

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.04.017

4HLB-2型半喂入花生联合收获机试验*

胡志超 王海鸥 王建楠 胡良龙 田立佳 钟挺

(农业部南京农业机械化研究所, 南京 210014)

【摘要】 为了提高4HLB-2型半喂入花生联合收获机作业性能,通过单因素试验和两因素全试验,研究了土壤含水率、收获期、夹持高度、清土频率和振幅、摘果辊转速和夹持输送速度对收获损失和含土率的影响。结果表明:收获沙壤土花生的适宜土壤含水率为8%~15%;花生生长后期,清土落果损失率逐渐增加,当根茎拉断力小于5N时,落果损失率大于2%;机器收获的最佳夹持高度为150~200mm,此时清土和摘果效果最佳,其中果实总损失率小于6%,含土率小于4%;清土作业采用低频率、小振幅时落果损失小,但含土率高,采用高频率、大振幅时含土率低,但落果损失大;摘果作业在高摘果辊转速和低夹持速度工况下,摘果段损失率较低,试验中当摘果辊转速为390 r/min、夹持速度为0.5 m/s时,摘果损失率为2.79%。

关键词: 花生 联合收获机 试验 参数优化

中图分类号: S216 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)04-0079-06

Experiment on 4HLB-2 Type Half Feed Peanut Combine Harvester

Hu Zhichao Wang Haiou Wang Jiannan Hu Lianglong Tian Lijia Zhong Ting

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

Abstract

In order to improve the operation performance of 4HLB-2 peanut combine harvester, the impact factors including soil moisture content, harvest time, stalk clamping height, clapping frequency and amplitude of clod removing unit, rotate speed of peanut picking roller and clamping chain speed were investigated by single or double factorial experiments. The results show that soil moisture content ranging from 8% to 15% is suitable for peanut harvesting in sandy loam soil. Dropped peanut loss during clod removing increases gradually along with the delaying of harvest time. The dropped peanut loss rate is higher than 2% under the snap force of peanut root below 5N. The optimum stalk clamping height is in the range from 150 mm to 200 mm, keeping total loss rate and clod content less than 6% and 4%, respectively. Lower frequency and smaller amplitude of clod clapping operation contributes to smaller dropped peanut loss rate, but higher clod content, whereas, higher frequency and larger amplitude contributed to lower clod content and higher dropped peanut loss rate. The peanut loss of peanut picking operation is kept at lower level with higher picking roller speed and lower clamping chain speed. In this experiment, loss rate of peanut picking is 2.79% at 390 r/min of picking roller speed and 0.5 m/s of clamping chain speed.

Key words Peanut, Combine harvester, Experiment, Parameters optimization

引言

收获是花生生产过程中的重要环节,用工占全

生产过程的1/3以上,但我国大部分地区均靠人工来完成,存在劳动强度高、效率低、收获损失大、占用农时多等问题^[1]。近年来,国内一些单位开展了花

收稿日期:2009-06-15 修回日期:2009-07-06

*“十一五”国家科技支撑计划重点资助项目(2006BAD28B06)

作者简介:胡志超,研究员,博士,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

生收获机械的研发工作,并形成一系列样机和产品^[2-5],4HLB-2型半喂入花生联合收获机为其中之一。4HLB-2型半喂入花生联合收获机能一次完成挖掘、清土、夹持输送、摘果、清选、集果等多种作业功能^[2],但作业性能受花生种植模式、植株特性、土壤特性以及机器操作参数的影响较大。为此,本文针对4HLB-2型半喂入花生联合收获机进行试验,探索土壤含水率、收获期、夹持高度、清土频率、清土振幅、摘果辊转速等作业参数与损失率和含土率的关系,为该机具完善设计和田间作业参数优化提供依据。

1 结构和工作过程

4HLB-2型半喂入花生联合收获机总体结构如图1所示,主要由底盘、传动系统和分禾装置、扶禾装置、挖掘装置、夹持输送装置、清土装置、摘果系统、清选系统、集果系统等作业组件组成,作业组件和底盘总体成侧向配置。

