

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2015.11.014

多功能组合式全喂入花生摘果试验装置研究*

关萌¹ 陈中玉^{1,2} 高连兴¹ 刘志侠¹ 程晋³ 张旭东³

(1. 沈阳农业大学工程学院, 沈阳 110866; 2. 盐城工业职业技术学院, 盐城 224005;

3. 辽宁省农业机械化研究所, 沈阳 110866)

摘要: 为深入研究各种形式花生摘果机、摘果部件的工作原理, 探究花生摘果过程中的荚果损伤机理、花生荚果分布规律和花生植株动力学状况, 进而进行花生摘果机结构与参数优化, 设计出一种多功能组合式全喂入花生摘果试验装置, 主要由机架、电动机、传动系统、摘果系统、清选系统、变速与控制系统、荚果分布测试系统等组成。该装置作为花生摘果试验平台具有以下功能: 通过改变和控制花生植株运动方向, 可实现切流单滚筒、轴流单滚筒、切流双滚筒、切轴流双滚筒、轴流双滚筒、双切流横轴流三滚筒和切流双轴流三滚筒 7 种不同切轴流喂入、摘果方案; 通过变频器与机械传动组合式调速方式, 实现各摘果滚筒的速度调节; 通过格式接料器, 可研究各摘果机构的花生荚果分布规律。性能试验表明, 该装置可针对不同花生品种及其性状进行不同摘果元件、不同切轴流组合的摘果性能试验, 主要参数为: 转速 200 ~ 800 r/min, 摘果间隙 25 ~ 50 mm, 最大喂入量 5 kg/s。

关键词: 花生 摘果 试验装置 全喂入组合式

中图分类号: S225 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2015)11-0088-07

Multifunctional Modular Full-feeding Peanut Picking Testing Device

Guan Meng¹ Chen Zhongyu^{1,2} Gao Lianxing¹ Liu Zhixia¹ Cheng Jin³ Zhang Xudong³

(1. College of Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China

2. Yancheng Institute of Industry Technology, Yancheng 224005, China

3. Liaoning Institute of Agricultural Mechanization, Shenyang 110866, China)

Abstract: In order to further study the operational principle of all forms of peanut picker and picking component, explore the peanut pods damage mechanism, distribution regularity and peanut plant dynamics situation, and then optimize the structure and parameters of peanut picker, a multifunctional modular full-feeding peanut picking testing device was designed. It mainly composed of frame, motor, transmission system, picking system, cleaning system, variable speed and control system as well as pod distribution test system. As a peanut picking testing device, it has the following functions: by changing and controlling the moving direction of the peanut plants, seven different kinds of feeding and picking program with tangential and axial cylinder could be achieved, which are tangential flow single cylinder, axial flow single cylinder, tangential flow double-cylinder, tangential-axial flow double-cylinder, tangential flow double-cylinder, double tangential-horizontal axial flow three cylinders and tangential double axial flow three cylinders. And the picking cylinders and the speed between them could be adjusted through the speed regulating of the inverter drive combined with mechanical transmission. In addition, the distribution of peanut pods in each picking mechanism would be studied with the divided material collection box. Besides, it showed that the device could be used to carry out the performance tests of picking with different picking parts and the combination of tangential and axial cylinders. And the

收稿日期: 2015-02-09 修回日期: 2015-05-26

* 国家自然科学基金资助项目(51575367)和高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20122103110009)

作者简介: 关萌, 博士生, 主要从事农产品收获与加工机械研究, E-mail: guanmeng.19880109@163.com

通讯作者: 高连兴, 教授, 博士生导师, 主要从事农产品收获与加工机械研究, E-mail: lianxing_gao@126.com

main parameters were as follows, rotational speed of 200 ~ 800 r/min, picking gap of 25 ~ 50 mm, and the maximum feeding quality of 5 kg/s.

