

邓干然, 何晓明, 吕以志, 郑爽, 崔振德, 覃双眉, 何冯光. 木薯宽窄双行起垄栽培模式及机械化种植技术研究 [J]. 广东农业科学, 2019, 46(5): 142-148.

木薯宽窄双行起垄栽培模式及 机械化种植技术研究

邓干然¹, 何晓明², 吕以志², 郑爽¹, 崔振德¹, 覃双眉¹, 何冯光¹

(1. 中国热带农业科学院农业机械研究所 / 农业农村部热带作物农业装备重点实验室, 广东 湛江 524091;
2. 湛江市农业技术推广中心, 广东 湛江 524000)

摘要:【目的】木薯是我国华南地区重要的淀粉或能源作物, 目前主要依靠人工收获, 生产成本高、经济效益低。近年来研发的木薯收获机与当前等行距的栽培方式难以相适应, 表现为牵引收获机的拖拉机行走轮不可避免地碾压在木薯行上而压断木薯块根, 造成块根损失率高达 17%。【方法】为避免拖拉机碾压木薯行、提高块根收获率, 针对有利于机械化收获的要求, 以 66.2 kW 拖拉机的轮距尺寸为参考, 设计了宽行距 120 cm、窄行距 60 cm、垄高 25~30 cm 的宽窄双行起垄种植的栽培模式, 研制了配套的木薯起垄机和木薯联合种植机, 并在广东、海南、广西、云南等地开展不同产区适应性试验。【结果】采用宽窄双行起垄种植栽培模式, 起垄机作业效率 0.6~0.8 hm²/h, 种植机作业效率约 0.6~0.7 hm²/h, 机械化种植效率比人工提高 23 倍, 机械化种植成本仅为人工种植的 50%, 木薯产量在 33~42 t/hm², 机械化收获时能够有效避免拖拉机碾压木薯行、显著减少断薯, 损失率在 5% 以下。【结论】宽窄双行起垄栽培模式, 能够较好地适宜机械化种植与收获, 促进农机农艺的高度融合。

关键词: 木薯; 栽培; 机械化; 种植机; 起垄机; 块根; 收获

中图分类号: S223.93

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X(2019)05-0142-07

Study on Wide and Narrow Double-row Ridging Cultivation Mode and Mechanized Planting of Cassava

DENG Ganran¹, HE Xiaoming², LYU Yizhi², ZHENG Shuang¹, CUI Zhende¹, QIN Shuangmei¹, HE Fengguang¹

(1. *Agro-machinery Research Institute of Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences/ Ministry of Agriculture and Rural Affairs Key Laboratory of Tropical Agricultural Machinery, Zhanjiang 524091, China;*

2. *Agricultural Technology Promotion Center of Zhanjiang, Zhanjiang 524000, China*)

Abstract:【Objective】Cassava is an important starch and energy crop in China. At present, its production mainly relies on manual labor, which causes high production cost and low economic profit. The cassava harvesters developed in recent years seldom matched with equal row spacing cultivation mode adopted currently. While harvesting with these harvesters, tractor wheels inevitably crush on cassava rows and cassava roots are destroyed, which resulting in a root loss rate of up to 17%.【Method】In order to avoid row crushing and increase root harvest rate, according to the requirements of mechanized harvesting and the wheel size of a 66.2 kW tractor, a cultivation mode of wide and narrow double-row ridging

收稿日期: 2019-03-06

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0701605-01); 中国热带农业科学院基本科研业务费(1630132017005)

作者简介: 邓干然(1972—), 男, 硕士, 研究员, 研究方向为木薯等热带作物机械化, E-mail: dengganran@163.com

通信作者: 吕以志(1971—), 男, 高级农艺师, 研究方向为农机、农艺新技术的试验与推广, E-mail:

1184449707@qq.com

planting was designed with wide row spacing being 120 cm, narrow row spacing being 60 cm, and ridge height being 25–30 cm. A cassava ridger and a cassava combined planter matching the planting mode were developed, and adaptability experiments were carried out in different producing areas including Guangdong, Hainan, Guangxi and Yunnan. 【Result】 With the wide and narrow double-row ridging cultivation mode, the ridging efficiency was 0.6–0.8 hm²/h, the planting efficiency was about 0.6–0.7 ha/h, the efficiency of mechanized planting was 23 times higher than that of manual planting and the cost of mechanized planting was only 50% of manual planting. The cassava yield (under mechanized planting) was 33–42 t/hm². Mechanized harvesting with this planting mode could effectively avoid row crushing and significantly reduce root broken rate, with the loss rate of less than 5%. 【Conclusion】 The study showed that the wide and narrow double-row ridging cultivation mode can be well suited to mechanized planting and harvesting and promote the high integration of agricultural machinery and agronomy.

