

半喂入自走式大蒜联合收获机*

彭宝良 吕小莲 王海鸥 胡志超

(农业部南京农业机械化研究所, 南京 210014)

【摘要】 针对国内大蒜种植特点,在已有设计研究的基础上研制了一种适合于中国大蒜主产区收获作业的半喂入自走式大蒜联合收获机。整机侧向配置,采用450型半喂入稻麦联合收获机底盘,并配有液压无级变速系统,作业组件包括分禾装置、扶禾装置、挖掘装置、夹持输送装置、清土装置、对齐切秧装置和集果系统等。该机采用挖拔组合式工作原理,保证了大蒜收获中挖掘效果,提高了整机的作业质量和稳定性。通过田间检测表明:果实损失率不大于1.8%,破损率不大于2.1%,含土率不大于12.8%,各项性能指标均达到设计要求。

关键词: 大蒜 联合收获机 自走式

中图分类号: S225.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)S0-0138-04

Half-feed and Self-propelled Garlic Combine Harvester

Peng Baoliang Lü Xiaolian Wang Haiou Hu Zhichao

(Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization, Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China)

Abstract

According to the characteristics of garlic cultivation and original design experience, the half-feed and self-propelled garlic combine was developed which is suitable for main garlic producing areas in China. The combine body was configured on the side position of the chassis. It employed the chassis of 450 type head-feed rice and wheat combine, and equipped with hydraulic continuously variable transmission system. The main working parts contained the devices for stalk dividing, stalk lifting, stalk clamping and conveying, clod removing, garlic alignment and cutting, as well as the garlic collecting system, etc. To keep the effect and stability of digging, the combine had been utilized the working principle of combining digging and lifting. The combine performance testing could be known as: garlic loss rate was not more than 1.8%, garlic picking broken rate was not more than 2.1%, with soil rate was not more than 12.8%, combine harvester had complied with the design requirements.

Key words Garlic, Combine harvester, Self-propelled

引言

我国是世界大蒜的主要生产国、消费国和出口国,大蒜产品远销东南亚、中东、美洲和欧洲等地区,年创汇超过4亿美元^[1]。大蒜是劳动密集型栽培作物,收获作业是其生产过程的重要环节,存在人工作业劳动强度大、占用农时多、收获季节性强、收获损失大和效率低等问题,已成为影响大蒜产业成长的主要问题。国外一些较为成熟的生产技术与装备,

由于价格昂贵且其生产模式、作业环境与我国存在差异,难以适应我国生产的实际需求。国内相关领域科研院所和企业通过消化吸收国外先进技术,相继开发了一些大蒜栽植机和大蒜收获机,如中国农业机械化科学研究院现代农装科技股份有限公司研发的2ZDS-5型和2ZDC-5型自走式大蒜栽植机、徐州市农机技术推广站与江苏省农机具开发应用中心联合研制的4S-60型大蒜收获机和山东省金乡县农机局研制的4DS-1000型大蒜挖掘机^[2-3],但

收稿日期:2011-08-19 修回日期:2011-09-19

* 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(200903053)和国家现代农业技术体系建设专项资助项目(CARS-14-08B)

作者简介:彭宝良,副研究员,主要从事农业机械化技术装备研究,E-mail: pengbaoliang@hotmail.com

通讯作者:胡志超,研究员,主要从事农业机械化工程及农产品加工技术装备研究,E-mail: nfzhongzi@163.com

整体而言,同发达国家相比还存在较大差距,技术水平还有待进一步提高和完善。目前,国内大蒜的收获作业主要依靠人工完成,部分地区采用了大蒜挖掘犁,少数地区如山东、河南等省使用了大蒜收获(挖掘)机,但效率高、损伤率低和适应性强的大蒜收获设备仍有待开发。

总体来看,我国大陆大蒜机械化收获技术装备的研发还处于初期阶段,多数设备尚在样机试验、中试阶段,作业质量、适应性、可靠性与经济性等方面还需提升。因此,研制开发适合国内大蒜机械化收获装备,对加快我国大蒜机械化生产和促进大蒜产业发展具有重要的现实意义。