Key words: Peanut Picking Testing device Full-feeding modular

引言

摘果是花生收获过程的必经环节,其不仅决定了花生收获的效率和损失,同时影响花生荚果的损伤。美国采用大型机械的两段式花生收获方法,即第 1 阶段采用大型起收机将花生起挖并翻转放铺、在田间晾晒,第 2 阶段用捡拾收获机将晾晒 4 ~ 7 d 的花生从地面捡拾同时摘果,不但效率很高,而且收获损失和荚果损伤很低^[1-2]。我国 20 世纪 80 年代开始陆续研制小型分段式花生收获机械,如花生挖掘犁、花生起收机和摘果机等,21 世纪初研究重点转向并集中于花生联合收获机,重点对花生对行起挖和鲜湿花生摘果装置进行研究,研制出带有全喂入和半喂入花生摘果的多种类型和型号花生联合收获机^[3-11],而关于两段收获和分段收获方式下的花生全喂入摘果原理、摘果装置结构与参数等理论与试验研究几乎处于空白,以致于实际花生摘果作业一直沿用传统花生摘果装置,花生摘果时荚果开裂、破碎等损伤率普遍高于我国行业标准^[12-14],有些甚

至高达 5% ~ 7%。花生摘果损伤主要有果壳破损和花生米离壳两种形式,其不仅仅会导致花生直接或间接损失,而且失去完好外壳保护的花生米极易劣变,混入花生荚果储藏后具有潜在的危害^[15-17]。针对目前花生摘果机实际状况,在晾晒后花生植株物理机械特性研究基础上,本文研制一种用于花生摘果部件结构和参数研究的花生摘果试验装置并进行花生摘果部件性能试验。

1 总体方案

1.1 摘果滚筒组合方案

多功能组合式全喂入花生摘果试验装置由 3 个摘果滚筒构成,每个滚筒均采用组合式,摘果部件分为弓齿式、钉齿式和锤片式 3 种,可自由拆卸、更换组成弓齿滚筒、钉齿滚筒、锤片滚筒和钉齿-弓齿等组合滚筒,同时可改变部件在滚筒上排列方式;通过滚筒中间位置和滚筒间设置的隔板,控制花生植株摘果过程的运动方向,可实现 7 种不同形式的摘果方式(图 1)。

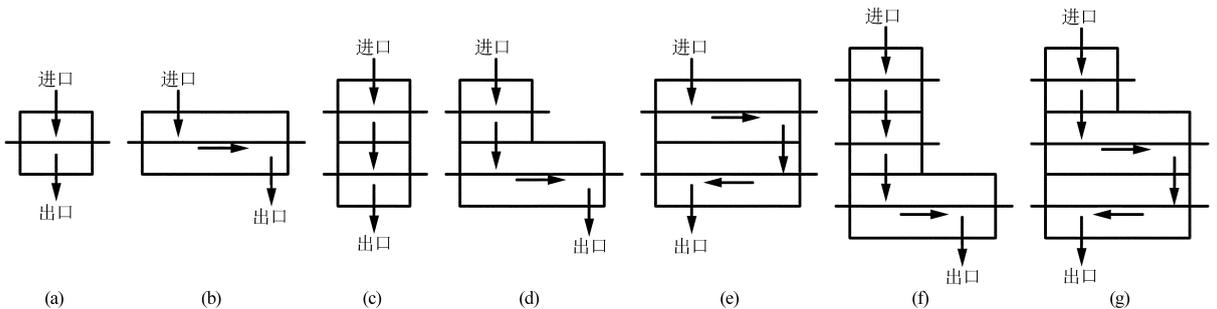


图 1 摘果滚筒组合形式

Fig. 1 Combination mode with multi-rollers

(a) 切流单滚筒 (b) 轴流单滚筒 (c) 切流双滚筒 (d) 切轴流双滚筒 (e) 轴流双滚筒
(f) 双切流横轴流三滚筒 (g) 切流双轴流三滚筒

1.2 总体结构

多功能组合式全喂入花生摘果试验装置主要由机架、电动机、传动系统、摘果装置、清选系统、变速与控制系统、荚果分布测试系统、高速摄影系统等组成。机械部分整体结构如图 2 所示。其中,传动系统由电动机、带轮传动和链传动组成,电动机连接变频器可对摘果及清选的速度进行调节;清选系统由气吸式风机和振动筛组成,可有效实现两种分选系统的互补,达到清选要求。

