources were evaluated from agronomic characters, dry matter rate and yield, and nutritional quality and disease resistance of some

收稿日期: 2020-12-17 修回日期: 2021-02-01 网络出版日期: 2021-02-22

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20201217004>

第一作者研究方向为甘薯种质资源鉴定评价、甘薯遗传育种栽培, E-mail: 78787536@qq.com

通信作者: 陈天渊, 研究方向为甘薯种质资源鉴定评价、甘薯遗传育种栽培, E-mail: tianyuanchen@126.com

基金项目: 第三次全国农作物种质资源普查与收集行动(111721301354052035); 广西科技重大专项(桂科AA17204045-7); 国家自然科学基金(31660627, 32060469); 国家现代农业产业技术体系广西创新团队建设专项(nycytxgxcxt-11-3); 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系资助; 广西自然科学基金(2017GXNSFAA198024); 广西农业科学院基本科研业务专项(桂农科2021YT022); 科技先锋队“强农富民”“六个一”专项行动(桂农科盟202114-04)

Foundation projects: The Third National Survey and Collection Action on Crop Germplasm Resources(111721301354052035), Guangxi Major Science and Technology Projects(GuiKe AA17204045-7), National Natural Science Foundation(31660627, 32060469), National Modern Agricultural Industry Technology System Guangxi Innovation Team Constructio(nycytxgxcxt-11-3), Supported by China Agriculture Research System of MOF and MARA, Guangxi Natural Science Foundation(2017GXNSFAA198024), Guangxi Academy of Agricultural Sciences Basic Scientific Research Operating Expenses Project(Guinongke 2021YT022), Scientific and Technical Pioneers “Strengthen Agriculture and Enrich the People” “Six One” Special Project(Guinongkemeng 202114-04)

resources were identified, obtained 126 excellent germplasm. The preservation and renewal technology of sweet potato germplasm resources has been improved. Based on collection and preservation of germplasm resources, database management and software development, the data management system has been established, the sharing of resources, data and information is realized. Using technologies such as phenotypic traits and molecular labeling, combining the best construction strategy for the phenotype data, the best construction strategy for the SSR molecular labeling data, and the SRAP molecular labeling data, we established a core germplasm collection with 122 accessions. Using core germplasm and its derivative materials as parent, we bred 33 new sweet potato varieties, Some varieties such as Gui shu No.2, Gui fen No.2, Gui zi wei shu No.1 and Gui shu No.10 are widely used in production. The breeding and popularization of new varieties greatly promoted the development of sweet potato industry in Guangxi and achieved remarkable economic, social and ecological benefits.

Key words: Guangxi; sweet potato; germplasm resources; identification; utilization

甘薯含有丰富的维生素、蛋白质、矿物质、纤维、酚酸、类黄酮、大量淀粉和可溶性糖等营养成分和功能物质^[1],除了可以直接蒸煮、烘烤食用,还可以加工成薯脯、粉丝等,提取的甘薯淀粉可用于生产乙醇、食品包装纸(袋)、服装布料、天然无铅布料等,还可用作医药加工的原材料。紫色甘薯品种含有丰富的花青素,该物质具有抗氧化、清除自由基、抗突变、抗肿瘤、保护肝脏、预防心血管疾病、改善记忆力等多种独特的生理和营养保健功能^[2-4],从中提取的天然紫色素还可作为食品、药品和化妆品等的着色剂。

广西甘薯种植历史悠久,据记载,甘薯早在清代初期就已传入广西,中期进一步扩大,民国时期才有较大的发展^[5],至 1958 年达到鼎盛时期,种植面积为 73.59 万 hm^2 ^[6],曾为解决广西人民温饱问题作出巨大贡献。尽管后来由于经济的发展及种植业结构的调整,甘薯不再作为主要的粮食作物而导致种植面积逐渐下降,但作为世界公认的营养食品和保健食品,以及“21 世纪最理想的食物”^[7],甘薯仍是广西重要的粮食和经济作物,近 10 年来,种植面积仍稳定在 20 万 hm^2 左右。

广西甘薯地方品种十分丰富,长期原位保存在边远的喀斯特地貌地区,已适应不断变化的恶劣气候,这部分地区农民在复杂的生态环境中继续种植的“品种”,尤其是维持生计的农民群体,经年累月地繁育和选择的变异类型,形成了各具特色的地方甘薯品种;另外在长期的科研生产过程中,人们陆续引进国内外优良的甘薯新品系或新审定的品种到广西种植,这些类型多样的广西地方品种和引进的国内外优良的新品系或新品种,丰富了广西甘薯种质资源的种类和遗传基础。因此对广西甘薯种质资源进行鉴定评价与创新利用研究,对未来更深入开展甘薯种质资源的研究及创新利用以及促进广西甘

薯产业的发展均具有重要意义。

1 种质资源收集、保存、入库和编目现状

1.1 种质资源的收集与引进

20 世纪 50 年代中期至今,广西先后开展了 3 次不同规模的甘薯种质资源调查与收集和 1 次补征工作。

第 1 次调查与收集在 1955-1958 年进行,后期由于“文革”的影响、科技人员的变动、保存单位的变迁等,收集的甘薯种质资源大量遗失。1980 年,甘薯科研工作由广西农业科学研究所经济作物研究室移交广西玉米研究所时,甘薯种质资源仅剩 47 份。

