

# 根茎类中药材收获机械化应用及研究现状

张含思, 刘枫, 刘文亮, 魏常友, 王佳奇, 张苏, 张雪莹, 胡浩, 姜彩宇, 彭飞, 李健, 张亮

吉林省农业机械研究院, 吉林 长春

收稿日期: 2023年11月20日; 录用日期: 2023年12月18日; 发布日期: 2023年12月25日

## 摘要

近年来, 随着中医药的发展, 对中药材的需求日益旺盛, 根茎类中药材的种植面积也逐年扩大。目前, 我国根茎类中药材的收获人工占比仍然很大。提高根茎类中药材收获的机械化水平, 可以提高中药材产业的生产效率, 促进中药材产业的发展。本文综合分析了我国根茎类中药材收获的机械化进展情况, 重点阐述了根茎类中药材收获机械化的国内外研究现状、根茎类中药材机械化收获的现存问题、未来发展趋势等问题, 为我国根茎类中药材收获机的研究提供借鉴和参考, 以促进根茎类中药材收获机械化的进一步发展。

## 关键词

根茎类中药材, 机械化收获生产效率现状, 发展趋势

# Application and Research Status of Mechanized Harvesting of Rhizome Chinese Herbal Medicines

Hansi Zhang, Feng Liu, Wenliang Liu, Changyou Wei, Jiaqi Wang, Su Zhang, Xueying Zhang, Hao Hu, Caiyu Jiang, Fei Peng, Jian Li, Liang Zhang

Jilin Provincial Agricultural Machinery Research Institute, Changchun Jilin

Received: Nov. 20<sup>th</sup>, 2023; accepted: Dec. 18<sup>th</sup>, 2023; published: Dec. 25<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In recent years, with the development of traditional Chinese medicine, the demand for Chinese herbal medicines has become increasingly strong, and the planting area of rhizome Chinese medicinal materials has also expanded year by year. At present, the harvest of rhizome Chinese medicinal materials in China still accounts for a large proportion. Improving the mechanization level of harvesting

文章引用: 张含思, 刘枫, 刘文亮, 魏常友, 王佳奇, 张苏, 张雪莹, 胡浩, 姜彩宇, 彭飞, 李健, 张亮. 根茎类中药材收获机械化应用及研究现状[J]. 农业科学, 2023, 13(12): 1150-1156. DOI: 10.12677/hjas.2023.1312156

**rhizome Chinese herbal medicines can improve the production efficiency of the Chinese herbal medicine industry and promote the development of the Chinese herbal medicine industry. This paper comprehensively analyzes the progress of mechanization of harvesting rhizome Chinese herbal medicines in China, and focuses on the research status of mechanized harvesting of rhizome Chinese herbal medicines at home and abroad, the existing problems and future development trends of mechanized harvesting of rhizome Chinese herbal medicines. This paper provides a reference for the research of rhizome Chinese herbal medicine harvester in China, so as to promote the further development of the mechanization of harvesting rhizome Chinese herbal medicines.**

## Keywords

**Rhizome Chinese Herbal Medicines, Mechanized Harvesting Production Efficiency Status, Development Trend**

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着中医中药在全世界的普及与推广，国内的中药材产业发展迅速。据国家中药材产业技术体系统计，2023年全国中药材种植总面积为6866 k/hm<sup>2</sup>。药材种植业正向着专业化、规模化、集约化方向高速发展。其中，种植根茎类药材产生的经济价值巨大，已经成为我国多省份地方提高区域经济水平、增加农民收入的重要途径之一，在我国农业经济中具有重要地位。推进根茎类中药材收获机械化，提高产业价值是目前亟待解决的问题[1][2]。

## 2. 我国根茎类中药材机械化收获现状

目前，我国有东北、华北、华东、华中、华南、西南和西北7大道地药材产区。为了进一步提升中药材的质量，农业农村部、国家药品监督管理局、国家中医药管理局印发了《全国道地药材生产基地建设规划(2018~2025)》。截至目前，我国根茎类药材种植面积已经达到30,670 km<sup>2</sup> [3][4][5]。