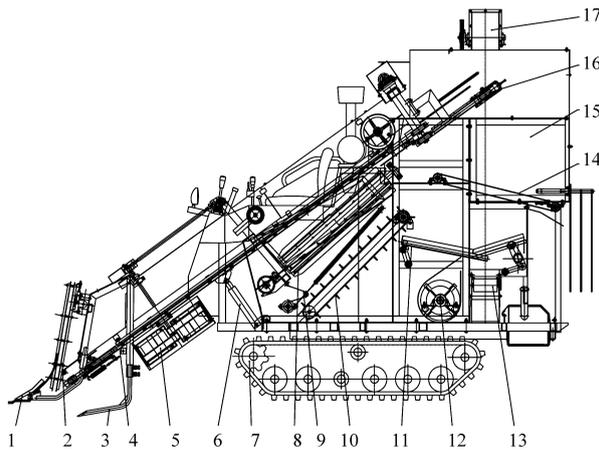


图1 总体结构简图

Fig. 1 Overall structure of the combine

1. 分禾器 2. 扶禾器 3. 挖掘铲 4. 拔禾输送链 5. 清土器
6. 液压升降缸 7. 橡胶履带底盘 8. 摘果辊 9. 弹性挡帘
10. 刮板输送带 11. 清选筛 12. 风机 13. 横向输送带 14. 藤
蔓输送带 15. 主机架 16. 藤蔓抛送链 17. 垂直提升机

收获机前行时,分禾、扶禾装置将作业幅宽内的花生植株与两侧分开并扶起,同时挖掘铲将花生主根铲断并松土,随后植株进入输送链,被拔起并夹持向上(后)输送。在夹持输送前段底部设有清土装置,以去除植株根部的沙土。植株输送到摘果段时,夹持输送链下部安装的对辊摘果装置将果荚从植株上刷落摘下,花生随后落入刮板输送带升运至振动清选筛上,在振动筛和下吹风机的双重作用下将茎叶和沙土等杂物分离并排出机外。分选出的花生果通过横向输送带送入垂直提升机,升送至集果箱,随后进行装袋作业。脱荚后的花生藤蔓继续被夹持向

后输送,而后转接到藤蔓抛送链,抛送链将藤蔓向后抛下落至藤蔓输送带而被排出机后,完成收获作业。

2 试验

2.1 试验条件

选用农业部南京农业机械化研究所试验田种植的花生,品种为豫花9号。土壤类型为沙壤土,种植形式为平作,行距为250 mm,株距平均为150 mm。平均株丛高度为400 mm,株丛范围直径200~250 mm,结果深度60~100 mm,平均结果范围直径为150 mm。

2.2 试验指标与影响因素

收获损失率和果荚含土率是花生联合收获机最主要的性能指标。本试验测定过程中,果实损失率包括落果损失、破损损失、漏摘损失;清土落果损失率是指清土落果占总果实的质量百分比;摘果破损率指摘果中破损果实占总果实的质量百分比;摘不净率指秧蔓上漏摘果实占总果实的质量百分比;含土率为荚果收获完成后荚果中所含土的质量百分比。具体指标的测定方法参照农业部行业标准NY/T502—2002《花生收获机作业质量》。

合理地选定机具作业参数与作业条件,有利于提高作业效果。4HLB-2型半喂入花生联合收获机作业时,可调节的工作参数主要包括:秧蔓夹持高度、清土频率、清土振幅、摘果辊转速、秧蔓夹持输送速度等,另外收获期、土壤含水率等作业条件在一定程度上也对机器作业性能产生影响。因此,试验中考查因素为:收获期、土壤含水率、秧蔓夹持高度、清土频率、清土振幅、摘果辊转速、秧蔓夹持输送速度。

2.3 试验方法

采用室内台架模拟收获试验的方法,即将挖掘铲、分禾器、扶禾器等部件从整机上拆除,由人工完成挖掘启秧,将带土花生秧运回实验室,并及时将带土花生植株喂入收获机夹持链,在实验室内通过调控秧蔓夹持高度、清土频率、清土振幅、摘果辊转速、秧蔓夹持输送速度进行试验。

