

油菜播种机槽孔轮式精量排种器设计与试验^{*}

廖庆喜 黄吉星 刘 光 林来福

(华中农业大学工学院, 武汉 430070)

【摘要】 设计了一种适用于油菜精量排种的槽孔轮式排种器,分析了该排种器的结构特征及其工作原理,提出了清种轮轴实现清种、护种带护种和钢丝推种的排种机构,确定了该排种器的主要结构和性能参数。试验表明,在清种轮轴转速为 104 r/min、型孔直径 2.8 mm、推种钢丝倾角 33°时,破碎率最低为 0.73%。

关键词: 油菜籽 槽孔轮式 精量排种器

中图分类号: S223.2⁺5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)02-0063-04

Design and Experiment of Precision Metering Device for Slot Wheeled Seeder

Liao Qingxi Huang Jixing Liu Guang Lin Laifu

(College of Engineering and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract

A slot wheeled precision metering device for rapeseeds was designed. The structure and working principle were studied. The metering mechanism mainly consisted of a seed-cleaning wheel axle, a seed-retaining belt and a weed-pushing ringed wire-steel. By experiments, the key structure and performance parameters were analyzed and determined, the lowest seed damage index was obtained when the speed of seed-cleaning wheel axle was 104 r/min, the diameter of shaped hole was 2.8 mm and the inclined angle of wire steel was 33°.

Key words Rapeseed, Slot wheeled type, Precision metering device

引言

目前,国内外研制的油菜播种机排种器虽然在一定程度上能够满足油菜机械化种植的需要,但机械式油菜排种器内的种子破碎和型孔堵塞问题一直是制约油菜直播机大规模应用的瓶颈^[1~4]。针对此问题,本文设计一种槽孔轮式油菜精量排种器,并对其破碎率进行试验研究。

1 排种器总体结构及工作原理

槽孔轮式油菜精量排种器主要由护种装置、排种滚筒、清种轮轴、种子箱、推种钢丝、侧板和投种口等组成,其结构示意图如图 1 所示。

1.1 关键部件结构

1.1.1 排种滚筒

排种滚筒结构如图 2 所示,主要由排种滚筒轮、推种槽和型孔组成。排种器设计为一器四行,排种轮上均布四排型孔,在每周型孔的中心开有断面为矩形的环形推种槽,推种槽宽 0.8 mm、深 5 mm,排种器工作时推种槽内装有推种钢丝。图中,α角为排种滚筒加工时型孔倾角,即型孔轴线与型孔在排种滚筒径向的夹角。

1.1.2 推种钢丝

推种钢丝结构如图 3 所示。推种钢丝一端从种子箱下侧伸入排种滚筒推种槽内,绕推种槽底部将近一周,由投种口处绕出排种滚筒推种槽,钢丝两端固定。图中所示β角为投种口一侧推种钢丝与排种

收稿日期: 2010-02-21 修回日期: 2010-05-31

^{*} 国家自然科学基金资助项目(50875104)、“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BA021B03)、教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目(NCET-07-0344)和国家油菜产业技术体系专项资助项目(nyeytx-00520)

作者简介: 廖庆喜,教授,博士生导师,主要从事油菜播种机械与高粗茎秆收获机械研究,E-mail: liaoqx@mail.hzau.edu.cn

滚筒水平轴线的夹角,定义为推种钢丝倾角。推种钢丝倾角对投种口处投种点的位置和投种角度有直接影响,进而会影响到种子的破碎率。

1.2 排种器工作原理

槽孔轮式精量排种器排种过程可分为充种、清种、护种和投种4个过程,如图4所示。

1.2.1 充种过程

排种器工作时,随着排种滚筒的转动,种子在自身重力、离心力和种子群体间相互作用下从排种滚筒外侧进入型孔,实现充种。

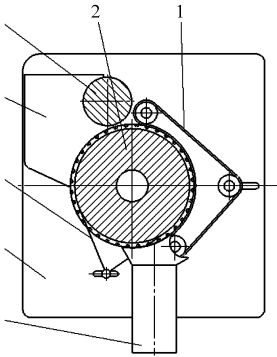


图1 槽孔轮式油菜精量排种器示意图

Fig.1 Sketch of precision metering device for slot wheeled seeder

1. 护种装置 2. 排种滚筒 3. 清种轮轴 4. 种子箱 5. 推种钢丝 6. 侧板 7. 投种口

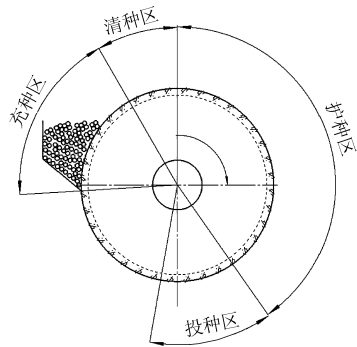


图4 排种器工作原理图

Fig.4 Principle of metering device

筒运动过程中,在摩擦力的作用下护种带与排种滚筒进行耦合运动,实现护种功能。

1.2.4 投种过程

型孔内的种子经过护种区后,进入到排种滚筒最下侧的投种区。由于工作过程中,排种滚筒转动,而推种钢丝固定不动,因此种子在推种区推种钢丝离开推种槽区域,靠自身重力和推种钢丝的作用,被推出型孔。之后,种子进入投种区下的导种管内,完成排种过程。

