

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2023.10.001

曹清河, 王洁, 戴习彬, 等. 甘薯茎叶研究与利用进展 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2023, 45(10): 2-10.

甘薯茎叶研究与利用进展

曹清河, 王洁, 戴习彬, 王远, 赵凌霄, 王珧, 周志林

江苏徐淮地区徐州农业科学研究所/江苏徐州甘薯研究中心, 江苏 徐州 221131

摘要: 甘薯茎叶富含蛋白质、维生素、膳食纤维、矿物质等营养成分, 具有抗氧化、调节血脂等多个保健功能, 可作为叶菜、饲料来源。另外甘薯茎叶具有丰富多彩的叶色和变化多样的叶型, 具有观赏和园林绿化等商业价值。甘薯茎叶研究基础较为薄弱, 主要集中于营养、生理活性成分等研究, 而分子遗传、加工利用等相关研究起步较晚。系统梳理了甘薯茎叶的基础研究进程, 并从叶菜、观赏、食品加工、饲用等多个方面分析了甘薯茎叶的利用进展。针对研究与利用现状及存在的不足, 提出了针对性的建议与展望, 为后续甘薯茎叶相关研究及产业发展提供参考。

关键词: 甘薯茎叶; 营养成分; 保健功能; 加工利用

中图分类号: S531

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2023)10-0002-09

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Progress on Research and Utilization of Sweetpotato Vines and Leaves

CAO Qinghe, WANG Jie, DAI Xibin, WANG Yuan,
ZHAO Lingxiao, WANG Yao, ZHOU Zhilin

Xuzhou Institute of Agricultural Science in Jiangsu Xuhuai District/Jiangsu Xuzhou Sweetpotato Research Center,
Xuzhou Jiangsu 221131, China

Abstract: Sweetpotato vines and leaves (SPVL) are rich in protein, vitamins, dietary fiber, minerals and other nutrients, and own multiple healthcare function such as antioxidation and regulating blood lipid, which can be used as a high-quality source of leafy vegetables and forage. In addition, because of its leaf with various colors and leaf shapes, it also has commercial values of ornamental horticulture. The basic research related to the SPVL is rare, mainly focusing on the study of nutritional and physiological active components, while the research on molecular genetics, processing and utilization was started late. This paper systematically reviews the basic research progress of SPVL, and expounds the progress of SPVL uti-

收稿日期: 2023-04-10

基金项目: 财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系项目(CARS-10-GW); 海南省重点研发计划项目(ZDYF2020226); 苏北科技专项(XZ-SZ202154); 江苏省根茎类作物种质资源库项目(JSGB2018-03); 江苏省种业振兴揭榜挂帅项目(JBGS(2021)010)。

作者简介: 曹清河, 研究员, 主要从事甘薯种质创新与菜用观赏甘薯新品种选育研究。

lization from leaf vegetables, ornamental, food processing, feed utilization and other aspects. In view of the current situation and shortcomings of research and utilization, the authors put forward targeted opinions and forecast to provide reference for the follow-up research on SPVL and the development of related industries.

Key words: sweetpotato vein and leaves; nutritious components; healthcare function; utilization

甘薯 [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] 属于旋花科甘薯属, 有红薯、番薯、地瓜、红苕、山芋、白薯等多个别称, 是重要的粮食作物兼经济作物。我国是甘薯种植大国, 与世界上其他国家或地区相比, 在总产与单产上均有较大优势。甘薯生长适应性强, 较耐贫瘠干旱, 与其他作物间套种依然有较高产量, 将甘薯 3 000 株与玉米 1 500 株套种, 每 666.7 m² 的鲜薯产量仍能达到 3.1 t^[1], 高产、稳产和良好适应性是甘薯作为粮食安全“底线作物”的原因所在。研究表明, 甘薯块根富含淀粉、膳食纤维、可溶性糖、矿物质、类胡萝卜素、花青素等^[2-4], 是营养与口味兼具的优质食物来源, 为保障全球粮食安全做出了巨大贡献。甘薯除了块根有高产特性外, 其茎叶产量同样很高、营养丰富, 但可惜仅少数被利用为蔬菜或饲料, 多数被遗弃造成资源浪费。同时甘薯茎叶(叶片与茎蔓)表型丰富多样, 搭配种植有良好的观赏效果, 在家居绿植、城市绿化、展会布景等方面具有很大的推广潜力。与水稻、玉米等主要粮食作物的全面系统研究不同, 甘薯块根的形态特征、遗传育种、栽培与病虫害防控、营养成分、生理保健功能及加工理化性能方面的研究与相关产业利用历来都得到了重点关注, 而甘薯茎叶的研究相对薄弱。由于甘薯茎叶营养成分及健康价值越来越多地受到研究人员和消费者的关注, 叶菜甘薯品种培育与产业化进展较快, 茎叶加工也有所起步。为了更好地促进甘薯茎叶研究, 提高甘薯茎叶利用率, 本文系统地阐述了甘薯茎叶的生物学特性、农学特性、营养成分、健康价值以及逆境胁迫响应等, 追踪菜用及观赏甘薯的利用进展, 分析与讨论当前存在的问题, 以期为甘薯茎叶的进一步研究与相关产业发展提供参考。