第 2 次调查与收集在 1983-1985 年进行,共收集到 439 份甘薯种质资源,经过整理归并,淘汰了 83 份,余下 356 份,包括地方品种 347 份和育成品种 9 份。但甘薯资源的保存主要采用薯块和藤蔓交替繁殖的方式来保持后代种性,传统的保存方法(田间种植和薯块贮存)常常受极端天气的影响、病虫害等危害,以及缺少专项经费的资助,甘薯种质资源的安全保存得不到有效保障。截至 2008 年初,广西农业科学院保存的国内外甘薯种质资源仅剩 269 份。2008-2010 年,广西农业科学院玉米研究所甘薯研究团队再次开展补充收集工作,从广西各市、县、乡(镇)、村、屯等共收集地方品种 145 份,引进和收集省内外甘薯种质资源 89 份^[8]。之后每年都有甘薯品种资源在补充和更换,资源的收集和保存一直处于动态变化中,至 2015 年广西共保存国内外甘薯种质资源 515 份。

第 3 次大规模的甘薯种质资源调查和收集工作开始于 2015 年,在农业部(现称农业农村部)项目“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”(2015-

2018 年)和广西创新驱动发展专项“广西农作物种质资源收集鉴定与保存”(2017-2020 年)的推动下,截至 2020 年 10 月,共收集到甘薯种质资源 310 份。

上述种质的收集,进一步丰富了广西甘薯的种质资源库,为广西甘薯资源的基础研究奠定了良好的基础,也为解决目前甘薯育成品种遗传基础狭窄问题及突破性新品种的育成创造了有利条件。

1.2 甘薯种质资源的类型

1.2.1 从资源遗传及来源地分类 截至 2020 年 10 月,广西共保存有国内外种质资源 825 份,按遗传来源分类,分为地方品种、选育品种、品系、近缘野生种和其他不明类型,其中地方品种 479 份,占比 58.06%;选育品种 266 份,占比 32.24%;品系 69 份,占比 8.36%;其他如布隆迪红皮薯、千年红等类型不详的品种,有 9 份,占比 1.09%;近缘野生种 2 份,分别为野红薯 K123 和翼薯 Y-6,占比 0.24%(图 1)。分类的结果表明,广西保存的甘薯种质资源具有丰富的遗传多样性,为后期甘薯新品种的选育及深入研究提供了丰富的原材料。

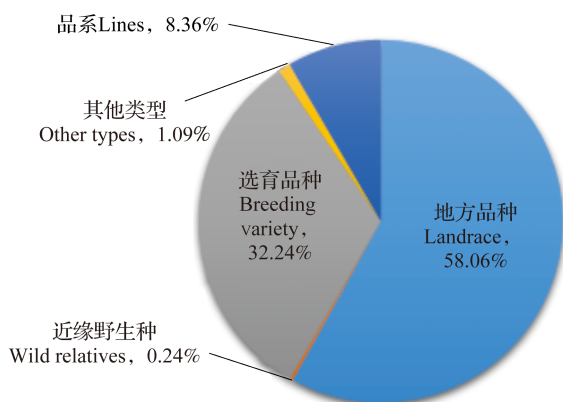


图 1 广西甘薯种质资源的类型 (按遗传来源划分)
Fig.1 Types of sweet potato species resources in Guangxi (classification by genetic origin)

825 份资源中,中国资源 813 份,国外资源 12 份。其中美国资源 2 份,分别为美国白和波嘎 Beaugard;日本资源 7 份,分别为川山紫、高系 14、日本紫薯 AYMURASKY、日本黑薯 1、九洲 101、日本黑薯 2 和胜利百号;布隆迪资源 3 份,分别为布隆迪红皮黄心薯、布隆迪白皮薯和布隆迪红皮薯。根据育种杂交理论,杂交亲本的亲缘关系越远,获得杂种优势的可能性越大,研究表明,种质的遗传距离与地理分布距离有着密切的关系,地理分布距离越远,则遗传距离越远^[9-10]。因此在甘薯育种过程中,应选择亲缘关系较远或地理分布距离较远的种质作为亲本材料。本研究的分类结果为甘薯杂交育种提供了亲本选择的依据。

1.2.2 从主要用途分类 从用途分类,甘薯可分为鲜食型(食用型)、淀粉型、高花青素型、食用型紫薯、食饲兼用型、高胡萝卜素型及叶菜专用型等。在保存的 825 份资源中,已鉴定了 586 份。其中食饲兼用型 238 份,占比 40.61%;淀粉型 53 份,占比 9.04%;食用型 153 份,占比 26.11%;高胡萝卜素型 15 份,占比 2.56%;高花青素型 15 份,占比 2.56%;食用型紫薯 90 份,占比 15.36%;叶菜型 22 份,占比 3.75%(图 2)。通过鉴定分类出具有不同用途的甘薯种质,便于根据不同的育种目标直接选择对应的种质作为亲本材料,可提高育种效率。

1.3 编目入库及分发利用情况

目前广西甘薯种质资源总数为 825 份,其中 586 份已编入广西甘薯种质资源圃,另有 239 份尚未编入广西甘薯种质资源圃。

广西甘薯种质资源面向全国开放使用,先后为国家种质资源库提供了广西地方种质 103 份,充实和丰富了国家种质资源库和遗传多样性。同时提供 241 份资源给中国上海生命科学研究院植物生理生

