

马铃薯低损装卸运输技术装备研究进展

涂伟¹, 郭淑珍^{2,3}, 魏杏彩^{2,3,4}, 程勤阳^{2,3}, 孙洁^{2,3}, 陈飞^{2,3}, 姚凤芹¹, 刘帮迪^{2,3,4},
陈全^{2,3,*}

(1. 山东菏泽曹县农业农村事业发展服务中心, 山东 菏泽 274400; 2. 农业农村部规划设计研究院, 北京 100125; 3. 农业农村部农产品产地初加工重点实验室, 北京 100121; 4. 河北工程大学生命科学与食品工程学院, 河北 邯郸 056038)

摘要: 运输装卸出入库是马铃薯从田间到贮藏必不可少的环节, 也极易出现机械损伤, 这是导致我国马铃薯采后损失较高的主要原因。我国马铃薯生产的规模化程度差异较大, 装卸运输及出入库的技术和装备多样化特点很突出。为此, 对我国马铃薯贮藏配套装卸输送装备进行了系统梳理, 评价了设备技术特点, 并结合经营规模大小、贮藏工艺、经营主体类型等应用场景的不同对技术设备进行了适宜性评价, 以期马铃薯采后技术装备水平的提升提供参考。

关键词: 马铃薯; 装卸设备; 贮藏; 降低损耗

Research Progress on Low Loss Loading, Unloading and Transportation Technology and Equipment of Potato

TU Wei¹, GUO Shuzhen^{2,3}, WEI Xingcai^{2,3,4}, CHENG Qinyang^{2,3}, SUN Jie^{2,3}, CHEN Fei^{2,3}, YAO Fengqin¹,
LIU Bangdi^{2,3,4}, CHEN Quan^{2,3,*}

(1. Agricultural and Rural Business Development Service Center, Cao County, Heze 274400, China; 2. Academy of Agricultural Planning and Engineering, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China; 3. Key Laboratory of Agro-products Postharvest Handling, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100121, China; 4. School of Life Sciences and Food Engineering, Hebei Engineering University, Handan 056038, China)

Abstract: The transportation, loading, unloading, and warehousing processes are essential for the transfer of potatoes from the field to storage. However, these processes are highly susceptible to mechanical damage, which remains a primary cause of the relatively high post-harvest losses of potatoes in China. China's potato production exhibits significant variations in scale, leading to a pronounced diversity in transportation, loading, unloading, and warehousing techniques and equipment. Consequently, this paper systematically reviews complementary transportation and handling equipment for potato storage in China and internationally. It evaluates the technical characteristics of this equipment and, in consideration of factors such as operational scale, storage processes, and stakeholder types, provides an appropriateness assessment of the technology. It is expected that this review will provide reference for the improvement of post harvest technical equipment level of potatoes.

Key words: potato; loading and unloading equipment; storage; reduce losses

中图分类号: TS203

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6221.2024.07.019

基金项目: 农业农村部规划设计研究院自主研发项目(QD202115); 农业农村部规划设计研究院科技创新团队建设项目(CHXTY-2021-08)

作者简介: 涂伟(1975—), 女, 汉族, 博士, 高级农艺师, 研究方向为农业技术推广和农产品产地初加工。

*通信作者: 陈全, 学士, 高级工程师, 研究方向为农产品冷冻和贮藏保鲜技术与装备。

马铃薯主粮化战略实施以来,我国的马铃薯种植面积和产量逐年升高,其种植面积和产量也均位居世界前列。2021年,全国马铃薯总种植面积达463.5万 hm^2 ,总产量超9 000万t,种植面积和总产量居全球第一^[1]。马铃薯是我国主要的粮食作物,因其营养丰富越来越受到消费者的青睐。马铃薯属于生鲜农产品,贮藏保鲜至关重要,尤其是采后应尽可能减少机械损伤,防止病害侵染造成腐烂损失^[2]。采后运输装卸出入库是马铃薯从田间到贮藏必不可少的环节,也极易产生机械损伤^[3]。根据全国机械化发展统计公报和国家统计局数据,贮藏期间损失率高达15%~30%,采后每年造成的经济损失达10亿元以上^[4]。这与我国的装卸运输技术装备有很大的关系。当前,我国马铃薯的耕、种、收、贮运综合机械化率不足50%。国外马铃薯一般采用规模化生产,装卸运输出入仓设备十分专业,也相对完善。我国马铃薯生产的规模化程度差异较大^[5],装卸运输及出入库的技术和装备多样化特点很突出,且很多情况会采用兼用型装备。