1 总体结构及工作原理

半喂入自走式大蒜联合收获机是农业部南京农业机械化研究所在消化吸收国内外先进技术的基础上自主研发的^[4-8],目前已完成了科研样机的制作与测试。该机采用侧向配置,由底盘、分禾器、扶禾装置、挖掘铲、清土机构、夹持输送机构、对齐切秧装置、清选装置、抛秧装置和集果系统等组成,如图1所示。

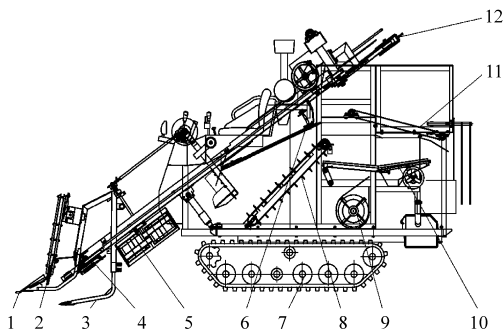


图1 大蒜联合收获机结构图

Fig.1 Structural schematic of garlic combine harvester

1. 分禾器 2. 扶禾器 3. 松土铲 4. 夹持输送链 5. 清土机构
6. 对齐切秧装置 7. 底盘 8. 输送带 9. 风机 10. 清选筛
11. 茎蔓输送带 12. 茎蔓抛送链

该机可一次完成大蒜扶禾挖掘、蒜秧夹持输送、果土分离、蒜秧切除、蒜头清选和自动集蒜等功能。整机作业时,分禾、扶禾装置将作业幅宽内的植株与两侧分开并扶起;挖掘铲将大蒜的须根铲断并松土;植株被输送带夹持向后输送的同时被拔起,在夹持输送前段底部设有清土机构,拍落大蒜根部的部分土壤;由夹持输送机构送入对齐切秧装置,依次排列、对齐并由安装在果秧分离段的圆盘割刀按大蒜留茎长度的要求将茎秆切断;切下的大蒜落入下方的挡板输送带,并升运至下方配有风选装置的振动清选筛上,进一步清土;随后由振动筛尾部的软面盖板落入下方集果箱中。脱果后的蒜秧继续向后输

送,由抛草链抛送至秧蔓输送带从机器后端排出,成条铺放在已收区。

2 关键部件设计

2.1 底盘

底盘主要由发动机、变速系统、行走系统和操作台组成。发动机为490型柴油发动机,额定功率33 kW,额定输出速度2700 r/min。变速系统由变速箱和液压无级变速器组成,有3个挡位,Ⅰ挡为低速作业挡、Ⅱ挡为标准作业挡、Ⅲ挡为道路行驶挡,每挡均可由无级变速器调节速度或实现倒车。行走系统采用橡胶履带式,履带中心距950 mm、履带接地长1230 mm、宽400 mm、节距90 mm、节数45。操作台包括脚踏主变速离合器兼制动、主变速杆、副变速杆、作业机离合器和转向操纵杆等。该机传动系统采用分路设计,为有效解决动力不足,均采用胶带压轮离合器。其中清土装置、对齐装置、挡板输送、清选风机、清选振动筛和茎蔓输送带为一路传动系统,动力从发动机直接输出,由发动机控制其速度;夹持输送系统、对齐切秧装置和扶禾装置为另一路传动系统,动力从变速箱输出,其速度和机器行走速度相关。

