

荸荠机械收获与人工收获对比试验研究

王爱民 陈柳清 宋承琦 王文丽 熊 珺 樊 华 吴孟秋 肖作泽

武汉市农业机械化技术推广指导中心,湖北 武汉 430023

摘要:荸荠果实埋于湿粘土壤下,传统人工采挖的生产模式劳动强度大,耗费时间长,生产效率低,严重限制了荸荠产业的发展,农民对开发机械解决采挖难题的需求呼声极高。为了示范推广荸荠机械化收获,降低荸荠采挖劳动强度,提高采挖效率,通过引进荸荠采挖机,组织开展荸荠机械收获与人工收获对比试验,验证荸荠机械化收获效果,比较机械收获与人工收获对采挖明荠率、损伤率、采挖效率、捡拾效率的影响。结果表明,机械收获的采收效率、明荠率均高于人工收获,但破损率略高于人工收获。荸荠机械收获对降低规模种植户的劳动强度、延伸荸荠产业链条具有显著作用,推广荸荠机械收获具有一定的市场需求和应用前景。

关键词:荸荠;机械收获;人工收获;对比试验

中图分类号:S225.7

DOI: 10.3969/j.issn.2097-065X.2024.08.009

0 引言

荸荠俗称马蹄,是水田种植的一种特色水生蔬菜,兼具食药两用价值,经济效益高,在我国特色水生蔬菜中具有重要地位,荸荠产业对保障“国家菜篮子”工程具有重要意义。荸荠生长适应性较强,性喜温暖湿润,不耐霜冻,常生长在浅水田中,土壤则以土层浅薄、pH 值为 6~7 的砂质壤土或腐殖质壤土为宜。在我国,其分布几乎遍及除高寒地区外的各个省份,而经济栽培则主要分布在长江流域及以南地区^[1]。荸荠是中国水生蔬菜中出口较多的一大品类,在我国出口贸易中具有巨大的优势^[2]。湖北省武汉市长江新区陆咀村属长江中下游冲积平原,土质以沙壤土为主,适宜荸荠种植。该村种植的陆咀荸荠为国家地理标志产品,每年 5—6 月育苗,7—8 月移栽,11 月至次年 3 月采收^[3]。

在荸荠生产的各个环节中,收获环节难度最大,目前荸荠采挖依靠人工采挖^[4]和水力冲刷的生产模式。在荸荠收获环节,传统的人工采挖劳动强度大、耗费时间长、生产效率低^[5],随着人口老龄化加剧和农村劳动力向城市转移,无人挖荸荠、无机挖荸荠的问题极端突出,严重制约了该产业向规模化及深加工方向发展。机械化采收已经成为荸荠产业链发展的卡脖子环节,突破荸荠收获环节的机械化成为亟待解决的技术难题。因此,组织开展荸荠机械化收获技术试验示范,提高荸荠采挖效率,降低收获劳动强度,是推进该产业发展壮大的有效途径。

为了探索实现荸荠机械化收获,武汉市农业机械化技术推广指导中心指导长江新区陆咀村荸荠种植专业合作社引进了由华中农业大学研发^[6]、湖北首兴机械股份有限公司生产的荸荠采挖机,并组织

开展了荸荠机械收获与人工收获对比试验。

1 荸荠采挖机介绍

1.1 主要技术参数

湖北首兴机械股份有限公司 4BG-900S 型荸荠采挖机是一种集成荸荠铲挖、升运、土块破碎、泥果分离和果实低位铺放等工序为一体的悬挂式收获机具,主要技术参数见表 1。

表 1 4BG-900S 型荸荠采挖机主要技术参数

项目	技术参数
配套动力范围(kW)	36.8~73.5
外形尺寸(长×宽×高,mm×mm×mm)	2 750×1 300×1 300
挂接方式	三点悬挂式
结构质量(kg)	600
作业幅宽(mm)	900
最大行进速度(m/s)	0.3
最大作业深度(mm)	250

1.2 工作原理

荸荠采挖机在设计方案选择上要充分考虑机械的可靠性和通过性^[7],适应荸荠采收期的土壤环境;荸荠破损后不易保存,在采收过程中易造成果实的损伤,因此,荸荠采挖机在设计时要最大限度降低荸荠的损伤率;实现荸荠采挖机的自动化水平,采用标准化结构设计,在设计阶段要考虑操作简单、维护方便。

4BG-900S 型荸荠采挖机是一种专门用于旱收荸荠采收的农用设备(图 1)。荸荠采挖机是一种振动挤压破碎式荸荠收获机^[8],主要由前部振动铲挖、链杆式振动升运链和后部的钉齿式挤压辊、二级筛分链组成,采用了可拆卸的前后段组合设计,在前端

