

我国中草药产业机械化发展现状及探索

吴立国^{1,2,3} 苗振坤^{1,2,3} 娜^{1,2,3} 满大为^{1,2,3} 李艳娜^{1,2,3} 徐克生^{1,2,3*}

- (1. 国家林业和草原局哈尔滨林业机械研究所, 黑龙江哈尔滨 150086;
2. 国家林业和草原局林业机电工程重点实验室, 黑龙江哈尔滨 150086;
3. 国家林业和草原局林业装备工程技术研究中心, 黑龙江哈尔滨 150086)

摘要: 中国是中草药的发源地, 中国大约有 12000 种药用植物, 这是其他国家所不具备的, 在中药资源上我们占据垄断优势。古代先贤对中草药和中医药学的深入探索、研究和总结, 使得中草药得到了最广泛的认同与应用。现阶段中草药种植已成为我国农村农民增加收入的重要途径之一, 但目前在中草药生产方面, 普遍存在效率低、劳动强度大等一系列问题, 严重影响和制约农民种植药材的积极性。本文从中草药耕整、播种、移栽、中保、采收、清洗、直到机械化烘干技术逐一进行了探究。探讨了我国中草药产业机械化发展中存在的问题, 提出了我国中草药产业机械化发展的未来趋势, 以期为我国中草药产业机械化发展战略研究提供参考。

关键词: 中草药; 机械化; 发展现状

Development Status and Exploration of Chinese Herbal Medicine Industry Mechanization in China

Abstract: China is the birthplace of Chinese herbal medicine. There are about 12,000 kinds of medicinal plants in China, which are not available in other countries. We have a monopoly advantage in the resources of traditional Chinese medicine. Ancient sages' in-depth exploration, research and summary of Chinese herbal medicine and Chinese medicine have made Chinese herbal medicine the most widely recognized and applied. At the present stage, Chinese herbal medicine planting has become one of the important ways to increase the income of rural farmers in our country. But at present, there are a series of problems in the production of Chinese herbal medicine, such as low efficiency and high labor intensity, which seriously affect and restrict the enthusiasm of farmers to plant Chinese herbal medicine. In this paper, the techniques of soil ploughing, sowing, transplanting, medium protection, harvesting, cleaning and mechanization drying of Chinese medicinal herbs were explored one by one. This paper discusses the problems existing in the development of mechanization of Chinese herbal medicine industry, and puts forward the future trend of the development of mechanization of Chinese herbal medicine industry, in order to provide reference for the strategic research of the development of mechanization of Chinese herbal medicine industry.

Key words: Chinese herbal medicine; Mechanization; Development Status.

中国是世界上中草药资源最大的国家, 也是世界中草药贸易的大国。中草药的种植与应用在我国已经有了几千年的历史, 防病治病方面在中华民族历史长河中起到了不可替代的作用。2016 年, 中共中央、国务院印发《“健康中国 2030”规划纲要》, 作为今后推进健康中国建设的行动纲领, 提出了一系列振兴中医药发展、服务健康中国建设的任务和举措。国务院印发《中医药发展战略规划纲要(2016-2030 年)》, 把中草药发展上升为国家战略, 对新时期推进中草药事业发展做出了系统部署。而“一带一路”倡议的实施, 为中草药产业发展提供了机遇。目前, 我国中草药产业机械化水平不高, 与大农业和优势特色经济作物的机械化率相比差距较大, 总体处于“无机可用”“无好机可用”的状态, 严重制约了中草药产业的发展, 如何实现中草药产业全程机械化, 是农林技术装备研究部门亟需解决的一项新课题。

