

一种藤本植物宽幅 自走式高效喷雾机的 研制设计

黄瑞海¹, 胡福志², 孔庆玲², 金东琦², 史 洁²

¹黑龙江农业经济职业学院实验实训中心, 黑龙江 牡丹江

²黑龙江农业经济职业学院机电工程系, 黑龙江 牡丹江

收稿日期: 2023年7月7日; 录用日期: 2023年8月8日; 发布日期: 2023年8月16日

摘 要

目的: 研究自走式高效喷雾机。方法: 将雾化喷嘴由原来沿竖向导风板外沿环形固定安置改为沿竖向支撑杆从上到下依次设置, 且喷嘴可上下移动; 支撑杆可左右移动; 各喷嘴喷雾量可调; 轴流风机转速可调、可翻叶, 助力喷雾二次雾化。结果: 解决垄距宽、株距大、植株高的藤本植物喷雾作业费时、费力、成本高和喷洒时穿透力不足、药液不均匀等关键难题。结论: 集便携、智能行走、喷雾、调节功能于一体的喷雾机喷雾效果更好。

关键词

宽幅, 喷雾机, 自走式, 高效, 研制

Development and Design of a Wide Self-Propelled High-Efficient Spraying Machine for Lianas

Ruihai Huang¹, Fuzhi Hu², Qingling Kong², Dongqi Jin², Jie Shi²

¹Experiment and Practice Centre, Heilongjiang Agricultural Economy Vocational College, Mudanjiang Heilongjiang

²Department of Electrical and Mechanical Engineering, Heilongjiang Agricultural Economy Vocational College, Mudanjiang Heilongjiang

Received: Jul. 7th, 2023; accepted: Aug. 8th, 2023; published: Aug. 16th, 2023

文章引用: 黄瑞海, 胡福志, 孔庆玲, 金东琦, 史洁. 一种藤本植物宽幅自走式高效喷雾机的研制设计[J]. 仪器与设备, 2023, 11(3): 183-190. DOI: 10.12677/iae.2023.113025

Abstract

Objective: To study the self-propelled high efficiency spraying machine. **Methods:** The atomizing nozzle is fixed along the vertical studdle from top to bottom instead of along the ring outside of the vertical guide air plate, and the nozzle can move up and down; the studdle can move around; the spraying volume of each nozzle can be adjusted; the speed of axial flow fan is adjustable, it can turn the blade and help spray liquid atomized once again. **Results:** It can solve the critical problems of time consuming, energy consuming, high cost, insufficient penetration and uneven drug distribution in spraying for the lianas with wide monopoly distance, large plant spacing and high plant height. **Conclusion:** The spraying machine which is portable and integrates intelligent walking, spraying and adjusting functions has high-efficient performance in spraying.

Keywords

Wide, Spraying Machine, Self-Propelled, High-Efficient, Development

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

伴随国家《“十四五”中医药发展规划》落地，中药材产业发展迎来重大机遇，全国适合种植中药材的各地区抢抓落实，以黑龙江省为例，通过科学规划布局,把中药材产业调整为农业产业化结构的重点产业培育，全省中药材产业呈现出强劲的发展势头。目前，全省中药材种植面积有了突破性的增长，2020年种植面积达到17.5万公顷，比上年增加5.5万公顷，增长44.4%，比2018年翻一番多；齐齐哈尔、哈尔滨、大庆、七台河、绥化等地种植面积均比上年增长50%以上。全省3.3万个各类规模经营主体参与种植，打造了五味子、平贝等中药材专业村81个。

2. 现状

在中药材产业发展过程中，由于中药材生产基础条件差，现代农业技术装备和设施缺乏，田间生产、采收和产地初加工环节的机械化严重滞后[1]成为普遍现象。对于黑龙江省的北药开发，同样存在种植专用生产设备研发推广滞后[2]，导致生产效率低，人工成本高；缺乏科学化的管理模式、规范的种植技术和现代化的硬件支撑[3]，导致药材规模化种植能力弱、规模小、利润低的难题。尤其当下，对于种植省级重点发展的藤本科药材五味子，由于施药机械智能化程度低[4]，喷雾费工费时费钱，导致部分地区五味子种植规模下降，产品质量差、产量低、农户种植积极性减弱。

