

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.08.015

花生联合收获机柔性夹持装置设计与试验^{*}

杨然兵 尚书旗

(青岛农业大学机电工程学院, 青岛 266109)

【摘要】 针对传统花生联合收获机刚性夹持链夹持损失率偏高的问题,提出了三夹持带柔性夹持技术,并设计了三夹持带夹持输送装置。通过试验台试验确定了带型、带距、带速等参数,并通过与刚性夹持链的田间对比试验,对拉断落果率、夹持喂入率、夹断率、去土率、掉株率、掉果率等试验指标进行了综合评价。试验结果表明,三夹持带柔性夹持输送方式损失率较低。

关键词: 花生联合收获机 夹持输送装置 设计 试验

中图分类号: S225.7⁺3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)08-0067-05

Design and Test Analysis of Peanut Combine Flexible Clamping Device

Yang Ranbing Shang Shuqi

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

Abstract

In traditional peanut combine harvest, loss rate of peanut in the process of chain rigidity clamping is rather high. Thus, three-belt clamping technology was proposed. Making use of general three-belt flexible clamping cushion to peanut, general three-belt clamping feeding device was developed. Belt type, belt distance, belt speed and so on were determined through bench tests. And according to the field comparative tests to chain rigidity clamping feeding mode, comprehensive evaluation was done on testing index, such as pulling-down peanut drop rate, clamping feeding rate, clamping breaking rate, soil removing rate, straw falling rate, peanut falling rate and so on. The results showed that loss rate of the general three-belt clamping feeding mode was rather low and more suitable for current Chinese peanut harvest situation.

Key words Peanut combine harvester, Clamping device, Design, Tests

引言

夹持输送装置是将花生植株夹住拔起后输送至摘果机构的装置。目前,生产实际中使用较多的是夹持链夹持输送方式^[1-4],其中较为典型的是台湾大地菱公司云农号花生联合收获机采用的夹持链夹持输送装置。

田间试验发现,云农号花生联合收获机田间埋果率(掉果损失)偏高,无法达到生产需求。经分

析,主要原因是夹持收获瞬间造成冲击掉果。为了减少损失,就必须降低夹持收获造成的掉果率。本文设计三夹持带夹持拔取装置。

1 三夹持带夹持装置设计

1.1 三夹持带夹持技术

三夹持带夹持拔取技术采用具有缓冲的夹持收获装置,降低在夹持拔取花生植株的瞬间给花生果柄接点造成的冲击力,从而降低机械掉果损失。三

收稿日期:2010-03-30 修回日期:2010-04-28

^{*} 国家公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(200903053-07)、山东省科技发展计划资助项目(2009GG10009039)、山东省农业科技成果转化资金资助项目(620933)和青岛农业大学博士启动基金资助项目(630928)

作者简介:杨然兵,讲师,博士,主要从事农业机械装备研制与开发研究, E-mail: yangranbing@163.com

通讯作者:尚书旗,教授,博士生导师,主要从事农业机械装备研制与开发研究, E-mail: sqshang@qau.edu.cn

夹持带夹持装置的三夹持带布置^[5]如图1所示。在双夹持带之间设有单夹持带,单夹持带上由弹簧张紧装置调节张紧力。通过单夹持带和双夹持带的重叠区实现强有力的夹持,弥补了平胶带夹持力不足的缺点。单夹持带和双夹持带的重叠区域控制在0~5 mm,并且可以根据花生品种的不同进行调节。工作时,该夹持装置与地面倾斜一定角度,为了增加花生植株的喂入效果,前面增加了拨禾链齿强制喂入装置。

为了检验夹持带缓冲效果,用万能材料试验机^[6]对花生植株进行了夹持拉伸对比试验。图2a为试验夹持装置,I为带夹持,II为刚性夹持。试验时在花生植株根部附加30 N拉力前提下向上加速运动,当夹持装置从静止加速到1.5 m/s时,瞬间给予花生植株拉力。图2b为试验结果,可以看出刚性夹持给予花生植株的最大瞬间冲击力约为38 N,柔性夹持约为32 N。此外,刚性夹持缓冲长度约为0.02 mm,柔性夹持缓冲长度约为0.065 mm。因此,当花生夹持收获时,带夹持可大大降低冲击强度,从而为最易断裂的花生果柄拉伸提供了加速时间,相对于刚性夹持可大大降低机械掉果率。

