

藜蒿扦插机分苗取苗机构的设计与运动分析

何达力 王磊 黄海东 舒彩霞

华中农业大学工学院, 武汉 430070

摘要 为提高藜蒿扦插的生产效率,减轻劳动强度,研制了一种藜蒿扦插机。介绍了该机的结构和工作原理,分析了藜蒿苗秆在分苗、取苗机构中的运动规律,建立了藜蒿苗秆分苗、取苗过程的运动模型及其在分苗、取苗过程中的轨迹、速度和加速度方程,确定了分苗过程中苗秆的速度 v_p 取 0.02 m/s 、加速度 a_p 取 1.2 m/s^2 时和取苗过程中苗秆最大角速度为 1.9 rad/s 、最大角加速度为 6.6 rad/s^2 ,回程过程气嘴接头最大角速度为 2.2 rad/s 、最大角加速度为 14.0 rad/s^2 时能有效实现分苗和取苗,并应用 MATLAB 软件分析了藜蒿苗秆的轨迹、速度、加速度的变化规律,验证该机分苗取苗机构是可行的。

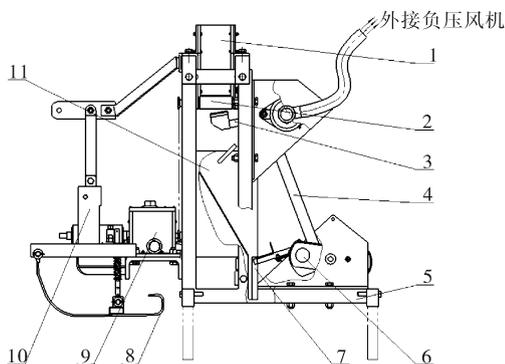
关键词 藜蒿; 扦插机; 分苗; 取苗; 运动分析

中图分类号 S 223.9 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)04-0116-06

藜蒿 (*Artemisia selengensis*) 是一种常见蔬菜。20 世纪 90 年代初期人们开始尝试藜蒿人工栽培,目前栽培区域已分布于东北、华北、华中等地,其中湖北省武汉市是全国最大的藜蒿产区^[1-2]。藜蒿的种植生产包括种苗培育、扦插秆制作、整地、田间扦插、施肥等作业环节,其中仅整地已实现机械作业,但其他环节均需人工完成,且效率低、成本高、劳动强度大^[3]。藜蒿苗秆的分苗和取苗是实施藜蒿机械化扦插的重要环节。由于藜蒿扦插苗秆特殊的物理特性(扦插季节取木质化茎秆且粗壮笔直的藜蒿制作成扦插裸秆,既无根须也无枝叶,长度为 $80 \sim 90 \text{ mm}$,直径为 $6 \sim 10 \text{ mm}$),目前尚无专门的藜蒿栽植机械,而其他作物的栽植机械又不能用于藜蒿扦插作业^[4-5]。为提高藜蒿扦插的生产效率,减轻劳动强度,笔者研制了一种藜蒿扦插机,分析了藜蒿苗秆在分苗和取苗机构中的运动规律,旨在建立分苗和取苗过程的运动模型,确定分苗和取苗的最佳速度。

1 结构与工作原理

藜蒿扦插机由苗箱、分苗机构、取苗机构、曲柄摇杆机构、悬挂架、传动系统、机架、覆土装置、导苗装置、接苗装置和扦插装置组成,其整机结构如图 1 所示。



1. 苗箱 Container for cutting; 2. 分苗机构 Mechanism of parting; 3. 取苗机构 Mechanism of taking; 4. 曲柄摇杆机构 Mechanism of crank and rocker; 5. 机架 Stander; 6. 扦插装置 Device of sticking; 7. 接苗装置 Device of holding; 8. 覆土装置 Device of cover; 9. 传动系统 Transmission agent; 10. 悬挂架 Frame for hanging; 11. 导苗装置 Device for guiding.