1.3 工作原理

多功能组合式全喂入花生摘果试验装置可选择不同的摘果方式,例如,当选择切轴流双滚筒

(图 1d)摘果方案进行试验时,花生植株经喂入口先进入切流摘果滚筒,通过滚筒的离心作用以及钉齿或弓齿的打击、抓取和拖带等作用,将一部分花生荚果从花生秧蔓上摘下,摘下的荚果从凹板筛漏下经滑板落入到振动筛,未摘净花生果秧由于惯性进入轴流滚筒中,花生果秧则随螺旋纹杆及弓齿一起高速旋转,旋转中弓齿不断对花生植株进行梳刷作用,同时在离心力的作用下,花生荚果被甩到滚筒下部的凹板间隙中,此时花生秧蔓还在随螺旋弓齿高速旋转,花生荚果受到凹板圆柱栅条的阻挡,造成花生果柄受拉直至断裂,从而实现摘果。分离后的花生荚果经凹板筛掉落至振动筛,由振动筛和风机共同

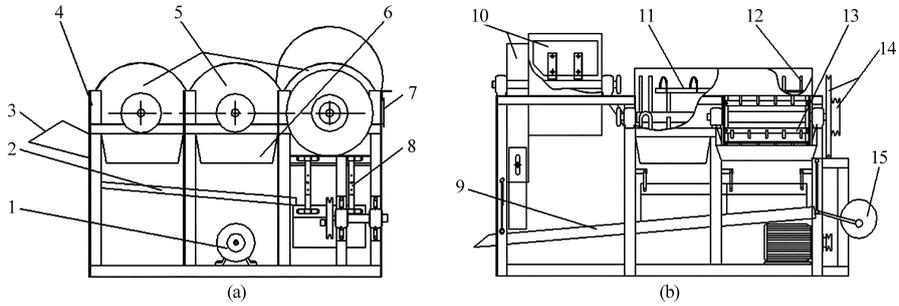


图2 多功能组合式全喂入花生摘果试验装置总体结构简图

Fig.2 Structural diagram of multifunctional modular full-feeding peanut picking testing device

(a) 右视图 (b) 主视图

1. 电动机 2. 滑板 3. 喂入口 4. 机架 5. 机壳 6. 护板 7. 排杂口 8. 调节吊杆 9. 振动筛
10. 风机 11. 第Ⅲ摘果滚筒 12. 第Ⅱ摘果滚筒 13. 第Ⅰ摘果滚筒 14. 轴端带轮 15. 偏心传动机构

完成分离清选,而摘果后的秧蔓则在螺旋纹杆的推进下移至滚筒末端,在排草齿的作用下从排杂口排出,从而完成摘果试验。

2 关键部件设计

2.1 传动与调速系统

传动系统由电动机、带轮传动和链传动组成,根据传动需要和经济性原则选取YL90L4-2型电动机作为动力。动力传输路线如图3所示,电动机带轮带动第Ⅲ滚筒的三联带轮,第Ⅲ滚筒转动同时分别通过第Ⅱ滚筒驱动带轮和振动筛驱动带轮驱动第Ⅱ滚筒带轮和振动筛偏心轮转动;第Ⅲ滚筒另一端链轮通过链传动带动风机链轮,从而实现气力清选;第Ⅱ滚筒带轮通过带传动带动第Ⅰ滚筒带轮带动第Ⅰ滚筒转动;偏心轮带动摆杆实现振动筛作业,实现各部件正常运转。同时,可通过变频器调节电动机

