

周时艺, 俞奔驰, 宋恩亮, 等. 高产高淀粉木薯新品种桂热 11 号的选育 [J]. 福建农业学报, 2022, 37 (2): 138-145.
ZHOU S Y, YU B C, SONG E L, et al. Breeding of High-yield, High-starch Cassava, Guire No. 11 [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2022, 37 (2): 138-145.

高产高淀粉木薯新品种桂热 11 号的选育

周时艺, 俞奔驰, 宋恩亮, 雷开文, 马崇熙, 卢赛清, 韦丽君*

(广西壮族自治区亚热带作物研究所, 广西 南宁 530001)

摘要:【目的】选育高产、高淀粉、广适性的鲜食加工兼用型双高木薯杂交新品种。【方法】以高产低粉的新选 048 为母本, 高产高粉、低氢氰酸的桂热 891 为父本, 采用人工开花调控技术进行诱导并杂交获得 F1 代, 经单株评选试验、各级系比试验和生产性试验, 鉴定、筛选出优良品种桂热 11 号。【结果】在生产性试验中, 桂热 11 号平均鲜薯产量 $39.68\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, 分别比对照华南 205 (SC205) 和华南 9 (SC9) 增产 28.38%、52.03%, 其鲜薯淀粉含量 32.4%, 比对照 SC205 高 3.7 个百分点, 与 SC9 相持平; 桂热 11 号干物质率 40.70%, 比 SC205 高 4.7 个百分点; 氢氰酸含量低, 平均为 $22.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。桂热 11 号鲜薯含蛋白质 $0.75\text{ g}\cdot\text{hg}^{-1}$ 、总糖 $1.50\text{ g}\cdot\text{hg}^{-1}$ 、粗纤维 1.00%、维生素 C $37.20\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ 、胡萝卜素 $123\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{hg}^{-1}$, 于 2020 年 11 月 3 日通过“热带作物品种”审定 (热品审 2020002)。【结论】桂热 11 号高产高淀粉, 氢氰酸含量低, 适应性广, 是丰产稳产性好的鲜食加工兼用型优良品种, 具有耐旱耐寒和较抗螨、不易落叶等特点, 适合在广西、海南和江西等木薯主产区推广种植。

关键词: 木薯; 桂热 11 号; 产量; 品质; 品种选育

中图分类号: S 889+.5

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2022) 02-0138-08

Breeding of High-yield, High-starch Cassava, Guire No. 11

ZHOU Shiyi, YU Benchu, SONG Enliang, LEI Kaiwen, MA Chongxi, LU Saiqing, WEI Lijun *

(Guangxi Subtropical Crops Research Institute, Nanning, Guangxi 530001, China)

Abstract: 【Objective】A high-yield, high-starch, wide-adaptability cassava cultivar was bred in Guangxi province for fresh consumption or further processing. 【Method】A newly bred F1 progeny of crossing between the high-yield, low-starch Xinxuan 048 as female parent and the high-yield, high-starch, low-hydrocyanic acid Guire 891 as male parent was generated by artificial pollination and induction. After seedling selection and a series of primary, intermediate, and advanced tests as well as regional and production trials, Guire No. 11 (GR11) was selected. 【Result】As shown in the production trial, GR11 delivered an average tuber yield of $39.68\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$, which was 28.38% and 52.03% higher than SC No. 205 and SC No. 9, respectively. The tubers had a starch content of 32.4%, which was 3.7% higher than SC No. 205 and same as SC No. 9; a dry matters content of 40.7%, which was 4.7% higher than SC No. 205; an HCN content of $22.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (based on FW); a rich content of nutrients (based on FW), such as $0.75\text{ g}\cdot\text{hg}^{-1}$ on protein, $1.5\text{ g}\cdot\text{hg}^{-1}$ on total sugar, 1.0% on crude fiber, $37.2\text{ mg}\cdot\text{hg}^{-1}$ on vitamin C, and $123\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{hg}^{-1}$ on carotene. The new cultivar received the tropical crop variety certification on November 3, 2020. 【Conclusion】The high and stable yield GR11 with wide adaptability was resistant to drought, cold, and mites, and its leaves did not fall off easily. It could be adequately cultivated in current cassava-producing areas in Guangxi, Hainan, and Jiangxi provinces for either fresh consumption, further processing, or as a raw material for manufacturing starch products.