图 1 藜蒿扦插机结构示意图

Fig. 1 Structural representation of transplanter for *Artemisia selengensis* using fresh cuttings

该机可实现分苗、取苗、扦插作业等多项功能,其工作过程:将人工制作的藜蒿苗秆置入苗箱中,工作时由传动系统将动力传递给动滚筒和曲柄轴;受分苗机构中定滚筒的扰动和苗秆自身重力作用,苗

收稿日期: 2013-01-15

基金项目: 湖北省武汉市科技攻关项目(201220822259-3)

何达力, 硕士研究生. 研究方向: 现代农业装备设计与测控. E-mail: hedali2010@webmail. hzau. edu. cn

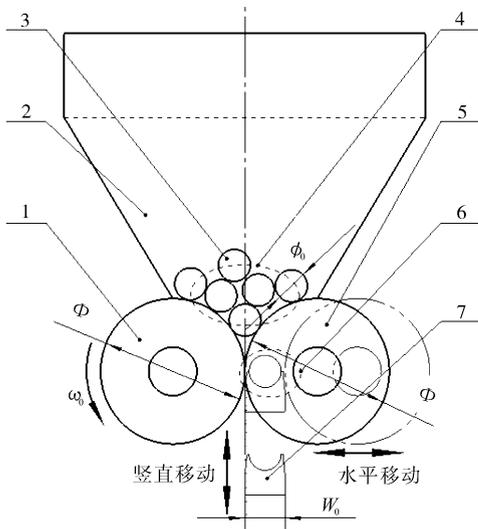
通讯作者: 舒彩霞, 博士, 副教授. 研究方向: 现代农业装备设计与测控. E-mail: shucaixia@mail. hzau. edu. cn

秆在苗箱中实现自动有序摆放；在负压风机作用下（负压为 16.8 kPa），取苗机构的气嘴接头出口处于负压状态；曲柄摇杆机构中摇杆作回转运动，携带取苗机构的气嘴接头做往复式回转运动，进入苗箱内通过负压吸取苗秆；导苗装置从气嘴接头取下苗秆并将其送入接苗装置且使其呈直立状态；由扦插装置的栽植臂做回转运动过程中将接苗装置中的苗秆插入土壤中，如此连续作业。

2 关键部件的设计与分析

2.1 分苗机构

分苗机构主要包括定滚筒和动滚筒，其结构示意图如图 2 所示。工作原理：将人工制作的藜蒿苗秆置入苗箱中，工作时定滚筒转动，在定滚筒的扰动和苗秆自重作用下，苗秆有序进入定滚筒和动滚筒之间形成的分苗等候区；气嘴接头作往复式回转运动中，当其接触动滚筒时，挤压动滚筒，使之与定滚筒逐步分开形成取苗口，完成分苗过程。



1. 定滚筒 Fixed roller; 2. 苗箱 Container for cutting; 3. 苗秆 Fresh cutting; 4. 分苗等候区 Waiting area of parking; 5. 动滚筒 Movable roller; 6. 出苗口 Exit of taking; 7. 气嘴接头 Picker.

图 2 分苗机构结构示意图

Fig. 2 Structural representation of parting mechanism

藜蒿扦插机工作过程中，一次能扦插多行，每行均设有一对定滚筒与动滚筒。株距设定为 L ，定滚筒和动滚筒直径均设为 Φ ，气嘴接头截面宽度为 W_0 ，藜蒿苗秆直径设为 φ_0 ，则有关系式

$$\Phi + W_0 \leq \frac{L}{2} \quad (1)$$

$$\varphi_{\min} \leq W_0 \leq \varphi_{\max} \quad (2)$$

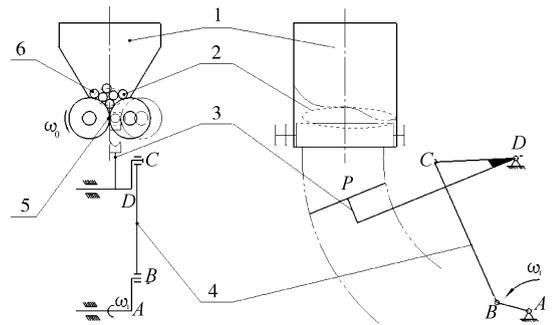
式中 φ_{\min} 为苗秆最小直径 (mm)； φ_{\max} 为苗秆最大直径 (mm)。

