

花生覆膜穴播机成穴机构研究

刘彩玲 宋建农 王继承

(中国农业大学 工学院, 北京 100083)

摘要 针对我国花生覆膜穴播机大都采用先播种后铺膜的传统作业方式,对土壤扰动大,不利于土壤保墒问题,设计了一种适合先铺膜后播种的小型花生穴播机的回转式成穴机构。对该机构的运动过程进行分析得到了成穴机构的穴宽、穴距和成穴深度的表达式;采用计算机模拟方法分析曲柄半径、机器前进速度和曲柄转速对成穴机构工作性能的影响,优化后的设计参数为:传动比 6.5,曲柄半径 4.5 cm,播种机前进速度 0.25 m/s ($\omega = 1.95$),此时成穴深度约 4.5 cm,穴宽约 3 cm,穴距约 14.42 cm,满足花生穴播的农艺要求。与目前广泛使用的轮式鸭嘴成穴器相比,其结构简单、膜孔小。

关键词 地膜覆盖;花生穴播机;成穴机构;参数

中图分类号 S 223.2

文章编号 1007-4333(2007)03-0061-04

文献标识码 A

Study on hole former of peanut hill-drop planter mulching film

Liu Cailing, Song Jiannong, Wang Jicheng

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract Peanut hill-drop planter mulching film, at present, in China adopts almost the same conventional operation, in which sowing is ahead of mulching film. The way of this working mode makes soil stirred and moisture transpired. So a rotary hole former for a small size peanut hill-drop planter with mulching film before sowing was studied in this work. The article analyzed the moving process of the mechanism and the expressions for width caved, distance of cave and depth caved were obtained. The main factors that influencing the working performance are crank radius, machine moving speed and crank rotate speed. The ratio of velocity is greater than 1 in natural condition. The computer aided analysis method was adopted to analyze the influences of structural and working parameters on working performance of the hole former. The optimized parameters are 6.5 of transmission ratio, 0.045 m of crank radius, 0.25 m/s of planter's moving velocity, under which the caved depth is about 4.5 cm, width about 3 cm and the distance of caves about 14.42 cm. The hole former can meet the requirements of peanut agricultural technology. The mechanism is simpler in structure and width caved is smaller compared with the common used hole former of duck mouth roll.

Key words plastic film mulching; hill-drop planter; hole former; parameter

近年来,花生机械化播种覆膜技术得到了广泛推广^[1-2]。国内许多花生机械生产厂开发了可以适应不同型号拖拉机牵引的花生覆膜播种机^[3]。覆膜播种机可以先播种后铺膜,也可以先铺膜后播种。由于先铺膜后播种是在覆盖好地膜的土壤上播种,成穴部件只是在播种位置上将地膜切开并形成穴孔,对土壤的扰动小,因而有利于土壤的保墒和抗

旱^[4];但目前国内生产的花生覆膜播种机械基本采用先起垄、开沟、播种,后覆盖地膜(先播种后铺膜)的传统作业方式,此作业方式在出苗前需人工破口或机械打孔放苗,增加了田间管理的作业工序。

花生穴播机成穴器的结构和成穴原理是影响播种质量的关键^[5]。目前广泛使用的轮式鸭嘴成穴器结构复杂,高速作业时,膜孔尺寸较大,挑膜严重,

收稿日期:2006-09-25

基金项目:国家“十五”科技攻关重点项目(2004ba524-01)

作者简介:刘彩玲,讲师,博士研究生,E-mail:cailingliu@163.com;宋建农,教授,博士生导师,主要从事农业装备工程研究,E-mail:songjn@cau.edu.cn

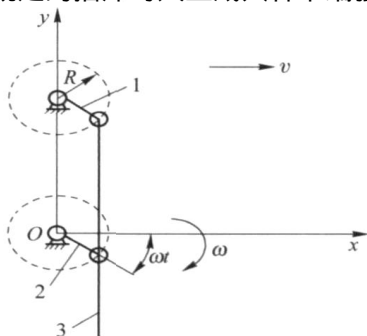
覆土效果不好,影响膜的保温性和抗风性^[6]。基于此笔者拟研究设计一种结构简单、膜孔尺寸较小、成本较低的适合先铺膜后播种小型花生覆膜穴播机械的回转式成穴机构;通过运动分析寻找影响该机构工作性能的影响因素,采用计算机模拟分析方法确定主要设计参数,以期为花生穴播机的研制提供设计依据。

