

改进型夹持式棉花穴播轮排种过程高速摄像分析*

王吉奎¹ 郭康权² 吕新民² 蒋蓓¹ 李斌¹

(1. 石河子大学机械电气工程学院, 石河子 832003; 2. 西北农林科技大学机械与电子工程学院, 陕西杨凌 712100)

【摘要】 采用高速摄像技术对改进型夹持式棉花穴播轮的工作过程进行了分析。分析得知, 充种区的种子作大、小2个环流运动, 可实现两次冲刷充种, 种子相对种子室的运动较改进前有所增大, 从而增大了充种机率; 取种器漏充的主要原因是2粒种子横向并排摆放在夹种口中引起的; 清种方式有3种: 即种子在重力作用下落下、夹种口变小种子被挤出夹种口和种子的平衡位置被破坏落下; 种子进入夹种口的平均速度随穴播轮转速的增大而逐渐减小。

关键词: 棉花 穴播轮 工作过程 高速摄像

中图分类号: S223.2⁺3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)10-0074-05

High-speed Photography Analysis on Operating Process of Improved Clamping Dibbler for Cotton

Wang Jikui¹ Guo Kangquan² Lü Xinmin² Jiang Bei¹ Li Bin¹

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Shihezi University, Shihezi 832003, China

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract

For the randomness and uncertainty of seed movement in sowing process of the clamping dibbler, high-speed photography technique was used to analyze the operating process of the improved clamping dibbler. The seeds in seed-collecting area could make two seeds circulation movements flows, which could make twice scouring seed-filling, and the seed speed relative to the seed-room was greater than unimproved dibbler, so the probability of seed-filling was increased. The main reason leading to seed-missing of seed-collecting devices was that two seeds were placed in parallel in the seed-clamping mouth. There were three ways to achieve seed-cleaning operation, one was that seeds fall under the action of gravity, another was that seeds were squeezed out the seed-clamping mouth with the seed-clamping mouth litter, and the third was that seeds fall due to the equilibrium position of seeds disappear as the dibbler rotating. The average velocity of seeds entering the seed-clamping mouth decreased gradually with increasing of dibbler rotational speed. The findings were beneficial to comprehend the working process of dibbler microscopically.

Key words Cotton, Dibbler, Operating process, High-speed Photography

引言

夹持式穴播轮是一种机械式棉花精密播种装置, 其主要工作是从一群杂乱无章的种粒中按一定

的时间间隔取得一粒种子, 并依次投放到种穴中。穴播轮的工作性能与单粒种子的运动密切相关。由于穴播轮作业对象是脱绒棉种, 种子是散粒体, 种粒间存在物料学特性差异, 工作时种子室内的种粒间

收稿日期: 2011-04-18 修回日期: 2011-05-30

* 国家自然科学基金资助项目(50565004)

作者简介: 王吉奎, 副教授, 博士, 主要从事农业机械装备研究, E-mail: shzwjk@126.com

通讯作者: 郭康权, 教授, 博士生导师, 主要从事农业机械装备研究, E-mail: jdqkq@nwsuaf.edu.cn

存在较为复杂的力学关系,因此单粒种子的运动和姿态难以定量描述。穴播轮排种过程中种子运动存在较大的随机性和不确定性,通常在实际研究工作中,试验是研究穴播轮(排种器)的重要手段^[1-2]。

应用高速摄像技术可以观察到运动的每一个细节,故在排种器的研究中可用高速摄像技术观测种子室内各工作部件的工作情况以及种子在种子室内的运动规律。王在满等采用高速摄像技术拍摄了型孔式水稻排种轮的充种过程,分析了充种区内稻种的流动规律、充种姿态以及充种趋势;廖庆喜等将高速摄影用于精密排种器性能检测;袁月明等用高速摄像技术分析气吸式排种器投种过程^[3-9]。本文采用高速摄像技术观察分析改进后的夹持式穴播轮种子室中种子的运动规律以及穴播轮的工作过程,研究结果对深入了解夹持式穴播轮的工作性能具有一定参考价值。