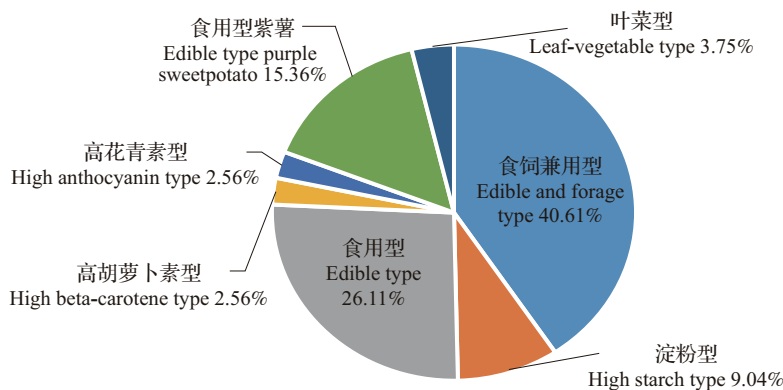


图 2 广西甘薯种质资源的类型 (按用途类)
Fig.2 Types of sweet potato species resources in Guangxi (classification by use)

态研究所和广西大学农学院开展了生理生化等基础研究。此外,提供优质的甘薯资源给广西区内外甘薯种植户供生产上直接利用,产生较大的经济效益和社会效益。

2 种质资源保存、繁殖与更新

2.1 传统保存技术

甘薯是典型的无性繁殖作物,不像其他作物用种子来保存那么便捷,只有通过薯块和藤蔓来繁衍和保持后代的种性。2005 年以前,广西甘薯种质资源均采用传统的“双轨制”保存技术:每年 1-4 月份为薯块保存(室内保存),5-7 月份采用室内保存的薯块进行种苗繁育(田间保存),8-12 月份利用薯块繁育的种苗进行种薯繁育(田间保存),次年如此类推。这种传统的保存方法,不仅工作量大,而且每年经过田间保存 2 次和室内保存 1 次才能完成 1 个周年的保存,常常由于在某个保存环节上出现不利因素的影响,如薯块保存常伴有病害的发生而烂种、田间种植常受不良天气的影响或鼠害而失收等,造成资源丢失,安全得不到保障。

2.2 “三轨制”保存技术

为了克服传统保存存在的问题,完善甘薯种质资源的繁殖更新技术,2005 年以后,开始不断的探索更安全高效的资源保存方式,经过多年的试验与实践,探索出以温室大棚保存为主线,辅以薯块保存和田间种植的“三轨制”保存技术体系。主要技术措施是以温室大棚保存为主,每年或隔年从温室大棚保存的资源中选取部分资源进行大田种植留种,次年进行薯块育苗,用于温室大棚老蔓更新。此法优点在于即可保持种性及安全性,又可减少田间工作量,体现出高效、实用、操作简单的优点。

2.3 资源数据的核对及校正

甘薯是无性繁殖作物,为保持种苗健壮,甘薯圃保存资源需要在一年中进行多次的繁苗和更新^[11]。另外,甘薯是蔓生作物,有的资源蔓长可达 2~4 m 不等,在周而复始的更新保存过程中,长蔓型的种质很容易串长到别的地方,极易造成混杂,为了尽可能的保持品种的纯度,每一轮繁殖更新时,都要重新对资源进行农艺性状的记载和图像采集,鉴定种质的主要性状,并与前一年的编目数据和图像数据对比,发现有混杂的地方,立即从另一套保存方式中剪苗更新替换及校正,因此保持了品种的纯度,也体现了甘薯种质资源“三轨制”保存繁殖更新技术的优越性。

3 甘薯种质资源的鉴定评价

3.1 甘薯种质资源农艺性状精准鉴定

按国家农作物种质资源平台发布的“甘薯种质资源描述规范和数据标准”^[12],完成 586 份种质资源形态特征,包括株型、叶形、顶叶色、叶色、叶脉色、脉基色、叶柄色、柄基色、茎色、茎粗细、分枝数、薯形、薯皮色、薯肉色、产量等 15 个性状的鉴定与评价;完成 231 份主要种质资源薯瘟病、蔓割病和疮痂病的抗病性鉴定;完成 586 份资源干物率和淀粉率的测定;完成 481 份资源营养成分的测定,其中水溶性总糖 86 份、粗蛋白 68 份、粗脂肪 56 份、粗纤维 58 份、维生素 C 70 份、硒含量 40 份、花青素含量 48 份及 β -胡萝卜素含量 55 份;获得各类优异种质 126 份,其中高抗南方薯区三大主要病害 48 份、高淀粉 10 份、高花青素 16 份、高 β -胡萝卜素 15 份、富硒 31 份、高可溶性糖 6 份,为新品种培育夯实基础。

3.2 建立甘薯种质资源数据信息管理系统

对收集保存的 825 份种质资源,应用数码相机,按薯块、薯肉和地上茎叶 3 部分进行拍照,其中 504 份甘薯种质资源的图片编印成 130 页彩色图谱并规范提供目录,图谱具有直观性和可比性,供科技人员查询和甄别,对种质资源的利用有着十分重要的现实意义。

以收集和保存的种质资源为基础,基于数据库管理和配套软件开发,建立广西甘薯种质资源数据信息管理系统。该系统由用户管理、数据管理、数据查询等模块构成^[13],实现对资源数据进行信息化管理和查询服务,可在局域网内实现用户管理和资源信息共享,实现资源、数据、信息三共享,并提供了 518 份次种质及数据共享服务。

3.3 广西种质资源遗传多样性分析

李慧峰等^[14]基于 17 个表型性状数据,对广西保存的 476 份国内外不同甘薯种质资源的形态标记进行遗传多样性分析。结果表明:广西保存的甘薯种质资源存在较为丰富的遗传多样性,17 个形态性状在不同甘薯种质材料间的平均变异系数为 40.14%,平均多样性指数达到了 0.6012;来源于广西的甘薯种质资源群体遗传多样性更为丰富,其平均多样性指数比整个群体平均值高 88.24%;从中国三大薯区和国外甘薯种质资源群体划分来看,国外群体的平均变异系数最大,应更好地保护和加以利用;前 9 个主成分的累计贡献率达到了

