

人参畦床步道机的研究

刘文亮,李 健,王新阳,张 亮,罗 罡*,付家庆

(吉林省农业机械研究院,长春 130022)

摘要:针对吉林人参种植特点和参地机械化整地作业农艺要求,设计了一种畦床开沟步道机,并对主要工作部件参数进行了设计和计算。试验测试表明,本机具符合人参种植农艺要求,具有旋耕碎土、开沟步道功能和结构简单、操作灵巧方便等特点,可一次性实现人参、三七等多种作物的畦床开沟步道,降低劳动强度、提高作业效率效果明显。

关键词:人参种植;畦床;开沟步道;机械化;整地

中图分类号:S223.2

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2021)04-0119-03

The Research of the Ginseng Cultivating Machinery

LIU Wenliang, LI Jian, WANG Xinyang, ZHANG Liang, LUO Gang*, FU Jiaqing

(Jilin Academy of Agricultural Machinery, Changchun 130022, China)

Abstract: According to the characteristics of ginseng planting in Jilin Province and the agronomic requirements of ginseng field mechanized preparation, a kind of furrow and trail machine was designed, and the parameters of its main working parts were designed and calculated. The test results show that this machine meets the requirements of ginseng planting agronomy, has the characteristics of rotary tillage broken soil, ditching trail function, simple structure, flexible and convenient operation, and can realize the furrow bed of ginseng, *Panax notoginseng* and other crops at one time, and has obvious effects of reducing labor intensity and improving operation efficiency.

Key words: Ginseng cultivation; Seedbed; Trenching; Mechanization; Plowing

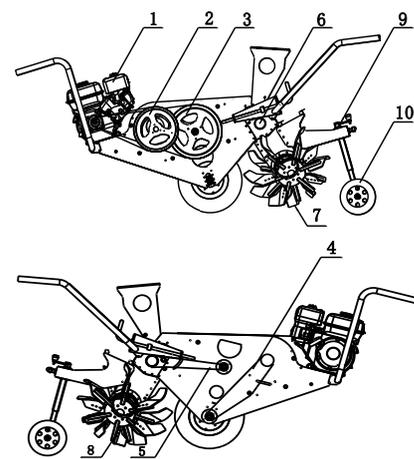
人参作为吉林省最重要、最具特色的地方经济作物已有几千年的种植历史。它们大多种植在茂密森林的半山腰上,地块零散、规模小、坡度大、地形复杂,通过人工开荒进行整地,并且土壤中含有大量的砂粒、树根、草皮等^[1-3]。采用宽幅畦床,开步道沟的方式种植,这样方便后期的田间管理和排水防涝^[4-5]。传统的人工开沟步道作业劳动强度大,效率低,尤其是在农忙季节,劳动力紧张,经常因缺少人工耽误农时。近年来,随着种植规模的扩大,部分企业和个人使用玉米、苗木的旋耕整地机替代使用,但受限于地形地势和恶劣的作业条件,其使用面积不大;起的步道沟窄小,畦床表面也不平整,需要人工二次修整,效果不理想;使用过程中刀片和机具也损坏严重。人参种植筑畦严重缺少一种适用的机械化开

沟步道设备^[6]。本文介绍了一种新型畦床开沟步道机的设计方案和性能试验过程。

1 整机结构及工作原理

1.1 整机结构

整机结构见图1。



1-发动机;2-皮带轮 I;3-皮带轮 II;4-链条 I;
5-链条 II;6-齿轮箱;7-左抛土轮组件;8-右抛土轮组件;
9-摇杆;10-尾轮组合

图1 一种畦床开沟步道机整机左视图、右视图

收稿日期:2020-05-30

基金项目:吉林省重大科技专项(20200504003YY);吉林省重点科技攻关项目(20170204022YY)

作者简介:刘文亮(1983-),男,副研究员,主要从事农业机械自动化技术研究。

通讯作者:罗 罡,男,研究员,E-mail: 48850546@qq.com

1.2 工作原理

工作时,引燃发动机,通过带传动将发动机动力传递给皮带轮 I、皮带轮 II;皮带轮 I 经过减速器驱动同轴行走输入链轮,经过链条 I 驱动地轮运转,使整机具有行走功能;皮带轮 II 驱动同轴工作输入链轮,经过链条 II 驱动齿轮箱输入端运转,通过齿轮箱动力输出、变向,驱动左抛土轮组件、右抛土轮组件按顺时针旋转工作、旋耕土壤、破碎土块,未旋碎的土块被抛土刀片旋起撞击在抛土刀片保护罩板上进行二次破碎,破碎后的土壤颗粒被其他抛土刀片均匀地抛洒在畦床表面,从而实现开沟、步道功能;设计的曲线形宽幅抛土刀片能够开出倒梯形步道沟,步道沟底面平坦、宽大,有利于人员行走。整机尾部设计可旋转摇杆,通过旋转摇杆使尾轮组合下降或上升,调整抛土刀片入土深度,从而控制步道沟深浅。