2 排种器主要参数设计及分析

2.1 排种滚筒极限圆周速度分析

排种滚筒的线速度 v_p 对种子充种性能及投种准确性有直接影响^[5]。线速度过高,型孔通过充种区时间太短,种子来不及进入型孔,从而造成漏播。假定种子随排种滚筒以 v_p 的线速度运动,靠自身重力落入型孔,则当种子在型孔上方运动的过程中,其重心 O 降低于排种滚筒上弧面时,必能保证进入型孔,如图5所示。

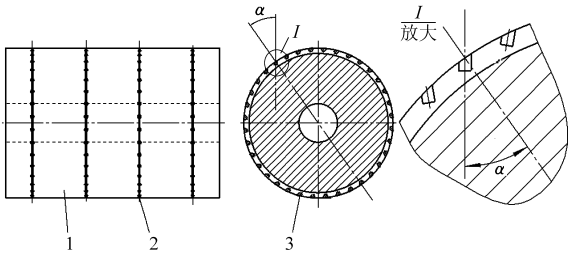


图2 排种滚筒示意图

Fig.2 Sketch of metering roller

1. 排种滚筒轮 2. 推种槽 3. 型孔

1.2.2 清种过程

由清种轮轴完成清种过程。当排种滚筒继续转动,型孔进入到清种轮轴区时,型孔内多余种子在重力和清种轮轴的作用下滑落到种子箱内。

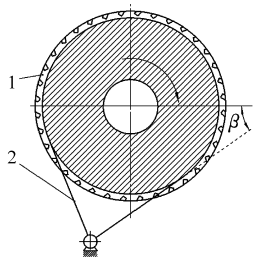


图3 推种钢丝结构示意图

Fig.3 Sketch of seed pushing device

1. 排种滚筒 2. 推种钢丝

清种轮轴位于种子箱上侧(图1),与排种滚筒轴向平行,且保持一定间距以免挤压种子。排种器工作时,清种轮轴与排种滚筒转向相同,当种子随排种滚筒运动到清种轮轴处时,清种轮轴将多余种子清除到种子箱内,实现清种作业;为保证种子不受排种滚筒和清种轮轴挤压,清种轮轴的线速度为排种滚筒线速度的4.6倍。

1.2.3 护种过程

型孔内的种子经过清种区后进入护种区,在护种装置护种带作用下种子顺利进入投种区。排种滚

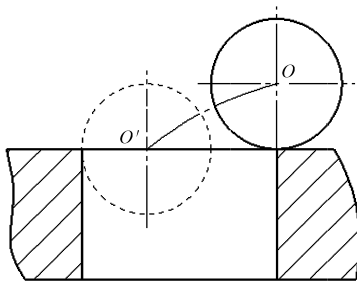


图5 排种滚筒极限圆周速度

Fig.5 Limit peripheral speed of metering roller

按照自由落体方程可求出直径为 d 的球形种子充种极限速度为

$$v_p \leq \left(a - \frac{d}{2}\right) \sqrt{\frac{g}{d}} \quad (1)$$

式中 a ——型孔直径 g ——重力加速度

选取排种器滚筒直径 $D=140\text{ mm}$,华杂4号油菜籽最小直径为 1.5 mm ^[6],所设计型孔直径为

2.8 mm、深 2.5 mm 的圆柱形型孔,则可计算出 $v_p \leq 0.17\text{ m/s}$,即排种滚筒最大转速为 22.66 r/min。

清种轮轴直径为 60 mm,排种滚筒轴与清种轮轴转速比为 4.6,计算得清种轮轴最大转速为 104 r/min。

2.2 排种滚筒参数确定

排种滚筒线速度 v_p 与播种机作业速度 v_m 的关系为

$$v_p = \pi Dq(1 + \delta)v_m / (ZL) \tag{2}$$

式中 q ——穴粒数 δ ——地轮滑移率
 Z ——滚筒型孔数 L ——穴距或株距

由式(2)可知,当其他参数相同时,排种滚筒线速度 v_p 与播种机作业速度 v_m 呈正比。手扶拖拉机作业时 v_m 取 3 km/h,农艺要求油菜播种株距 L 为 70 mm^[5],精量排种 q 取 1,地轮的滑移率 δ 取 10%,则由式(2)可计算得每排滚筒型孔数 $Z \geq 35$ 。设计时取 $Z = 36$,即相邻两个型孔对应的排种滚筒中心角为 10°,在滚筒表面相距 12.2 mm。