目前，我国农村种植模式主要是以家庭为单位、小规模农业合作社和政府主导的农场。不同的种植经营模式采用的植保机械和施药技术大有不同。家庭或小规模农业合作社由于条件限制，机械化程度不高，容易导致农药使用效率低、农产品中农药残留超标和环境污染等问题。农用植保机械不同于其他农业机械，涉及农产品、环境与农药使用人员的安全，是一种精确农业作业机具。[5]现阶段，我国国产各类植保施药机械约有20个品种、80多个型号，但是大多情况下结构比较简单，功能相似，专业化、系列化、智能化程度较低，尤其是手动药械，市场覆盖面较大，约占整个植保机械国内市场份额的80%，

担负着全国农作物病、虫、草害防治面积 70% 以上的任务[6], 与先进的农药施用机械能够精准喷雾作业, 避免施药过程中的“跑、冒、滴、漏”现象, 提高农药利用率, 减少农药用量[7]的目标还有很大距离。对于适合具有垅距宽、株距大、植株高等特点的宽幅种植的藤本植物的高效能喷雾机, 目前市场上还是空白。

国外对风幕式喷雾机施药技术研究较早, 但其结构复杂庞大, 引进费用高昂, 其价格是国内价格的数倍, 并且与我国作物种植模式不配套, 许多机型不能满足国内喷雾作业要求。与国外喷雾机施药性能相比, 我国喷雾机出风口气流速度均匀性和雾滴沉积均匀性还有待进一步提升。目前, 国内科研机构及企业对于喷杆喷雾机的研究相对成熟, 但对于风幕式喷雾机的研究还处于设计及试验阶段, 还不能适合我国农业生产模式, 未很好地推广[8]。

黑龙江农业经济职业学院的省级科技特派员在牡丹江地区进行科技服务时, 发现五味子的田间管理所用的喷雾机械大部分还是背负式的喷雾器, 作业强度大且效率低, 适合本地宽幅种植特点且高效、智能的喷雾机成为种植户的渴求。因此, 本研究结合目前植保机械的使用情况和高效能喷雾机的缺失情况, 希望能研制一种既能对较高植物的顶部叶片提高翻动效果, 又便携、智能、喷雾穿透力强且均匀的高效能藤本科植物喷雾机, 用以解决五味子、葡萄等垅距宽、株距大、植株高的藤本植物喷雾作业费时、费力、成本高的难题。最主要是解决喷洒时对植物茎叶穿透力不足、药液不均匀等质量不佳的关键难题。

3. 设计优势

新型宽幅藤本植物自走式高效喷雾机的优势体现在: 通过改变导风板形状、控制喷洒方向和调整喷洒距离等措施, 既能对较高植物的顶部叶片提高翻动效果, 又能自走、便携、智能, 而且喷雾穿透力强且均匀, 可弥补常规喷雾机存在的不足, 解决五味子、葡萄等垅距宽、株距大、植株高的藤本植物喷雾作业费时、费力、成本高、质量不佳的难题。最主要是能解决喷洒时对植物茎叶穿透力不足、药液不均匀等质量不佳的关键难题, 从而达到提效提质降耗的目的, 满足种植户扩大规模和提高产值的迫切需求, 为广大种植户节本增效提供保障, 同时可大大减少药液喷洒量, 降低对土地及环境的不良影响及对生命健康的伤害。

本研究通过市场调研、文献和专利查询, 了解我国喷雾机发展现状和常规喷雾机存在的问题及种植户的迫切需求。在实用新型专利《一种藤本科植物喷雾机》得到授权后, 掌握了当下藤本科植物喷雾机的关键技术改进点, 明确了产品技术创新点; 通过模拟仿真法及实地试验法, 验证设计方案的可行性, 为成功研制本产品提供充分且科学的理论与技术数据。