Key words: Cassava; Guire No.11; yield ; quality; breeding selection

0 引言

【研究意义】木薯是世界三大薯类作物之一,

有“地下粮仓”“淀粉之王”的美誉, 是世界上 8 亿多人口赖以生存的粮食^[1]。其用途广泛, 在中国, 木薯直接食用占比很小, 主要用于淀粉及酒精加工^[2]。广

收稿日期: 2021-11-05 初稿; 2022-01-29 修改稿

作者简介: 周时艺 (1992-), 女, 硕士, 研究实习员, 主要从事木薯栽培与管理研究 (E-mail: 248981897@qq.com)

* 通信作者: 韦丽君 (1979-), 女, 博士, 高级农艺师, 主要从事木薯育种研究 (E-mail: weilijun2002@126.com)

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2019YFD1001100); 广西科技计划项目 (桂科 AB1850037); 广西农业科学院基本科研业务专项项目 (桂农科 2021YT149)

西是我国木薯主产区,其种植面积和产量约占全国的60%以上。近十年来由于农业结构化调整,广西木薯产业受到巨大冲击,种植面积逐年萎缩,但市场对木薯需求却十分旺盛。据统计,2017年我国进口木薯干片800万t,是我国年产量的5倍以上^[3],可见中国对木薯干片需求之大,也间接反映了我国木薯原材料远远满足不了国内工业需求。因此选育高产高粉、适应性广、低氢氰酸的综合型木薯新品种,对保障我国木薯原材料供给、促进广西木薯产业可持续发展具有重要意义。【前人研究进展】多年来,通过育种工作者的不懈努力,一批批优质的木薯新品种^[4-8]得以被应用推广,改善了我国木薯品种单一和退化的状况。当前广西主栽工业用高产品种主要有华南205、南植199、华南5号^[9]和新选048^[10],而华南8号^[5]、桂热911^[11]和桂热4号^[12]则零星分布,鲜食型品种主要有华南9号^[13]、桂热891^[14]、桂热9号、面包木薯1号和面包木薯2号^[15],间套作型品种有桂热911、华南205、南植199、华南124、华南9号、华南8号和华南12号^[16],为推动广西木薯行业的快速发展提供了有力保障。但是这些品种基本上只具备高产、高粉、低氢氰酸、抗风等1~2个特点,华南101面包木薯和桂热891的产量、华南系列木薯品种的抗寒性、华南606的抗风能力等都有待提高。【本研究切入点】截至2016年底,广西审定的木薯品种大多数是从国外引进的品系或者杂交种子,经系列试验、鉴定筛选而育成,广西本土有性杂交获得的品种屈指可数,并且绝大部分品种只具备高产或者高粉等单一特点,缺乏土生土长的广适性、高产和高淀粉等综合性状优良木薯新品种。

【拟解决的关键问题】本研究采用开花调控技术,选育出高产、高淀粉、低氢氰酸含量,适应性强的综合型木薯品种,以促进木薯产业增收增效,提高种植木薯的经济效益,保障我国木薯产业的可持续发展。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

参试品(株)系:(1)亲本:母本新选048(XX048),高产低粉,源自广西大学农学院,父本桂热891(GR891),高产高粉、株型矮小紧凑、早熟、低氢氰酸,源自广西壮族自治区亚热带作物研究所,F1代(编号为2014-68);(2)加工主栽品种华南205(SC205)和食用主栽品种华南9号(SC9)作双对照品种。

1.2 试验方法

2011年以新选048(♀)×桂热891(♂)为亲

本材料,采用开花调控技术获得杂交种子,2012年进行优良单株评选,2013年和2014年分别进行初级系比试验和中级系比试验,2015~2017年进行高级系比试验,2017~2018年进行区域性试验,2018~2019年进行生产性试验。2019年12月11日进行现场测产,品种申请审定时定名为桂热11号(GR11),于2020年11月3日通过全国“热带作物品种”审定(热品审2020002)。

1.2.1 优良单株评选 2012年开展单株评选试验,观测株型、结薯性状和薯型等。

1.2.2 系比试验 2013年进行初级系比试验,每个株系5株,每10个株系种植一组对照(SC205);2014年进行中级系比试验,每个株系种植20株,采用双行各10株模式种植,每5个株系种植一组对照(SC205);2015~2017年进行高级系比试验,小区面积为5.0m×5.0m,株行距1.0m×1.0m,3次重复,随机区组设计,以SC205和SC9作双对照。3个系比试验均于生育期间观测株型、整齐度、植物学性状和结薯性状,于12月收获时测定鲜薯产量、淀粉含量(比重法)。

鲜薯产量测定:随机抽取10株木薯测定鲜薯重后折算成单位面积鲜薯产量;

淀粉含量(比重法)的测定:随机抽样约5000g鲜薯,先称其在空气中的质量(m_1),再称其在水中的质量(m_2),然后按照下面公式计算鲜薯淀粉含量(SC), $SC=210.8 \times m_1 / (m_1 - m_2) - 213.4$ ^[17]。

1.2.3 区域性试验 2017~2018年在广西南宁、武鸣、桂平及江西南昌、海南白沙等5个试验点进行区域性试验,小区面积5.0m×5.0m,株行距1.0m×1.0m,3次重复,随机区组设计,以SC205和SC9作双对照。试验于每年4月种植,按NY/T 1681—2009、NY/T 1685—2009的标准进行管理,当年12月测定鲜薯产量和淀粉含量(比重法)。

