

全自动清土型大姜收获机的设计与应用

王 帅 李学进 吕秀蝶 李 博 李宝宝
山东理工大学 山东 淄博 255049

摘 要：大姜作为具有高食用和药用价值的作物，在我国种植广泛。然而，其收获环节的机械化程度较低，严重制约了产业发展。本文详细阐述了一种全自动清土型大姜收获机的设计，该收获机集成多种功能，通过独特的结构设计和工作原理，实现了高效低损的姜土分离、姜苗还田等功能，大幅提升了大姜收获的机械化水平和经济效益，对推动大姜产业的现代化发展具有重要意义。

关键词：大姜收获机；全自动清土；多功能一体化；机械化收获

1 引言

大姜在日常生活中是不可或缺的调料，同时在医药领域也有广泛应用，其提取物已被纳入上百种药物配方。我国是大姜的主要生产国之一，据中国农业农村部数据，2021年中国生姜种植面积约为553万亩，同比增长18.7%；生姜产量为1219万吨，同比增长2.4%。随着大姜需求的不断增加，提高大姜收获效率和质量成为产业发展的关键。

传统的大姜收获方式主要依靠人工，这种方式不仅耗费大量的人力和时间，而且劳动强度大，收获效率低。虽然部分地区已开始使用机械收获，但现有的大姜收获机存在诸多问题，如机械化程度不高、功能单一、清土效果差、对大姜损伤大等。因此，研发一种高效、低损、多功能的全自动清土型大姜收获机迫在眉睫。

2 大姜收获机研究现状

2.1 国外研究现状

国外生姜机械化种植主要集中在澳大利亚、日本和韩国等国家。澳大利亚的高原农业中，生姜收获设备虽然效率高，可同时实现切割、挖掘、装载及运输姜苗，但方法较为粗糙，对大姜的损耗较大，在种植方式的适应性和收获质量方面，远远达不到我国生姜收获的要求。

由M. R. Sanjay所带领的团队于2015年研制的大姜收获机，通过发动机带动轮子转动，使机架前进，利用链条传动将动力输送到轴上，轴上叶片将大姜拔起并抛向地面。该收获机结构简单、操作容易、价格便宜，但仅具备拔起大姜的功能，缺乏清土、茎块分离、大姜收集及茎叶粉碎等功能，且在拔起抛送过程中容易损伤大姜表皮，影响收获质量。

2.2 国内研究现状

作者简介：王帅，2004年01月 男 汉 山东省潍坊市昌乐县 研究方向：农业机械

国内大姜收获机主要分为挖掘类机械和强制提拉秧类机械。挖掘类机械如世纪源田公司的4JZL - 2型大姜收获机，采用履带行走，通过铲式挖掘器松动大姜周围土壤，再由人工挖掘出土。这种机械以手扶拖拉机为动力，工作效率较低，且仍需大量人工参与后续作业。

强制提拉秧类机械如山东省农机研究所的4GJ1型生姜收获机，利用橡胶带夹持大姜秧苗，通过拖拉机前进将大姜提拔起来，放置原地后由工人收捡、装箱。该机械体积小、操作方便，但同样存在功能单一的问题，无法满足大姜机械化收获的全面需求。

此外，还有部分新型大姜收获机不断涌现，如龙口市农业机械研制的“4JW - 1型四驱自走式大姜收获机”，采用三角型传动箱设计实现四轮驱动，提高了整机离地间隙；设计L型弯刀挖掘技术，增强了对不同种植条件的适应性。但这些新型收获机在清土、多功能一体化等方面仍有待进一步完善。

3 全自动清土型大姜收获机设计

3.1 总体设计方案

全自动清土型大姜收获机集挖掘、夹持、拔起、运输、姜土分离、切割并粉碎茎叶、收集姜块等功能于一体。其工作原理为：首先，分禾装置将大姜田分成待收与不收两部分，U型铲深入土壤，松动大姜周围的土壤，减少挖掘阻力，降低对大姜表皮的损伤。接着，带刺的夹持链条夹住大姜茎叶，将大姜拔起并向后运输。

在运输过程中，大姜依次经过梳刷清土装置、气吹清土装置和震动清土装置。梳刷清土装置通过与大姜运动方向相反的带柔性毛刷的辊轮，将大姜表皮的土壤梳刷分离；气吹清土装置利用风机产生的风力，通过通风管道将风输送到指定位置，进一步吹落土壤；震动清土装置则通过机架之间的弹簧连接，利用拖拉机行驶时的颠簸，使大姜产生震动，促使土壤掉落。