根据藜蒿机械扦插作业要求，实际株距 L 取 90 mm，实际测量得到 φ_{\min} 为 6 mm， φ_{\max} 为 10 mm，取苗秆直径 $\varphi_0 = 10$ mm。由 (1) 式和 (2) 式，取气嘴接头横截面宽度 $W_0 = 10$ mm、滚筒直径 $\Phi = 35$ mm。

2.2 取苗机构

取苗机构主要包括气嘴接头、气腔轴，其机构简图如图 3 所示。工作原理：在负压风机作用下，气嘴接头的出口处于负压状态；受曲柄摇杆机构作用，气嘴接头作往复式回转运动进入取苗口，在气嘴接头的负压作用下，分苗等候区内的苗秆被吸附拾取；随着气嘴接头的转动，被吸附的苗秆随之退出分苗等候区，进入下一步的扦插作业环节；此时，在拉簧的作用下，动滚筒复位，取苗口闭合，完成取苗过程。

藜蒿扦插机取苗机构的取苗主要通过曲柄摇杆机构实现。根据曲柄摇杆存在的条件可得到 AB 为最短杆^[6]，且 $AB + AD \leq BC + CD$ ，根据实际设定参数曲柄 $AB = 50$ mm，机架连杆 $AD = 500$ mm，则可获得连杆 $BC = 490$ mm，摇杆 $CD = 72$ mm。



1. 苗箱 Container for cutting; 2. 出苗等候区 Waiting area of parking; 3. 气嘴接头 Picker; 4. 曲柄摇杆机构 Mechanism of crank and rocker; 5. 出苗口 Exit of taking; 6. 藜蒿苗秆 Fresh cutting of *Artemisia selengensis*.

图 3 取苗机构简图

Fig. 3 Sketch of taking mechanism

3 苗秆的运动学分析

3.1 分苗过程

以动、定滚筒横截面圆心 O_1O_2 连线的中点 O 为坐标原点，建立直角平面坐标系 XOY ，图 4 为分苗机构运动简图。

将藜蒿苗秆简化为质量均匀的圆柱体模型（下同），且以其质心 P 为研究对象，设 P 点的坐标为 (X_p, Y_p) ，得到 P 点的轨迹方程为

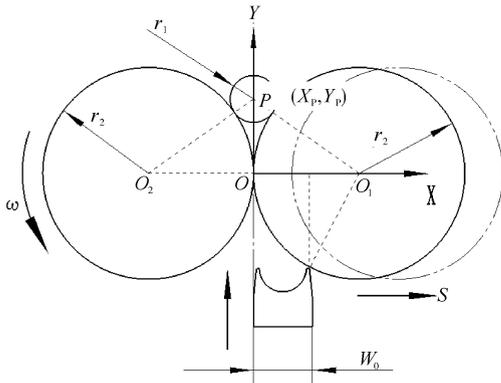


图 4 分苗机构运动简图

Fig. 4 Sketch of parting mechanism

$$X_p = s/2 \quad (3)$$

$$Y_p = \sqrt{(r_2 + r_1)^2 - \left(r_2 + \frac{s}{2}\right)^2} \quad (4)$$

式中 s 为动滚筒轴心 O_1 的位移, $0 < s \leq W_0$; r_1 为苗秆的半径 (mm), $r_1 = 5$ mm; r_2 为滚筒的半径 (mm), $r_2 = 17.5$ mm; W_0 为气嘴接头横截面宽度 (mm), $W_0 = 10$ mm。

对(3)、(4)式进行一阶求导并整理可得到 P 点速度为

$$v_p = \sqrt{X_p'^2 + Y_p'^2} = \frac{r_2 + r_1}{2\sqrt{(r_2 + r_1)^2 - \left(r_2 + \frac{s}{2}\right)^2}} \quad (5)$$

