

手推式杭白菊梳齿摘花机结构与试验

姬长英 王春香 顾宝兴 张 纯

(南京农业大学工学院, 南京 210031)

摘要: 针对杭白菊采摘耗费人力、采摘效率低、尚未实现机械化等问题,设计了一种杭白菊梳齿摘花机。该摘花机主要由采花梳齿、带安装孔链条、链轮、传动轴、分花齿、刷子、箱体、机架、车轮、步进电动机及控制部分等组成。采花梳齿间隙大于花蕾直径小于胎菊直径,利用冲击力将花朵强行摘下。试验表明,杭白菊梳齿摘花机能够可靠实现杭白菊花朵的采摘。在花朵含水率为82.5%,杭白菊梳齿摘花机采花梳齿间隙为7.5~9.0 mm时,梳齿摘花机采摘效果较佳,花朵落地率为0~4.06%,花朵破碎率为0~1.00%,花朵摘除率为92.43%~98.11%。正交试验表明,当采花梳齿间隙为8.5 mm、分花齿间隙为17 mm、喂入深度为200 mm、主动轴转速为60 r/min时,梳齿摘花机工作状况较佳,此时,花朵摘除率为97.61%,花朵落地率为0.65%,花朵破碎率为0.03%。

关键词: 杭白菊; 梳齿摘花机; 手推式; 设计; 试验

中图分类号: S225.99 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2016)07-0143-08

Structure Design and Experiment of Hand-push *Chrysanthemum morifolium* Comb-teeth Picking Machine

Ji Changying Wang Chunxiang Gu Baoxing Zhang Chun

(College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China)

Abstract: In order to solve the human cost, low efficiency, non-mechanization and other issues of picking, a *Chrysanthemum morifolium* comb-teeth picking machine was designed. The picking machine was mainly composed of comb-teeth, two chains with installation holes, four sprockets, a driven shaft, separating teeth, a box, a machine frame, four wheels, a stepping motor and control part. The gap between comb-teeth was larger than the diameter of bud and less than the diameter of tire chrysanthemum. The flowers were forced to take off by the impact. The test showed that *Chrysanthemum morifolium* comb-teeth picking machine can take off the *Chrysanthemum morifolium* flower reliably. The test was done when the flower moisture content was 82.5%. The single test of comb-teeth gap selected five levels (7.0 mm, 7.5 mm, 8.0 mm, 8.5 mm, 9.0 mm). The *Chrysanthemum morifolium* comb-teeth picking machine worked well at the gap of 7.5~9.0 mm. The drop rate was 0~4.06%, the broken rate was 0~1.00% and the removal rate was 92.43%~98.11%. The orthogonal tests showed the best combination of comb-teeth gap, separating teeth gap, feeding depth and rotational speed. Four levels were selected such as 7.5 mm, 8.0 mm, 8.5 mm and 9.0 mm for comb-teeth gap. Separating teeth gap included four levels such as 13 mm, 15 mm, 17 mm and 19 mm. Four levels (125 mm, 150 mm, 175 mm, 200 mm) were chosen for feeding depth. Rotational speed selected four levels such as 30 r/min, 40 r/min, 50 r/min and 60 r/min. The test showed that when the comb-teeth gap was 8.5 mm, the separating teeth was 17 mm, the feeding depth was 200 mm and the rotational speed was 60 r/min, *Chrysanthemum morifolium* comb-teeth picking machine would work better. The removal rate was 97.61%, the drop rate was 0.65% and the broken rate was 0.03% at this time.

Key words: *Chrysanthemum morifolium*; comb-teeth picking machine; hand-push; design; experiment

引言

杭白菊种植模式分为条栽和丛栽,花朵分期采摘,朵菊向阳生长,胎菊和花蕾多位于花丛内部,呈自上而下的立体式排列^[1]。杭白菊压条生长,植株高低不一,行列难分,导致采摘条件复杂,目前尚未实现机械采摘,全部是人工采摘,机械效率低,劳动强度大。杭白菊的采摘工作在整个生产工作中人力耗费最大,最难实现机械化^[2]。人工采摘成本占总成本的 25% ~ 33%^[3]。由此,杭白菊采收急需实现机械化。