1.2.4 生产性试验 2018~2019年在广西南宁、广西武鸣、桂平及江西南昌、海南白沙等5个试验点进行生产性试验,广西区内各点的试验面积为0.67hm²,区外各点的试验面积为0.33hm²,株行距1.0m×1.0m,以SC205和SC9作双对照。每年的3~4月种植,按NY/T 1681—2009、NY/T 1685—2009的标准进行管理,当年12月测定鲜薯产量和淀粉含量。在广西南宁点随机抽取鲜薯样品送至广西华测检测认证有限公司测定蛋白质、总糖、粗纤维、淀粉、维生素、胡萝卜素和氢氰酸含量以及干物质率,在广西桂平和江西南昌试验点随机抽取鲜薯样品,送至广西华测检测认证有限公司测定淀粉、氢氰酸含

量以及干物质率。

1.2.5 新品种 GR11 指纹图谱鉴定 利用 2 对微卫星标记引物对 GR11 等 8 份材料进行指纹图谱鉴定，在 7% 聚丙烯酰胺凝胶上以 100 W 电泳 35 min。

1.2.6 现场鉴定 2019 年专家现场（南宁点）鉴评时随机连续抽取 10 株木薯，测定株高、主茎高度、主茎直径、单株鲜薯产量等性状指标。各点收获时均测定鲜薯产量，并随机抽点采集木薯鲜样，送至广西华测检测认证有限公司进行淀粉等相关品质的测定。

1.3 数据处理和分析

运用 WPS office（11.1.0.11294）的 WPS 表格对试验数据进行整理统计，用 SPSS 21.0 对数据进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 杂交和优良单株评选

2011 年获得的杂交种子于 2012 年开展单株评选，筛选出株型紧凑、茎秆直立，无分枝，结薯集

中、块根水平分布的优良单株。

2.2 系比试验结果

2013 年 12 月下旬，在初级系比试验收获时，选取茎秆直立、株型紧凑、整齐度好、结薯集中、块根水平伸长、薯块大小均匀的优良株系 480 个（约占总株系 20%），其中 GR11 平均鲜薯产量 $3.87\text{ kg}\cdot\text{株}^{-1}$ ，比对照 SC205（ $2.50\text{ kg}\cdot\text{株}^{-1}$ ）增产 54.80%。

2014 年 12 月中旬，在中级系比试验收获时，筛选出株型和块根性状稳定，鲜薯产量和淀粉含量均显著高于 SC205 的优良株系约 100 个，其中 GR11 鲜薯总产量 106.00 kg，比对照 SC205（68.59 kg）增产 54.54%；淀粉含量为 35.8%，比对照 SC205（29.3%）提高了 6.5 个百分点。

通过连续 3 年的高级系比试验可知（表 1），GR11 与 2 个对照的鲜薯产量存在显著差异，平均鲜薯产量为 $38.64\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，分别比 SC205 和 SC9 增产 72.32%、73.47%，平均淀粉含量为 28.1%，比 SC205 高 4.0 个百分点，比 SC9 高 0.9 个百分点。

表 1 2015–2017 年 GR11 高级系比试验
Table 1 Advanced performance trial results on GR11 in 2015-2017

年份 Year	品种 Variety	鲜薯产量 Fresh root yield/ ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)				比对照增产 Increasing rate/%		淀粉含量 Starch content/%			
		I	II	III	平均 Average	SC205 (CK)	SC9 (CK)	I	II	III	平均 Average
2015	GR11	33.91	39.50	35.86	$36.42\pm 1.6\text{ a}$	86.31	71.48	26.3	25.3	27.0	$26.2\pm 0.5\text{ a}$
	SC205 (CK)	20.80	18.60	19.25	$19.55\pm 0.7\text{ b}$	—	—	20.7	20.5	19.0	$20.1\pm 0.5\text{ b}$
	SC9 (CK)	21.39	20.34	21.99	$21.24\pm 0.5\text{ b}$	—	—	27.1	28.1	27.6	$27.6\pm 0.3\text{ a}$
2016	GR11	36.40	35.42	48.12	$39.98\pm 4.1\text{ a}$	92.12	76.20	29.0	28.3	29.8	$29.0\pm 0.4\text{ a}$
	SC205 (CK)	21.53	19.79	21.10	$20.81\pm 0.5\text{ b}$	—	—	25.8	25.6	26.0	$25.8\pm 0.1\text{ c}$
	SC9 (CK)	21.80	23.05	23.23	$22.69\pm 0.4\text{ b}$	—	—	27.0	26.8	27.5	$27.1\pm 0.2\text{ b}$
2017	GR11	37.90	38.27	42.35	$39.51\pm 1.4\text{ a}$	38.52	72.74	27.4	28.9	30.9	$29.1\pm 1.0\text{ a}$
	SC205 (CK)	24.42	29.87	31.26	$28.52\pm 2.1\text{ b}$	—	—	26.5	25.9	26.5	$26.3\pm 0.2\text{ b}$
	SC9 (CK)	24.82	23.46	20.34	$22.87\pm 1.3\text{ b}$	—	—	26.7	27.2	26.4	$26.8\pm 0.2\text{ b}$

注：（1）表中不同小写字母表示处理间差异显著（ $P<0.05$ ）。（2）“—”表示此项无。

Note: (1) Different lowercase letters in the table indicate significant differences at 0.05 levels in Duncan test. (2) “-” indicates that this item is absent.