1 成穴机构的构造及运动分析

1.1 构造及工作原理

成穴机构在整机前进过程中的成穴过程为:1)向下运动成穴;2)向下运动的同时相对于整机向后运动,以保证穴孔成型并排种;3)向上运动退回。膜孔大小是衡量作业质量的重要参数,为了有利于保温和提高抗风性,在不影响出苗的前提下,膜孔尺寸应越小越好^[7];为了避免产生残膜,在成穴机构入土和出土的过程中则应实现直插运动,即垂直入土并垂直出土,这就要求成穴机构的入土部分具有较小的结构尺寸。

根据上述要求,本研究根据平行四连杆机构的平动原理研究设计了一种回转式成穴机构(图1)。机架、从动曲柄1、主动曲柄2及入土成穴杆铰接形成平行四连杆机构。工作时,主动曲柄2作回转运动,同时带动从动曲柄1和入土成穴杆3回转。主动曲柄回转1周,入土成穴杆3也回转1周,完成1次成穴、投种过程。整机运动过程中,入土成穴杆3始终与地面保持垂直。在入土成穴杆上端设置排种器,排出的种子通过导种管落入成穴杆下端部内腔中,当达到规定的播深时入土成穴杆下端强制开启,



1. 从动曲柄; 2. 主动曲柄; 3. 入土成穴杆

图1 回转式成穴机构结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of rotary hole former structure

使处于内腔里的种子在重力作用下落入穴孔中。

1.2 回转式成穴机构的运动分析

成穴机构的运动为随播种机前进的直线运动和自身回转运动的合成。以播种机前进方向为 x 轴,垂直方向为 y 轴,成穴杆入土端的运动轨迹方程为

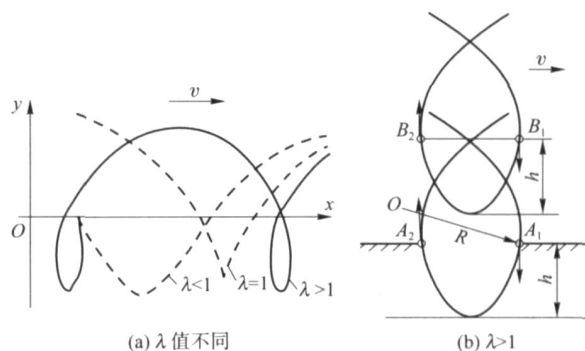
$$\begin{cases} x = vt + R \cos t \\ y = R \sin t \end{cases} \quad (1)$$

其中: v 为机器前进速度, t 为播种机运动时间, R 为曲柄半径, ω 为曲柄旋转角速度。坐标系见图1。

令 $\lambda = \omega t$, $\lambda = R/v$, 称为速比, 则有

$$\begin{cases} x = R(\lambda/\omega + \cos \phi) \\ y = R \sin \phi \end{cases} \quad (2)$$

随 λ 取值不同该摆线方程的曲线形状不同(图2)。由图2(a)可以看出,要满足成穴机构的直插要求, $\lambda > 1$ 时曲线较为理想,此时入土端的运动轨迹是余摆线(图2(b)),余摆线最大弦长为 A_1A_2 和 B_1B_2 ,成穴杆在 B_1 处速度垂直向下,此时成穴杆入土端从 A_1 开始垂直插入土壤,在 B_2 处速度垂直向上,成穴杆从 B_1 运动至 B_2 时入土端从 A_2 点垂直拔出土壤。可见,成穴机构入土端在成穴过程中所形成的膜孔在机器前进方向(纵向)尺寸为 A_1A_2 ($A_1A_2 = B_1B_2$),即为穴宽。由于膜孔的横向(与机器前进方向垂直)尺寸基本相当于入土成穴杆端部的物理尺寸,与机组前进运动关系不大,可不予分析^[8]。



R —曲柄半径; O —成穴杆入土端回转中心; h —成穴深度;
 A_1 —入土时刻成穴杆入土端位置; A_2 —出土时刻成穴杆入土端位置; B_1 —入土时刻主动曲柄端点位置; B_2 —出土时刻主动曲柄端点位置