对(5)式进行二阶求导并整理可得到 P 点加速度为

$$a_p = \sqrt{X_p''^2 + Y_p''^2} = \frac{1}{4\sqrt{(r_2 + r_1)^2 - \left(r_2 + \frac{s}{2}\right)^2}} \left[\frac{(r_2 + r_1)^2}{(r_2 + r_1)^2 - \left(r_2 + \frac{s}{2}\right)^2} \right] \quad (6)$$

对于(5)式和(6)式, v_p 和 a_p 在 $0 < s < 10$ mm 内其值均为逐渐增大, 当 $s \rightarrow 10$ mm 时, v_p 取值 0.02 m/s, a_p 取值 1.2 m/s²。

3.2 取苗过程

苗秆被气嘴接头吸附之后, 苗秆随气嘴装置与曲柄一起运动, 为研究取苗过程苗秆的运动状况, 建立取苗机构运动简图(图 5)。

以苗秆质心 P 为研究对象, 运用独立位置方程法^[6-8]在平面内对曲柄摇杆机构进行分析, 以 A 点为起点, 建立矢量方程^[9-12]得到 C 点和 P 点位置

$$\vec{D}_c = l_1 e^{i\theta_1} + l_2 e^{i\theta_2} = l_4 + l_3 e^{i\theta_3} \quad (7)$$

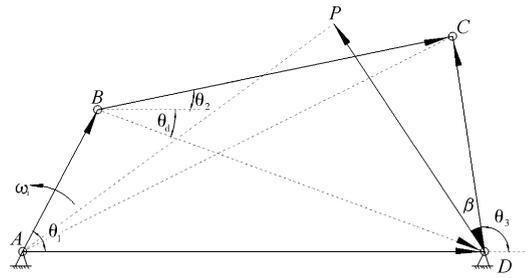


图 5 曲柄摇杆机构运动简图

Fig. 5 Sketch of crank and rocker mechanism

$$\vec{D}_p = l_4 + l_0 e^{i(\theta_3 + \beta)} \quad (8)$$

式中 D_c 为 AC 距离 (mm); D_p 为 AP 距离 (mm); l_0 为 PD 的长度 (mm), $l_0 = 194$ mm; l_1 为曲柄 AB 的长度 (mm), $l_1 = 50$ mm; l_2 为连杆 BC 的长度 (mm), $l_2 = 490$ mm; l_3 为摇杆 CD 的长度 (mm), $l_3 = 72$ mm; l_4 为 AD 的长度 (mm), $l_4 = 500$ mm; θ_1 为曲柄 AB 的转角; θ_2 为连杆 BC 的转角; θ_3 为摇杆 CD 转角; β 为摇杆 CD 与 PD 之间的夹角。