2.3 区域性试验结果

为了进一步验证其区域适应性及丰产性能的稳定性，2017–2018 年分别在广西南宁、武鸣、桂平，江西南昌和海南白沙等 5 个试验点进行区域性试验，以当家品种 SC205 和食用品种 SC9 作双对照，结果见表 2。GR11 平均鲜薯产量为 $41.22\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，显著高于对照 SC205，增产幅度 9.37%~70.95%，平均增幅 19.05%；GR11 产量极显著高于对照 SC9，增

产幅度 40.66%~85.11%，平均增幅 61.15%。GR11 在不同地区及年度间，均比对照 SC205 和 SC9 高产，由于不同地区地理条件及管理水平不同，SC205 和 SC9 在广西南宁相比其他 4 个试验点鲜薯产量偏低，而 GR11 则不受影响，由此可见，GR11 相比对照具有更广泛的适应性和更高的丰产性。GR11 平均淀粉含量为 29.2%，分别比对照 SC205 和 SC9 高 2.6、1.0 个百分点。可见无论是鲜薯产量还是淀粉含量，

表 2 2017–2018 年 GR11 区域性试验
Table 2 Regional trial results on GR11 in 2017–2018

年份 Year	试验地点 Site	鲜薯产量 Fresh root yield/ (t·hm ⁻²)			比对照增产 Increasing rate/%		淀粉含量 Starch content/%		
		GR11	SC205 (CK)	SC9 (CK)	SC205 (CK)	SC9 (CK)	GR11	SC205 (CK)	SC9 (CK)
2017	南宁 Nanning	39.36	19.68	22.87	100.00	72.10	29.1	26.2	26.8
2018	南宁 Nanning	40.47	28.52	23.36	41.90	73.24	29.4	26.3	27.7
平均 Average		39.92	24.10	23.12	70.95	72.67	29.3	26.3	27.3
2017	武鸣 Wuming	42.46	39.59	29.20	7.25	45.41	27.9	25.3	27.6
2018	武鸣 Wuming	41.51	37.23	26.38	11.50	57.35	29.2	26.5	28.6
平均 Average		41.99	38.41	27.79	9.37	51.38	28.6	25.9	28.1
2017	桂平 Guiping	41.30	34.43	23.34	19.95	76.95	30.0	27.2	29.7
2018	桂平 Guiping	41.61	37.51	21.53	10.93	93.27	28.4	26.6	28.3
平均 Average		41.46	35.97	22.44	15.44	85.11	29.2	26.9	29.0
2017	南昌 Nanchang	43.54	39.47	24.73	10.31	76.06	29.9	27.8	29.2
2018	南昌 Nanchang	42.27	38.19	27.73	10.68	52.43	30.2	28.2	28.5
平均 Average		42.91	38.83	26.23	10.50	64.25	30.1	28.0	28.9
2017	白沙 Baisha	39.29	35.39	28.33	11.02	38.69	28.5	26.2	28.0
2018	白沙 Baisha	40.38	36.22	28.31	11.49	42.64	29.1	25.9	27.8
平均 Average		39.84	35.81	28.32	11.25	40.66	28.8	26.1	27.9

GR11 均明显高于加工主栽品种 SC205 和食用主栽品种 SC9，具有鲜薯产量高、淀粉含量高、稳定性好、适宜种植区域广等特点。

2.4 生产性试验结果

为了示范推广，2018–2019 年分别在广西南宁、武鸣、海南白沙等 5 个试验点进行生产性试验及品质分析，广西区内各点的试验面积为 0.67 hm²，区外各点的试验面积为 0.33 hm²，以当家品种 SC205 和食用品种 SC9 作双对照，结果见表 3。除 2019 年南昌遭遇极端干旱天气，造成各参试品种的产量偏低，其中 GR11 低至 27.60 t·hm⁻²，以及桂平当地习惯采用间套种花生的种植模式，造成木薯产量稍偏低，GR11 鲜薯产量为 38 t·hm⁻² 左右外，其余的 GR11 鲜薯产量均在 40.76 t·hm⁻² 以上，最高的为白沙点，高达 43.34 t·hm⁻²，表现出了高产稳产。GR11 在不同年度、不同试验点，均比加工主栽品种 SC205 和食用主栽品种 SC9 高产，分别增产 9.51%~57.26% 和 27.30%~89.51%，平均增产率分别为 28.38% 和 52.03%。生产试验结果表明，GR11 适应性广、高产稳产、丰产性好，适宜在种植区大面积推广种植。