根茎类中药是指入药部分是根茎或带有少量根部或肉质鳞叶的地下茎类药材。通常呈现出块状或类似根的形状，有时呈现出分枝或分叉，包含根状茎、鳞茎、块茎、球茎。大部分的根茎类中药材生长深度处于10~60 cm，在收获时的水分含量都偏高，非常脆嫩；挖掘机构需要达到一定的作业深度，收获过程中非常容易造成损伤与折断，因此对收获机械的性能要求较高[6][7]。根茎类中药材种植主要集中在丘陵地区，土壤条件复杂，土地不平整，种植地块面积小且分散，不适用大型农机，但小型农机往往又存在着动力小、稳定性差等缺陷，难以满足收获要求。现有的根茎类中药材收获方式存在技术水平低、作业效率低、人工成本高等问题，缺少规模化、规范化的适用设备。随着农村青壮年劳动力的紧缺，用工成本居高不下的问题日益突显，已经成为制约药材种植业规模化发展的重要因素。因此，加大对根茎类药材收获机械研制的投入，不但有利于提升我国根茎类中药材种植业整体农业机械化水平，促进根茎类中药材产业的均衡发展，推进农业供给侧结构性改革和乡村振兴，还可以提高我国农业机械化整体水平，大幅提高农业劳动生产率[8]。

## 3. 根茎类药材收获机械研究现状

根茎类中药材收获机主要由机架、挖掘、分离、输送、收集等机构组成，其中挖掘、分离、输送机

构为主要关键部件。按用途主要分为药土起获机械、药土分离机械、清选机械等。随着自动化技术的发展,根茎类中药材收获机逐渐引入了智能化技术以提升收获机关键部件的重要参数性能及自适应调控能力,从而提升收获装备的普适性[9]。

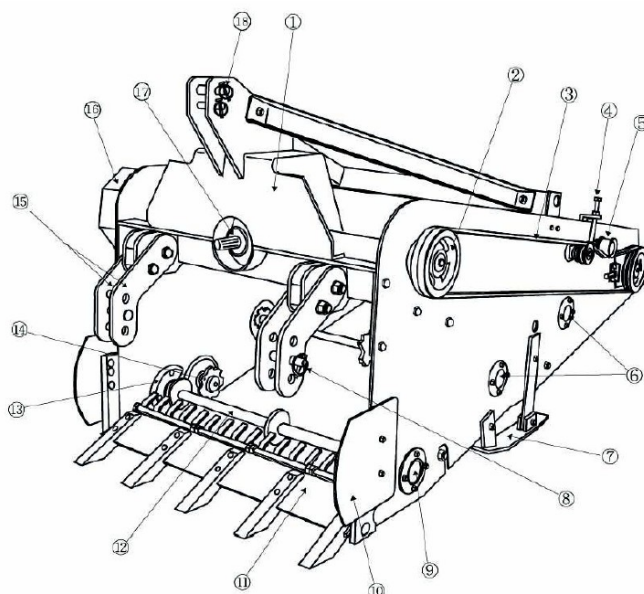
### 3.1. 国内研究现状

我国引进根茎类作物收获机至今已有半个世纪的历史,主要以马铃薯、胡萝卜、花生等为主。从20世纪90年代开始,便针对根茎类中药材收获领域展开深入研究,开发出了多种类型的根茎类中药材收获机械。目前,国内的根茎类中药材收获机研究以中小型为主。关键部件研究中,挖掘机构由于其结构相对简单且成本低、适用性广,可以实现人参、黄芪、丹参等多种根茎类中药材起获工作,市场占比较大。目前,仍然存在挖掘阻力大、功率损耗大的问题,因此研制出挖掘阻力小、功率损耗低、破损率低的减阻挖掘部件是研究重点。