先求得对角线 BD 长度 d , 根据式

$$l_1 e^{i\theta_1} + d e^{-i\theta_d} = \vec{r}_4 \quad (9)$$

式中 θ_d 为 BD 与 AD 之间的夹角。

对(9)式两边乘以共轭复数, 消除 θ_d , 即得到

$$d^2 = l_4^2 + l_1^2 - 2l_1 l_4 \cos \theta_1 \quad (10)$$

分解(10)式的实部和虚部得到

$$l_1 \cos \theta_1 = l_4 - d \cos \theta_d \quad (11)$$

$$l_1 \sin \theta_1 = d \sin \theta_d \quad (12)$$

$$\text{即可得} \quad \sin \theta_d = \frac{r_1}{d} \sin \theta_1 \quad (13)$$

$$\cos \theta_d = \frac{l_4 l_1 \cos \theta_1}{d} \quad (14)$$

连杆转角 θ_2 可由下面矢量方程求得

$$l_2 e^{i\theta_2} = d e^{-i\theta_d} + l_3 e^{i\theta_3} \quad (15)$$

化简可得到

$$\cos(\theta_d + \theta_2) = \frac{l_2^2 + d^2 - l_3^2}{2dl_2} \quad (16)$$

其中 $\theta_d + \theta_2$ 有 2 个可能解。

分解(15)矢量方程的实部和虚部可得

$$l_2 \sin \theta_2 = -d \sin \theta_d + l_3 \sin \theta_3 \quad (17)$$

$$l_2 \cos \theta_2 = d \cos \theta_d + l_3 \cos \theta_3 \quad (18)$$

求解可得到

$$\sin \theta_3 = \frac{d \sin \theta_d + l_2 \sin \theta_2}{l_3} \quad (19)$$

$$\cos \theta_3 = \frac{l_2 \cos \theta_2 - d \cos \theta_d}{l_3} \quad (20)$$

对 C 点矢量方程(7)求一阶导得到

$$l_1 \omega_1 i e^{i\theta_1} + l_2 \omega_2 i e^{i\theta_2} = l_3 \omega_3 i e^{i\theta_3} \quad (21)$$

式中 ω_1 为曲柄 AB 角速度(rad/s); ω_2 为连杆 BC 角速度(rad/s); ω_3 为摇杆 CD 角速度(rad/s)。

分解(21)式实部与虚部可得连杆 BC, 摇杆 CD 角速度分别为

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{l_1 \sin(\theta_3 - \theta_1)}{l_2 \sin(\theta_2 - \theta_3)} \quad (22)$$

$$\omega_3 = \omega_1 \frac{l_1 \sin(\theta_2 - \theta_1)}{l_3 \sin(\theta_2 - \theta_3)} \quad (23)$$

对 C 点矢量方程(7)求二阶导得到

$$l_1 \alpha_1 i e^{i\theta_1} - l_1 \omega_1^2 e^{i\theta_1} + l_2 \alpha_2 i e^{i\theta_2} - l_2 \omega_2^2 e^{i\theta_2} = l_3 \alpha_3 i e^{i\theta_3} - l_3 \omega_3^2 e^{i\theta_3} \quad (24)$$

式中 α_1 为曲柄 AB 的角加速度(rad/s²); α_2 为

连杆 BC 的角加速度(rad/s²); α_3 为摇杆 CD 的角加速度(rad/s²)。

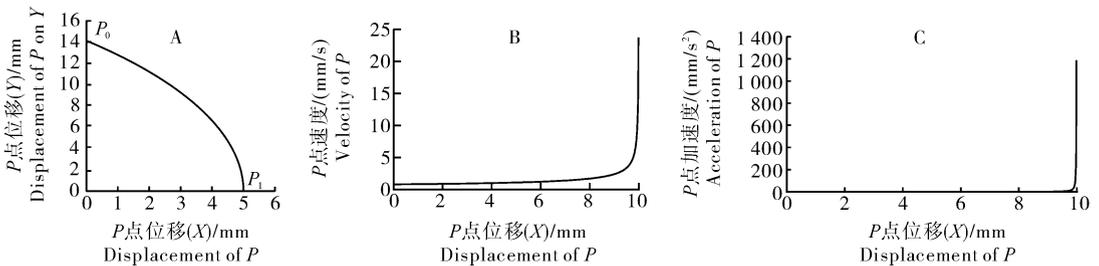
求得摇杆 CD 角加速度为

$$\alpha_3 = \frac{\omega_1^2 l_1 \cos(\theta_1 - \theta_2) + \omega_2^2 l_2 - \omega_3^2 l_3 \cos(\theta_3 - \theta_2)}{l_3 \sin(\theta_3 - \theta_2)} \quad (25)$$

