

引用本文格式 赵晋, 黄贇, 柳国光, 等. 马铃薯低损收获技术[J]. 农业工程, 2023, 13(8): 14-17. DOI: 10.19998/j.cnki.2095-1795.2023.08.003. ZHAO Jin, HUANG Yun, LIU Guoguang, et al. Low-loss harvesting technology of potato[J]. Agricultural Engineering, 2023, 13(8): 14-17.

马铃薯低损收获技术

赵晋, 黄贇, 柳国光, 徐锦大

(金华市农业科学研究院, 浙江 金华 321000)

摘要: 马铃薯是重要的粮食作物, 对于保障粮食安全具有积极作用, 在其生产过程中, 机械化收获是促进高效生产的关键环节。目前, 马铃薯机械化收获过程中会造成薯块损伤, 进而容易引起薯块腐烂, 影响整体品质和产量, 在一定程度上限制了马铃薯机械化收获技术的推广应用。阐述了国内外马铃薯收获装备研究状况, 探讨分析了防缠绕、挖掘、薯土分离和集薯等收获技术及其过程中存在的马铃薯机械损伤情况, 以期提高马铃薯机收效果。

关键词: 马铃薯; 低损收获技术; 机械化收获

中图分类号: S22 文献标识码: A 文章编号: 2095-1795(2023)08-0014-04

DOI: 10.19998/j.cnki.2095-1795.2023.08.003

Low-loss Harvesting Technology of Potato

ZHAO Jin, HUANG Yun, LIU Guoguang, XU Jinda

(Jinhua Academy of Agricultural Sciences, Jinhua Zhejiang 321000, China)

Abstract: Potato is an important dry grain crop, which plays a positive role in ensuring food security. In its production process, mechanized harvesting is the key link to promote efficient production. At present, potato chips will be damaged in process of mechanized potato harvesting, which is easy to cause potato chips to rot, affecting overall quality and yield, and limiting popularization and application of potato mechanized harvesting technology to a certain extent. Research status of potato harvesting equipment at home and abroad were elaborated, harvesting technologies such as anti wrapping, excavation, potato soil separation, potato harvesting, as well as mechanical damage to potatoes during process, were explored and analyzed in order to improve efficiency of potato harvesting.

Keywords: potato, low-loss harvesting technology, mechanized harvesting

0 引言

马铃薯是根茎类作物, 具有营养价值高、适应性强的特点, 是重要的粮食作物, 也可作为蔬菜、休闲食品、工业原料。马铃薯在全球广泛种植, 目前我国马铃薯总产量居世界首位^[1]。马铃薯生产属于劳动密集型作业, 尤其是收获环节, 劳动强度大, 虽然目前已有机械收获, 但仍以人工挖掘或分段收获为主。统计显示, 2017年我国马铃薯机收率21.88%, 生产机械化水平远低于水稻、小麦和玉米等粮食作物, 机械化收获技术发展空间巨大^[2]。《关于推进马铃薯产业开发的指导意见》中明确提出, 将马铃薯作为主粮产品进行产业化开发, 马铃薯机械化生产技术装备作为保障安全生产的重要手段, 其质量水平面临更大挑战^[3]。

由于收获机械的关键部件是金属材料, 在应用过程中, 薯块不可避免的会受到损伤, 受损薯块外观商品性差且容易腐烂, 不利于储藏、加工和销售, 从而引起一定的产量损耗。随着“减损就是增产, 降耗就是增效”意识的不断强化, 节粮减损已成为提高粮食安全保障水平的重要方向。因此, 马铃薯低损收获技术的研究对于提高马铃薯品质、促进马铃薯生产开发乃至确保粮食安全具有重要意义。本研究阐述国内外马铃薯收获装备研究状况, 探讨分析防缠绕、挖掘、薯土分离、集薯等收获技术及其过程中存在的马铃薯机械损伤情况, 以期提高马铃薯机收效果。

1 收获装备现状

国外发达国家关于农业机械的研究起步早、水平

收稿日期: 2023-03-12 修回日期: 2023-06-06

基金项目: 浙江省尖兵计划项目(2022C02007); 金华市院地合作项目(2021-4)

作者简介: 赵晋, 工程师, 主要从事农机与检测技术研究 E-mail: qitianqing123@163.com

徐锦大, 通信作者, 正高级工程师, 主要从事农业机械研究 E-mail: why0578@163.com

在线投稿
www.d1ae.com

高,直到 20 世纪中叶,欧美国家,以及日本、韩国等先后实现了马铃薯机械化收获,产品类型也由牵引式挖掘机逐步发展到自走式联合收获机^[4]。目前,在美国、德国等多平原的国家,马铃薯机械化收获多是采用联合收获机直接收获马铃薯,在意大利、日本、韩国等多山地种植的国家,则通常采用挖掘机配合具有分选功能的捡拾机进行分段收获^[3-4]。在马铃薯收获机械品牌中,德国格力莫公司的 TECTRON415 型全能收获机、比利时 AVR 公司的 Espirit 机械收获设备、波兰 Akpil 公司的 BULWA2-2 型马铃薯挖掘机等机型,自动化程度高、收获效率高、制造技术水平高,在行业内具有较高的知名度^[5-6]。