1 穴播轮基本结构原理

改进后的穴播轮结构如图 1 所示。取种器由重块、接种杯、支座、夹种口和滚轮组成,滚轮设在重块末端,定盘上设护种轨道,充种区设有充种装置,投种区设有投种装置。工作时取种器经过种子群的过程中在充种装置或种子群力的作用下,种子进入夹种口;取种器离开种子群进入清种区时滚轮在护种轨道和重力的作用下重块顺时针转动使夹种口变小,夹种口中的种子被夹住;当取种器进入落种区后在投种装置的作用下重块反向转动夹种口被张开,种子从夹种口落入接种杯、进入鸭咀,鸭咀在地面掘穴并打开,种子落入种穴,完成一次排种^[10-11]。

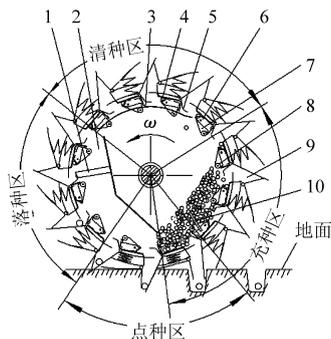


图 1 穴播轮结构

Fig. 1 Diagram of dibbler

1. 投种装置 2. 挡种圈 3. 护种轨道 4. 夹种口 5. 接种杯
6. 支座 7. 重块 8. 滚轮 9. 鸭咀圈 10. 充种装置

2 试验材料和方法

2.1 材料设备

试验用种子品种为新陆早-26号,种子经脱绒、抛光和人工精选,种子无破碎,其含杂率小于

0.1%,种子经干燥后其含水率为 5.6%。试验用设备为加拿大 CPL-MS70K 型高速摄像机,光源采用普通照明用的 200 W 白炽灯泡。试验在 PSD-8 型多功能排种器试验台上进行。

2.2 试验方法

穴播轮定盘一侧透明,高速摄像机正对穴播轮透明一侧。穴播轮转速设 4 个水平,即 35、40、45、50 r/min,每个速度下拍摄时间为 6 s。启动 MS70K-DMG2 操作系统,设置好工作参数,调整光源及焦距直至种子室清楚地显示在监视器上为止。然后启动排种器试验台,调整穴播轮转速,待穴播轮转动平稳后开始拍摄,将拍摄的图像信息转为 AVI 格式,并存储。最后用 Shortcut to AVIPlayer.exe 图片播放软件打开采集的图像文件,通过不断重复使用播放、暂停和回放按钮观察穴播轮的工作过程。

3 试验结果

3.1 充种区种子运动

穴播轮转动后种子室内种子的运动如图 2 所示,图中箭头表示种子运动方向。未安装充种装置时整个种子在充种区只作一个环流运动,安装充种装置后种子的环流运动发生了改变。沿种子室内圈上升的种子在充种装置的阻隔下其上升速度减慢,种子与种子室内壁间有明显的相对运动;沿种子群面下落的种子只有高于充种装置的种子才能越过充种装置到达种子室底部,低于充种装置的种子则被挡住,并沿充种装置下落,这样沿种子群面下落的种子被分成两股种子流。两股种子流运动到种子室内圈后再沿种子室内圈上升至种子群面上端。在充种区种子群内部出现 2 个种子环流运动,即安装充种装置后充种区的种子既有大环流运动又有小环流运动。小环流运动包含在大环流运动内部。