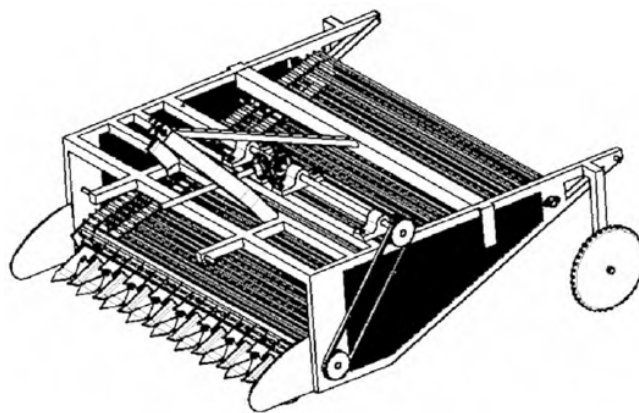
在药土分离机构上,主要集中在杆条式升运筛式、振动带式以及筛式这三大类药材收获机,采用了抖土、振动以及击打等原理去实现根土分离的目的。目前尚有药土分离效果差,对药材的损伤程度大等一系列的问题亟需解决。河北农业大学研究出了一种组合式随动器;华南农大设计研究了一种具有双重振动挖掘机构,如图1所示,通过双棘辊、弹性筛网与链条的组合,实现振动药土分离;吉林省农业机械研究院王新阳等人对人参收获机的行走及收获部分部件开展了设计及制造、试验等工作,如图2所示,该机型配套动力58.8 kW,工作幅宽1600 mm,作业效率5亩/h;可以实现人参等根茎类作物的起获、药土分离及收集等工作。何晓芬设计了一台适合丘陵山区使用的折耳根收获机,研究设计了挖掘与振动分离部件;陈威设计了一台可用于丘陵山区使用的,采净率和破损率可达96.56%、6.12%的自走式太子参联合收获机;李增玺研制了一台东北地区适用的百合收获机;宋江改进了4B-1200型平贝母药材收获机;昆明理工张兆国研制了多款三七收获机,如图3所示,可适用于云南丘陵山区、温室工厂等不同场景[10][11][12][13]。



Figure 1. Vibrating screen type medicine and soil separator  
图1. 振动筛式药土分离机



**Figure 2.** Design drawing of a traditional ginseng harvester  
**图 2.** 传统人参收获机设计图



**Figure 3.** 4SD-1700 suspended *Panax notoginseng* medicinal material harvester  
**图 3.** 4SD-1700 型悬挂式三七药材收获机

自走式联合收获机是未来发展的趋势，但其机构复杂、制造成本较高、价格昂贵，市场占比份额相对较少，目前主要用于收获贝母、元胡、半夏、太子参等浅根茎类中药材。

### 3.2. 国外研究现状

国外早在 20 世纪 40 年代就已经开始了对根茎类作物收获机器的研究。目前，美国、加拿大、韩国、日本等国家都针对西洋参、胡萝卜、马铃薯、花生等根茎类作物收获机械开展了一系列研究。

美国 Kelley Manufacturing 公司以 KMC3376 机型为基础，开发除了花生联合收获机；WSKang 和 MIDawelbeit 公司深入研究了根茎类收获机械中的挖掘铲、振动筛等主要工作部件，通过优化设计减少 20%~50% 的牵引阻力。二十世纪中期开始，德国、日本等国家已经展开了根茎类作物自走式联合收获机械的研究，随着技术的进步，机电液一体化技术、光电技术、仿形技术等也应用于收获装备中。德国 GRIMME 公司融合机电液一体化技术，通过三角皮带传动来降低收获的破损率；利用液压系统进行限深

装置及振动装置的多层级多单元的调节；VENTOR 4150 自走式马铃薯收获机搭载了视觉识别系统、自动分离控制系统、自动化填料装置、视频监测控制系统等先进的传感及自动化技术(见图 4) [14] [15]。



Figure 4. GRIMME VENTOR 4150 potato harvesters  
图 4. GRIMME 公司 VENTOR 4150 马铃薯收获机

日本研发了几款深根茎中药材收获机，其中日本苦米地技研工业株式会社发明了一款 TG 系列牛蒡收获机，日本株式会社小松制作所研制了一款 YCD-60PM 型锯齿式山药收获机。韩国太仓农机公司生产的 TC-1800GA 型无振动根茎类作物收获机，通过对不同作物的特性进行分析，实现了多种根茎类作物通用收获。创一会社生产的 DR 系列收获机具有设计制作精良、操作简便、经久耐用、维修方便、出净率高 > 98%、破损率低等优点。目前，韩国的人参机械化种植水平随着自动化控制技术的快速发展，走上了系列化、智能化的发展道路。但由于种植环境不同，韩国的人参种植角度与床宽与我国种植情况区别很大，因为其设备需要改进后，方能适应我国种植条件。