72.41%。

基于 40 个表型性状数据的聚类分析表明, 468 份材料之间的遗传距离在 0.0047~0.3140 之间, 平均遗传距离 (Nei'72) 为 0.1814; 在遗传距离为 0.2043 处可将 468 份材料分成 7 个类群, 进一步分析表明聚类结果与种质资源的地理来源间没有必然联系。

此外, 采用 SSR 分子标记 UPGMA 聚类分析法对 376 份不同种质资源的遗传关系进行了分析, 结果表明种质资源之间的遗传距离在 0.0000~0.7179 之间, 平均遗传距离为 0.5190。在 0.6221 处可将种质资源分为 3 大类: 第 1 大类仅包括 1 份材料; 第 2 大类不同材料间的遗传距离在 0.4786~0.6221 之间; 第 3 大类不同材料间的遗传距离在 0.0000~0.4786 之间, 该类群在遗传距离为 0.6062 时, 又可分为 2 个亚类。

3.4 广西甘薯核心种质库的建立

应用表型性状和分子标记等技术, 综合采用表型数据最佳构建策略 (结合优先取样策略, 采用马氏距离, 利用离差平方和法多次聚类, 最优取样比例 17.31%)、SSR 分子标记数据最佳构建策略 (采用位点优先取样策略, 结合 Jaccard 遗传距离进行多次聚类, 最佳取样比例为 14.63%) 和 SRAP 分子标记数据最佳构建策略 (选取位点优先取样策略结合 SM 遗传距离多次聚类, 最优取样比例为 14.10%), 探索出“表型 + 分子标记双策略”核心种质构建技术体系, 筛选出覆盖原始群体最大遗传多样性的种质资源 122 份, 并建立了广西甘薯核心种质资源库。李慧峰等^[15]基于 SNP 标记分析了核心库不同种质的遗传背景。

李慧峰等^[16]选取 15% 的总体取样比例, 采用 2 种分组方法、3 种组内取样量比例和 2 种组内个体选择方法, 分析了 476 份广西甘薯种质资源的 18 个农艺性状数据, 构建出 13 个甘薯初级核心种质样本。为确定这些样本的代表性, 分别与总体进行了 5 个指标的比较, 包括表型保留比例、表型频率方差、遗传多样性指数、变异系数、极差符合率。结果表明, 按资源类型分组优于按来源地分组; 组内取样量以对数法代表性最好, 简单比例法的代表性其次, 平方根法最差; 在个体选择中, 最小距离逐步取样法优于随机法。因此, 按资源类型分组, 再按对数比例法确定组内取样量, 通过最小距离逐步取样法选择个体是甘薯核心种质构建的最佳取样策略。

4 种质创新与利用

自 20 世纪 80 年代以来, 利用从资源圃中挖掘出的优异种质做亲本, 先后育成桂薯 1 号、桂薯二号、桂薯 96-8、桂紫薯 1 号、桂粉一号、桂粉 2 号、东皇薯 1 号、桂粉 3 号和桂紫薇薯 1 号及桂薯 10 号等 33 个优良品种 (表 1)。

其中, “甘薯品种桂薯二号的选育” 1998 年获广西壮族自治区科技进步奖三等奖。“广西甘薯良种选育与示范开发” 2007 年获广西省科技进步奖三等奖。该成果将前期育成的优良品种桂薯 96-8、富硒 11 选、桂粉一号、桂薯 66、桂薯 140、桂薯 89、桂薯 69、桂薯 96-18 和桂薯 90-24-2 进行示范推广, 种植面积达到 $1.45 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 新增产值达 42.51711 亿元。

桂粉 2 号^[17] 2009 年通过广西审定, 2011 年通过国家鉴定, 截至 2014 年, 该品种已在区内外累计应用 11.76 万 hm^2 , 新增鲜薯总产量达 29219.18 万 kg, 新增效益 58664 万元。

桂粉 3 号于 2009 年通过广西审定, 2012 年通过国家鉴定, 该品种在淀粉产量、抗病性两方面取得突破, 淀粉产量位居同类产品第 2 位, 中抗薯瘟病、蔓割病等南方薯区两大主要病害, 淀粉率高达 24.7%^[18]。

食用型品种桂紫薇薯 1 号 2014 年通过广西审定, 2016 年通过国家鉴定, 在品质、抗病性两方面取得重大突破, 试验期间, 品质位居同类产品第 1 位, 高抗疮痂病和中抗 I 型薯瘟病等南方薯区两大主要病害^[19]; 该品种 2020 年被评为国家联合攻关第二届“食味十佳”甘薯品种。

食用型品种桂薯 10 号 2016 年通过广西审定, 在 2019 年第九届“光友杯”全国甘薯擂台赛鲜食组中获一等奖; 在 2020 年“泗水杯”全国甘薯优良品种大奖赛食用组中获三等奖。

上述品种的培育及推广应用, 在甘薯生产中发挥了较大的作用, 取得了显著的经济、社会和生态效益。

5 讨论与建议

5.1 继续开展甘薯种质资源的引进收集

甘薯种质资源是甘薯育种的基础, 掌握种质资源越丰富, 对育种越有利。目前广西保存的 825 份甘薯种质资源, 中国品种 813 份, 占比 98.55%, 国外品种 12 份, 占比 1.45%, 近缘野生资源 2 份, 占比

表 1 利用优质的甘薯种质及其衍生材料作亲本育成的甘薯新品种

Table 1 Using high quality sweet potato germplasm and its derived materials as parents