国内对于马铃薯收获机械的研究始于 20 世纪 60 年代,与欧美等发达国家相比,国内研发侧重于中小机型,通过科研院所和制造企业的不断探索,出现了一批具有代表性的产品。如中机美诺系列 1700 型马铃薯收获机,填补了我国大型马铃薯收获机的空白^[5-6]。洪珠 4U-170 型马铃薯收获机则适用于分段收获,机型小巧、结构较简单、性价比高,推广应用较为广泛,并且更适于丘陵山区、小田块等地形使用^[6]。

统计显示,南方丘陵山区地块面积占全国 60% 以上,是我国马铃薯、甘薯等薯类作物的主要产区^[7]。丘陵山区田块小、坡度不一致、土壤黏性重易板结,不适宜采用大型联合收获机进行马铃薯收获,同时,马铃薯种植品种多样、种植模式各异,对机型专用性要求高。根据种植农艺条件,目前丘陵山区马铃薯收获基本采用分段式收获,而受限于地形地貌,现有马铃薯收获机在实地应用中存在收获效率低、薯土分离效果不佳、伤薯率和破皮率较高,这些现象限制了机械的广泛应用,导致了马铃薯收获机械化程度较平原地区低很多,制约着马铃薯产业的提升发展^[8]。

2 收获技术与损伤分析

伤薯率、破皮率和明薯率是评价马铃薯收获机械性能的重要指标,在机械收获过程中,杀秧、切土、挖掘、薯土分离和收集等工序都将对马铃薯损伤产生影响,碰撞、摩擦、剪切和碾压是造成马铃薯出现损伤的主要原因^[9]。研究显示,70% 的马铃薯机械损伤是由收获环节产生的,损伤形式主要表现为表皮破损、薯块破裂、组织褐变等,这些损伤会导致马铃薯溃烂,无法储藏和销售,直接影响农户的经济效益^[10]。近年来,国内外研究人员通过试验、仿真等形式开展了较多关于马铃薯机械损伤机理的研究,探寻马铃薯受损情况与收获机收获工序间的关联,以此改进收获机关键结构、优化工作参数,进而提升整机工作性能和收获效果^[11]。

2.1 防缠绕技术

杀秧是马铃薯采收的前置工序,为了避免马铃薯藤蔓缠绕收获机械,影响机械收获,通常采用机具先对藤蔓进行切割清理,但是由于马铃薯种植深度差异,存在杀秧机具碰撞到位于浅土层的薯块,甚至将其连着藤蔓拉出土层,进而致使薯块破损。由于现有杀秧机具无法将垄沟底部的藤蔓清理干净,有时会存在杀秧效果不理想,马铃薯残藤、杂草较多,在后续薯土分离时,升运链轮容易被其缠绕引起积累堵塞,增加了机构运转阻力,增大薯块与升运机构间的碰撞程度,甚至造成机构损坏。王涛等^[12]设计的防缠装置安装在收获机前端两侧,采用滑切方式切断藤蔓,装置由圆盘式切草刀、刀轴和轴承座等构成,通过链轮传动系统驱动,两侧刀轴设有正反螺纹,圆盘刀所受摩擦力与圆盘刀转向一致,切断的藤蔓跟随分离装置掉落至后方或挡至于机架侧板外。战长龄等^[13]设计了两种防缠绕装置,其中被动式防缠绕装置采用横向旋转式作业,主要由两组带有螺旋叶片的辊筒构成,主动式防缠绕装置主要由辊筒、切刀、轴承、驱动齿轮及带轮等构成,作业时两组辊筒反方旋转,田间试验显示防缠绕性能上,主动式优于被动式。