近几年,很多厂家及科研机构对菊花类花朵的机械化采摘开始了研究。翟大鹏^[4]发明了一种手提式菊花采摘器,是一种无动力的菊花采收机械,但其摘下的花朵有茎秆残留问题。马红勇等^[5]发明了一种菊花类采摘器,为生长形态各异的花朵类机械采摘提供了重要参考,但由于采用手拉式,且未进行深入研究,尚未得到广泛应用。万寿菊机械采摘项目攻关小组研究出了万寿菊采摘机,可以实现花朵差异采摘,但对植株损伤大,且拖拉机在花田灵活性差^[6]。苏秀荣^[7]发明了自动金银花采花机,通过两滚筒反向旋转卷入花朵,适于细长花朵的采摘。以上研究成果由于研究深度不够、对植株损伤大、残留杂质等原因,并未实际投入生产。

基于上述问题,本文设计一种专门针对杭白菊采摘的手推式杭白菊采花机,采用梳花方式实现差异性采摘,利用冲击力将花朵摘下,采摘梳齿可拆卸更换不同间隙梳齿,采摘箱体可上下调节,以实现不同生长阶段及不同种植模式下的花朵采摘。

1 结构与工作原理

1.1 采花器结构

手推式杭白菊梳齿采花机主要部件是梳齿采花器,由采花梳齿、梳齿安装座、带安装孔链条、链轮、主动轴、从动轴、刷子、分花齿、分花齿安装座、箱体、收集箱等组成。采花梳齿共 13 排,通过螺栓与梳齿安装座相连,梳齿安装座两端分别通过螺栓安装在两条带安装孔的链条上,分花齿通过螺栓与分花齿安装座相连,主动轴与从动轴所在平面与水平夹角为 45°。刷子通过螺栓安装在从动轴一侧箱体上,分花齿通过螺栓安装在箱体底板上,其结构如图 1 所示。

1.2 工作原理

手推式杭白菊摘花机采花梳齿之间的间隙应大于杭白菊枝条直径,小于杭白菊花朵花托直径。工作时,梳齿摘花机前进的同时带动主动轴(如图 1b

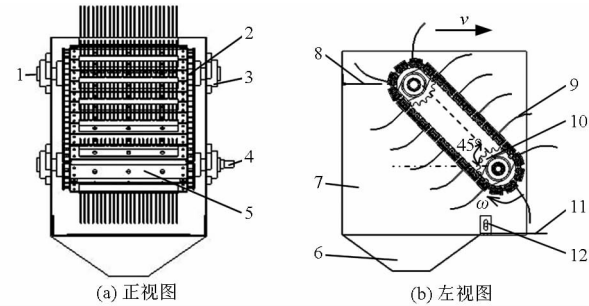


图 1 杭白菊梳齿摘花机采花器结构示意图

Fig. 1 Structural figure of *Chrysanthemum morifolium* comb-teeth picking machine

1. 从动轴 2. 链条 3. 轴承座 4. 主动轴 5. 梳齿安装座
6. 收集箱 7. 箱体 8. 刷子 9. 采花梳齿 10. 链轮 11. 分花齿 12. 分花齿安装座

方向)转动,采花梳齿自上而下收拢花朵,分花齿将待采花朵分解成行并固定花枝,采花梳齿自下而上对花朵进行梳摘。当碰触花托并将枝条拉直后,利用冲击力将花朵强行摘下。

为验证梳齿摘花方式对杭白菊花朵的可行性,对抗白菊植株的力学参数进行测量。分别对花托、花柄、小枝(花柄与花轴之间,下同)、花轴、大枝(花轴与根茬之间,下同)、根茬间的拉断力进行测量。分别选取 20 个样本测量各部位的拉断力,结果如表 1 所示。

表 1 杭白菊植株力学参数

Tab. 1 Mechanical parameters of *Chrysanthemum morifolium* plant

拉断部位	花托	花柄	小枝	花轴	大枝	根茬
拉断力/N	-	3.5	79.9	113.6	257.2	-

注:横线处为不存在或超出范围;表中力的方向一致。

由表 1 可知,花柄拉断力明显小于其他部位拉断力,拉断力呈现由上到下递增趋势。因此,在摘花机摘花时不会出现其他部位被拉断或连根拔起的现象,表明该摘花方式可行。

2 关键机构参数设计

2.1 采花梳齿间隙

采花梳齿采摘花朵时,杭白菊枝条喂入分花齿,分花齿端面以上花枝被采花梳齿卷入梳齿之间。采花梳齿间隙过大,花朵容易漏摘;间隙太小会造成枝条缠绕、误摘、堵塞、阻力过大等。摘花时花朵在两梳齿间的受力状况如图 2 所示。