Key words: cassava; cultivation; mechanization; planter; ridger; root tuber; harvesting

【研究意义】木薯与马铃薯、甘薯被称为世界三大薯类作物，是全球年产超亿吨的七大作物之一，有“地下粮仓”“淀粉之王”的美称。木薯在我国已有 200 年的栽培历史^[1]，除传统华南热作区种植，在长江以南与西南各省^[2]甚至山东^[3]都有成功种植的记录。木薯过去作为粮食而栽培，改革开放后主要作为淀粉工业原料或燃料乙醇原料。由于国内木薯深加工产业需求旺盛，木薯进口量逐年上升且趋势迅猛，2016 年木薯干净进口量达到 756 万 t，木薯粉净进口量达到 207 万 t^[4]。2007—2017 年我国木薯贸易净进口量从 524.32 万 t 增长到 1 045.86 万 t，年均增长 7.15%，2017 年木薯净进口量是当年国内产量的 2 倍多^[5]。2017 年 9 月，国家发展改革委、国家能源局等多个部门联合印发《关于扩大生物燃料乙醇生产和推广使用车用乙醇汽油的实施方案》，明确在全国范围内推广车用乙醇汽油，到 2020 年基本实现全覆盖。木薯作为一种优良的燃料乙醇加工原料，我国的木薯需求还会进一步扩大。然而，与需求迅猛增加相反，木薯种植面积在我国却持续减少。2000—2016 年，我国木薯收获面积占世界比重从 1.41% 下降到 1.24%，产量也从 2.17% 下降到 1.73%^[5]。木薯种植面积缩减的原因，一方面是其他综合效益更好的作物逐步替代了木薯；另一方面是木薯人工劳动成本高，未能充分实现生产管理机械化。目前我国在木薯生产过程中劳动强度最大的是种植和收获环节，分别占木薯生产总劳动力的 12%、61%^[6]，人工收获成本过高已是产业发展的瓶颈问题。【前人研究进展】为解决木薯收获机械化，近年来我国研发了多种木薯收获机，这些收获机主要以 66.2 kW 轮式拖拉机为牵引动力，作业机组与目前中国木薯栽培农艺不

相适应（农艺上采用行距为 80~100 cm 的等行距平种），造成收获机挖掘块根时，拖拉机行走轮不可避免地碾压在木薯行上而压断木薯块根，造成块根损失率高达 17%^[7]，收获机具难以满足实际生产的要求，推广应用进展缓慢。【本研究切入点】推进木薯生产机械化，农机和农艺融合统一是基础，两者只有高度结合才能充分发挥农业机械和种植技术的潜力^[8]，而目前国内外在木薯农机农艺融合的研究极少，没有可以直接借鉴应用的农艺模式。【拟解决的关键问题】本研究旨在探索一种适宜机械化种植与收获的木薯栽培新模式，并针对这种新模式研制了开发配套的木薯种植机械化技术，以期促进农机农艺融合、加快木薯收获机械的推广应用。

1 常规木薯栽培模式及其对机械化作业的影响

1.1 常规木薯种植主要模式

常规木薯的栽培模式一般采用平种模式，按种茎方向有平放、斜插和直插 3 种扦插形式^[9]。鉴于不同品种木薯的生物性状、栽培地域的气候土壤条件，木薯栽培模式有一定的差异。谢向誉等^[10]对华南 205 和新选 048 品种木薯，采用平插种植方式，株行距为 80 cm × 80 cm；周明强^[11]对华南 6 号木薯采用株行距 80~100 cm × 100 cm；刘连军等^[12]针对桂垦 09-11 木薯品种顶端分枝角度小、生长势强、不宜密植的特点，采用株行距为 100 cm × 100 cm 或 100 cm × 80 cm；严华兵等^[13]对桂木薯 6 号采用株行距为 100 cm × 80 cm；严炜等^[14]对新选 048 木薯品种采用株行距 80 cm × 100 cm；韦本辉等^[15]对桂木薯 1 号品种采用的株行距一般为 80 cm × 100 cm 或 90