输出转速以便实现整个传动系统转速改变。传动系统参数和各机构转速如表1所示,其中3个滚筒的传动比设置为3组,通过更换不同直径的带轮来实现。

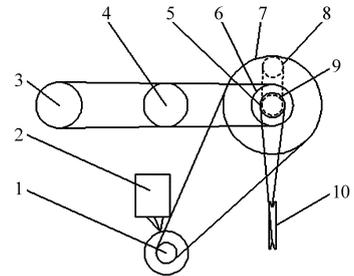


图3 传动系统示意图

Fig.3 Schematic of transmission system

1. 电动机带轮 2. 变频器 3. 第Ⅰ滚筒带轮 4. 第Ⅱ滚筒带轮
5. 振动筛驱动带轮 6. 第Ⅱ滚筒驱动带轮 7. 第Ⅲ滚筒带轮
8. 风机链轮 9. 第Ⅲ滚筒链轮 10. 偏心轮

表1 传动系统参数

Tab.1 Parameters of transmission system

传动系统部件	电动机带轮	第Ⅰ滚筒带轮	第Ⅱ滚筒带轮	第Ⅲ滚筒带轮 a	第Ⅲ滚筒带轮 b	第Ⅲ滚筒带轮 c	偏心轮
直径/mm	70	190(168,152)	168(160,152)	80	152	392	160
转速/(r·min ⁻¹)	2 800	400(450,500)	450(475,500)	500	500	500	250

2.2 摘果滚筒结构设计

(1) 滚筒直径

滚筒直径主要由喂入量、花生株高和转动速度决定。当转速一定时,滚筒直径越大,摘果部件线速度越大,从而得到良好的摘果效果,但可能增大荚果损伤率,同时机器结构尺寸变大;反之,当滚筒过小,容易使花生秧蔓缠绕甚至造成堵塞,导致不能良好地完成花生摘果作业。通过对大量试验数据的分析,参考现有机型尺寸,取摘果滚筒直径为 $D = 350$ mm(齿外端)。

(2) 滚筒长度

考虑到作为摘果试验装置,满足各种状况下的

花生摘果试验需要,在所有滚筒中,单滚筒轴流式花生摘果滚筒为最长,其长度为

$$L = v_1 t \quad (1)$$

式中 L ——摘果滚筒长度,mm

v_1 ——花生轴向速度,m/s

t ——摘果时间,s

花生摘果时的最佳轴向速度为 483 ~ 600 m/s,摘果时间为 2 ~ 3 s^[18-21],根据公式(1)可得摘果滚筒的长度范围为 966 ~ 1 800 mm。考虑到多滚筒摘果装置摘果时间的增加以及反复摘果对花生荚果的影响,故摘果滚筒不应设计过长,最终确定摘果滚筒长度为:钉齿滚筒长度 $L_1 = L_2 = 400$ mm,螺旋弓齿

滚筒长度 $L_3 = 800$ mm。

(3) 滚筒转速

通过试验分析可知, 摘果滚筒线速度在 $8 \sim 10$ m/s 时, 其摘果性能最佳。则滚筒转速为

$$n = \frac{60v_2}{\pi D} \quad (2)$$

式中 D ——滚筒直径, 取 350 mm

v_2 ——滚筒线速度, 取 $8 \sim 10$ m/s

代入公式(2), 则滚筒转速 n 为 $437 \sim 545$ r/min。由于本装置采用多滚筒, 最后一个滚筒必须满足转速条件, 故将第Ⅲ滚筒转速设定为 500 r/min, 第Ⅰ、Ⅱ滚筒转速则根据 3 组不同的传动比而定, 通过变频器对第Ⅲ滚筒转速进行调节, 从而得到在某一传动比条件下的最佳转速组合。

2.3 摘果部件类型

多功能组合式全喂入花生摘果试验装置的摘果滚筒均采用开式滚筒。为研究不同摘果部件摘果性能, 摘果原件设计为成排的弓齿、钉齿和锤片, 通过螺栓紧固在滚筒端部圆盘上, 可将摘果部件组合成不同摘果滚筒。