花朵被摘下需满足

$$2F_y \geq T \tag{1}$$

式中 F_y ——梳齿对花朵的冲击力 F 的垂直方向分力,N

T ——花柄对花朵的拉力,N

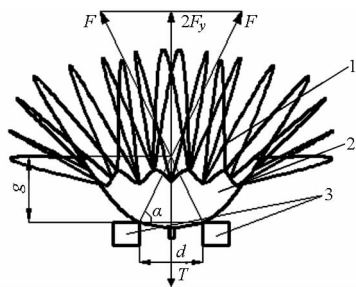


图 2 花朵受力示意图

Fig. 2 Forces on flowers

1. 花瓣 2. 花托 3. 梳齿

$$F_y = F \sin \alpha = F \frac{g}{\sqrt{g^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2}} \quad (2)$$

式中 F ——梳齿对花朵的冲击力, N
 α —— F 与水平方向夹角, ($^\circ$)
 d ——两梳齿之间距离, mm
 g ——花朵重心到梳齿上端面的距离, mm

由式(1)、(2)得

$$F \geq \frac{T \sqrt{g^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2}}{2g} \quad (3)$$

由式(3)可知, F 与 d 同趋向变化, 梳齿间隙 d 变大, 会使梳下花朵的最小冲击力变大, 增大花朵破坏的可能, 同时容易造成漏摘, 但过小易造成阻塞、缠绕、误摘等, 为此对杭白菊植株(材料为早小洋菊)的直径进行测量。随机选取 20 株杭白菊盛花期植株进行测量, 重复 3 次, 试验结果如表 2 所示。

表 2 杭白菊植株直径测量结果

Tab. 2 Measurement result of diameter of

Chrysanthemum morifolium plant mm

部位	范围	平均值	标准差
花蕾	7.16 ~ 8.82	7.996	0.517
胎菊	9.10 ~ 10.66	9.978	0.543
朵菊	27.68 ~ 37.52	32.974	3.269
花托	17.90 ~ 23.02	20.568	1.556
花柄	0.64 ~ 1.06	0.820	0.114
小枝	1.12 ~ 2.84	1.696	0.470
花轴	1.22 ~ 2.26	1.634	0.315
大枝	2.26 ~ 3.04	2.650	0.277
根茬	3.01 ~ 4.57	3.736	0.453

为防止采花梳齿摘花时梳齿间发生堵塞, 梳齿间隙 d 应当大于杭白菊枝条最大直径; 为防止采花梳齿摘花时发生漏摘, 梳齿间隙 d 应当小于胎菊最小直径; 为防止采花梳齿摘花时发生误摘, 梳齿间隙 d 应当大于花蕾最大直径。 d 的理论范围为 $8.82 \text{ mm} \leq d \leq 9.1 \text{ mm}$, 花朵在采摘时会发生挤压变形, 采花梳齿最佳采摘间隙需要通过试验确定。

2.2 采花梳齿排数及链轮齿数

经初步试验, 采花机田间工作的前进速度 $v = 0.4 \text{ m/s}$, 主动轴转速为 $n \text{ (r/min)}$, 主动链轮齿数为 z , 每 m 个链节安装一排采花梳齿, 采花时间间隔与主动轴转速、链节间隔、主动链轮齿数的关系为

$$t = \frac{60m}{nz} \quad (4)$$

式中 t ——采花时间间隔, s

主动轴转速、主动链轮齿数与采摘时间间隔成反比; 安装链节间隔与采摘时间间隔成正比。即主动轴转速越大、主动链轮齿数越多、安装链节间隔越小, 则采摘时间间隔越小。采花梳齿不宜过密, 即梳齿安装链节间隔不宜过小。过小易造成缠绕、碎花增多; 过大易造成漏摘^[8]。设计时取 $m = 4$, 即每 4 个链节安装一排采花梳齿。链轮最少齿数 $z_{\min} = 9$, 一般 $z \geq 17$, 考虑采花器结构尺寸及运动稳定性, 取 $z = 18$ ^[9]。

2.3 链节数及机构布置方式

传动比 $i \leq 6$, 为减小机构尺寸, 保证链传动工作性能, 取 $i = 1$, 从动链轮齿数 $z_1 = 18$ 。根据实际工作状态选取链条型号为 12A 型, 节距 $P = 19.05 \text{ mm}$ 。为减小机构尺寸, 取中心距 $a = 17P = 323.85 \text{ mm}$ 。

$$L_p = 2 \frac{a}{P} + \frac{z + z_1}{2} + \left(\frac{z_1 - z}{2\pi} \right)^2 \frac{P}{a} = 52 \quad (5)$$

