

# 花椒采摘机的设计与试验

万芳新 (甘肃农业大学工学院, 甘肃兰州 730070)

**摘要** 针对目前花椒收获机械化程度低, 损失率高的缺点, 设计了一种机械式花椒采摘机。该机利用拨椒轮高速旋转时产生的梳刷作用和拨椒轮与弧形凹板间相对运动所产生的搓擦作用收获花椒。通过花椒采收试验, 利用正交试验设计, 探讨了不同工艺参数对采收效果的影响。试验数据分析显示, 3个工艺参数对采收率影响大小顺序为为拨椒轮转速、凹板间隙和拨椒轮横杆数。该机的最优工作参数组合为, 拨椒轮转速 250 r/min、凹板间隙 3 mm、拨椒轮横杆数 4 个, 该机具采收率高, 花椒及其枝叶损伤小。

**关键词** 花椒采摘机; 设计; 正交试验; 参数优化

**中图分类号** S225 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)04-01229-02

## Design and Experiment on Pepper Picking Machine

WAN Fang-xin (College of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070)

**Abstract** According to the disadvantages of pepper harvesting at present, such as low level of mechanization and high rate of injury, the mechanical pepper picking machine was designed. The machine use combing action produced by high-speed rotating of picking pepper wheel and rubbing action produced by relative motion between picking pepper wheel and arc concave. Through picking test, using the orthogonal experimental design, the effects of different parameters of pepper picking machine on the harvest effect were studied. The result shows that: the three factors affect significantly the recovery efficiency is speed of picking pepper wheel concave clearance boom number of picking pepper wheel. The best parameter combination is laser power 250 r/min, concave clearance 3 mm, and boom number of picking pepper wheel 4. The machine has the advantages of high recovery efficiency and low damage to pepper and its branch leaves.

**Key words** Pepper picking machine; Design; Orthogonal experiment; Parameter optimization

花椒为我国广泛种植的一种经济作物, 一般种植在山坡、丘陵、地头或岸边, 因树枝生长长、带刺、果实小。在我国, 它作为特色辛香料和中药材, 有着悠久的历史渊源, 全国有 20 多个省区都有花椒栽培的历史。其中, 四川汉源、重庆江津、陕西韩城、凤县、山西芮城、甘肃武都、秦安、贵州、山东莱芜、河北涉县等地区为我国主要花椒集中产区, 其中陕西韩城、山东莱芜和甘肃陇南地区产量为大, 其总产量超全国的 1/2 以上。近年来, 随着农业结构调整, 各地区花椒产业均有较大的发展<sup>[1]</sup>。

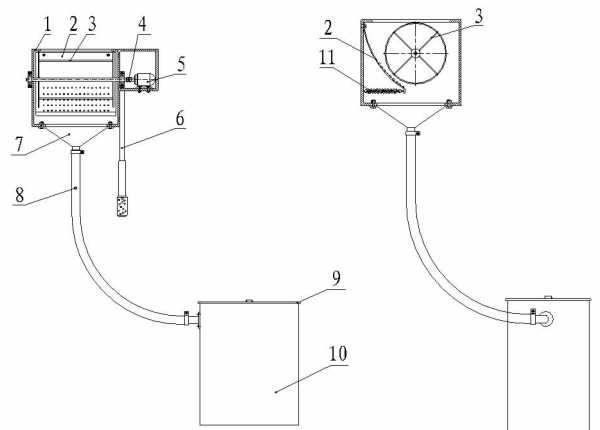
我国花椒种植面积  $175 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 年产花椒  $25 \times 10^4 \sim 45 \times 10^4 \text{ t}$ , 年产值 32 亿元。目前, 种植面积每年正以 20% ~ 30% 的速度增加, 花椒产业已成为特殊区域农民致富的新经济增长点。花椒因树枝伸展长、带刺以及果实小而致使采摘十分困难。同时, 花椒收获的农艺要求很高, 既要不伤叶、不伤芽、不伤枝, 又要适时收获<sup>[2]</sup>, 并且针对目前使用化学药剂喷洒、高枝剪切、机械振动、负压吸收等采收方法都不同程度地存在一些问题, 因此人工采摘仍是当前采收的主要方法<sup>[3]</sup>。目前研制的机械式花椒采摘器, 主要集中在手动采摘机和半自动收获机的采摘头上, 采摘原理基本上采用的是切割办法。此类机械生产率较低、采收率不高, 且对花椒枝叶的损伤较大。因此, 花椒的机械化收获仍是亟待解决的一个技术难题。

