

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.06.011

气力板式蔬菜排种器设计与试验^{*}

夏红梅 李志伟 甄文斌
(华南农业大学工程学院, 广州 510642)

【摘要】 提出了一种气力板式排种器,进行了具体的结构设计,选取青江小白菜种子进行了播种性能试验。单因素试验结果表明,吸种孔直径增大,单粒率先增大后减小,多粒率总体趋势为增加,空穴率先减小后增大,吸种孔直径对单粒率、多粒率和空穴率的影响都非常显著。相对压力增大,单粒率先增大后减小,多粒率先增大后减小再增大,空穴率先减小后增大。相对压力对单粒率和空穴率的影响非常显著,对多粒率的影响并不显著。生产率增大,单粒率先增大后减小,多粒率总体为先降后增,空穴率呈增大趋势。生产率对单粒率和空穴率的影响非常显著,对多粒率的影响比较显著。

关键词: 排种器 蔬菜 气力板式 设计 试验
中图分类号: S223.2⁺5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)06-0056-05

Design and Experiment of the Vegetable Seed Metering Device in Pneumatic Plate-type

Xia Hongmei Li Zhiwei Zhen Wenbin
(College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract

Working principle of vegetable seed metering device in pneumatic plate-type was put forward. Correlative structure was designed. Qingjiang cabbage seeds were selected for sowing performance test. Single factor test results showed that with the increase of diameter of suction hole, single-seed rate began to increase and then decreased, multi-seed rate increased, empty-seed rate began to decrease and then increased. Influence of diameter of suction hole on single-seed rate, multi-seed rate and empty-seed rate was highly significant. With the increase of relative pressure, single-seed rate first increased and then decreased, multi-seed rate first increased, then decreased and last increased, empty-seed rate first decreased and then increased. Influence of relative pressure on single-seed rate and empty-seed rate was highly significant, while on multi-seed rate was not significant. With the increase of sowing efficiency, single-seed rate first increased and then decreased, multi-seed rate first decreased and then increased, empty-seed rate increased. Influence of sowing efficiency on single-seed rate and empty-seed rate was highly significant, while on multi-seed rate was not so significant.

Key words Seed metering device, Vegetable, Pneumatic plate-type, Design, Experiment

引言

气力式穴盘播种机具有不伤种,对种子外形尺寸要求不严,播种精度高等优点,国外已有不同类型的成熟产品,国内尚处研究试制阶段。气力式穴盘

播种机的排种器主要有针式、板式和滚筒式等结构形式。针式排种器精度较高,价格便宜,但播种效率低。滚筒式排种器较针式播种效率高,但滚筒结构复杂,加工工艺要求高,产品价格高。板式排种器能实现整盘同时播种,目前市场上全自动气力板式排

收稿日期: 2009-07-28 修回日期: 2009-10-09
^{*} 广东省农业厅资助项目
作者简介: 夏红梅,副教授,主要从事农业装备现代设计理论与方法研究,E-mail: xhm_scau@tom.com

种器播种生产率很高,生产成本也很高,主要应用于大型育苗工厂的高效精密播种^[1~5]。为适应我国农村中、小规模蔬菜工厂化育苗生产需要,提出一种低成本气力板式蔬菜排种器,并进行相关结构设计和播种性能试验研究。

1 工作原理

气力板式排种器由气室、开有导向槽和吸种小孔的吸排种面板和防止种子脱离吸排种面板的护种边框构成,由电动机通过连接臂驱动,吸排种过程如图1所示。在一个播种周期内,种子群初始容纳在侧面护种边框内,排种器从起始位置(图1a)开始逆时针转动,转动到角 θ 略大于 180° 的位置(图1c)时,再开始顺时针转动,直到与起始位置重合的排种位置(图1d)。整个过程中气室通负压气体,种子在吸排种面板的导向槽内流动,实现吸种孔口处充种和吸种,未被吸附的种子流入侧面护种边框内。在排种位置处电动机暂停1~2 s,气室内通正压气体,种子在自重及正压的作用下落入穴盘的穴孔中,完成排种过程。

