

小型韭菜收割机的改进设计与试验

Revised design and experiment on small leek harvester

高 龙 袁永伟 弋景刚 孔德刚

GAO Long YUAN Yong-wei YI Jing-gang KONG De-gang

(河北农业大学机电工程学院, 河北 保定 071001)

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001, China)

摘要:为了减少韭菜收获中对韭菜的破坏,提高收割效率,在市场上已有的 KS-300-1 型韭菜收割机基础上,优化割刀调整机构与行走轮,增加割幅调整机构,设计出新型的 HAU-1 韭菜收割机,并对二者进行对比试验。结果表明,在割茬高度合格率与收割效率、韭菜倒伏率、根茎损失率和菜叶损失率方面,新型 HAU-1 韭菜机要优于 KS-300-1 型。该样机的试制可为中国其他叶菜类收割机的设计提供依据。

关键词:韭菜;收割;优化设计;试验

Abstracts: In order to reduce the damage of leek during the reaping and improve the reaping efficiency, the new-style HAU-1 leek harvester was designed, which based on analysis of KS-300-1 leek harvester, already exists in the market. The cutter adjusting mechanism and road wheel were optimized, and the cutting length adjusting mechanism was also increased. At the same time, the comparing tests were conducted between the two harvesters. The results showed that new-style HAU-1 was better than KS-300-1 in some aspects such as cutting height acceptability, reaping efficiency, lodging rate, rhizome loss rate and leaves loss rate. The trial production of the prototype can provide a basis for design of leaf vegetables harvester in china.

Keywords: leek; harvesting; optimization design; experiment

韭菜是中国栽培区域最广的作物之一,常年种植面积占菜田总面积的 5%~6%。随着国际交流的日渐频繁和蔬菜出口的发展,中国韭菜也正走向国际市场^[1-2]。一般来说,韭菜每年收割 4~5 次,通过查阅文献^[3-4]与实地调研相结合,发现中国数万公顷韭菜种植面积中,其收割作业大部分靠人工完成,但是由于韭菜的种植特点与植株特性,使得收割韭菜需要耗费大量的人力与时间。因此,近些年中国出

现了一些机械化收割设备与机具,如割茬为零的韭菜收割机^[5]、多功能韭菜收割机^[6]、4G-200 型收割机^[7]、KS-300-1 型韭菜收割机^[8]等。

目前中国韭菜收割机多以单行收割为主,并且不能调节割茬高度与割幅宽度,相比于人工难以保证被收割韭菜的品质。国外韭菜收割机则以日韩小型自走型产品为主^[9],虽然收割质量与收割效率较高,但是价格昂贵。根据韭菜的种植行距没有固定值,并结合目前韭菜收获时要求的留茬高度也各不相同等情况,在分析 KS-300-1 型收割机工作时不能对收割行距与割茬高度进行调整等问题的基础上,本试验对其关键部件进行改进与优化,拟增加割幅调整机构、改进割刀调整机构和行走轮,旨在研究一种新型的 HAU-1 型韭菜收割机,减少对韭菜的损伤,提高收割效率,以满足中国大部分地区对韭菜收割的要求。

1 收割要求与整机分析

1.1 韭菜机械收割要求

(1) 将韭菜从根部切断,且不能额外损伤韭菜根部,以免影响下一茬韭菜的收成。

(2) 韭菜的割茬高度应一致,否则影响下一次收割及后续加工。

(3) 不能碾压到附近韭菜及割茬。

1.2 整机结构与工作过程

HAU-1 型韭菜收割机中的割幅调整机构安装在机架前端;4 个分禾器分别布置在割刀调整机构中的幅宽控制器上;行走轮安装在割幅调整机构的下端;输送机构安装在机架中部,前端的竖置输送小轮安装在幅宽控制器的内侧,后端则安装在韭菜收集箱的前部;蓄电池放置在机架中部下端;带有直流电机的驱动轮安装在蓄电池下方的机架上;扶手安装在机架的中部上方;韭菜收集箱安装在机架后方,具体结构详见图 1。