4. 研究技术背景

4.1. 宽幅种植藤本植物的特点

宽幅种植藤本植物如五味子、葡萄等在田间管理过程中需要反复进行除草剂、叶面肥、植物生长调节剂、防止病虫害的农药等喷洒工作, 用肥用药量大且用工极其繁重。

4.2. 喷雾机分类

喷洒器具是将液体分散成为雾状的机器, 分农用、医用和其它用途(如工业用), 分为喷雾器和喷雾机, 一般称人力驱动的为喷雾器, 动力(发动机、电动机)驱动的为喷雾机。喷雾机按工作原理分液力、气力和离心式喷雾机; 按携带方式分手持式、背负式、肩挎式、踏板式、担架式、推车式、自走式、车载式、悬挂式及航空式喷雾机等。

农用喷雾器具属于农业植保机械, 目前既沿用传统的人力喷雾器, 也在普及推广各种动力驱动的喷

雾机,而且随着土地集约化经营模式的不断深化,便携、智能、高效的喷雾机将逐渐成为农户新的追求。

4.3. 常规宽幅藤本植物喷雾机存在的问题

根据市场调查及农户走访了解到,目前市场上在售的常规宽幅藤本植物喷雾机,一种是依靠压力泵增压来提高药液雾化效果,另外一种增加了强力风机来进行翻叶和加强雾化。

压力泵增压喷雾机在喷雾时,由于受植株叶片的阻挡,大部分药液被喷射在叶片朝向喷雾机的一面,喷射到叶片另一面的药液较少,甚至喷不上,这就导致叶片正反面受药不均匀,大大降低了喷药效率及对叶片的治理效果。为了提高叶片治理效果,通常需要单行双向喷洒,因此作业效率非常低,作业成本居高不下。强力风机喷雾机能使叶片两面均可朝向喷嘴,同步喷洒,因此可实现单行单向喷洒,从而提高作业效率。但由于植株行间距的限制,这种喷雾机上强力风机的圆形导风板直径不能设置太大,导风板的最高点约为植物行间距的 $1/2\sim 2/3$,当风机风流离开阻风板后会受到外界环境风的干扰,加上喷嘴设置较低,因此对较高处叶片的翻动和喷雾效果会大大降低。

综上所述,常规宽幅藤本植物喷雾机存在调整功能较单一、适应能力不够强、作业效率低、喷洒不均匀、浪费药液、作业质量无法保证、劳动强度高,用工成本高等问题,无法满足藤本植物种植户进一步扩大规模和提高产值的需求。因此,急需解决目前常规喷雾机存在的问题,提供一种高效实用的解决方案。

5. 新型喷雾机研制设计

5.1. 结构设计

新型喷雾机由行走机构及喷雾机构组成。

1) 行走机构

使用电瓶驱动,速度可调,包括车架、车轮、控制面板、电瓶等。

① 车架车轮:车架由50方管焊制,底部设置3个沙滩车轮,两后轮外轮距不超过800 mm(受五味子、葡萄种植垅距限制),车架上从前到后依次设置控制把手、驾驶座、电瓶、储液箱、压力泵、横向风力单元、竖向导风板、雾化喷嘴单元等。

② 控制面板:设置在车架前端把手上,集中控制行走机构的行驶速度、方向、压力泵和轴流风机的转速、截止阀开度等。

③ 电瓶:采用48 V 30 Ah电瓶,通过导线与行走机构驱动电机、横向风力单元以及压力泵电机连接。

2) 喷雾机构

包括储液罐、压力泵、横向风力单元、竖向导风板及雾化喷嘴单元等。

① 储液罐:采用300升HDPE材质卧方厚4 mm罐体横向放置,要求罐体长度不超过800 mm。

② 压力泵:采用48 V电机驱动26型三缸柱塞泵,转速800~1200 rpm可调,流量13~22 L/min,压力10~40 kg/cm²,喷洒高度4~6 m。