装置铲挖和振动碎土基础上,后端钉齿式挤压辊能够将土块进行二次挤压破损,并在二级筛分链杆的振动下使荸荠冒出土表,然后输送到机具后端,并平铺到地表,方便人工捡拾。这样的设计可以有效解决现有的块根类收获机存在的土壤破碎差、荸荠破损大等问题。



图 1 4BG-900S 型荸荠采挖机

1.3 研究试验应用现状

面对荸荠机械化收获存在的“无机可用”难题^[9],相关专家学者在荸荠收获机械的设计上提出了多种思路,并结合实际生产中荸荠品种、种植模式、土壤性质等重要因素,开展荸荠机械化收获研究。目前,国内在荸荠早收机械的研究上主要集中在解决挖掘、分离等问题,距离实现全自动采挖收集还有很长的路要走。也有学者对荸荠联合收获机提出了构想,目前还处在专利申请阶段^[10]。

湖北省团风县位于湖北省东部,团风荸荠被评为中国国家地理标志产品。4BG-900S 型荸荠采挖机研究团队在完成样机试制后,选择团风县进行了性能鉴定及试验示范,经测试,认为该机具达到先进水平,综合性能优越,填补了国内荸荠收获机械化空白。

2 对比试验

2.1 试验目的

开展荸荠机械收获与人工收获对比试验,验证 4BG-900S 型荸荠采挖机收获效果,为进一步突破荸荠收获技术难题及推广荸荠机械收获提供数据支持,推动武汉市荸荠机械化生产。

2.2 试验条件

试验地点位于武汉市长江新区陆咀村,试验时间为 2024 年 3 月 14 日,土壤性质为黄棕壤土,土壤含水率 33.88%,环境温度 25℃。要求试验田荸荠处于完熟期,且长势均匀、产量稳定,田表秸秆已清理离田。机械收获采用湖北首兴 4BG-900S 型荸荠

采挖机配套常发 CFF1204-H 型拖拉机,荸荠清洗采用武汉华瑞吉祥 6GQ-120-8 果蔬菜清洗机。

2.3 试验设备

(1)配套动力:常发 CFF1204-H 型拖拉机+首兴 4BG-900S 型荸荠采挖机;

(2)其他设备:武汉华瑞吉祥 6GQ-120-8 果蔬菜清洗机、温湿度测定仪、四齿耙、电子秤、卷尺、秒表、编织袋、笔记本等。

2.4 试验方法

将试验田分成面积相等的 A、B2 个区域,A 区域采用机械收获,B 区域采用人工收获。机械收获共采挖 2 次,要求采挖深度≥20 cm,分 2 次捡拾收集明荠;人工收获采用四齿耙进行采挖,要求采挖深度≥20 cm,人工捡拾收集明荠。明荠收集结束后,再采用人工采挖土层深度至 25 cm^[11],收集漏收荸荠,用于测定单位面积内荸荠总产量。在 A、B 区域内分别随机选择 5 m×0.9 m 的区域采集数据。试验过程中挖掘输送顺畅,未产生壅土、堵土现象。

2.5 试验内容

由于当前国内外没有荸荠收获相关的评价技术规范,因此以同为块根、块茎类作物的现有国家行业标准 NY/T648—2002《马铃薯收获机质量评价技术规范》^[12]为参照,设计本次荸荠收获机机械收获性能试验。

用不同的收获方式对荸荠进行收获,根据单位面积内收获荸荠的重量(洗净后)、作业时间,分别测定机械收获和人工收获的明荠率、破损率、采挖效率、捡拾效率等评价指标数据,并进行对比分析。

$$R_c = \frac{M_e}{M} \times 100\% \tag{1}$$

$$R_D = \frac{M_d}{M_e} \times 100\% \tag{2}$$

式中, M 为试验区域内全部荸荠果实的质量; M_e 为试验区域内掘出并收集的荸荠质量; M_d 为试验区域内收集到的有损伤的荸荠果实的质量; R_c 为明荠率; R_D 为破损率。

$$E_M = \frac{S}{T_e} \tag{3}$$

$$E_P = \frac{S}{T_p} \tag{4}$$

式中, S 为试验区域面积; T_e 为试验区域内掘出荸荠所用的时间; T_p 为试验区域捡拾收集荸荠所用的时间; E_M 为采挖效率; E_P 为捡拾效率。

3 结果与分析

3.1 不同收获方式对明荠率、损伤率的影响

由表 2 可知,采用荸荠机械收获作业 2 次明荠率可达 91.01%,比人工采挖明荠率 87.00% 高出

4.01个百分点;机械收获荸荠损伤率为8.17%,人工收获荸荠损伤率为6.02%,机械收获损伤率要略高于人工收获。

表 2 荸荠机械收获与人工收获明荠率、损伤率对比

项目	机械收获	人工收获
收获明荸重量(kg)	17.01	15.46
其中 损伤荸荠重量(kg)	1.39	0.93
漏收荸荠重量(kg)	1.68	2.31
明荠率(%)	91.01	87.00
损伤率(%)	8.17	6.02