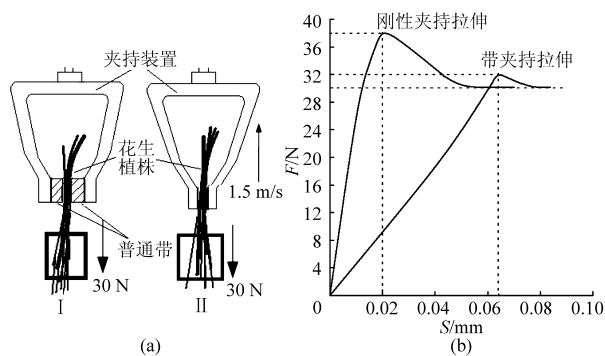


图2 夹持拉伸对比试验

Fig.2 Clamping and stretching comparative tests

(a) 柔性夹持试验装置 (b) 拉伸结果

1.2 参数设计

(1) 带型。根据试验观察,三夹持带中起夹持作用的主要是中间单夹持带,上、下双夹持带为辅助定位作用。由于上、下夹持带在夹持中工作点仅为对角点,因此带的型号对工作性能没有太大影响,这里采用2根C型三角胶带(图1)。单夹持带的作用

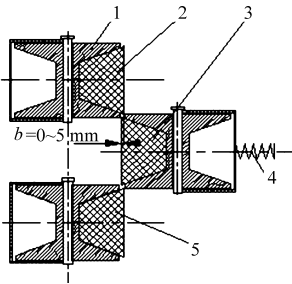


图1 三夹持带夹持截面原理图

Fig.1 Section principle diagram of three-belt clamping

1. 托带轮 2. 上双夹持带
3. 单夹持带 4. 张紧机构
5. 下双夹持带

较为明显,宽度影响到与花生植株摩擦力的大小,因此需要在B、C、D、E型三角带中选择一种较好的带型。

(2) 带距。指单夹持带与双夹持带在垂直方向上的距离,分为3种情况:①负值,单、双夹持带在水平方向上有一定距离。②单、双夹持带在同一垂直平面上。③正值,单、双夹持带有重叠区域。

带型、带距是影响夹持效果的主要因素,分别对B、C、D、E型三角带在不同带距下进行拉伸,即在一定带距、带型下对花生植株进行拉伸,确定发生滑移的最小临界力。

B、C、D、E型三角带最小夹持临界力随带距*b*变化回归方程分别为

$$F_B = 83.93 \exp(0.3095b) \quad (R^2 = 0.8518)$$

$$F_C = 110.97 \exp(0.2566b) \quad (R^2 = 0.8773)$$

$$F_D = 133.91 \exp(0.245b) \quad (R^2 = 0.9065)$$

$$F_E = 161.4 \exp(0.2209b) \quad (R^2 = 0.9025)$$

通过田间试验查明,在土壤挖掘后花生植株向上提升所需的最大拉力小于60 N。为了安全,最小限值为75 N。可以看出,在带距大于零时,B、C、D、E型带均能满足大于75 N的要求。但B型带带距过大,因此不采用B型带。

为进一步确定最佳的工作参数,通过夹持输送装置性能试验确定带距、带型及带速与性能指标的关系。试验因素与水平如表1所示。

表1 试验因素与水平

Tab.1 Experimental factors and their levels

水平	带型 <i>a</i>	带距 <i>b</i> /mm	带速 <i>c</i> /m·s ⁻¹
1	B型三角胶带	-2	1.3
2	C型三角胶带	0	1.5
3	D型三角胶带	2	1.8
4	E型三角胶带	5	2.0

1.2.1 喂入率方差分析

喂入率指单位时间内花生植株能够被夹持的比率。由试验可知,3个因素对喂入率的影响程度是不同的,在95%的置信度下,带型、带距二因素具有高度的显著性,带速表现显著。影响喂入率指标的三因素主次排列顺序为*b*、*a*、*c*,较优组合为*b*₁*a*₄*c*₄,即带距为-2 mm,带型为E型三角带,带速为2.0 m/s。

1.2.2 掉株率方差分析

花生植株在被喂入夹持过程中,根系往往夹带土壤等杂质,在夹持过程中因自重会出现滑移掉株现象。由试验可知,在95%置信度下,带型、带距二因素具有较高的显著性,带速表现不显著,影响掉株率指标的三因素主次排列顺序为*b*、*a*、*c*,较优组合为*b*₄*a*₁*c*₁,即带距为5 mm、带型为B型三角带,带速

为 1.3 m/s。

1.2.3 优选组合性能试验

对试验指标进行综合评价^[7]分析得：影响综合指标的次要因素排列顺序为 *b*、*a*、*c*，最佳水平组合为 *b*₃*a*₃*c*₂，即带型为 D 型三角带，带距为 2 mm，带速为 1.5 mm/s。