(1) 切流滚筒

根据摘果试验需要, 可将钉齿、弓齿和锤片式摘果元件(如图 4 所示) 组装成单一或组合式摘果滚筒, 也可组合成 4 排、6 排和 8 排摘果元件的摘果滚筒, 摘果元件可加工成不同高度。作为切流滚筒时, 摘果元件不按螺旋线排列, 花生植株在摘果过程中没有轴向运动。图 5 所示为 6 排钉齿、6 排弓齿和 6 排钉齿-弓齿交错的摘果滚筒。其中, 钉齿为圆柱形齿, 直径为 10 mm, 齿高为 60 mm, 齿迹距为 40 mm, 齿间距为 80 mm; 弓齿直径为 8 mm, 齿高为 50 mm, 齿迹距为 25 mm, 齿间距为 50 mm。每排摘果齿均匀排列, 相邻两排呈交错排列状态, 弓齿安装时与滚筒切线方向呈 10° 倾角, 且左右对称, 以保证摘果过程中花生植株无轴向运动。

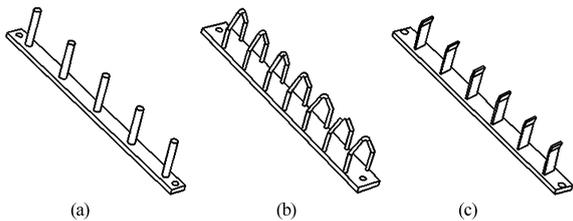


图 4 摘果齿杆结构图

Fig. 4 Structural diagram of picking rod

(a) 钉齿 (b) 弓齿 (c) 锤片

(2) 轴流滚筒

当作为轴流或切轴流摘果滚筒时, 摘果元件按一定螺旋线排列, 以使花生植株在摘果过程中形成

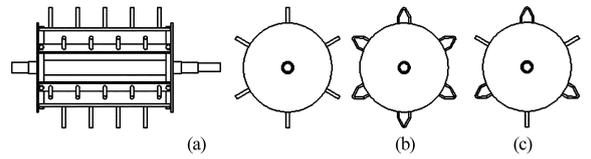


图 5 切流滚筒结构图

Fig. 5 Structural diagram of tangential cylinder

(a) 6 排钉齿 (b) 6 排弓齿 (c) 钉齿-弓齿交错

轴向运动。本研究的轴流滚筒有螺旋杆弓齿摘果滚筒和组合滚筒两种形式。前者在 2 个对称螺旋杆上焊接一定间隔、一定倾斜角并形成螺旋线排列的弓齿, 摘果齿迹距为 $50 \sim 80$ mm, 齿间距为 $100 \sim 160$ mm (图 6); 后者则由按螺旋线排列的弓齿或锤片摘果元件组合而成, 摘果齿迹距、齿间距与螺旋杆弓齿摘果滚筒相同。

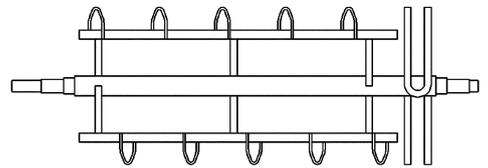


图 6 双螺杆弓齿滚筒结构简图

Fig. 6 Structural diagram of double screw bow tooth cylinder

2.4 格式接料器设计

格式接料器主要用来研究每个摘果滚筒、不同滚筒长度的摘果数量分布即摘果分布规律, 其对应放置在各摘果滚筒下方, 以承接摘果滚筒摘下的花生荚果(图 7)。根据本试验装置结构, 按不同摘果滚筒设计 3 个格式接料器, 接料器小方格单元为长 100 mm、宽 100 mm。在进行荚果与杂余分布试验时, 经摘果滚筒摘出的花生荚果和杂余通过凹板筛直接下落到格式接料器中, 对其称量得到不同摘果滚筒组合的荚果与杂余分布规律。