4 分苗与取苗机构的仿真与验证

4.1 仿真过程

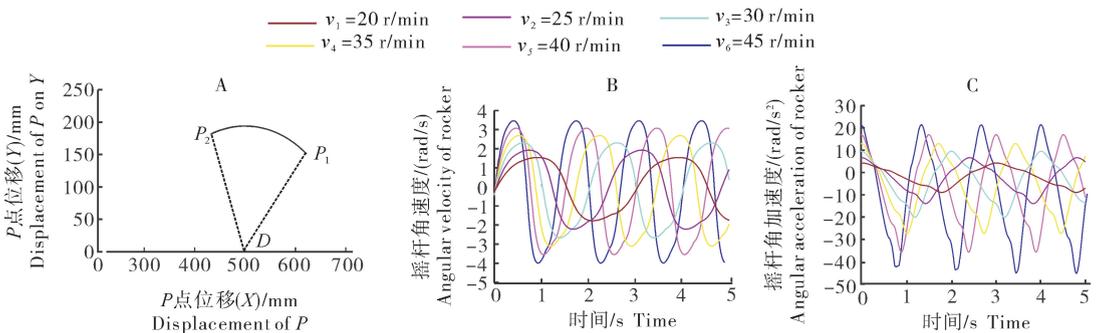
由上述运动模型可知 $r_1, r_2, l_0, l_1, l_2, l_3, l_4, W_0, \beta, \omega_1$ 的改变对 P 点的运动分析有影响。使用 MATLAB 绘制上述方程的曲线图, 可得藜蒿扦插机分苗取苗过程的轨迹、速度、加速度曲线图(图 6, 图 7)。



A. 苗秆轨迹 Orbit of the cutting; B. 苗秆速度曲线 Velocity graph of the cutting; C. 苗秆加速度曲线 Acceleration graph of the cutting.

图 6 分苗过程运动方程仿真曲线

Fig. 6 Simulation curve of kinetic equation for parking



A. 苗秆轨迹 Orbit of the cutting; B. 摇杆角速度曲线 Angular velocity graph of rocker; C. 摇杆角加速度曲线 Angular acceleration graph of rocker.

图 7 取苗过程运动方程仿真曲线

Fig. 7 Simulation curve of kinetic equation for taking

从图 6-A 可知分苗过程中, 藜蒿苗秆绕着定滚筒横截面圆心 O_2 作变速圆周运动, 此运动与(3)式和(4)式推导一致。由图 6-B、C 可知, 苗秆初始为平衡状态处于 P_0 点, 动滚筒瞬间移动, 苗秆产生速度和加速度, 当动滚筒位移大小不超过 9 mm 时, 苗秆运动速度与加速度缓慢增大, 动滚筒位移大小超过 9 mm 时, 藜蒿苗秆速度与加速度瞬间急剧增大,

到达 P_1 点时最大速度为 0.02 m/s, 最大加速度为 1.2 m/s², 此过程与(5)式和(6)式理论推导一致, 说明藜蒿苗秆在接近出苗口时, 其主要受到竖直方向上气嘴接头的瞬时负压吸附作用、自重和其他苗秆的挤压作用。

从图 7-A 可知, 取苗过程中, 藜蒿苗秆被吸附在气嘴接头上随着摇杆一起做圆周变速往复运动,

运动过程中 2 个相对原点 A 的极限位置坐标为 P_1 (431.3, 181.4)、 P_2 (622.1, 150.8), 摇杆的摆角 $\angle P_1DP_2$ 为 59.7° 。由图 7-B、C 可知, 在取苗运动过程中, 不同曲柄转速对应气嘴接头未吸附苗秆回转过程中最大角速度与最大角加速度、气嘴接头吸附苗秆回转过程中苗秆最大角速度与最大角加速度 (表 1)。

表 1 不同曲柄转速下气嘴接头最大角速度与角加速度¹⁾

Table 1 The maximum angular velocity and the maximum angular acceleration of the rocker in different rotating speed of crank

曲柄转速/ (r/min) Rotating speed of crank	未吸附苗秆过程(空载) Taking process without cutting		吸附苗秆过程(负载) Taking process with cutting	
	I	II	I	II
	20	1.8	8.9	1.5
25	2.2	14.0	1.9	6.6
30	2.7	20.1	2.3	9.5
35	3.1	27.4	2.7	12.8
40	3.5	35.8	3.1	16.9
45	4.0	45.3	3.5	21.4

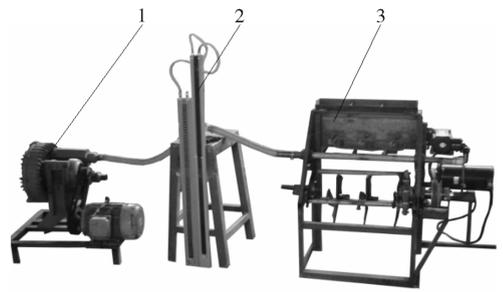
1) I: 最大角速度/(rad/s) Maximum angular velocity;

II: 最大角加速度/(rad/s²) Maximum angular acceleration.