cm × 90 cm; 黄堂伟等^[16]对南植 199 木薯品种采用的株行距为 100 cm × 90 cm; IRIÉ R 等^[17]采用的株行距为 90 cm × 90 cm; MAPITA 等^[18]采用 100 cm × 100 cm; Amponsah 等^[19]采用距行距为 120 cm × 80 cm。无论何种方式栽培, 木薯常规种植都采用等行距种植, 且主要依靠人工作业, 种植的标准化和规范性差, 行距宽窄偏差大、行向直线度差, 不利于机械化作业。

1.2 常规木薯种植机械化作业存在主要问题

1.2.1 木薯行距与拖拉机轮距不匹配 常规等行距种植模式与 66.2 kW 拖拉机轮距不匹配, 造成机械化作业时拖拉机轮胎压行, 压伤木薯植株或压断木薯块根, 尤其是机械化收获损失可高达 17%。木薯种植区普遍在丘陵山区, 目前生产上主流动力设备为 66.2 kW 拖拉机, 该型拖拉机性价比比较高, 适合多种作业。木薯机械化作业, 瞄准 66.2 kW 拖拉机, 一是充分利用现有主流动力拖拉机, 不额外增加社会成本; 二是根据作业性质, 低于 66.2 kW 或更小的拖拉机动力不足支撑木薯联合种植机、木薯秆粉碎处理机和块根挖掘收获机的动力要求。然而, 常规木薯种植行距与 66.2 kW 拖拉机轮距不匹配, 易造成机组作业困难、作业效率低, 尤其是收获作业质量达不到要求。

1.2.2 拖拉机收获作业对行困难 常规平种模式导致木薯块根挖掘收获时机组无法对行收获, 作业质量差。木薯块根挖掘收获机作业前, 必须事

先将地上高大的木薯秸秆机械化粉碎处理。而平种木薯秸秆经粉碎机粉碎作业后, 耕地表面实际看不出任何垄形和行向, 机组无法对行挖掘。据测定, 木薯块根分布幅宽平均约 60 cm^[20], 不对行挖掘的后果就是拖拉机轮胎压碎压断木薯块根, 挖掘机挖断木薯块根、挖散木薯串, 致使木薯机械化收获损失率大、伤薯率高、捡拾困难, 最终机械收获不可实施。人工砍秆留茬方便对行挖掘, 但每公顷数十吨的木薯秸秆人工成本高, 从而降低木薯种植效益。

1.2.3 土壤板结收获阻力大 常规平种模式土壤板结严重, 导致木薯块根收获挖掘功耗大。木薯产区多在华南多雨和粘重土壤地带, 平种木薯地排水不畅易受涝, 干旱时则造成粘重土壤板结, 木薯挖掘收获机具工作阻力大, 薯、土分离困难, 作业机组负荷大、能耗高, 机具磨损加快。因此, 常规木薯种植模式是目前制约木薯规模化和机械化发展的最主要原因, 需要引入一种适宜全程机械化作业的新型木薯种植农艺模式。

2 木薯宽窄双行起垄栽培模式设计

2.1 种植模式

根据木薯常规种植对机械化作业的不利影响, 为推进农机农艺结合, 依据 66.2 kW 拖拉机的轮距规格, 我们研究制定木薯宽窄双行起垄种植的栽培模式, 即起垄高 25~30 cm、垄面宽

