

谢一芝, 郭小丁, 贾赵东, 等. 中国食用甘薯育种现状及展望[J]. 江苏农业学报, 2018, 34(6): 1419-1424.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2018.06.030

中国食用甘薯育种现状及展望

谢一芝, 郭小丁, 贾赵东, 马佩勇, 边小峰, 禹 阳
(江苏省农业科学院粮食作物研究所, 农业部种养结合重点实验室, 江苏 南京 210014)

摘要: 在 21 世纪前中国食用甘薯品种主要以黄心为主, 进入 21 世纪后保健功能强的红心和紫心甘薯成为中国甘薯育种的主要目标, 各育种单位育成了一系列优良的红心或紫心食用甘薯品种。本文通过对中国食用甘薯品种选育历程的回顾, 阐述了传统食用甘薯品种和特色食用甘薯品种的育种成就, 分析了中国不同阶段对食用甘薯品种的品质要求, 提出了不同用途食用甘薯品种选育的育种思路, 并对中国食用甘薯品种选育的发展趋势进行了展望。

关键词: 食用甘薯; 胡萝卜素; 花青素; 育种

中图分类号: S531.032 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2018)06-1419-06

Progresses and prospects on edible sweetpotato breeding in China

XIE Yi-zhi, GUO Xiao-ding, JIA Zhao-dong, MA Pei-yong, BIAN Xiao-feng, YU Yang
(*Institute of Food Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Crop and Livestock Integrated Farming, Nanjing 210014, China*)

Abstract: The main type of edible sweetpotato was yellow-fleshed sweetpotato before twenty-first century in China. The red-fleshed sweetpotato riched in carotene and the purple-fleshed sweetpotato riched in anthocyanins were endowed with multiple physiological functions. The red-fleshed and the purple-fleshed sweetpotato varieties have become one of the main objectives of sweetpotato breeding in the twenty-first century and a series of excellent edible sweetpotato varieties have been developed in China. In this paper, the history of edible sweetpotato breeding was reviewed. The breeding achievements of traditional edible sweetpotato varieties and characteristic edible sweetpotato varieties were expounded. The quality requirements for edible sweetpotato varieties in different stages were analyzed. The breeding ideas and methods of edible sweetpotato varieties for different uses were put forward. The prospects of edible sweetpotato breeding are discussed.

Key words: edible sweetpotato; carotene; anthocyanins; breeding

甘薯不仅是重要的粮食作物, 而且还是重要的经济作物和饲料作物。中国是世界甘薯的最大生产国, 每年种植面积近 $4.6 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 占世界甘薯种植面积的 50% 以上, 鲜薯总产量 $1.0 \times 10^8 \text{ t}$, 占世界甘薯总产量的 80% 左右^[1]。近年来, 中国的甘薯研究

取得了较大进展, 特别是在甘薯育种方面处于世界先进行列。回顾中国的甘薯生产发展历程可分为以下几个阶段。第 1 阶段是上世纪 50-60 年代, 新中国刚成立, 粮食紧缺, 甘薯是当时的主粮。第 2 阶段是上世纪 70 年代初至 1978 年底, 粮食产量逐年增长, 粮食紧张局面得到缓解, 甘薯除了作为粮食外, 还是加工淀粉和酒精等产品的原料。第 3 阶段是 1978 年底至 2000 年, 1978 年底农业生产得到了很大发展, 粮食短缺情况得到改变, 粮食结构也发生了变化, 甘薯由主粮退居为辅助食品, 这一时期甘薯淀粉加工业和食品加工业得到了迅速发展, 甘薯的用

收稿日期: 2018-01-18

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项基金项目(CARS-10-C3)

作者简介: 谢一芝(1962-), 男, 江苏宜兴人, 学士, 研究员, 主要从事甘薯遗传育种研究。(Tel) 025-84390309; (E-mail) xyz@jaas.ac.cn

途也向多用途方向转变。进入 21 世纪后甘薯用途更加广泛,专用型品种的内涵也得到了进一步补充,高胡萝卜素、高花青素甘薯品种及蔬菜用甘薯品种选育纳入到专用型品种中,更为丰富的专用型甘薯品种选育成为甘薯育种的主要目标。近年来,随着人们生活水平的提高和膳食结构的改变,以及对甘薯营养保健功能认识的进一步提高,甘薯的人均消费量逐年增加,甘薯的食用比例也逐年提高,据国家甘薯产业技术体系调查,近年中国食用甘薯面积约占甘薯总面积的 30%^[1]。为了使中国食用甘薯品种选育更上一个台阶,本文对中国食用甘薯品种选育作一回顾,重点分析本世纪以来的食用甘薯品种选育进展,提出不同用途食用甘薯品种选育的育种思路,并对今后中国食用甘薯品种选育进行展望。