马铃薯装卸运输技术是马铃薯机械化收获技术中重要的环节之一,是集杀秧、挖掘、分离、捡拾、收集、提升、装卸、运输为一体的联合收获技术。20世纪90年代,德国、美国、意大利等发达国家已实现了马铃薯一体化联合收获^[1]。但我国马铃薯种植区域广泛,以北方一作区、西南混作区、中原二作区、南方冬作区为代表的4个马铃薯主作区的地理气候条件和马铃薯品种差异极大,因此德国、美国等马铃薯一体化联合收获设备无法直接应用于我国,国内马铃薯机械化收获技术研究主要集中在分段收获上。

本文针对我国马铃薯生产技术特点,对现有马铃薯装卸运输出入仓技术装备进行分类分析评价和概述,并阐述马铃薯机械化装卸关键技术和设备面临的相关问题,对减少马铃薯采后损失,提升马铃薯采后技术装备水平具有十分重要的意义。

1 马铃薯贮藏配套装卸输送装备发展概况

1.1 我国装卸输送技术装备发展过程

随着经营规模的变化,我国的马铃薯贮藏装卸运输技术装备不断发展起来。早期,马铃薯一般是农户小规模自给自足的生产,富裕的马铃薯采用简易窖藏或埋藏,通过人工进行搬运、装卸^[6]。在农村改革推进和农产品流通不断发展的情况下,一批马铃薯种植大户涌现出来,他们开始建设20~100 t的贮藏窖^[7]。为了节约土地,通常单窖不设坡道,而是采

用较陡的台阶连接出入口,人工搬运难度较大,因此有的经营者开始采用简易电葫芦提升机按筐或袋运输马铃薯。随着合作社、家庭农场等新型农业经营主体的发展,马铃薯生产和运销的规模不断扩大,经营主体开始集中建设库容500~1 000 t甚至更大的窖群或大型贮藏库来实现规模化贮藏,窖群多设置公用坡道。一些规模较小的经营主体仍然采用手推车等工具手工搬运,其他许多经营主体开始采用叉车、皮带输送机等通用装卸运输设备以提高作业效率。近年来,马铃薯主产区有一批马铃薯种植、加工、育种的龙头企业迅速发展壮大起来,建设了能自动调控环境条件的大型马铃薯贮藏库,并配套购置了分级分选设备、输送设备、堆垛设备、出仓设备等专业化装备,其装卸运输贮藏技术装备的机械化和自动化水平达到国际先进水平,装卸损失较低,生产效率很高。

1.2 国内外马铃薯装卸装备生产企业

发达国家马铃薯贮藏机械化起步较早,发展快,技术水平较高。德国、荷兰、美国、法国等国家的马铃薯贮藏配套装备在20世纪相继经过了由小到大、由机械化到自动化的发展过程,在基础理论研究和装备研发方面都取得了积极进展,典型的企业有德国格立莫、荷兰托马斯、美国Double、法国Downs等公司^[8]。以德国格立莫公司为例,该公司创办于19世纪60年代,20世纪30年代中后期开始生产马铃薯机械设备,目前公司已成为全球最大的马铃薯机械装备制造企业,其生产的马铃薯贮藏配套设备形成了完整的产品系列。开发了6~28 m^3 不同容积的受料斗,同时带有除土、预分级、拣选等单一或多种复合功能的设备^[9];生产了幅宽650 mm与80 mm,长度9~16.6 m的单层、双层输送带及幅宽650 mm与80 mm,长度14.5、16、22 m的堆垛机;其生产的马铃薯出仓机有效范围为11 m,皮带宽度500 mm,出料端可无级调节高度,避免对马铃薯造成机械伤。