式中 L_p ——链节数

杭白菊枝条呈藤蔓型, 分花齿对枝条有夹持固定作用, 但部分枝条仍会跟随梳齿一起运动。因此, 采花梳齿垂直位移越大, 花朵被摘下的概率越大。在尺寸一定时, 主动链轮与从动链轮中心线位于铅垂方向时垂直位移最大。但是链传动要避免铅垂位置, 且当两链轮中心线与水平线夹角大于 60° 时, 需要增设张紧装置。考虑简化结构, 减小采花器水平、垂直尺寸, 主动链轮与从动链轮中心线所在平面与水平方向呈 45° , 其布置如图 1b 所示。

2.4 采花梳齿外径

采花梳齿分为采花工作梳齿和传输工作梳齿。主动链轮圆周上的梳齿主要完成采花工作, 为采花工作梳齿; 其他梳齿主要完成传输工作, 为传输工作梳齿。采花工作梳齿的运动为绕主动轴的旋转与前行运动的合成^[10-11]。完成采花工作的采花工作梳齿沿切线方向继续做直线运动。采花工作梳齿并没有布满整个链轮圆周, 而是分布在与水平线呈 45° 角直径的右下方半圆。采花工作梳齿布满整个链轮圆周时, 采花工作梳齿上任意一点的运动轨迹如图 3 所示。实际采花工作梳齿完成采花工作时运动轨迹从点 A 顺时针方向到点 B。

试验材料为自然生长状态下的杭白菊植株,花朵含水率为 82.5%,杭白菊花茎被手动分解成条状。

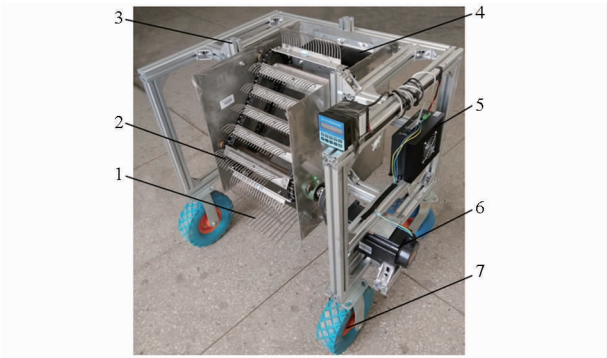


图 7 梳齿摘花机试验台架

Fig. 7 Experimental device of comb-teeth picking machine
1. 分花齿 2. 采花梳齿 3. 机架 4. 刷子 5. 步进电动机驱动器 6. 步进电动机 7. 车轮

3.2 试验方法

手动水平匀速推动采花机前进,将杭白菊植株送入分花齿,水平移动速度为 0.4 m/s。鉴于采花梳齿间隙是影响梳齿摘花机采摘效果的主要因素,在采花梳齿圆弧段半径为 80 mm,圆心角为 140°,分花齿间隙为 15 mm,喂入深度(喂入时杭白菊枝条最高点与分花齿上端面的距离) 15 cm,转速 30 r/mim (1 < λ < 2) 时,对采花梳齿间隙进行单因素试验。预试验表明,采花梳齿间隙大于等于 10 mm 时,杭白菊花朵摘除率小于 50%,漏摘现象较严重;采花梳齿间隙小于 7 mm 时误摘率较高。因此,采花梳齿间隙取 7.0、7.5、8.0、8.5、9.0 mm 5 个水平。

梳齿摘花机作业时,分花齿间隙、喂入深度及主动轴转速对采摘效果影响显著。为深入研究各因素对梳齿摘花机采摘效果的影响,进行了梳齿间隙、分花板间隙、喂入深度、主动轴转速的四因素四水平正交试验,因素水平如表 3 所示。梳齿间隙较小时,花朵摘除率较低,且误摘概率大,但梳齿间隙较大时,漏摘概率增大。因此,梳齿间隙取 7.5、8.0、8.5、9.0 mm 4 个水平。分花齿间隙过小梳齿摘花机前进时阻力会增大且不易花朵喂入,但分花齿间隙过大,掉落到分花齿端面上的花朵会掉进花田,因此,分花齿间隙应大于采花梳齿间隙小于花托直径,试验时取 13、15、17、19 mm 4 个水平。经测量同一品种、同一水平区域,花朵高度极差均值为 150 mm,为保证采摘效果,喂入深度取 125、150、175、200 mm 4 个水平。为保证采花梳齿具有向后收拢花枝、向后抛送摘下花朵的效果,主动轴转速必须满足 λ > 1 (此时 n = 24 r/min),但主动转速越大对花朵冲击力也越大,因此,主动轴转速取 30、40、50、60 r/min