2 田间对比试验

通过田间性能试验，测定三夹持带夹持装置与传统夹持链夹持装置的作业质量性能指标。在相同条件下对比试验结果，综合分析两种装置的拉断落

果率、夹持喂入率、夹断率、去土率、掉株率、掉果率等性能指标。在田间试验中，选择条件比较一致的试验田，尽量避免土壤成分、硬度、含水率等因素对试验的影响。测试标准与部分计算方法均采用农业行业标准《花生收获机作业质量》(NY/T 502—2002)^[8]。

随着作业效率(生产率)逐步提高，三夹持带夹持输送挖拔组合式花生联合收获机和传统夹持链式云农号花生联合收获机两机交错进行田间对比作业。作业效率均达到农业部行业作业标准。两机前后作业效率基本相同。试验结果如表 2 所示。

表 2 夹持链夹持与三夹持带夹持对比试验结果

Tab. 2 Experimental results of peanut harvester comparative test

序号	(三夹持带夹持)4HQL-2 型花生联合收获机							(传统夹持链夹持)大地菱花生联合收获机						
	拉断落果率 <i>y</i> ₁	夹持喂入率 <i>y</i> ₂	夹断率 <i>y</i> ₃	去土率 <i>y</i> ₄	掉株率 <i>y</i> ₅	掉果率 <i>y</i> ₆	作业效率 <i>x</i>	拉断落果率 <i>y</i> ₁	夹持喂入率 <i>y</i> ₂	夹断率 <i>y</i> ₃	去土率 <i>y</i> ₄	掉株率 <i>y</i> ₅	掉果率 <i>y</i> ₆	作业效率 <i>x</i>
	/%	/%	/%	/%	/%	/%	/hm ² ·h ⁻¹	/%	/%	/%	/%	/%	/%	/hm ² ·h ⁻¹
1	0.16	99.94	0	86.78	0	0.04	0.105 7	0.19	99.94	0	84.62	0	0.06	0.105 6
2	0.19	99.92	0	84.46	0	0.05	0.108 3	0.20	99.91	0.19	82.19	1.7	0.08	0.108 8
3	0.22	99.86	0	85.71	0	0.05	0.110 9	0.22	99.87	0	82.00	0	0.09	0.110 8
4	0.40	99.62	0	86.49	0	0.06	0.116 2	0.41	99.60	0	81.67	0	0.11	0.116 3
5	0.76	99.13	0	80.71	1.05	0.09	0.130 7	0.79	99.23	1.34	78.49	0	0.19	0.130 6
6	0.79	99.05	0	79.73	0	0.12	0.1321	0.80	99.21	0	77.83	0	0.22	0.132 3
7	0.86	99.06	0	78.60	0	0.15	0.136 7	0.81	99.10	1.03	75.40	0	0.28	0.137 0
8	0.90	99.01	0	78.55	0	0.18	0.138 0	0.90	99.92	0	73.46	0	0.31	0.138 2
9	1.31	97.17	0	63.34	0	0.50	0.148 2	1.37	97.30	0	58.81	1.7	0.89	0.148 2
10	1.41	95.56	0	62.78	0	0.53	0.149 8	1.89	96.21	0	57.23	0	1.06	0.149 7
11	1.87	92.89	0	59.80	0	0.80	0.152 0	2.71	94.68	1.97	49.90	0	1.89	0.152 1
12	2.48	87.34	0	59.65	0	0.83	0.160 1	3.87	92.19	3.46	45.74	0	2.94	0.160 2

3 试验结果及分析

3.1 拉断落果率

拉断落果率是花生植株被夹持装置夹持后向上提升过程中，由于花生果瞬间受到向上提升力，惯性造成花生果柄接点断裂产生的损失。三夹持带夹持式拉断落果率随作业效率变化的回归方程为

$$y_1 = 750.49x^2 - 160.44x + 8.796 9$$

$$(R^2 = 0.973 5)$$

传统夹持链拉断落果率随作业效率变化的回归方程为

$$y_1 = 0.000 6e^{53.578x} \quad (R^2 = 0.974 7)$$

通过对比可知，当作业效率低于 0.138 0 hm²/h 时，拉断落果率基本相同；当作业效率高于 0.138 0 hm²/h 时，拉断落果率都显著提高，但夹持链夹断率增加更加显著，如图 3 所示。