1 甘薯茎叶的研究进展

1.1 甘薯茎叶生物学、农学特性研究

甘薯叶形状多变, 且具有多种色苷, 表现出丰富的形色变异。根据主茎第 1 片展开叶的形状和颜色, 顶叶可分为圆形、肾形、心形、尖心形、三角形、缺刻形, 其中缺刻有深浅之分, 有部分品种叶缘为齿状; 顶叶色可分为浅绿色、绿色、紫绿色、褐绿色、浅紫色、紫色、褐色、金黄色和红色。经过 Li 等^[5]测定, 甘薯茎叶含有酰化修饰的矢车菊素花色苷和芍药素花色苷各 9 种, 其中有 3 种(矢车菊素-3-对-香豆酰-5-葡萄糖苷、芍药素-3-对-香豆酰-5-葡萄糖苷和矢车菊素-3-咖啡酰-对-香豆酰-5-葡萄糖苷)在甘薯茎叶中为首次发现。甘薯茎叶与储藏根为源库关系, 地上茎叶的农学特性与储藏根产量及品质组成密切相关。研究表明, 茎叶徒长会降低主茎功能叶蔗糖的输出能力, 不利于源库间膨压差的形成^[6]。

董玲霞等^[7]使用 30 对 SSR(Simple Sequence Repeats)分子标记分析了 16 个地上部(菜用、观赏、菜用兼观赏)专用甘薯品种的遗传多样性, 筛选出遗传距离较远的品种资源, 为下一步地上部专用品种选育提供了参考。随着高通量测序技术的发展, 甘薯茎叶遗传研究迎来了组学时代, Chen 等^[8]利用 OutcrossSeq 构建了甘薯 F₁ 群体高密度图谱, 定位到控制叶形的基因 *IbFWB2*; Xiao 等^[9]对 314 份种质资源进行重测序, 结合 GWAS 分析技术, 挖掘到与叶形相关的基因 *IbYABBY1*。由此可见, 新技术的运用极大地提升了甘薯茎叶的基础研究水平。

1.2 甘薯茎叶营养成分研究

甘薯属于无性繁殖作物, 其茎叶具有极强的生长能力, 从封垄到薯块收获前可多次采摘利用。甘薯茎叶含有丰富的营养成分, 邱俊凯等^[10]检测了 58 个甘薯品种的茎叶营养成分(表 1), 研究表明甘薯茎叶中粗蛋白、粗脂肪、膳食纤维、维生素、多酚类物质、黄酮类物质质量分数较高, 且不同品种差异较大。与芹菜、

菠菜、韭菜等蔬菜相比,甘薯茎叶的蛋白质、脂肪、碳水化合物、热量、纤维、钙、磷、铁、类胡萝卜素、维生素 C、维生素 B₁、维生素 B₂、烟酸质量分数均为最高^[11]. Ishida 等^[12]检测甘薯茎叶蛋白质量分数为 3.2%~4.1%,有全面且组成良好的氨基酸,以 WHO 推荐的标准氨基酸模式为基准(100 分),黄金千贯(Kogane Sengan)和红东(Beni azuma)两个品种甘薯叶氨基酸组分得分为 76.1 分和 83.9 分.在多数情况下,甘薯茎叶含有大量矿物元素,且质量分数显著高于块根,茎叶与块根质量分数比值钙为 2~3:1,铁为 5:1,锰为 3:1^[13-14].

表 1 58 个甘薯品种茎叶的营养成分^[10]

营养成分	范围	平均值	单位
粗蛋白	9.35~38.45	26.85	g
粗脂肪	1.36~12.30	2.97	g
膳食纤维	35.30~45.00	40.78	g
维生素 C	1.47~131.64	50.91	mg
β-胡萝卜素	6.75~59.35	25.62	mg
维生素 E	0.39~23.3	3.26	mg
维生素 B ₁	0.01~0.08	0.04	mg
维生素 B ₂	0.58~1.46	0.92	mg
总酚	3.3~21.39	9.95	g
总黄酮	1.29~6.62	3.57	g

注:单位以每 100 g 干物质计.

1.3 甘薯茎叶的保健功能研究

1.3.1 甘薯茎叶的抗氧化作用

在多个地区,叶菜用甘薯有“蔬菜皇后”“长寿菜”等美誉,与白菜、菠菜等蔬菜相比,甘薯茎叶营养更加全面且丰富^[15].粗蛋白、膳食纤维、矿物质等基本营养成分以及种类多样的生物活性物质将甘薯茎叶推至优质蔬菜、保健食品之列.甘薯茎叶保健功效中最为广泛认知的是抗氧化,其绿原酸、黄芪素和矢车菊素类化合物被报道与抗氧化活性密切相关^[16-17].绿原酸及其异构体的抗氧化作用被多次报道,绿原酸是由莽草酸途径合成的一种苯丙素类次生代谢物质,是由咖啡酸和奎宁酸生成的缩酚酸.绿原酸除了抗氧化作用外,还有抑菌^[18-20]、抗炎^[21-25]、抗病毒^[26-29]、抑制血栓的形成^[30-31]、护肝脏^[32-33]、免疫调节^[34-37]、抗肿瘤^[35-37]、降血糖^[38-39]等多种保健功效.除了多酚类物质外,杨汝凭^[40]提取甘薯茎叶中的 8 个单一多糖,并对其进行清除试验和还原能力试验,结果表明这 8 个多糖均有较高的抗氧化活性.来水利等^[41]使用微波萃取法提取甘薯茎叶中的黄酮类化合物,并利用 1,1-二硝基-2-三硝基苯肼基(DPPH)清除试验验证了甘薯茎叶黄酮类提取液的抗氧化活性.花青素也有抗氧化活性,石婕等^[42]通过试验表明甘薯茎叶抗氧化能力与其花青素质量分数呈极显著正相关.顾东东^[43]测定 44 个甘薯品种茎尖提取物抗氧化活性和 β-胡萝卜素质量分数,发现二者为显著正相关.通过上述研究,我们可以认为甘薯茎叶抗氧化生理功能是由多种生理活性物质共同决定的.

