

榨菜收获装备研究现状与展望*

俞国红¹, 郑航¹, 薛向磊¹, 杨槐均²

(1. 浙江省农业科学院农业装备研究所, 杭州市, 310021;
2. 浙江省绍兴市新昌县农业机械管理站, 浙江新昌, 312500)

摘要:榨菜作为我国特有的农作物,收获过程大量依赖人工,国外鲜有针对榨菜机械化收获装备的研究,为研制出生产中可推广应用的榨菜收获机械,缓解我国榨菜生产劳动力短缺的困境,促进该特色产业可持续发展,归纳我国榨菜主要产区的种植农艺和收获要求,阐述我国榨菜收获机械化技术研究现状,针对现有榨菜联合收获机、自走式小型榨菜收获机及手扶式榨菜收获机,对相应关键技术、使用效率、收净率、使用寿命对比分析,总结我国榨菜收获机械化存在着关键技术尚未得到改善、收净率低、工作效率不高、使用寿命低等难点,提出我国榨菜产业未来应实现农艺与农机相融合,榨菜机械化收获可分段分节实现,需要提高榨菜收获关键技术研究的创新能力等发展意见,为我国榨菜机械化收获技术与装备的研发提供参考。

关键词:榨菜收获技术;榨菜联合收获机;自走式;手扶式;收净率

中图分类号:S225.92 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5553(2021)06-0017-04

俞国红, 郑航, 薛向磊, 杨槐均. 榨菜收获装备研究现状与展望[J]. 中国农机化学报, 2021, 42(6): 17-20

Yu Guohong, Zheng Hang, Xue Xianglei, Yang Huaijun. Research status and development prospects of tumorous stem mustard harvesting [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2021, 42(6): 17-20

0 引言

榨菜为我国特有的蔬菜种类,种植范围包括重庆、浙江、江苏、福建等地,是主要的农业经济作物之一,每年实现外汇收入数万亿美元,我国目前榨菜产量达到 400 万 t,经济效益 200 亿元^[1-2]。重庆市榨菜种植面积达 91.5 km²,约占全国种植面积 1/2,仅涪陵地区就有近 48 km²,榨菜是重庆涪陵农村支柱产业和当地农民的主要经济来源,已形成了全形榨菜、方便榨菜、出口榨菜三大系列 100 多个产品品种,产品销往全国各大中城市及县乡市场,2018 年的产值已达到了 102 亿元^[3-4]。目前榨菜出口日本、东南亚及有华人居住的世界各国,与欧洲的酸黄瓜、德国的甜酸甘蓝成为世界三大名腌菜,也是中国对外出口的三大名菜^[5]。

目前,我国蔬菜机械化水平已进入快速发展阶段,其中茎叶类蔬菜(小白菜、甘蓝、芦蒿、芹菜、苋菜、菠菜、空心菜)收获技术达到国际先进水平,而榨菜机械化收获研究基本处于起步阶段,其收获过程完全依靠人工,具有劳动强度大(作业包括弯腰、侧搬、砍茎、起身、削茎、去叶、装框、搬运),收获效率低、作业成本高等缺点,随着农村劳动力出现断崖式缺乏和人力成本持续上涨,

收获已成为制约榨菜产业可持续发展的关键环节。因此,基于国内外蔬菜机械化收获的研究基础研发出结构参数合理,满足我国榨菜种植特点和收获要求的榨菜机械收获装备迫在眉睫。本文分析了现有榨菜收获机械的研究现状,提出了存在问题和收获关键技术难点以及今后榨菜机械化收获的研究方向,旨在为我国榨菜收获机械的进一步发展提供借鉴和参考。

1 榨菜种植农艺以及收获要求

1.1 榨菜种植农艺要求

榨菜属于十字花科的茎用芥菜,又名茎瘤芥,其茎可分为缩短茎和膨大茎两段(图 1),膨大茎又可称为茎瘤,以其膨大的茎供食^[6]。榨菜一般采用露地栽培,重庆、四川、浙江等榨菜主产地于每年的 10 月开始种植,主要有直播和育苗移栽两种方式。目前全国还没有统一标准的种植,西南产出榨菜种植行距 30 cm,株距 30 cm,平均每公顷种植 90 000 株左右,浙江产出榨菜种植行距 25 cm,株距 17 cm,平均每公顷种植 225 000 株左右^[7],一般当榨菜 50% 植株抽苔时开始采收,榨菜整个收获周期约半个月,在每年 2 月底—4 月初内完成^[8]。