大型马铃薯贮藏在我国发展较晚,专业生产马铃薯装卸运输设备的企业不多,典型的企业有山东希成农业机械科技有限公司、神农西古自动化设备(昆山)有限公司等。以山东希成农业机械科技有限公司为例,该公司成立于2008年,是专门从事马铃薯产业机械研究、开发、生产、销售的农业机械研发生产企业,其围绕马铃薯贮藏配套,开发了清洗输送机、单层输送机、双层输送机、装袋机、堆垛机、出仓机等机械设备,形成了相对完整的马铃薯装卸输送装备体系。

2 常用的马铃薯贮藏装卸输送设备概述

2.1 简易提升设备

马铃薯简易提升设备是用于提升马铃薯的设备,一般用于从低处往高处运输马铃薯。常见的窖藏马铃薯简易提升机多为电葫芦装置,是小型轻便升降设备(图1A)。简易提升装置由四部分构成:驱动装置——电动机,传动装置——减速器,制动装置——制动器,取物装置——吊钩滑轮组、卷筒、钢丝绳等。当马铃薯贮藏窖未设置坡道或采用地下井窖贮藏马铃薯时,采用简易提升装置可以减轻人工作作业量,且降低人工搬运造成的损失。简易提升装置单次提升量一般在500 kg以内,袋装马铃薯贮藏适合采用简易提升装置。该装置只能批次作业,并且在装置提升前后需要配合人工装袋及堆垛。

2.2 手推车

马铃薯手推车是以人力推、拉的搬运马铃薯的车辆,它是一切运输车辆的始祖,主要适用于小规模贮藏。比如设置了坡道的单个小型马铃薯贮藏窖或地上小型贮藏库均可采用手推车搬运马铃薯(图1B)。手推车的优点是设备购置成本低且不需要消耗能源,散装、袋装均可用;其缺点是搬运马铃薯批量作业小、效率相对低,马铃薯每次运送量在300 kg以内,容易造成马铃薯机械伤和光照损害^[10]。

2.3 小型农用运输车

马铃薯小型农用运输车是将马铃薯从一个地点运送到另一个地点的交通工具,在运输过程中要通过不同路面的公路、农村土路、丘陵、牧场或农田。马铃薯专业合作社多集中建设窖群或大中型地上贮藏库,贮藏规模相对较大,若采用手推车人工运输马

铃薯则效率太低,一般可采用小型农用运输车运输(图1C)。窖群一般设置坡道和公用通道,窖门或库门尺寸较大,方便小型农用运输车通行。小型农业运输车作业效率远高于人工,每次可运送500~3 000 kg商品,且适用于相对较远距离的运输。此外,车辆用途广泛,不会因为马铃薯贮藏季结束后形成车辆闲置,但使用该设备运送马铃薯容易出现机械损伤。

2.4 手动液压堆高车

马铃薯手动液压堆高车适用于工厂、车间、仓库、车站、码头等处的马铃薯搬运与堆垛,若配合托盘装箱、集装箱等即可实现马铃薯的单元化运输。有些情况下,窖群或大中型地上贮藏库采用袋装或箱装贮藏方式时,人工堆垛较困难,可采用手动液压堆高车(图1D)。手动液压堆高车是一种无污染、无动力的装卸设备。油缸采用高精研磨管,一体式阀芯,方便拆卸和维修;泄压方式采取脚踩式,升降速度平稳,减少马铃薯机械伤。设备具有结构紧凑、运输灵活、操作简单、回转半径小等特点,适用于狭窄通道和有限空间内的作业^[11]。但其作业效率较低,对地面平整度要求高。手动液压堆高车提升荷载一般为500~1 500 kg,提升高度可达1.6 m,可满足中小型马铃薯贮藏堆垛要求,详细技术参数见表1。