用 v_1 、 v_2 、 v_3 和 v_4 分别表示图 2 中 1、2、3 和 4 所示种子运动的平均速度,测得不同穴播轮转速下 v_1 、

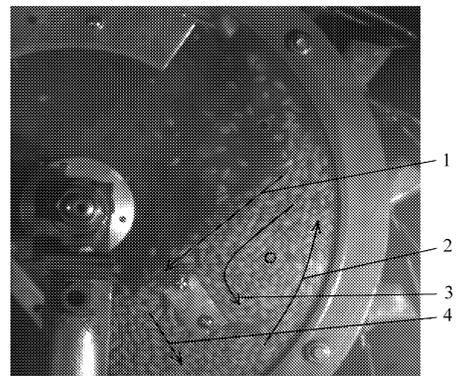


图 2 种子的运动

Fig. 2 Movement of seeds

v_2 、 v_3 和 v_4 的平均值如图 3 所示。

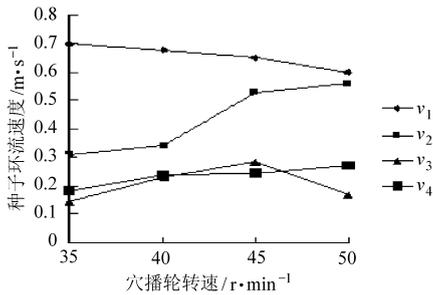


图 3 种子环流速度与穴播轮转速关系曲线

Fig. 3 Circulation velocity of seeds

在穴播轮试验转速范围内,经测定未安装充种装置时种子相对种子室内圈的平均速度变化范围为 0.20 ~ 0.28 m/s,安装充种装置后种子的相对速度变化范围为 0.35 ~ 0.42 m/s。安装充种装置后种子相对种子室内圈的速度增大,经过取种器的种子量增多,种子进入夹种口的机率亦增大。

3.2 充种

当取种器从挡种板下侧进入种子群时夹种口开口方向与种子运动方向相对,种子以一定的速度冲刷夹种口,此时会有种子进入夹种口并留在其中,完成一次冲刷充种。当取种器通过充种装置时,充种装置下端种子被取种器不断带起和落下,带起时取种装置右侧的种子也被掀起,在充种装置左侧种子群内出现一个空腔(图 4a)。落下时取种装置右侧的种子也随着下落,空腔被种子填充而消失(图 4b)。充种装置上侧的种子下落时其运动方向与夹种口相对,种子对夹种口再次冲刷,种子可以进入先前没有充种的夹种口,实现二次冲刷充种。

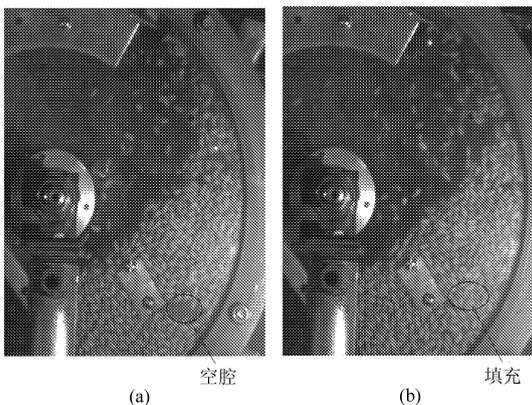


图 4 充种空腔

Fig. 4 Cavity of seed-filling

经观察,种子沿挡种板下落时在圆周方向种子的运动速度较小,一次冲刷充种速度主要与取种器的速度有关。在填充空腔的过程中种子从一定高度落下,种子进入夹种口的速度由种子的速度与种子室内圈的速度合成,两次冲刷充种速度如图 5 所示。由图可知,随着穴播轮转速的增大充种速度也将增大。

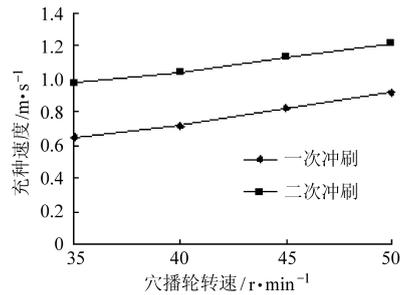


图 5 充种速度与穴播轮转速关系曲线

Fig. 5 Speed of seed-filling

3.3 清种

取种器离开种子群后夹种口中的种子失去种子群的保护,即进入清种阶段。取种器夹种口中多于一粒的种子在夹种口中的摆放姿态有如下几种形式:①2粒种子纵向并排放在夹种口中。②2粒种子横向并排放在夹种口中。③3粒种子放在夹种口中。④取种器支座的V形槽带起1粒种子。⑤夹种口中错位摆放2粒种子。⑥1粒种子竖立在夹种板和支座之间。⑦2粒种子重叠放在夹种口中。⑧种子错位重叠在夹种口中。⑨种子在夹种板端部。夹种口中多余种子各种摆放姿态如图 6 所示。