本文分析总结了中草药产业机械化的现状和存在的问题, 从中草药产业机械化选地整地、播种、移

栽、中保、采收、清洗以及烘干逐一进行了探究。并提出了相应的探索建议，以期为中草药产业机械化发展提供借鉴，从而加速中草药产业现代化进程。

1 中草药产业机械化发展现状

中草药是具有历史系统性记载的传统药物，在我国市场占据了巨大的优势。而如何以科技创新为源动力，以“现代药物”的崭新面貌让中草药“走出去”，并为增进全人类的健康福祉做出更大贡献，是中草药产业关注的热点话题，也是中草药机械化发展努力追求的一个方向。我国中草药产业的发展正在促进中草药机械装备产业的发展。在此影响下，中国中草药机械装备产业在企业数量、产品品种、规格、产量方面都在世界前列，我国也成长为中草药机械装备生产大国。越来越多的中药机械装备企业能够为行业提供现代化制造的工艺试验、技术咨询、项目规划与设计、节能型和智能型装备、灭菌设备、交钥匙工程等。不过，现阶段中草药材机械装备作业水平低，落后于传统农业。在农业机械化进程中，中草药作为新兴小规模种植经济作物，其机械化作业水平远远落后于传统农业，跟农业机械化整体水平相比较，中草药生产的机械化水平“刚刚起步，就落后 20 年”。除极少数平原区种植的中药材品种（黄芩、黄芪、射干等）借助于传统作物生产机械已初步实现种植、收获机械化外，绝大多数中药材生产还主要依靠大量人工作业完成，尤其是山地、丘陵地区，中药材生产机械几乎等同于空白。在中草药耕整机械、中草药播种机械、中草药移栽机械、中草药植保机械、中草药收获机械、中草药清洗机械、中草药烘干机械等方面自动化、信息化程度低，在创新能力、产品技术水平、质量品牌、行业规范等方面仍有较大差距。中草药机械装备企业亟待改变现状，解决发展瓶颈。

1.1 中草药耕整机械

耕整机械可以完成土壤翻整、深松、碎土、耙细、整畦等联合作业。可以改善土壤结构，恢复土壤肥力，消灭杂草，减少病虫害，增加土壤有机质、恢复和提高土壤肥力，松碎土壤，增加土壤孔隙度，使土壤中保持充足的水、肥、气、热四大肥力因素，为中草药根系伸展发育创造良好环境。

现阶段中草药耕整地环节主要使用各种大中小型的犁、深松机、微耕机和联合整地机等机具。由于受地理环境的影响及制约，各地区使用的配套机具差异较大，山地、丘陵等地区主要以小型微耕机、手扶拖拉机等动力机具配套小型耕整地机具作业；华北地区主要采用小型四轮拖拉机配套耕整地机具作业，部分地势平坦、连片面积大的区域采用大中型拖拉机完成作业；东北平原地区，机械化程度较高，中药材种植区域耕整地机械化水平基本在 90% 以上。

1.2 中草药播种机械

中草药播种机械化已经初具规模，但是水平还比较低，与产业发展需求尚不相适应。中草药品种繁多，播种要求各异，是种植机械化的一个突出矛盾。要实现机械化播种，需要根据不同作物种子的千粒重、形状，以及株行距、播种量、亩保苗株数、播种深度等进行播种机的研究改造，还要考虑到穴播、条播、种植密度、播种深度等问题。如平贝母的播种，党参、当归的育苗播种，目前只能人工进行。

中草药播种使用的大部分机具可以与农业播种机具通用。根据中草药作物不同种子的千粒重、形状，以及株间距、播种量、亩保苗株数、播种深度等，现在阶段最常用的是槽轮式、星孔轮式排种器的播种机，对播种机的排种器、开沟器进行适当技术改造和调整，使其达到农艺要求。中草药种植密度大，播种深度浅，种子价格高，对一些籽粒直径较小、带颖壳的，而且要求播种深度较浅的中草药的播种，需要高精量的播种机。对于籽粒非常小的种子，需要“种子带”播种技术。“种子带”可以实现定量定位播种，节约用种。种子按照预先设定的株距和穴粒数，通过编织设备定量定位编织在种子带中，然后将种子带埋入一定耕层土壤中。“种子带”属绿色环保产品，由具有可降解的天然纤维的特殊物质组成，纤维溶解期约为 30 天左右，自然分解于土中，对土壤无任何污染。