2.5 叉车

马铃薯叉车是工业搬运车辆,是指对成件托盘的马铃薯进行装卸、堆垛和短距离运输作业的各种轮式搬运车辆。叉车是一种既可水平运输又可垂直升降作业的装卸机械(图1E)。马铃薯窖群或大中型地上贮藏库采用袋装或箱装贮藏方式可采用叉车运送马铃薯,与手动液压堆高车相比较,叉车的优点突出,主要包括:①机械化程度高,该设备可以实现装



注:A.简易提升装置;B.手推车;C.小型农用运输车;D.手动液压堆高车;E.轮式叉车;F.可移动皮带输送机;G.马铃薯接收料斗简易提升装置;H.马铃薯输送带;I.马铃薯堆垛机;J.马铃薯出仓机。

图1 常用马铃薯贮藏配套装卸输送设备

Fig.1 Commonly used potato storage supporting loading and unloading conveyor equipment

表1 手动液压堆高车主要技术参数表
Table 1 Manual hydraulic forklift truck main technical parameters table

技术参数	型号		
	SDJA500	SDJA1000	SDJA1500
额定载荷/kg	500	1 000	1 500
起升高度/mm	1 600	1 600	1 600
载荷中心/mm	400/500	400/500	400/500
货叉最低高度/mm	90	90	90
货叉长度/mm	800/1 060	800/1 060	800/1 060
货叉最大宽度/mm	745	950	950
上升速度/s	25	25	25
总长/mm	1 340	1 340	1 340
总宽/mm	790	910	910
总高/mm	2 000	2 090	2 090
自重/kg	147	250	255

卸货物的机械化,完全不需要人工的辅助,作业效率较高;②机动灵活性好,叉车外形尺寸小,质量轻,可在作业区内任意调动,适应货物数量及流向的改变,可灵活地与其他起重机械配合工作,使用率较高;③堆码高度可达3.5 m,可提高库房使用率。

叉车类型很多,一般可按动力装置、叉车结构和叉车用途等进行分类。按动力装置不同,通常可以分为内燃叉车、电动叉车和仓储叉车三大类。其中,仓储叉车主要是为仓库内货物搬运而设计的叉车,多以电动机驱动。由于其车体紧凑、移动灵活、自重轻和环保性能好的特点,在仓储业得到普遍应用。仓储叉车可分为电动托盘搬运车、电动托盘堆垛车、前移式叉车、电动拣选叉车等。按照结构不同,可分为平衡重式、插腿式、前移式、侧面式等。按照用途不同,可分为通用叉车和专用叉车,如堆垛式叉车、集装箱叉车和箱内作业叉车等^[12]。

叉车的主要技术参数包括额定起重量、载荷中心距、最大起升高度、门架倾角、最大行驶速度、最小转弯半径、最小离地间隙以及轴距、轮距等。

2.6 可移动皮带输送机

马铃薯可移动皮带输送机主要用于装卸地点经常变动的场所,如港口、码头、车站、仓库、农场等,通常用来短途运输马铃薯。可移动皮带输送机是一种工效高、使用安全可靠、机动性能好的连续输送装卸设备(图1F),窖群或大中型贮藏库袋装马铃薯输送码垛时采用该类设备是不错的选择。移动皮带输送机作业方式灵活、机动,在一定程度上提高了设备的使用率,减少用于设备的投资,缓解经营方的资金压力^[13]。

可移动皮带输送机分为可移动不带升降式皮带输送机和可移动带升降式皮带输送机两种类型。可移动带升降式皮带输送机又可按照动力装置型式分为手动升降和电动升降两种型式。可移动皮带输送机有5、8、10、12、15、18、20 m等规格,一般具有快、慢两种速度,以满足不同类型货物的装卸作业要求,提高设备的使用率。

可移动皮带输送机的性能参数主要有皮带带宽、带速、输送高度等。在选购可移动皮带输送机时,应当根据实际用途,向生产企业提出皮带带宽、带速、输送距离、输送高度、输送量、倾斜角度、物料特性、是否配备升降装置等要求。常见的可移动皮带输送机技术参数详见表2。

