

草莓采摘机设计与实现

陈淑娴, 马亚勤

(广西农业职业技术大学, 南宁 530007)

摘要: 目前, 我国草莓采摘方式主要依靠人工, 存在劳动强度大、用工成本较高、影响生产效率等问题。该文设计了一款小型简易草莓采摘机, 包括整机运输装置、采摘剪切装置、适应调节装置、收纳存储装置和控制电路系统等部分, 便于进行操作使用和维修, 以求实现草莓采摘过程机械化、自动化、轻简化, 降低成本投入, 提高工作效率。设备运行测试结果表明, 该采摘机能基本实现草莓果实的自动采摘作业, 可辅助果农开展草莓采摘工作, 对减轻人工劳动强度、降低人工成本起到一定的促进作用。

关键词: 小型; 多功能; 草莓; 采摘装备

中图分类号: S225.93

文献标识码: A

doi:10.14031/j.cnki.njwx.2024.07.001

Design and Implementation of Strawberry Picker

CHEN Shuxian, MA Yaqin

(Guangxi Vocational University of Agriculture, Nanning 530007, China)

Abstract: At present, strawberry picking methods in China mainly rely on manual labor, which has problems such as high labor intensity, high labor costs, and affecting production efficiency. In this paper, a small simple strawberry picking machine is designed, including a whole machine transportation device, a picking and shearing device, an adaptation and adjustment device, a storage device and a control circuit system, which is convenient for operation, use and maintenance, so as to realize the mechanization, automation, light simplification of the strawberry picking process, reduce the cost input and improve the work efficiency. The test results of the equipment operation show that the harvester can basically realize the automatic picking operation of strawberry fruits, which can assist fruit farmers to carry out strawberry picking operations, and play a certain role in reducing labor intensity and labor costs.

Keywords: small; multifunction; strawberry; picking equipment

0 引言

草莓是一种富含维生素 C 和果胶的水果, 具有润肺生津、健脾消暑等功效, 其不仅果实可食用, 叶子和根茎也具有一定的药用价值, 因此被称为“水果皇后”, 深受广大种植者和消费者的喜爱^[1]。广西得天独厚的气候环境为草莓生长提供了必要的自然条件, 草莓生产形势逐年看好。依托草莓种植产业, 广西涌现出越来越多“九分草莓田, 半年赚万元”“要致富, 种植草莓是条路”等草莓种植致富典型^[2], 许多贫困农户由此脱贫摘帽, 走上致富奔小康的道路, 极大推动广西乡村振兴建设的可持续发展。

基金项目: 2023 年广西农业科技自筹经费项目 (Z2023128); 广西农业职业技术大学 2022 年科学研究与技术开发计划课题 (YKJ2210); 广西教育科学“十四五”规划 2023 年度课题 (2023C561); 2022 年广西职业教育教学改革研究项目 (GXGZJG2022B087); 2022 年度广西高校中青年骨干教师科研能力提升项目 (2022KY1212)

作者简介: 陈淑娴 (1990—), 女, 广西百色人, 硕士, 高级实验师, 研究方向为智能农机装备。

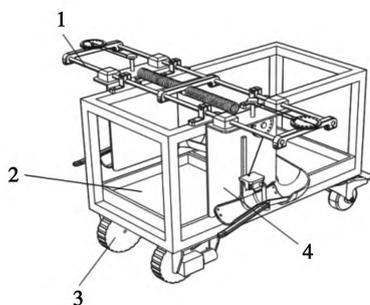
尽管广西草莓产业逐年看好, 但种植和采摘仍需要投入大量人力, 人工采摘需肉眼识别草莓的成熟度, 效率相对较低, 需要耗费大量时间和精力, 劳动强度较大。随着农业从业人员趋于老龄化, 劳动力成本逐年攀升, 草莓产业用工问题愈发突出。同时, 草莓果实娇嫩, 人工采摘若稍不注意, 则会造成果实挤压和受损, 且草莓成熟期较短, 采摘时间过早或过晚均会影响草莓的品质和口感。因此, 如何实现草莓采摘的机械化、自动化和轻简化, 提高收获效率, 解放劳动力成为产业发展面临的重要问题之一。