1.3 中草药移栽机械

中草药的种植分为直播、移栽和嫁接等形式。国内大约有近 100 个品种的中草药适合于育苗后移栽

种植,移栽的好处是缩短生长时间,提高成活率和提高产量,传统的中草药种植上,移栽都是人工完成的,目前人工的低效率和高成本已经成为中草药产业的拦路虎,中草药种植必须解决机械化种植的问题。

机械移栽中草药种苗可以减少用工,提高效率,减轻劳动强度,降低成本,而且不易耽误农时。实现中草药精量播种技术,能节约种子,省去间苗作业,实现节本增效。机械化移栽作业规范了行距,有利于后续的机械作业。现阶段,我国中草药的机械化移栽面临着以下的问题:一是用户不接受机械化移栽的种植模式,二是育苗工厂、车间、设备等投入大,用户投不起,三是缺乏经济实用的机器,四是农机农艺不适应。要推广中药材机械化种植,就需要解决以上的问题。

1.4 中草药植保机械

中草药在苗期生长过程中,需要在苗株行间进行除草、松土或对苗株根部进行培土等作业。这些作业通常称为中耕植保作业。中耕植保是在中草药生长期间进行田间管理的重要作业项目,其主要目的是及时改善土壤状况,蓄水保墒,消灭杂草,提高地温,促使有机物的分解,为农作物的生长发育创造良好的条件。中草药植保机械是指在中草药生长过程中进行松土、除草、培土等作业的土壤耕作机械。

植物保护是农林生产的重要组成部分。是确保农林业丰产丰收的重要措施之一。为了经济而有效地进行植物保护,应发挥各种防治方法和积极作用,贯彻“预防为主,综合防治”的方针,把病、虫、草害以及其它有害生物消灭于危害之前,不使其成灾。植保机械的分类方法,一般按所用的动力可分为:人力(手动)植保机械、畜力植保机械、小动力植保机械、拖拉机配套植保机械、自走式植保机械、航空植保机械。按照施用化学药剂的方法可分为:喷雾机、喷粉机、土壤处理机、种子处理机、撒颗粒机等。我国植保机械是在解放后发展起来的,其发展主要经历研制、联合设计与攻关等几个阶段。虽然我国植保机械已达到或超过世界先进水平,但仍有大量工作有待继续努力。尤其是专门针对中草药产业的植保机械还处于起步阶段。

1.5 中草药收获机械

随着国家对自然生态建设越来越重视,很多天然中草药采挖行为被明令禁止,为了保障中草药正常供给,许多重要的中草药已经实现人工种植,特别是最为常见的黄芪、甘草、平贝母等这些根茎类中药材,几乎全部被人工种植。中草药收获是中草药人工种植过程中最重要的环节,现阶段,中草药收获主要还是依靠人力采收或者是借助于简易的机械设备辅助挖掘,这种人工收获或者半机械化收获方式劳动强度大,生产效率低,往往不能在中草药最佳收获期完成任务,致使中草药种植的经济效益下降。中草药的收获是要严格的按照时节甚至是时段进行的,若是没有及时将药材进行收获,会在很大程度上降低药材品质,导致药农的经济收入下降,进而限制中草药种植行业的发展。

实现机械化作业是提升中草药种植效益的最佳途径,但现阶段中草药机械化采收面临着很多问题,诸如防风、黄芪、牛蒡等长根茎中药材在采收的过程中,麻烦很多,还无法实现全程机械化作业。国外一些经济比较发达的国家在上世纪中叶就已经开始致力于研究根茎类作物收获机械,也将许多高薪的科学技术应用于其中,在收获的过程中也具有可靠性,但是多数机械装备结构复杂,体积庞大,不适用于我国中草药种植区域,而且只能用于收获浅根作物,对黄芪、黄芩等深根药物仍旧束手无措,还得借助于人工收获。我国从上世纪 90 年代开始逐渐投入力量研究适应于收获深根药材的机械设备,虽然取得了一定成效,但是整体上功能比较单一,在作业的时候还是只能将土壤挖松,其余的如起拔、捡拾等的工作还是需要人力进行,缺乏必要的生产效率。