2.7 马铃薯接收料斗

马铃薯接收料斗是马铃薯田间收获后运输至贮藏区从运输车辆上卸货接收的专业装置(图1G)。马铃薯接收料斗一般是大型马铃薯贮藏配套的专业设备,是马铃薯运输车辆和入库传送带之间的连接设

表2 可移动皮带输送机技术性能参数
Table 2 Moveable belt conveyor technical performance parameters

指标	型号					
	DY6551	DY6571	DY65101	DY65102	DY65151	DY65152
机长/m	5	7	10	10	15	15
带宽/mm	650	650	650	650	650	650
带速/(m·s ⁻¹)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
最大输送高度/m	1.55	1.52	1.82	4.56	1.85	6.48
输送能力/(m ³ ·h ⁻¹)	290	290	290	224	290	224
输送能力/(t·h ⁻¹)	265	265	265	200	265	200
倾斜角度	13°29′	13°29′	13°29′	13°29′	13°29′	13°29′
电动滚筒功率/(kW·h ⁻¹)	2.2	2.2	3.0	4.0	3.0	5.5
自身质量/kg	585	683	1 010	1 286	1 399	1 747

备,具有卸料缓冲、除土去杂等基本功能,有些接收料斗还配备了分级设备,甚至配备便于人工分拣的操作台等。现代马铃薯接收料斗多用橡胶底板制作而成,底板设计防回滚“V”型凸起花纹,入料口也采用橡胶挡板,以最大限度地减少马铃薯机械伤。采用柔软的螺旋清泥辊,辊轮组的转速、清泥辊的倾斜度和间距可以无极调节,使机器快速适应清泥时变化多样的土壤条件和土杂比例,以实现保护薯块且获得较好的清泥效果。该设备在马铃薯贮藏季之外形成资产闲置,提高了企业运营成本。

接收料斗主要技术参数包括最小入料高度、最大入料高度、接收宽度、底板速度以及容积等,详见表3。

表3 马铃薯接收料斗技术性能参数
Table 3 Potato receiving hopper technical performance parameters

指标	型号				
	RH12	RH16	RH20	RH24	RH28
最小入料高度/mm	900	900	850	850	925
最大入料高度/mm	1 200	1 200	1 200	1 200	1 275
接收宽度/mm	2 900	2 900	3 000	3 000	3 400
底板宽度/mm	1 400	1 400	2 000	2 400	2 800
底板长度/mm	4 000	6 000	6 000	8 000	7 000
底板速度/(m·min ⁻¹)	1~5	1~5	0.5~3.5	0.5~5	0.5~5
容积/m ³	6	8	16	26	25

2.8 马铃薯输送带

马铃薯输送带是针对马铃薯特点设计的用于贮藏区内对马铃薯进行转运输送的设备,由进料斗、输送带、底盘等部分构成(图1H)。马铃薯输送带与移动式带式输送机相似,不同之处是马铃薯输送带采用了凹槽形状的橡胶输送带和随动的侧挡板,且输送带的端部设置了进料斗,专门用于散装马铃薯的输送。马铃薯输送带也是大型马铃薯贮藏设施配套输送设备,其基本功能是转运输送物料。为减少马铃薯在输送过程中造成的机械伤,输送带底板和侧面挡板均采用橡胶材料。输送带可以串联使用,底板高度采用无级调节以确保适应上游和下游设备。但该设备在马铃薯贮藏季之外形成资产闲置。

马铃薯输送带一般采用电力驱动。为提高工作效率,近年来市场出现了双层马铃薯输送带。马铃薯输送带的主要技术参数包括皮带宽度、输送长度、最小入料高度、最大入料高度、输送速度等,详见表4。

2.9 马铃薯堆垛机

马铃薯堆垛机是将输送带转运过来的马铃薯堆

表4 马铃薯输送带技术性能参数
Table 4 Potato conveyor belt technical performance parameters

指标	型号				
	705	709	805	809	812
皮带宽度/mm	650	650	800	800	800
输送长度/mm	5 200	9 900	5 000	8 300	11 300
最小入料高度/mm	920	990	950	950	950
最大入料高度/mm	1 200	1 210	1 510	1 510	1 510
最小卸料高度/mm	1 060	2 200	650	650	650
最大卸料高度/mm	2 844	4 770	1 160	1 160	1 160
输送速度/(m·min ⁻¹)	20~50	20~50	20~65	20~65	20~65