序号 Order number	品种名称 Name	亲本来源 Parental source	证书编号 Certificate number	审定、鉴定或登记时间 Time of validation, appraisal or registration
1	桂薯 1 号	华北 48 × 韭菜薯	桂审证字 060 号	1988 年广西审定
2	桂薯二号	(桂薯 74-362 × 野红薯 K123) × 无忧饥	桂审证字 110 号	1994 年广西审定
3	桂薯 96-8	青头不论春 × 桂薯二号、丰薯二号等 8 个品种集团杂交	国鉴甘薯 2005004	2005 年国家鉴定
4	桂粉 2 号	富硒 11 选 × 桂薯二号等 8 个品种自然杂交	桂审薯 2009001 号 国品鉴甘薯 2011010	2009 年广西审定 2011 年国家鉴定
5	桂粉 3 号	广薯 87 × 金山 57	桂审薯 2009002 号 国品鉴甘薯 2012006	2009 年广西审定 2012 年国家鉴定
6	桂薯 3 号	广薯 104 × 金山 57	桂审薯 2009003 号	2009 年广西审定
7	桂紫薯 1 号	(徐薯 55-2 × AYMURASKY) 后代自然杂交	桂审薯 2010002 号	2010 年广西审定
8	桂紫薯 2 号	(徐薯 55-2 × AYMURASKY) 后代自然杂交	桂审薯 2010003 号	2010 年广西审定
9	桂薯 5 号	广薯 155 自然杂交	桂审薯 2010004 号	2010 年广西审定
10	桂薯 6 号	徐 55-2 自然杂交	桂审薯 2011001 号	2011 年广西审定
11	桂紫薯 3 号	桂 107 自然杂交	桂审薯 2011002 号	2011 年广西审定
12	桂薯 8 号	广薯 104 × 姑娘薯	桂审薯 2011003 号	2011 年广西审定
13	桂薯 07-98	广薯 104 × 姑娘薯	桂审薯 2012001 号	2012 年广西审定
14	桂 02-119	AB940781 自然杂交	桂审薯 2012002 号	2012 年广西审定
15	桂 04-120	金山 57 × (11 选自然杂交后代)	桂审薯 2013004 号	2013 年广西审定
16	桂 08-166	金山 679 自然杂交	桂审薯 2013005 号	2013 年广西审定
17	桂紫薇薯 1 号	糊薯 1 号 × 广薯 104	桂审薯 2014005 号 国品鉴甘薯 2016027	2014 年广西审定 2016 年国家鉴定
18	桂薯 9 号	金山 679 自然杂交	桂审薯 2015007 号	2015 年广西审定
19	桂 011-827	广薯 87 自然杂交	桂审薯 2015008 号	2015 年广西审定
20	东皇薯 1 号	地方品种“外婆藤”变异株	桂审薯 2015009 号	2015 年广西审定
21	桂薯 10 号	徐薯 23 自然杂交	桂审薯 2016026 号	2016 年广西审定
22	桂薯 11 号	栗子香 × 桂紫薯 3 号	桂审薯 2016027 号	2016 年广西审定
23	桂薯 011-184	栗子香 × 桂紫薯 3 号	桂审薯 2016029 号	2016 年广西审定
24	桂薯 07-141	广紫薯 1 号自然杂交	桂审薯 2016028 号	2016 年广西审定
25	仝佬红	徐薯 27 × 豫薯王、信引等集团杂交	桂审薯 2016030 号	2016 年广西审定
26	富硒 11 选	广薯 85-111 变异株	桂登薯 2007001 号	2007 年广西登记
27	桂粉一号	徐薯 55-2 × AB940781、鄂薯二号、皖薯一号 等 9 个品种集团杂交	桂登薯 2007002 号	2007 年广西登记
28	桂薯 66	广薯 104 × 济薯 18 号	桂登薯 2007004 号	2007 年广西登记
29	桂薯 140	南薯 88 × 广薯 88-70	桂登薯 2007005 号	2007 年广西登记
30	桂薯 89	富硒 11 选 × 丰薯二号、日本黑薯等 10 个品种集团杂交	桂登薯 2007007 号	2007 年广西登记
31	桂薯 69	广薯 85-111 变异株	桂登薯 2007008 号	2007 年广西登记
32	桂薯 96-18	湛薯 64-285 × 桂薯二号等 5 个品种集团杂交	桂登薯 2007009 号	2007 年广西登记
33	桂薯 90-24-2	配 26 × 桂薯 1 号等 6 个品种集团杂交	桂登薯 2007010 号	2007 年广西登记

0.24%,可见国外资源和野生或近缘野生资源严重短缺,应加大对国外优质种质资源的收集力度,同时收集近些年全国各地新审定、鉴定或登记的知名度较大的甘薯品种,以丰富本区甘薯种质资源类型,为优良种质的选育提供素材。

5.2 继续完善甘薯种质资源的综合鉴定与评价

甘薯育种的进展和突破,与对种质资源的发现、挖掘和正确利用关系密切。据报道,目前我国甘薯选育品种中近 94% 的品种具有南瑞茗和胜利百号的血缘,品种间遗传距离狭窄,延缓了突破性新品种的选育^[20],因此在开展甘薯新品种杂交选育工作中,应选用亲缘关系较远的品种作为亲本。但甘薯种质资源遗传背景复杂,传统的分析方法,很难将数量庞大的甘薯品种资源的亲缘关系进行相对精确的分类,给甘薯亲缘关系的鉴定带来一定程度的困难,采用分子标记技术可以对品种资源的亲缘关系进行准确的鉴定分析,并进一步为甘薯育种提供理论依据^[21],以分子标记为基础的 DNA 指纹鉴定技术具有准确、简单快速、易于自动化的优点,通过构建 DNA 指纹图谱进行品种快速鉴定是品种鉴定技术的发展趋势^[22]。例如黄洁等^[23]采用 ISSR 分子标记,分析了 21 份紫肉、28 份红黄肉甘薯种质遗传多样性,结果表现出丰富的多态性。聚类分析和主成分分析将 49 份甘薯种质聚为 4 大类,类型间遗传差异较大,将红黄薯单独聚为 1 类,说明紫薯和红黄薯分别具有明显不同的来源和系统演化关系。罗忠霞等^[22]的研究也表明,EST-SSR 标记能正确反映出不同资源间的亲缘关系。