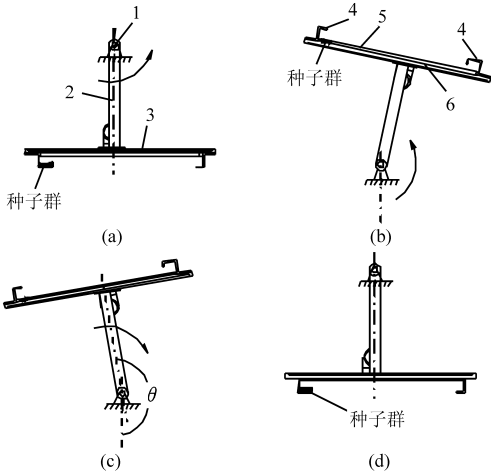


图1 气力板式排种器工作原理示意图
Fig. 1 Working principle of seed metering device in pneumatic plate-type

- (a) 排种器起始位置 (b) 逆时针转动
(c) θ 角处开始顺时针转动 (d) 暂停1~2 s 排种
1. 驱动电动机 2. 连接臂 3. 排种器 4. 边框
5. 吸排种面板 6. 气室

2 设计

2.1 排种器的结构方案

根据气力板式排种器的工作原理,排种器由排种板、密封板和边框构成,结构简图如图2所示。排种板和密封板结合面间的空腔形成排种器的气室,在排种板与边框结合一侧表面开有种子流动的导向槽,排种板上对应穴盘的穴孔中心位置开有吸种孔。

为保证气室的气密性,在排种板与密封板的结合面边缘开一圈密封槽,其中填充密封材料,密封板上的接口与气源相通。为存储种子,防止种子在运动过程中脱离排种器,并容纳排种器翻转过程中未被吸附的种子,边框的三侧面为L形,一侧为U型结构。

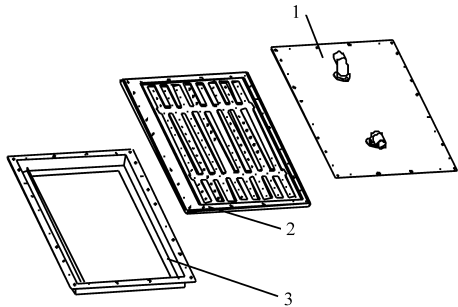


图2 排种器结构方案
Fig. 2 Structure scheme of seed metering device
1. 密封板 2. 排种板 3. 边框

2.2 排种板

排种板是排种器的关键部件,其结构尺寸参数直接影响播种性能的优劣。根据排种器结构方案,排种板整体结构为一个矩形薄板,其吸排种表面导向槽长度依据穴盘尺寸确定,宽度和高度综合考虑容种量及排种板的整体质量。排种板下表面开横槽和纵槽连通的矩形腔,与密封板配合构成气室。排种板上各吸种孔中心位置与穴盘上穴孔的中心对应。适于128孔穴盘的排种板结构简图如图3所示。

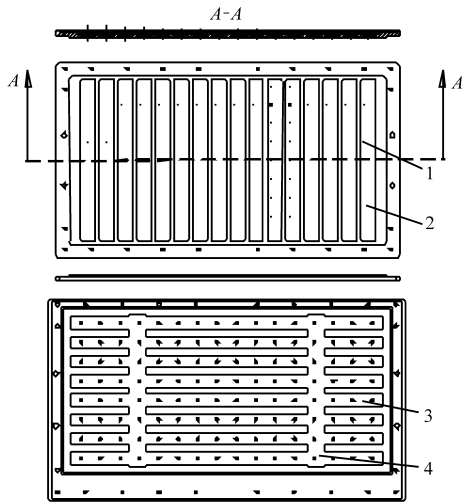


图3 排种板结构简图
Fig. 3 Structure of metering plate
1. 吸种孔 2. 导向槽 3. 横槽 4. 纵槽

吸种孔结构如图4所示, 2γ 为入口端锥角, 2α 为出口端锥角。国内外理论和试验研究结果表明^[5~8],吸种孔入口为锥形对吸种的相对压力要求最低,锥角 2γ 取 90° 时能获得最大的吸种保持力。为保证排种器的整体刚度和加工工艺性,降低气流

经过吸种孔时的压力损失,排种板厚度 H_b 取 4 mm,出口端锥角 2α 取 120° ,深度 H_q 为 2 mm,吸种孔导程 H_k 为 1.5 mm,吸种孔直径 d_k 按 $(0.6 \sim 0.7)d_s$ 确定,其中 d_s 为种子的平均直径^[9]。