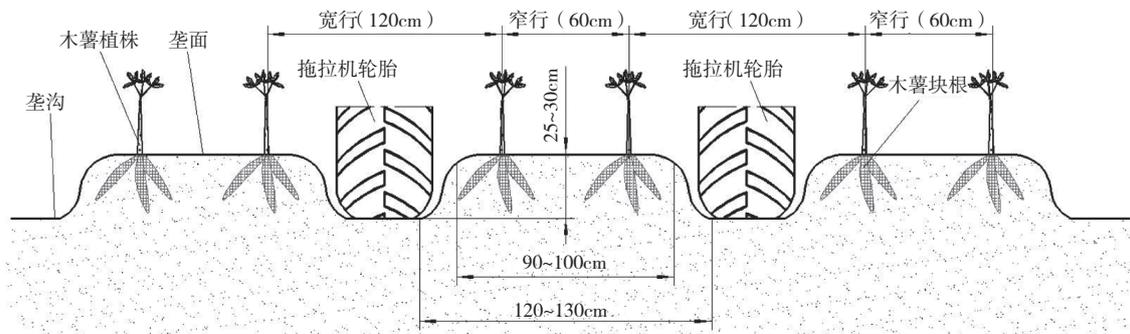


图 1 木薯宽窄双行起垄种植模式

Fig. 1 Wide and narrow double-row ridging cultivation mode for cassava

90~100 cm 的大垄, 每个大垄上种植 2 行木薯, 邻垄木薯行距与垄上木薯行距不相等, 构成宽窄行。该模式考虑全程使用同型号机械化作业、挖掘收获节能, 并达到木薯稳产、高产效果。该种植模式对常规木薯种植主要农艺参数进行了调整改变(图 1)。

2.2 主要农艺参数

2.2.1 株行距要求 木薯宽窄双行起垄种植采用宽行和窄行结合的方式, 其中宽行距 120 cm, 窄行距 60 cm。宽行内供拖拉机轮胎行走, 而拖拉机都是跨着窄行前进作业, 行走轮两侧均留出足够的距离, 以尽可能避免木薯挖掘收获作业轮胎

压到木薯块根，减少压伤和压断。在株距方面，针对不同品种木薯，采用不同株距，如对株形较小的品种如南植 199 选择 60~70 cm 的株距；对株形较大的品种，可选择 80 cm 或更大株距。

2.2.2 垄形要求 根据株行距的要求，用起垄机起梯形大垄，1 个大垄上种植 2 行木薯，此 2 行木薯构成窄行。梯形垄的垄面宽度约 90~100 cm，垄底宽度约 120~130 cm，垄形高度约 25~30 cm。拖拉机跨行行走时对垄底边沿有一定的碾压，但不影响种植作业，挖掘收获时压薯的机率也大大降低。选择较高的垄形，一是便于营造松软的土壤保证木薯生长期间雨季排水（木薯忌涝）；二是有利于垄形在雨水冲刷后仍能保持一定的高度，为后续挖掘收获作业提供对行作业的条件；三是有利于降低土壤浸水板结，在木薯块根收获时可显著减少拖拉机负荷和收获机的过土负重；四是通过垄形设定一个特定的土壤空间，限制木薯块根的生长范围在大垄以内（主要是长度），减少木薯块根的长度而增加薯径粗度，改善块根的聚集度，可显著减少机械挖掘的断薯率和损失率，非常有利于机械化收获。

2.2.3 种植密度要求 按照上述参数种植，以南植 199 品种为例，选择 70 cm 株距时，木薯种植密度约 15 750 株/hm²，较常规等行距种植，单位面积实际木薯有效株数相当，有利于稳产保产。从实践看，南植 199 株形较小、可密植（秸秆少、薯形小），更适宜机械化作业。

3 适用于宽窄双行起垄栽培模式的木薯种植机械研制

3.1 1GL-180 型木薯旋耕起垄机

根据木薯宽窄双行起垄种植对垄形的要求，我们研制了专用的 1GL-180 型木薯旋耕起垄机，以 66.2 kW 拖拉机为动力，生产效率为 0.6~0.8 hm²/h。

1GL-180 型木薯旋耕起垄机基于通用旋耕机进行二次开发而成，在旋耕机后部加装了一套成垄集土器。成垄集土器呈梯形体，顶部和两侧设有压泥板，利用旋耕刀组的切土抛土的特性，在土壤松碎过程中，实现对土壤的输送、堆积和整形^[21]，获得种植木薯所需、三面平整的垄形。旋耕刀片在刀轴上呈左右对向安装，以形成两侧土壤向中间堆积的效果。土壤较松软、耕层较深

的木薯地，可用 1GL-180 型木薯旋耕起垄机一次作业即可获得垄形。土壤较板结、耕层较浅的木薯地，需要先深松旋耕一次碎土并增加耕层土壤，使垄形成型好、垄面平整、覆盖严密。