3 试验与结果分析

3.1 试验方法与设备

3.1.1 试验材料

以华杂 4 号油菜籽为试验材料,其物理机械特性为:千粒质量 3.98 g,平均粒径 1.85 mm,含水率 7.6%,自然休止角 27.6°^[6]。

3.1.2 试验设备与方法

试验设计:以 GB/T 6973—2005《单粒(精密)播种机试验方法》为依据^[7],考察种子经过排种器工作后的破碎率。其中,未破损的种子采用人工挑拣进行分选。破碎率 X 的计算公式为^[8]

$$X = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \tag{3}$$

式中 m_1 ——未破碎种子质量
 m_0 ——每次排种器排出种子总质量

试验设备:JPS-12 型排种器性能检测试验台(哈尔滨博纳科技有限公司)^[9];精度为 0.000 1 g 的电子天平。试验装置如图 6 所示。

3.2 正交试验结果与分析

型孔直径不仅影响充种性能,且在后续的清种、护种和投种过程中影响种子的破碎率;同时清种轮轴转速和投种钢丝倾角直接影响种子的破碎率。因此,选取对试验指标有显著影响的清种轮轴转速、型孔直径和推种钢丝倾角 3 个因素作正交试验,其中清种轮轴的转速由排种滚筒主轴转速决定。

3.2.1 试验设计

正交试验的因素水平如表 1 所示。选用 $L_8(2^7)$ 正交表进行正交试验^[10]。

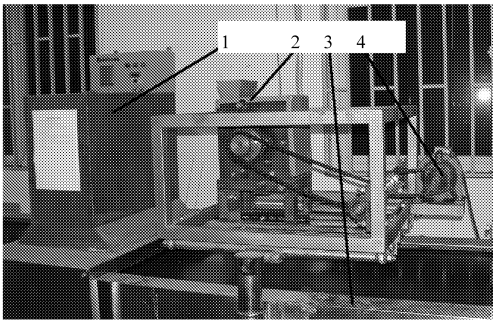


图 6 试验装置

Fig. 6 Experimental devices

1. CCD 自动检测仪 2. 槽孔轮式排种器
3. JPS-12 型排种器试验台 4. 电动机

表 1 正交试验因素与水平

Tab. 1 Factors and levels

水平	因素		
	清种轮轴转速	型孔直径	推种钢丝倾角
	$A/\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	B/mm	$C/(\text{^\circ})$
1	87	2.8	33
2	104	2.9	35

3.2.2 试验结果分析

每组试验重复进行 3 次,取平均值后得到种子破碎率。试验数据和极差分析如表 2 所示,搭配表如表 3 所示。

表 2 正交试验方案与试验结果

Tab. 2 Schedule and results

试验号	A	B	AB	C	AC	BC	误差	种子破碎率/%
1	1	1	1	1	1	1	1	2.37
2	1	1	1	2	2	2	2	3.21
3	1	2	2	1	1	2	2	4.64
4	1	2	2	2	2	1	1	2.10
5	2	1	2	1	2	1	2	0.73
6	2	1	2	2	1	2	1	1.22
7	2	2	1	1	2	2	1	2.83
8	2	2	1	2	1	1	2	1.35
K_1	12.32	7.53	9.76	10.57	9.58	6.55	8.52	
K_2	6.13	10.92	8.69	7.88	8.87	11.90	9.93	
k_1	3.08	1.88	2.64	2.44	2.40	1.64	2.13	
k_2	1.53	2.73	1.97	2.17	2.22	2.98	2.48	
R	1.55	0.85	0.67	0.27	0.18	1.34	0.35	

表 3 BC 搭配表

Tab. 3 Arrangement of factors B and C

	B_1	B_2
C_1	2.37 + 0.73 = 3.10	4.64 + 2.83 = 7.47
C_2	3.21 + 1.22 = 4.43	2.10 + 1.35 = 3.45

破碎率的极差分析表明,A 是影响破碎率的主要因素,其次是 BC 和 B。因素 A 取水平 2,破碎率

较低。通过表 3 的 BC 搭配表可知 BC 的交互作用是 B_1C_1 最好。因此,因素水平最优组合为 $A_2B_1C_1$, 破碎率最低为 0.73%。

试验中种子的破碎形态主要表现为种子的碎化,如图 7a 所示。试验发现,在排种器工作时型孔内充有 2 粒种子容易受清种轮轴的研磨、挤压,从而使种子的破碎率增加;另外有的种子在清种区域逃