1 食用甘薯品种选育

根据中国甘薯生产不同时期的要求,中国食用甘薯品种选育可分为以下几个阶段。

第 1 阶段是新中国刚成立的上世纪 50-60 年代,这一时期甘薯是主要的粮食作物,育种目标以选育高产品种为主,以解决温饱问题,对肉色没有特定的要求。当时是中国开展杂交育种初期,新品种选育方法以品种间杂交育种为主,配合芽变和人工诱变育种等,杂交育种用的亲本主要是一些农家种,相对而言育种水平较低。随着从日本引进胜利百号 and 从美国引进南瑞苕作为杂交亲本的应用,中国育成的甘薯品种产量水平有了很大提高。这一时期各地育成的一些高产甘薯品种在生产上得到大面积推广应用,如惠红早、新种花、湘农黄皮、农大红、红皮早、北京 553、华东 51-93、华北 52-45、河北 351 和一窝红等。其中由原华北农业科学研究所选育的食用型品种北京 553,自 50 年代育成以来已在生产上应用了 60 多年。虽然种性有不同程度的退化,但由于该品种特优的食用品质,依然受到大众的喜爱,至今仍有部分地区作为烘烤型品种种植,是生产上种植时间最长的食用品种。

第 2 阶段是上世纪 70 年代初至 1978 年底,这一时期甘薯除了作为粮食外,还有部分加工成淀粉、粉条和酒精等产品,甘薯育种目标是选育食用及可作为工业加工原料用的高产中干品种。这一时期各育种单位育成的食用型品种有烟薯 1 号、济薯 1 号、岩齿红、大南伏、龙岩 8-6、宁薯 1 号、宁薯 2 号和遗

字 138 等,其中宁薯 1 号、宁薯 2 号在全国得到大面积推广应用,并于 1978 年获得全国科学大会奖^[2-3]。

第 3 阶段是 1978 年底后至 2000 年,甘薯由主粮退居为辅助食品,甘薯作为淀粉加工原料的比例有所增加,高淀粉品种选育提上了重要的议事日程,为此,“六五”期间国家组建了“高淀粉、抗病、高产育种攻关协作组”,并育成了一批优良的高淀粉品种。随着甘薯用途的多样化,专用型甘薯品种选育成为甘薯主要育种目标,其中包括淀粉加工用、食用及食品加工用和饲料用等。在“七五”国家攻关课题中将甘薯育种专题分为 3 个方向:一是工业原料用甘薯品种选育,二是食用和食品加工用甘薯品种选育,三是饲料用甘薯品种选育。育成品种更强调了专用性,其中食用型甘薯品种的选育目标更为明确。“七五”期间提出的食用及食品加工用型甘薯品种选育指标为:薯块整齐美观,肉色黄至桔红,干物质率 27% 以上,胡萝卜素含量 50 mg/kg 以上,可溶性糖含量 3% 以上,纤维少,耐贮藏,鲜薯产量与当时的对照品种徐薯 18 相当,抗 1~2 种主要病害。全国各育种单位在“七五”期间先后育成了南薯 88、济薯 11 号、苏薯 1 号、福薯 87、湘薯 12、浙薯 2 号、冀薯 3 号、冀薯 4 号、豫薯 5 号、京薯 1 号、京薯 2 号、鄂薯 2399 和广薯 62 等食用型甘薯品种,其中南薯 88 作为食用型主栽品种在全国有关薯区得到广泛应用,并获得了国家科技进步一等奖^[3]。

为了提高甘薯育种效率,“七五”期间开始重视甘薯育种方法和育种基础理论研究,并将“提高甘薯育种效率和育种新技术研究”列入国家甘薯育种攻关专题,主要开展甘薯主要经济性状的遗传和杂交亲本配合力测定。在食用甘薯品种方面主要开展了有关性状的遗传相关性研究,对胡萝卜素等食用品质性状的配合力也进行了系统研究,为杂交育种的亲本选配提供了理论依据,提高了食用甘薯品种选育的育种效率。由中国农业大学牵头申报的成果“提高甘薯育种效率的实用技术体系”于 1992 年获农业部科技进步二等奖。“八五”至“九五”(1991—2000 年)期间,随着中国改革开放的深入,与国外的交往日益增多,中国先后从美国、日本、亚洲蔬菜研究发展中心(AVRDC)和国际马铃薯中心(CIP)等甘薯研究机构引进了一批优良的食用甘薯资源,并作为食用甘薯品种选育的杂交亲本利用,进一步拓宽了中国食用甘薯品种选育的遗传基础,使中国育