收稿日期:2021 年 5 月 6 日 修回日期:2021 年 5 月 17 日

* 基金项目:浙江省科技计划项目(2020C26001)

第一作者:俞国红,男,1969 年生,浙江萧山人,高级工程师;研究方向为农业机械化工程。E-mail: Yuguohong@163.com

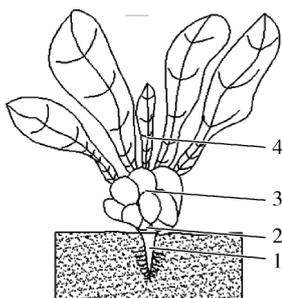


图1 榨菜及各部位

Fig. 1 Map of tumorous stem mustard

1. 须根 2. 缩短茎 3. 茎瘤 4. 缨叶

1.2 榨菜收获要求

榨菜收获作为榨菜产业机械化率最低的环节,具有农艺要求高、作业难度大、收获周期短的特点一旦错过收获期菜头就容易空心,影响品质和销售价格。采收后的菜头2/3以上用于腌制制作榨菜,因此收获要求包括^[9]:(1)收获过程中需去除缩短茎、根部以及缨叶,保持茎瘤完整;(2)收后的青菜头外表皮破损面积不得超过菜头面积的15%;(3)收获后青菜头应尽量较少粘土,不得水洗;(4)收获后菜头需要及时运输、妥善储存以便及时用于加工。

2 国内榨菜收获装备发展现状

榨菜是我国特有的农产品,受种植区域限制,国外针对榨菜机械化收获技术研究较少,有关榨菜机械化收获装备的研究鲜见有报道,针对与榨菜外形类似的蔬菜(如甘蓝、圆白菜等)机械化收获技术已趋于成熟。鉴于国外缺乏榨菜物理特性及相应的田间试验研究,类似作物收获机械不可直接应用于榨菜收获。因而,榨菜收获机械化发展水平基本以国内为准。国内近年来对于榨菜收获机的研究从未间断,一些大学、科研机构 and 农业科技公司都尝试研发出适用于榨菜收割的相关设备^[10-13]。2013年宁波市某公司研发了联合榨菜收获机^[14](样机如图2所示),该机由全喂入履带收割机底盘改装而成,能一次性实现榨菜拔取、除泥、切叶、分离、输送和收集等功能。工作时,位于收割装置下端的松土铲将榨菜根部泥土铲松,随后由夹持机构将榨菜茎叶夹持拔取,拔起后榨菜头在输送的过程中由双圆盘切割刀将菜叶及根部切除,切下的菜叶及根部掉落在土壤中,随后除杂装置对含有少量叶柄和泥土进行清理,通过输送装置将清理完成的榨菜头运送到集装箱中,即完成了整个榨菜收获过程,但由于损失和破碎的关键技术未得到有效改善,仅处于样机试制阶段,尚未实现产业化推广与应用。

西南大学叶进等针对重庆涪陵榨菜种植特有的丘陵山区地貌,设计一种小型手扶式榨菜收获机^[18],如

图3所示,该机具有扶叶、夹持拔取、输送、切叶等功能。作业时,由扶叶器将散开的叶直立扶正,并通过一定的张角将茎叶逐渐聚拢送至拔取机构,拔取机构的夹持条和传送带将榨菜叶夹持、拔取菜头,并沿夹持输送带方向运动,在夹持拔取的同时,榨菜根部由安装在夹持机构下方的切根装置切除,切根后的菜头和缨叶在夹持运输过程中进行切缨操作,切缨后的榨菜头最终掉落在收集箱中。经过田间试验发现该设备能够适应丘陵山区,初步实现榨菜机械化收获,但榨菜根部与土壤作用力较大,使得夹持拔取机构很难将榨菜头从土壤中拔取,导致榨菜收净率较低;另外该机器没有对行功能,容易发生菜叶夹持失败,仍需进一步改进设计。