2.2 挖掘技术

挖掘是造成伤薯现象较严重的工序之一,由于马铃薯生长于土层下,挖掘效果受到挖掘铲结构形式、入土角度、入土深度的影响。种植时的地垄弯曲、垄形坍塌、垄沟填没等,容易导致挖掘铲对行偏离、挖掘深度不均。若挖掘铲入土深度过浅,会导致挖掘铲运动轨迹与马铃薯生长区域位置重叠,造成薯块的剪切损伤,或是压土轮造成的薯块碾压损伤;挖掘铲入土过深,则会增大土壤挖掘量,增加机械前进阻力,造成薯土分离时含土量过大,影响分筛效果,还可能导致薯块重埋入土,降低明薯率^[14-15]。因此,应加强挖掘深度控制技术的研究,以提升挖掘深度和位置的准确、稳定和可靠。李涛等^[16]设计的挖掘深度自动控制系统,采用传感器、液压和单片机等综合控制技术,利用接触式深度探测系统,可根据地垄高度实时调整挖掘深度。此外,挖掘铲与薯土分离装置间的合理衔接,挖掘铲结构形式的优化,可提高薯土通过顺畅性,减小挖掘阻力,减轻薯块间的摩擦、碰撞损伤。近年来,仿生技术被大量应用在挖掘铲形式的设计中,研究人员根据野猪、蜈蚣、獾和田鼠等擅于掘土的动物拱嘴或爪趾外形,优化改进了挖掘铲外形及其运动轨迹,相比原来的平面铲形,具备更优的减阻性能^[17-18]。

2.3 薯土分离技术

薯土分离是通过振动或抖动方式完成,分离薯土的同时向后运输马铃薯,分离装置形式主要有杆条升

运链式、摆动筛式和拨辊推送式,其中以杆条升运链式应用最为广泛^[19-20]。马铃薯和土壤分离运输的过程中不断被向后上方抛甩,由此会在薯土分离装置上产生跳动、翻滚和前后移动,薯块与升运杆条之间、薯块与薯块之间都会存在相互摩擦、碰撞,由此会造成马铃薯表皮破损、内部组织损伤,升运链振动幅度越大,碰撞时的相对速度越大,损伤也越严重。武德勇^[21]通过 Hertz 接触理论分析发现,损伤程度与马铃薯质量、跌落高度、马铃薯弹性模量和橡胶管厚度等因素相关,合理设置升运链倾角、抖动轮运动轨迹半径和抖动轴转速,优化提升升运链作业质量,可有效减少马铃薯在薯土分离环节中的损伤。如若整机机架空间不够,会出现薯土堆积在分离运输环节,影响通过顺畅性,增大了马铃薯受损机率。

2.4 集薯技术

集薯过程中出现的薯块跌落比较容易引起薯块内部组织损伤,特别是采用二级或多级输送集薯技术时,提升坡度大、输送距离长,输送分离装置末端高度过高,薯块下落时受到的冲击更强,损伤程度也较重。增加尾筛装置为马铃薯下落过程提供辅助缓冲,能够减轻马铃薯的损伤程度^[14]。不论是应用分段式收获机后由人工捡拾套袋,还是应用联合收获机完成自动装箱,收集过程中都会产生马铃薯间的相互碰撞损伤。

3 结束语

利用离散元仿真、有限元分析、试验测试等多手段结合,开展对马铃薯机械损伤机理的研究,可为马铃薯收获机械性能的提升改进提供理论依据。未来需要针对不同地域土壤性质,进一步明确马铃薯、土壤、机械装置之间的动力学特性,提高马铃薯收获机的通用性和可靠性,不断推动我国马铃薯机械化收获技术的进步。