1.3.2 甘薯茎叶的降血糖、降血脂功能

除了绿原酸对血糖有抑制作用,甘薯茎叶中的膳食纤维被证明可以改善小白鼠肝部胆固醇和血清血脂情况^[12].紫甘薯叶提取物能够显著降低脂肪分化过程中的脂质积累和甘油三酯水平,且抑制脂肪生成主要转录因子(PPARγ 和 C/EBPα)和脂肪分化下游靶基因(脂联素、脂肪细胞蛋白 2 和脂蛋白脂酶)的表达^[44].从紫甘薯叶中分离的槲皮素 3-O-β-D-槐糖苷、槲皮素、苜蓿基 β-D-葡萄糖苷、4-羟基-3-甲氧基苯甲醛、癸酸甲酯有抗糖尿病的功效^[45].有研究报道,患有二型糖尿病的小鼠服用甘薯叶多酚后,体质量减少趋势得到缓解,空腹血糖水平有效降低,胰岛素抵抗得到改善.此外,甘薯叶多酚还能降低总胆固醇、甘油三酯、低

密度脂蛋白胆固醇和促进高密度脂蛋白的合成^[46]。

1.3.3 甘薯茎叶的其他功效

“高钾低钠”的蔬菜利于预防心血管疾病, Tang 等^[47]发现甘薯叶钾钠比达到 384 : 1, 远高于其他瓜果蔬菜。甘薯叶富含绿原酸及衍生物, 有抑制癌症的功效, 日本研究人员用冲绳甘薯叶片提取物喂食小鼠, 与对照相比, 喂食 1 000 mg/L 的冲绳甘薯叶片提取物对结肠腺癌有明显的抑制作用^[48]。甘薯茎叶绿色提取物富含多酚, 能显著抑制小鼠前列腺癌细胞的增殖活性, 同时保留正常前列腺上皮细胞^[49]。通过对多种食品微生物进行抑菌试验, 高莹等^[50]发现甘薯叶提取物对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、酿酒酵母、毛霉均有抑制作用。李盼盼等^[51]研究表明从甘薯叶中提取的正丁醇萃取物对酪氨酸酶有抑制作用, 可作为其天然抑制剂。酪氨酸酶可催化 L-多巴形成多巴醌, 进而氧化成黑色素, 而抑制酪氨酸酶能减少黑色素合成达到美白效果^[52]。

1.4 甘薯茎叶逆境胁迫相关研究

冷害是甘薯茎叶利用空间分布的重大制约因素, 在低温条件下, 甘薯茎叶生长缓慢甚至萎缩死亡, 过氧化物酶(POD)活性、可溶性糖、可溶性蛋白等生理指标可衡量不同甘薯品种间茎叶的耐冷性差异, 用于筛选适合在北方冷凉地区推广的品种^[53]。研究表明, 干旱胁迫直接影响甘薯的茎叶表观, 具体表现为叶面积系数、相对含水量、叶绿素质量分数下降^[54]。与鲜食品种相比, 叶菜用甘薯对田间地块水分供给能力要求更高。

甘薯地上部害虫主要有白粉虱、烟粉虱、甘薯麦蛾、甘薯斜纹叶蛾、甘薯跳盲蝽等^[55], 害虫不仅直接危害甘薯茎叶, 使其表现为残叶、卷叶, 且易造成病毒传播, 对茎叶的食用、观赏价值造成毁灭性的打击。虫害防治根据不同种类采取有针对性的物理及化学防止措施, 例如防治粉虱的手段主要有纱网阻隔、黄板诱杀以及药剂防治等^[56], 而灯光诱杀对麦蛾有较好的防治效果^[57]。

除了虫害, 甘薯茎叶易受病毒侵害, 甘薯羽状斑驳病毒(SPFMV)、甘薯褪绿矮化病毒(SPCSV)和甘薯卷叶病毒(SPLCV)是甘薯最常见的病毒病害, SPFMV 和 SPCSV 可以共侵染造成甘薯病毒病害(SPVD), 以上病毒容易造成甘薯叶片失绿、黄化卷曲、茎蔓缩短等病症, 甚至造成严重的产量与经济损失^[58-59]。病毒检测是病害田间鉴定以及脱毒苗繁殖推广的重要一环, 李文宗等^[60]通过优化后的多重 PCR 体系可一次性检测 SPFMV、SPCSV 和 SPLCV。实时定量 RT-PCR 技术比常规 PCR 技术灵敏度更高^[61], 在此基础上发展出的多重 RT-PCR 技术, 兼具高效率和高灵敏度^[62]。甘薯茎尖脱毒培养是解决病毒侵染的有效途径, 周志林等^[63]对 19 个甘薯品种进行茎尖分生组织培养, 芽分化率在 48.9%~88.0%之间, 且再生株系的脱毒率均大于 80%。袁蕊等^[64]对徐薯 22 和阜徐薯 20 进行 SPVD 脱毒试验, 发现 1 次脱毒能完全去除 SPCSV, 两个品种 SPFMV 脱除率分别为 90.0%和 53.3%, 继续进行 2 次脱毒方可完全清除 SPFMV。甘薯茎尖脱毒虽然能有效脱除病毒, 但对部分病毒特别是复合病毒脱除效果不佳且在不同品种上具有差异性。甘薯茎尖脱毒具有时效性, 形成规模化的产业也较为困难^[65], 因此开发出更高效且易推广的脱毒技术不仅对薯块而且对甘薯茎叶生产都意义重大。