经观察,被夹种口带起的种子从夹种口落下的方式主要有3种:①随着穴播轮转动种子失去平衡后在重力作用下落下。②重块在转动过程中夹种口变小种子被挤出夹种口。③夹种板转动使种子的平衡位置被破坏而落下。夹种口中,种子的摆放姿态①和⑨以重力作用清种;姿态②、③、⑤、⑦和⑧以挤出夹种口的方式清种;姿态④和⑥以夹种板转动破坏其平衡而清种。在上述清种方式中,不稳定的种子均在重力作用下从夹种口落下。

若2粒种子横向并排摆放在夹种口内,取种器离开充种区后夹种口内的种子将失去种子群的保护,种子易从夹种口中落下形成漏充,漏充形成的过程如图 7 所示。由图可以看出,取种器刚离开种子群时夹种口内有2粒横向排列的种子,随着穴播轮转动外侧的一粒种子落下,随后内侧的一粒种子也落下,夹种口中不再有种子,形成漏充。出现这种情况的原因可能是因为两粒种子的重心均在夹种口支座外侧所致。

3.4 落种

取种器运动到落种区后重块被落种装置拨动,夹种口张开,种子从夹种口落下进入接种杯。种子进入接种杯的过程如图 8 所示。

种子开始从夹种口下落时随穴播轮一起转动,种子相对穴播轮回转中心有一定的速度,但相对接种杯种子下落初速度为零。以种子从夹种口有明显下落趋势开始计时,以种子重心位置与接种杯入口