3 结果与分析

3.1 土壤含水率

花生适宜种植的土壤类型多为沙壤土,土壤含水率的高低在一定程度上决定了土壤粘度、硬度等属性,进而影响花生收获机的作业性能。特别是在花生收获之前若遇下雨天气,土壤含水率会引起较大变化,因此确定4HLB-2型半喂入花生联合收获机作业的适宜土壤含水率具有重要意义。试验前,将花生地分为8块进行不同程度的浇水或晾晒处

理,形成不同土壤含水率的收获试验条件。花生带土人工完成启秧,运回实验室,经实际测定土壤含水率分别为 4.2%、6.5%、8.4%、9.3%、11.7%、13.8%、15.2%、17.6%。试验时,机器作业参数为:秧蔓夹持高度 200 mm、夹持输送速度 1.0 m/s、摘果辊转速 280 r/min、清土频率 224 次/min、角振幅 24.5°。花生果秧通过人工喂秧后,由机器完成收获作业,8 种不同土壤含水率各重复 3 次试验,每次喂秧 10 株,每次作业后测定收获损失率和荚果含土率,计算平均值为检测结果,如图 2 所示。

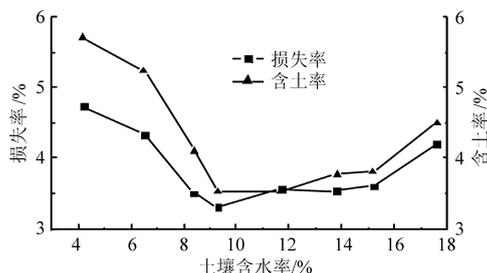


图2 土壤含水率与果实损失率和含土率关系

Fig.2 Soil moisture content vs the harvest indexes

试验结果表明,土壤含水率对收获损失率和含土率均有影响。当含水率较低时,沙壤土结块严重,土块与荚果结合坚实,在清土段不易将土块从果荚上拍落,且容易形成掉果损失,最终导致果实损失率和果荚含土率均相对较高。当含水率稍高时,沙壤土较为松软,在清土作用下土块与果荚易分离,损失率和含土率较低。机器实际收获作业过程中,还有花生挖掘、夹持拔取两个工序,尤其是在秧蔓夹持拔取时,同样存在上述影响,低含水率土壤较坚实,拔取时落果损失大。从试验结果看,当土壤含水率在 8% ~ 15% 时损失率和含土率能维持在较低水平。因此,实际作业时要视土壤实际状况来确定收获作业时机,若遇干旱天气,必要时收获前作轻度的灌溉处理以降低收获损失率和果荚含土率。

3.2 收获期

在花生生长过程中(尤其在成熟收获前),花生荚果与反映植株根系之间附着力的根茎拉断力会随时间而变化,根茎拉断力变化影响到机器收获作业中的植株拔取、清土过程中的落果损失。为此,在花生成熟后期,每隔 2 天测定荚果与根茎的拉断力,并进行台架收获试验,测定机器的清土落果损失率,研究根茎拉断力与清土落果损失率的关系,以便通过测试根茎拉断力来确定该花生的机器适收期。

机器收获时,作业参数为:土壤含水率 9.3%、秧蔓夹持高度 200 mm、夹持输送速度 1.0 m/s、摘果辊转速 280 r/min、清土频率 224 次/min、角振幅 24.5°。试验结果如图 3 所示,清土落果损失率与根

茎拉断力的变化趋势相反,根茎拉断力随生长时间逐渐减小,而落果损失率成增加趋势。由试验结果可知,当根茎拉断力小于 5N 时,落果损失率大于 2%。由此可见,合理选择收获时间对降低收获损失非常重要。实际生产中,可通过根系强度的实际测定并结合生产经验来确定适收期。