成的食用甘薯品种产量和品质有了进一步的提高。“八五”期间育成的食用品种主要有:苏薯4号、广薯111、苏薯6号、广薯88-70和皖薯5号等。“九五”期间育成的食用品种主要有:豫薯5号、徐薯43-14、苏薯8号、湘薯15号、冀薯6号、岩薯5号、金山1255、福薯3282、莆薯41、豫薯10号、豫薯11号、渝苏76和秦薯4号等,其中苏薯8号是这一时期育成的标志性食用品种,该品种因鲜薯产量高、薯蔓短、适应性广、易栽培而深受薯农的欢迎,并在全国得到广泛应用。目前该品种仍然是全国食用甘薯的主栽品种之一。

第4阶段是进入21世纪后,随着人们生活水平的提高和膳食结构的改变,人们对食品功能性和安全性的要求越来越高。由于甘薯的保健功能在各类作物中首屈一指,甘薯作为食用的消费量逐年增加,市场对食用型甘薯品种的外观品质和食用品质提出了新的要求。为了满足市场的需求,食用甘薯的育种目标也随之调整。全国农业技术推广中心在2005年的全国甘薯品种区域试验会议上提出食用甘薯品种的鉴定标准为:鲜薯平均产量与对照相当,结薯早,整齐集中,薯形美观,薯皮光滑,贮藏性好,粗纤维少,食味好,熟食味评分高于对照,干物率不低于对照5个百分点,抗1种以上主要病害。据统计,2002-2016年中国共育成通过国家鉴定的品种有178个,其中红(黄)心食用型甘薯品种44个,占育成品种的24.72%。目前在生产上大面积推广应用的食用甘薯品种有:龙薯9号、烟薯25、心香、广薯87、苏薯16号、普薯32和济薯26等。其中龙薯9号由福建省龙岩市农业科学研究所岩薯5号×金山57的杂交组合后代中选育而成,2004年通过福建省品种审定,干物率21%,高抗蔓割病,高抗薯瘟病I型,早熟性好,在有关地区作早熟品种栽培。烟薯25由山东省烟台市农业科学院在鲁薯8号放任授粉后代中选育而成,2012年通过国家品种鉴定,干物率25.04%,抗根腐病和黑斑病,胡萝卜素含量36.7 mg/kg,在北方地区作为烤薯品种栽培。心香由浙江省农业科学院作物与核技术利用研究所和勿忘农集团合作在金玉×浙薯2号的杂交组合后代中选育而成,2009年通过国家品种鉴定,干物率32.4%,抗蔓割病,熟食香甜,大部分地区作为优质迷你薯种植。广薯87由广东省农业科学院作物研究所在广薯69集团杂交后代中选育而成,2006年

通过国家品种鉴定,干物率29.6%,胡萝卜素含量22.1 mg/kg,抗蔓割病,大田鉴定抗薯瘟病。苏薯16号由江苏省农业科学院粮食作物研究所在Aca-dian×南薯99的杂交组合后代中选育而成,2012年通过江苏省甘薯品种鉴定,干物率27%,胡萝卜素含量39.1 mg/kg,抗黑斑病,中抗根腐病。普薯32由福建省普宁市农业科学研究所普薯24×徐薯94×47-1组合后代中选育而成,2012年通过广东省农作物品种审定,干物率29.33%,薯形光滑,薯肉深桔红色。济薯26由山东省农业科学院作物研究所在徐03-31-15放任授粉后代中选育而成,2014年通过国家品种鉴定,干物率25.76%,抗蔓割病,中抗根腐病和茎线虫病。