工作过程:根据韭菜种植地的土壤情况与韭菜的种植行距,操作者调节控制盒,控制割幅调整机构将分禾器与割刀调整到合适的水平位置,再使用扳手调节割刀调整机构将割

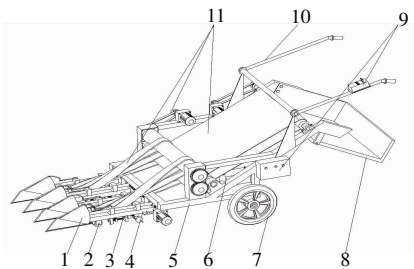
基金项目:河北省科技支撑项目(编号:15227209D)

作者简介:高龙,男,河北农业大学在读硕士研究生。

通讯作者:袁永伟(1987—),男,河北农业大学讲师,硕士。

E-mail: yyw0314@126.com

收稿日期:2015-12-11



1. 分禾器 2. 行走轮 3. 割刀调整机构 4. 割幅调整机构 5. 机架 6. 蓄电池 7. 驱动轮 8. 韭菜收集箱 9. 控制盒 10. 扶手 11. 输送机构

图 1 韭菜收割机整体结构

Figure 1 The whole structure of the Chinese

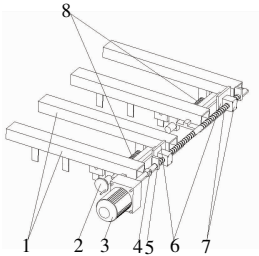
刀调整到合适的竖直位置。此时操控驱动轮行走，割刀与输送机构开始切割与输送。机具行走与切割过程中，机具前端设置的行走轮紧贴地面行走，使割刀对地面进行仿形，保证了韭菜的割茬高度一致。韭菜在输送机构中，先由一级输送机构将其进行空间 90° 翻转并送到后端的二级输送机构上，二级输送机构将韭菜继续向上输送，最后将韭菜送到韭菜收集箱中，此时即完成了韭菜收割的全过程。

2 关键部件改进设计

2.1 增加割幅调整机构

针对 KS-300-1 只能单行收割且使用范围受到韭菜种植行距限制的缺点，在 HAU-1 型收割机前端设置幅宽调整机构，该调整机构由主调整机构与微调机构组成。主调整机构主要包括直流电机、双向丝杠、连接架等。微调机构包括小型双向丝杠、手轮、幅宽控制器，见图 2。

整个调整机构通过轴承座安装在收割机支架的前端。直流电机通过联轴器与双向丝杠进行连接，双向丝杠上的方形螺母与连接架连接在一起，直流电机驱动双向丝杠转动，带动方形螺母做直线移动，实现对不同行距韭菜的收割。微调机构中，幅宽控制器放置在连接架的导轨上并且能够水平移动，小型双向丝杠上的方形螺母固定在幅宽控制器上，通过摇动与小型双向丝杠连接的两侧手轮对幅宽控制器的间距进行调整。微调机构的主要作用是保证具有不同植株宽度的韭菜，有合适的输送带间隙进行输送。韭菜的种植行距一般为 140~250 mm^[10-12]，考虑到轴承座的宽度与调



1. 幅宽控制器 2. 手轮 3. 直流电机 4. 联轴器 5. 轴承座 6. 连接架 7. 双向丝杠 8. 小型双向丝杠

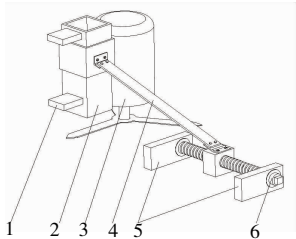
图 2 割幅调整机构

Figure 2 Cutting width adjustment mechanism

整机构的行程，选定双向丝杠的长度选用 600 mm，中间无螺纹的长度为 130 mm，两侧螺纹的长度为 160 mm，丝杠选用台湾 TBI MOTION 公司生产的 SFU01604-4 型双向丝杠，并将其上 T 形螺母改成方形螺母以完成安装。该机构的使用使得新型 HAU-1 型收割机的使用范围增大，且收割效率较 KS-300-1 型收割机有了大幅提升。