③ 横向风力单元:包括48 V直流电机和叶片直径500 mm的轴流风机,直流电机与轴流风机用皮带传动,转速可调。

轴流风机的出风口设置在竖向导风板一侧,并正对竖向导风板下部中心。风流脱离竖向导风板后一是对雾化药液进行二次雾化,二是对竖向导风板四周的植株叶片进行翻动。

④ 竖向导风板:设计成抛物线形,顶部高度尽量靠近藤本科植物上部,两块导风板之间设置导向隔板。

轴流风机产生的风流直吹到竖向导风板上,风流受到竖向导风板的阻挡,改变其流向,沿着竖向导

风板的表面向四周流出，对竖向导风板四周的叶片产生良好的翻动效果，使雾化药液能够均匀黏附在叶片的正反面上，进一步提高了喷药效率效果。

由于竖向导风板的抛物线形顶部所在水平面靠近藤本科植物顶部，部分风流能够沿竖向导风板直接到达藤本科植物顶部，缩短了风流脱离竖向导风板后到达叶片处的距离，而且由于竖向导风板的导向作用，该部分气流在脱离竖向导风板到达植物顶部叶片之前，受外界环境风流影响较小，因此提高了对藤本科植物顶部叶片的翻动效果，配合雾化喷嘴喷射的雾化药液，一次喷雾即可完成对整个植物叶片的喷洒处理，无需再额外针对植物顶部的叶片进行喷药。因此，本装置能够应用于较高植物的喷雾作业上，可隔垌往返操作，减少重复工作，提高喷药效率和效果。

⑤ 雾化喷嘴单元：包括喷嘴、喷嘴支架、流向罩、竖向支撑杆、横向滑轨等。

喷嘴设置在两块竖向导风板之间外侧，铰接固定在喷嘴支架上，设置锁定螺栓锁定其仰角，通过喷嘴支架可沿左右竖向支撑杆上下移动；左右竖向支撑杆底端调节块可沿横向滑轨移动，调整喷嘴与植物之间的距离。

各雾化喷嘴独立设置流量控制阀门。

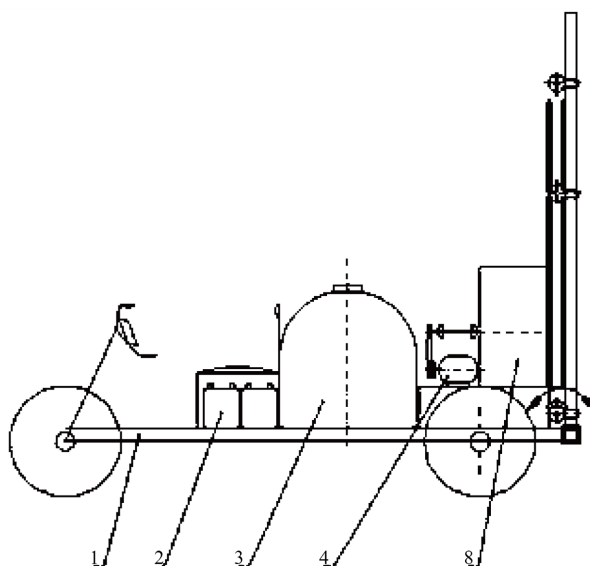
雾化喷嘴通过管路与压力泵及储液箱连接。

针对一些特殊的喷雾作业，在低位雾化喷嘴上铰接设置用于控制喷射范围的流向罩。

5.2. 使用操作

新型喷雾机使用方法如下(结合图 1~图 3 说明)。

- (1) 如下图 1，将储液箱 3 中加入兑制好的药液；
- (2) 根据植株行距调整竖向支撑杆 13 在横向滑轨 14 上的位置，使喷嘴 10 与叶片之间的距离适当；
- (3) 调整喷嘴支架 12 在竖向支撑杆 13 上的上下位置及喷嘴 10 的仰角，以适应不同高度不同密度植株叶片喷洒需要；



1 - 三轮车架；2 - 电瓶；3 - 储液箱；4 - 直流电机；5 - 控制面板；6 - 皮带轮；7 - 压力泵；8 - 轴流风机；9 - 流向罩；10 - 雾化喷嘴；11 - 截止阀；12 - 喷嘴支架；13 - 竖向支撑杆；14 - 横向滑轨；15 - 竖向导风板