参考文献

- [1] 孙传祝,魏忠彩,苏国梁,等.基于高效低损目标的马铃薯收获机改进设计[J].农机化研究,2018(12):65-69.
SUN Chuanzhu, WEI Zhongcai, SU Guoliang, et al. Improved design of potato harvester based on high efficiency and low loss target[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2018(12): 65-69.
- [2] 胡彬生,骆赞磊,邱瑜,等.南方丘陵区薯类生产机械化现状与发展思路:以江西省为例[J].现代农业装备,2020,41(2):69-75.
HU Binsheng, LUO Zanlei, QIU Yu, et al. Research status and development path of tuber production mechanization in China southern hilly area: take Jiangxi Province as an example[J]. Modern Agricultural Equipment, 2020, 41(2): 69-75.
- [3] 张兆国,李彦彬,王海翼,等.马铃薯机械化收获关键技术与装备研究进展[J].云南农业大学学报(自然科学),2021,36(6):1092-1103.
ZHANG Zhaoguo, LI Yanbin, WANG Haiyi, et al. Research progress on key technology and equipment of potato mechanized harvest[J]. Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science), 2021, 36(6): 1092-1103.
- [4] 郭新峰.小型马铃薯收获机关键部件的设计与研究[D].石河子:石河子大学,2017.
GUO Xinfeng. Design and research on the key components of small potato harvester[D]. Shihezi: Shihezi University, 2017.
- [5] 胡良龙,田立佳,计福来,等.国内甘薯生产收获机械化制因素索与探讨[J].中国农机化,2011(3):16-18.
HU Lianglong, TIAN Lijia, JI Fulai, et al. Analysis and discussion on the restriction cautions for harvesting mechanization of sweet potato in China[J]. China Agricultural Mechanization, 2011(3): 16-18.
- [6] 窦青青,孙永佳,孙宜田,等.国内外马铃薯收获机械现状与发展[J].中国农机化学报,2019,40(9):206-210.
DOU Qingqing, SUN Yongjia, SUN Yitian, et al. Current situation and development of potato harvesting machinery at home and abroad[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2019, 40(9): 206-210.
- [7] 徐锦大,王涛,吴列洪,等.丘陵山区薯类生产装备有效供给的现状与对策[J].中国农机化学报,2017,38(5):129-134.
XU Jinda, WANG Tao, WU Liehong, et al. Present situation and countermeasures about effective supply of potato production equipment in hilly and mountainous areas[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2017, 38(5): 129-134.
- [8] 柳国光,王涛,程林润,等.马铃薯收获农机农艺融合试验[J].农业工程,2021,11(6):28-33.
LIU Guoguang, WANG Tao, CHENG Linrun, et al. Experiment on integration of agricultural machinery and agronomy for potato harvest[J]. Agricultural Engineering, 2021, 11(6): 28-33.
- [9] 唐兴隆,任桂英,张涛,等.西南地区马铃薯收获损伤原因综述[J].农业开发与装备,2020(9):93-94.
- [10] 康璟,李涛,王蒂,等.马铃薯收获中机械损伤的分析与思考[J].农业机械,2013(7):137-139.
- [11] 吕金庆,杨晓涵,温信宇.马铃薯块茎机械损伤研究现状与发展趋势[C]//中国作物学会马铃薯专业委员会,甘肃省农业农村厅,定西市人民政府.马铃薯产业与美丽乡村(2020).黑龙江科学技术出版社,2020. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2020.018989.
- [12] 王涛,柳国光,楼婷婷,等.丘陵山区甘薯收获机的研制与试验[J].中国农机化学报,2019,40(12):41-46,71.
WANG Tao, LIU Guoguang, LOU Tingting, et al. Development and test of sweet potato harvester in hilly area[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2019, 40(12): 41-46, 71.
- [13] 战长龄,蒋金琳,周申,等.马铃薯收获机防缠绕装置的设计与试验研究[J].农机化研究,2015(12):193-196.
ZHAN Changling, JIANG Jinlin, ZHOU Shen, et al. Design and test of potato harvesting machine with anti-winding device[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2015(12): 193-196.
- [14] 魏忠彩,李学强,孙传祝,等.马铃薯收获与清选分级机械化伤害因素分析[J].中国农业科技导报,2017,19(8):63-70.
WEI Zhongcai, LI Xueqiang, SUN Chuanzhu, et al. Analysis of

- potato mechanical damage in harvesting and cleaning and sorting storage[J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2017, 19(8): 63-70.
- [15] 柳国光, 王涛, 姚爱萍, 等. 浙江省马铃薯机械化收获关键技术探讨[J]. *中国农机化学报*, 2019, 40(8): 48-52.
LIU Guoguang, WANG Tao, YAO Aiping, et al. Discussion on key technologies of potato mechanized harvesting in Zhejiang Province [J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2019, 40(8): 48-52.
- [16] 李涛, 李娜, 刘存根, 等. 薯类收获机挖掘深度自动控制系统设计与试验[J]. *农业机械学报*, 2021, 52(12): 16-23.
LI Tao, LI Na, LIU Cungen, et al. Development of automatic depth control system employed in potato harvester[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2021, 52(12): 16-23.
- [17] 崔刚, 马云海, 杨德秋, 等. 马铃薯挖掘铲仿生减阻技术研究概况[J]. *农业工程*, 2019, 9(9): 19-22.
CUI Gang, MA Yunhai, YANG Deqiu, et al. Research situation of bionic resistance reducing technology about potato digging shovel [J]. *Agricultural Engineering*, 2019, 9(9): 19-22.
- [18] 赵萍, 赵吉喆, 樊昱, 等. 马铃薯仿生挖掘铲的设计与有限元静力学分析[J]. *中国科技论文*, 2017, 12(22): 2543-2548.
ZHAO Ping, ZHAO Jizhe, FAN Yu, et al. Design and finite element stress analysis on the potato bionic digging shovel[J]. *Chinese Science and Technology Paper*, 2017, 12(22): 2543-2548.
- [19] 侯国强, 韩休海, 陈维刚. 马铃薯收获机工作原理与伤薯问题产生机理研究[J]. *农机使用与维修*, 2021(8): 20-21.
- [20] 邓伟刚. 马铃薯块茎碰撞损伤特性与表皮摩擦损伤机理研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2021.
DENG Weigang. Study on the collision damage characteristics and peel friction damage mechanisms of potato tubers[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2021.
- [21] 武德勇. 马铃薯与杆条升运链碰撞损伤试验研究与参数设计[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2022.
WU Deyong. Experimental study on collision damage of rod lifting chain to potato and parameter design[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2022.