## 1 总体结构与工作原理

**1.1 总体结构** 设计的花椒采摘机, 主要由外壳、弧形凹板、拨椒轮、弹性联轴器、电机、伸缩手柄、出料斗、软管、集料

箱、凹板弹簧等组成, 整机结构如图 1 所示。

外壳为组焊件, 顶部中央开有圆锥状进料口。弧形凹板通过螺栓安装在外壳内部, 弧形凹板下部均匀分布有数行凸齿, 弧形凹板末端通过凹板弹簧与外壳连接, 通过调节凹板弹簧的预紧力可以调节拨椒轮与弧形凹板之间的间隙。拨椒轮两端为圆环, 两圆环外缘通过焊接数根横杆相连, 两圆环径向通过数根横杆焊接在拨椒轮转轴上, 拨椒轮转轴通过滚动轴承安装在外壳上。电机通过螺栓安装在外壳上, 电机轴通过弹性联轴器与拨椒轮转轴相连。出料斗为倒锥状, 通过螺栓安装在外壳底部。软管一端通过卡箍与出料斗相连, 另一端通过卡箍与集料箱的入口相连, 集料箱顶部安装有集料箱盖。伸缩手柄焊接在外壳上。



注: 1. 外壳, 2. 弧形凹板, 3. 拨椒轮, 4. 弹性联轴器, 5. 电机, 6. 伸缩手柄, 7. 出料斗, 8. 软管, 9. 集料箱盖, 10. 集料箱, 11. 凹板弹簧。

图 1 花椒采摘机结构示意图

**1.2 工作原理** 该机利用拨椒轮高速旋转时产生的梳刷作用和拨椒轮与弧形凹板间相对运动所产生的搓擦作用收获

花椒。工作时,结满果实的花椒枝干伸入外壳顶部的进料口,进而沿径向进入拨椒轮圆周的空隙,电机将动力通过弹性联轴器传至拨椒轮转轴,带动拨椒轮转动,高速旋转地拨椒轮对伸入其内部的花椒枝干产生强烈的梳刷作用,使花椒果实从枝干上脱落。同时,花椒枝干沿圆周切向被带入拨椒轮与弧形凹板之间的间隙,由于弧形凹板下部有凸齿,在凸齿与转动的拨椒轮之间产生搓擦作用,进一步将未脱落的花椒果实摘下。花椒枝干在拨椒轮离心力的作用下,还会挤压凹板弹簧,使弧形凹板产生微幅振动,从而增强了搓擦作用。通过调节凹板弹簧的预紧力可以调节拨椒轮与弧形凹板之间的间隙,以适应不同颗粒大小花椒果实的采摘。被摘落的花椒果实经由出料斗落入软管,最后进入集料箱,在采集过程中,如果集料箱中落入的花椒枝叶过多,可打开集料箱箱盖进行清理。通过调节伸缩手柄的长度,可以实现不同高度花椒的收获。

## 2 试验研究

**2.1 试验方案** 在花椒采摘机的工作过程中,影响采收效果的因素很多,主要包括结构参数、工作参数以及花椒自身的物理机械特性3类。其中结构参数包括凹板间隙、拨椒轮横杆数、凹板包角等,工作参数主要是拨椒轮转速,花椒自身的物理机械特性包括果实成熟度、含水率、抗拉强度等。对于花椒采摘机而言,花椒自身的物理机械特性基本确定,因此影响因素主要取决于结构参数和工作参数。根据前期单因素试验分析,对采收效果有较为显著地参数为拨椒轮转速、凹板间隙和拨椒轮横杆数,而其他因素的影响基本可以忽略。

试验目的是掌握拨椒轮转速、凹板间隙和拨椒轮横杆数对花椒采摘效果的影响,寻找主控因素,进而优化花椒采摘机的参数。试验指标为采收率(%)。通过前期所进行的大量单因素试验,确定了每个因素的水平变化范围,试验设计的因素水平如表1所示。

表1 因素水平设计

水平	A 拨椒轮转速 r/min	B 凹板间隙 mm	C 拨椒轮横杆数 个
1	150	2	4
2	200	3	5
3	250	4	6

不考虑各因素之间的交互作用,选用 $L_9(3^4)$ 的正交表来安排试验,试验参数条件和试验结果见表2。

**2.2 试验结果** 由表2中极差分析可知, $R = \bar{K}_{\max} - \bar{K}_{\min}$ ,对于采收率,由试验结果分析因素影响大小的主次顺序依次为 $A > B > C$ 。由于采收率是越大越好,因此根据表中数据初步得出较优水平组合为 $A_3B_2C_1$ ,即拨椒轮转速为250 r/min、凹板间隙为3 mm、拨椒轮横杆数为4个。正交表中第4列为空白列,计算其极差为0.333,远小于A、B、C 3个影响因素的极差,可知没有其他因素对试验结果产生明显影响,以上3个因素的交互作用对试验结果的影响也不显著,故可设其为误