1.6 中草药清洗机械

清洗,是中草药采收后加工前的一道重要工序,对中草药后续加工质量有重要的影响。尤其是对于生长在地下的根茎类中草药,生长在地下的根茎与土壤直接接触,粗糙的根茎表面、须茎之间会藏有泥粪土、细菌等,加工、入药之前必须把根茎清洗干净。根茎类中草药的清洗要求是很严格的,除去根茎表面的泥粪土的同时,更要除去表面残留的细菌。否则不仅可能影响药效,更有可能带来不良的副作

用,对后续加工质量的影响很大。

目前,在我国中草药清洗机械主要有滚筒式清洗机械和高压水射流式冲洗机械,也有将两种方式组合应用的机械。但是在很多中草药种植区域依然采用着其中人工清洗的方式,人工清洗质量比较好,用水量也少,药效成分不易流失。但是人工清洗工作效率低,耗时费力,只适应于小规模种植户;滚筒式清洗机械是将待洗药材装入滚筒内,滚筒的转动带动滚筒内部药材的翻动,迫使药材互相撞击振动,进而使附着药材表面的污染物向清洗液分散,从而完成清洗过程;高压水流式冲洗机械,清洗时药材在冲洗槽内翻动,同时进行高压喷淋。这两种机械清洗方式清洗效率高,清洗速度快。但是在清洗过程中对药材的碰撞损伤较大,药材须茎深处的沙土清洗彻底,清洗质量有限,且耗水量大。现阶段,中草药清洗技术和方法还不够成熟和完善,总体效率比较低,劳动强度大、水资源消耗严重,清洗过程中药材表皮碰撞损伤也经常发生。在经济利益的驱使下,有些不良商家和个人为了加快清洗速度,甚至使用化学洗涤剂,这对环境造成了严重的污染。

1.7 中草药烘干机械

中草药采收之后,有些是可以新鲜入药的,而多数药材是要经过后期加工处理后入药的。烘干是中草药后期加工过程的一个重要工艺环节,对中草药品质保障起决定性作用。中草药干燥是伴随中草药发展的历史而发展起来的,早在公元一世纪左右,《神农百草经》中就有“阴干、晒干”等有关干燥的记载。

中草药因品种、品质的不同所选用的烘干方法也不同。中国药典上明确规定了中草药的传统烘干方法,传统的中草药干燥的方法主要有阴干法、晒干法和烘干法。传统方法在悠长的中草药历史长河里得到了广泛的应用,在一定程度上解决了中草药的烘干问题,通过长期应用,人们也总结出了很多宝贵的经验,但传统烘干方法还是存在很多缺点,烘干效率低,烘干周期长、烘干品质难保障、无确定的工艺参数,很难达到现代中草药发展的技术要求。干燥方法和干燥温度都是影响中草药的质量的重要因素,烘干时应根据不同的中草药的药用部位采用相应的烘干温度和湿度,避免因温度不适宜对中草药中的有效成分的造成破坏,保证中草药的药性。

传统的烘干过程中烘干温度的控制无法实现自动化,中草药烘干后的含水率测定也不准确,这会对中草药烘干后的药性产生极大的影响。中草药产业想要更好的发展必须保障中草药的药用品质,结合中草药的烘干过程的特殊性和复杂性,必须把现代新技术应用于中草药的干燥。现在已经出现了一些新兴烘干方法,包括有微波烘干法、真空冷冻烘干法、远红外烘干法、高压电场烘干法等,传统烘干方法慢慢被机械化烘干设备所取代。

2 中草药产业机械化发展的主要问题

近几年,中医药在世界范围内得到了广泛的认可,我国中草药事业持续稳步发展,已形成了一定规模的产业体系,成为我国医药经济和社会发展中具有较强发展优势和广阔市场前景的战略性产业。然而,伴随着中草药产业的发展,中草药产业机械化存在的问题和不足也凸显出来。