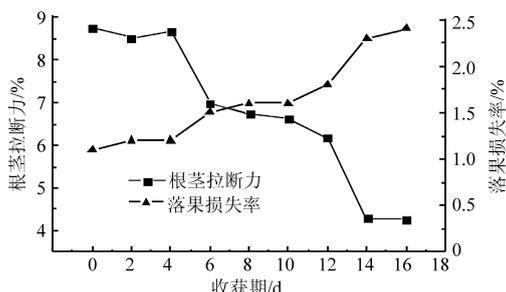


图3 收获期对根茎拉断力和落果损失的影响

Fig.3 Change of root intensity and dropped peanut loss with the harvest time

3.3 清土频率和振幅

清土装置为摆动式结构,如图 4 所示。作业时两侧拍土板绕着各自轴作同向摆动,对拍土板中间通过的花生果系进行拍打,清除花生根部沙土。清土频率和角振幅是影响清土效果和清土段落果损失的重要参数。清土频率是指拍土板每 min 摆动的次数,角振幅是拍土板绕轴摆动的夹角。本装置分别通过更换齿数不同的传动链轮、调整摇杆和摆杆的安装位置来调节清土频率和角振幅,其中清土频率为 224、277、331 次/min;角振幅为 20.0°、24.5°、29.0°。通过台架收获试验探索清土频率、角振幅两个因素对清土落果损失率和果实含土率的影响。试验时考虑交互作用,采取二因素三水平的全试验,其他参数为:土壤含水率 9.3%、夹持输送速度 1.0 m/s、夹持高度 200 mm、摘果辊转速 280 r/min。

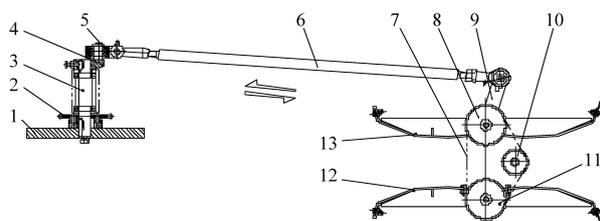


图4 清土装置结构简图

Fig.4 Structural schematic of clod removing device

1. 飞轮 2. 传动链轮 3. 链轮轴 4. 偏心套 5. 轴套 6. 长摇杆 7. 链条 8、11. 链轮 9. 摆杆 10. 张紧轮 12、13. 拍土板

试验结果如图 5、6 所示。同一角振幅下,清土频率越高落果损失越大,而清土效果越好;同一清土频率下,振幅越大落果损失越大、清土效果越好。在此试验工况下,低频率、小振幅的清土作业产生的落果损失小;反之,落果损失大。而高频率、大振幅的

清土作业效果较好,含土率低,反之,含土率高。实际收获作业中,清土段落果损失率还受夹持输送速度、土壤含水率等参数的影响,所以应该综合考虑各种影响来选取合适的清土作业参数,其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。