2.2 改进割刀调整机构

割刀的离地间隙直接影响了收割机的菜叶损失率、割茬高度合格率、根茎损失率等主要性能指标。由于各地韭菜种植情况不同其要求的割刀离地间隙也不尽不同，但离地间隙一般要求在 5 mm 以上，所以设定割刀的离地间隙为 5~40 mm。HAU-1 型韭菜收割机的割刀调整机构主要是由支撑连接板、丝杠螺母、连接板、升降器、割刀组成，具体结构见图 3。割刀调整机构通过支撑连接板以及在升降器上的固定板固定到幅宽控制器上。其工作原理：动力由操作者通过扳手旋转丝杠螺母一端输入，使其上的方形螺母做直线运动，通过螺母上的连接板推动升降器带动割刀上下移动，从而实现割刀竖直位置的调整。割刀调整机构采用曲柄滑块的简化形式，将动力曲柄简化为丝杠螺母的形式，并利用梯形丝杠螺母的自锁功能，使割刀固定在合适高度^[13]，该机构结构简单，操作方便，能够保证割茬高度合格率，降低根茎损失率。



1. 固定板 2. 升降器 3. 割刀 4. 连接板 5. 支撑连接板 6. 丝杠

图 3 割刀调整机构

Figure 3 Cutting knife adjustment

2.3 改进行走轮

改进前行走轮的固定位置在机架底部与割刀后方，通过底部的旋钮可对其高度进行调整，以完成对韭菜割茬高度的调整，但其调整操作较为困难。改进前，行走轮与割刀构成仿形系统，且割刀位置在行走轮之前，导致割刀产生超前仿形^[14]。当机具在遇到地面高低不平的情况时，会使得韭菜的割茬高度不一致，甚至有时候会损伤刀具，因此有必要对行走轮进行改进，改进后的结构见图 4。将复杂行走轮改成

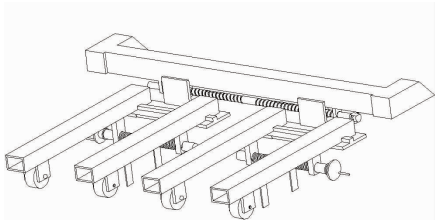


图 4 行走轮结构图

Figure 4 Walking wheel structure

普通轮形式,并将其位置布置在割刀同一竖直平面内。新型行走轮使割刀的仿形不再超前,更好地保证了韭菜割茬高度的一致性,使机具的稳定性进一步提高,大大减少了刀具磨损情况的发生。

3 田间试验

3.1 试验条件与方法

为了评估对比 HAU-1 与 KS-300-1 型韭菜收割的收割能力与可靠性,将两种韭菜收割机进行对比试验。试验地点选在保定市南市区河北农大三分厂内的韭菜种植大棚内,大棚面积为 350 m²,规格为 50 m×7 m,地头留有机动行道。试验材料为宽叶韭菜,韭菜使用平畦进行种植,畦长 45 m,畦宽 1.2 m,种植行距约为 0.25 m,植株高度较整齐,平均高度约为 0.35 m。两种机器在 2015 年 9 月 20 号进行收割试验,收割地选择为长势较好且相邻的两畦地块,收割时天气晴朗。

以韭菜倒伏率、切割高度合格率、根茎损失率、菜叶破损率作为整体技术指标,通过称重的方式来计算各指标的百分比。在机器运行时将机具的收集箱卸掉,将韭菜直接输送到

地上而不进行收集,此种方法能够粗略地得到收割韭菜相对应的割茬情况与倒伏情况。

(1) 韭菜倒伏率:被运行的机具碰到而发生全株匍倒在地韭菜的重量占总收割重量的百分比, %。

(2) 割茬高度合格率:按照收割要求能够保留合适割茬高度的韭菜重量占总收割重量的百分比, %。

(3) 根茎损失率:根茎被破坏韭菜的重量占总收割重量的百分比, %。

(4) 菜叶损失率:菜叶被损坏韭菜的重量占总收割重量的百分比, %。

3.2 试验结果与分析

改进前后韭菜收割机性能对比结果^[15]见表 1。

由表 1 可知:相对于 KS-300-1 型收割机, HUA-1 型的倒伏率降低 6.2 %,收割效率有了大幅提高,这与增加割幅调整机构有关。同时, HUA-1 型收割机的割茬高度合格率提高 4.8 %,根茎损失率降低了 1.9 %,其原因在于增加了割刀调整机构与改进了行走轮。 HUA-1 型韭菜收割机的菜叶损失率降低与机器整体结构的改进有一定关系。