2.2 分禾与扶禾装置

分禾与扶禾装置在前进过程中适当分开各行或畦间的植株并扶起向上引导进入夹持输送链喂入口,如图2所示。

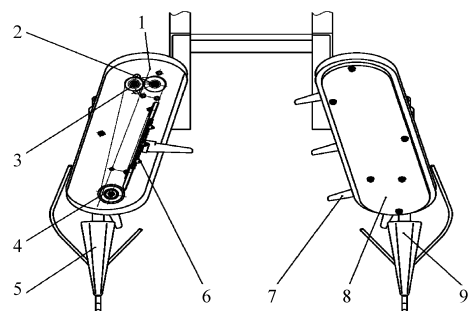


图2 分禾、扶禾装置结构简图

Fig.2 Structural schematic of stalk dividing and lifting device

1. 左拨指链箱 2. 传动链轮 3. 张紧轮 4. 滑轮 5. 左分禾器
6. 传动链 7. 拨指 8. 右拨指链箱 9. 右分禾器

分禾装置为固定导引式,前端配置鹤咀尖型分禾器,装在挖掘输送装置的前方。作业时分禾器前端插入土中10 mm挑起倒伏的植株,实际作业时可依畦型、土壤质地和植株等条件的不同适当调整扶起点及扶起角度。扶禾装置由左、右拨指链箱对称配置,每组拨指箱内装有传动链轮、张紧轮、滑轮、传动链和拨指等。传动链上装有9个拨指,根据实际

需要可拆卸更换,扶禾装置两侧对称滑轮的轴中心距及对称传动链轮的轴中心距可依据大蒜种植模式进行调整,拨指运动速度有2个挡位,可根据收获机前进速度进行选择。

2.3 挖拔输送装置

挖拔输送装置由挖掘铲与夹持输送装置组成,主要完成大蒜植株的挖掘、拔起并向后输送,如图3所示。

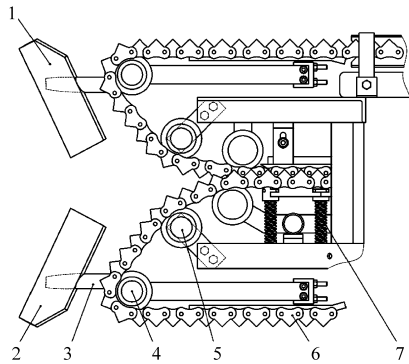


图3 挖拔装置结构图

Fig. 3 Structural schematic of digging and uprooting device

1. 左平面铲 2. 右平面铲 3. 铲柄 4. 调整轮 I 5. 调整轮 II
6. 夹持输送链 7. 张紧弹簧

机具作业时,挖掘铲将土下大蒜须根铲断、松土并将果实 在拔取过程中向上抬起,但其尺寸及入土深度直接影响机具前进阻力,为达到挖掘同时降低前进阻力,挖掘铲采用长方形倾斜平面铲的设计。铲柄用螺钉固定在机架两侧固定座的管座内,固定座可在 60 mm 范围内前后移动,挖掘铲的挖掘点、入土深度及铲间距均可根据需要进行调整。主要设计参数为:入土角 30°、铲间距 0 ~ 45 cm、挖掘宽度 40 ~ 95 cm、挖掘深度 0 ~ 12 cm。夹持输送装置将被挖掘铲铲断、松土后的蒜秧向后输送的同时夹持拔起。夹持输送装置为链条式,两链条靠张力夹压、互相嵌合将蒜秧夹持,避免因输送、拍土时拉下藤蔓,同时又能满足对齐时的要求。链条前端为 V 形开口,拔取点在收获机的左前方,拔取后以 20° 左右倾斜向上平行夹持输送,为能调整植株拔取高度,设计有液压升降机构及限深机构,喂入口开度可通过调整轮调整,链条张紧力可通过张紧弹簧调整。

2.4 清土装置

设计了同向摆拍式清土结构,如图4所示。偏心套安装在链轮轴的一端,长摇杆一端与偏心套上的偏心轴连接,另一端与焊接在链轮 I 轮毂上的摆杆连接,链轮 I 与拍土板 I 固定连接,链轮 II 与拍土板 II 固定连接,链轮 I 与链轮 II 通过链条连接,拍土板摆动幅度可通过长摇杆在摆杆上的安装位置来调节。工作时,链轮通过偏心轴、偏心套带动与长摇杆

