

胡志超 著

半喂入花生联合收获机 关键技术研究



中国农业科学技术出版社

半喂入花生联合收获机 关键技术研究

胡志超 著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

半喂入花生联合收获机关键技术研究 / 胡志超著. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2013.12

ISBN 978-7-5116-1435-3

I. ①半… II. ①胡… III. ①花生-联合收获机-喂
入机构-研究 IV. ①S225.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 271308 号

责任编辑 徐 毅 姚 欢

责任校对 贾晓红

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109702 (发行部) (010) 82106636 (编辑室)
(010) 82109703 (读者服务部)

传 真 (010) 82106631

网 址 <http://www.castp.cn>

发 行 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 880 mm × 1 194 mm 1/16

印 张 12.875

字 数 210 千字

版 次 2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

定 价 80.00 元

— 版权所有 · 侵权必究 —

作者简介



胡志超，男，汉族，1963年2月生，西安市蓝田县人，工学博士，研究员，博士生导师。现任农业部南京农业机械化研究所副所长、国家现代花生产业技术体系岗位科学家兼机械研究室主任、全国农机化教育培训中心主任、农业部收获机械专业科技创新咨询组组长。

长期从事农业技术设备研发工作，主要研究方向为农产品收获与产后加工技术与装备，先后负责和参与完成国家“863计划”、国家“自然科学基金”、“科技攻

关计划”、“科技支撑计划”、“公益性行业科技专项”等国家和省部级重大科研项目 30 余项，主持完成的科研项目近期获中华农业科技一等奖 1 项，省部级科技进步二等奖 5 项，发表论文 160 余篇，其中 SCI 和 EI 收录 30 多篇，获优秀论文奖 20 多篇，获国家专利 50 多项，其中发明专利 30 多项。

先后获“南京市十大科技之星”、江苏省“中青年科技领军人才”、江苏省“六大人才高峰”高层次人才，江苏省“科技创新标兵”、江苏省“优秀科技工作者”、“江苏省有突出贡献中青年专家”、江苏省“五一劳动奖章”、“全国五一劳动奖章”等荣誉称号。

所带领的科研团队 2013 年荣获“中华农业科技奖优秀创新团队”奖，2010 年和 2013 年分别被授予“江苏省工人先锋号”和“全国工人先锋号”荣誉称号。

序 言

农业机械化是农业现代化的重要标志，是实现农业现代化的必由之路。发展农业机械化不仅可以提高劳动生产率，而且可以提高土地产出率和资源利用率。近年来，党和国家高度重视农业机械化发展，连续多年在中央1号文件中对大力发展农业机械化提出了明确要求。

花生是我国最具国际竞争力的优质优势油料作物，多年来，我国花生生产量和种植面积一直分别位居世界第一和第二位，在世界花生产业发展中，发挥着重要的引领和主导作用。但是我国花生生产机械化发展却严重滞后，尤其是用工多、劳动强度大的收获作业目前仍主要靠人工完成，已成为我国花生产业发展的主要瓶颈。随着小麦、水稻和玉米等大宗农作物主要生产环节机械化生产技术的解决，花生机械化收获技术成为农业生产的迫切需求，农民热切盼望早日像小麦、水稻和玉米一样实现机械化收获，降低劳动强度，提高生产效率。

花生收获全过程包括挖掘、清土、摘果、清选、集果、秧蔓处理等诸多工序，机械化联合收获由一台设备完成所有作业工序，效率高、成本低、缩短农时，是当前集成度最高的花生机械化收获技术，其中半喂入花生

联合收获机是我国花生机械化收获的重点研发内容之一，在我国花生主产区已呈现出良好的应用前景和市场需求。

《半喂入花生联合收获机关键技术研究》一书中，作者针对花生联合收获关键技术开展了系统而深入的研究，采用基础研究与产品开发并举、部件优化与整机研发并重、攻克关键与全面提升结合的技术路线，理论分析、台架试验、田间试验、提升优化等方法相结合并贯穿整个研究内容，研究开发出能一次完成花生挖掘、输送、清土、摘果、清选、集果、秧蔓处理等所有收获作业的花生联合收获设备。该书作者胡志超研究员长期奋战在我国农机化科研战线，具有丰富的理论知识和实践经验，近年来尤其在花生等土下果实生产机械化技术领域积淀深厚、贡献突出。相信本书的编纂出版，可有效弥补我国当前花生联合收获技术应用基础研究工作的缺失和不足，为花生联合收获机及类似机具的研发提供理论基础和有效参考，对提升我国花生收获设备创新水平、推动花生联合收获技术进步和应用等将起到积极的作用。