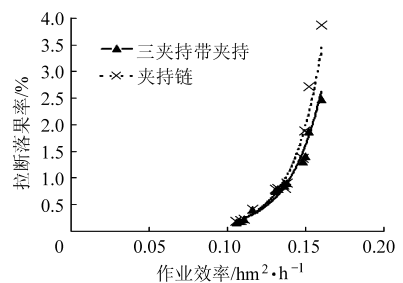


图 3 拉断落果率与作业效率关系曲线

Fig. 3 Relationship of nut-loss rate made by pulling and operating speed

3.2 夹持喂入率

夹持喂入率是指花生植株在挖掘后进入夹持装置喂入区能够被夹持装置夹持的比率。三夹持带夹持喂入率随作业效率变化的回归方程为

$$y_2 = -36 843.2x^3 + 6 713.591x^2 + 67.665$$

$$(R^2 = 0.937 0)$$

传统夹持链夹持喂入率随作业效率变化的回归方程为

$$y_2 = -4\,582.564x^2 + 1\,090.843x + 35.375$$

$$(R^2 = 0.962\,0)$$

通过对比可知,当作业效率较低时拉断落果率相差不大;随着作业效率的提高,三夹持带夹持喂入率显著低于传统夹持链喂入率,如图4所示。

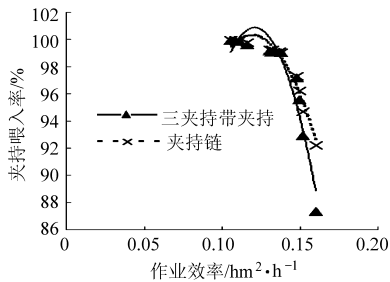


图4 夹持喂入率与作业效率关系曲线

Fig.4 Relationship of clamping feeding rate and operating speed

3.3 夹断率

夹断率是花生植株进入夹持装置后,提升或输送过程中花生植株被夹断的比率。从试验结果看出,三夹持带夹持没有出现夹断现象,而夹持链出现夹断现象,且随着作业效率的提高夹断率明显提高。

3.4 去土率

去土率是花生植株被夹持输送过程中能够去土的比率。三夹持带夹持去土率随作业效率变化的回归方程为

$$y_4 = -11\,244.4x^2 + 2\,406.617x - 42.442$$

$$(R^2 = 0.936\,0)$$

夹持链去土率随作业效率变化的回归方程为

$$y_4 = -18\,562.1x^2 + 4\,192.795x - 153.235$$

$$(R^2 = 0.968\,0)$$

通过对比可以看出三夹持带夹持去土效果明显优于传统夹持链去土效果。特别是随着作业效率的提高,三夹持带夹持的去土效果更加突出,如图5所示。

3.5 掉株率

掉株率是花生植株被夹持装置夹持提升与输送过程中掉下的植株比率。通过试验结果对比,两者基本相同,在试验过程偶尔出现掉株的情况是由夹持位置在植株末梢造成的。

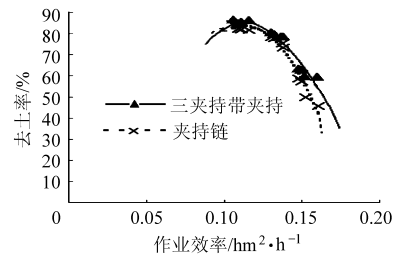


图5 去土率与作业效率关系曲线

Fig.5 Relationship of soil-eliminating rate and operating speed

3.6 掉果率

掉果率是夹持和输送过程中因夹持装置和花生植株振动而造成的果柄断裂现象。三夹持带夹持掉果率随作业效率的变化回归方程为

$$y_6 = 792\,709x^{7.585\,8} \quad (R^2 = 0.919\,2)$$

夹持链式掉果率随作业效率的变化回归方程为

$$y_6 = 4 \times 10^{-5} e^{67.858x} \quad (R^2 = 0.942\,0)$$

通过对比可以看出,任何作业效率下夹持链掉果率均高于三夹持带夹持掉果率。特别是随着作业效率的提高,夹持链夹持的掉果率急剧上升,如图6所示。

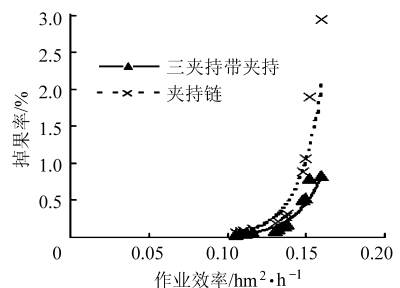


图6 掉果率与作业效率关系曲线

Fig.6 Relationship of nut-loss rate and operating speed

4 结束语

传统夹持链夹持装置刚性夹持工作安全、稳定。随着作业效率的提高,夹持喂入率能有一定的保证。但由于花生果瞬间受到加速,造成夹断率、拉断落果率、掉果率都显著高于三夹持带夹持装置。