图2 成穴杆入土端的运动轨迹

Fig. 2 Trace of extremity of boring and caving pole

1) 穴宽的确定。成穴机构入土端在 A_1 、 A_2 点的速度分别为

$$A_1: v_x = \frac{dx}{dt} = R \left(\frac{1}{r} + \sin \phi \right) \frac{d\phi}{dt} = 0$$

$$A_2: v_x = \frac{dx}{dt} = R \left(\frac{1}{r} + \sin \phi \right) \frac{d\phi}{dt} = 0$$

求得 $\phi_{A_1} = \arcsin \frac{1}{r}$, $\phi_{A_2} = -\arcsin \frac{1}{r}$, 代入式(2) 得穴宽 l 为

$$l = x_{A_1} - x_{A_2} = R \left(2\cos \phi_{A_1} + \frac{2\phi_{A_1}}{r} \right) \quad (3)$$

由于 ϕ_{A_1} 是与 r 有关的数值, 为已知数据, 所以可求得穴宽 l 。在覆膜穴播作业中, 成穴机构形成的穴宽大小是衡量作业质量的重要参数, 在设计中可通过合理选择式(3)中参数确定较小的膜孔尺寸。较理想的穴宽应 $< 5 \text{ cm}^{[8]}$ 。

2) 穴距的确定。成穴机构回转 1 周, 完成 1 次成穴作业, 此时机器前进的距离即为所要求的穴距

$$S = vt = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R}{v} \quad (4)$$

穴距的大小直接影响花生植株在田间的分布情况。根据花生的穴播要求, 穴距可取 $13 \sim 18 \text{ cm}^{[9]}$, 且应根据不同作业条件方便调整。

3) 成穴深度的确定。由于成穴杆入土端在 A_1 点处垂直入土, 所以其水平速度为 0, 由图 2 可求得成穴深度 h

$$h = R - \frac{R}{r} \quad (5)$$

成穴深度直接决定了播种的深浅, 根据花生覆膜的农艺要求, 成穴深度应为 $3 \sim 7 \text{ cm}^{[9]}$ 。

回转式成穴机构的工作性能指标主要包括穴宽、穴距和成穴深度。由式(3)~(5)可知, 影响这些性能指标的因素主要有曲柄半径、机器前进速度和曲柄转速, 且三者的取值应能满足机构正常工作时对速比 > 1 的要求。在实际设计中, 曲柄转速取决于传动比 i 的大小。以下通过计算机模拟分析结构参数 R 、工作参数 i 、 v 对回转式成穴机构工作性能的影响并进行参数优化。

2 成穴机构主要参数的分析及优化

成穴机构由驱动轮驱动。设驱动轮半径为 r , 角速度为 ω_1 , 则传动比

$$i = \frac{\omega_1}{\omega} \quad (6)$$

而

$$v = \omega_1 L \quad (7)$$

将式(6)和(7)代入式(1)得

$$\begin{cases} x = vt + \cos \left(\frac{\omega_1}{r} t \right) \\ y = R \sin \left(\frac{\omega_1}{r} t \right) \end{cases} \quad (8)$$

一般地, 取驱动轮半径 $r = 0.15 \text{ m}$, 利用计算机编程绘制不同 i 、 R 、 v 参数下成穴杆入土端的轨迹曲线并进行分析: 影响穴距的主要因素为 i , i 增大穴距减小。通过改变传动比能够经济方便地改变穴距; R 主要影响穴宽和成穴深度, R 增加穴宽增加, 成穴深度增加; v 对穴距、穴宽、成穴深度的影响较小。考虑驱动轮滑移的影响, 从不同参数绘制的诸多曲线中选择较优的 1 条(图 3), 此时传动比 $i = 6.5$, 曲柄半径 $R = 4.5 \text{ cm}$, 播种机前进速度 $v = 0.25 \text{ m/s}$, $i = \frac{v_1 R}{v} = \frac{iR}{L} = \frac{6.5 \times 0.045}{0.15} = 1.95$, 满足 > 1 的要求。由图 3 可确定成穴深度约 4.5 cm , 穴宽约 3 cm (小于理想的穴宽尺寸); 穴距为 14 cm 左右, 取滑移系数 0.03 , 则实际穴距为 $14 + 14 \times 0.03 = 14.42 \text{ cm}$, 以此作为适宜的穴距。由此优化得到了最佳结构参数和工作参数。