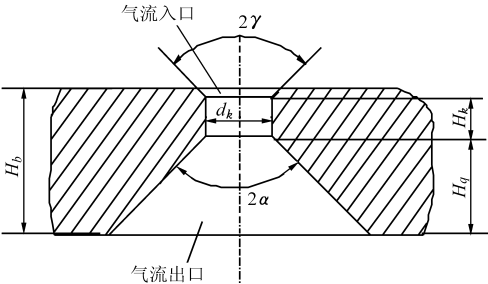


图 4 吸种孔结构
Fig. 4 Structure of suction hole

3 试验

根据排种器工作原理,影响吸排种效果的主要因素有种子的物料特性、气室结构参数、吸种孔直径、排种器转速、气室入口相对压力等。在种子品种和排种器气室结构参数确定后,取吸种孔直径、气室入口相对压力和生产率(即排种器的转速)作为试验因素,研究排种器播种性能。

3.1 试验设备和材料

试验设备主要包括驱动步进电动机,排种器,提供负压的海尔 ZW1200-211 型真空吸尘器,提供正压的 CZQ 型单向风机,用于气室出口压力测量的 DP-20 型数字显示真空计,4 个用于气路切换的二位二通的电磁换向阀,2 个通径 $\phi 25$ mm 的节流阀,8 个 128 穴塑料穴盘。为了便于试验结果的统计分析,在穴盘表面贴涂有润滑脂的白纸,种子排出后被粘附在白纸上。

试验选用青江小白菜种子,纯度大于或等于 95%,净度大于或等于 98%,发芽率大于或等于 95%,含水率小于或等于 7%,平均千粒质量 2.5 ~ 4.0 g。通过网筛分级和人工清选,控制试验种子的平均直径范围为 1.2 ~ 1.8 mm 之间。

3.2 试验方法

对吸种孔直径、气室入口相对压力和生产率三因素进行单因素试验。根据预备试验结果,取吸孔直径为 0.9 mm,生产率为 250 盘/h,相对压力为 -4 kPa 作为试验初始条件,保持其中 2 个因素水平不变,改变第 3 个因素的水平,进行单因素播种试验,统计单粒率,多粒率和空穴率。为减少试验误差的影响,每次试验重复 5 次。

3.3 吸种孔直径

吸种孔直径取 0.6、0.7、0.8、0.9、1.0、1.1 mm 共 6 个水平,进行播种性能试验,得到吸种孔直径对

单粒率,多粒率和空穴率的影响如图 5 所示。吸种孔直径对播种性能影响的方差分析结果如表 1 所示。

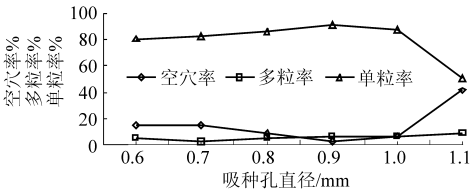


图 5 吸种孔直径对播种性能的影响
Fig. 5 Effects of diameter of suction hole on sowing performance

图 5 表明,随吸种孔直径增大,单粒率呈先增大后减小趋势,多粒率总体变化趋势为增大,空穴率呈先减小后增大。当吸种孔直径为 0.9 mm 时,单粒率达到最大 91.6%,吸种孔直径为 1.1 mm 时最小为 49.8%;当吸种孔直径为 0.7 mm 时多粒率最小为 1.8%,吸种孔直径为 1.1 mm 时最大为 8.8%;当吸种孔直径为 0.9 mm 时,空穴率最小为 2.4%,吸种孔直径 1.1 mm 时最大为 41.2%。

表 1 吸种孔直径的方差分析

Tab. 1 Variance analysis of diameter of suction hole						
试验指标	方差来源	平方和	自由度	均方	F	显著性
单粒率	组间	0.586	5	0.117	65.823	0
	组内	0.043	24	0.002		
	总和	0.629	29			
多粒率	组间	0.013	5	0.003	9.831	0
	组内	0.006	24	0.000 25		
	总和	0.019	29			
空穴率	组间	0.477	5	0.095	77.374	0
	组内	0.030	24	0.001		
	总和	0.507	29			