2 特色食用甘薯品种选育

2.1 高胡萝卜素甘薯品种选育

甘薯块根胡萝卜素含量的高低主要受加性效应基因所控制,也受部分非加性基因所修饰,有明显的累加超亲现象,具有多基因遗传的特征,甘薯杂交后代胡萝卜素含量分布广泛^[4-6]。相关研究结果表明甘薯品种的胡萝卜素含量与肉色深浅呈显著正相关,肉色越深胡萝卜素含量越高;胡萝卜素含量与块根干物率呈显著负相关,块根胡萝卜素含量越高其干物率越低^[6-7]。中国高胡萝卜素甘薯品种选育始于上世纪80年代中后期,高胡萝卜素育种目标由“七五”时期的50 mg/kg提高到“九五”时期的100 mg/kg以上,在此期间有关育种单位育成胡萝卜素含量较高的品种有苏薯4号、鲁薯8号、徐43-14、冀薯4号、岩薯5号和岩薯27等,这些品种的胡萝卜素含量大多在50 mg/kg至100 mg/kg之间^[8]。随着市场需求的提高,进入21世纪后中国将高胡萝卜素品种选育列为食用甘薯品种选育的一个重要育种方向,并提出高胡萝卜素甘薯品种的育种目标为胡萝卜素含量100 mg/kg以上。2009年以来,各育种单位先后育成了一批通过国家鉴定的高胡萝卜素甘薯品种,例如河北省农林科学院粮油作物研究所在冀薯4号集团杂交后代中选育出胡萝卜素含量151 mg/kg的品种维多利,该品种块根干物率25.8%,抗根腐病,中抗茎线虫病和黑斑病,2009年通过国家甘薯品种鉴定。浙江省农业科学院作物与核技术利用研究所在浙薯73半2×(花18×Gem)-2杂交组合后代中选育出胡萝卜素含量160.3 mg/kg的浙薯

81, 该品种块根干物率 23.88%, 抗茎线虫病和黑斑病, 中抗根腐病, 2011 年通过国家甘薯品种鉴定。该单位于 2013 年又在南瑞苕放任授粉后代中选育出胡萝卜素含量 107.7 mg/kg 的浙薯 255, 该品种块根干物率 22.15%, 中抗根腐病。江苏省农业科学院粮食作物研究所在苏薯 8 号×川薯 69 的杂交组合后代中育成了胡萝卜素含量 110.2 mg/kg 的苏薯 25, 该品种块根干物率 22.23%, 高抗茎线虫病, 抗蔓割病, 2015 年通过国家甘薯品种鉴定。江苏徐州甘薯研究中心和西南大学合作在渝 06-2-9×渝 04-3-218 的杂交组合后代中育成了胡萝卜素含量 113.7 mg/kg 的徐渝薯 34, 该品种块根干物率 24.38%, 抗茎线虫病, 中抗根腐病, 2016 年通过国家甘薯品种鉴定。

2.2 紫心甘薯品种选育

甘薯花青素是一个可遗传性状, 并具有超亲遗传特性, 通过常规杂交育种手段可选育出高花青素含量甘薯品种。中国紫心甘薯品种选育工作始于 20 世纪 90 年代, 由于市场需求的增加, 紫心甘薯的种植效益明显高于普通甘薯, 紫心甘薯品种选育成为各育种单位的主要目标之一。在紫心甘薯育种初期, 中国主要是以引进的日本紫心甘薯山川紫和凌紫等品种为亲本进行紫心甘薯品种选育和种质创新, 由于受资源的限制育成的紫心甘薯品种花青素含量较低, 食用品质较差。为了提高紫心甘薯品种的产量和品质, 有关单位加大了紫心甘薯资源的引进, 并在资源引进的基础上开展了种质创新, 利用引进和创制的中间材料为杂交亲本, 采用定向杂交和集团杂交相结合的方法先后育成了一批优良的紫心

甘薯品种, 并通过了国家及省级品种审(鉴)定^[9-10]。中国育成的紫心甘薯品种大体可分为 2 大类: 一类花青素含量较高(花青素含量 400 mg/kg 以上), 适合做色素提取或食品加工原料用; 另一类花青素含量较低(花青素含量 400 mg/kg 以下), 主要用作食用或烘烤, 这类品种要求鲜薯产量较高, 薯块商品性好, 品质较优。目前育成的紫心甘薯大部分都是花青素含量较低的食用紫心甘薯品种。