查阅过往研究文献, 国内外草莓采摘机械存在结构复杂、体积庞大、造价昂贵、对草莓垄地的种植规格标准化需求高、使用和维修成本大等问题, 难以适应中国小农式经营模式, 研究成果在国内更多停留在实验室阶段, 很少进入实际生产阶段, 没有得到实际推广应用^[3-4]。因此, 研发一款结构简单、采摘效率高、普适性高、方便果农使用的采摘装置是急需解决的问题。基于以上背景和现存难点, 现设计一款小型简易草莓采摘机, 旨在有效助力农户开展采摘作业。

1 结构设计及工作原理

1.1 结构组成

图1为草莓采摘机的整体结构示意图,包括整机运输装置、采摘剪切装置、适应调节装置、收纳存储装置等。整机运输装置的两侧布有采摘剪切装置,顶侧布有适应调节装置,中部设置收纳存储装置。整机运输装置可实现对机架的承载和移动运输;采摘剪切装置可实现对草莓果实的颜色识别和切割动作;适应调节装置可实现草莓采摘的高度和宽度调节,提高设备普适性;收纳存储装置可实现采摘过程中果实的收集和存放。各装置之间相互配合,实现自动化采摘过程,降低人工劳动强度。



1. 适应调节装置;2. 收纳存储装置;3. 整机运输装置;4. 采摘剪切装置

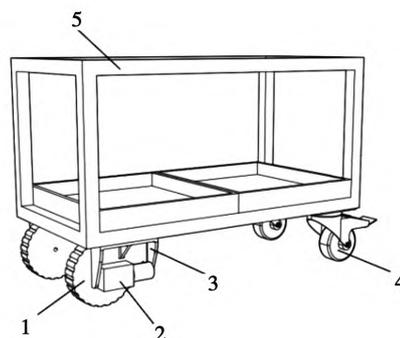
图1 草莓采摘机整体结构

1.1.1 整机运输装置

运输装置是整机的支撑部分,用于承载设备自重,并带动设备整体进行移动行走,其采用四个轮式结构,由驱动轮和万向轮组成。整机运输装置结构示意图如图2所示,由驱动电机、驱动轮、电机支架、万向轮、机架及紧固螺栓等组成。轮式结构通过驱动电机带动驱动轮,采用差速转向,实现整机往返运动。由于草莓田垄地形整体较为平坦,采用轮式运输结构不仅能满足地形运输需求,机动性和灵活性较好,且构造简单、控制方便、造价更低,可在一定程度上降低设备运行使用和维修成本。

1.1.2 采摘剪切装置

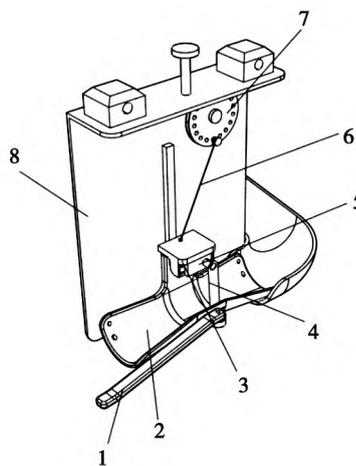
采摘剪切装置(图3)分别固定于机架两侧,其主要作用是对果实进行成熟度识别和采摘。收集拨杆可模拟人手采摘过程,将草莓茎秆挑到机架两侧的传输滑道上,使得草莓与垄面分离^[5]。通过颜色传感器识别图像红色阈值,并将采集的数据传输给单片机,对草莓成熟度进行判断,识别草莓色泽