2.1 中草药产业规模小制约机械化发展

现阶段,在我国一些中草药种植区域内虽然建成了部分标准化生产基地,但基地规模比重较小,而且基地分布零散,没有形成大规模连片种植,很难实施机械化作业。据统计,我国63%的中草药资源分布在西部地区,80%以上的中草药种植面积是由种植专业户来投资的,这部分药农的种植面积基本都在100亩以下,其中绝大部分是几亩、十几亩。零散分片种植占中草药种植总面积的大部分,无法形成“中草药种植户+中草药加工企业+合作社种植机构+医药协会+中草药生产基地”的生产模式,零散分片的种植模式不统一,未形成规模化、标准化管理,制约了现有机械装备的充分利用和生产效益最大化。

2.2 中草药种植标准化水平较低

中草药种植标准化发展下种植技术是非常重要的部分,从选种、播种到田间管理与收获后的采集预处理,都涉及到技术内容。为了进一步提高中草药种植与管理的整体水平,加强技术与机械化发展是

必然可行的。但是从当前实际情况来看,受到各地区经济发展的影响,中草药种植技术与机械化设备的应用存在很大差异,技术人才较为匮乏,在管理手段上与人才水平上存在一定的问题。除此之外,规范化种植中对合理浇灌、施肥也不到位,阻碍了中药材种植的标准化、产业化发展。标准化种植程度低,直接影响了专业机械装备的研发与应用。

2.3 中草药产业的专项企业规模小

从加工环节来看,中草材属于小众产业,品种多、总体规模偏小、品种间差异大、用药部位各不相同,每种中草药的加工方式与加工工艺、所用的原料、敷料和设备也不相同,且加工设备通用性差。比如枸杞含有较高的糖分和水分,呼吸强度高,不耐储运,脱水制干是其重要的加工方式之一。但使用化学促干剂促干,产品中化学残留高,危害人体健康。使用熏硫处理来护色,产品硫含量超标。加上其表面有蜡质层覆盖、高糖分、易褐变,因此枸杞的干燥问题长期困扰产业发展。没有规模化企业支撑,销售渠道有限,药农种植热情就会降低,很难形成规模、集约生产,更难实现机械化、工厂化、数字化生产。

2.4 中草药产业机械化生产缺少关注

随着全民健康意识不断增强,食品药品安全特别是原料质量保障问题受到全社会高度关注,中草药在中医药事业和健康服务业发展中的基础地位更加突出。据2017年第四次中药资源普查年度报告显示,中药资源有1.4万多种,栽培药材736种,市场流通药材种类达1888种。全国药材种植总面积约为6799万亩,产量可达1850万吨。据全国18个省区十三五规划数据显示,在2020年全国规划中药材种植面积将达6000万亩。但让人遗憾的是,目前,我国中药材种植业从播种到采收仍以传统人工作业方式为主,如果不能尽快发展机械化,将导致中药源头成本特别是人工费用不断升高,药材价格将居高不下,成为影响中药产业长期健康稳定发展的不利因素。

2.5 中草药产业机械化缺少新型农业社会化服务组织

新型农业社会化服务组织是指农业社会化生产过程中,农民为了实现特定的目标,按照新的原则、规范而形成的区别于以往农村组织的新型团体。尽管农业社会化服务组织对于农业现代化和新型经营主体的重要性不言而喻,但如何保障其正常运作往往被忽视。政策制定上,“重农民轻组织”的观念一直存在。从当前我国中草药种植的情况来看其主要呈现农户小规模种植,较多的集中于一些偏远地区并且以野生采集为主。这种现状不仅在药材产量上难以满足要求,也不利于集中化管理。由于没有形成规模化种植,没有专业技术装备、服务受众少,很难组建社会化服务组织。