罗锡文

二〇一三年十月

内 容 简 介

花生是我国最具国际竞争力的优质优势油料作物，多年来，我国花生产量和种植面积一直分别位居世界第一位和第二位，在世界花生产业发展中，发挥着重要的引领和主导作用。但我国花生生产机械化发展却严重滞后，尤其在用工多、劳动强度大的收获阶段目前仍主要靠人工完成，已成为产业发展的主要瓶颈。机械化联合收获是由一台设备完成所有作业工序，效率高、成本低、缩短农时，也是我国花生主产区收获机械化的必然发展方向，然而国内花生联合收获技术研究基础薄弱，总体还处于起步阶段，不能满足当前生产实际和市场需求。因此，针对花生联合收获关键技术开展系统而深入研究，研发符合我国国情的花生联合收获装备既是中国花生产业发展的急需，也是提高花生生产机械化水平的关键。

在国家科技支撑计划“半喂入花生联合收获机及分段收获模式下的花生收获机研制与示范”、国家公益性行业科技专项“根茎类作物生产机械化关键技术提升与装备优化研究”、国家现代花生产业技术体系机械化装

备岗位科学家等重点项目资助下，笔者在对发达国家花生等土下果实联合收获工艺技术与设备结构形式消化吸收与系统研析基础上，根据我国花生品种、种植农艺、作业条件、经营规模和模式等生产实际，采用基础研究与产品开发并举，部件优化与整机研发并重，吸纳先进技术和自主创新结合，并强化自主创新，紧扣市场，重点突破、攻克关键、全面提升的技术路线，理论分析、台架试验、田间试验、提升优化等方法相结合并贯穿整个研究内容，研究开发出能一次完成花生挖掘、输送、清土、摘果、清选、集果、秧蔓处理等所有收获作业的花生联合收获设备，以期为研发土下果实联合收获设备提供借鉴和参考。

主要研究内容和结果简要如下。

(1) 结合我国花生的种植农艺和生物学特征，提出花生联合收获设备设计依据和要求，完成整机设计方案。设备采用履带自走式底盘、半喂入摘果原理，一次完成花生挖掘、输送、清土、摘果、清选、集果、秧蔓处理等所有收获作业工序，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，作业组件和底盘呈前视右侧向配置。

(2) 采用挖-拔组合起秧技术，理论分析和田间、台架试验相结合，优化组配分禾、挖掘、扶禾以及夹持输送等部件，确保各工作部件协调作业，实现秧果最佳出土和夹持输送状态，为后续作业工序提供便利条件，尽可能减少阻力、降低损失、提高作业顺畅性。采用扶禾器倾角 80° 、夹持链倾角

35°、扶禾速度比 1.5、夹持速度比 1.2 等设计参数,起秧作业时花生秧蔓与夹持链呈近似垂直夹持状态,夹持链拔取作用力近似垂直向上;在解析花生秧蔓扶禾运动过程的基础上,确定了秧蔓扶禾次数 N_f 和作用于单穴秧蔓最大拔指数的计算方法,优化扶禾器拨指间距为 150mm。优化确定了扶禾器、挖掘铲、夹持链三部件左侧视图方向的合理位置关系参数,起秧作业整齐、有序、顺畅。

(3) 系统分析和比较花生收获清土作业部件的类型和工作原理,系统归纳分析各类型部件特点,确定选用清土部件为横向同向摆拍式结构,并开展结构设计。分析了花生植株在清土段的运动特性,确定拍击次数的计算方法,理论分析与试验验证相结合,确定拍土板进出口端的垂直距离 600mm、拍土板宽度 160mm、拍土板内侧固定 4mm 软橡胶板、拍土板与夹持链距离 300mm 等设计参数。最后对清土频率、拍土板角振幅进行试验优化,清土作业采用高摆拍频率、小角振幅的作业参数较为适宜。

(4) 以降低破损率、摘不净率,提高果荚清洁度为目标,优化设计摘果机构的结构形式、结构参数以及运动参数。优化研究结果为:摘果辊与夹持链采用倾斜配置方式,双摘果辊采用渐紧型夹角配置方式,摘果辊采用 6 个后倾弧形叶片,叶片圆弧半径为 35mm,弧度为 70°。在此设计方案基础上,分别对摘果辊长度、辊筒直径、出口端重叠距离、摘果辊转速以及夹持输送速度 5 个因素进行单因素试验,最后通过响应曲面优化试验方案,确定了破损率和摘不净率的二次多项式回归模