1. 驱动轮;2. 驱动电机;3. 电机支架;4. 万向轮;5. 机架

图2 整机运输装置结构示意图

是否达到采摘条件。根据判断结果控制刀片电机工作,在草莓色泽达到设置的阈值条件时,带动切割刀片将草莓茎切断,草莓脱落后顺着传输滑道进入收纳存储装置内部,对采摘的草莓进行收集。草莓色泽未达到采摘标准时,刀片电机不工作,草莓在装置移动过程中再次滑落至垄面上,在传输滑道的侧边设置有防撞减震泡沫,可对草莓进行保护,减少草莓在运输过程中受到磕碰,从而实现成熟草莓的自动识别采摘,解放劳动力。



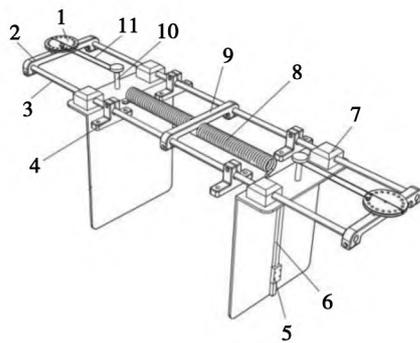
1. 收集拨杆;2. 传输滑道;3. 颜色传感器;4. 切割刀片;5. 刀片电机;6. 第一调节绳;7. 第一调节轮;8. 固定底板

图3 采摘剪切装置结构示意图

1.1.3 适应调节装置

国内草莓种植具有特殊性,田垄没有相对固定的规格,垄坡尺寸和形状差异较大^[6],为了提高设备实用性,设计适应调节装置以便调节采摘高度和宽度,具体结构如图4所示。通过转动采摘剪切装

置中的第一调节轮,可带动第一调节绳收卷在第一调节轮的侧面,进而带动滑块在导轨上滑动,以此带动固定在滑块上的传输滑道移动,实现草莓采摘的高度调节,以适应不同垄高。通过转动适应调节装置中的第二调节轮,可带动第二调节绳收卷在第二调节轮的侧边,将固定杆向第二调节轮处拉动,带动整个固定底板随之移动,中间弹簧伸长,从而实现草莓采摘的宽度调节,以适应不同的垄宽。



1. 第二调节轮;2. 两端固定件;3. 光轴;4. 固定座;5. 滑块;6. 导轨;7. 活动块;8. 弹簧;9. 中间固定件;10. 固定杆;11. 第二调节绳

图4 适应调节装置结构示意图

1.1.4 收纳存储装置

收纳存储装置(图5)布置在机架中部,可对采摘的草莓进行短时收纳存储,其底部铺设缓冲棉,以减少草莓碰撞损伤。待设备运行完成一个周期返回原地后,可准备空收纳箱对装满果实的收纳箱进行及时替换,实现采摘果实的快速转移。

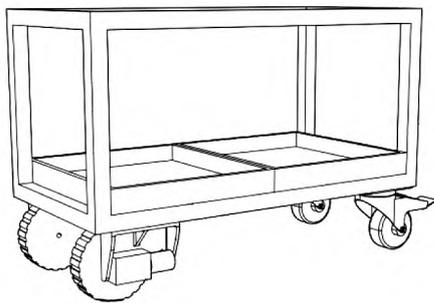


图5 收纳存储装置

1.1.5 控制电路系统

控制电路系统主要实现对设备行走和刀片动作的控制。首先通过颜色传感器采集草莓图像颜色,将采集到的信息数据传输给单片机;单片机将

采集到的数据与预先设定的红色阈值进行比对分析,以此判断草莓成熟与否,并做出决策。如若判定草莓成熟,则单片机将控制指令输出至电机驱动器控制刀片电机动作切割草莓茎秆。若采集到的颜色信息显示不符合成熟条件,则驱动行走电机控制驱动轮继续前行。除此之外,还可加装物联网控制开关,将其与电机驱动器连接,实现手机APP远程操控行走电机的启停,实时掌控设备采摘和运行情况。控制电路系统的设计方案如图6所示。