连接的摆杆左右摆动,带动链轮 I 上的拍土板 I 来回摆动,并通过链条带动链轮 II 上的拍土板 II 摆动,对蒜秧根部拍打清土。拍土板拍土长度为 520 mm、角振幅为 30.4°、振动频率为 5 Hz、最大拍土线速度为 2.05 m/s。

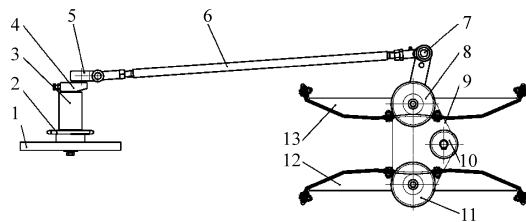


图4 清土装置结构图

Fig. 4 Structural schematic of clod removing device

1. 飞轮 2. 链轮 3. 链轮轴 4. 偏心套 5. 偏心轴 6. 长摇杆
7. 链条 8. 链轮 I 9. 摆杆 10. 张紧轮 11. 链轮 II 12. 拍土板 II
13. 拍土板 I

2.5 对齐切秧装置

该装置用于果秧分离,如图5所示。主要由左右导向杆、上夹持链、对齐链、排序盘、拨爪和圆盘割刀等组成。工作时,大蒜秧果被上夹持链夹持向后输送,当运动到左、右导向杆间的入口通道时,在导向杆的作用下逐个有序排列,同时上夹持链由链-链夹持变成板-链夹持(用以减小夹持力,防止对齐时蒜秧被拉断);在拨爪和排序盘共同作用下,每个拨爪抓取到一株蒜秧,在上夹持链和对齐链共同作用下向后输送,同时对齐蒜头,被安装在对齐链末端的圆盘割刀划切,得到留柄长度一致的蒜头;蒜秧在上夹持链的夹持下继续向后输送并抛出。该装置切割蒜头的留柄长度可按要求通过调整割刀的上、下位置进行调整。此外,拨爪上安装有天然橡胶护垫,防止硬的尼龙拨爪对蒜果造成损伤。

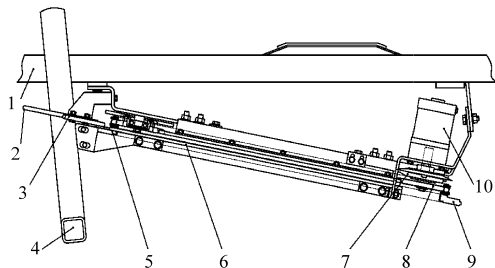


图5 对齐切秧装置结构图

Fig. 5 Structural schematic of alignment and cutting device

1. 上夹持链 2. 左导向杆 3. 右导向杆 4. 机架 5. 排序盘
6. 对齐链 7. 圆盘割刀 8. 链轮 9. 拨爪 10. 电动机

3 性能检测结果与分析

3.1 试验目的及内容

试验在江苏省邳州市宿羊山镇贾家村进行。该

地区为国内大蒜之乡,常年种植大蒜,以白皮蒜为主,蒜头生长较浅。大蒜种植模式为适宜机械化作业的宽窄行种植,窄行距 20 cm,土壤为沙壤土。用游标卡尺、卷尺测量蒜株生长特性参数,用土壤坚实度测量仪和土壤水分测定仪测量土壤坚实度和含水率,测量结果如表 1 所示。

表 1 大蒜生长特性及土壤状况

Tab.1 Garlic growth characteristics and soil conditions

参数	数值
蒜株高度/cm	34
花茎直径/cm	1.6
鳞茎直径/cm	6.5
鳞茎高度/cm	4.7
大蒜深度/cm	0~10
行距/cm	19.6
株距/cm	13.3
10~15 cm 处土壤含水率/%	48.64
10~15 cm 处土壤坚实度/ $\text{kN}\cdot\text{cm}^{-2}$	0.085