差限。为了进一步分析不同因素对试验指标影响的显著性程度,得到最优的因素水平组合,对所得试验数据进行方差

表2 正交试验结果

试验号	1	2	3	4	采收率 %
	A	B	C		
1	1	1	1	1	92.8
2	1	2	2	2	93.2
3	1	3	3	3	94.6
4	2	1	2	3	93.8
5	2	2	3	1	96.7
6	2	3	1	2	96.4
7	3	1	3	2	95.7
8	3	2	1	3	97.9
9	3	3	2	1	96.2
$\bar{k}_1$	93.533	94.100	95.700	95.233	
$\bar{k}_2$	95.633	95.933	94.400	95.100	
$\bar{k}_3$	96.600	95.733	95.667	95.433	
R	1.833	1.833	1.300	0.333	
优方案	A	B	C		

分析,结果可以看出,因素A、B、C对采收率的平均离差平方和分别为7.375、3.035和1.648, $F$ 值分别为 $F_A = 82.272$ , $F_B = 35.911$ , $F_C = 19.00$ ;说明A、B、C对采收率的影响分别达显著水平( $P < 0.05$ )。通过试验的数据分析可知,采收率最好的工艺参数组合是拨椒轮转速为250 r/min、凹板间隙为3 mm、拨椒轮横杆数为4个,与极差分析结果相一致。

**2.3 验证试验** 为了验证正交试验确定的最优工艺参数的合理性,再次进行了重复验证试验。选取正交试验中试验指标较好的几组试验条件做多次重复试验。根据正交试验中的试验数据,选取试验号为表2中的5、6、7、8、9。从表3数据可以看出,采收率最高的工艺参数条件是拨椒轮转速为250 r/min、凹板间隙为3 mm、拨椒轮横杆数为4个,与正交试验分析吻合。

表3 验证试验结果

A 拨椒轮转速 r/min	B 凹板间隙 mm	C 拨椒轮横杆数 个	采收率 %
2	2	3	96.6
2	3	1	96.3
3	1	3	95.8
3	2	1	97.7
3	3	2	96.1

## 3 结论

(1)设计的机械式花椒采摘机,利用拨椒轮高速旋转时产生的梳刷作用和拨椒轮与弧形凹板间相对运动所产生的搓擦作用收获花椒,采收率高,花椒及其枝叶损伤小,利用伸缩手柄,可以满足不同高度花椒的收获。

(2)通过正交试验,得到花椒采摘机最优工作参数组合为拨椒轮转速250 r/min、凹板间隙3 mm、拨椒轮横杆数4个,3个因素对采收率影响大小的顺序依次为拨椒轮转速、凹板间隙和拨椒轮横杆数。

毕业设计选题提前的前提条件,能使毕业生有更多时间投入毕业设计中,符合毕业设计过程所特有的“调研—分析—实践—解决”的专业特点,毕业设计的准备工作也因此提前。确定导师的时间提前,可以使学生一边上课一边利用课余时间进行课题调研和案例分析,准备和积累毕业设计的素材,使学生较早进入角色。

**2.2.3 动态开题,统一汇报。**在课外调研中,学生结合自己毕业设计选题,有针对性地调查研究成功的设计案例,通过网络管理,撰写并提交国内外相关文献综述,制订毕业设计内容及进度安排,毕业设计指导小组可通过网络及时进行动态审查,提出相关意见与建议,安排适当时间由学生统一汇报。

**2.2.4 期中“五一”定期检查。**学生逐一介绍设计构思及成果,教师肯定其方案优点,明确指出设计中存在的不足,并提出修改意见。建议学生突破固有的模式与惯性思维,使方案体现出创新性。在方案特色、实用性等方面,对设计竞赛或工程实践项目进行小结与评价,检查毕业设计的进度、质量和任务完成情况。

**2.2.5 毕业设计“二次答辩”**是高质量毕业设计成果的保障。园林专业设计答辩过程是毕业设计工作的重要环节,直接影响毕业设计质量。采取“二次答辩”方式,能保证毕业设计成果评价的客观、科学合理。第1次答辩按指导教师小组组织进行,参加答辩的小组学生思路清晰、重点突出地介绍毕业设计选题价值,方案概况、现状分析、设计思路、理念及方案可行性、创新性。答辩小组成员当场点评,以加深学生对专业知识的理解<sup>[3]</sup>,进一步完善毕业设计。针对各小组所推荐的优秀与及格或不及格学生进行第2次专业性答辩,再加上从小组其他学生中随机抽取的若干名学生,组织专业性集体答辩。