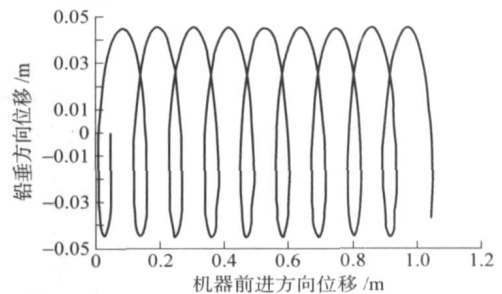


图 3 成穴器运动轨迹

Fig. 3 Moving trace of hole former

为了适应不同作业情况对穴距的要求, 也可确定传动比的设计范围: 当取最大传动比 $i = 7$ 时, 计算得到的最小穴距为 13.39 cm ; 传动比 $i = 5.5$ 时, 计算得到的最大穴距为 16.5 cm , 所以传动比应在 $5.5 \sim 7$ 之间取值。

3 结果与讨论

所研究的回转式成穴机构利用平行四连杆机构实现了成穴杆的垂直入土和垂直出土, 膜孔尺寸较小, 减少了残膜的产生; 通过对成穴机构运动过程的分析得到了该机构穴宽、穴距和成穴深度的表达式, 并找到了影响工作性能参数的主要因素: 曲柄半径、机器前进速度和曲柄转速; 在此基础上进行了计算

机模拟分析,其结果为:影响穴距的主要因素是传动比 i , i 增大,穴距减小,通过改变传动比能够经济方便地改变穴距; R 主要影响穴宽和成穴深度, R 增加,穴宽增加,成穴深度增加; v 对穴距、穴宽、成穴深度的影响较小。通过模拟分析,优化得到了符合花生穴播农艺要求的设计参数:曲柄半径 $R = 4.5$ cm,传动比 $i = 6.5$,播种机前进速度 $v = 0.25$ m/s,此时成穴深度约 4.5 cm,穴距约 14.42 cm,穴宽约 3 cm。

设计的回转式成穴机构所形成的穴宽尺寸较小,一定程度上减小了挑膜的发生,较好地满足了花生覆膜穴播的要求,但从成穴机构成穴杆入土端的运动轨迹曲线可以看出,由于余摆线环扣的存在,使得成穴杆入土端入土后在前进方向存在位移,并未实现真正意义的理想的成穴过程。理想的成穴机构,应在其工作部件入土和出土的过程中,沿水平方向无任何运动,即水平方向的绝对速度为 0,实现真正意义上的零速投种^[10]。虽有资料^[11]进行了该方面的研究;但在机构的可靠性、受力等方面都不能满足实际的工作要求,实现理想直插运动的理想成穴机构的研究仍是研制覆膜穴播机的关键。

参 考 文 献

- [1] 李济民,林建设.花生机械化覆膜播种技术[J].河北农机,2004(3):17
- [2] 李宝筏.农业机械学[M].北京:中国农业出版社,2003
- [3] 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
- [4] 马成林,李成海,于海业.打穴播种机研究的发展与现状[J].农业机械学报,1999,30(1):101-105
- [5] 李成华.铲式成穴器成穴机理及影响因素的分析[J].农业机械学报,1999,30(1):28-32
- [6] 马旭,马成林,张守勤.地膜覆盖播种机成穴器的研究[J].农业机械学报,1989,12(4):20-27
- [7] 杜瑞成,杨善东,郭志东,等.三种覆膜穴播成穴器方案设计与理论分析[J].山东理工大学学报,2003,17(2):15-18
- [8] 王金萍.地膜覆盖穴播机的机构和参数设计[D].北京:中国农业大学,2005
- [9] 宋林平.花生覆膜播种机械化技术[J].河北农业科技,2005(4):39
- [10] 陈晓光,左春桢,高峰.直插式播种机的研究[J].农业工程学报,1993,9(3):66-70
- [11] 刘军干,王天辰,阎发旭,等.直插式覆膜小麦穴播机的设计[J].农业工程学报,2001,17(5):55-57
- [1] 李济民,林建设.花生机械化覆膜播种技术[J].河北