截至目前,本研究完成了 586 份资源的农艺性状的鉴定评价,完成率仅为 71.03%,下一步还要继续补充完善资源的农艺性状的鉴定评价工作,同时从分子水平、基因水平方面开展种质资源的深度鉴定,应用分子标记技术对甘薯种质进行遗传多样性分析,揭示其遗传多样性的形成背景,为后续的品种选育提供数据依据。

5.3 以市场为导向强化优异种质的发掘和利用

甘薯的营养成分主要有淀粉、可溶性糖、胡萝卜素、黄酮、花青素、粗蛋白、维生素和矿物质中微量元素等,还包括人体必要的不饱和脂肪酸和氨基酸等^[24-25],其营养品质主要取决于各种营养成分的含量和质量^[26],不同的甘薯品种所含有的营养成分不同^[27-28],相同品种不同的生育期气候环境,其营养成分也呈现出较大的差异^[29-30],因此,在对种质资源进行鉴定时,应采取多年多点鉴定的方式,才能筛

选出适应不同生态区域,符合当前育种目标和强杂交优势的种质。

利用作物合理富硒是当下研究的热点,广西是全国圈定的特大面积连片富硒土壤区域^[31],这使广西开展富硒农产品的生产和研究具有得天独厚的优势。甘薯对硒元素具有富集作用,不同的甘薯品种,富硒的能力有差异^[32],因此,在后期的种质资源鉴定中,加强对甘薯种质资源富硒能力的筛选和鉴定,以期挖掘出富硒能力强的种质资源,供生产直接利用,也可为富硒甘薯新品种选育以及植物富硒机理的研究及其他基础研究提供典型材料。

5.4 建议政府对广西甘薯种质资源的维护给予长期性的资金支持

广西甘薯地方品种十分丰富,长期原位保存在边远的喀斯特地貌地区,已适应不断变化的恶劣气候,这部分地区农民在复杂的生态环境中持续种植的“品种”,尤其是维持生计的农民群体,经年累月地繁育和选择的变异类型,丰富了现代育种的种质资源和遗传基础,应引起足够的重视和正视。

甘薯种质资源的收集和保存是一项长期性和繁杂性的工作,它不像其他作物可以用种子来保存那么便捷,只有通过薯块及藤蔓来繁衍和保持后代的种性,虽然项目组已探索出以温室大棚保存为主线,辅以薯块保存和田间种植的“三轨制”保存技术体系,减少了工作量和资金的投入,但种质资源的保存和维护仍需大量的工作和资金的支持。为此,建议政府给予长期性的资金支持。

参考文献

- [1] Mussoline W A, Wilkie A C. Feed and fuel: the dual-purpose advantage of an industrial sweet potato. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 2017, 97: 1567-1575
- [2] 谢一芝,郭小丁,贾赵东,马佩勇,边小峰. 紫心甘薯育种现状及展望. *植物遗传资源学报*, 2012, 13(5): 709-713
Xie Y Z, Guo X D, Jia Z D, Ma P Y, Bian X F. Progresses and prospects on purple-fleshed sweetpotato breeding. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2012, 13(5): 709-713
- [3] Esatbeyoglu T, Rodríguez-Werner M, Schlösser A, Winterhalter P, Rimbach G. Fractionation, enzyme inhibitory and cellular antioxidant activity of bioactives from purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Food Chemistry*, 2017, 221: 447-456
- [4] 冯俊彦,赵珊,李明,张聪,杨松涛,乔帅,谭文芳,王大一,蒲志刚. 甘薯重要农艺性状相关基因克隆的研究. *分子植物育种*, 2018, 16(8): 2488-2500
Feng J Y, Zhao S, Li M, Zhang C, Yang S T, Qiao S, Tan W F, Wang D Y, Pu Z G. Research advance on cloning of genes related to Important agronomic traits in sweet potato. *Molecular Plant Breeding*, 2018, 16(8): 2488-2500