园林专业毕业设计答辩的重点是考察学生调查与分析客观问题,提高解决问题的能力。园林毕业设计答辩的评分原则应体现在实用性和创新性及解决工程实践问题方面,方案设计内容具有可实施性。创新性最能体现园林设计方案价值,只有设计出新颖的设计作品才能被评为优秀的毕业设计<sup>[4]</sup>。

### 3 创建团队化的毕业设计平台——以大学生园林毕业设计竞赛为引领

以大学生园林毕业设计竞赛为引领,搭建一个师生之间相互沟通团队化的毕业设计平台,从而训练学生的实践能力和创新意识,兼顾设计竞赛与工程实践内涵。

**3.1 组织“校园杯”大学生园林毕业设计竞赛** 大学生园林毕业设计竞赛的主题涉及的热门领域不断扩大,规划设计要

求也不断提高,已不是过去注重艺术美感的阶段,已提高到满足可持续性发展的高度,延伸到生态、环境、人文等诸多领域。大学生园林毕业设计竞赛的题目只确定大方向,参赛学生必须在理解内涵的前提下选择典型的实际场地,构思方案并寻找可行性的技术解决措施。竞赛本身体现出了更强的思想概念性和理论研究性创新性。

通过竞赛激励学生的竞争意识,培养了学生的创新素质和综合实践能力。只有良好的团队合作才能较好地完成竞赛,在方案分析、讨论、协调中吸取队友的思想,找到项目实践问题所在,形成清晰的设计解决思路。

### 3.2 园林毕业设计竞赛价值

**3.2.1 构建活跃的竞赛指导小组。**根据现有的导师队伍组建“二人导师组”,打破早期固化的指导小组形式,以差异化组合带动活跃的竞赛氛围。学生在多位导师的思想碰撞中发散自己的思维,激发设计的灵感,使毕业设计成果展现出更鲜明的前瞻性和创新性。

**3.2.2 借鉴毕业设计竞赛的主题。**由参与指导毕业设计“2人导师组”的教师研讨,根据相关设计竞赛需求确定3~4个有实践价值和预期内容作为本届毕业设计的主题。由2位导师所带学生混合搭配确定3~4名学生为1个毕业设计竞赛小组,围绕所选毕业设计竞赛主题的内涵确定毕业设计题目,以充分调动学生的兴趣,学生必须理解毕业设计竞赛主题内涵后,再查阅大量资料,对选题进行论证<sup>[5]</sup>。

**3.2.3 突出毕业设计竞赛作品的创新性与实用性。**园林毕业设计竞赛作品以实际工程项目为参赛内容,极其重视设计的过程思考,强调解决工程实践问题,坚持概论与理论的创新,使毕业设计成果体现新方法与新思维,兼顾实用性与创新性。

### 4 结语

毕业设计是实现园林专业本科培养目标的最后环节,是培养学生创新与实践能力的重要载体,是对学生专业素养考核的有效举措。在毕业设计中如何制订科学的教学改革措施来体现毕业设计的创新性与实用性,将是一个不断深入探讨的过程。

### 参考文献

- [1] 金敏丽,钱奇霞.风景园林专业毕业设计教学改革研究[J].长江大学学报:自然科学版,2011,8(6):267-270.
- [2] 孙陶泽,母洪娜.风景园林专业毕业设计选题存在问题及对策[J].长江大学学报:自然科学版,2012,9(2):49-54.
- [3] 屠苏莉,吴芸,钱达.园林专业毕业设计教学改革探索[J].高等建筑教育,2007,16(2):113-116.
- [4] 路毅,董艳桐,姜财起.对高职园林专业规划设计方向毕业设计答辩的探讨[J].成人教育,2009(4):77-78.
- [5] 刘乐嘉,张合平,姚世磊.从大学生风景园林设计竞赛谈独立学院园林专业毕业设计的改革[J].当代教育论坛,2010(12):122-124.

(上接第1230页)

### 参考文献

- [1] 史劲松,顾龚平,吴素玲,等.花椒资源与开发利用现状调查[J].中国野生植物资源,2003,22(5):6-8.
- [2] 崔俊,李孟楼.花椒开发利用研究进展[J].林业科技开发,2008,22(2):

9-14.

- [3] 叶全民,左月明.顶生小果实采集机的设计[J].山西农业大学学报,1994,14(3):282-286.
- [4] 陈魁.试验设计与分析[M].北京:清华大学出版社,1996:399.