#### 4. 根茎类中药材机械化收获现存问题

目前国内中药材收获机械化还处于起步阶段，在根茎类中药材收获机实际应用中，依然存在挖掘阻力较大、收净率低和破损率高等现象，制约收获机械化水平的因素较多且复杂，主要存在以下问题。

1) 机具适应性差，农机与农艺的结合程度低。根茎类中药材品种繁多，且受种植的地理位置、土壤的物理特性等种植条件影响，种植方式及农艺标准也有所不同；土壤与根茎类中药材根系的模型与参数设定不同，挖掘机构入土角度及作业阻力也不同。由于缺乏对土壤 - 不同中药材根系之间作用机制的系统化研究，不明确各类影响因素与收净率、破损率之间的对应关系，因此，现有根茎类中药材收获机具对不同地区、不同药材的适用性较差，达不到中药材相关商品规格的标准要求，加大了农户负担。

2) 根茎类中药材收获机械关键技术亟需攻关。现有的收获装备存在挖掘机构入土阻力大、铲尖易磨损、碎土效果差、功率消耗大等问题；根土分离机构由于振动、抖动等原因，造成了药材的损伤率较高，土壤含水量大时，根土分离不彻底，存在二次掩埋情况，收净率低。因此，亟需开展收获装备关键部件技术攻关，研制深层挖掘减阻部件，设计低损输送网链及高频低幅振动机构，同时加大深度调节装置设计，实现一定范围内的作业深度调节。

3) 机械化收获装备的先进性不足，收获作业的智能调控技术缺乏研究。目前自动化、智能化技术等技术在根茎类中药材的收获装备的应用较少。现有的收获装备功能简单，无法实现自适应调控、错误报

警、在线监测、故障诊断等复杂功能。不同品种、不同收获条件下的挖掘机构与根土分离机构的作业参数要求不同,现有的挖掘机构在判断收获机具挖掘铲入土角度、入土深度、根土喂入量、根土分离机构振幅与振动频率等作业参数时,主要依靠人工经验进行判断,无法依据监测结果,实时进行自适应调节。

4) 联合收获机械的研发。根茎类中药材主要种植丘陵山区、零散地块等,受地理环境的影响及制约,通用联合收获机械无法施展,企业研发根茎类中药材收获机的积极性不高。

5) 缺少完善的服务体系。与主要粮食作物相比较,根茎类中药材收获机械普及程度低、推广力度小、综合保障能力低、从业人员教育水平差、培训机会少,农忙时提供的有效维修不及时[15][16][17]。

## 5. 发展趋势

1) 机械结构的优化设计。在满足收获机械性能的前提下,设计结构简单、紧凑、通用性好的机型,以满足广大的市场需求。寻找作物的共性,设计合理的结构,通过更换部分零部件或者调整工作参数的方法来实现一机多用,提高根茎类作物收获机械的通用性。

2) 改变传统的种植模式,促进农机与农艺结合。农业机械化的实现离不开农艺的支持,农机与农艺相辅相成,共同服务于农业生产。通过相关学科专家的定期交流,协同研究,制定符合根茎类作物机械化后或的栽培模式,如行距、垄作、平作等,研发与农艺相结合的收获机械。

3) 制定统一的行业标准。尽管我国药材收获机已经发展了近半个世纪,但是截至目前,仍然没有相关的国家标准与行业标准出台。当前根茎类中药材收获装备的设计、制造及鉴定都缺乏统一的依据。出台统一的标准,有利于引导企业提高产品质量,提升产品的工作性能,促进产业发展。

4) 高新技术应用于收获机械。随着各种新兴技术的实现,根茎类作物收获已经不是简单地实现机械化,还要向着信息化、精确化、智能化发展,进一步研制智能农业装备、智能传感与控制系统,建立田间作业自主系统、信息遥感监测网络、大数据智能决策分析系统,开展智能农场集成应用与示范,实现智能化与精准化中药材产业。现阶段,根茎类中药材收获多为牵引式,均采用振动和液压技术进行仿形挖掘,未来在传感技术基础上,实现土壤喂入量控制、根茎类中药材运量控制及分级装载。并采用气压、气流及光电技术进行碎土及分离清选,并搭载 PDA、GPS、GPRS、GIS 等技术的农机终端操作系统,进行相关监控、控制与调度等。产品实现模块化装配和驾驶补偿,挖掘付款及清选装置栅杆间隙等均可更换,更好地适应作业环境,实现自动驾驶与自动对行功能[18]。