3 我国中草药产业机械化发展对策建议

3.1 制定科学的机械化发展规划

制定中草药生产机械化发展总体规划,提出发展目标。整合中草药产业规划和项目,使各部门专项规划与全国总体规划保持完全衔接,保持中草药产业机械化规划的全局性,协调性,连续性,指导性、规范性,统筹中草药产业均衡发展。通过政府制定相应的优惠政策,重点鼓励规模化、集约化、产业化经营的药材大户,利用国家农机具购置补贴的政策,加大对中草药机具的补贴投放。建议财政设立专项发展中草药生产机械化资金,并纳入财政预算,有计划有步骤地投入,从而加快中草药生产机械化进程。

3.2 实施生产基地规范化管理模式

实施中草药生产基地规范化管理模式是中草药产业现代化、国际化的需要,中草药生产可以完成从农副产品向药材产业生产的转变,从小农户小规模经济模式向产业化、集约化经营模式的转变。散户种植面积小,地块分散,难以实现统一管理。通过科学地建设基地,逐步改变落后、分散的中草药生产方式,鼓励扶持大户种植,组建专业合作社,整合地块建立集中连片的高标准规范化生产(GAP)基地;积极协调地方财政部门,解决大户种植户和合作社法人的资金困难;还可以考虑参照农机管理模式,将中草药机具纳入农机购置补贴范围,通过购机补贴减轻购机户的压力,促进种植户购买机械装备的积极性。

3.3 促进多方协作，建立多元化的投入机制

中草药产业具有高价值特性，中草药机械化研究要坚守“药”的定位。中草药产业是上联农业、下联医药的特殊产业，中草药机械开发需要多学科的有机结合。中草药从野生到人工抚育种植转变的历程较短，在满足道地性、生产环境的条件下，多以能种、有产量为主要目标，机械运用经验缺乏。而推动中草药事业的发展，迫切需要协同品种繁育、种植制度、农业机械、药性药理等专业技术力量与种植企业（大户）、制造企业合作开发相关技术与装备。该产业发展还应以农机农艺融合为基础，需要加强农机农艺融合，在品种繁育、种植制度建立上应考虑装备研制与机械化作业相关因素，为中草药生产机械化奠定基础。此外，需要探索投入机制。一方面，中草药属于小众产业，品种多、规模小、品种间差异大、用药部位各不相同，这就决定中草药机械无法实现大批量生产，以一品一机及小批量为主要特征，社会投入动力不足。另一方面，与大农业相比，该产业获得来自国家的大规模经费支持比较困难。因此，需动员各方力量，探索建立多元化的投入机制。

3.4 加强中草药机械化社会化服务组织建设

首先，要健全农机化技术服务功能，完善各级中草药机械装备推广机构，补充资金缺口，克服中草药材机械化生产机械数量少的难题，充分发挥推广部门的推广服务功能。各级政府应考虑投入资金购买各环节的中草药材生产机械，完善农机推广机构服务职能。其次，要从机制上健全和完善各种经营模式的中草药机械化服务组织，鼓励和引导农机具经营者建立各种中草药机械化服务组织和队伍，为中草药种植户提供服务。再次，是加强中草药种植户培训，让中草药种植户掌握机具的操作和维修技能；培养一批农艺、农机技术骨干力量，从而推进中草药机械化技术的迅速发展。

3.5 加强专业技术人才培养

实现中草药产业机械化必须有针对性地加强人才培养。高素质、懂技术、有创新能力的人才队伍是产业发展的不竭之源。而高素质人才队伍的形成和建立要从以下几方面做起：一是高度重视，在筑牢组织制度保障上下功夫。以严格的制度形式为人才培养提供总体目标和基本思路。二是严格标准，在人才培养选树对象上下功夫，立足现实需求，结合中草药产业发展思想、产业发展目标等因素，重点培养选拔优秀拔尖人才。三是健全机制，在营造尊重人才环境上下功夫。建立健全人才培养激励机制，不断激发科研人员积极性、创造性。四是拓宽渠道，在搭建人才发展平台上下功夫。为人才培养搭建一流的学习交流平台。进一步细化教育培训制度，为人才培养搭建全方位学习实践平台。为专业技术人员创造与生产企业、合作社、科研院所联动、学习交流好平台，更好的推进中草药产业机械化生产。