- [5] 邬景禹, 孙近友. 我国甘薯种质资源研究的发展战略. 中国甘薯, 1989(3): 19-27
Wu J Y, Sun J Y. Development strategy of Chinese sweet potato germplasm resources research. Chinese Sweet Potato, 1989(3): 19-27
- [6] 卢森权, 李彦青, 黄咏梅, 谭仕彦. 广西甘薯生产现状及发展对策. 广西农业科学, 2007, 38(3): 339-342
Lu S Q, Li Y Q, Huang Y M, Tan S Y. Current status of production and development strategy of sweet potato in Guangxi. Guangxi Agricultural Science, 2007, 38(3): 339-342
- [7] 马代夫, 李强, 曹清河, 钮福祥, 谢逸萍, 唐君, 李洪民. 中国甘薯产业及产业技术的发展与展望. 江苏农业学报, 2012, 28(5): 969-973
Ma D F, Li Q, Cao Q H, Niu F X, Xie Y P, Tang J, Li H M. Development and prospect of sweetpotato industry and its technologies in China. Jiangsu Agricultural Journal, 2012, 28(5): 969-973
- [8] 吴翠荣, 卢森权, 李彦青, 黄咏梅, 李慧峰, 陈天渊. 广西甘薯种质资源收集、保存与利用概述. 广西农业科学, 2010, 41(8): 845-847
Wu C R, Lu S Q, Li Y Q, Huang Y M, Li H F, Chen T Y. Collection, preservation and utilization of sweet potato germplasm resources in Guangxi. Guangxi Agricultural Sciences, 2010, 41(8): 845-847
- [9] 陈志辉, 游小妹, 林郑和, 钟秋生, 单睿阳, 陈常颂. 福建省白茶品种遗传多样性分析. 茶叶学报, 2017, 58(3): 108-114
Chen Z H, You X M, Lin Z H, Zhong Q S, Shan R Y, Chen C S. Genetic diversity of hite tea cultivars in Fujian province. Acta Tea Sinica, 2017, 58(3): 108-114
- [10] 李飞飞, 崔大方, 廖文波, 羊海军, 许正, 陈考科. 中国新疆野苹果 (*Malus sieversii* (Ldb.) Roem.) 种群地理分布格局及其遗传关系研究. 干旱区地理, 2011, 34(6): 926-932
Li F F, Cui D F, Liao W B, Yang H J, Xu Z, Chen K K. Geographic distribution pattern and genetic relationship of *Malus sieversii* (Ldb.) Roem. in China. Arid Land Geography, 2011, 34(6): 926-932
- [11] 房伯平, 张雄坚, 陈景益, 安康. 我国甘薯种质资源研究的历史与现状. 广东农业科学, 2004(S1): 3-5
Fang B P, Zhang X J, Chen J Y, An K. The history and status of sweet potato germplasm research in China. Guangxi Agricultural Sciences, 2004(S1): 3-5
- [12] 张允刚, 房伯平. 甘薯种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业出版社, 2005
Zhang Y G, Fang B P. Description and data standard of sweet potato germplasm resources. Beijing: Chinese Agricultural Press, 2005
- [13] 李慧峰, 陈天渊, 黄咏梅, 李彦青, 吴翠荣, 滑金锋. 甘薯种质资源管理信息系统的构建与实现. 农业网络信息, 2018(264): 48-52
Li H F, Chen T Y, Huang Y M, Li Y Q, Wu C R, Hua J F. Construction and implement of sweetpotato germplasm resources database system. Agriculture Network Information, 2018(264): 48-52
- [14] 李慧峰, 陈天渊, 黄咏梅, 吴翠荣, 李彦青, 滑金锋, 范继征. 甘薯种质资源形态标记遗传多样性分析. 西南农业学报, 2015, 28(6): 2401-2407
Li H F, Chen T Y, Huang Y M, Wu C R, Li Y Q, Hua J F, Fan J Z. Genetic diversity of sweetpotato germplasm resources revealed by morphological traits. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2015, 28(6): 2401-2407
- [15] 李慧峰, 黄咏梅, 李彦青, 滑金锋, 吴翠荣, 范继征, 陈天渊. 基于 SLAF-seq 技术的甘薯种质资源群体遗传进化分析. 热带作物学报, 2019, 40(12): 2390-2396
Li H F, Huang Y M, Li Y Q, Hua J F, Wu C R, Fan J Z, Chen T Y. Phylogenetic analysis of sweetpotato germplasm resources based on SLAF-seq technology. Chinese Journal of Tropical Crops, 2019, 40(12): 2390-2396
- [16] 李慧峰, 陈天渊, 黄咏梅, 吴翠荣, 李彦青, 卢森权, 陈雄庭. 基于形态性状的甘薯核心种质取样策略研究. 植物遗传资源学报, 2013, 14(1): 91-96
Li H F, Chen T Y, Huang Y M, Wu C R, Li Y Q, Lu S Q, Chen X T. Sampling strategies of sweet potato core collection based on morphological traits. Journal of Plant Genetic Resources, 2013, 14(1): 91-96
- [17] 陈天渊, 黄咏梅, 李慧峰, 李彦青, 吴翠荣, 卢森权, 马琳. 粮、能兼用型甘薯新品种桂粉 2 号的选育及高产栽培技术. 种子, 2012, 31(3): 112-113
Chen T Y, Huang Y M, Li H F, Li Y Q, Wu C R, Lu S Q, Ma L. Breeding and cultivational technology of high yield food and energy sweet potato new variety gui fen No.2. Seed, 2012, 31(3): 112-113
- [18] 李慧峰, 陈天渊, 黄咏梅, 李彦青, 吴翠荣, 滑金锋, 卢森权. 高淀粉甘薯新品种桂粉 3 号的选育及其栽培技术. 种子, 2016, 35(6): 99-100
Li H F, Chen T Y, Huang Y M, Li Y Q, Wu C R, Hua J F, Lu S Q. The breeding and culture techniques of guifen No.3 a new sweetpotato variety with high starch content. Seed, 2016, 35(6): 99-100
- [19] 黄咏梅, 李彦青, 吴翠荣, 李慧峰, 滑金锋, 陈天渊, 卢森权. 食用型紫色甘薯紫薇薯 1 号的选育及栽培技术. 种子, 2017, 36(4): 102-104
Huang Y M, Li Y Q, Wu C R, Li H F, Hua J F, Chen T Y, Lu S Q. Breeding and cultivation techniques of edible purple sweetpotato guiziweishu No.1. Seed, 2017, 36(4): 102-104
- [20] 唐君, 周志林, 赵冬兰, 曹清河, 马代夫. 76 份特用甘薯种质资源的鉴定评价. 植物遗传资源学报, 2012, 13(2): 195-200
Tang J, Zhou Z L, Zhou D L, Cao Q H, Ma D F. Identification and evaluation of 76 special utilized sweetpotato germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2012, 13(2): 195-200
- [21] 吴秋云, 罗文彬, 邱永祥, 蔡南通. 一种快速提取甘薯基因组 DNA 方案的建立. 山西农业大学学报: 自然科学版, 2006, 26(2): 119-120, 124
Wu Q Y, Luo W B, Qiu Y X, Cai N T. A method for rapid isolation of genomic DNA in sweetpotato on small scale. Journal of Shanxi Agricultural University: Natural Science Edition, 2006, 26(2): 119-120, 124
- [22] 罗忠霞, 房伯平, 李茹, 王章英, 黄立飞, 陈景益, 张雄坚, 李育军, 陈新亮, 黄实辉. 基于 EST-SSR 标记的甘薯种质资源 DNA 指纹图谱构建. 植物遗传资源学报, 2014, 15(4): 810-814
Luo Z X, Fang B P, Li R, Wang Z Y, Huang L F, Chen J Y, Zhang X J, Li Y J, Chen X L, Huang S H. Construction of DNA fingerprint database based on EST-SSR Markers for sweet

