

中心传动强推式精密排种器设计

张宇文¹ 张文超¹ 李冬肖²

(1. 宝鸡市农业科学研究所, 岐山 722400; 2. 陕西荣华杂交油菜种子有限公司, 西安 710075)

【摘要】 针对机械式多功能精密排种器传动轴不在排种轮中心的问题,采用新的推种轮齿形曲线,使推种轮位置降低,传动轴在排种轮中心。研究确定了不同种子对应排种轮孔径和数量的关系,测定了排种器的排种量、种子破损率和可靠性,设计了中心传动强推式精密排种器。

关键词: 精密排种器 推种轮齿 排种孔 设计

中图分类号: S223.2⁺5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)02-0078-04

Design for Precision Metering Device with Center Transmission

Zhang Yuwen¹ Zhang Wenchao¹ Li Dongxiao²

(1. Baoji Institute of Agricultural Sciences, Qishan 722400, China

2. Shaanxi Ronghua Rape Seed Co., Ltd., Xi'an 710075, China)

Abstract

Aimed to the problem that the transmission axis of the multiple functions of precision seed-drilled appliance is not in the center of the seed-drilled wheel, the new curve for seed pushing wheel was applied, to lower the location of seed pushing wheel, and locate the transmission axis in the center of the seed pushing wheel. Furthermore, the aperture and number of the seed pushing wheel for different seeds were investigated, and the seeds amount of per hole, the rates of broken seeds and the reliability were all measured. The new type precision seed-drilled appliance has been produced, and been applied in multiple types drills successfully in present.

Key words Precision metering device, Seed pushing tooth, Seed pushing hole, Design

引言

油菜等小粒种子由于粒径小,流动性较强,难以实现精密排种。机械式多功能精密排种器解决了小粒种子作物精密播种的问题,在生产上应用效果较为理想^[1]。但这种排种器带有短轴,装配不便;由大推种齿带动排种轮转动,排种轮上的啮合齿易受损,影响产品的寿命;偏心传动转动阻力较大;小粒种子播量调节范围较小;排种器盒存种量大,剩余种子清理较为困难。针对上述问题,本文设计中心传动强推式精密排种器^[2],缩小推种轮直径,使排种轮带动推种轮,排种轴在排种轮中心,在排种盒的一端增加清种槽,剩余种子清理方便彻底。

1 结构及工作原理

中心传动强推式精密排种器为窝眼轮式精密排种结构。工作时排种轮在排种盒内向上转动,种子因重力作用进入窝眼,当转动到上部时,窝眼外的种子被毛刷阻挡,排种轮窝眼转动到下部时,种子被内啮合的推种轮齿推出,解决了种子受挤压窝眼堵塞造成的缺苗问题。与以前设计的机械式多功能精密排种器不同的是,改大推种轮齿带动排种轮转动为排种轮转动带动推种轮转动,传动动力在排种轮轴心,结构如图1所示。排种轮上有两排小孔、一排中孔和一排大指形排种槽,用于播种小、中、大粒种子。也可按生产需要去掉大指形槽,作成全小孔、全中

孔、4排小孔加1排中孔和2排小孔加2排中孔等多种排种轮。小孔和中孔的孔径可按要求加工。播量调节插板为金属薄板冲压制成,下部有圆弧勾,勾在底板上,使其不会随排种轮转动而转动,从大指形槽一端向小排种孔方向插入,排种器壳一侧的顶压柱给以反向轴心的压力,使其在盒内紧贴在排种轮上,露出排种孔,孔眼大小、排数决定播种的粒型和播量。在盛种盒底部有与排种轮相切的圆弧防漏面,使震动时种子也不会漏掉。播种结束后,抽出开口销,扳下清种槽,可将剩余种子快速清理干净。