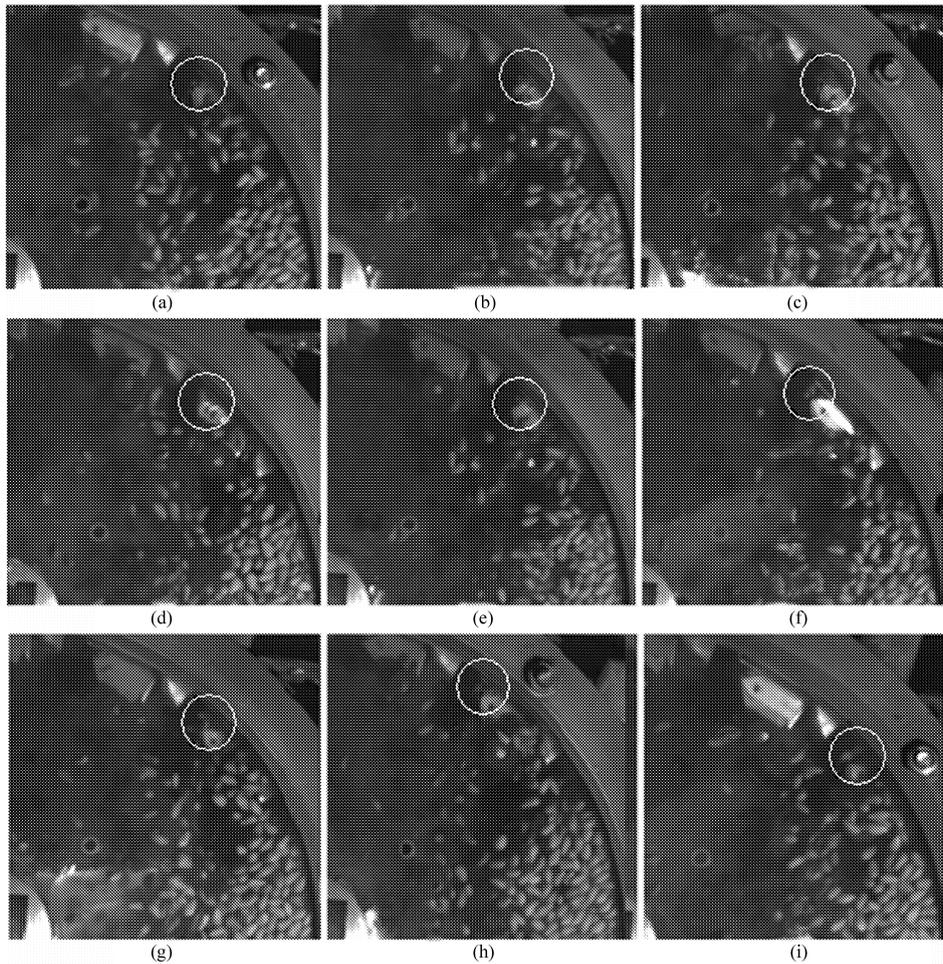


图 6 种子在夹种口中

Fig. 6 Seeds in seed-clamping mouth

(a) 纵向并排摆放 (b) 横向并排摆放 (c) 3 粒种子 (d) 种子在 V 形槽中 (e) 种子错位摆放
(f) 种子直立摆放 (g) 种子重叠 (h) 种子错位重叠 (i) 种子在夹种板端部

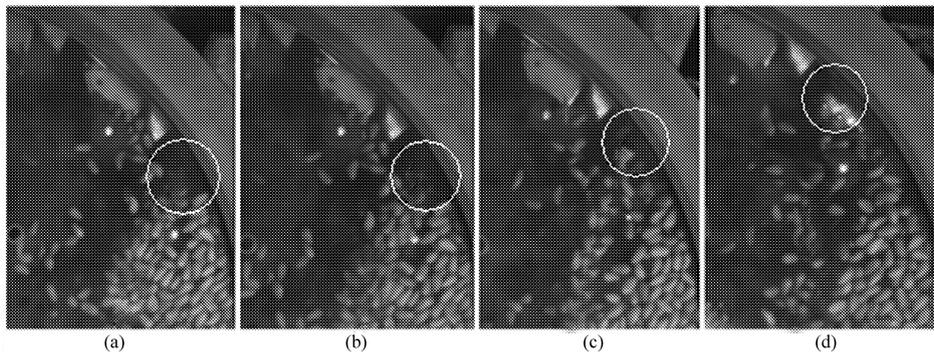


图 7 漏充过程

Fig. 7 Process of missed seed-filling

(a) 2 粒种子(693 帧) (b) 外侧种子在下落(695 帧) (c) 内侧种子在下落(703 帧) (d) 漏充形成(714 帧)

平齐为种子进入接种杯的时刻,测出在不同转速下种子从夹种口落入接种杯的平均速度如图 9 所示。种子落入接种杯的平均速度随穴播轮转速的增大而逐渐减小。

4 结论

(1) 安装充种装置后,沿种子群面下落的种子

被分成两股种子流,在充种区种子群内部产生大、小 2 个环流群,可实现 2 次冲刷充种。

(2) 安装充种装置后,种子相对种子室内圈的速度增大,增强了种子对夹种口的冲刷作用。

(3) 清种的方式有 3 种,即随着穴播轮转动种子在重力作用下落下,重块在转动过程中夹种口变小种子被挤出夹种口,夹种板转动使种子的平衡位

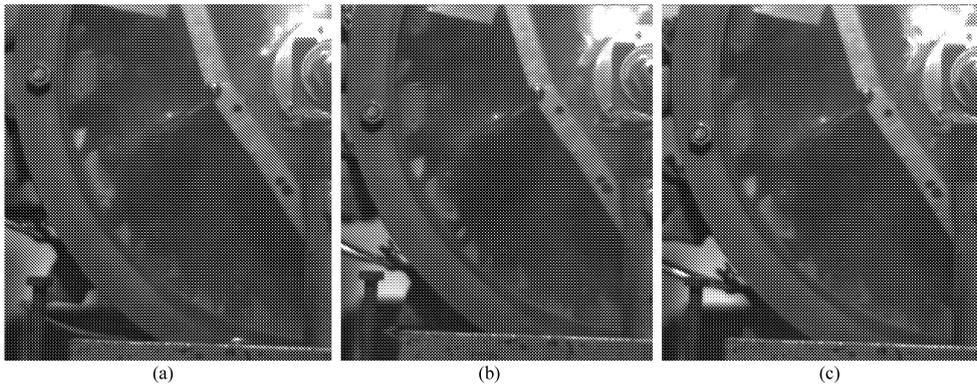


图8 落种过程

Fig.8 Process of seed-dropping

(a) 拨动重块(182帧) (b) 种子离开夹种口(209帧) (c) 种子进入接种杯(221帧)