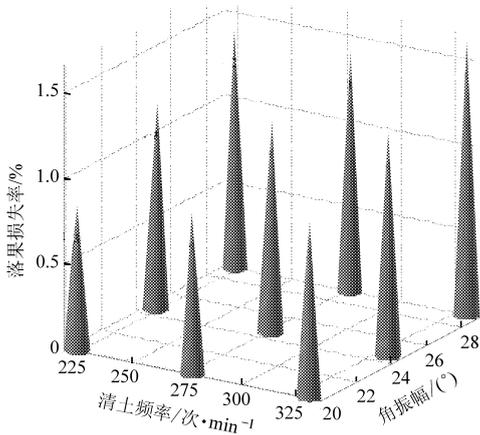


图5 清土频率和角振幅对落果损失率的影响

Fig.5 Impact of vibration frequency and amplitude on dropped peanut loss

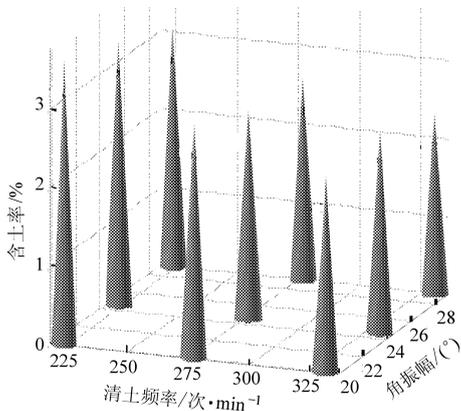


图6 清土频率和角振幅对果荚含土率的影响

Fig.6 Impact of vibration frequency and amplitude on clod content

3.4 秧蔓夹持高度

夹持高度是指在收获作业时夹持链对秧蔓的夹持部位到地表的高度。秧蔓夹持高度决定了花生果系在夹持输送过程中与拍土板、摘果辊的相对位置,直接影响清土和摘果的效果。试验时,夹持高度分别选定100、150、200、250、300 mm,花生果系外形假定为直径80 mm的球体,其他作业参数为:土壤含水率9.3%、夹持输送速度1.0 m/s、摘果辊转速280 r/min、清土频率224次/min、角振幅24.5°。分别检测收获损失率和果荚含土率指标。

试验结果如图7所示,当夹持高度在150~200 mm时,摘果和清土效果最好,果实损失率和含土率均较低;随着夹持高度的降低或增加,果实损失率和含土率均会增加,其中当夹持高度在100 mm和

300 mm时,果实损失率和含土率出现异常高值,表明收获失败。

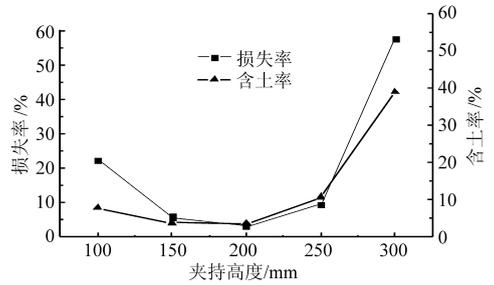


图7 夹持高度对损失率和含土率的影响

Fig.7 Clamping height vs the harvest indexes

夹持高度对收获性能的影响规律是由夹持链、拍土板、摘果辊三个部件的结构和位置配置决定的。图8、9为不同夹持高度下花生植株在清土段和摘果段的位置示意图。由图8可知,在清土段,拍土板与夹持链平行,夹持输送过程中花生果系若超出有效清土区,拍土板不能直接对果系进行拍打,清土效果明显降低。从位置配置来看,当夹持高度为150~200 mm时,果系在清土段运行始终位于拍土板中部,清土效果最佳。试验中,夹持高度为150 mm和200 mm时,收获后果荚含土率较低。

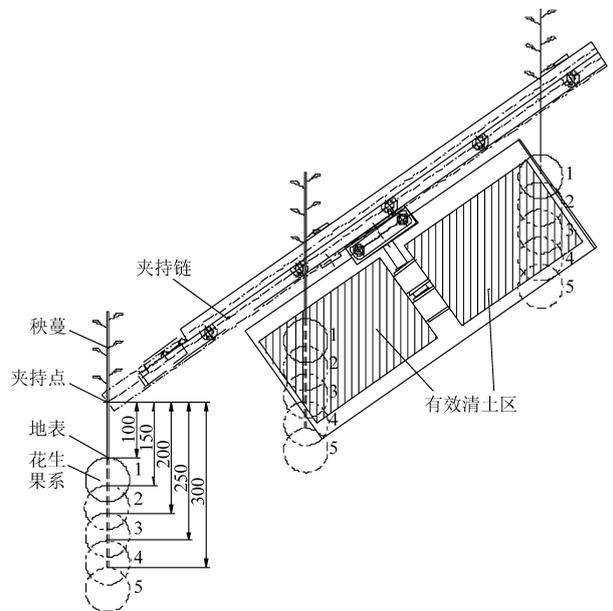


图8 花生植株在清土段的位置

Fig.8 Peanut plant position in the course of clod removing

摘果部件采用差相平行配置、相向回转的对辊,两摘果辊交汇区为最佳摘果区(ABDE),花生果系处于该区域时摘果效率最好。摘果辊与夹持链成一定倾角,在摘果段夹持输送过程中,花生果系与最佳摘果区的相对位置不断变化,这种变化因夹持高度不同有所差异。其中CD平行于夹持链,ACDE为有效摘果区,即花生果只要位于该区域内,在摘果段夹持输送过程中必定会穿过最佳摘果区;相反,位于有