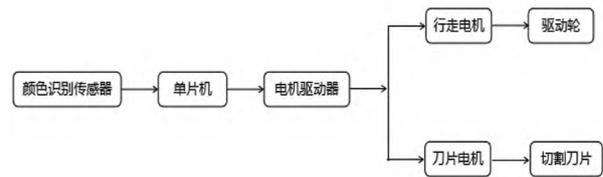
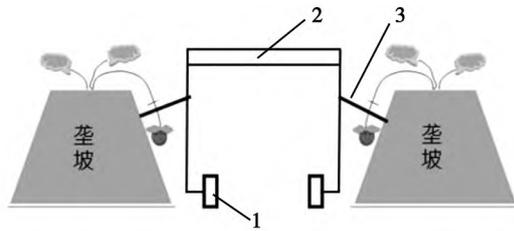


图6 控制电路系统设计方案

1.2 工作原理

整机运输工作示意图,如图7所示。设备行驶于两垄坡之间的走道,收集拨杆沿着行驶路程将草莓拨入传输滑道中。其工作原理如下:在开始采摘作业前,首先根据垄地规格对草莓采摘机进行采摘高度和宽度的调节。通过顺时针或逆时针转动第一调节轮,可带动第一调节绳收卷或放卷,从而带动传输滑道上下移动,实现草莓采摘的高度调节,以适配当前垄地的垄高。通过顺时针或逆时针转动第二调节轮,可带动第二调节绳收卷或放卷,从而带动固定底板随之左右移动,实现草莓采摘的宽度调节,以适配当前垄地的垄宽。调节完毕后,按下启动按钮,控制驱动电机正转或反转带动驱动轮转动,实现草莓采摘机的往复运行。在装置移动过程中,收集拨杆可模拟人手采摘过程,将草莓茎秆挑到机架两侧的传输滑道上,使得草莓与垄面分离,颜色传感器可识别草莓色泽是否达到采摘条件,在草莓色泽达到设置的阈值条件时,控制刀片电机工作,带动切割刀片执行动作,将草莓茎切断,草莓脱落后顺着传输滑道进入收纳存储箱内部,对采摘的草莓进行收集。若草莓色泽未达到采摘标准,刀片电机不工作,草莓在装置移动过程中再次滑落至垄面上,从而实现草莓的自动识别与采摘。在传输滑道的侧边设置有防撞减震泡沫,可对草莓进行保护,减少草莓在运输过程中受到磕碰。



1. 行走轮;2. 整车车架;3. 收集拨杆
图 7 整机运输工作示意图

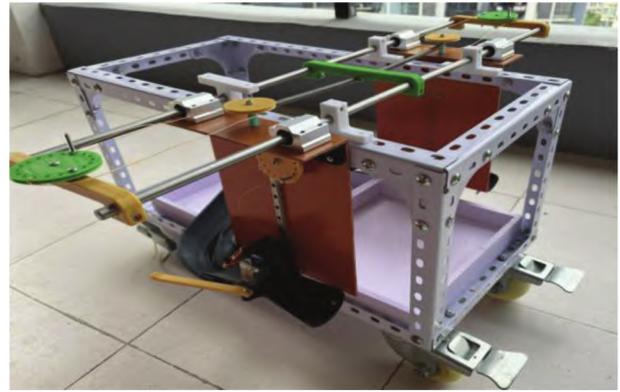


图 8 样机模型实物图

2 设备运行测试

按照设计要求,加工制作出草莓采摘样机模型,如图 8 所示。为了验证样机采摘的可行性,通过在实训室搭建仿真草莓垄地来模拟现场环境进行采摘试验。垄地规格设置为底宽 650 mm、顶宽 450 mm、高度 400 mm,并在两旁随机放置仿真草莓果梗,果梗下端分别连接红色草莓模型与绿色草莓模型,来模拟成熟草莓与未成熟草莓^[6]。试验分 6 次进行,单次进行计时 2 min 的连续运行测试,每次试验均改变垄上的草莓分布密度,6 次测试后求取平均值作为参考依据^[7]。其中,采摘速度由单次采摘总数除以单次时长 2 min 可得,误切割率为单次误切割个数占单次切割总数的百分率。