表 1 改进前后收割机的性能对比

Table 1 Performance comparison of leek harvester before and after improvement

机型	韭菜倒伏率/%	割茬高度合格率/%	根茎损失率/%	菜叶损失率/%	作业速度/(m·s ⁻¹)	收割效率/(m ² ·h ⁻¹)	实测收获量/kg
KS-300-1	10.3	90.7	7.3	6.6	0.5	277	281.4
HUA-1	4.1	95.5	5.4	3.9	0.5	479	289.5

4 结论

(1) 为了提高韭菜收割效率且更好地保证韭菜品质, HAU-1 型相对于 KS-300-1 型收割机在机架前端增加了割幅调整机构,并改进了机具的割刀调整机构与行走轮。

(2) 通过实地试验得到:相对于 KS-300-1 型韭菜收割机, HAU-1 型韭菜收割机的割茬高度合格率提高了 4.8 %,韭菜倒伏率降低了 6.2 %、根茎损失率降低了 1.9 %、菜叶损失率降低了 2.7 %,收割效率由 277 m²/h 提高到 479 m²/h。

(3) 新型 HAU-1 型韭菜收割机完成了改进前对新型机具预定的功能,并达到机械化收割韭菜的主要性能指标。

该机具对于中国其他叶菜类收割机的设计具有实际指导意义,也可为今后蔬菜收获机械的研制提供依据。

参考文献

[1] 潘文亮, 刘文义. 营养保健说韭菜[J]. 现代农村科技, 2002 (8): 43.

[2] 周蓉. 韭菜改善性功能物质筛选及其功效鉴定的研究[D]. 浙江: 浙江工商大学, 2009: 1.

[3] 王俊超. 韭菜收种实现全程机械化[J]. 农业知识, 2014 (32): 37.

[4] 马建国, 程佳卫, 姚运萍. 镰刀型韭菜收割机的设计[J]. 机械

制造, 2015, 53(9): 10-12.

[5] 程玉来. 一种割茬为零的韭菜收割机: 中国, 201210540498.1 [P]. 2013-04-03.

[6] 于艳辉. 多功能韭菜收割机: 中国, 201320446857.7 [P]. 2013-12-25.

[7] 上海康博实业有限公司. 韭菜收割机[EB/OL]. (2011-12-1) [2015-10-24]. http://www.jingtian.sh.cn/Products/Detail_49.aspx.

[8] 阳良雁农业科技有限公司. 韭菜收割机[EB/OL]. (2011-12-1) [2015-10-24]. http://www.syliangyan.com/cn/product_view.asp?id=30.

[9] 王俊, 杜冬冬, 胡金冰, 等. 蔬菜机械化收获技术及其发展[J]. 农业机械学报, 2014, 45(2): 81-87.

[10] 邹秀梅, 赵慧. 冬棚韭菜优质高产栽培技术[J]. 农民致富之友, 2014(8): 199-200.

[11] 赵铁军. 露地韭菜种植新技术——春养秋放[J]. 农村科学实验, 2001(8): 13.

[12] 杨志宏. 韭菜优质高产栽培技术[J]. 蔬菜, 2012(11): 19-20.

[13] 王文浩. 切割机升降机构设计及瞬态动力学有限元分析[J]. 重庆科技学院学报, 2014, 16(4): 117-120.

[14] 盛凯. 播种机仿形机构方形轮配置的研究[J]. 吉林工学院学报, 1995, 16(4): 21-27.

[15] 赵玉强, 何晓鹏, 刘清, 等. 甜玉米剥皮机结构改进及性能试验[J]. 食品与机械, 2014, 30(2): 102-105.