在 1 个取苗运动循环中, 取苗起始点 P_1 处, 气嘴接头瞬时角速度为 0, 角加速度达到最大值(曲柄转速为 25 r/min 时, 最大角加速度为 6.6 rad/s^2), 有利于其吸附苗秆避免伤苗。气嘴接头吸附苗秆之后, 苗秆与气嘴接头一起摆动且角速度呈增大趋势, 在到达取苗终点 P_2 前出现角速度最大值(曲柄转速为 25 r/min 时, 最大角速度为 1.9 rad/s), 苗秆从 P_1 到 P_2 其加速度变化(曲柄转速为 25 r/min 时, 角加速度变化为 $0 \sim 6.6 \text{ rad/s}^2$) 比较平稳, 有利于气嘴接头不因惯性力过大而导致苗秆与气嘴接头分离形成漏取。气嘴接头在取苗过程中, 其空载(未吸附苗秆)相对负载(吸附苗秆)速度变化快, 避免了气嘴接头吸附苗秆后在运动过程中出现苗秆掉落现象。

4.2 验证试验

为验证机构设计合理性, 利用自制的功能试验台架(图 8)进行分苗取苗单行验证试验。设定性能指标为合格指数、漏取指数、重取指数、掉落指数, 合格指数为气嘴接头单次成功吸取单根裸秆的次数与取苗总次数之比; 漏取指数为气嘴接头单次未能吸取裸秆的次数与取苗总次数之比; 其他指数为非合格吸取或者非漏取次数与取苗总次数之比。根据以上运动学分析结果显示, 在已知分苗、取苗机构相关结构参数情况下, 曲柄的转速 ω_1 是影响分苗取苗机构能否完成功能的主要因素。



1. HG-200 型风机 HG-200 Blower; 2. U 型管测压计 U Barometer; 3. 试验台架 Experiment workbench.

图 8 功能试验台架

Fig. 8 Experimental workbench

试验参数设定: 定滚筒转速 $\omega_0 = 50 \text{ r/min}$, 取苗机构气管内负压 $P = 16.8 \text{ kPa}$, 调节曲柄的转速 ω_1 , 可得到试验数据(表 2)。

表 2 验证性试验数据

Table 2 Data of confirmatory experiment

组别 Group	曲柄转速/ (r/min) Rotating speed of crank	合格指数 Qualified index	漏取指数 Missing index	其他指数 Other index
1	20	0.84	0.15	0.01
2	25	0.85	0.13	0.02
3	30	0.80	0.18	0.02
4	35	0.80	0.17	0.03
5	40	0.80	0.19	0.01
6	45	0.81	0.15	0.04

从试验结果可得知, 在定滚筒转速和负压值一定、调节曲柄转速 ω_1 的情况下, 机构分离和拾取藜蒿苗秆的平均合格指数为 0.82, 标准差为 2.61×10^{-2} , 由此可得合格指数的变异系数为 3.2%。验证结果表明分苗取苗机构功能是可行性的。

5 讨论

试验结果表明, 藜蒿苗秆在分苗过程中紧贴定滚筒表面作圆周运动, 接近出苗口时主要受到竖直方向上气嘴接头的瞬时负压吸附作用、自重和其他苗秆的挤压作用, 速度和加速度大小急剧增大, 确定分苗中苗秆的速度 v_p 取 0.02 m/s 、加速度 a_p 取 1.2 m/s^2 时可有效实现分苗功能。通过分析藜蒿苗秆的轨迹、速度、加速度的变化规律, 确定了藜蒿苗秆在取苗过程中曲柄不同转速情况下, 均可有效实现取苗功能, 当转速 ω_1 为 25 r/min 时, 苗秆最大角速度为 1.9 rad/s , 最大角加速度为 6.6 rad/s^2 , 取苗效果较好。藜蒿扦插机的分苗取苗机构在工作过程