- potato germplasm. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2014, 15(4): 810-814
- [23] 黄洁, 甘学德, 苏明, 李开绵, 叶剑秋. 紫、红黄肉甘薯种质遗传多样性的 ISSR 分析. *植物遗传资源学报*, 2011, 12(4): 646-650
- Huang J, Gan X D, Su M, Li K M, Ye J Q. Genetic diversity analysis through ISSR markers for purple, red and yellow sweetpotato varieties. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2011, 12(4): 646-650
- [24] 史春余, 王汝娟, 梁太波, 王振林. 食用型甘薯块根碳水化合物代谢特性及与品质的关系. *中国农业科学*, 2008, 41(11): 3878-3885
- Shi C Y, Wang R J, Liang T B, Wang Z L. Characterization of carbohydrate metabolism in relation to quality of root tuber in edible sweetpotato. *Scientia Agricultura Sinica*, 2008, 41(11): 3878-3885
- [25] 梁媛媛, 傅玉凡, 孙富年, 冷晋川, 张启堂. 甘薯块根可溶性糖含量在生长期间的变化研究. *西南大学学报: 自然科学版*, 2009, 31(6): 20-25
- Liang Y Y, Fu Y F, Sun F N, Leng J C, Zhang Q T. Variations in soluble sugar content in the storage root of sweetpotato during its development. *Journal of Southwest University: Natural Science Edition*, 2009, 31(6): 20-25
- [26] 陆国权. 甘薯重要品质性状的基因型差异及其环境效应研究. 杭州: 浙江大学, 2002
- Lu G Q. Genotype difference and environmental effects of important quality traits in sweet potato. Hangzhou: Zhejiang University, 2002
- [27] 李思明, 司成成, 刘永华, 梁清干, 黄婷, 朱国鹏. 不同甘薯品种块根营养品质与产量综合评价. *热带作物学报*, 2021, 42(3): 713-719
- Li S M, Si C C, Liu Y H, Liang Q G, Huang T, Zhu G P. Comprehensive evaluation of nutrient quality and yield of different sweet potato varieties. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2021, 42(3): 713-719
- [28] 张梦潇, 周文化, 周虹, 张亚, 罗寡劫, 李良怡. 不同品种紫薯营养主成分及聚类分析. *中国粮油学报*, 2020, 35(1): 19-25
- Zhang M X, Zhou W H, Zhou H, Zhang Y, Lou A J, Li L Y. Principal component analysis and cluster analysis of nutrition components in different purple-fleshed sweet potatoes. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2020, 35(1): 19-25
- [29] 邱天越, 李臣, 王永徐, 叶夏芳, 崔鹏, 陆国权. 生育期环境因素对甘薯营养和香味组分的影响. *江苏农业科学*, 2019, 47(18): 117-121, 128
- Qin T Y, Li C, Wang Y S, Ye X F, Cui P, Lu G Q. Effects of environmental factors on nutrition and aroma components of sweet potato during growth period. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2019, 47(18): 117-121, 128
- [30] 李臣, 薛冠炜, 黄静艳, 王宁东, 陆国权. 生育期对鲜食甘薯品种“心香”营养成分及产品加工特性的影响. *浙江农业学报*, 2017, 29(12): 1957-1962
- Li C, Xue G W, Huang J Y, Wang N D, Lu G Q. Effects of different growth stages on nutritional components and processing characteristics of sweetpotato cultivar Xinxiang. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2017, 29(12): 1957-1962
- [31] 何礼新, 石玫莉, 阳继辉, 陆兴伦. 广西硒资源开发利用现状及对策思考. *广西农学报*, 2014, 29(5): 84-87
- He L X, Shi M L, Yang J H, Lu X L. Current situation and countermeasures of selenium resources development and utilization in Guangxi. *Guangxi Agricultural Journal*, 2014, 29(5): 84-87
- [32] 黄婷, 万玲, 陈艳丽, 司成成, 曾丽萍. 7 个甘薯品种自然富硒能力的比较. *热带生物学报*, 2019, 10(4): 338-342
- Huang T, Wan L, Chen Y L, Si C C, Zeng L P. Natural selenium-enriching ability of 7 sweet potato varieties. *Journal of Tropical Biology*, 2019, 10(4): 338-342