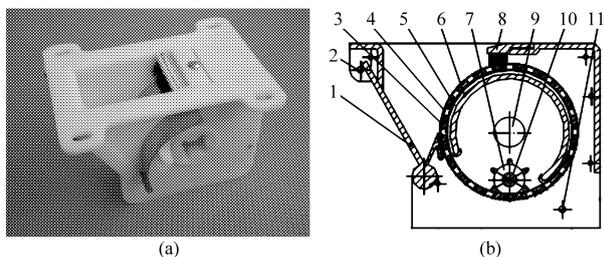


图1 中心传动强推式精密排种器

Fig.1 Center transmission force pushed types precision seeding device

(a) 三维图 (b) 结构简图

- 1. 清种槽 2. 开口销 3. 播量调节插板 4. 排种孔 5. 小粒阻漏圈 6. 中粒阻漏圈 7. 小粒推种轮 8. 毛刷 9. 排种轴孔 10. 推种轮轴 11. 漏斗挂接孔

2 推种轮齿曲线

中心传动强推式精密排种器采用排种轮中心轴传动,要求推种轮齿不能触及到排种轴,推种轮直径必须缩小,将推种轮轴心下移到距排种轮轴心为排种轮最大内半径的3/4处,这样推种轮与排种轮的转速比为4,通过分析运动关系,推导出推种轮齿曲线^[3],参数方程为

$$\begin{cases} x = -R\sin\frac{\theta}{2} + \left(\frac{R-q}{2} - r\right)\sin 2\theta \\ y = R\cos\frac{\theta}{2} - \left(\frac{R-q}{2} - r\right)\cos 2\theta \end{cases} \quad (1)$$

式中 R ——排种轮内半径

r ——与排种轮相内切的推种轮半径

θ ——角度

q ——推种轮和排种轮传动比为4时,推种轮与排种轮无滑动相切段内半径与有滑动相切段内半径的差值

推种轮齿曲线如图2a所示,将小推种轮和中推种轮相应数据赋值给参数方程,绘制出曲线,截取曲线部分片段拼接组合,作出推种轮齿。图2b为排种轮内径68mm,推种轮直径17mm,齿根直径2.8mm的6齿小推种轮。图2c为排种轮内径64mm,推种

轮直径13mm,齿根直径5mm的4齿中推种轮。生产的小推种轮在内径为68mm,孔径为3~5mm的排种轮孔眼中平稳啮合,中推种轮在内径64mm,孔径为8~12mm的排种轮孔眼中也啮合平稳。

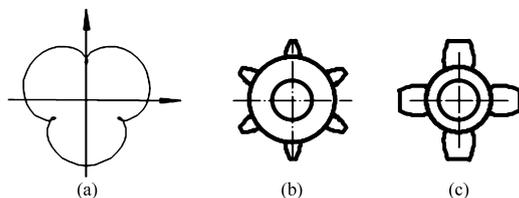


图2 推种轮齿形曲线和推种轮

Fig.2 Seed pushing wheel teeth curves and pushing wheel

(a) 推种轮齿形曲线 (b) 小推种轮 (c) 中推种轮

3 排种孔的确定

要使推种轮齿啮合于排种孔中,排种孔孔径必须大于对应的推种轮齿根直径,排种孔最小孔径应按以下公式计算

$$D = \frac{\pi(D_i - 4d_o)}{4n} + a \quad (2)$$

式中 D ——排种孔孔径 D_i ——排种轮内径

d_o ——推种轮外径 n ——推种轮的齿数

a ——推种轮齿根直径

按式(2)计算,小粒推种轮外径为17mm,对应排种轮内径为68mm,排种轮内径正好是推种轮外径的4倍,排种孔最小孔径等于推种轮齿根直径,即2.8mm。中粒推种轮外径为13mm,对应排种轮内径为64mm,推种轮齿数为4,齿根直径为5mm,计算得排种孔最小孔径为7.36mm。

推种轮与排种轮的速比为4,理论上排种轮上的一排排种孔数应为对应推种轮齿数的4倍,即小粒推种轮齿数为6,则对应排种轮一排排种孔数应为24;中粒推种轮齿数为4,则对应排种轮一排排种孔数应为16。但这样推种轮齿始终会啮合贴于排种孔远端孔壁,因加工误差和机械磨损难以保证推种轮齿啮合在排种孔中,易造成损伤以至于报废,理想的情况是推种轮齿每次都能啮合贴于排种孔近端孔壁或排种孔的中心,为实现这一目的,可通过以下关系进行调整

$$N = \frac{\pi D_i}{\frac{\pi d_o}{n} - a + D} \quad (3)$$

式中 N ——排种孔数

用式(3)计算,孔径为3.0、3.5、4.0和5.0mm小排种孔数 N 分别为23.47、22.25、21.15和19.25,对应排种孔数应分别为24、23、22~23和20~23个;孔径为8、9、10、11和12mm中排种孔数 N 分别为