2 甘薯茎叶的利用进展

甘薯茎叶具有高产稳产的特点, 然而甘薯茎叶仅有少部分被利用。甘薯茎叶分为叶片与茎蔓, 甘薯叶片与茎蔓营养成分有较大差异, 甘薯叶的多酚和黄酮类物质质量分数是茎蔓的 3~4 倍^[66], 甘薯叶及幼嫩的茎尖多作为菜用, 茎蔓则主要用于饲料及其他加工用途。不同品种的甘薯茎叶具有较大的形态学差异, 如叶形、叶质量、节间长等。有学者根据茎尖性状的差异, 将叶菜用甘薯分为叶型、柄型、茎型、分枝型、交叉型^[67]。此外, 甘薯茎叶富含多种色素, 呈现出浅绿、绿、深绿、紫等多种颜色, 具有很高的观赏价值^[42]。甘薯茎叶替代部分粮食投入饲料中, 能够有效降低饲养成本, 有利于扩大养殖生产规模, 保障国家粮食安全。

2.1 菜用、观赏甘薯的品种选育

甘薯叶富含蛋白、矿物质以及生物活性物质,具有显著的食疗保健功能^[68].在夏季,市场上绿叶菜较为空缺,而菜用甘薯能对“伏缺菜”起到很好的补充.菜用甘薯和观赏甘薯选育主要通过常规有性杂交和系统选育,也有辐射诱变^[69]等辅助手段.张雪林等^[70]提出杂交选育时应选择短蔓、株型紧凑、分枝数多、叶片小而厚、无苦涩味、抗病性好的亲本.本项目组提出适用于菜用甘薯的种质资源应具有 4 个方面的优点:营养保健、优质、高产、抗病虫害^[71].基于此标准,苏一钧等^[72]从 1 000 余份种质资源中筛选出 96 份适用于菜用和观赏的甘薯材料.境外较早开展菜用甘薯的选育,日本育成了关东 109、翠王,中国台湾育成了台农 2 号、台农 71、桃园 2 号等优异品种,中国内陆在引进优异品种的基础上进行了品种改良,育成了一批优质的菜用甘薯品种.目前,我国共有 10 余家菜用甘薯育种单位,截至 2022 年底获得品种登记的有 25 个品种.当前菜用甘薯主推优良品种有福薯 18、薯绿 1 号、鄂薯 10 号等.除了利用常规育种手段选育观赏甘薯外,近年来研究人员开始尝试使用基因编辑技术创制叶色、叶形各异的观赏甘薯材料^[73-74].

2.2 甘薯茎叶品种推广应用

良好的栽培模式是甘薯茎叶获得高产的前提,但高效栽培不存在所谓的“万能模式”.我国南北环境气候差异较大,南方地区环境便于种植菜用、观赏甘薯,而北方地区应该因地制宜,可使用温室进行设施栽培.经过本项目组调查研究^[71],福建、浙江、广东等地区在 3~8 月均可种植,黄淮地区种植时间为 5~6 月,建议在扦插后 20~45 d 适时进行采收;施肥方面应重施底肥,且以有机肥为主,采摘后追施速效肥作为肥力补充.

菜用甘薯目前收获方式主要为人工采收,比较费时费力,理想办法为集约化种植,在此基础上加大机械化的研发投入.沈公威等^[75]设计的甘薯茎尖收获机,能够一次性完成拨禾、切割、输送、收集的完整采收过程,将收获效率由人工 0.001 hm²/h 提高到 0.1 hm²/h,且获得商品性较好的菜用甘薯苗.甘薯叶易受机械损伤致黄化腐烂,采后预冷以及低温贮藏^[76]能较好地保持甘薯茎叶的营养,结合保鲜膜覆膜技术,能有效延长甘薯叶菜的新鲜感^[77].

甘薯茎叶具有丰富的表型变异,尤其是叶色和叶形类型多样.黄金叶、徐紫花叶等观赏甘薯品种常搭配应用于城市绿化与展览会,具有很好的观赏价值^[78].与其他观赏植物相比,甘薯较耐干旱瘠薄、生长迅速,大量推广能够有效降低市政绿化成本.任韵等^[79-80],周雅倩等^[81]将水培技术应用于观赏甘薯,能够达到茎叶与须根“上下同赏”的效果,还可以在水培箱中投放观赏鱼,丰富观赏甘薯室内装饰的艺术内涵.虽然观赏甘薯发展较为迅猛,但仍有几点制约因素不容忽视:1) 多数品种不耐寒,无法在冷凉地区大量推广;2) 宣传力度不够,相比传统绿植,市场认可度较低;3) 由于人们对甘薯有“廉价”印象,无法走精美单品路线,发展模式受到制约,打击了产业的生产积极性.

2.3 甘薯茎叶的加工利用进展

作为叶菜型蔬菜,甘薯茎叶主要食用方式为凉拌、炒制,但单一的食用方式无法满足市场多样化的需求,因此经过深加工处理,能够提炼或保留甘薯茎叶的营养成分,并且开发出丰富多样的商品,实现营养价值与商业价值双增长.常见的甘薯茎叶深加工方式有 5 种:速冻、干制、饮料、馒头、罐头^[82-83],速冻以及制成罐头能够较好地保留茎叶的营养成分.利用甘薯茎叶浸提液制成饮料或者将甘薯幼嫩茎叶炒制成茶叶,成品具备特有芳香,且有一定的保健功效^[14].西蒙一号是具有药理作用的甘薯品种,将其茎叶漂烫、超微粉碎加工成的青汁粉营养全面,且具有降血糖的功效^[84].相比普通馒头,甘薯茎叶馒头营养更丰富,色泽更有吸引力.综合来看,甘薯茎叶可作为食物的主要成分,也可搭配其他食物发挥商品性增强、营养补充的作用.