作业时，根据不同耕地土质情况，起垄高度和垄面宽度有一定差异，较松软或耕层较深的土质起垄 30 cm 高度；较湿软的泥土，垄面宽度保持较好；干燥土壤流动性较大，垄面边沿的泥土有下滑现象，垄面宽度将有所缩小；板结土质或耕层较浅的土壤，起垄高度约在 25 cm。在一定范围内的垄形变化，对木薯机械化种植和生长影响不大。



图 2 1GL-180 型木薯旋耕起垄机及垄形效果
Fig. 2 1GL-180 cassava rotary tillage ridge machine and ridge effect

3.2 2CM-2 型垄作式木薯联合种植机

根据木薯宽窄双行起垄种植垄形的要求，我们研制了 2CM-2 型垄作式木薯联合种植机，以 66.2 kW 拖拉机为动力，配备 2 名操作工，生产效率为 0.6~0.7 hm²/h。2CM-2 型垄作式木薯联合种植机，由机架、驱动地轮、开沟器、切种装置、施肥机构、种茎架、肥料箱、座椅、覆土机构、护垄板等组成。作业时，种植机在大垄上沿纵向一次完成 2 行木薯的种植，包括开种植沟、木薯切种、下种、施肥和覆土。种植机切种机构、施肥机构依靠一对驱动地轮获得动力，以链传动与齿轮传动相结合的传动方式，能够适应田间恶劣多变的作业环境；特殊设计的种茎切断装置，解决了切种过程中出现的漏切、堵塞等问题，种茎切断长度 16 cm，长度均匀度 $\geq 85\%$ ，种茎破损率 $\leq 4\%$ ^[22]。为防止种植过程中垄形被破坏，木薯种植机设有 1 对保持垄形的侧面护垄板和 1 片后垄面刮板，使种植前后垄形基本保持不变。



图3 2CM-2 垄作式木薯联合种植机与木薯生长效果
Fig. 3 2CM-2 ridge combined planter and growth effect of cassava

为防止杂草先于木薯出苗而影响木薯生长，应在木薯种植完成后 5 d 内采取苗前土壤封闭除草剂来防控杂草。喷洒封闭除草剂，亦通过使用 66.2 kW 拖拉机后悬挂的市售喷杆喷药机来完成，以保证喷药过程作业机具不破坏垄形。

4 木薯宽窄双行起垄栽培模式及机械化种植技术应用实践

4.1 试验与生产应用情况

为评估验证木薯宽窄双行起垄栽培模式及机械化种植技术的适应性、可行性和机械化收获效果，我们联合相关单位，在 2017 年春季在国投广东生物能源有限公司木薯生产基地（包括雷州、遂溪、电白等市县）进行 400 多 hm^2 生产应用的基础上，2018 年春季分别在广东湛江市麻章区湖光镇、广西北海市合浦县石湾镇、海南白沙县邦溪镇、云南保山市隆阳区潞江坝镇等 4 个木薯产区，进行 30 多 hm^2 的适应性试验示范，包括种植、木薯秸秆粉碎还田、挖掘收获等全程机械化。4 个木薯产区当年收获期测定木薯产量分别为 42、33、38、39 t/hm^2 。参照试验地当年产量，采用宽窄双行起垄栽培模式和机械化种植技术，木薯产量与常规种植模式的产量总体相当或更高，具有很好的生产适应性和经济可行性。在机械化收获方面，各试验基地均采用 66.2 kW 拖拉机牵引振动链式木薯挖掘收获机进行收获作业，有效避免机具碾压木薯行、显著减少断薯，测定损失率均低于 5%，达到生产要求。

4.2 主要技术经济性分析

前述人工种植存在标准化和规范性差、行距

宽窄偏差大、行向直线度差等问题，还存在种径长度不一、种植深度不一、施肥不均匀、覆土不均匀等问题，种植质量难以控制。而机械化种植标准化和规范性好、行距宽窄偏差小、行向直线度好，种径长度一致、种植深度一致，施肥、覆土比较均匀。各试验点的试验证明，机械化种植の木薯出苗、苗期生长均明显优于人工种植。