15.22、14.15、13.22、12.40和11.68,对应排种孔数分别为16、15、14~15、13~15和12~15个。

4 分析与测试

4.1 极限角速度

种子的形状视为球形,排种轮以 ω 角速度转动,种子靠重力落入排种孔中,当种子重心降至低于排种孔沿时,必能保证进入排种孔,排种轮转动对种子产生离心力,按自由落体和离心力推导出圆粒种

子充种的极限角速度为

$$\omega_{\max} \leq \frac{g \left(D - \frac{d_s}{2} \right)^2}{\sqrt{d_s R^2 - R \left(D - \frac{d_s}{2} \right)^2}} \quad (4)$$

式中 g ——重力加速度

d_s ——种子直径

以式(4)计算出不同排种孔孔径、不同籽粒粒径对应的排种轮极限角速度如表1所示。

表1 不同排种孔孔径和种子粒径时排种轮的极限角速度

Tab.1 Limit speed with different pushing holes diameter for different diameter seeds

rad/s

排种孔 孔径/mm	种子粒径/mm												
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
3.0	13.53	7.33	5.15	3.89	3.01	2.34							
3.5	18.77	9.22	6.46	4.94	3.91	3.14	2.53						
4.0	28.97	11.44	7.89	6.05	4.85	3.97	3.28	2.71					
5.0		17.89	11.30	8.54	6.89	5.73	4.84	4.14	3.04				
8.0									7.19	5.79	4.73	3.89	
9.0									8.85	7.15	5.91	4.94	4.14
10.0									10.75	8.66	7.18	6.05	5.14
11.0									13.02	10.35	8.57	7.24	6.20
12.0									15.88	12.33	10.12	8.54	7.33

4.2 排种量

制作测试台架,用电动机通过减速器带动排种器转动,更换电动机与减速器胶带轮直径改变转速。测定不同孔径的排种孔对测试种子的排种量,以种

子的干粒质量和定时内排种孔的工作孔数求出每孔的排种数量,测定重复3次(表2)。被测试排种器的排种孔孔径范围为3~5mm,孔深均为2.8mm,测定时间均为2min。

表2 在不同排种孔孔径和角速度下小粒种子的每孔排种量

Tab.2 Pushing seed amount of per hole with different hole diameters and speeds for small grain seeds

g

作物	排种孔孔径/ mm	排种器角速度/ $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$				
		1.89	2.77	3.90	4.96	6.85
菜心(粒径1.5mm;千粒质量2.2g)	3.0	3.20	2.89	2.22	1.56	0.97
	3.5	5.76	5.30	4.71	4.36	3.81
	4.0	10.11	9.89	9.39	8.62	7.53
谷子(粒径1.7mm;千粒质量2.8g)	3.0	4.63	3.88	2.84	1.75	1.06
	3.5	7.72	7.26	6.37	5.35	4.31
	4.0	13.07	12.53	11.68	10.29	8.56
油菜(粒径2.0mm;千粒质量4.0g)	3.0	1.88	1.44	0.76	0.37	0.16
	3.5	2.72	2.60	2.42	2.05	1.42
	4.0	4.15	4.02	3.58	3.12	2.61
芝麻(籽粒3.2mm×1.7mm×0.7mm;千粒质量2.1g)	3.0	3.23	2.96	2.14	1.47	1.35
	3.5	5.95	5.72	3.59	2.67	1.96
	4.0	8.65	6.94	6.78	6.76	5.33
洋葱(籽粒3.4mm×2mm×1.2mm;千粒质量2.9g)	4.0	3.32	2.90	2.44	2.05	1.60
	4.5	4.61	4.41	4.15	3.59	3.12
	5.0	7.43	6.97	6.63	6.14	5.45
辣椒(籽粒4mm×3.5mm×1.2mm;千粒质量5.0g)	4.0	1.70	1.52	1.34	1.10	0.96
	4.5	2.48	2.20	2.10	1.73	1.46
	5.0	3.42	3.19	2.81	2.61	2.20