放至大型贮藏库内^[14](图1I)。马铃薯堆垛机由底盘、牵引杆、传送带、装料漏斗等部分组成。堆垛机的牵引杆可折叠,无需拆卸,前段采用鹅颈状弯曲部分,便于调节卸料高度。通过带防回滚“V”型挡块的橡胶输送带、随动的侧挡板以及橡胶包裹的装料漏斗减少马铃薯机械伤。

堆垛机的主要技术参数包括皮带宽度、最大运输长度、大作业范围、底盘长度、入料高度、最小卸料高度、最大卸料高度等,详见表5。

表5 马铃薯堆垛机技术性能参数
Table 5 Potato stacker technical performance parameters
单位:mm

指标	型号				
	125	145	716	8014	8018
皮带宽度	650	650	650	800	800
输送长度	12 500	14 500	16 100	14 500	18 500
大作业范围	9 000	11 000	11 700	10 800	14 500
底盘长度	3 400	3 450	4 400	3 900	4 300
入料高度	950	950	1 100	1 050	1 050
最小卸料高度	450	450	400	400	800
最大卸料高度	5 800	7 000	7 400	6 200	8 900

2.10 马铃薯出仓机

马铃薯出仓机是将堆放在大型贮藏库内的马铃薯快速取出并通过马铃薯输送带转运出去的专用机器^[15](图1J)。马铃薯出仓机由底盘、操作平台、收集铲、传送带等部分组成。出料端采用无级调高的方法,无级调节输送带速度适应各种条件。采用液压转向和液压行驶传动装置使机器快速和精确地操控。在所有传输交接点都安装缓冲梳,通过柔软、灵活和具有自洁功能的热固性聚氨酯弹性体(PU)指状棒在传输交接点进行缓冲,轻柔地引导传输薯块,避免薯块产生机械伤。该装备的缺点是马铃薯贮藏季之外形成资产闲置。

马铃薯出仓机的作业半径为6~10 m,卸料高度为1~1.5 m,作业效率可达到40 t/h,可以与单层、双层输送机等设备配合使用。

3 不同使用场景的马铃薯装卸设备适宜性

在国外,马铃薯收获后采用马铃薯专用运输车辆运送,尽可能减少机械损伤。我国马铃薯公路运输一般为通用货运车辆,按照马铃薯用途采用不同的装载方式,送至批发市场鲜销的产品多采用袋装运输,送至加工厂的马铃薯一般为散装运输。车辆将马铃薯送至加工厂,多采用液压装卸平台(图2)卸货,再通过场内的输送系统和堆垛机将马铃薯堆放至指定的贮藏区域。

有些厂区或贮藏库附近不具备安装液压装卸平台的条件,货车到场后有些采用翻斗卸货或人工卸货,容易造成薯块表皮的机械伤,影响贮藏周期。为此,科研人员专门设计了马铃薯车载低损输送装置,与场内接收料斗和传送带结合,以完成马铃薯的卸货和入库贮藏。

受生产经营规模以及采后加工流通模式的不同,我国马铃薯贮藏工艺、贮藏规模以及贮藏设施类型差异较大,因而对配套的装卸运输设备的需求不

同。目前,国内常用的设备类型较多,各自适用的场景不同,具体见表6。由于马铃薯在我国分布范围广,中国南北方向、东西地域在地形、气候、土壤、经济性政策等方面均有明显的差异,同时马铃薯种植生产企业类型多样,根据产量可以分为年产量万吨至十万吨级的农户和家庭农场、年产量百万吨级的合作社、年产量千万吨级以上的龙头企业。因此,马铃薯装卸设备的使用要根据实际产区的地理条件和产量规模进行具体选择。