表 3 正交试验因素水平

Tab. 3 Factors and levels of orthogonal experiment				
水平	因素			
	梳齿间隙/ mm	分花齿间隙/ mm	喂入深度/ mm	转速/ (r·min ⁻¹)
1	7.5	13	125	30
2	8.0	15	150	40
3	8.5	17	175	50
4	9.0	19	200	60

4 个水平。

3.3 试验指标

选取花朵摘除率、花朵掉落率、花朵破碎率 3 个试验指标。

花朵摘除率

$$S_c = \frac{W_c}{W_z} \times 100\%$$
 (20)

花朵落地率

$$S_L = \frac{W_L}{W_z} \times 100\%$$
 (21)

花朵破碎率^[16]

$$S_p = \frac{W_p}{W_z} \times 100\%$$
 (20)

式中 W_c——摘下的朵菊和胎菊的质量之和,g
W_L——落地朵菊和胎菊的质量之和,g
W_p——有明显破损的朵菊和胎菊及掉落花瓣的质量之和,g
W_z——试验前枝条上朵菊和胎菊的质量之和,g

3.4 试验结果

田间试验与采摘效果如图 8 所示。



图 8 田间采摘试验

Fig. 8 Field picking test

3.4.1 采花梳齿间隙对梳齿摘花机性能的影响

试验用采花梳齿圆弧段半径为 80 mm,圆心角为 140°,分花齿间隙为 15 mm,喂入深度为 150 mm,主动轴转速为 30 r/mim,分别对 5 个水平采花梳齿间隙依次试验,试验结果如图 9 所示。在 7.0 ~ 8.0 mm 梳齿间隙范围内,花朵落地率随梳齿间隙的增大逐渐增加;在 8.0 ~ 8.5 mm 梳齿间隙范围内,

花朵落地率逐渐降低为零;在梳齿间隙大于 8.5 mm 时,花朵落地率急剧增加。7.0 ~ 8.5 mm 梳齿间隙范围内,花朵破碎率逐渐降低;梳齿间隙大于 8.5 mm 时,花朵破碎率较快增加。7.0 ~ 8.5 mm 梳齿间隙内,花朵落地率为 0 ~ 2.44%,花朵破碎率为 0 ~ 0.51%。

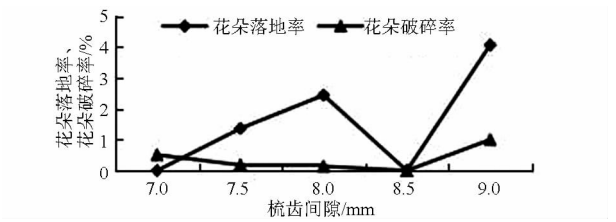


图 9 梳齿间隙对花朵落地率和花朵破碎率的影响

Fig.9 Impact of comb-teeth gap on drop rate and broken rate of flowers

花朵摘除率和梳齿间隙之间的关系如图 10 所示。在梳齿间隙小于 7.5 mm 时花朵摘除率随梳齿间隙的增大从 77.48% 急剧增加至 98.11%。在梳齿间隙大于 7.5 mm 时,花朵摘除率在 95% 附近波动。在梳齿间隙较小时,由于枝条缠绕、花蕾阻挡等作用,喂入采花梳齿的枝条减少,导致花朵摘除率降低;梳齿间隙较大,达到朵菊摘落的临界梳齿间隙,摘下的朵菊容易夹在梳齿之间造成花朵落地率、花朵破碎率增加。

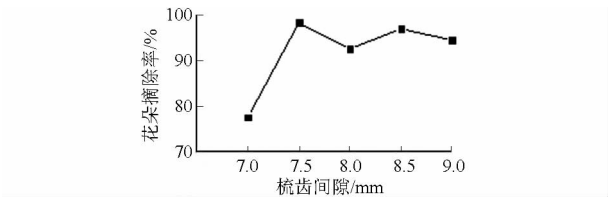


图 10 梳齿间隙对花朵摘除率的影响

Fig.10 Impact of comb-teeth gap on removal rate of flowers

为保证好的工作效果,梳齿间隙选用 7.5 ~ 9.0 mm,花朵落地率范围为 0 ~ 4.06%,花朵破碎率范围 0 ~ 1.00%,花朵摘除率范围为 92.43% ~ 98.11%。