2.4 甘薯茎叶饲料利用挖掘

甘薯茎叶产量高,且含有丰富的蛋白质和膳食纤维等营养成分,被用作饲料历史悠久.饲料用甘薯茎叶使用方法一般为直接鲜食或加工后喂食.通过青贮发酵可以有效延长甘薯茎叶保存时间,减小资源浪

费。新鲜甘薯茎叶含水量高, 单独作为青贮饲料效果不理想, 为了最大化发挥其饲料价值, 研究发现将甘薯茎蔓、酒糟、稻草按照一定比例(2:2:1)混合产生的青贮饲料品质较好^[85-86]。

甘薯茎叶与饲料复合使用能够节约粮食, 甘薯茎蔓制成的干粉约含有 11% 的粗蛋白, 5%~10% 的甘薯茎蔓干粉可替代 8%~14% 的精粮、精饲料^[87]。复合使用比单一喂食饲料有更均衡的营养效能, 有研究表明, 在饲料中添加甘薯茎叶能够刺激猪的生长^[88]。此外, 用部分新鲜甘薯茎叶掺入饲料(2%~6%), 能够促进母猪卵巢发育, 具体表现为增加卵巢相对质量和卵泡数量^[89]。甘薯茎叶具有很高的饲用潜能, 但不同甘薯品种营养组分含量有较大差异, 且对不同动物中发挥的效能、氨基酸消化率等指标研究较少, 缺乏完善的饲用甘薯筛选评价体系。

3 问题与展望

与块根相比, 甘薯茎叶研究和专业化品种选育起步较晚, 研究内容集中于常规营养成分与保健价值分析, 而其背后的育种技术和分子调控网络及遗传基础薄弱。近年来, 高通量测序技术发展迅猛, 利用基因组、转录组、代谢组及多组学的手段将有助于更加全面地解析甘薯茎叶营养与保健分子调控机理及地上部其他经济和农艺性状的研究。甘薯茎叶综合营养与保健价值高于常见蔬菜, 但菜用甘薯产业发展较晚, 人们对其认识不够深入, 菜用甘薯在北方地区推广力度远低于其他蔬菜。菜用甘薯应着眼于夏季“菜荒”, 利用各种媒介手段加大推广以及宣传力度, 加深大众对菜用甘薯营养保健价值的认知, 提升其市场认可度, 促使人们形成消费甘薯叶菜的习惯。机械化采收和采后储藏技术研发是甘薯茎叶大面积推广的保障。

菜用甘薯收获当前主要还是依靠人工采收, 随着人工成本的不断提高, 机械化采收是必然之路。目前, 虽有部分电动采收机研发出来, 但是仍然难以大面积推广应用, 主要面临着 3 个问题: 1) 采收的茎尖是无序的; 2) 对大叶型菜用甘薯破损率高; 3) 轴距太窄, 不能随着畦子宽窄机动调整。因此, 针对以上问题, 需要重点攻克以下两个问题: 1) 菜用甘薯采收机要提升采后茎尖的有序性和轴距的可调节性; 2) 要培育直立性好、叶片小、节间长的适合机收的专用品种。

观赏甘薯是甘薯地上部茎叶综合利用的新秀, 观赏兼菜用甘薯是阳台农业的新品。然而这种类型市场推广度还远远不够, 对此, 研发人员应着眼于新、奇、特, 开发出更加特色的菜观兼用甘薯新品种, 为市场提供更多的选择。未来科学研究与市场推广应积极联动, 促进甘薯地上部产业进一步做大做强。

参考文献:

- [1] 王家才, 孟自力, 张曦, 等. 甘薯新品种商薯 6 号套种模式及其效益分析 [J]. 山东农业科学, 2011, 43(5): 40-41.
- [2] 赵凌霄, 邓逸桐, 衡曦彤, 等. 106 份特色甘薯品种资源品质性状评价与分析 [J]. 江苏农业学报, 2021, 37(4): 839-847.
- [3] 赵凌霄, 邓逸桐, 衡曦彤, 等. 68 份紫肉甘薯品种资源花青苷组分分析与评价 [J]. 植物遗传资源学报, 2021, 22(4): 1031-1041.
- [4] 李强, 赵海, 靳艳玲, 等. 中国甘薯产业助力国家粮食安全的分析与展望 [J]. 江苏农业学报, 2022, 38(6): 1484-1491.
- [5] LI G L, LIN Z M, ZHANG H, et al. Anthocyanin Accumulation in the Leaves of the Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Cultivars [J]. Molecules, 2019, 24(20): 3743.
- [6] 段文学, 王庆美, 张海燕, 等. 正常型和徒长型甘薯光合产物转运能力的比较研究 [J]. 核农学报, 2017, 31(3): 580-587.
- [7] 董玲霞, 苏一钧, 戴习彬, 等. 基于 SSR 分子标记的甘薯地上部专用品种遗传多样性分析 [J]. 江苏农业学报, 2018, 34(4): 741-746.
- [8] CHEN M J, FAN W J, JI F Y, et al. Genome-wide Identification of Agronomically Important Genes in Outcrossing