试验主要考核大蒜联合收获机作业效果,为机具进一步优化与提升设计提供依据。

3.2 试验方法及结果

整机作业效果测试评价指标为:伤蒜率、损失率和含土率。在试验田选择长为 30 m 测区,从中等距离取 3 个测试小区,每小区长 5 m,宽度为垄距。在试验小区内,人工挖出未被大蒜收获机挖出的蒜,同时捡拾挖出但未被夹起的蒜及试验区内收获的蒜分别称其质量,从中挑出有外伤的蒜称其质量。依

据机具各项指标的测试标准^[9-10],测试结果如表 2 所示。机具收获效果如图 6 所示。

表 2 大蒜联合收获机试验结果

Tab.2 Test result of garlic combine harvester

试验参数		试验指标		
作业速度 $/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	挖掘深度 $/\text{mm}$	损失率 $/\%$	伤蒜率 $/\%$	含土率 $/\%$
0.36	120	≤ 1.8	≤ 2.1	≤ 12.8



图 6 机具田间收获效果

Fig.6 Machine harvesting effect in field

4 结束语

研制的自走式半喂入大蒜联合收获机可一次实现挖掘、清土、夹持输送、对齐切割、集果等多种功能。试验结果表明该机性能稳定、作业顺畅、可靠性较好,且具有果实清洁、切果整齐、果实损伤少等优点。

参 考 文 献

- 王德娟,禹香兰,公静.我国大蒜出口贸易现状及发展趋势[J].安徽农业科学,2006,34(22):6030~6031.
Wang Dejuan, Yu Xianglan, Gong Jing. Present situation and development trends about garlic export trade in China[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2006, 34(22): 6030~6031. (in Chinese)
- 胡志超,王海鸥,吴峰,等.美国大蒜机械化生产与加工概况[J].安徽农业科学,2007,35(13):4059~4061.
Hu Zhichao, Wang Haiou, Wu Feng, et al. Summary of mechanized cultivation and processing of garlic in America [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2007, 35(13): 4059~4061. (in Chinese)
- 张会娟,胡志超,吴峰,等.我国大蒜机械化种植与收获概况[J].江苏农业科学,2010(3):460~461.
- 刘德然,王循进,王雨生,等.4S-6型大蒜收获机性能参数试验与分析[J].青岛农业大学学报:自然科学版,2010,27(1):81~83.
Liu Deran, Wang Xunjin, Wang Yusheng, et al. Experiment and analysis on optimizing parameters of 4S-6 type garlic harvester [J]. Journal of Qingdao Agricultural University: Natural Science, 2010, 27(1): 81~83. (in Chinese)
- 胡志超,彭宝良,尹文庆,等.4LH-2型半喂入自走式花生联合收获机的研制[J].农业工程学报,2008,24(3):148~153.
Hu Zhichao, Peng Baoliang, Yin Wenqing, et al. Design of 4LH-2 type half-feed and self-propelled peanut combine [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(3): 148~153. (in Chinese)
- 胡志超,王海鸥,王建楠,等.4HLB-2型半喂入花生联合收获机试验[J].农业机械学报,2010,41(4):79~84.
Hu Zhichao, Wang Haiou, Wang Jiannan, et al. Experiment on 4HLB-2 type half feed peanut combine harvester [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(4): 79~84. (in Chinese)
- 中国农业大学.农业机械学:下册[M].北京:中国农业出版社,1998.