当大姜运输到指定位置后,旋转刀将大姜与其茎叶分离,姜块落入拖拉机的外伸收集斗,最终滑入收集箱;茎叶则继续跟随带刺链条运动,落入粉碎箱,由粉碎机粉碎还田。

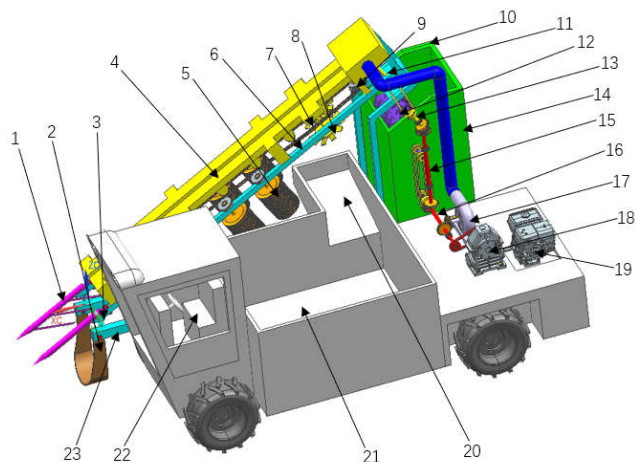


图3 1 大姜收获机总装图

3.2 关键部件设计

3.2.1 分禾装置

分禾装置采用带分禾条的分禾器,前端的圆锥可准确分割区域,其后圆柱上的分禾条能够实现扶禾功能,减少大姜的漏拔率,避免收获机械卡住,使姜叶精准地被带刺链条夹住。分禾器通过螺栓与机架相连,安装牢固。

3.2.2 挖掘装置

挖掘装置选用U型铲,其前端开刃,能有效切割土壤,中间镂空设计可在不接触大姜的情况下松动周围土壤。U型铲呈薄片形状,既能减少前进时的阻力,又能提高对不同农田环境的适应性。制造U型铲的材料选用Q390低合金高强度结构钢,以保证其强度、柔韧性和耐腐蚀性。

3.2.3 夹持输送装置

夹持输送装置采用带刺的链条,一个内链板上带有未开刃的刺,与另一对链条的刺相互啮合,可夹住大姜茎叶而不断裂。链传动比带传动动力更大,能轻松夹持拔起大姜,并平稳向后运输。两对链条安装在上机架上方,与地面成三十度夹角,通过张紧轮张紧,确保传动精确,机械效率高,适应田间恶劣的工作环境。

根据大姜收获机行驶速度和夹持链条与地面夹角的关系,通过公式计算得出,当收获机行驶速度为0.5m/s时,夹持链条的输送速度约为0.577m/s,以保证大姜能快速出土且减少表皮损伤。

3.2.4 清土装置

清土装置包括梳刷清土、气吹清土和震动清土三种方

式。梳刷清土装置的关键在于选用类似于牙刷的柔性刷,安装在与大姜运输方向相反的辊轮上。对辊式清土刷分为安装在机架最前端的对辊式清土小刷和其后的对辊式清土刷,随着大姜移动,柔性刷接触大姜表皮土壤,通过相对位移分离土壤,清土效率高且对大姜损伤小。

气吹清土装置采用风机加通风管道的方式,风机产生的风力通过通风管道输送到指定位置,即大姜表皮土壤与对辊式清土刷的交界处。通风管道不仅能输送风力,还起到支撑固定作用,其下的吹嘴采用锥形结构设计,可增大风压,增强风力。风机选用D传动方式,通过锥齿轮传动与传动轴相接,可调节风机转速以满足清土需求。

震动清土装置通过在上机架和下机架之间安装弹簧实现。拖拉机行驶时的颠簸使下机架随之震动,而上机架由于弹簧连接产生延迟震动,夹持链上的大姜也一起震动,使梳刷清土产生垂直方向的作用力,同时促使大姜上的碎土掉落。为避免弹簧产生水平方向震动,弹簧直径大且韧性高,满足机架上下起伏的需求。

3.2.5 切割装置

切割装置选用回转式切割器,由两个圆盘状旋转割刀交错安装在机架两侧,通过轴承支撑,动力来源于夹持链条的内侧传动。割刀外缘安装的刀片间距较大,可防止大姜茎叶卡住,并起到缓冲作用。刀片材料选用45钢,在带刺链条夹持大姜茎叶运输过程中,割刀旋转可准确快速地割断大姜茎叶。

3.2.6 姜块收集装置

姜块收集装置由收集斗和收集箱组成,收集箱与拖拉机成一体,收集斗外伸于收集箱。收集斗位于旋转割刀正下方,大姜被割刀切断后,姜块落入收集斗,再顺着收集斗的斜度自动滑入收集箱,实现姜块的高效收集。

3.2.7 茎叶粉碎装置

茎叶粉碎装置由粉碎箱和箱内的粉碎机组成,粉碎机由三个粉碎辊构成,其中前方两个为可旋转的粉碎辊,后方一个为固定不转动的粉碎辊。前方两个粉碎辊通过带传动连接,由发动机提供动力。大姜茎叶落入粉碎箱后,先由上方的粉碎辊带入最上方转动的粉碎辊与后方固定的粉碎辊之间进行第一次粉碎,再落入下方的粉碎辊进行第二次粉碎,最终通过粉碎箱底部的小门取出,实现茎叶的充分粉碎还田。

3.3 传动系统设计

动力装置选用V2双气缸柴油发动机,采用风冷形式和OHV底置式气门,具有故障率低、转矩大的特点。柴油机的外伸轴连接WXJ型蜗杆减速器,减速比为1:30,可获得较好的减速效果。