查阅文献可知,正常人工采摘的效率为 40 颗/min^[8]。目前样机能够达到的采摘速度平均值约为 29.5 颗/min,采摘误切割率约为 5.6%。上述结果表明,该采摘机能基本实现草莓果实的自动采摘作业,但采摘速度还有待进一步提升。综合考虑该采摘设备制作成本低,具有采摘和收纳功能,能够适用于不同规格的垄地情况,且机械设备相比人工而言,工作时长不受限制,夜间仍可继续工作,因此该采摘设备可有效辅助果农开展作业,减轻人工劳动强度,降低人工雇佣采摘成本,创造经济价值。

3 产品优势及前景分析

3.1 产品优势

本装置结构简单,相较于市面上大多数草莓采摘机器来说,具备以下特点:1)体积小。小型化可以提高土地利用效率,使得草莓种植的间距更小,从而实现草莓单位土地面积产量最大化;且设备整体小巧在行走过程中不易伤害植株,动作更为灵活。2)造价低廉。整机零部件选材均为常见材料,

价格合理,易于采买和加工。同时简化的设计方案一定程度上减少了零部件的数量,降低了复杂程度,可降低制造、使用、维修、培训等成本,有利于进行大规模普及推广应用。3)适应性强。设计的适应调节装置能在不同垄高、垄宽作业;采用四个轮式结构,在垄地间行走时通过性强、行走灵活,适应力强。4)不伤草莓。草莓采摘机在传输滑道、收纳存储装置等必要地方都加有圆角防撞减震泡沫,以降低草莓在传输过程中受到损伤的可能性。5)操作简单。设备结构轻便,操作过程通俗易懂,对于广大农户而言,不需要复杂的专业技术知识背景,即可轻松使用和维修。6)安全环保。装置采用蓄电池驱动电机控制的方式,节能减排,绿色环保。

3.2 前景分析

目前,我国农业以小农散户经营模式为主,大型高成本机械设备不易推广。该项目研究成果响应国家全面推进乡村振兴重点工作意见号召,以体积小、自动化、低成本、易使用为主要特点,能较好地辅助劳动生产,缓解人工采摘压力,提高劳动效率,解决劳动力短缺的问题。大批量生产时,成本更低,性价比高,能够进行大规模应用,易于市场推广,发展前景广阔。

4 结语

水果采摘工作劳动强度较大,长期繁琐的操作过程也会给果农造成一定的压力。城市化进程不断加快,青壮年人口的转移,使得农业劳动力相对紧缺。因此,农业机械化、自动化和智能化有望弥补人力资源的不足,提高果实采收的品质和速度,提高单位面积产出,提高市场竞争力,为农户带来更好的经济回报。

(下转第 8 页)

该机械具有以下 5 点优势: 1) 高速木耳采摘机将原有人工挂袋栽培技术改为立体摆袋技术, 增加单位容积内木耳菌包数量 30%。地栽木耳每 667 m² 大约能生产 1 万袋, 棚室挂袋木耳每 667 m² 生产大约 3 万袋, 立体摆袋技术每 667 m² 能生产 5 万~6 万袋, 提高了黑木耳单位产量^[9]。2) 黑木耳菌袋放在可以转动的机架上, 随着机架旋转, 增加了菌袋受光、淋水、喷药的均匀性。3) 高速木耳采摘机实现了成熟一批采摘一批的自动收集, 减少木耳人工采摘成本的 30%。4) 专用柔性采摘部件, 使其在采耳过程中不伤耳, “采大留小”, 以提升收获后的木耳品质。5) 菌袋安置于机架上, 便于菌袋回收, 黑木耳生长周期结束后, 将采摘部件换成切割部件进行菌袋破袋, 经输送带运出大棚回收。