- Crops Using OutcrossSeq [J]. *Molecular Plant*, 2021, 14(4): 556-570.
- [9] XIAO S Z, DAI X B, ZHAO L X, et al. Resequencing of Sweetpotato Germplasm Resources Reveals Key Loci Associated with Multiple Agronomic Traits [J]. *Horticulture Research*, 2023, 10(1): uhac234.
- [10] 邱俊凯, 隋伟策, 木泰华, 等. 58 个不同品种甘薯茎叶营养与功能成分的研究 [J]. *核农学报*, 2021, 35(4): 911-922.
- [11] 谢克英, 杨庆莹, 孙瑞琳, 等. 红薯叶的营养研究 [J]. *河南农业*, 2015(14): 37-38.
- [12] ISHIDA H, SUZUNO H, SUGIYAMA N, et al. Nutritive Evaluation on Chemical Components of Leaves, Stalks and Stems of Sweet Potatoes (*Ipomoea batatas* poir) [J]. *Food Chemistry*, 2000, 68(3): 359-367.
- [13] 雷碧瑶, 卢虹玉, 陈秀文, 等. 7 种菜用甘薯茎尖的感官评定和营养成分分析 [J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(24): 232-234.
- [14] 李春英, 孙义豪, 范会平, 等. 甘薯蔓的营养评价及开发利用进展 [J]. *食品工业*, 2021, 42(6): 390-393.
- [15] 沈梦兰, 庞林江, 陆国权, 等. 甘薯叶菜的营养保健及贮藏保鲜技术研究进展 [J]. *食品工业*, 2019, 40(5): 270-274.
- [16] MAKORI S I, MU T H, SUN H N. Total Polyphenol Content, Antioxidant Activity, and Individual Phenolic Composition of Different Edible Parts of 4 Sweet Potato Cultivars [J]. *Natural Product Communications*, 2020, 15(7): 1934578X2093693.
- [17] 毕洪娟, 靳晓杰, 雷剑, 等. 甘薯茎叶生物活性成分及其保健功效研究进展 [J]. *江苏农业学报*, 2022, 38(6): 1702-1708.
- [18] 罗艺晨, 黄利明, 杨颖, 等. 绿原酸抑制金黄色葡萄球菌机理研究 [J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2016, 38(3): 15-19.
- [19] YUN J, LEE D G. Role of Potassium Channels in Chlorogenic Acid-induced Apoptotic Volume Decrease and Cell Cycle Arrest in *Candida albicans* [J]. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 2017, 1861(3): 585-592.
- [20] 霍锦双, 隋伟策, 孙红男, 等. 甘薯茎叶多酚类物质的组分构成及抑菌活性 [J]. *新疆农业科学*, 2021, 58(3): 556-564.
- [21] 徐英辉, 申茹, 刘彦彦. 绿原酸对佐剂性关节炎模型大鼠抗炎作用及机制研究 [J]. *药学研究*, 2014, 33(9): 505-507.
- [22] 高瑞峰. 绿原酸抗乳腺炎作用及机制研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2014.
- [23] 张彦秋, 王春生, 张永涛, 等. 绿原酸对高强度运动引起的膝关节软骨损伤的保护作用 [J]. *西安交通大学学报(医学版)*, 2016, 37(1): 139-143.
- [24] 周英, 李敏, 孙黔云. 绿原酸、咖啡酸和阿魏酸对补体旁路激活致内皮细胞炎症相关分子表达的干预 [J]. *中国药理学通报*, 2016, 32(12): 1723-1728.
- [25] 王业秋, 张丽宏, 陈巧云, 等. 绿原酸对转化生长因子- $\beta 1$ 诱导人肝星形细胞分泌炎性细胞因子的影响 [J]. *中国药理学杂志*, 2017, 52(6): 452-456.
- [26] 盛卸晃, 刘文谦, 薛霞, 等. 绿原酸体外抗单纯疱疹病毒作用 [J]. *中国天然药物*, 2008, 6(3): 232-234.
- [27] KARAR M G E, MATEI M F, JAISWAL R, et al. Neuraminidase Inhibition of Dietary Chlorogenic Acids and Derivatives-potential Antivirals from Dietary Sources [J]. *Food & Function*, 2016, 7(4): 2052-2059.
- [28] SINISI V, STEVAERT A, BERTI F, et al. Chlorogenic Compounds from Coffee Beans Exert Activity Against Respiratory Viruses [J]. *Planta Medica*, 2016, 83(7): 615-623.
- [29] 万凡, 侯扶江, 伊宝, 等. 绿原酸的生理功能及其在畜禽生产中的应用 [J]. *动物营养学报*, 2021, 33(5): 2416-2427.
- [30] 刘礼青, 王德华, 王彬, 等. 绿原酸对深静脉血栓形成大鼠 T 细胞亚群失衡的影响 [J]. *中国中西医结合外科杂志*, 2014, 20(6): 607-611.
- [31] 孙涛, 李霞, 王彬. 中药单体绿原酸对深静脉血栓形成大鼠 Th17/Treg 亚群失衡的影响 [J]. *山东医药*, 2015, 55(8): 4-6.
- [32] PENG B J, ZHU Q, ZHONG Y L, et al. Chlorogenic Acid Maintains Glucose Homeostasis through Modulating the Expression of SGLT-1, GLUT-2, and PLG in Different Intestinal Segments of Sprague-dawley Rats Fed a High-fat Diet [J]. *Biomedical and Environmental Sciences*, 2015, 28(12): 894-903.
- [33] 赵道, 林曼婷, 王玉杰, 等. 基于均匀设计法优化绿原酸-栀子苷组合治疗实验性脂肪肝大鼠的剂量配比 [J]. *中华中医*

药杂志, 2017, 32(3): 1351-1354.