效摘果区以外的花生果在摘果段会被漏摘,造成收获损失。由图9可知,当夹持高度在100 mm和300 mm时,花生果系大部分处于有效摘果区外,造成很大的摘不净损失。夹持高度为250 mm时,在摘果起始段整个果系全部进入最佳摘果区,容易因空间拥挤、摘果刮力过大等原因造成果实破碎率的增加,且在摘果前半段行程中,整个果系逐渐脱离最佳摘果区,使得摘果后半段行程为无效行程,增加摘不净损失。当夹持高度为150~200 mm时,果系在摘果行程前半段由底向上逐渐进入最佳摘果区,在摘果行程后半段也由底向上逐渐脱离摘果区,即在摘果行程不存在无效行程,摘不净损失小,且不会因摘果强度过大造成的破损损失增加。因此,夹持高度150~200 mm范围内的果实损失率小,也得到试验证实。

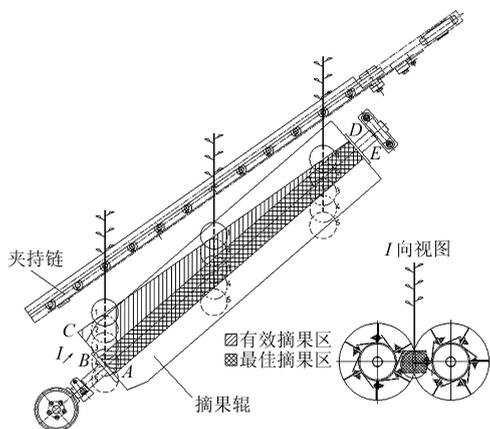


图9 花生植株在摘果段的位置

Fig. 9 Peanut plant position in the course of peanut picking

通过试验和理论分析可知,以清土效果、果实损失为衡量标准,适宜夹持高度范围为150~200 mm。但实际作业过程中,因花生品种、种植制度等因素造成结果存在差异,最佳夹持高度范围会有所调整,所以夹持高度的选定应结合生产实际而定。

通过试验证实,清土段和摘果段的秧蔓适宜夹持高度一致,均为150~200 mm,证明了该两部件设计和整机设计的合理性。

3.5 摘果辊转速和夹持输送速度

在摘果段,摘果破损、摘不净等损失指标与喂秧夹持高度、夹持输送速度、摘果辊转速等参数有关。夹持高度收获试验分析已表明,机器作业的适宜夹持高度为150~200 mm,本试验选定200 mm作为夹持高度,分析夹持输送速度、摘果辊转速两因素对摘果损失的影响(包括摘果破损率和摘不净率)。

本机采用分路传动系统,其中摘果装置动力由发动机直接输出,通过调整发动机转速来调节摘果辊转速,而夹持输送系统传动动力由变速箱输出,通

过调整变速箱挡位调节夹持输送速度。

台架试验中摘果辊转速分别设定为230、310、390 r/min,夹持输送速度分别设定为0.5、1.0、1.5 m/s,检测摘果总损失率(破损和摘不净损失)。试验时考虑交互作用,采用二因素三水平的全试验,其他参数为:土壤含水率9.3%、秧蔓夹持高度200 mm、清土频率224次/min、角振幅24.5°。

试验结果如图10~12所示。在同一夹持速度下,摘果破损率随着摘果辊转速的增加而增大,但摘不净率则呈相反趋势;在同一摘果辊转速下,夹持速度对破损率影响不大,但摘不净率随着夹持速度的增加而增大。摘果辊转速和夹持输送速度决定了花生果系在摘果行程内被有效摘果的次数。理论上转速越大、夹持输送速度越小则花生摘不净率越低,摘果辊转速越大,摘果辊刮板线速度越高,作用于花生果上的摘果力越大,所以破损率增加。两种影响综合起来,摘果段总损失率表现为在高摘果辊转速和低夹持输送速度区域较低。实际选取摘果辊转速和