马铃薯栽培因地制宜,并出现了多种栽培模式。北方一作区和中原二作区以丘陵、平原为主,伴有部分山区,地势较平缓,这两个作区马铃薯生产主体主要以大型农场和龙头企业为主,种植模式比较规范,主要以大垄双行和大垄单行为主,其在播种收获过程中农机与农艺融合度较高,机械化播种率高达95%^[16]。因此,这两个马铃薯耕作区域更适宜使用马铃薯接收料斗、马铃薯输送带等装卸设备。

西南混作区地处我国盆地、丘陵山区,田块小、种植分散、土壤黏重、配套机具保有量小,主要以传统的人工种植为主,种植模式多样,且部分兼套作模式,机械化收获率不足5%^[16-17]。南方冬作区马铃薯以丘陵山区及冬闲稻田垄作、畦作为主,田小路窄,土壤黏重,种植模式多样,其机械化耕整播收率不足3%^[16],且这两个马铃薯主作区内的薯类专业合作社和企业均是以小型规模的农户、家庭农场和合作社为主^[18]。因此,西南混作区和南方冬作区更适宜使用简易提升设备结合人工装卸,以满足小批量、多批次、长周期采收装卸的马铃薯种收模式。

4 结束语

我国马铃薯贮藏装卸运输技术装备的发展是随着经营规模的变化而不断发展起来,部分装备制造



图2 马铃薯大型液压装卸平台

Fig.2 Large scale hydraulic loading and unloading platform for potatoes

表6 马铃薯贮藏配套装卸输送设备技术评价表

Table 6 Potato storage supporting loading and unloading conveying equipment technology evaluation table

类别	设备名称	技术特点			适用场景				
		作业效率	能耗	损伤率	作业条件	贮藏设施	贮藏工艺	贮藏规模	经营主体
运输设备	简易提升设备	低	低	一般	动力电	小型窖	袋装	小型	农户
运输设备	手推车	低	无	高	无	小型窖	袋装、散装	小型	农户
运输设备	小型农用运输车	一般	低	高	无	窖群、中型地上库	袋装、散装	中型	家庭农场及合作社
运输设备	马铃薯接收料斗	高	一般	低	动力电	大型库	散装	大型	龙头企业
运输设备	马铃薯输送带	高	一般	低	动力电	大型库	散装	大型	龙头企业
装卸提升设备	手动液压堆高车	低	无	一般	地面平整	中、小型库	袋装	中、小型	家庭农场及合作社
装卸提升设备	可移动皮带输送机	一般	一般	一般	动力电	中、小型库	袋装	中、小型	家庭农场及合作社
装卸提升设备	叉车	一般	低	一般	动力电	中、小型库	袋装、箱装	中、小型	家庭农场及合作社
装卸提升设备	马铃薯出仓机	高	一般	低	动力电	大型库	散装	大型	龙头企业

企业已经开始追赶国际先进技术,生产马铃薯贮藏专用装卸运输系列装备。目前,我国马铃薯贮藏配套的装卸运输设备已经形成了通用设备和马铃薯专用设备相结合、简易设备和自动化设备相结合、批次作业设备和连续作业设备相结合的供应体系,可满足我国不同层次经营主体的需要。马铃薯专用装卸运输设备可实现连续作业,柔性生产,且效率高,马铃薯机械损伤很少,但全年有大量时间处于闲置状态,这无疑增加了企业的运营成本。生产流通加工经营主体生产规模差异较大,马铃薯贮藏配套装卸和运输设备选型应根据经营规模、贮藏设施大小、贮藏工艺特点等综合评价确定。大型龙头企业宜采用自动化连续作业装卸运输设备;合作社和家庭农场可使用农用运输车和移动式皮带输送机或叉车等通用设备开展贮藏装卸运输;农户小规模贮藏宜采用简易设备,尽可能降低投资。马铃薯车载低损输送装置可以克服无液压装卸平台的规模化薯块车载问题,节省人力,作业效率高,薯块破损少。

参考文献:

- [1] 王虎存,赵武云,孙伟,等.马铃薯机械化收获技术与装备研究进展[J]. 农业工程学报,2023,39(14):1-22. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.202303056.
- [2] 王琳琳,邱田元,刘洋,等.5SD-60马铃薯堆垛机的设计[J]. 河北农机,2021(11):14-15. DOI: 10.15989/j.cnki.hbnjzss.2021.11.010.
- [3] 盖金星,李学强,魏忠彩,等.马铃薯高效低损产地贮运集薯装车机研制与试验[J]. 中国农机化学报,2022,43(4):53-59. DOI:10.13733/j.jcam.issn.2095-5553.2022.04.009.
- [4] XIN Q, LIU B D, SUN J, et al. Heat shock treatment promoted callus formation on postharvest sweet potato by adjusting active oxygen and phenylpropanoid metabolism[J/OL]. Agriculture, 2022, 12(9)[2023-09-28]. <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/9/1351>. DOI: 10.3390/agriculture12091351.
- [5] 孙洁,王希卓,黄振霖,等.中国马铃薯产地贮运工程技术分类与集成[J]. 湖北农业科学,2017,56(2):314-319,324. DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2017.02.027.
- [6] 孙景彬,盖金星,李学强,等.智能马铃薯堆垛机的设计[J]. 农机化研究,2017,39(10):144-148,162. DOI:10.13427/j.cnki.njyi.2017.10.030.
- [7] 王琳琳.集薯挡板输送式马铃薯堆垛机设计与试验[D]. 淄博:山东理工大学,2023. DOI:10.27276/d.cnki.gsdgc.2022.000708.
- [8] 任丽.山东省马铃薯种植户仓储行为及经济收益分析[D]. 泰安:山东农业大学,2020. DOI:10.27277/d.cnki.gsdnu.2020.000732.
- [9] 韩喜军,甘露,杜木军,等.马铃薯仓储设备的研究现状和发展趋势[J]. 农机使用与维修,2014(12):29-31. DOI:10.3969/j.issn.1002-2538.2014.12.022.
- [10] MUSITA C N, OKOTH M W, ABONG G O. Postharvest handling practices and perception of potato safety among potato traders in Nairobi, Kenya[J/OL]. International Journal of Food Science, 2019[2023-09-30]. <https://www.hindawi.com/journals/ijfs/2019/2342619/>. DOI: 10.1155/2019/2342619.
- [11] GOSAVI M, KAVE S, PAWASKAR F, et al. Design and construction of manual stacker[J/OL]. International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science, 2023(5)[2023-09-21]. https://www.irjmets.com/uploadedfiles/paper/issue_4_april_2023/37444/final/fin_irjmets1682835709.pdf. DOI: 10.56726/IRJMETS37444.
- [12] KOLAIB T, MASRI A, SHAWAHNI A. Forklift design[D]. Palestine: An-Najan Natioanal University, 2018.
- [13] ZENG F, WU Q, CHU X M, et al. Measurement of bulk material flow based on laser scanning technology for the energy efficiency improvement of belt conveyors[J]. Measurement, 2015, 75: 230-243. DOI: 10.1016/j.measurement.2015.05.041.
- [14] 孙景彬.马铃薯分选入库设备的设计与试验[D]. 淄博:山东理工大学,2022. DOI:10.27276/d.cnki.gsdgc.2018.000059.
- [15] 盖金星,胡周勋,岳仁才,等.智能马铃薯出仓机的设计与试验[J]. 农机化研究,2020,42(3):123-127,133. DOI:10.3969/j.issn.1003-188X.2020.03.020.
- [16] 李紫辉,温信宇,吕金庆,等.马铃薯种植机械化关键技术研究与装备研究进展分析与展望[J]. 农业机械学报,2019,50(3):1-16. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2019.03.001.
- [17] 张兆国,王海翼,李彦彬,等.多级分离缓冲马铃薯收获机设计与试验[J]. 农业机械学报,2021,52(2):96-109. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2021.02.009.
- [18] 辛奇,孙洁,冯欣欣,等.快速热激处理对甘薯愈伤层形成及代谢的影响[J]. 食品科学,2022,43(23):228-238. DOI: 10.7506/spkx1002-6630-20211111-132.

收到日期:2023-11-14