表1 清土频率和角振幅显著性检验

Tab.1 Significance test of clod cleaning rate and dropped peanut loss rate

影响因素	清土率		落果损失率	
	F 值	P 值	F 值	P 值
清土频率	43.54	0.000 1*	0.11	0.897
角振幅	0.18	0.843	63.875	0.000 1*

* $P < 0.001$ (极显著)角振幅 20° 。

按照式(11),当清土频率采用 5.5 Hz 时,花生果系通过清土通道被拍击 4 次,当清土频率采用 2.8 Hz 时,花生果系被拍击 2 次。按照式(6),拍土板最大线速度与转臂长度 r_2 呈反比,当拍土板角振幅越高,即 r_2 越小,其摆动幅度越大,拍土板最大线速度越高,其对花生荚果的拍击强度越大,清土时荚果就容易脱落造成落果损失。因此,清土率主要决定于花生果系被拍土板拍击的次数,而落果损失率主要决定于拍土板角振幅。实际收获作业中,清土率和落果损失率还受土壤条件、花生植株特性等影响,所以应该综合考虑各种影响来选取合适的清土

作业参数,清土作业的确定原则是在落果损失率相当时尽可能确保较低的含土率,一般要求选定高清土频率、小角振幅的作业参数。

4 结论

(1) 对联合收获机清土机构运动解析表明,拍土板上任意一点 X 的拍击线速度 v_x 及转动角速度 ω 随时间呈正弦曲线周期性规律变化,在一个清土周期 T 中共完成 2 次拍土过程,出现 2 次拍土作用最强烈状态。

(2) 在拍土作用最强烈状态时刻,拍土板上某点的绝对速度 v_x 和垂直分速度 v_{z2} 随着回转中心距 e 减小而降低,而水平分速度 v_{x1} 保持恒定值。清土通道后半程的清土效果要优于前半程,拍土板拍土强度由两端向中间逐渐降低,清土通道中间段存在无效拍击区。

(3) 清土频率和角振幅对清土效果试验表明,清土率主要决定于花生果系被拍土板拍击的次数,而落果损失率主要决定于拍土板角振幅,实际作业时选定高清土频率、小角振幅的作业参数。

参 考 文 献

- 尚书旗,刘曙光,王方艳,等. 花生生产机械的研究现状与进展分析[J]. 农业机械学报,2005,36(3):143~147.
Shang Shuqi, Liu Shuguang, Wang Fangyan, et al. Current situation and development of peanut production machinery[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(3):143~147. (in Chinese)
- 胡志超,彭宝良,谢焕雄,等. 升运链式花生收获机的设计与试验[J]. 农业机械学报,2008,39(11):220~222.
- 胡志超,彭宝良,尹文庆,等. 4LH2 型半喂入自走式花生联合收获机的研制[J]. 农业工程学报,2008,24(3):148~153.
Hu Zhichao, Peng Baoliang, Yin Wenqing, et al. Design of 4LH2 type half-feed and self-propelled peanut combine[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(3):148~153. (in Chinese)
- 胡志超,彭宝良,尹文庆,等. 多功能根茎类作物联合收获机设计与试验[J]. 农业机械学报,2008,39(8):58~61.
Hu Zhichao, Peng Baoliang, Yin Wenqing, et al. Design and experiment of multifunctional root-tuber crops combine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(8):58~61. (in Chinese)
- 胡志超,王海鸥,王建楠,等. 4HLB-2 型半喂入花生联合收获机试验[J]. 农业机械学报,2010,41(4):79~84.
Hu Zhichao, Wang Haiou, Wang Jiannan, et al. Experiment on 4HLB-2 type half feed peanut combine harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(4):79~84. (in Chinese)

(上接第 141 页)

- 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册:下册[M]. 北京:机械工业出版社,1990.
- 刘建军,宋建农,陆建伟,等. 大蒜收获工艺的分析和探讨[J]. 农机化研究,2008,30(1):32~39.
Liu Jianjun, Song Jiannong, Lu Jianwei, et al. Analysis and discussion of garlic harvesting machine [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008, 30(1):32~39. (in Chinese)
- 卢泽民,蒯杰,饶勇. 分段式大蒜收获机械试验研究[J]. 农业装备与车辆工程,2011(1):28~31.
Lu Zemin, Kuai Jie, Rao Yong. Test and analysis of segmented garlic bulb harvest machine [J]. Agricultural Equipment and Vehicle Engineering, 2011(1):28~31. (in Chinese)