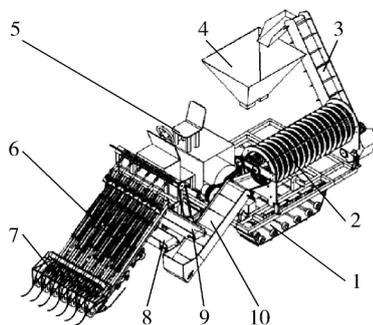


图2 榨菜联合收割机

Fig. 2 Combine harvester of tumorous stem mustard

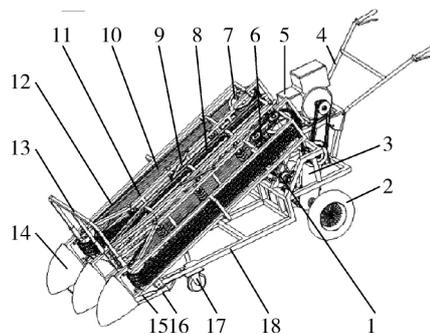
1. 履带底盘 2. 除杂装置 3. 升运装置 4. 收集箱
5. 操作台 6. 拔取装置 7. 菜叶收集装置 8. 菜头输送带
9. 菜叶输送带 10. 菜头输送装置

图3 手扶式榨菜收获机

Fig. 3 Structure diagram of tumorous stem mustard harvester

1. 离合器组件 2. 行走轮 3. 减速箱 4. 扶手 5. 动力总成
6. 直角换向器 7. 大夹持带轮 8. 中间支架 9. 切叶切缨刀
10. 夹持输送带 11. 内支架 12. 夹持拔取机架 13. 飞拱
14. 扶叶器 15. 圆盘刀 16. 切根装置 17. 万向轮 18. 主机架

农业农村部南京农业机械化研究所肖宏儒等^[16]对手扶式榨菜收获装置进行了结构改善及试验。针对榨菜收获难题,在现有研究基础上设计了一种4行榨菜联合收获机。如图4所示,该设备主要由夹叶输送总成、圆盘切根装置、切根高度独立仿形系统、割台高度调节装置、切叶装置、除叶总成、收集装置等组成,可一次完成青菜头的切根、输送、去叶除杂、装箱等作业。经过田间试验表明该设备机具性能稳定,作业顺畅,初

步实现榨菜机械化收获要求,通过试验表明:榨菜损失率 9.96%,破损率 19.37%,清洁率 90.04%。但由于种植土地不平整,榨菜茎根结合部位离地面高度不一致,当切割部位过高时,榨菜收获损失严重,切割部位过低时,高速旋转的切割刀具容易进入土壤中,造成刀具磨损,严重影响使用寿命。

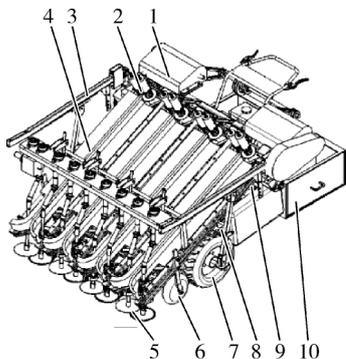


图 4 手扶自走式榨菜收获机

Fig. 4 Structure diagram of self-propelled tumorous stem mustard harvester

1. 动力系统总成
2. 切叶装置
3. 机架
4. 夹持输送装置
5. 双圆盘切割刀
6. 独立仿形系统
7. 割台装置调节系统
8. 履带底盘
9. 除叶总成
10. 收集箱

重庆市农科院庞有伦等^[17]针对青菜头的生物特性和农艺要求,设计一种具有地面仿形和柔性夹持功能的小型青菜头收获机。该机械包括柔性夹持装置、往返切割装置、提升运输装置以及履带行走底盘等装置组成。作业时,将对行性差的榨菜聚拢至拔禾爪内侧,榨菜进入夹持机构,由往复切根装置完成榨菜根部切除,随后榨菜被输送到提升运输装置,再经提升装置运输至出料槽。田间试验结果表明:切割成功率为 89.5%,青菜头损伤率为 10.8%。由于土壤粘性大,切割刀表面容易形成壅土堵塞,影响收获作业,机器实际工作效率较低。

综上所述,现有榨菜联合收获机关键技术尚未得到改善,对菜头损伤率较高,目前仍处于样机试制阶段;小型手扶式榨菜收获机收净率较低,夹持菜头容易失败,使用效率不高;菜头根部切割装置关键部件使用寿命低。