在种植效率方面，人工种植效率为 $0.067 \text{ hm}^2/\text{人}\cdot\text{天}$ ；2CM-2 垄作式木薯联合种植机以 3 人（1 名机手、2 名操作手）为一个作业组，一个作业组可种植 $0.6 \text{ hm}^2/\text{h}$ ，每天（8 h）可种植 4.8 hm^2 ，人均种植效率为 $1.6 \text{ hm}^2/\text{d}$ ，提高了 23 倍以上。

在种植成本方面，按照 2018 年的价格测算，人工种植木薯包括备种、开沟、下种、施肥、覆土，全程人工种植效率为 $0.067 \text{ hm}^2/\text{人}\cdot\text{d}$ ，人工费用约 150 元 /d，人工种植成本约为 2 250 元 / hm^2 。机械化种植，1GL-180 型木薯旋耕起垄机旋耕起垄作业成本 450 元 / hm^2 ，2CM-2 垄作式木薯联合种植机作业成本 600 元 / hm^2 ，合计种植成本为 1 050 元 / hm^2 。机械化种植成本比人工种植成本低 1 200 元 / hm^2 ，节省成本超过 50%。而且，随着今后人工成本的进一步上升，机械化种植的优势将更加突出。

5 讨论

生产试验证明，木薯宽窄双行起垄种植模式和机械化种植技术，是从源头上解决木薯生产全程机械化农机农艺结合的可行之路。对于这种新型的栽培模式要全面取代现行的常规种植模式，还需要广大科技工作者继续深入研究和试验，如针对不同品种、不同区域、不同土壤等种植试验

示范, 配套这种模式的施肥、植保、中耕管理措施研究, 基于这种模式下与其他作物的间套作研究, 以及针对这一模式体系化设计研制配套的耕、种、管、收系列生产管理机械等。只有彻底解决机械化, 我国木薯产业才有可能持续发展。

6 结论

木薯采用宽行距为 120 cm、窄行距为 60 cm、垄高为 25~30 cm 的宽窄双行起垄种植方式, 是一种适宜全程机械化、保证木薯产量的新型栽培模式。配套的 1GL-180 型木薯旋耕起垄机与 2CM-2 型垄作式木薯联合种植机, 可对这种栽培模式实施高效机械化作业。木薯宽窄双行起垄种植, 是解决木薯机械化收获农机农艺融合的可行途径, 也为推进木薯生产全程机械化创造了有利条件。

参考文献 (References) :