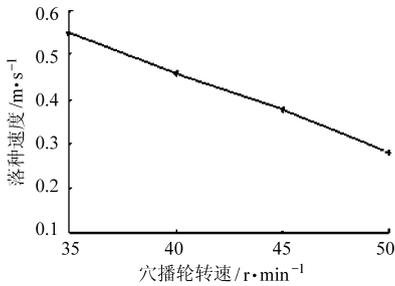


图9 落种速度与穴播轮转速关系曲线

Fig.9 Speed of seed-dropping

置被破坏而落下。

(4)若2粒种子横向并排摆放在夹种口内,且种子长轴与夹种口垂直,种子失去种子群的保护后,种子易从夹种口中落下形成漏充。

(5)取种器运动到落种区后落种装置拨动重块,重块反向转动,夹种口张开,种子从夹种口落下进入接种杯,种子进入夹种口的平均速度随穴播轮转速的增大而逐渐减小。

参 考 文 献

- 左彦军,马旭,玉大略,等. 水稻芽种窝眼窄缝式气吸滚筒排种器流场模拟与试验[J]. 农业机械学报,2011,42(2):58~62.
Zuo Yanjun, Ma Xu, Yu Dalue, et al. Flow field numerical simulation of suction cylinder seeder for rice bud seed with socket slot[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(2): 58~62. (in Chinese)
- 廖庆喜,黄吉星,刘光,等. 油菜播种机槽孔轮式精量排种器设计与试验[J]. 农业机械学报,2011,42(2):63~66.
Liao Qingxi, Huang Jixing, Liu Guang, et al. Design and experiment of precision metering device for slot wheeled seeder[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(2): 63~66. (in Chinese)
- 王静,廖庆喜,田波平,等. 高速摄像技术在我国农业机械领域的应用[J]. 农机化研究,2007,29(1):184~186.
- 陈进,边疆,李耀明,等. 基于高速摄像系统的精密排种器性能检测试验[J]. 农业工程学报,2009,25(9):90~95.
- 王在满,罗锡文,黄世醒,等. 型孔式水稻排种轮充种过程的高速摄像分析[J]. 农业机械学报,2009,40(12):56~61.
Wang Zaiman, Luo Xiwen, Huang Shixing, et al. Rice seeds feeding process in cell wheel based on high speed photography technology[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(12): 56~61. (in Chinese)
- 王乐,邱立春,李永奎. 玉米种子在导种管中运动过程的高速摄像分析[J]. 农机化研究,2010,32(10):130~132.
Wang Le, Qiu Lichun, Li Yongkui. High-speed photography analysis on process of corn seeds moving in seed tube[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010,32(10): 130~132. (in Chinese)
- 衣淑娟,蒋恩臣. 轴流脱粒与分离装置脱粒过程的高速摄像分析[J]. 农业机械学报,2008,39(5):52~55.
Yi Shujuan, Jiang Enchen. High speed photography analysis on process of threshing of axial flow threshing and separating installation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(5): 52~55. (in Chinese)
- 刘宏新,王福林. 立式圆盘排种器工作过程的高速影像分析[J]. 农业机械学报,2008,39(4):60~64.
Liu Hongxin, Wang Fulin. Study on high-speed image of working principle of vertical plate seed-metering device[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(4): 60~64. (in Chinese)
- 袁月明,马旭,朱艳华,等. 基于高速摄像技术的气吸式排种器投种过程的分析[J]. 吉林农业大学学报,2008,30(4):617~620.
- 石河子大学. 夹持式精密点播轮:中国,ZL200920139996.9[P]. 2010-01-06.
- 王吉奎,郭康权,吕新民,等. 夹持式棉花精密穴播轮的改进与试验[J]. 农业机械学报,2011,42(4):45~49.
Wang Jikui, Guo Kangquan, Lü Xinmin, et al. Experiment and improvement on the clamping cotton precision seeding dibbler[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011,42(4): 45~49. (in Chinese)