型,并获得各影响因素的最佳参数组合:摘果辊长度 1 200mm (为了设备结构紧凑,通常通过加大摘果辊与夹持输送链的斜配置角,适当缩短摘果辊长度),链辊夹角 7.12° 辊筒直径 152.5mm,辊筒出口端重叠距离 5mm,摘果辊转速 371r/min,夹持输送速度 1.025m/s。摘果辊采用静止护罩并与摘果辊端面呈“动套静”的配置形式设计可有效克服地膜缠绕问题。

(5) 研究分析影响秧蔓抛送作业效果的因素,并针对夹持链、抛秧链的齿顶角、齿顶高进行台架优化试验,选定齿形链的齿顶角和齿高分别为 90° 、10mm。分析夹持链、抛秧链呈夹角配置时,齿形链和秧蔓的运动特性,并确定抛秧链、夹持链运动速度比和夹角分别为 1.2、 15° 。夹持链、抛秧链、压板所构成的三角区结构总体设计思想为:秧蔓从入口端到出口端受压紧状态呈“强→弱→强”的变化趋势。

(6) 在上述关键作业部件优化设计的基础上,有效组配各作业部件,完成整机总体设计和制造,对整机进行田间性能试验,研究收获时间、土壤含水率和坚实度以及机器前进速度、发动机转速、清土角振幅等作业参数对主要作业性能指标的影响。分析判定试验用的花生生育期为 130 天,收获时间应在生育期前 2~3 天为宜;土壤含水率对收获总损失率和含土率均有较大影响,适宜的土壤(沙壤土)含水率为 8%~15%;利用正交试验,优化确定本机田间作业参数组合为:机器前进速度 0.8m/s、发动机输出转速 2100 r/min、清土角振幅 24.5° 、清土频率 315 次/min、夹持输送速度 0.96 m/s、摘果辊转速 365 r/min。

第一章 导 论	1
1.1 研究意义	1
1.2 国内外研究现状	3
1.2.1 国外花生收获机械现状	4
1.2.2 国内花生收获机械现状	12
1.2.3 国内花生收获机械的发展趋势分析	25
1.3 半喂入花生联合收获机主要研究内容	31
第二章 收获工艺流程与总体设计	33
2.1 我国花生种植农艺和生物学特征	33
2.1.1 种植农艺	33
2.1.2 生物学特征	36
2.2 设计要求	38
2.2.1 符合中国目前花生生产的农艺要求	38
2.2.2 符合目前我国的农业经营规模	38
2.2.3 主要性能指标	38
2.2.4 结构紧凑,降低成本	39
2.3 收获工艺流程设计	39
2.3.1 花生联合收获作业模式选定	39
2.3.2 摘果形式比较与选定	40
2.3.3 花生起秧方式	43
2.3.4 其他作业工序与部件	44
2.3.5 整机作业流程和部件组成	44
2.4 总体设计	45
2.4.1 整机布置方案及工作过程	45

2.4.2 行走方式	46
2.4.3 传动方案	50
2.5 本章小结	51
第三章 挖-拔组合式起秧装置研究	54
3.1 分禾装置设计	54
3.2 扶禾装置设计	55
3.2.1 结构设计	55
3.2.2 扶禾链条速度	56
3.2.3 花生秧蔓扶禾过程分析	60
3.3 夹持输送链设计	63
3.3.1 结构设计	63
3.3.2 夹持输送链速度的研究	65
3.4 挖掘铲的设计	66
3.5 扶禾器、挖掘铲、夹持链的配置位置	68
3.5.1 满足的作业要求	68
3.5.2 位置关系的初步确定	71
3.5.3 花生起秧性能验证试验	72
3.6 本章小结	73
第四章 清土装置设计与试验研究	75
4.1 清土装置类型与特点	75
4.1.1 上下摆拍板式	75
4.1.2 横向摆拍板式	76
4.1.3 差速链杆式	77
4.1.4 往复振动筛式	78
4.1.5 升运链式	78
4.2 清土装置类型的选择	78
4.3 花生植株在清土段的运动分析	80
4.3.1 清土装置结构设计	80
4.3.2 拍土板运动解析	81
4.3.3 清土运动过程分析	83