中,藜蒿苗秆的运动轨迹与仿真运动轨迹一致,表明该机构能够较稳定地实现藜蒿裸秆的单体分离和拾取功能。采用机械式分苗和气力式取苗,理论分析与试验验证表明机构设计合理,可为进一步结构设计和参数优化提供科学依据。

参 考 文 献

- [1] 杨红. 西昌地区野生藜蒿资源的开发利用[J]. 资源开发与市场, 2003, 19(2): 88-89.
- [2] 龚世伟, 孙伟, 李茂年, 等. 蔡甸藜蒿栽培技术[J]. 长江蔬菜, 2010(14): 69-70.
- [3] 丰硕. 藜蒿的栽培技术[J]. 江西园艺, 2002(2): 31-32.
- [4] SHAW L N. Automatic transplanter for vegetable[J]. Proc Fla State Hort Soc, 1997, 110: 262-263.
- [5] 华大年, 华志宏. 连杆机构设计与应用创新[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008: 84-114.
- [6] 何岳平, 陈青春, 何瑞银, 等. 大蒜栽植机栽植系统优化设计与运动分析[J]. 农业机械学报, 2011, 42(2): 88-93.
- [7] 赵伟康, 高阳, 薛永风, 等. 前插式直齿双控制分插机构设计与运动分析[J]. 农业机械学报, 2010, 41(8): 48-50.
- [8] 陈建能, 王伯鸿, 任根勇, 等. 蔬菜移栽机放苗机构运动学模型建立与参数分析[J]. 农业机械学报, 2010, 41(12): 48-53.
- [9] 武传宇, 赵匀, 陈建能. 水稻插秧机分插机构人机交互可视化优化设计[J]. 农业机械学报, 2008, 39(1): 46-49.
- [10] 俞高红, 谢仁华, 赵匀. 椭圆齿轮传动后插旋转式分插机构运动分析与试验[J]. 农业机械学报, 2008, 39(5): 45-48.
- [11] 倪际梁, 何进, 李洪文, 等. 便携式人工模拟降雨装的设计与率定[J]. 农业工程学报, 2012, 28(24): 78-84.
- [12] 王玫, 刘锐, 杨随先. 可调球面四杆机构函数优化综合方法[J]. 农业机械学报, 2012, 43(1): 208-212.

Mechanism design and kinematic analysis of parting and taking of transplanter for *Artemisia selengensis* using fresh cuttings

HE Da-li WANG Lei HUANG Hai-dong SHU Cai-xia

College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract A transplanter for fresh cuttings of *Artemisia selengensis* was designed in order to solve the problem of low productivity and the high intensity of labour during the manual work of sticking. This paper made a brief introduction to the working principles of this transplanter, and the rules of the parting and taking motion were analyzed. A motion model of the fresh cuttings during the process of parting and taking was set up, the equations of locus, velocity and acceleration for a single cutting during the parting and taking processes were derived. It is found that when the velocity of each single cutting is 0.02 m/s and the acceleration of it is 4.6 rad/s² during the parting process and the maximum angular velocity of each single cutting is 1.9 rad/s, and the maximum angular acceleration of it is 6.6 rad/s² and the maximum angular velocity of the picker is 2.2 rad/s, and the maximum angular acceleration of it is 14.0 rad/s² on its way back during the taking process, it can part and take the fresh cuttings effectively, and the variation tendency of locus, velocity and acceleration was analyzed by using MATLAB, which proved the feasibility of the parting and taking function of the transplanter through experiment.

Key words *Artemisia selengensis*; transplanter using cutting; parting; taking; kinematic analysis

(责任编辑:陈红叶)