Figure 1. The frontal view of the sprayer

图 1. 喷雾机主视图

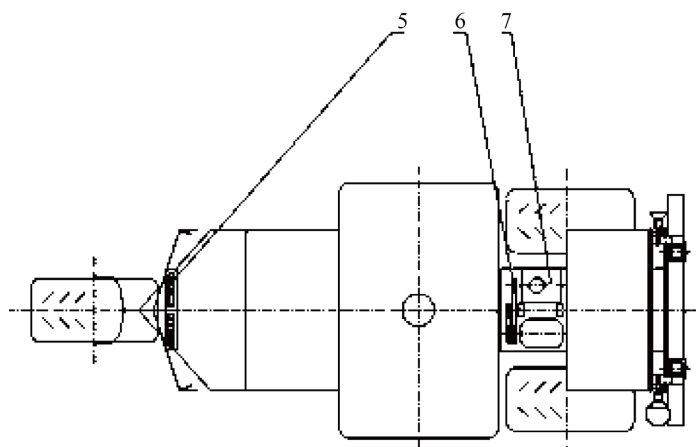


Figure 2. The plan view of the sprayer
图 2. 喷雾机俯视图

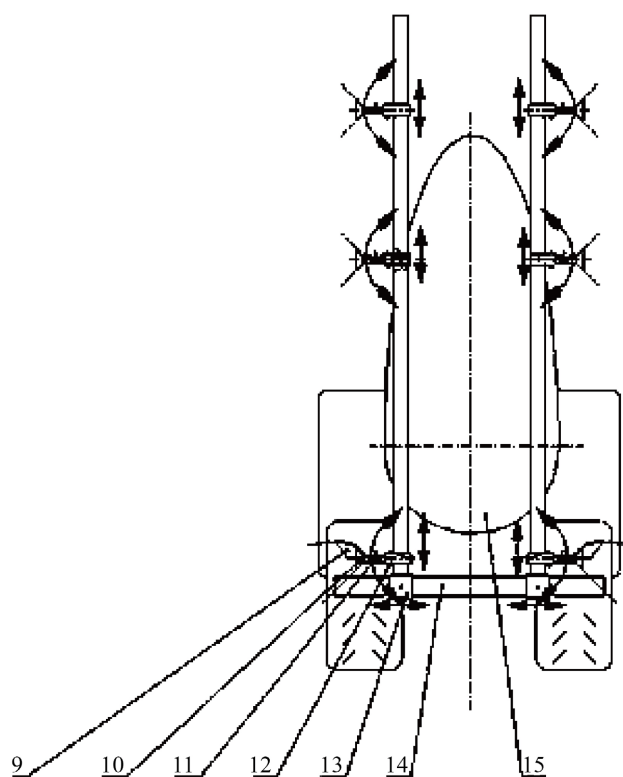


Figure 3. The right-side view of the sprayer
图 3. 喷雾机右视图

- (4) 调整低位喷嘴流向罩 9 的方向，以适应不同药液喷洒需要；
- (5) 通过控制面板 5 启动直流电机 4；
- (6) 通过控制面板 5 启动轴流风机 8 和压力泵 7 工作；
- (7) 通过控制面板 5 调整喷嘴截止阀 11 开度(上大下小)；
- (8) 配合调整轴流风机 8 和压力泵 7 转速及喷嘴截止阀 11 开度，试喷、调试，使喷雾达到最佳效果；
- (9) 开始隔垄往返作业。

6. 试验结果

6.1. 改变喷嘴布置, 全方位喷洒

传统的喷雾机喷嘴都是沿竖向导风板周边布置, 使用过程中无法调节。新型喷雾机由于改变了喷嘴的布置方式, 雾化喷嘴不是沿竖向导风板外沿环形固定布置, 而是沿竖向支撑杆呈立式双柱高、中、低位从上到下依次设置, 喷嘴可上下移动。在田间实际进行喷药过程中, 根据人参、五味子等不同高度的植物调节喷嘴在竖向支撑杆上的位置, 能全方位喷洒到不同部位的植株叶片。同时, 喷嘴支撑杆可以左右移动, 调节喷嘴与植物之间的距离, 根据不同垄距的植物进行不同的喷液要求。