GR11 鲜薯品质抽检结果：蛋白质 0.75 g·hg⁻¹、氢氰酸 22.3 mg·kg⁻¹、总糖 1.5 g·hg⁻¹、粗纤维 1%、

淀粉 33.0 g·hg⁻¹、干物质含量 36.48%、维生素 C 37.2 mg·hg⁻¹、胡萝卜素 123 μg·hg⁻¹。

江西南昌点 GR11 鲜薯淀粉含量 30.3 g·hg⁻¹，比对照 SC205 (26.9 g·hg⁻¹) 提高了 3.4 个百分点；GR11 干物质率 39.6%，比对照 SC205 (34.6%) 提高了 5.0 个百分点；氢氰酸 20.5 mg·kg⁻¹。广西桂平点 GR11 鲜薯淀粉 34.5 g·hg⁻¹，比对照 SC205 提高了 4.0 个百分点；GR11 干物质率 41.8%，比对照 SC205 提高了 4.3 个百分点；氢氰酸 23.9 mg·kg⁻¹ (表 4)。

2.5 现场测产结果

2019 年 12 月 11 日在广西南宁市兴宁区三塘镇广西壮族自治区亚热带作物研究所木薯研究基地现场测产，植后 8 个月平均单株鲜薯产量为 4.222 kg，折合成每 667 m² 产鲜薯 2.816 t，比对照 (SC205) 增产 35.51%，比对照 (SC9) 增产 32.21%，GR11 与双对照的鲜薯产量差异均达显著水平。

2.6 GR11 的产量潜力和生产性能评价

经过历年各级试验比较，表明 GR11 具有高产、稳产的产量潜力和生产性能及广泛的适应性。GR11 与双对照 SC205 和 SC9 历年平均鲜薯产量对比情况见表 5。

2015–2019 年，GR11 每年单产均超过 36 t·hm⁻²，

表 3 2018–2019 年 GR11 生产性试验
Table 3 Production trail results on GR11 in 2018–2019

年份 Year	试验点 Site	鲜薯产量 Fresh root yield/ (t·hm ⁻²)			比对照增产 Increasing rate/%	
		GR11	SC205 (CK)	SC9 (CK)	SC205 (CK)	SC9 (CK)
2018	南宁 Nanning	40.76	28.28	22.02	44.13	85.10
2019	南宁 Nanning	42.24	31.17	31.95	35.51	32.21
平均 Average		41.50	29.73	26.99	39.82	58.66
2018	武鸣 Wuming	42.36	38.68	24.86	9.51	70.39
2019	武鸣 Wuming	41.78	32.04	32.82	30.40	27.30
平均 Average		42.07	35.36	28.84	19.96	48.85
2018	桂平 Guiping	36.39	32.52	22.34	11.90	62.89
2019	桂平 Guiping	39.38	32.07	29.81	22.79	32.10
平均 Average		37.89	32.30	26.08	17.35	47.50
2018	南昌 Nanchang	41.73	29.06	22.02	43.60	89.51
2019	南昌 Nanchang	27.60	17.55	17.37	57.26	58.89
平均 Average		34.67	23.31	19.70	50.43	74.20
2018	白沙 Baisha	41.19	35.21	27.95	16.98	47.37
2019	白沙 Baisha	43.34	32.48	29.84	33.44	45.24
平均 Average		42.27	33.85	28.90	25.21	46.31

表 4 2018–2019 年 GR11 与对照 SC205 的淀粉和干物质率对比结果
Table 4 Contents of starch and dry matters of GR11 and SC205 tested in 2018–2019

年份 Year	试验点 Site	淀粉含量 Starch content/ (g·hg ⁻¹)		干物质率 Dry matter content/%		氢氰酸 HCN/ (mg·kg ⁻¹)	
		GR11	SC205 (CK)	GR11	SC205 (CK)	GR11	SC205 (CK)
2018	南昌 Nanchang	30.3	26.9	39.6	34.6	20.5	-
2019	桂平 Guiping	34.5	30.5	41.8	37.5	23.9	-

注：“-”表示未测定，下同。
Note: “-” indicates that this item is not measured, the same below.

最低 36.42 t·hm⁻²，最高 40.77 t·hm⁻²，说明该品种具有高产、稳产的特性。平均鲜薯产量 39.28 t·hm⁻²，相比 SC205 和 SC9，增产效果显著，比 SC205 平均增产 12.34 t·hm⁻²，增幅 45.83%，比 SC9 平均增产 15.03 t·hm⁻²，增幅 62.01%，近年来木薯市场鲜薯收购平均价格约 600 元·t⁻¹^[18]，GR11 分别比对照 SC205 和 SC9 增值 7404 元·hm⁻²、9018 元·hm⁻²，经济效益增加明显。

2.7 GR11 淀粉含量分析

从表 5 可以看到，GR11 除了第 1 年外，其余 4 年淀粉含量≥29.0%，这表明了 GR11 具有高淀粉含量的特性，5 年平均淀粉含量为 29.7%，比对照 SC205（25.8%）高 3.9 个百分点，2015–2017 年 GR11 平均淀粉含量为 28.1%，比 SC9 高 0.8 个百分点。

2.8 GR11 的品质评价

多年各级品比试验结果表明，GR11 品质优良，连续 3 次鲜薯氢氰酸含量抽检结果分别为 22.3、20.5 和 23.9 mg·kg⁻¹，均低于 50 mg·kg⁻¹ 的国家安全食用标准，表明该品种具有可食用的特性。此外，GR11 鲜薯蛋白质 0.75 g·hg⁻¹、总糖 1.5 g·hg⁻¹、粗纤维 1.0%、维生素 C 37.2 mg·hg⁻¹、胡萝卜素 123 μg·hg⁻¹。GR11 食味粉而香，耐煮性好（煮糖水和打火锅不易成糊状）。