- [34] JIN X H, OHGAMI K, SHIRATORI K, et al. Effects of Blue Honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) Extract on Lipopolysaccharide-induced Inflammation in Vitro and in Vivo [J]. *Experimental Eye Research*, 2006, 82(5): 860-867.
- [35] 马力, 唐凤敏, 曾天舒, 等. 菊花多糖和绿原酸免疫调节作用的研究 [J]. *医药导报*, 2008, 27(10): 1168-1170.
- [36] 戴艺, 徐明生, 上官新晨, 等. 绿原酸对小鼠腹腔巨噬细胞免疫调节作用的研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 2015, 27(12): 2128-2133.
- [37] 周博文. 蒲公英绿原酸的提取及其提取物对犍牛生长性能和血液免疫指标的影响 [D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2016.
- [38] 刘雪辉, 李觅路, 谭斌, 等. 紫甘薯茎叶中绿原酸及异绿原酸对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用 [J]. *现代食品科技*, 2014, 30(3): 103-107.
- [39] 庞美蓉, 刘零怡, 高汪磊, 等. 绿原酸调节糖脂代谢的作用机制研究进展 [J]. *中草药*, 2015, 46(2): 305-312.
- [40] 杨汝凭. 红薯茎叶中活性成分提取及抗氧化活性研究 [D]. 长春: 长春师范大学, 2021.
- [41] 来水利, 王雪娟, 李卫卫, 等. 红薯茎叶中总黄酮的微波法提取及抗氧化性研究 [J]. *农产品加工*, 2017(7): 5-7, 10.
- [42] 石婕, 符雪影, 吴强, 等. 甘薯叶片的抗氧化活性和相关成分比较 [J]. *热带生物学报*, 2021, 12(4): 466-472.
- [43] 顾东东. 甘薯茎尖色泽、脂溶性提取物抗氧化能力及其与 β -胡萝卜素含量的关系 [D]. 重庆: 西南大学, 2016.
- [44] MASAKAZU I, NAO I, HARUKA M, et al. Purple Sweet Potato Leaf Extracts Suppress Adipogenic Differentiation of Human Bone Marrow-derived Mesenchymal Stem Cells [J]. *Journal of Food Biochemistry*, 2022, 46(2): e14057.
- [45] LEE C L, LEE S L, CHEN C J, et al. Characterization of Secondary Metabolites from Purple *Ipomoea batatas* Leaves and Their Effects on Glucose Uptake [J]. *Molecules*, 2016, 21(6): 745.
- [46] LUO D, MU T H, SUN H N. Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Leaf Polyphenols Ameliorate Hyperglycemia in Type 2 Diabetes Mellitus Mice [J]. *Food & Function*, 2021, 12(9): 4117-4131.
- [47] TANG C C, AMEEN A, FANG B P, et al. Nutritional Composition and Health Benefits of Leaf-vegetable Sweet Potato in South China [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2021, 96: 103714.
- [48] NAKACHI S, TOKESHI A, TAKAMATSU R, et al. Abstract 840: The Modifying Effects of the Extract from Okinawan Sweet Potato Leaves in Mouse Colon Carcinogenesis [J]. *Cancer Research*, 2016, 76: 840.
- [49] KARNA P, GUNDALA S R, GUPTA M V, et al. Polyphenol-rich Sweet Potato Greens Extract Inhibits Proliferation and Induces Apoptosis in Prostate Cancer Cells in Vitro and in Vivo [J]. *Carcinogenesis*, 2011, 32(12): 1872-1880.
- [50] 高莹, 张坤生, 任云霞. 甘薯叶提取物提取工艺及其抑菌作用的研究 [J]. *食品研究与开发*, 2007, 28(1): 74-78.
- [51] 李盼盼, 杨胜祥, 庞林江, 等. 甘薯叶提取物对酪氨酸酶的抑制作用 [J]. *食品研究与开发*, 2022, 43(22): 8-14.
- [52] 徐晓明, 杨鑫, 毕永贤, 等. 艾叶提取物体外美白活性及其机理 [J]. *香料香精化妆品*, 2022(2): 9-13.
- [53] 耿亚林, 李瑶, 潘攀, 等. 叶菜型甘薯资源耐寒性评价体系研究 [J]. *西南农业学报*, 2023, 36(3): 532-540.
- [54] 钟月仙, 黄伟群, 林赵森, 等. 甘薯对于旱胁迫的生理响应及分子机理研究进展 [J]. *安徽农业科学*, 2023, 51(1): 1-4.
- [55] 黄建华, 李信申, 兰孟焦, 等. 甘薯地上害虫发生动态及品种抗虫性差异 [J]. *中国植保导刊*, 2021, 41(2): 59-62, 66.
- [56] 田喜庆, 李宁, 刘晓才, 等. 蔬菜害虫烟粉虱的发生及综合治理技术 [J]. *陕西农业科学*, 2015, 61(1): 123-126.
- [57] 胡小三, 王穿才. 菜用甘薯高产栽培及主要食叶害虫防治技术 [J]. *中国农村小康科技*, 2010(5): 59, 62.
- [58] HAHN S K. Effects of Viruses (SPVD) on Growth and Yield of Sweet Potato [J]. *Experimental Agriculture*, 1979, 15(3): 253-256.
- [59] 张成玲, 孙厚俊, 杨冬静, 等. 甘薯卷叶病毒对甘薯生长特性及产量的影响 [J]. *北方农业学报*, 2020, 48(4): 94-99.
- [60] 李文宗, 梁鑫, 杨露露, 等. 3 种甘薯病毒多重 PCR 检测方法的建立与应用 [J]. *安徽农业科学*, 2022, 50(22): 89-93, 126.
- [61] 卢会翔, 吕长文, 吴正丹, 等. 甘薯羽状斑驳病毒 (SPFMV) 和甘薯褪绿矮化病毒 (SPCSV) 荧光定量 RT-PCR 检测方法的建立 [J]. *中国农业科学*, 2016, 49(1): 90-102.
- [62] 张盼, 兰新芝, 乔奇, 等. 甘薯病毒病害 (SPVD) 的多重 RT-PCR 检测方法及其应用 [J]. *植物保护*, 2013, 39(2):

86-90, 100.