3.2 不同收获方式对捡拾效率的影响

由表 3 可知,机械采挖 2 次的效率为 0.74 亩/h(约 493 m²/h),是人工采挖效率 0.02 亩/h(约 13 m²/h)的 37 倍;机械采挖后人工捡拾效率为 0.005 亩/h(约 3.3 m²/h),是人工采挖后人工捡拾效率 0.002 亩/h(约 1.3 m²/h)的 2.5 倍。

表 3 荸荠机械收获与人工收获采挖效率、捡拾效率对比

项目	机械收获	人工收获
采挖作业用时(min)	0.55	18
采挖效率(亩/h)	0.74	0.02
人工捡拾用时(min)	78	165
捡拾效率(亩/h)	0.005	0.002

备注:机械采挖 2 次,人工采挖 1 次,采挖和捡拾用工均为 1 人。

4 结果与讨论

试验结果表明,相比人工收获荸荠,采用机械收获在采挖效率方面有较大优势,可大幅减轻采挖环节劳动强度,节省大量劳力投入。且采用机械采挖后,由于土壤更加细碎,捡拾环节作业效率明显也比人工采挖的捡拾效率要高,同时,采用机械收获明荠率还高于人工收获。因此,推广荸荠机械收获对于扩大荸荠种植规模、延伸荸荠产业链条具有重要作用。当然,目前研发出来的荸荠采挖机在应用上还存在一系列技术难点,在荸荠采挖果实破损率高、泥果分离难等问题上,还需要根据旱地采收荸荠的作业条件下,进一步改进机械装置^[13]。由于采用机械采挖后,仍需投入人工耗时费力进行捡拾,降低了机器收获的综合效率,因此小规模种植农户对荸荠采挖机接受程度还不高。建议进一步加强对荸荠采挖机的研发,增加分离收集功能,将荸荠从土壤中分离

出来,实现采挖、碎土、分离、收集一次完成。

5 结语

根据荸荠采收期土壤特性和水分含量,设计了一种专门用于旱收荸荠采收的机械化装置,经过田间试验,机械采挖效率高、明荸率高、损伤率低,试验结果表现良好,能较好适应土壤特性。与人工采挖相比,荸荠采挖机能有效地提高荸荠采收效率,节省劳动成本,提高荸荠种植的经济效益。

参考文献:

[1] 黄宁,李素云,黎进.南方地区荸荠采收现状与发展对策:以贺州市为例[J].农业工程,2016,6(1):5-8.

[2] 李如霞,谢佳琪,郭秀琪,等.中国荸荠出口贸易市场格局及形势分析[J].长江蔬菜,2024(4):1-6.

[3] 戴桂荣,冯慧光,龚瑾.长江流域荸荠高产栽培技术[J].科学种养,2020(12):33-34.

[4] 张杰,付祖科,马亚平,等.荸荠采收专用齿铧的设计制造与使用效果[J].上海蔬菜,2010(6):79-80.

[5] 李成平,李俊雨,潘文宏.荸荠采收机械化发展现状与对策[J].农业工程,2023,13(4):10-13.

[6] 吴泽栋,刘浩蓬,张国忠,等.振动挤压式荸荠收获机的设计与试验[J].华中农业大学学报,2024,43(2):205-214.

[7] 陈子林.荸荠采收机设计与试验研究[D].武汉:华中农业大学,2018.

[8] 张清洪.荸荠收获机泥果分离装置设计与试验[D].武汉:华中农业大学,2023.

[9] 陈亦辉.我国荸荠生产、采收和加工技术研究进展[J].长江蔬菜,2013(18):41-47.

[10] 安徽农业大学.一种辊轴式荸荠联合收获机:CN201711334990.2[P].2023-08-29.

[11] 扬州大学.一种便携式荸荠收获机:CN202320504599.7[P].2023-07-14.

[12] NY/T 1415-2007,马铃薯种植机质量评价技术规范[S].

[13] 张国忠,张清洪,刘婉茹,等.荸荠收获机弹簧辊式泥果分离装置研制[J].农业工程学报,2024,40(2):164-175.

作者简介:王爱民,男,1969年生,高级工程师。研究方向为农业信息化、数字农业、农机化技术推广。宋承琦(通讯作者),男,1978年生,经济师。研究方向为农机化技术推广。