2.9 GR11 指纹图谱鉴定

采用 SSR6、SSR10 两对微卫星标记对 GR11 等 8 份材料进行指纹图谱鉴定，可以获得 4 个等位基因，在这 8 份材料中 GR11 具有唯一的特征带 SSR6-b/SSR10-ab（表 6 和图 1），因此 SSR6、SSR10 可以

表 5 2015–2019 年 GR11 鲜薯产量及淀粉含量
Table 5 Tuber yield and starch content of GR11 tested in 2015-2019

年份 Year	鲜薯产量 Fresh root yield/ (t·hm ⁻²)			比对照增产 Increasing rate/%		淀粉含量 Starch content/%		
	GR11	SC205 (CK)	SC9 (CK)	SC205 (CK)	SC9 (CK)	GR11	SC205 (CK)	SC9 (CK)
2015	36.42	19.55	21.24	86.29	71.47	26.2	20.1	27.6
2016	39.98	20.81	22.69	92.12	76.20	29.0	25.8	27.1
2017	40.35	31.12	24.28	29.68	66.19	29.1	26.0	27.2
2018	40.77	34.14	24.65	19.42	65.40	29.8	26.8	-
2019	38.87	29.06	28.36	33.76	37.06	34.5	30.5	-
平均Average	39.28	26.94	24.24	45.83	62.01	29.7	25.8	27.3

表 6 桂热 11 号分子指纹模式图谱
Table 6 Molecular fingerprints of GR11

编号 Number	品种 Variety	引物SSR6 Primer SSR6		引物SSR10 Primer SSR10	
		a	b	a	b
1	SC9	◆	◆	—	◆
2	SC205	—	◆	◆	—
3	GR891	—	◆	◆	—
4	NZ199	—	◆	◆	—
5	XX048	◆	◆	◆	◆
6	GR11	—	◆	◆	◆
7	GR10	—	◆	—	◆
8	561	◆	◆	—	◆

注：“◆”表示该位点有特征条带，“—”表示该位点无条带。
Note: “◆” indicates loci with characteristic bands; “—” loci without bands.

作为本品种的标记指纹。
2.10 抗逆性表现

GR11 连续 3 年田间均表现出耐寒性、耐旱性强，中抗朱砂叶螨，苗期容易感染细菌性枯萎病，但也容易恢复，不影响鲜薯产量（表 7）。

3 讨论与结论

广西是我国木薯主产区，当前推广栽培的木薯品种绝大部分都是从国外或者省外引进的，或者是引进杂交种子、优质种质资源经系列试验后选育而成的^[19]，但引进的绝大部分品种只具备高产或高粉中的 1 个优点，缺乏广西本土广适性、高产和高淀粉等综合性状优良的木薯新品种。本研究以新选

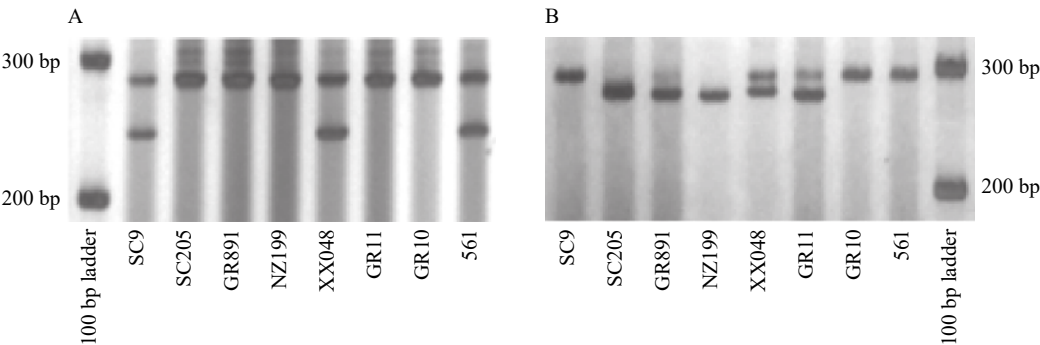


图 1 SSR6 (A) 和 SSR10 (B) 标记在 8 个木薯品种 (系) 中扩增指纹图谱
Fig. 1 Amplified fingerprints of SSR6 (A) and SSR10 (B) in 8 cassava cultivars (lines) with molecular markers

表 7 2017–2019 年 GR11 抗逆性表现
Table 7 Stress resistance of GR11 shown in 2017–2019

抗逆性 Stress resistance	2017			2018			2019		
	GR11	SC205	SC9	GR11	SC205	SC9	GR11	SC205	SC9
耐寒性 Cold tolerance	S	M	M	S	M	M	S	M	M
耐旱性 Drought tolerance	S	M	M	S	M	M	S	M	M
细菌性枯萎病抗性 Resistance to bacterial blight	S	R	R	S	R	R	S	R	R
朱砂叶螨抗性 Resistance to tetranychus cinnabarinus	MR	S	R	MR	S	R	MR	S	R