3.4.2 正交试验

正交试验方案与结果如表 4 所示,A、B、C、D 为因素编码值。为准确分析试验因素对试验结果的影响程度,对试验结果进行极差和方差分析,分析结果如表 5、6 所示。

由表 6 方差分析可知,梳齿间隙对花朵落地率有显著影响,对破碎率有一定影响,梳齿间隙大于 8.5 mm 时,花朵落地率和花朵破碎率快速增长。分花齿间隙对花朵落地率有显著影响,对摘除率有一定影响。分花齿有固定夹持花枝、接收梳落花朵的作用,分花齿间隙大小直接影响花朵摘除率和落地

表 4 正交试验方案与结果

Tab.4 Results of orthogonal experiment								
试验号	A	B	C	D	空列	花朵摘除率/%	花朵落地率/%	花朵破碎率/%
1	1	1	1	1	1	89.06	7.68	0.34
2	1	2	2	2	2	82.79	9.00	0.23
3	1	3	3	3	3	93.77	7.48	0.54
4	1	4	4	4	4	93.01	3.67	0.29
5	2	1	2	3	4	90.77	11.53	0
6	2	2	1	4	3	88.20	8.13	0.48
7	2	3	4	1	2	90.72	2.51	0.31
8	2	4	3	2	1	96.62	0	0.23
9	3	1	3	4	2	86.15	1.16	0
10	3	2	4	3	1	94.98	1.21	0
11	3	3	1	2	4	93.62	0	0
12	3	4	2	1	3	98.54	1.61	0.11
13	4	1	4	2	3	93.49	8.59	2.39
14	4	2	3	1	4	85.64	14.39	0.55
15	4	3	2	4	1	93.43	0	0.15
16	4	4	1	3	2	93.55	5.94	1.03

表 5 极差分析结果

Tab.5 Results of range analysis					
试验指标		A	B	C	D
花朵摘除率	k_1	89.66	89.87	91.11	90.99
	k_2	91.58	87.90	91.38	91.63
	k_3	93.32	92.89	90.55	93.27
	k_4	91.53	95.43	93.05	90.20
	极差 R	3.66	7.53	2.50	3.07
	较优组合	$A_3B_4C_4D_3$			
花朵落地率	k_1	6.96	7.24	5.44	6.55
	k_2	5.54	8.18	5.54	4.40
	k_3	1.00	2.50	5.76	6.54
	k_4	7.23	2.81	4.00	3.24
	极差 R	6.23	5.68	1.76	3.31
	较优组合	$A_3B_3C_4D_4$			
花朵破碎率	k_1	0.35	0.68	0.46	0.33
	k_2	0.26	0.32	0.12	0.71
	k_3	0.03	0.25	0.33	0.39
	k_4	1.03	0.42	0.75	0.23
	极差 R	1.00	0.43	0.63	0.48
	较优组合	$A_3B_3C_2D_4$			

率的大小。

花朵摘除率较优组合为 $A_3B_4C_4D_3$,花朵落地率较优组合为 $A_3B_3C_4D_4$,花朵破碎率较优组合为 $A_3B_3C_2D_4$ 。采花梳齿间隙为 8.5 mm 时,3 种指标均达到最佳。分花齿间隙对花朵落地率有显著影响。喂入深度和主动轴转速对 3 种指标无显著影响,由于梳齿摘花机工作时,花朵落地损失较破碎损失严重,应先考虑花朵落地率,此时,喂入深度为 200 mm,主动轴转速为 60 r/min。综上,梳齿摘花机

表 6 方差分析结果
Tab.6 Result of variance analysis

指标	方差来源	平方和	自由度	均方	F	显著性
花朵摘除率	A	30.47	3	10.16	0.80	
	B	135.63	3	45.21	3.58	o
	C	17.54	3	5.85	0.46	
	D	24.05	3	8.02	0.63	
	误差	75.85	6	12.64		
	总和	283.54	18			
花朵落地率	A	99.89	3	33.30	4.99	*
	B	104.17	3	34.72	5.21	*
	C	8.12	3	2.71	0.41	
	D	32.40	3	10.80	1.62	
	误差	40.04	6	6.67		
	总和	286.62	18			
花朵破碎率	A	2.22	3	0.74	3.36	o
	B	0.43	3	0.14	0.65	
	C	0.80	3	0.27	1.21	
	D	0.48	3	0.16	0.73	
	误差	1.30	6	0.22		
	总和	5.23	18			