4 结语

采收作为当前黑木耳生产中尚未实现机械化作业的最后道工序, 是产业提档升级的必要环节, 其机械化程度直接制约黑木耳规模的发展。高速木耳采摘机满足并实现了菌包木耳的机械化自动采摘作业, 具有结构合理、适用性强、作业效率高、采摘质量好、采摘成本低的特点。

(上接第 5 页)

本设计重点关注“三农”问题, 针对传统人工采摘方式存在的问题, 设计了一款集整机运输装置、采摘剪切装置、适应调节装置和收纳存储装置等部件组成的草莓采摘机。该设备具有结构简单、重量轻、携带使用方便、操作灵活、造价实惠等优点, 且设备动力源采用电能, 使用过程中无毒、无害、无污染、无噪音、无排放物, 对生态环境不会造成破坏, 实现节能降耗绿色生产。本项目充分利用现代农业技术, 解决农业生产经营中的焦点问题, 为农耕建设提供参考性意见和建设性思路, 响应了国家乡村振兴建设号召, 致力于促进农业增产、农民增收, 未来还可推广应用于其他地垄式作物的采收, 具有很好的应用前景。

参考文献:

- [1] 高义虎. 草莓采摘关键技术研究 with 机械手优化设计 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2021.

参考文献:

- [1] 董娇, 孙达锋, 邵丽梅, 等. 我国黑木耳产业与标准化发展现状分析探讨 [J]. 中国食用菌, 2023, 42(6): 114-120.
- [2] 张占胜. 食用菌菌料装包机的设计 [J]. 农机使用与维修, 2022(4): 32-34.
- [3] 王梧镇, 周海涌, 施礼, 等. 南方耳稻轮作宜机化大棚设施栽培黑木耳技术 [J]. 食药用菌, 2023, 31(4): 280-284.
- [4] 王明友, 王帅洋, 宋卫东, 等. 黑木耳生产全程机械化装备优化配置方案 [J]. 食用菌, 2022, 44(6): 63-65+78.
- [5] 王明友, 宋卫东, 周德欢, 等. 菌袋装料窝口插棒一体机的设计与实验 [J]. 食用菌学报, 2020, 27(4): 164-171.
- [6] 王明友, 王帅洋, 宋卫东, 等. 我国黑木耳机械化采收现状及展望 [J]. 中国农机化学报, 2022, 43(9): 219-223.
- [7] 王盼, 国钧翔, 曲朗崧. 一种多功能木耳培育收获机的研究与设计 [J]. 南方农业, 2019, 13(23): 126-127.
- [8] 王明友, 宋卫东, 周德欢, 等. 露地黑木耳机械化生产技术规程 [J]. 北方园艺, 2023(5): 152-156.
- [9] 谢剑. 黑木耳生产机械化发展现状、问题及解决措施 [J]. 农机使用与维修, 2021(12): 20-21. (02)

- [2] 陈香玲, 罗瑞鸿, 任惠, 等. 广西草莓生产现状与发展对策 [J]. 农业研究与应用, 2011(6): 49-51.
- [3] 罗振华, 蒋芬. 草莓采摘机设计研究 [J]. 科技风, 2019(19): 15+24.
- [4] 祝前峰, 陆荣缙, 鲁峻, 等. 草莓采摘机械研究现状与发展趋势 [J]. 农业科技与装备, 2021(5): 62-64.
- [5] 陈淑娴, 蒋立军, 奚秀芳. 一款小型地垄式草莓采摘装备的设计 [J]. 广西农学报, 2023, 38(2): 81-85+98.
- [6] 段利英, 严文超. 基于大棚垄地式草莓采摘装置的设计与研究 [J]. 南方农机, 2020, 51(13): 6-7+11.
- [7] 杜国峻, 姚福林, 曹建杰, 等. 地垄式单驱多果草莓人工辅助采摘装置设计 [J]. 机械设计, 2020, 37(7): 19-23.
- [8] 方海峰, 王宁, 曹晋, 等. 基于地垄式自动化草莓采摘装置设计 [J]. 包装与食品机械, 2022, 40(4): 107-112.

(02)