注：（1）M-耐寒性、耐旱性中等；（2）S-耐寒性、耐旱性强；（3）S-细菌性枯萎病、朱砂叶螨感病；（4）R-抗细菌性枯萎病、朱砂叶螨病；（5）MR-中抗细菌性枯萎病、朱砂叶螨。
Note: (1) M: moderate cold and drought tolerance. (2) S: strong cold and drought tolerance. (3) S: susceptible to bacterial blight and *Tetranychus cinnabarinus* infestation. (4) R: resistant to bacterial blight and *T. cinnabarinus* infestation. (5) MR: moderately resistant to bacterial blight and *T. cinnabarinus* infestation.

048 为母本, 桂热 891 为父本, 采用人工开花调控技术进行诱导并杂交获得种子经过系列试验, 最后鉴定、筛选出高产高淀粉, 氢氰酸含量低, 适应性广, 丰产稳产性好, 具有耐旱耐寒和较抗螨、不易落叶等特点, 适合在广西、海南和江西等木薯主产区推广种植的鲜食加工兼用型优良品种 GR11, 这是广西首个通过国审的有性杂交木薯新品种。

在生产性试验中, GR11 平均鲜薯产量 $39.68 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 比加工主栽品种 SC205 增产 28.38%, 淀粉含量和干物质率分别为 32.4%、40.7%, 比对照 SC205 分别提高了 3.7 个百分点和 4.7 个百分点。木薯淀粉含量和干物质率是衡量淀粉和酒精加工生产经济效益的 2 个重要指标, 两者含量越高, 转化效益越大^[7], GR11 潜力可见一斑。SC9 是目前主栽的食用品种, 其食用方法有切块或切段蒸煮, 或磨制成淀粉后, 采用蒸、煎、炸等方式制作成美食^[13], GR11 氢氰酸含量非常低 (鲜食平均 $22.2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 食味粉而香, 耐煮性好, 尤其是打火锅时不易成糊状。该品种不易落叶, 不分枝, 株型紧凑, 结薯集中, 有望应用于机械化种植, 这将有助于降低劳动成本, 提高农业生产经济效益。随着木薯产业的不断发展, 木薯的病虫害也越来越多, 其中细菌性枯萎病和朱砂叶螨是两种主要的病虫害^[20,21], GR11 具有较强的抗螨能力, 但苗期易感染细菌性枯萎病, 注意加强防范。广西、广东和海南三省是木薯主要种植区, 经过多年试验, GR11 在江西南昌也表现出了极强的丰产稳产性, 这为木薯北移奠定了基础, 同时对推动木薯产业的发展具有重要意义。

研究结果表明, GR11 具有丰产稳产, 高淀粉, 低氢氰酸, 茎干直立、不分枝、株型紧凑, 结薯集中、大小均匀等优点, 此外还具备耐旱耐寒和较抗螨, 不易落叶, 适应性广的特点, 适宜在广西、海南和江西等木薯主产区推广种植。

参考文献:

- [1] 闫庆祥, 李开绵, 黄洁, 等. 木薯种质资源主要性状描述与数据采集研究 [J]. 安徽农业科学, 2013, 41 (26): 10600–10601, 10639.
- [2] 张振文, 古碧. 9 个木薯品种酒精加工特性综合评价 [J]. 西南农业学报, 2014, 27 (2): 807–812.
- [3] FAO. 联合国粮农组织统计数据库 [EB/OL]. [2019-08-02]. <http://www.fao.org/faostat/zh/#data>.
- [4] 叶剑秋, 李开绵, 陈丽珍, 等. 木薯新品种华南7号的选育 [J]. 热带作物学报, 2007 (01): 24–29.
- [5] 叶剑秋, 黄洁, 陈丽珍, 等. 木薯新品种华南8号的选育 [J]. 热带作物学报, 2006, 27 (4): 19–24.
- [6] 叶剑秋, 郑永清, 薛茂富, 等. 木薯新品种‘华南10号’的选育 [J]. 热带作物学报, 2011, 32 (10): 1799–1803.
- [7] 叶剑秋, 王明, 肖鑫辉, 等. 木薯新品种华南13号的选育 [J]. 热带农业工程, 2017, 41 (4): 1–8.
- [8] 卢诚, 陈新, 周新成, 等. 木薯新品种‘华南16号’的选育 [J]. 热带作物学报, 2020, 41 (9): 1756–1761.
- [9] 林雄, 李开绵, 黄洁, 等. 木薯新品种华南5号选育报告 [J]. 热带农业科学, 2001, 21 (5): 15–19.
- [10] 罗兴录. 木薯新品种新选048选育与应用 [J]. 中国农学通报, 2009, 25 (24): 501–505.
- [11] 李军, 田益农. 木薯新品种GR911的选育 [J]. 广西热作科技, 1999 (4): 1–4.
- [12] 李军, 田益农, 盘欢, 等. 木薯品种桂热4号的选育及栽培要点 [J]. 南方农业学报, 2014, 45 (7): 1183–1187.
- [13] 黄洁, 单荣芝, 李开绵, 等. 优质鲜食木薯新品种华南9号 [J]. 中国热带农业, 2006 (5): 47–48.
- [14] YE J Q, LI K M, CHEN L Z, et al. Breeding and selection of new cassava variety SC7 [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2007 (01): 24–29. (in Chinese)
- [15] YE J Q, HUANG J, CHEN L Z, et al. Breeding of a new cassava variety SC 8 [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2006, 27 (4): 19–24. (in Chinese)
- [16] YE J Q, ZHENG Y Q, XUE M F, et al. Breeding of the new cassava cultivar SC 10 [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2011, 32 (10): 1799–1803. (in Chinese)
- [17] YE J Q, WANG M, XIAO X H, et al. Breeding of a new cassava cultivar SC No. 13 [J]. Tropical Agricultural Engineering, 2017, 41 (4): 1–8. (in Chinese)
- [18] LU C, CHEN X, ZHOU X C, et al. Breeding of a new cassava cultivar ‘South China No. 16’ [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2020, 41 (9): 1756–1761. (in Chinese)
- [19] LIN X, LI K M, HUANG J, et al. The breeding report of a new cassava variety SC NO. 5 [J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2001, 21 (5): 15–19. (in Chinese)
- [20] LUO X L. Report on applying and breeding of new cassava cultivar Xinxuan 048 [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25 (24): 501–505. (in Chinese)
- [21] LI J, TIAN Y N. Breeding of a new cassava variety GR911 [J]. Guangxi Science & Technology of Tropical Crops, 1999 (4): 1–4. (in Chinese)
- [22] LI J, TIAN Y N, PAN H, et al. Breeding of a new cassava variety GR4 and its cultivation technologies [J]. Journal of Southern Agriculture, 2014, 45 (7): 1183–1187. (in Chinese)
- [23] HUANG J, SHAN R Z, LI K M, et al. A new high-quality and fresh-edible cassava variety SC No. 9 [J]. China Tropical Agriculture, 2006 (5): 47–48.

- 2006 (5) : 47–48. (in Chinese)
- [14] 田益农, 李军, 盘欢. 木薯新品种GR891的选育 [J]. 广西农业科学, 1998, 29 (3) : 124–125.
- TIAN Y N, LI J, PAN H. Breeding of a new cassava variety GR891 [J]. *Guangxi Agricultural Science*, 1998, 29 (3) : 124–125. (in Chinese)
- [15] 曹升, 陈江枫, 黄富宇, 等. 广西木薯产业现状分析及其发展建议 [J]. 南方农业学报, 2021, 52 (6) : 1468–1476.
- CAO S, CHEN J F, HUANG F Y, et al. Development status and countermeasures of cassava industry in Guangxi [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2021, 52 (6) : 1468–1476. (in Chinese)
- [16] 叶剑秋, 黄洁, 陈松笔, 等. 木薯新品种华南12号的选育 [J]. 热带作物学报, 2014, 35 (11) : 2121–2128.
- YE J Q, HUANG J, CHEN S B, et al. Breeding of a new cassava cultivar SC No. 12 [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2014, 35 (11) : 2121–2128. (in Chinese)
- [17] 中华人民共和国农业部. 热带作物品种区域试验技术规程 木薯: NY/T 2446—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [18] 赵大伟, 郭元友, 邓国军, 等. 木薯间作糯玉米的高产高效模式分析 [J]. 热带农业科学, 2017, 37 (4) : 1–6, 12.
- ZHAO D W, GUO Y Y, DENG G J, et al. Analysis of high yield and efficient intercropping patterns of cassava with waxy corn [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2017, 37 (4) : 1–6, 12. (in Chinese)
- [19] 韦本辉, 甘秀芹, 刘斌, 等. 桂木薯1号等木薯新品种的选育及栽培技术 [J]. 南方农业学报, 2016, 47 (7) : 1088–1094.
- WEI B H, GAN X Q, LIU B, et al. Breeding and cultivation techniques of Guimushu 1 and other cassava varieties [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2016, 47 (7) : 1088–1094. (in Chinese)
- [20] 卢昕, 李超萍, 时涛, 等. 国内木薯主产区细菌性枯萎病病原鉴定 [J]. 广东农业科学, 2013, 40 (21) : 84–87, 2.
- LU X, LI C P, SHI T, et al. Pathogen identification of cassava bacterial blight from several main cultivation area in China [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2013, 40 (21) : 84–87, 2. (in Chinese)
- [21] 陈青, 卢芙萍, 黄贵修, 等. 木薯害虫普查及其安全性评估 [J]. 热带作物学报, 2010, 31 (5) : 819–827.
- CHEN Q, LU F P, HUANG G X, et al. General survey and safety assessment of cassava pests [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2010, 31 (5) : 819–827. (in Chinese)

(责任编辑: 黄爱萍)