注： $F_{0.01}(3,6)=9.78$ ， $F_{0.05}(3,6)=4.76$ ， $F_{0.10}(3,6)=3.29$ 。
 $F_{0.05}(3,6)<F_{\alpha}(3,6)<F_{0.01}(3,6)$ 为影响显著，用*表示； $F_{0.10}(3,6)<F_{\alpha}(3,6)<F_{0.05}(3,6)$ 为有影响，用o表示。

工作较优组合为 $A_3B_3C_4D_4$ ，此时，采花梳齿间隙为 8.5 mm，分花齿间隙为 17 mm，喂入深度为 200 mm，转速为 60 r/min，梳齿摘花机工作效果最好，通过试验得出此时花朵摘除率为 97.61%，花朵落地率为 0.65%，花朵破碎率为 0.03%。

参 考 文 献

1 王金炎. 杭白菊的加工与贮藏保管[J]. 现代应用药学,1990,7(3):22-24.

2 李传友,王晓平,徐振兴,等. 京郊玉米种植农机农艺融合问题探究[J]. 中国农机化学报,2014,35(1):40-45,61.
LI Chuanyou, WANG Xiaoping, XU Zhenxing, et al. Exploration of corn planting with agricultural machinery and agronomic fusion problem of in Beijing suburb [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2014,35(1):40-45,61. (in Chinese)

3 JIMENEZ A R, JAIN A K, CERES R, et al. Automatic fruit recognition: a survey and new results using Range/Attenuation images[J]. Pattern Recognition, 1999,32(10):1719-1736.

4 翟大鹏. 手提式菊花采摘器:中国,200820117042.3[P]. 2009-04-08.

5 马红勇,唐国平,王维维. 一种采花器:中国,200920111667.3[P]. 2010-06-09.

6 牛国玲,姜永成,李鏢鏢,等. 万寿菊机械式采摘现状分析[J]. 机械工程师,2014(5):32-34.

7 苏秀荣. 自动金银花采花机:中国,201320050683.2[P]. 2013-09-11.

8 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:31-32.

9 濮良贵,纪名刚. 机械设计[M]. 8版. 北京:高等教育出版社,2006:177-178.

10 袁建宁,李显旺,张晓文,等. 梳脱式收获机设计理论的研究[J]. 农业机械学报,1998,29(2):37-43.
YUAN Jianning, LI Xianwang, ZHANG Xiaowen, et al. Researchs of the theory for striping harvester design[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1998,29(2):37-43. (in Chinese)

11 吕有界,赵海华,王玉兴. 摘穗式收割机摘脱过程的理论分析与试验研究[J]. 农机化研究,2004,26(5):197-200.
LV Youjie, ZHAO Huahai, WANG Yuxing. Theoretical analyses of and experimental study on stripping process of stripper harvester[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2004,26(5):197-200. (in Chinese)

12 镇江农业机械学院. 农业机械学[M]. 北京:中国农业机械出版社,1981:43-48.

13 罗特军,魏泳涛. 理论力学[M]. 2版. 成都:四川大学出版社,2007:261-286.

受采摘季节影响,本文仅对梳齿间隙、旋转速度等进行研究。由于农艺问题,自行设计采摘机无法平稳下地行走,研究采用相对运动原理,将花枝喂入采花机。需要结合农艺、规范农艺,开展前进速度与主动轴转速相互作用的研究。

4 结 论

(1)设计了一种手推式杭白菊梳齿摘花机。摘花机采花器、分花齿高度以及采花梳齿、分花齿间隙可按需调节,满足不同高度、不同大小花朵的采摘。摘花机采花梳齿间隙大于花蕾直径、小于胎菊直径,利用冲击力将花朵强行摘下。试验表明,杭白菊梳齿摘花机能够可靠实现杭白菊花朵采摘工作。

(2)对不同采花梳齿间隙进行单因素试验,在梳齿间隙小于 7.5 mm 时花朵摘除率随梳齿间隙的增大从 77.48% 急剧增加至 98.11%。在梳齿间隙大于 7.5 mm 时,花朵摘除率在 95% 附近波动。梳齿间隙为 7.0 ~ 8.5 mm 时,花朵落地率为 0 ~ 2.44%,花朵破碎率为 0 ~ 0.51%。