2 步道作业运动及性能分析

2.1 抛土刀片的运动方程

人参畦床步道机作业时,其工作部件抛土刀片的绝对运动由两种运动合成。一种是抛土刀片随机具前进时所具有的直线运动,称为牵连运动,其速度称为牵连速度 V_m ,也就是机具的前进速度;另一种运动是抛土刀片绕齿轮箱动力输出轴旋转所形成的圆周运动,称为相对运动,其速度称为相对速度 V_0 ,也就是抛土刀片端点的圆周速度^[7-8]。抛土刀片的绝对速度 V 的矢量方程为:

$$\vec{V} = \vec{V}_m + \vec{V}_0 \dots\dots\dots (1)$$

2.2 抛土刀片的运动轨迹

如图 2 所示,以抛土轮轴心为固定坐标系的

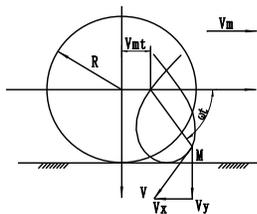


图 2 抛土刀片的运动轨迹

原点,机具前进方向为 x 轴的正向,地表垂直向下为 y 轴的正向,形成抛土刀片端点 M 的运动轨迹图^[9]。在时间 t 内 M(x, y) 点的运动参数方程为:

$$\begin{cases} x = V_m t + R \cos \omega t \\ y = R \sin \omega t \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

式中: ω 为抛土刀片的回转角速度(rad/s); R 为抛土刀片的回转半径(mm); V_m 为机具前进的速度(m/s); ωt 为抛土刀片的转角(rad)。

对式(2)整理后可得 M 点运动轨迹方程为:

$$x = \frac{V_m}{\omega} + \sqrt{R^2 - y^2} \dots\dots\dots (3)$$

又因为旋耕速比 $\lambda = \frac{\text{抛土刀片的圆周速度}}{\text{机组的前进速度}}$

$$\frac{\text{抛土刀片的相对速度}}{\text{牵连速度}} = \frac{V_0}{V_m} = \frac{R\omega}{V_m} \dots\dots\dots (4)$$

由公式(4)得: $\frac{V_m}{\omega} = \frac{R}{\lambda} \dots\dots\dots (5)$

将公式(5)代入公式(3)整理得:

$$x = \frac{R}{\lambda} + \sqrt{R^2 - y^2} \dots\dots\dots (6)$$

此曲线为解析几何上的摆线,由此可知抛土刀片在工作时的运动轨迹是摆线。

2.3 抛土刀片运动轨迹的性能特征分析

由公式(2)得知,抛土刀片的运动轨迹与抛土刀片的回转半径 R、机组的前进速度 V_m 以及刀片转动的角速度 ω 有关;由公式(4)得知,当 R、 V_m 和 ω 变化时 λ 值不同;由公式(6)得出分别在 $\lambda < 1$, $\lambda = 1$, $\lambda > 1$ 时,抛土刀片的运动轨迹曲线。

(1) 当 $\lambda = \frac{V_0}{V_m} = \frac{R\omega}{V_m} < 1$ 时,抛土刀片的运动轨迹曲线如图 3(a) 所示,曲线形状是无扣的短幅摆线。在这种情况下,刀片对土壤的作用小于牵引作用,不是合适的工作形式。

(2) 当 $\lambda = \frac{V_0}{V_m} = \frac{R\omega}{V_m} = 1$ 时,抛土刀片的运动轨迹曲线如图 3(b) 所示。此时公式(2)可以简化为:

$$\begin{cases} x = R(\omega t - \cos \omega t) \\ y = R \sin \omega t \end{cases} \dots\dots\dots (7)$$

式(7)为标准摆线,且机组走过的距离 $L = 2\pi R$ 。具有这种运动特性的抛土刀片只能像自由轮的轮爪一样刺入土中,不能起到开沟步道的作用,也不是合适的工作形式。

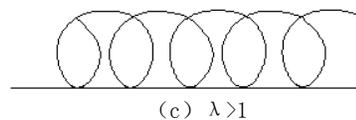
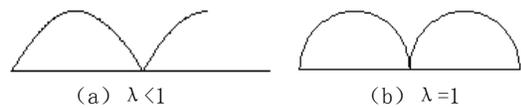


图 3 不同 λ 值对应的抛土刀片运动轨迹示意图

(3) 当 $\lambda = \frac{V_0}{V_m} = \frac{R\omega}{V_m} > 1$ 时,抛土刀片的运动轨迹曲线如图 3(c) 所示,曲线形状是一条余摆线。此种余摆线有一个绕扣,当 $\lambda = \frac{V_0}{V_m} = \frac{R\omega}{V_m}$ 的值越大,绕