6.2. 角度可调, 减少农药浪费

传统的喷雾机喷嘴角度固定, 喷射方向固定, 不能根据植株形状及时调整药物喷洒。在使用新型喷雾机对刺五加、人参、五味子进行田间撒药时, 根据不同的高度和形状设置不同的喷射角度, 雾化药液能更好的穿过叶片和叶片间的缝隙, 对叶片簇的喷雾效果更佳。通过调整喷射角度, 适应不同高度和不同密度的植株, 减少了药液浪费。

6.3. 调节喷射范围, 适应特殊需求

新型喷雾机增设了一个流向罩, 在专喷 300 mm 以下灭草剂等特殊喷液时, 使用低位喷洒, 通过调节弧形流向罩, 可以改变田间不同高度的植株喷液需求。并且流向罩铰接设置在雾化喷嘴上, 通过调整流向罩的对应位置, 也实现了调节喷射范围。

6.4. 转速可调, 实现叶片翻动

新型喷雾机在使用过程中, 轴流风机和压力泵的转速可随时调节。对植物叶片密度大的地方, 增大转速, 可翻叶吹透叶片, 密度小的地方减小转速, 避免了药液浪费。并且在使用过程中发现, 通过调节转速, 对药液有二次雾化的作用, 提高了药液的使用效率。

6.5. 独立控制, 实现叶片翻动

在使用新型喷雾机的过程中, 喷嘴截止阀开度可以根据需要调节。在各喷嘴上设置的独立电控截止阀, 调节不同的阀门开度, 根据叶片疏密程度来控制喷液量。不同雾化程度和不同流量的药液喷洒, 有针对性的喷洒, 减少了药液的用量和避免浪费。同时, 还可以根据田间植物的需要, 调节单喷嘴或单侧作业。

7. 结论

该喷雾机作业效率以三轮车一档最慢时速 15 km/h 测算, 预计可达 2.5 公顷/h 以上, 比人工喷雾速度高出 20 余倍且喷雾均匀质量好, 减少多喷漏喷、生产效率高, 大大减少作业人员用工量, 减轻劳动强度, 大幅降低喷雾成本, 可增加种植户收益 750~1800 元/公顷。提高五味子和葡萄等宽幅藤本作物的生产管理效率, 是一项降本提效的有效措施。同时, 使用自走式高效喷雾机将大大减少药剂用量, 减少对环境的污染。

基金项目

1) 黑龙江农业经济职业学院《自然科学类科研项目》“藤本植物宽幅作业自走式喷雾机研制”, 项目编号: NJKY2021011。

2) 黑龙江省牡丹江市《2022年牡丹江市指导性科技计划项目》“传统自走式宽幅藤本科植物喷雾机的改造升级研究”，项目编号：SQ2022JG044。

参考文献

- [1] 陈晶, 张树权, 胡莹莹, 等. 黑龙江省中药农业发展现状和存在问题及建议[J]. 黑龙江农业科学, 2019(12): 130-133.
- [2] 潘刚, 修国辉, 马兆全. 加快黑龙江省中药材产业发展的对策建议[J]. 奋斗, 2021(6): 64-66.
- [3] 王立波. 黑龙江省中药材产业高质量发展的思考[J]. 黑龙江粮食, 2022(2): 18-20.
- [4] 杨金一. 对黑龙江省县域发展北药产业的思考[J]. 中国产经, 2020(13): 97-98.
- [5] 何雄奎. 中国植保机械与施药技术研究进展[J]. 农药学学报, 2019(5): 921-930.
- [6] 庄玲红, 李国权, 秦维彩. 我国植保机械发展现状[J]. 农业工程, 2021, 11(9): 9-13.
- [7] 李震, 何青海, 孙宜田, 等. 国内外农用喷雾机的发展现状及趋势[J]. 农业装备与车辆工程, 2019, 57(3): 23-26.
- [8] 刘子源, 李荣龙, 黄宏宇, 刘国雄, 等. 风幕式喷雾机研究现状及发展趋势[J]. 南方论坛, 2021, 52(19): 19-20, 23.