(3)正交试验结果表明,采花梳齿间隙及分花齿间隙对花朵落地率影响显著,分花齿间隙对摘除率有一定影响,采花梳齿间隙对破碎率有一定影响。梳齿摘花机工作较优组合为采花梳齿间隙为 8.5 mm,分花齿间隙为 17 mm,喂入深度为 200 mm,主动轴转速为 60 r/min,此时花朵摘除率为 97.61%,花朵落地率为 0.65%,花朵破碎率为 0.03%。

mechanism [J]. Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition, 2010, 31(4): 378 – 382. (in Chinese)

10 江涛,吴崇友,伍德林. 基于 Fluent 的联合收割机风筛选流场仿真分析[J]. 中国农机化学报,2015,36(3): 26 – 29.
JIANG Tao, WU Chongyou, WU Delin. Simulation analysis of wind screen flow field for combine harvester based on Fluent[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2015, 36(3): 26 – 29. (in Chinese)

11 林建忠,阮晓东,陈邦国,等. 流体力学[M]. 北京:清华大学出版社,2005.

12 TONG Z, CHEN Y, MALAWI A, et al. Quantifying the impact of traffic-related air pollution on the indoor air quality of a naturally ventilated building[J]. Environment International, 2016, 89 – 90: 138 – 146.

13 TONG Z, BALDAUF R W, ISAKOV V, et al. Roadside vegetation barrier designs to mitigate near-road air pollution impacts[J]. Science of the Total Environment, 2016, 541: 920 – 927.

14 邵卫,李意民,贾利红. 离心风机内部流场模拟[J]. 煤矿机械, 2006, 27(7): 47 – 49.
SHAO Wei, LI Yimin, JIA Lihong. Numerical simulation of internal flow in centrifugal fan [J]. Coal Mine Machinery, 2006, 27(7): 47 – 49. (in Chinese)

15 杜小强,肖梦华,胡小钦,等. 贯流式谷物清选装置气固两相流数值模拟与试验[J]. 农业工程学报, 2014, 30(3): 27 – 34.
DU Xiaoqiang, XIAO Menghua, HU Xiaoqin, et al. Numerical simulation and experiment of fas-solid two-phase flow in cross-flow grain cleaning device [J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(3): 27 – 34. (in Chinese)

16 任述光,谢方平,王修善,等. 4LZ – 0.8 型水稻联合收割机清选装置气固两相分离作业机理[J]. 农业工程学报, 2015, 31(12): 16 – 22.
REN Shuguang, XIE Fangping, WANG Xiushan, et al. Gas-solid two-phase separation operation mechanism for 4LZ – 0.8 rice combine harvester cleaning device [J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(12): 16 – 22. (in Chinese)

17 蒋恩臣,王立军,刘坤,等. 联合收获机惯性分离室内气固两相流数值模拟[J]. 江苏大学学报:自然科学版, 2006, 27(3): 193 – 196.
JIANG Enchen, WANG Lijun, LIU Kun, et al. Numerical simulation of gas particle flow in inertia separation chamber of stripper combine harvester [J]. Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition, 2006, 27(3): 193 – 196. (in Chinese)

18 续魁昌. 风机手册[M]. 北京:机械工业出版社, 2003.

19 南京农业大学. 农业机械学[M]. 北京:中国农业出版社,1996.

20 陈魁. 试验设计与分析[M]. 北京:清华大学出版社,2005:276 – 293.

(上接第 150 页)

14 凌邦国. 碰撞过程中碰撞力定量计算 [J]. 南通工学院学报:社会科学版,2001,17(4):7 – 9.
LING Bangguo. The quantitative calculation of impact in the process of collision[J]. Journal of Nantong Institute of Technology: Social Science Edition, 2001, 17(4):7 – 9. (in Chinese)

15 郑焕武. 碰撞时间的定量计算[J]. 四川师范大学学报:自然科学版,2001,24(3):307 – 309.
ZHENG Huanwu. The quantitative calculation of collision time[J]. Journal of Sichuan Normal University: Natural Science, 2001, 24(3):307 – 309. (in Chinese)

16 陈建东,郭辉,韩长杰,等. 小型啤酒花采摘机的结构设计及试验[J]. 新疆农业大学学报,2010,33(6):513 – 516.
CHEN Jiandong, GUO Hui, HAN Changjie, et al. Structural design and experiment of hops’ minitype-pick machine[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2010, 33(6):513 – 516. (in Chinese)