## 6. 结束语

中药材发源于中国,根茎类中药材的需求量也随着人们对健康的重视不断提高。因此,大力提高根茎类中药材机械化普及程度,减少人工,降低生产成本,保质保量实现机械化收获是当前的重要任务。在推进根茎类中药材收获的过程中,需要提高根茎类中药材收获机械的通用性及关键部件的可替换性;结合农机农艺,加快制定行业标准;加快高新技术在根茎类收获机械上的应用,提高产业信息化、智能化水平,为我国中药产业发展做出积极贡献。

## 基金项目

吉林省科技发展计划资助项目,农田全程机械化作业模式关键设备的研究(项目编号:20230202037NC)。

## 参考文献

- [1] 于庆旭,张陆海,蔡子平,刘燕,龚艳,曹光乔.甘肃根茎类中药材机械化生产现状及展望[J].中国农机化学报,2023,44(2):29-36.

- 
- [2] 高新, 蒋辉霞, 随顺涛, 李光辉, 蒋金巧, 万先起, 罗俊. 四川根茎类中药材收获机械化现状与发展建议[J]. 四川农业科技, 2023(2): 112-117.
- [3] 戴桐, 孙伟, 张华, 刘小龙, 李辉. 根茎类中药材机械化收获研究现状及发展趋势[J]. 林业机械与木工设备, 2023, 51(2): 4-8+14.
- [4] 韩卫华. 山西根茎类中药材机械化收获技术现状[J]. 农产品加工(上半月), 2022(21): 97-99.
- [5] 许彩霞, 刘鹏霞, 张瑞. 根茎类中药材收获机械发展现状[J]. 农业机械, 2022(4): 94-96.
- [6] 蔡龙基, 刘克福, 李青涛, 廖敏, 赵晓冬. 根茎类中药材生产全程机械化发展现状[J]. 农业工程, 2021, 11(12): 9-15.
- [7] 许渊, 张锋伟, 李保良, 张方圆, 刘禹辰, 宋学锋. 根茎类中药材收获机挖掘装置设计与仿真试验[J]. 中国农机化学报, 2021, 42(10): 42-49.
- [8] 马海军, 张玲芳, 杨蕾, 等. 振动分离式深根茎类中药材收获机研发及产业化[Z]. 2021-08-19.
- [9] 陈林, 张亚振, 王达, 张冰辉. 山丘区根茎类中药材机械化收获技术与装备研究[J]. 河北农机, 2021(11): 1-2.
- [10] 徐秀霞. 根茎类中药材收获机械现状及收获工艺分析[J]. 河北农机, 2021(11): 9-10.
- [11] 张陆海. 甘肃中药材生产机械化的技术推广[J]. 农机市场, 2021(2): 29-31.
- [12] 刘继平. 甘肃省根茎类中药材生产全程机械化技术浅析[J]. 农业机械, 2019(5): 78-80.
- [13] 车建海, 柳继荣. 根茎类中药材机械化收获试验示范[J]. 农机科技推广, 2017(10): 50-52.
- [14] 刘鹏霞, 郑晓莉. 甘肃省根茎类中药材机械化收获发展现状[J]. 农业机械, 2017(7): 109-111.
- [15] 赵菲菲. 牵引式三七收获机的设计与试验研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明理工大学, 2016.
- [16] 韩银善, 杨九林. 根茎类中药材收获机械化技术的运用[J]. 农机科技推广, 2015(10): 37-38.
- [17] 陈学深, 马旭, 陈国锐, 齐龙, 武涛, 曾令超. 深根茎类中药材根土分离装置的研究[J]. 机械设计, 2015, 32(7): 65-70.
- [18] 张庆, 邵珠山. 根茎类中药材的机械化收获技术[J]. 现代农机, 2013(1): 28-29.