4.3 排种孔孔径

根据排种器对不同种子排种的极限角速度和每孔排种数量测定结果来确定排种孔的大小。对排种器来说,每孔排种数量必须大于1粒,否则会出现缺苗;但也不能太多,否则就会失去精密播种的意义。对于相同的种子,若作业速度较快,排种孔应大一些,而作业速度较低,排种孔应小一些。所以,菜心的排种孔径为3.0 mm,谷子、芝麻为3.0~3.5 mm,油菜为3.5~4.0 mm,洋葱为4.0~4.5 mm,辣椒为

4.0~5.0 mm。

4.4 种子破损率

小粒种子在不同排种孔孔径和角速度下的的破损率如表3所示。结果表明,随着排种孔孔径增大,种子的破损率有所增加;角速度提高,种子破损率会有所下降;不同种子之间破损率差异很大;整体来说排种器对小粒种子排种破损率比较低;针对播种的种子不同分别加工不同孔径排种孔和合理调整速比,可以使种子破损率明显降低。

表3 在不同排种孔孔径和角速度下小粒种子的破损率

Tab.3 Broken rate of small grain seeds under different pushing seed hole diameters and speeds

%

作物	排种孔孔径/ mm	排种器角速度/ $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$				
		1.885	2.765	3.896	4.964	6.849
菜心(粒径1.5 mm;千粒质量2.2 g)	3.0	0.95	0.58	0.16	0.14	0.16
	3.5	0.80	0.59	0.33	0.05	0.07
	4.0	2.78	2.49	2.12	1.72	1.36
谷子(粒径1.7 mm;千粒质量2.8 g)	3.0	0	0	0	0	0
	3.5	0	0	0	0	0
	4.0	0	0	0	0	0
油菜(粒径2.0 mm;千粒质量4.0 g)	3.0	0.22	0.10	0.06	0.22	0.54
	3.5	1.50	1.08	1.14	0.45	0.36
	4.0	4.20	4.60	4.69	3.37	2.90
芝麻(籽粒3.2 mm×1.7 mm×0.7 mm;千粒质量2.1 g)	3.0	0	0	0	0	0
	3.5	0	0	0.48	0.21	0.18
	4.0	0.55	8.04	6.80	6.00	5.10
洋葱(籽粒3.4 mm×2 mm×1.2 mm;千粒质量2.9 g)	4.0	0	0	0	0	0
	4.5	0	0	0	0	0
	5.0	0	0	0	0	0
辣椒(籽粒4 mm×3.5 mm×1.2 mm;千粒质量5.0 g)	4.0	0	0	0	0	0
	4.5	0	0	0	0	0
	5.0	0	0	0	0	0

4.5 排种器使用寿命

从2008年5月4日到2008年7月10日,对2007年8月用ABS工程塑料注塑生产的3000只中心传动强推式精密排种器产品中,随机抽取4只作为一组,在测试台架上以4.964 rad/s的角速度对谷子、油菜进行排种测试,累计运转169 h,所有排种器均未出现故障。装配精密播种机在全国26个省、市、区试验,示范播种油菜、谷子、菜心、芝麻、胡萝卜、马齿苋、苜蓿、苏子、芥蓝、洋葱和菠菜等小粒种子,性能稳定,其中地处新疆伊犁昭苏县的农四师74团和天山乡的林海江各改装一台24行播种机,单机年播种油菜160 hm²,未出现技术质量问题。

推种轮直径,使传动轴处于排种轮中心,结构紧凑、装配方便、阻力减小、工作可靠。

(2) 研究探讨推种轮齿与排种孔啮合的关系,推导出排种孔孔径与数量关系式,可针对不同籽粒对应加工不同的排种轮。

(3) 试验分析了排种器不同排种孔孔径对不同粒径种子排种的极限角速度。测定了不同孔径排种孔对几个主要小粒种子的排种量和破损率,确定了不同种子的理想排种孔孔径。

(4) 设计生产出中心传动强推式精密排种器,测试寿命较长,在全国各地试验、示范,质量稳定可靠。

(下转第121页)