- [1] 黄洁, 周建国. 木薯间套作与高效利用技术[M]. 海口: 海南出版社, 2015.
HUANG J,ZHOU J G.Intercropping and High Benefit Utilization of Cassava [M]. Haikou:Hainan Publishing House,2015.
- [2] 韦本辉. 中国木薯种茎越冬贮藏实用技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
WEI B H. Practical Techniques for Overwintering Storage of Cassava Stem in China [M]. Beijing:China Agricultural Press,2015.
- [3] 蒋学杰, 何绪开. 高纬度地区木薯不同品种比较试验[J]. 中国园艺文摘, 2018(5): 39-40.
JIANG X J,HE X K.Comparative experiment of different varieties of cassava in high latitude area [J]. *Chinese Horticulture Abstracts*,2018(5):39-40.
- [4] 刘爱民, 薛莉, 成升魁, 强文丽, 杨晓, 贾盼娜. 我国大宗农产品贸易格局及对外依存度研究——基于虚拟耕地资源的分析和评价[J]. 自然资源学报, 2017, 32(6): 915-926.doi:10.11849/zrzyxb.20170306.
LIU A M,XUE L,CHENG S K,QIANG W L,YANG X,JIA P N.A study on the trade and external dependence of agricultural products in China—Analysis and evaluation based on virtual land resources [J]. *Journal of Natural Resources*,2017,32(6):915-926. doi:10.11849/zrzyxb.20170306.
- [5] 谭砚文, 李丛希, 曾华盛. 中国木薯生产和贸易发展分析[J]. 世界农业, 2018(10): 163-168.doi:10.13856/j.cn11-1097/s.2018.10.024.
TAN Y W,LI C X,ZENG H S.Analysis of cassava production and trade development of China [J]. *World Agriculture*, 2018(10):163-168. doi:10.13856/j.cn11-1097/s.2018.10.024.
- [6] 杨怡, 廖宇兰, 郑侃, 王涛, 郑美云. 木薯田间机械化作业研究现状分析[J]. 广东农业科学, 2015, 42(8): 137-140.doi:10.16768/j.issn.1004-874X.2015.08.012.
YANG Y,LIAO Y L,ZHENG K,WANG T,ZHENG M Y.Present situation analysis of cassava field mechanization [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2015,42(8):137-140. doi:10.16768/j.issn.1004-874X.2015.08.012.
- [7] 吕以志, 黄应强, 李晓菲, 任国华, 郑爽, 郁昌的, 邓干然. 振动链式木薯挖掘收获机的性能试验与分析[J]. 现代农业装备, 2017(5): 39-42.
LYU Y Z,HUANG Y Q,LI X F,REN G H,ZHENG S,YU C D,DENG G R. Performance test and analysis of the vibrating-chain cassava excavating harvester [J]. *Modern Agricultural Equipment*,2017(5):39-42.
- [8] 贾健. 加快农机农艺相融合, 促进农业机械化发展[J]. 农业机械, 2017(4): 75-78. doi:10.16167/j.cnki.1000-9868.2017.04.014.
JIA J.Accelerate the integration of agricultural machinery and agronomy, and promote the development of agricultural mechanization [J]. *Agricultural Machinery*,2017(4):75-78. doi:10.16167/j.cnki.1000-9868.2017.04.014.
- [9] 陈丹萍, 廖宇兰, 王涛, 林茂, 孙佑攀. 影响木薯机械化收获的生物环境特性[J]. 农机化研究, 2012, 34(6): 55-58. doi:10.13427/j.cnki.njyi.2012.06.041.
CHEN D P,LIAO Y L,WANG T,LIN M,SUN Y P.The biological and environment properties of effects on mechanization of cassava harvesting [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2012,34(6):55-58. doi:10.13427/j.cnki.njyi.2012.06.041.
- [10] 谢向誉, 严华兵, 曾文丹, 赖大欣, 周慧文, 陆柳英. 不同栽培模式对木薯生理特性、产量和经济效益的影响[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(5): 822-827. doi:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2017.05.006.
XIE X Y,YAN H B,ZENG W D,LAI D X,ZHOU H W,LU L Y. Effects of different cultivation patterns on cassava physiological characteristics, yield and economic benefits [J]. *Hubei Agricultural Sciences*,2017,56(5):822-827. doi:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2017.05.006.
- [11] 周明强, 班秀文, 欧珍贵, 黎青, 李志芳. 贵州省木薯引种及品比试验[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(3): 418-421. doi:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2017.03.006.
ZHOU M Q,BAN X W,OU Z G,LI Q,LI Z F. Introduction and comparative test of cassava varieties in Guizhou Province [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2017,56(3):418-421. doi:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2017.03.006.
- [12] 刘连军, 李恒锐, 杨海霞, 梁振华, 郭素云, 何文, 黎萍. 木薯优良新品种桂垦 09-11 的选育及栽培技术[J]. 湖南农业科学, 2018(11): 13-15. doi:10.16498/j.cnki.hnnykx.2018.011.004.
LIU L J, LI H R, YANG H X, LIANG Z H, GUO S Y, HE W, LI P.Breeding and cultivation techniques of a new cassava variety Guiken 09-11 [J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2018(11):13-15.doi:10.16498/j.cnki.hnnykx.2018.011.004.
- [13] 严华兵, 陆柳英, 谢向誉, 陈仲南, 曾文丹, 赖大欣, 周慧文. 桂木薯 6 号的选育及配套间作套种栽培技术[J]. 南方农业学报, 2016, 47(11): 1832-1836. doi:10.3969/j.issn.2095-1191.2016.11.1832.