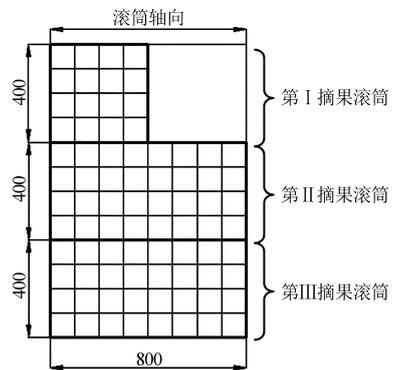


图 7 接料盒排布图

Fig. 7 Distribution of material collection box

3 性能试验

多功能组合式全喂入花生摘果试验装置样机主体部分如图 8 所示, 为检验其性能是否满足花生摘果及其摘果机构的试验要求, 进行了一系列摘果



图8 多功能组合式全喂入花生摘果试验装置主体部分

Fig. 8 Peanut picking test device with multi-rollers

试验。

3.1 试验条件

试验于2014年9月26日—10月15日即辽宁省花生收获期间,在沈阳农业大学农机实验室进行,所用材料为沈阳农业大学花生研究所栽培的“四粒红”、“白沙1016”、“花育47”和“鲁花11”。为了进行不同含水率的花生摘果试验,试验时将4种花生

按鲜湿花生、晾晒2 d、晾晒6 d和晾晒10 d共4个阶段进行,试验时测定花生株高、花生植株与荚果含水率、经济系数和百果质量等指标,同时将花生植株称量分组。将花生植株按设定的花生摘果喂入量要求称量后分组排放整齐,并人工在规定时间内均匀连续喂入,每组试验进行3 min。通过变频器调整电动机摘果滚筒转速并用转速表进行转速确认,各摘果滚筒之间的传动比通过更换不同直径的带轮来实现;调节凹板筛的拉杆长度可以改变摘果滚筒与凹板筛间的摘果间隙。

3.2 试验方案

通过逐级改变摘果滚筒组合方式,调整摘果滚筒转速、滚筒间传动比、花生植株的喂入量、摘果间隙等,针对不同品种、不同含水率状况的花生植株进行了一系列花生摘果试验,试验方案及结果如表2所示。

表2 试验方案与结果

Tab. 2 Testing scheme and result

滚筒组合方式	传动比	滚筒转速/ ($r \cdot \min^{-1}$)	摘果间隙/ mm	摘果喂入量/ ($kg \cdot s^{-1}$)	植株含水率/%	摘净率/%	破损率/%	含杂率/%
切流单滚筒		800	25	0.1	6.31	99.63	2.82	3.54
轴流单滚筒		600	30	0.3	58.64	95.83	0.44	0.69
切流双滚筒	1:1	700,700	25	0.5	25.9	98.42	1.93	1.37
轴流双滚筒	9:10	400,444	45	0.7	15.43	97.63	0.75	0.93
切轴流双滚筒	21:22	500,524	35	1	51.54	96.19	0.57	0.67
双切流横轴流三滚筒	20:21:22	300,315,330	40	3	32.43	93.61	0.49	0.41
切流双轴流三滚筒	8:9:10	200,225,250	50	5	19.67	91.57	0.43	0.45

3.3 试验结果与分析

从表2的试验结果可以看出,试验装置的7种摘果组合形式在方案所设定条件下的摘净率为91.57%~99.63%,破损率为0.43%~2.82%,含

杂率为0.41%~3.54%;由表3所示的切流双轴流三滚筒摘出物轴向分布可知,第Ⅰ摘果滚筒荚果和杂余轴向分布均匀;第Ⅱ摘果滚筒和第Ⅲ摘果滚筒荚果和杂余轴向分布由中部向两侧递减。

表3 切流双轴流三滚筒摘出物轴向分布

Tab. 3 Picked material distribution of tangential-double axial flow three cylinders

		接料器中摘出物质量/g								汇总
		1	2	3	4	5	6	7	8	
第Ⅰ摘果滚筒	荚果质量/g	459	439	492	492					1 882
	杂余质量/g	107	97	116	83					404
第Ⅱ摘果滚筒	荚果质量/g	201	343	441	471	374	327	282	229	2 668
	杂余质量/g	66	123	135	182	173	155	156	89	1 079
第Ⅲ摘果滚筒	荚果质量/g	27	32	46	50	82	95	92	75	499
	杂余质量/g	20	82	112	140	145	127	109	89	824