三夹持带夹持装置由于采用柔性夹持方式,在夹持时会给拉力一定缓冲,因此夹断率、拉断落果率、掉果率相对刚性装置具有较显著的优势,特别是作业效率较高时优势更加明显。但是在机器高速作业时,由于三夹持带夹持滑动距离较长,造成夹持喂入率降低。

参 考 文 献

- 1 Timothy A Meeks, Archie Flanders. Profitability and resource allocation among cotton and peanuts when considering planting and harvest timeliness[J]. Journal of Agricultural and Applied Economics, 2005, 37(1):249~261.
- 2 Kiniry J R. Peanut leaf area index, light interception, radiation use efficiency, and harvest index at three sites in Texas[J]. Field Crops Research, 2005, 91(2):297~306.

- 3 陈书法,李耀明,孙星钊.花生联合收获机挖掘装置的设计研究[J].中国农机化,2005(1):47~49.
Chen Shufa, Li Yaoming, Sun Xingzhao. Research design on digging parts of peanut combine harvester [J]. Chinese Agriculture Mechanization, 2005(1):47~49. (in Chinese)
- 4 王洪君,闵令强,黄保申,等.4HD-1型花生联合收获机[J].农业机械,2005(6):71.
Wang Hongjun, Min Lingqiang, Huang Baoshen, et al. 4HD-1 peanut combine [J]. Farm Machinery, 2005(6):71. (in Chinese)
- 5 尚书旗,李国莹,杨然兵,等.4HQL-2型全喂入花生联合收获机的研制[J].农业工程学报,2009,25(6):125~129.
Shang Shuqi, Li Guoying, Yang Ranbing, et al. Development of 4HQL-2 type whole-feed peanut combine [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(6):125~129. (in Chinese)
- 6 李西振,杨然兵,李建东,等.生姜力学性能试验与分析[J].农机化研究,2008(4):155~157,170.
Li Xizhen, Yang Ranbing, Li Jiandong, et al. Test and analysis of the ginger's mechanics performance [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008(4):155~157,170. (in Chinese)
- 7 魏效玲,赵立新,任建华.多指标试验设计综合加权评分值的确定[J].河北建筑科技学院学报,2003,20(4):68~71.
Wei Xiaoling, Zhao Lixin, Ren Jianhua. Determine on synthetically weighted mar value of multiple attribute test [J]. Journal of Hebei Institute of Architectural Science and Technology, 2003, 20(4):68~71. (in Chinese)
- 8 NY/T 502—2002. 中华人民共和国农业行业标准——花生收获机作业质量标准[S]. 2002.
- 9 尚书旗,王延耀,孙振华.机电试验设计学[M].青岛:青岛海洋大学出版社,1997.
- 10 蔡建琼,于惠芳.SPSS统计分析实例精选[M].北京:清华大学出版社,2006.
- 11 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42页)

- 2 张波屏.现代种植机械工程[M].北京:机械工业出版社,1997.
- 3 刘俊峰,王廷双,冯晓静,等.内充种垂直轮式新型小麦精量排种器的研究[J].农业工程学报,1997,13(4):86~89.  
Liu Junfeng, Wang Tingshuang, Feng Xiaojing, et al. Study on wheat precise seeder meter of the vertical wheel feed of seed cell filling on inside [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1997, 13(4):86~89. (in Chinese)
- 4 李成华,夏建满,何波.倾斜圆盘勺式精密排种器投种过程分析[J].农业机械学报,2005,36(3):48~50.  
Li Chenghua, Xia Jianman, He Bo. Analysis of seed dropping process by declined scope metering device [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(3):48~50. (in Chinese)
- 5 于建群,马成林,张格.组合内窝孔精密排种器护种和投种过程分析[J].农业机械学报,2001,32(4):28~30.  
Yu Jianqun, Ma Chenglin, Zhang Ge. Theoretical analysis of seeds retaining and dropping process in precision metering device with concave metering inner cell [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2001, 32(4):28~30. (in Chinese)
- 6 王在满,罗锡文,黄世醒,等.型孔式水稻排种轮充种过程的高速摄像分析[J].农业机械学报,2009,40(12):56~61.  
Wang Zaiman, Luo Xiwen, Huang Shixing, et al. Rice seeds feeding process in cell wheel based on high-speed photography technology [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(12):56~61. (in Chinese)