- YAN H B, LU L Y, XIE X Y, CHEN Z N, ZENG W D, LAI D X, ZHOU H W. Breeding of cassava variety Gui 6 and its intercropping cultivation techniques [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2016, 47(11):1832-1836. doi:10.3969/j.issn.2095-1191.2016.11.1832.
- [14] 严炜, 刘光华, 李月仙, 刘倩, 段春芳, 张林辉, 李亚男. 云南木薯长茎直插栽培试验初报 [J]. *热带作物学报*, 2015, 36(12): 2125-2129. doi:10.3969/j.issn.1000-2561.2015.12.003.
- YAN W, LIU G H, LI Y X, LIU Q, DUAN C F, ZHANG L H, LI Y N. Experimental on vertically inserting cultivation of cassava in Yunnan [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2015, 36(12):2125-2129. doi:10.3969/j.issn.1000-2561.2015.12.003.
- [15] 韦本辉, 甘秀芹, 刘斌, 申章佑, 李艳英, 劳承英, 周佳, 周灵芝, 胡泊, 宁秀星, 吴延勇. 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. doi:10.3969/j.issn.2095-1191.2016.07.1088.
- WEI B H, GAN X Q, LIU B, SHEN Z Y, LI Y Y, LAO C Y, ZHOU J, ZHOU L Z, HU P, NING X C, WU Y Y. Breeding and cultivation techniques of Guimushu 1 and other cassava varieties [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2016, 47(7):1088-1094. doi:10.3969/j.issn.2095-1191.2016.07.1088.
- [16] 黄堂伟, 罗兴录, 樊吴静, 单忠英, 朱艳梅, 王战, 潘文兴, 黄小凤. 不同木薯品种苗期长势及叶片生理特性比较 [J]. *南方农业学报*, 2017, 48(1): 51-56. doi:10.3969/j.issn.2095-1191.2017.01.51.
- HUANG T W, LUO X L, FAN W J, SHAN Z Y, ZHU Y M, WANG Z, PAN W X, HUANG X F. Comparison of growth vigor and leaf physiological features among different cassava varieties during seeding stage [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2017, 48(1):51-56. doi:10.3969/j.issn.2095-1191.2017.01.51.
- [17] IRIÉ R, DJE B I, KOUADIO I, KOUASSI, KOUAMÉ K K, KOUAKOU L, KOUAKOU, JEAN-PIERRE BAUDOIN, BI I A. Evaluation of cassava varieties for weed tolerance ability [J]. *Experimental Agriculture*, 2018, 54(3):443-451. doi:10.1017/S0014479717000151.
- [18] MAPITA P, ANANPOLTHANEE, VIDHAYA T, ROBERT W, SIMMONS. Effects of cutting length and bud removal on root yield and starch content of cassava under rainfed conditions [J]. *Experimental Agriculture*, 2018, 54(3): 336-348. doi:10.1017/S0014479717000023.
- [19] AMPONSAH S K, BOBOBEE E Y H, AGYARE W A, OKYERE J B, AVEYIRE J, KING S R, SARKODIE A. Mechanical cassava harvesting as influenced by seedbed preparation and cassava variety [J]. *Applied Engineering in Agriculture*, 2014, 30(3):391-403. doi:10.13031/aea.30.10495.
- [20] 杨之曦. 木薯块根的生物特性和种植环境对机械收获的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2017, 45(33): 213-217. doi:10.13989/j.cnki.0517-6611.2017.33.068.
- YANG Z X. Effects of biological characteristics and planting environment of cassava root tubers on mechanized harvesting [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2017, 45(33):213-217. doi:10.13989/j.cnki.0517-6611.2017.33.068.
- [21] 崔振德, 邓干然, 李玲, 李国杰, 郑爽. 木薯垄作模式下起垄技术与设备研究进展 [J]. *热带农业工程*, 2018, 42(4): 12-16.
- CUI Z D, DENG G R, LI L, LI G J, ZHENG S. Research advances of ridging technology and equipment under cassava ridge culture mode [J]. *Tropical Agricultural Engineering*, 2018, 42(4):12-16.
- [22] 崔振德, 邓干然, 李国杰, 刘智强, 郑爽, 李玲. 木薯种植机种茎切断装置的设计 [J]. *农机化研究*, 2017, 39(4) 144-148. doi:10.13427/j.cnki.njyi.2017.04.028.
- CUI Z D, DENG G R, LI G J, LIU Z Q, ZHENG S, LI L. Design of cassava stalk cutter for cassava planting machine [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2017, 39(4)144-148. doi:10.13427/j.cnki.njyi.2017.04.028.

(责任编辑 白雪娜)