试验结果表明,通过调整摘果元件、滚筒组合、滚筒转速和摘果间隙等,试验装置能够进行不同花生植株状况、摘果部件以及参数的花生摘果试验,且获得良好的摘果及清选效果;通过格式接料器可进

行荚果和杂余沿摘果滚筒的轴向分布规律等研究;各种摘果滚筒组合方式下的摘果滚筒及清选装置均运行平稳,摘果滚筒拆装、更换摘果元件等操作简单、快捷。其主要参数如表4所示。

表 4 多功能组合式全喂入花生摘果试验装置主要参数

Tab. 4 Main parameters of multifunctional modular full-feeding peanut picking testing device

摘果滚筒 个数	滚筒组合 方式	摘果元件类型	转速范围/ ($r \cdot \min^{-1}$)	摘果间隙/ mm	植株 含水率/%	摘果喂入量/ ($kg \cdot s^{-1}$)
3	7	钉齿、弓齿、锤片	200 ~ 800	25 ~ 50	6 ~ 60	≤ 5

4 结论

(1) 提出了可实现 7 种切轴流摘果组合形式、机电一体调速、更换不同摘果元件、组合成不同摘果滚筒的摘果试验装置总体方案并研制出样机。

(2) 进行了多功能组合式全喂入花生摘果试验装置的性能试验, 表明该装置适应转速范围 200 ~

800 r/min、摘果间隙 25 ~ 50 mm、最大喂入量 5 kg/s 的摘果机构性能试验。

(3) 该装置可针对不同花生品种及其性状进行不同摘果部件、不同切轴流组合的摘果性能试验, 为深入研究花生摘果机构原理、花生摘果损失机理, 提高花生摘果机效率, 实现花生摘果机优化, 提供了一种基础性试验平台。

参 考 文 献

- Whitaker T B, Giesbrecht F G, Hagler W M. Use of loose shelled kernels to estimate aflatoxin in farmers stock peanut lots[J]. Peanut Science, 1999(26): 39 - 44.
- Nuti R C, Holbrook C C, Culbreath A. Peanut peg strength and post harvest pod scavenging for full phenotypic yield over digging date and variety[J]. American Peanut Research and Education Society, 2010, 42: 95 - 96.
- 杨然兵, 尚书旗. 花生联合收获机柔性夹持装置设计与试验[J]. 农业机械学报, 2010, 41(8): 67 - 71.
Yang Ranbing, Shang Shuqi. Design and test analysis of peanut combine flexible clamping device [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(8): 67 - 71. (in Chinese)
- 王东伟. 花生联合收获机关键装置的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2013.
Wang Dongwei. Study on key mechanism of peanut combine harvester [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2013. (in Chinese)
- 胡志超. 半喂入花生联合收获机关键技术研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
Hu Zhichao. Study on key technologies of half-feed peanut combine harvester [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011. (in Chinese)
- 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 - 130.
Shang Shuqi, Li Guoying, Yang Ranbing, et al. Development of 4HQL-2 type whole-feed peanut combine [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(6): 125 - 130. (in Chinese)
- 杨然兵. 4HQL-2 型花生联合收获机主要装置的设计与试验研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2009.
Yang Ranbing. Study on design principle and tests for main parts of 4HQL-2 peanut combine [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2009. (in Chinese)
- 王东伟, 尚书旗, 韩坤. 4HJL-2 型花生联合收获机摘果机构的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2013, 29(14): 15 - 25.
Wang Dongwei, Shang Shuqi, Han Kun. Design and test of picking mechanism in 4HJL-2 peanut combines [J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(14): 15 - 25. (in Chinese)
- 王东伟, 尚书旗, 韩坤. 4HJL-2 型花生捡拾摘果联合收获机的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2013, 29(11): 27 - 36.
Wang Dongwei, Shang Shuqi, Han Kun. Design and test of 4HJL-2 harvester for peanut picking-up and fruit-picking [J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(11): 27 - 36. (in Chinese)
- 胡志超, 彭宝良, 尹文庆, 等. 4LH 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 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)
- 李思漩, 尚书旗, 于艳, 等. 弹齿式花生摘果装置的设计与研究[J]. 农机化研究, 2015, 37(2): 136 - 139.
Li Sixuan, Shang Shuqi, Yu Yan, et al. Researching design and experiments of spring tined type peanut mechanism [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2015, 37(2): 136 - 139. (in Chinese)
- NY/T 993—2006 花生摘果机械作业质量[S]. 2006.
- DB21T 1807—2010 花生摘果机械作业技术规程[S]. 2010.
- 刘丽, 王强, 刘红芝. 花生干燥贮藏方法的应用及研究现状[J]. 农产品加工: 创新版, 2011(8): 49 - 52.
Liu Li, Wang Qiang, Liu Hongzhi. Application and its present on method for drying storage of peanut [J]. Agricultural Product Processing: Innovation, 2011(8): 49 - 52. (in Chinese)