逸出型孔,则会被清种轮轴研磨挤碎。

还有部分种子的破碎形态表现为破皮、拦腰斩断,分别如图 7b、7c 所示。推种钢丝在工作时,会与部分种子产生冲击,冲击小时将种子外皮刮掉,当冲击大时则导致种子被拦腰斩断。

4 结 论

(1)槽孔轮式排种器为一器四行,在满足精量排种要求的前提下,破碎率低,且采用推种钢丝投种,有效解决了机械式排种器型孔堵塞问题。

(2)对种子充种过程分析计算表明,满足种子充种的排种滚筒理论转速临界值为 22.66 r/min。

(3)正交试验结果表明,在清种轮轴转速为 104 r/min、型孔直径 2.8 mm、推种钢丝倾角 33° 时,破碎率最低为 0.73%。

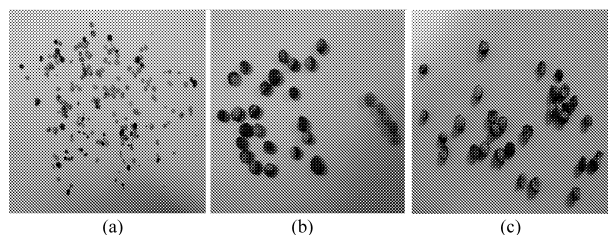


图 7 种子的破碎形态

Fig.7 Forms of damaged rapeseeds

(a) 碎化 (b) 破皮 (c) 拦腰斩断

参 考 文 献

- Bereket B Z. Effect of different operating parameters on seed holding in the single seed metering unit of a pneumatic planter [J]. Turkish Journal of Agricultural Machinery, 2004, 28(6): 435 ~ 441.
- 石宏,李达. 目前国内外播种机械发展走向[J]. 农业机械化与电气化,2000(1):47.
Shi Hong, Li Da. Trend of sowing machinery development at home and abroad [J]. Agricultural Mechanization and Electrification, 2000(1): 47. (in Chinese)
- 田波平,廖庆喜,黄海东,等. 2BFQ-6 型油菜精量联合直播机的设计[J]. 农业机械学报,2008,39(10):211 ~ 213.
Tian Boping, Liao Qingxi, Huang Haidong, et al. Design on type 2BFQ-6 precision combined direct rapeseed-sowing machine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(10): 211 ~ 213. (in Chinese)
- 赵进辉. 油菜免耕直播排种器排种性能的试验研究[D]. 长沙: 湖南农业大学,2005.
Zhao Jinhui. Test and study on seeding performance of rape no-tillage and direct seeding device [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2005. (in Chinese)
- 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- 吴福通. 正负气压组合式油菜籽精量直播排种器的研究[D]. 武汉:华中农业大学,2007.
Wu Futong. Research on positive and negative pressure combination presion metering device for rape seed [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2007. (in Chinese)
- GB/T 6973—2005 单粒(精密)播种机试验方法[S].
GB/T 6973—2005 Testing methods of single seed drills (precision drills) [S]. (in Chinese)
- 廖庆喜,高焕文. 玉米水平圆盘精密排种器种子破损试验[J]. 农业机械学报,2003,34(4):57 ~ 59.
Liao Qingxi, Gao Huanwen. Experimental study on corn seed damaging in a horizontal plate prision metering [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2003, 34(4): 57 ~ 59. (in Chinese)
- 哈尔滨博纳科技有限公司. JPS-12 型排种器性能检测试验台使用说明书[M]. 哈尔滨:博纳科技有限公司,2007.
- 袁志发. 试验设计与分析[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- 廖庆喜,李继波,覃国良. 气力式油菜精量排种器试验[J]. 农业机械学报,2009,40(8):44 ~ 48.
Liao Qingxi, Li Jibo, Qin Guoliang. Experiment of pneumatic precision metering device for rapeseed [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(8): 44 ~ 48. (in Chinese)
- 廖庆喜,李继波,覃国良. 气力式油菜精量排种器气流场仿真分析[J]. 农业机械学报,2009,40(7):78 ~ 82.
Liao Qingxi, Li Jibo, Qin Guoliang. Simulation analysis on air current field of pneumatic precision metering device for rapeseed [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(7): 78 ~ 82. (in Chinese)
- 袁文胜,吴崇友,金诚谦. 异形孔窝眼轮式油菜排种器设计与试验[J]. 农业机械学报,2009,40(5):72 ~ 75.
Yuan Wensheng, Wu Chongyou, Jin Chengqian. Design and experiment on seed-metering device with special cells for cole seed [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(5): 72 ~ 75. (in Chinese)