从 2004 年育成第一个通过国家鉴定的紫心甘薯品种开始至 2016 年止, 中国共育成通过国家及省级鉴定的紫心甘薯品种 63 个, 其中通过国家鉴定的紫心甘薯品种有 39 个, 通过省级审(鉴)定的品种有 24 个。从育成年份来看, 大部分品种为 2010 年后育成, 在 2010 年前育成通过审(鉴)定的品种仅有 13 个。据统计, 育成的 63 个紫心甘薯品种平均花青素含量 281.9 mg/kg, 其中食用紫心甘薯品种(花青素含量 400.0 mg/kg 以下)有 49 个, 占 77.8%, 食用紫心甘薯品种的平均花青素含量 210.4 mg/kg。主要食用紫心甘薯品种有宁紫薯 1 号、济薯 18、渝紫 263、宁紫薯 4 号、渝紫 7 号、黔紫薯 1 号、南紫薯 008、烟紫薯 1 号和浙紫薯 1 号等。高花青素紫心甘薯品种(花青素含量 400.0 mg/kg 以上)有 14 个, 占 22.2%。高花青素品种的平均花青素含量 518.4 mg/kg, 花青素含量的变幅 410.0~799.4 mg/kg, 主要品种有: 济紫薯 1 号、济紫薯 3 号、广紫薯 2 号、广紫薯 9 号、烟紫薯 4 号、龙紫薯 6 号、福宁紫 3 号、浙紫薯 2 号、绵紫薯 9 号、南紫薯 015、徐紫薯 4 号、川紫薯 1 号和渝苏紫 43 等(表 1)。

表 1 中国育成的紫心甘薯品种

Table 1 The purple-fleshed sweetpotato varieties bred in China

育成年份	品种数量		平均花青素含量 (mg/kg)	平均鲜薯产量 (kg/hm ²)	平均干物率 (%)
	花青素含量<400 mg/kg	花青素含量≥400 mg/kg			
2004-2010	11	2	266.5	27 252.0	29.41
2011-2013	11	3	268.2	24 393.0	29.75
2014-2015	13	5	300.7	26 562.0	29.98
2016	14	4	281.1	28 021.5	28.44

63 个紫心甘薯品种的区试平均鲜薯产量 26 639.3 kg/hm², 变幅 17 040.0~34 951.5 kg/hm²; 薯干平均产量 7 789.8 kg/hm², 变幅 4 740.0~

10 422.0 kg/hm²; 平均干物率 29.3%, 变幅 20.8%~35.3%。食用紫心甘薯品种的鲜薯产量要高于高花青素型品种, 其中食用紫心甘薯品种的平均鲜薯产

量27 178.4 kg/hm²,薯干产量7 869.0 kg/hm²,干物率为29.1%;高花青素品种的平均鲜薯产量24 565.5 kg/hm²,平均薯干产量7 485.2 kg/hm²,干物率30.3%。

3 食用甘薯育种展望

3.1 根据用途确定育种目标

食用甘薯品种有多种类型,以肉色可分为黄心、桔红心、紫心等,以质地可分为干面粉质和软甜型等,以用途可分为烘烤型、蒸煮型、烤薯型和食品加工型等。因甘薯用途及消费人群的不同对食用甘薯品质要求也有一定的差异,例如对于用作烘烤食用的甘薯品种一般要求块根干物率24%~28%,而对于用作蒸煮食用的甘薯品种要求块根干物率28%~32%。紫心甘薯因用途不同而对其花青素含量的要求也不一致,食用型紫心甘薯要求色素含量适中,适口性好,薯形光滑,商品性好,熟食品质优,而对于用作食品加工和色素提取原料用紫心甘薯则要求花青素含量高。因此食用甘薯的育种目标应根据不同用途而确定,从而选育出满足不同需求的品种。

3.2 加强食用甘薯种质引进和创新

育种实践表明种质资源是育种成败的关键。上世纪80年代先后从美国引进的高胡萝卜素食用品种Centennial和Gem对中国食用品种及高胡萝卜素品种选育起到了很重要的作用。由于胡萝卜素含量与干物率呈负相关关系,目前中国育成的高胡萝卜素品种块根干物率较低,适口性差,食用品质还不能完全满足人们的要求。因此在积极引进国外优异种质的同时,还应注重高胡萝卜素优异种质创新和核心亲本的培育,特别是食用品质的改良,以便在提高胡萝卜素含量的同时使其食用品质得到改进,例如风味、粗纤维含量等,从而选育出胡萝卜素含量高、食用品质优的高胡萝卜素含量品种。在紫心甘薯育种方面,有关单位早期育成的紫心甘薯品种在产量及食用品质方面与人们的期望还有一定差距。为了提高紫心甘薯的食用品质,使中国的紫心甘薯育种上一新台阶,须加强紫心甘薯的种质创新,拓展遗传基础。在育种策略上可采用紫心甘薯品种与优质红心或黄心甘薯品种配组杂交以改进紫心甘薯的食用品质,使育成的紫心甘薯不仅富含花青素,而且食用品质接近或超过现有的红心食用甘薯品种,以满足市场对优质食用紫心甘薯的需求。