扣的横弦越大。当机具停止向前运动($V_m=0$)时,绕扣是一圆,此时绕扣的最大横弦将等于 $2R$,是我们需要的工作形式^[10]。

3 性能试验

3.1 试验目的

通过性能试验,测定样机的作业幅宽、挖掘深度、作业速度,验证样机是否达到设计要求;考核机具使用的可靠性、经济性、性能稳定性;对比人工做畦,检测作业效率、作业质量;为后续的改进设计、定型推广提供依据。

3.2 试验条件及仪器

(1)试验样机严格按照设计图样制造、安装和调试,满足行业标准《筑床机技术条件》(LY1042-91)的各项要求^[11-12]。

(2)试验仪器:5 m钢卷尺、50 m皮尺、地衡、测速表、秒表、记录笔、记录本、照相机、录像机等。

3.3 试验内容

试验样机主要工作参数检测,包括配套动力、步道耕宽、步道耕深、结构重量、机组作业速度、故障时间的测量。

3.4 试验结果

2020年5月7日,课题组在吉林省农业机械研究院试验田对一种畦床开沟步道机进行了技术性能试验,累计作业面积 1.6 hm^2 ,作业时间5 h,故障时间0 h,主要工作参数经多次测定、计算取平均值。主要技术性能参数测定见表1。

表1 主要技术性能参数测定表

项目	设计	实测	备注
配套动力(马力)	≤6	4.5	
作业幅宽(cm)	20~30	21.5	
挖掘深度(cm)	≥30	31	最大深度40 cm
结构重量(kg)	≤200	186	
作业速度(m/s)	0.3~0.5	0.37	
可靠性(%)	>95	100	

3.5 试验结论

(1)作业质量:试验结果表明,一种畦床开沟步道机的各项技术性能指标达到了设计要求,步道沟平整,耕深耕宽稳定。

(2)生产率:对比人工作业,提高作业效率、作业质量效果明显;使用1台畦床开沟步道机相当于20个人工,而且作业质量高,具有显著的经济效益和一定的生态效益^[13-14]。

4 结 论

一种畦床开沟步道机通过发动机驱动地轮行走和工作部件抛土轮旋转;通过手动离合器控制抛土轮的旋转和停止;通过旋转摇杆使尾轮组合下降或上升,调整抛土刀片的入土深度,从而控制开出步道沟的深浅;实现了人参、三七等中药材畦床的开沟步道作业,突破了人参、三七等中药材机械化开沟步道的技术难题,有利于促进道地中药材规范化、规模化、标准化种植模式的推广。本机具适用于平整及缓坡地块的人参、三七等中药材畦床的开沟步道作业。与传统的人工作业方式相比,具有显著提高效率、节约人工、减轻劳动强度、降低作业成本等作用。

参考文献:

- [1] 高阳,康优,王勇.吉林省人参加工产业发展分析及建议[J].东北农业科学,2019,44(1):79-83.
- [2] 郭金瑞,闫孝贡,边秀芝,等.吉林省农业资源利用状况与提升途径[J].吉林农业科学,2009,34(5):55-58,64.
- [3] 李桂珠,许运新,赵晓松,等.人参床土中五氯硝基苯残留特性的模拟[J].吉林农业科学,2002,7(5):55-57.
- [4] 刘文亮.人参种植全程机械化智能装备[A].中国科学技术协会、吉林省人民政府.第十九届中国科协年会—分5“智能制造引领东北工业基地振兴”交流研讨会论文集[C].中国科学技术协会、吉林省人民政府:中国科学技术协会学会学术部,2017:3.
- [5] 张亚玉,孙海,宋晓霞,等.农田栽参根区土壤微生物结构特征的研究[J].吉林农业科学,2010,35(6):32-36.
- [6] 盛江源,马英春.人参栽培和人参的机械播种[J].北京农业工程大学学报,1987,7(2):34-41.
- [7] 谭宏杰.1GZL-140(2)耕整联合作业机的研究[D].长春:吉林大学,2009.
- [8] 韩伟峰.仿生智能整地机通用刀辊设计与试验研究[D].长春:吉林大学,2008.
- [9] 刘文亮,刘枫,付家庆,等.人参机械化种植设备的设计研究[J].山西农业科学,2016(10):1537-1540,1545.
- [10] 申屠留芳,张达来,杨刚,等.参地整地机的总体设计及刀片的受力分析[J].农机化研究,2013,35(7):135-138.
- [11] 吴兆迁,牛晓华,樊涛,等.2MCX-1100型精细筑床机实验分析[J].林业机械与木工设备,2009,37(7):17-19.
- [12] 杨雪峰,李应珍,张树君,等.筑床施药机喷施性能参数试验研究[J].农机化研究,2019,41(7):189-193.
- [13] 付家庆,刘文亮,董润坚,等.人参机械化收获的效益分析[J].农机使用与维修,2018(9):12.
- [14] 戴响弟,曹艳双.吉林省人参市场营销策略分析[J].吉林农业科学,2014,39(4):92-96.

(责任编辑:王丝语)