- 16 王守经,祝清俊,胡鹏,等.花生及其制品的黄曲霉毒素污染与防控措施[J].中国食物与营养,2010(3):14-16.
Wang Shoujing, Zhu Qingjun, Hu Peng, et al. Contamination of aflatoxin in peanut and peanut products and its prevention methods[J]. Food and Nutrition in China, 2010(3): 14-16. (in Chinese)
- 17 关萌,沈永哲,高连兴,等.花生起挖晾晒后的果柄机械特性[J].农业工程学报,2014,30(2):87-93.
Guan Meng, Shen Yongzhe, Gao Lianxing, et al. Mechanical properties of peanut peg after digging and drying[J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(2): 87-93. (in Chinese)
- 18 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)
- 19 孙同珍,尚书旗.4HQL-2型花生联合收获机摘果及清选部件的研制[J].农机化研究,2009,31(6):54-57.
Sun Tongzhen, Shang Shuqi. Design of stripping and cleaning system of 4HQL-2 type full-feed peanut combine [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009, 31(6): 54-57. (in Chinese)
- 20 杨静.花生摘果特性与螺旋弓齿式全喂入花生摘果装置研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2012.
Yang Jing. Study on peanuts picking characteristic and full-feeding spiral bow teeth type peanut picker [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2012. (in Chinese)
- 21 赵宝权.全喂入花生摘果试验台试验研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2014.
Zhao Baoquan. Experiment research on full-feeding type peanut pickup tester [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2014. (in Chinese)
- 22 高连兴,李献奇,关萌,等.双吸风口振动式花生荚果清选装置设计与试验[J].农业机械学报,2015,46(3):191-198.
Gao Lianxing, Li Xianqi, Guan Meng, et al. Design and test on cleaning device of peanut pods with double air-suction inlets with vibration screen [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(3): 191-198. (in Chinese)
- 23 高连兴,张文,杜鑫,等.花生脱壳机脱出物的漂浮系数试验[J].农业工程学报,2012,28(2):289-292.
Gao Lianxing, Zhang Wen, Du Xin, et al. Experiment on aerodynamic characteristics of threshed mixtures of peanut shelling machine[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(2): 289-292. (in Chinese)
- 24 高连兴,刘维维,刘志侠,等.我国花生起收机概念与结构特点分析[J].中国农机化学报,2014,35(4):63-68.
Gao Lianxing, Liu Weiwei, Liu Zhixia, et al. Analysis on concept and structure characteristics of peanut diggers in China [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2014, 35(4): 63-68. (in Chinese)
- 25 高连兴,刘维维,王德伟,等.典型花生收获工艺流程及相关机械术语研究[J].花生学报,2014,43(3):26-30.
Gao Lianxing, Liu Weiwei, Wang Dewei, et al. Typical technological processes and machine concepts of peanut harvesting in China [J]. Journal of Peanut Science, 2014, 43(3): 26-30. (in Chinese)