3.3 加强抗病、耐贮食用甘薯品种选育

甘薯与其他作物相比病虫害相对较少,但近年来中国物流发展迅速,种薯种苗调运缺乏检疫程序,甘薯病虫害随着种薯种苗的调运而扩散,甘薯生产上出现南病北上、北病南移的现象。例如蔓割病和蚁象原是南方的病虫害,而近年来在北方多地发现蔓割病,长江流域出现蚁象,同样原先只在北方发生危害的茎线虫病和根腐病如今在南方也时有发生,病毒病更是全国都有发生,病虫害的蔓延对甘薯生产产生了严重制约作用。为了确保食用甘薯的绿色生产,在食用甘薯生产过程中不用药或少用药,使人们吃到安全绿色的甘薯,选育抗病品种是控制病虫害最为经济有效的方法。对于还没有找到有效抗源的病毒病,必须建立鲜食甘薯脱毒快繁技术体系,生产健康的种薯种苗供生产上应用,减轻病毒病的发生和危害。此外,为了使食用甘薯能做到周年有供应,食用甘薯品种的耐贮性就显得尤为重要,生产上时常出现因品种耐贮性差而发生烂窖,给薯农造成巨大的经济损失。甘薯品种的耐贮性是由基因型所决定,品种间耐贮性差异很大,在以后的食用甘薯品种选育过程中需加强品种的耐贮性鉴定和筛选,选育出耐贮性好的优良食用甘薯品种。

3.4 食用甘薯品种选育要适应机械化生产

随着农业生产的发展及农村劳动力的转移,从事农业生产的劳动力越来越少,而甘薯又是劳动强度较大的作物,甘薯生产的机械化程度将决定未来甘薯产业的发展,选育适合机械化生产的甘薯品种将成为甘薯产业发展的重要环节。食用甘薯与淀粉型甘薯相比薯块的商品性更为重要,为了确保食用甘薯的商品性,在食用甘薯收获过程中要尽量减少破损率,这就需要有适合机械化生产的品种。生产实践表明适合机械化生产的食用甘薯品种应为薯蔓较短,株型半直立,结薯集中整齐,薯块以短纺型或球型为佳,这样机械收获时薯块不易破伤,使薯农丰产丰收,使中国食用甘薯产业发展符合现代农业发展要求。

参考文献:

- [1] 马代夫,李强,曹清河,等.中国甘薯产业及产业技术的发展与展望[J].江苏农业学报,2012,28(5):969-973.
- [2] 江苏省农业科学院,山东省农业科学院.中国甘薯栽培学[M].上海:上海科学技术出版社,1984:171-219.
- [3] 江苏徐州甘薯研究中心.中国甘薯品种志[M].北京:农业出版

- 社,1993:1-6.
- [4] HERNANDEZ T P, CONSTANTIN R J, MILLER J C. Inheritance and method of rating flesh colour in *Ipomoea batatas*[J].*Proc Amer Soc Hort Sci*, 1966, 88: 438-450.
- [5] 张黎玉,徐品莲,谢一芝,等.甘薯主要经济性状的遗传参数估算及其在育种中的应用意义[J].*江苏农业学报*,1996,12(3): 40-50.
- [6] 张黎玉,谢一芝.甘薯块根肉色遗传以及与其它性状的相关分析[J].*江苏农业学报*,1988,4(2):30-34.
- [7] JONES A. Heritabilities of seven sweetpotato roots traits[J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1977,102: 440-442.
- [8] 谢一芝,邱瑞镰,戴起伟,等.甘薯胡萝卜素含量的变化及高胡萝卜素育种[J].*杂粮作物*,1998,18(4):43-46.
- [9] 谢一芝,郭小丁,贾赵东,等.紫心甘薯育种现状及展望[J].*植物遗传资源学报*,2012,13(5): 709-713.
- [10] 谢一芝,郭小丁,贾赵东,等.紫甘薯新品种宁紫薯4号的选育及栽培技术[J].*江苏农业科学*,2016,44(11):125-126.

(责任编辑:张震林)