5 结论

(1) 采用推种轮曲线设计制作推种轮齿,缩小

对于 MAP 贮藏来说,单纯厚袋贮藏对黄金梨果实起到了一定的自发气调作用,1-MCP 处理后果实发生了不同程度的果皮和果肉伤害。

4 结束语

对于 CA 贮藏来说,3.0% O₂ + 0.5% CO₂ 组合贮藏黄金梨能获得较好的防褐保鲜效果,可保持果

实较高硬度,完全抑制果皮黑皮,明显降低果心褐变指数,黄金梨在 CA 贮藏条件下不宜采用 1-MCP 处理。对于 MAP 贮藏来说,挽口和薄袋扎口结合 0.5 μL/L 1-MCP 处理能获得良好的防褐保鲜效果。在无 1-MCP 处理条件下,厚袋扎口处理能起到良好的自发气调作用,而 1-MCP 处理的果实则产生不同程度的 CO₂ 伤害。

参 考 文 献

- 1 Devon Zagory. Advances in modified atmosphere packaging (MAP) of fresh produce [R]. Perishables Handling Newsletter Issue No. 90, 1997(5):2~4.
- 2 李湘利,张子德,刘静. 不同包装及化学物质对黄金梨虎皮病的影响[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(2):140~143.
Li Xiangli, Zhang Zide, Liu Jing. Effects of different packages and antioxidants on the skin brown of Whangkeumbae[J]. Food Research and Development, 2007, 28(2):140~143. (in Chinese)
- 3 田龙. 黄金梨的气调贮藏保鲜试验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(10):77~80.
Tian Long. Study on control atmosphere storage of whangkeumbae[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(10):77~80. (in Chinese)
- 4 李湘利. 黄金梨采后生理及贮藏技术研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2005.
- 5 王志华, 王文辉, 佟伟, 等. 1-MCP 对八月红梨防褐保鲜的效应[J]. 江苏农业学报, 2008, 24(3):338~343.
Wang Zhihua, Wang Wenhui, Tong Wei, et al. Effect of 1-MCP on inhibition of browning of Bayuehong pear[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2008, 24(3):338~343. (in Chinese)
- 6 孙希生, 王文辉, 王志华, 等. 1-MCP 对苹果采后生理的影响[J]. 果树学报, 2003, 20(1):12~17.
Sun Xisheng, Wang Wenhui, Wang Zhihua, et al. Effects of 1-MCP treatment on physiology of apples after harvest[J]. Journal of Fruit Science, 2003, 20(1):12~17. (in Chinese)
- 7 王文辉, 李振茹, 王志华, 等. 采收期对黄金梨品质及黑心病的影响[J]. 中国果树, 2005(5):13~15.
Wang Wenhui, Li Zhenru, Wang Zhihua, et al. Effects of harvest time on quality and black heart of whangkeumbae pear[J]. China Fruit, 2005(5):13~15. (in Chinese)
- 8 鞠志国, 朱广廉, 曹宗巽. 气调贮藏条件下 CO₂ 对莱阳茌梨果肉褐变的影响[J]. 园艺学报, 1988, 15(4):229~232.
Ju Zhiguo, Zhu Guanglian, Cao Zongxun. The induction of flesh browning in 'Laiyangchili' by high CO₂ under controlled atmosphere storage[J]. Acta Horticulturae Sinica, 1988, 15(4):229~232. (in Chinese)

(上接第 81 页)

参 考 文 献

- 1 张宇文. 机械式多功能精密排种器的设计[J]. 农业机械学报, 2005, 36(3):51~53.
Zhang Yuwen. Research and design for making a new type of mechanized and multiple functions of precision seed-drilled appliance[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(3):51~53. (in Chinese)
- 2 张宇文, 咎林森. 中心传动强推式及半口盛种精密排种器: 中国, ZL200710017665.3 [P]. 2008-09-24.
- 3 张宇文, 罗全伟. 多功能精密排种器推种轮齿形曲面的分析[J]. 农业机械学报, 2006, 37(1):43~46.
Zhang Yuwen, Luo Quanwei. Analysis of curved surface of seed pushing wheel for multiple function precision seed metering device[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(1):43~46. (in Chinese)
- 4 北京农业工程大学. 农业机械学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.