减速器的外伸轴连接传动带,将动力传递给动力传动轴。动力传动轴通过其上靠近减速器带传动的锥齿轮传动带动风机旋转,产生风力;通过另一个锥齿轮将动力传递给垂直传动轴,垂直传动轴末端的带轮将动力传递到粉碎辊的外伸轴上。同时,垂直传动轴将动力通过带传动轴及带传动传递到机架传动轴上,机架传动轴通过齿轮传动带动链轮旋转,最终带动链条转动,实现各部件的协同工作。

根据柴油机的功率和转速,以及各传动部件的参数,计算得出各转动构件的转速,确保传动系统稳定可靠。例如,已知柴油机功率为4kw,转速为3600r/min(60r/s),经减速器减速后转速变为2r/s,通过带轮传动比计算,动力传动轴的转速为1r/s,粉碎辊的转速为1.5r/s等。

4 创新点分析

4.1 “U形铲-夹持器挖掘清土结构”

通过U形铲初步松土,夹持器将大姜出土,同时夹持器上的弹簧对刚出土的大姜施加振动清土效果。这种结构设计在降低挖掘大姜损耗的同时,实现了初步清土,为后续的清土工作奠定了良好基础,有效解决了大姜出土难和清土损耗高的问题。

4.2 “柔性梳刷-气吹-机械振动”协同高效姜土分离

清土部件综合运用梳刷清土、气吹清土和震动清土三种方式。三种清土方式依次作用于同一姜母,相互协作,显著提高了清土效果,最大程度地防止姜母直接与机械接触,降低了损耗,实现了高效低损的姜土分离。

4.3 “挖掘-清土-剪苗-收集-还田”全自动一体化

该收获机实现了大姜出土、清土、收集以及姜苗粉碎还田的一体化工作流程。这种全自动的设计使收获过程更加方便快捷,减少了人工操作环节,大大减轻了农民的劳动负担,同时提高了大姜收获的效率和质量,符合现代农业机械化发展的需求。

5 性能测试与应用前景

5.1 性能测试

在实验室和田间对全自动清土型大姜收获机进行性能测试。在实验室中,模拟不同的土壤条件和大姜生长环境,对各部件的性能进行测试和优化。例如,测试U型铲的挖掘阻力、夹持链条的夹持力、清土装置的清土效率等。

在田间测试中,选择不同类型的农田,包括土壤质地不同、种植密度不同的地块,对收获机的整体性能进行评估。测试结果表明,该收获机能够适应不同的农田环境,大姜的出土率高,清土效果好,姜块损伤率低。在实际作业中,每小时可收获大姜3-5亩,相比传统收获方式,效

率提高了数倍,且姜块的完整性得到了有效保障。

5.2 应用前景

全自动清土型大姜收获机具有广阔的应用前景。随着大姜产业的不断发展,对机械化收获设备的需求日益增长。该收获机的推广应用,可有效提高大姜收获的机械化程度,降低劳动成本,增加农民收入。同时,其高效低损的收获方式,有助于减少大姜在收获过程中的损耗,提高大姜的品质和市场竞争能力。

此外,该收获机的多功能一体化设计,不仅适用于大姜的收获,经过适当调整,还可应用于其他根茎类作物的收获,进一步拓展了其应用范围,对推动农业机械化的发展具有重要意义。

6 结论

全自动清土型大姜收获机的设计,针对大姜收获过程中存在的问题,通过创新的结构设计和合理的传动系统配置,实现了挖掘、清土、收集、姜苗粉碎还田等多功能一体化。该收获机具有高效、低损、操作简便等优点,有效提高了大姜收获的机械化水平和经济效益,具有广阔的应用前景。

未来,随着技术的不断进步和对大姜收获需求的进一步提升,可对该收获机进行优化和改进,如进一步提高自动化程度、增强对不同种植环境的适应性等,以更好地满足大姜产业发展的需求,推动大姜产业向现代化、高效化方向发展。

参考文献

- [1]赵通,杨立年,黄子康,詹思源,王萌萌.一种大姜收割机的设计[J].内燃机与配件,2020(03):251-252.
- [2]鲁东明.昌邑市大姜生产农机农艺融合效益增[J].农机科技推广,2012(07):47-48.
- [3]M. R. Sanjay,G. R. Arpitha,L. Laxmana Naik,B. Yogesha. Design and Fabrication of Ginger Harvesting Machine[J]. World Journal of Engineering and Technology, 2015,3(4).
- [4]源田.4JZL-2大姜收获机[J].农村百事通,2011(16):54.
- [5]王绍江,魏积利,张仁君,宗金成.生姜收获机械的研究进展[J].农机科技推广,2010(07):53.
- [6]王家胜,尚书旗.自走式双行胡萝卜联合收获机的研制及试验[J].农业工程学报,2012,28(12):38-43.
- [7]章永年,施印炎,汪小昆,Morice O.Odhiambo,孙国祥.茎叶类蔬菜有序收获机柔性夹持输送机构设计[J].中国农机化学报,2016,37(09):48-51.DOI:10.13733/j.jcam.issn.2095-5553.2016.09.011.