3 存在问题

通过分析现有的榨菜收获装备,我国榨菜收获机械化、自动化技术的研究及技术水平尚未完全成熟,榨菜机械化收获技术的研究和执行机构的设计还存在以下问题,制约其在我国的实际应用及推广。

1) 农艺与农机难融合。榨菜的机械化收获对农艺要求较高,榨菜种植规范未形成标准,菜头顶叶茂盛,不利于机械实现自动对行、夹持;榨菜主产区的生产耕地多不平整,有些丘陵地区甚至无法实现耕地作业;榨菜

种植区多为丘陵山区小块地形,分布广且分散,普遍存在机械田间作业空间少,运行和转弯困难等问题,这给榨菜收获机械对地形的适应能力提出了更高的要求。

2) 根部切割难度较大,菜头损伤严重。由于榨菜头的瘤状茎底部贴近土表,部分甚至略陷于土表,割刀很难对准榨菜根部合理的切割位置,割刀过高导致茎瘤损失较大,位置过低则需要割刀进入土表以下,导致切割阻力巨增,容易使刀片磨损,同时造成割刀表面壅土堵塞和重复切割的现象,进而导致菜头损伤严重,收获效果差。

3) 现有榨菜收获技术仍不成熟。国内外现有的蔬菜类收获技术大都采用松土、拔取、根茎分离等方式进行机械化收获,而我国西南地区榨菜种植土壤水分高、粘性大,榨菜根部与土壤间的作用力大,菜头须根发达而茎叶脆弱易断,传统的先拔取后切根收获方式容易造成菜头表皮的破损加快腐烂速度,同时也会影响整个的菜窖的风味品质,达不到人工收获的作业质量。

4 发展建议

1) 加强农艺与农机的深度融合。农机与农艺相辅相成,标准化种植是榨菜机械化收获实现的前提与保证,榨菜机械化收获的效率和榨菜收获后的品质与榨菜品种和栽培模式关系密切。按照机收要求确定整地规范、榨菜种植行距、株距以及种植密度,培育菜头顶叶集中,菜叶均匀且菜头根部较长作为宜机化品种,不断加强农艺与农机融合研究,是实现榨菜机械化收获的关键,同时收获机可根据现实情况实现行距、株距微调,以适应不同地区的机收作业。

2) 分段实施榨菜机械化收获作业。榨菜是我国特有的农产品,榨菜收获与现有成熟机型的甘蓝、胡萝卜等蔬菜方式类似,但其物理特性相差甚远,且我国榨菜种植地区地形地貌差异显著,现有的榨菜收获技术还未成熟,短时间内很难研发出可以投入实际生产应用的“多功能榨菜联合收获机”。为缓解目前榨菜收获“无机可用”现状,应将榨菜收获作业分解成“切缢—切根—集条—收集”环节,重点突破丘陵山地地形仿形切根技术,分别研制各环节的配套机具或部分联合作业机具,旨在缓解人工作业劳动强度大,作业效率低的困境,提高榨菜产业经济效益。

3) 加大政府扶持,促进科技创新。我国榨菜种植多为丘陵山区,所使用的小型榨菜收获机械存在研发难度较大、利润低以及推广难度大等因素,使得许多企业望而却步。2021 年中央一号文件明确指出:提高我国农机装备自主研制能力,支持高端智能、丘陵山区农机装备的研发制造,加大购置补贴力度,开展农机作业

补贴。因此,政府应加强对适用于我国榨菜小型农具的研究和使用的重视程度,积极引导农民按照适合机械化收获调整种植结构,加大支持相关企业和科研院所研发适应于当地榨菜的收获技术与装备,强化创新驱动能力,加大新产品的推广试用力度,促进我国榨菜收获机具投入使用。

5 结论

榨菜的深加工已经全面实现了机械化,而榨菜的收获目前还处于人工收获阶段,虽然榨菜机械化收获技术进行了部分研究,并取得了一些阶段性成果,但是总体还处于起步阶段,现有的榨菜收获装备还存在不少问题,距离实际投入田间使用还有一定的差距。