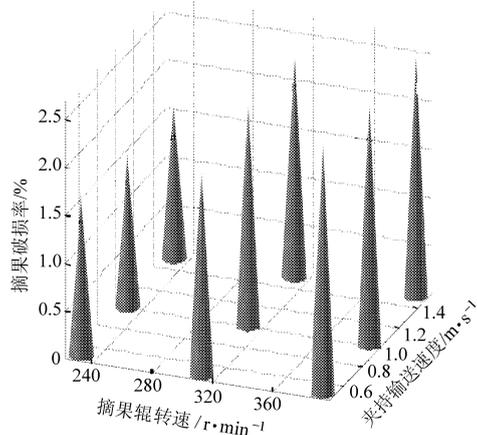


图10 摘果辊转速和夹持输送速度对破损率的影响
Fig. 10 Impact of picking roller speed and clamping chain speed on peanut breakage loss

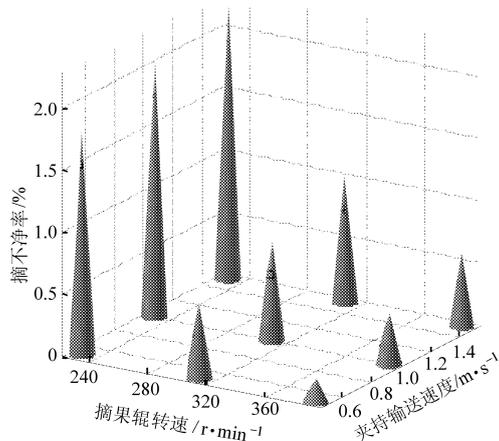


图11 摘果辊转速和夹持输送速度对摘不净率的影响
Fig. 11 Impact of picking roller speed and clamping chain speed on miss-picked peanut loss

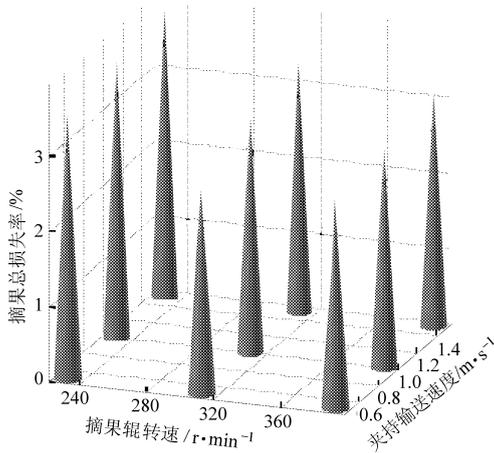


图 12 摘果辊转速和夹持输送速度对总损失率的影响

Fig. 12 Impact of picking roller speed and clamping chain speed on peanut total loss

夹持输送速度时,还要考虑机器生产率的因素,本机传动系统中机器行走速度和夹持输送速度相关联,适宜行走速度为 $0.7 \sim 1.0 \text{ m/s}$ 。

4 结论

(1)本收获机收获沙壤土花生时,适宜土壤含水率为 $8\% \sim 15\%$;在花生生长后期,根系强度随着生长时间延长逐渐减小,而落果损失率成增加趋势,当根茎拉断力小于 5 N 时,落果损失率大于 2% ,测定根茎拉断力是确定花生收获机适收期的有效方法。

(2)理论和试验分析表明,夹持高度为 $150 \sim 200 \text{ mm}$ 时,清土和摘果效果最佳,其中果实损失率小于 6% ,含土率小于 4% 。

(3)夹持高度为 $150 \sim 200 \text{ mm}$ 时,在清土段,低频率、小振幅的作业落果损失小,反之,落果损失大;而高频率、大振幅的清土作业收获果实含土率低,反之,含土率高。

(4)夹持高度为 $150 \sim 200 \text{ mm}$ 时,在高摘果辊转速和低夹持输送速度工况下,摘果段总损失率较低。

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,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 Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(3):148~153. (in Chinese)
- 尚书旗,王建刚,王方艳,等.4H-2型花生收获机的设计原理及运动特性分析[J].农业工程学报,2005,21(1):87~91.
Shang Shuqi, Wang Jianguang, Wang Fangyan, et al. Design principle and analyses of the motion characteristics of 4H-2 type peanut harvester[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(1):87~91. (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,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.