4.3.4 花生果系在清土通道受拍击次数	87
4.4 拍土板主要参数的确定	88
4.4.1 拍土角振幅和清土频率	88
4.4.2 清土通道长度	89
4.4.3 拍土板与夹持链的位置配置	91
4.4.4 拍土板高度	92
4.5 清土装置的参数优化	95
4.6 本章小结	98
第五章 摘果装置设计与试验研究	99
5.1 摘果装置总体结构设计	99
5.2 半喂入花生摘果试验台的设计	101
5.3 摘果辊筒与夹持输送链配置方式	103
5.3.1 平行配置方式	104
5.3.2 倾斜配置方式	105
5.4 摘果过程运动特性分析	107
5.4.1 摘果叶片结构与摘果机理简析	107
5.4.2 摘果过程中花生果系的理想运动轨迹	109
5.4.3 摘果频率	111
5.4.4 摘果强度	112
5.5 摘果装置的优化试验	113
5.5.1 摘果叶片形式	113
5.5.2 摘果辊筒叶片个数	117
5.5.3 双摘果辊筒配置方式	120
5.5.4 摘果叶片结构参数研究	123
5.5.5 摘果作业性能的影响因素分析	126
5.5.6 单因素试验	134
5.5.7 摘果作业性能的响应曲面法优化试验	136
5.5.8 摘果过程防地膜缠绕技术研究	143
5.5.9 摘果装置优化结果	145
5.6 本章小结	146

第六章 秧蔓抛送装置设计与试验研究	148
6.1 秧蔓抛送装置总体结构设计	148
6.2 夹持链、抛送链型号选定	150
6.3 夹持链、抛秧链、压板的三角区设计	152
6.3.1 夹持链、抛秧链夹角	152
6.3.2 压板形状及其与夹持链、抛秧链的距离	153
6.4 本章小结	156
第七章 整机性能试验与作业参数优化	157
7.1 样机制造与特点	157
7.2 主要性能指标	158
7.3 收获时间对作业性能的影响试验	161
7.3.1 试验对象	162
7.3.2 试验设备和仪器	163
7.3.3 试验方法和试验内容	163
7.3.4 试验结果与分析	163
7.4 土壤含水率对作业性能的影响试验	166
7.4.1 试验对象	166
7.4.2 试验设备和仪器	166
7.4.3 试验方法和试验内容	166
7.4.4 试验结果与分析	167
7.5 机器主要参数对作业性能的影响试验与参数优化	169
7.5.1 试验设计与试验结果	170
7.5.2 试验结果分析	172
7.6 示范应用与产业化	175
7.7 本章小结	176
第八章 总结与设想	178
8.1 研究结论	178
8.2 主要创新内容	181
8.3 后续研究工作的设想	182
参考文献	184

1.1 研究意义

花生是我国最具国际竞争力的优质优势油料作物，也是我国重要的出口创汇农产品。据联合国粮农组织数据统计，2010年我国花生种植面积455万 hm^2 ，仅次于印度，位居世界第二位，总产量1570万t，居世界第一位，我国花生生产在世界上具有举足轻重的地位^[1-3]。

机械化是现代农业的重要手段，为农业生产的规模化、集约化、专业化、商品化提供保障。发展花生生产机械化，对于解放农村劳动力，发展农村经济，促进花生产业健康发展具有重要意义。但是，我国农业机械化的发展与农业种植结构的迅速调整远不适应，花生生产机械化严重滞后，尤其是用工量占生产全过程1/3以上，作业成本占生产总成本50%左右的收获作业，目前主要依赖人工完成，劳动强度大，作业成本高（雇工收获，费用高达4500~6000元/ hm^2 ），效率低，损失大，已成为生产发展、产业成长的主要瓶颈^[4-7]。随着主要粮食作物主要生产环节机械化生产技术的解决，花生机械化收获技术成为农业生产的迫切需求，农民热切盼望早日像

小麦、玉米和水稻一样实现机械化收获，降低劳动强度，提高生产效率。优势产区和出口基地对发展花生收获机械化呼声越来越高，客观上反映了农民的迫切需求和市场的现实需求。

为满足上述需求，主产区先后自发研制开发了多种花生收获机械，但绝大部分属于半机械化技术，只能实现挖掘、铺放功能，占这类作物收获工作量 60% 左右的去土、摘果、清选等作业仍需人工完成，而且用于分段收获模式下的收获机存在的壅土阻塞、秧蔓缠绕、损失率高、适应性差等问题还没有彻底解决^[8-14]。我国大陆地区花生机械化收获技术总体上还处于起步阶段或初级阶段，不能满足生产实际需求。发达国家和地区虽然有一些高性能、高质量的相应产品，但不仅价位高，农民难以接受，而且由于栽培品种、种植制度和生产条件的显著差异，在我国适应性也存在很多问题。机械化收获装备市场长期被国外大公司垄断，也不符合我国基本国策^[15-16]。

综上所述，在借鉴先进技术基础上，结合我国基本条件和种植制度，通过自主创新，开展花生机械化收获关键技术研究，研发集成度高、技术先进、适应性强、性能可靠的花生收获技术装备，突破我国花生机械化收获瓶颈问题，对加快花生产业发展、促进农民增收、实现国产优质优势油料作物与发达国家传统油料作物错位竞争、缓解食用油原料大量依赖进口局面等均具有重要意义。