随着农村人口劳动力的断崖式缺失和人力成本的持续升高,采用人工收获榨菜必将限制整个榨菜产业的发展,榨菜生产迫切需要高效、实用的机械化收获方式。通过农艺与农机的深度融合、分段开展榨菜机械化收获环节的研究,提高收获关键技术的创新能力,开发符合我国榨菜种植产业的榨菜收获机械,对实现榨菜机械化收获和促进产业可持续发展具有重大的意义。

参 考 文 献

[1] 中国农业科学院蔬菜花卉所. 中国蔬菜品种志[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001.
[2] 艾海涛. 重庆市涪陵榨菜产业可持续发展研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2016.
[3] 况冕, 董鹏, 李姍蓉. 重庆市青菜头产销现状与分析[J]. 中国园艺文摘, 2015, 31(3): 51-54, 89.

[4] 邓小庆. 重庆市涪陵区种植业发展现状及对策研究[D]. 重庆: 西南大学, 2020.
[5] 刘福寿. 产业扶贫背景下涪陵榨菜产业发展对策研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2018.
[6] 王爱民, 邹瑞昌, 王远全, 等. 茎瘤芥(榨菜)异常生长和主要病虫害为害特点及防治措施[J]. 中国蔬菜, 2017(12): 95-98.
[7] 沈志昂, 周海浪, 钱晓明. 榨菜规范化高产栽培技术[J]. 现代园艺, 2020, 43(3): 70-71.
[8] 薛元鹏, 陈俊杰, 叶进, 等. 青菜头物理力学特性研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(2): 147-152.
[9] 龚境一. 青菜头切割装置的设计与优化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2018.
[10] 郝林杰, 叶进, 岳高峰, 等. 青菜头缩短茎物理力学特性的试验研究[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(12): 30-36.
[11] 张培坚. 机收榨菜 十年梦圆[J]. 宁波通讯, 2016(10): 34-37.
[12] 吴渭尧. 一种榨菜收割及清理收集装置[P]. 中国专利: CN201320856687.X, 2014-06-25.
[13] 冯伟, 李平, 张先锋, 等. 榨菜收获机割台结构设计及试验[J]. 南方农业, 2018, 12(34): 127-129, 133.
[14] 吴渭尧. 榨菜收获机[P]. 中国专利: CN201420266019.6, 2014-10-08.
[15] 叶进, 杨仕, 刘玲, 等. 一种榨菜收获机[P]. 中国专利: CN201610521653.3, 2016-11-30.
[16] 金月, 肖宏儒, 宋志禹, 等. 手扶自走式青菜头联合收获机设计与试验[J]. 中国农机化学报, 2020, 41(11): 45-50.
[17] 张涛, 李英, 宋树民, 等. 基于柔性夹持的青菜头收获机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2020, 51(S2): 162-169, 190.

Research status and development prospects of tumorous stem mustard harvesting

Yu Guohong¹, Zheng Hang¹, Xue Xianglei¹, Yang Huaijun²

(1. Institute of Agricultural Equipment, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, 310021, China;

2. Agricultural Machinery Management Station of Xinchang County, Shaoxing City, Zhejiang Province, Xinchang, 312500, China)

Abstract: Tumorous stem mustard is a unique agricultural product in our country. Tumorous stem mustard harvesting is still mainly artificial. Its harvest is of great significance in solving the shortage of rural labor force and increasing economic profits. To develop a tumorous stem mustard harvester that can meet the requirements of promotion and application, this article summarized the planting agronomy and harvest requirements of the main production areas of tumorous stem mustard in our country by combining literature review. It described the domestic research status of tumorous stem mustard mechanized harvesting. Aiming at the existing tumorous stem mustard combined harvester machinery, small self-propelled stem mustard harvesting machinery, and walk-behind stem mustard harvester, comparative analysis of key technologies, work efficiency, net yield, and service life of each mechanical equipment were analyzed. It also summarized the key technologies of Tumorous Stem mustard harvesting machinery, low net yield, low work efficiency, low service life, and other difficulties. The tumorous stem mustard industry should combine agricultural machinery and agronomy technology in the future that has been put forward. The mechanized harvesting of tumorous stem mustard should be carried out in different links. The innovation ability of key technologies for tumorous stem mustard harvester should be improved.

Keywords: harvest technology of mustard tuber; mustard combine harvester; self propelled; walking style; net income rate