- [63] 周志林, 唐君, 曹清河, 等. 若干甘薯优良品种脱毒培养研究初报 [J]. 江西农业学报, 2011, 23(10): 34-35, 38.
- [64] 袁蕊, 唐伟, 孙书军, 等. 脱除 SPVD 甘薯组培苗快繁及移栽研究 [J]. 北方农业学报, 2021, 49(5): 112-117.
- [65] 彭琼, 鄢铮, 谢东, 等. 甘薯茎尖脱毒技术研究进展 [J]. 福建农业科技, 2020(8): 53-57.
- [66] LI M S, JANG G Y, LEE S H, et al. Chemical Compositions and Antioxidant Activities of Leaves and Stalks from Different Sweet Potato Cultivars [J]. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 2012, 41(12): 1656-1662.
- [67] 李静, 傅玉凡, 黄雨, 等. 10 个叶菜型甘薯品种茎尖性状的分析与评价 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2022, 44(4): 45-53.
- [68] 张笃玲. 甘薯茎尖的菜用价值及应用 [J]. 北京农业, 1998(6): 19.
- [69] 张聪, 冯俊彦, 李明, 等. ^{60}Co 辐射诱变选育菜用甘薯耐旱材料 [J]. 分子植物育种, 2021, 19(20): 6827-6833.
- [70] 张雪林, 朱春生, 肖才升, 等. 一种菜用甘薯的选育方法: CN113142045A [P], 2021-07-23.
- [71] 曹清河, 刘义峰, 李强, 等. 菜用甘薯国内外研究现状及展望 [J]. 中国蔬菜, 2007(10): 41-43.
- [72] 苏一钧, 董玲霞, 王娇, 等. 菜用和观赏甘薯种质资源遗传多样性分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2018, 19(1): 57-64.
- [73] 高兵倩, 王珧, 刘洋, 等. 甘薯 *IbCHL11* 基因的克隆及生物信息学分析 [J]. 分子植物育种, 2021: 1-25.
- [74] 王珧, 高兵倩, 王远, 等. 甘薯叶绿素酸酯 a 加氧酶 *IbCAO* 基因克隆及表达分析 [J]. 分子植物育种, 2023: 1-13.
- [75] 沈公威, 王公仆, 胡良龙, 等. 甘薯茎尖收获机研制 [J]. 农业工程学报, 2019, 35(19): 46-55.
- [76] 任丽花, 余华, 刘文静, 等. 不同贮藏温度对菜用甘薯营养品质的影响 [J]. 福建农业科技, 2011(6): 97-100.
- [77] 司金金, 辛丹丹, 王晓芬, 等. 温度和保鲜膜对红薯叶贮藏品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2017, 38(17): 268-274.
- [78] 徐芳, 戴习彬, 牛群, 等. 观赏甘薯的园林应用研究——以徐州市为例 [J]. 园林, 2021, 38(12): 106-111.
- [79] 任韵. 观赏甘薯的培育和应用研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [80] 任韵, 陆国权. 国外观赏甘薯的培育和应用 [J]. 北方园艺, 2005(3): 14-15.
- [81] 周雅倩, 陆国权. 水培观赏甘薯的栽培管理及其在家庭绿化中的应用 [J]. 北方园艺, 2012(22): 83-86.
- [82] 吕建新. 甘薯茎叶深加工技术 [J]. 农产品加工, 2012(5): 24.
- [83] 赵祉强, 何群, 臧传江, 等. 甘薯茎叶深加工应用技术 [J]. 中国果菜, 2012, 32(3): 45-46.
- [84] 罗丹. 西蒙 1 号甘薯茎叶多酚降血糖作用及机制的研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2020.
- [85] 王鸿泽, 彭全辉, 康坤, 等. 不同混合比例对甘薯蔓、酒糟及稻草混合青贮品质的影响 [J]. 动物营养学报, 2014, 26(12): 3868-3876.
- [86] 游小燕, 肖融, 黄健, 等. 青贮甘薯藤发酵进程及品质研究 [J]. 饲料工业, 2011, 32(11): 56-58.
- [87] 蒋钟琪, 袁亚, 许少春, 等. 甘薯干茎叶粉酶解饲料的研究 [J]. 浙江农业科学, 1992, 33(5): 249-252.
- [88] NGUYEN L Q, EVERTS H, HUE H T, et al. Feeding of Spinach or Sweetpotato Leaves and Growth Performance of Growing Pigs Kept on Smallholder Farms in Central Vietnam [J]. Tropical Animal Health and Production, 2004, 36(8): 815-822.
- [89] ZHANG P, CAO M, LI J A, et al. Effect of Sweet Potato Vine on the Onset of Puberty and Follicle Development in Chinese Meishan Gilts [J]. Animals, 2019, 9(6): 297.

责任编辑 周仁惠