4 结语

综上所述，在当前形势下，我国中草药产业机械化发展前景乐观，但也存在着许多弊端，面临着诸多挑战，必须针对这些问题有针对性地采取措施来解决。通过制度规划、管理模式、投入机制、组织服务、人才建设等多方面的投入，提高中草药产业机械化水平，积极推进大规模机械化生产进程，解放劳动力，提高机械作业生产效力，降低中草药产业生产成本，为中草药产业发展奠定基础。

参考文献

- [1] 唐志书. 创新驱动中药产业发展[N]. 汉中日报, 2020-12-22(003).
- [2] 邓锦松, 张海燕, 李艳, 吴升星, 杨明. 中药制药装备发展现状与对策[J]. 中国医药工业杂志, 2019,50(3): 345-348.
- [3] 薛峰, 黄剑宇, 吴浩, 李俊松, 狄留庆, 乔宏志. 现代中药加工技术研究进展[J]. 南京中医药大学学报, 2020,36(5): 727-735.
- [4] 王建国, 陈树涛, 郭红霞. 中草药生产机械化技术探讨[J]. 吉林农业, 2013, (20): 107.
- [5] 张秀平, 张亚振, 陈林. 河北省中药材机械化生产现状及发展展望[J]. 河北农机, 2019, (3): 11.

- [6] 王新天. 张掖市中药材产业机械化发展现状及问题和建议[J]. 农业机械, 2016, (4): 112-113.
- [7] 汪振荣. 张掖中药材产业机械化发展与技术要求[J]. 农业科技推广, 2016, (4): 42-43.
- [8] 季浩博. 静海区经济作物机械化生产现状及需求[J]. 农业开发与装备, 2019, (11): 58-59.
- [9] 王徐建. 甘草倾斜移栽关键部件设计与试验研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2017.
- [10] 何雄奎. 中国植保机械与施药技术研究进展[J]. 农药学报, 2019, 21(5-6): 921-930.
- [11] 王俊发, 马旭, 王宙斐. 我国中药材收获机械的发展现状与对策——中国农业机械学会 2008 年学术年会论文集[C]. 北京: 中国农业机械学会出版社, 2008: 110-112.
- [12] 王东, 李良, 孙胜武, 张书海. 东北山区中草药种植全程机械化技术介绍[J]. 农业机械, 2009, (6): 80-81.
- [13] 吴立国, 满大为, 苗振坤, 苏宁, 徐克生. 红星林药平贝母机械化生产现状及对策建议[J]. 林业机械与木工设备, 2019, 47(11): 46-48.
- [14] 李芙蓉, 刘淑梅, 刘凤霞, 张尚智, 孙逸来, 丁俊梅. 超声波清洗技术及其在中药材清洗中的应用研究[J]. 中兽医医药杂志, 2019, 38(1): 32-35.
- [15] 任迪峰, 毛志怀. 我国中草药干燥的现状与发展趋势[J]. 农业工程学报, 2001, 17(2): 5-8.
- [16] 徐晚秀, 李静, 宋飞虎, 李臻锋, 张振. 中草药干燥现状[J]. 中药与临床, 2015, 6(2): 114-118.
- [17] 丁润锁. 中药材种植配套机械化亟待加强[J]. 农机科技推广, 2013, (9): 44.
- [18] 潘永康等. 现代干燥技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998.
- [19] 高美梅. 中国中药产业国际化问题探讨[D]. 南京理工大学, 2005.
- [20] 何毅, 肖传学, 朱永宏, 等. 从源头探讨中药国际化之路[J]. 中草药, 2012, 43(4): 630.
- [21] 吕洁华, 关俊威. 林下中草药产业链研究综述[J]. 林业经济, 2015, (7): 82-85.
- [22] 赵美玲, 马明冲. 我国新型农业社会化服务组织发展现状与路径探析[J]. 广西社会科学, 2013, (2): 111-115..