表 1 表明,吸种孔直径对单粒率、多粒率和空穴率影响的方差分析显著值均为零,吸种孔直径对单粒率、多粒率和空穴率的影响都非常显著。

增大吸种孔直径,气流场对种子的吸附作用增加,使得单粒率增大,空穴率减小,一孔吸附多粒种子的概率增加。但吸种孔直径过大,吸力过高,被吸附的种子难以在短时间内排出,使得单粒率减小,空穴率增大。

3.4 相对压力

相对压力取 -2.5、-3.0、-3.5、-4.0、-4.5、-5.0 kPa 共 6 个水平,进行播种性能试验,试验结果如图 6 所示。方差分析结果如表 2 所示。

图 6 表明,随负压增大,单粒率呈先增大后减小

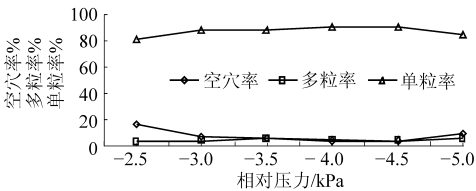


图 6 相对压力对播种性能的影响

Fig. 6 Effects of relative pressure on sowing performance

的趋势,多粒率呈先增大后减小再增加的趋势,空穴率呈先减小后增大的趋势。相对压力为 -4.5 kPa 时,单粒率最大为 91.6% ,相对压力为 -2.5 kPa 时最小为 80.8% ;在相对压力为 -2.5 kPa 时,多粒率最小为 2.8% ,相对压力为 -5.0 kPa 时最大为 5.6% ;相对压力为 -4.0 kPa 和 -4.5 kPa 时,空穴率最小为 4.2% ,相对压力为 -2.5 kPa 时最大 16.6% 。

表 2 相对压力的方差分析

Tab.2 Variance analysis of relative pressure						
试验指标	方差来源	平方和	自由度	均方	F	显著性
单粒率	组间	0.042	5	0.008	16.118	0
	组内	0.012	24	0.001		
	总和	0.054	29			
多粒率	组间	0.003	5	0.001	1.567	0.207
	组内	0.008	24	0.00033		
	总和	0.011	29			
空穴率	组间	0.055	5	0.011	29.852	0
	组内	0.009	24	0		
	总和	0.064	29			

表 2 表明,相对压力对单粒率和空穴率影响的方差分析显著值均为零,相对压力对单粒率和空穴率的影响非常显著。相对压力对多粒率影响的方差分析显著值为 0.207 ,大于 0.05 ,说明相对压力对多粒率的影响不显著。

相对压力增大,气流场对种子的吸力作用增大,单粒率增大,空穴率减小;但当相对压力过大时,吸力过大,被吸附的种子难于在正压的作用下排出,使得单粒率下降,空穴率增大;此外随着相对压力的增大,多粒率变化规律复杂,但总体上呈增大趋势。

3.5 生产率

生产率取 150 、 200 、 250 、 300 、 350 盘/h 共 5 个水平,进行播种性能试验,试验结果如图 7 所示。方差分析结果如表 3 所示。图 7 表明,随生产率增大,单粒率呈先增大后减小的趋势,多粒率随生产率增大先减小后增大再减小,空穴率随生产率的增大而增大。在生产率为 200 盘/h,单粒率最大为

91.6% ,在生产率为 350 盘/h 单粒率最小为 84.2% 。在生产率 250 盘/h 时多粒率最小为 4.6% ,生产率为 150 盘/h 时最大为 8.6% 。生产率为 150 盘/h 和 200 盘/h 时空穴率最小,为 2.4% ,生产率为 350 盘/h 时最大为 9.8% 。

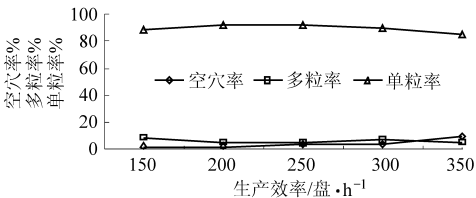


图 7 生产率对播种性能的影响

Fig. 7 Effects of production efficiency on sowing performance

表 3 生产率方差分析

Tab.3 Variance analysis of production efficiency						
试验指标	方差来源	平方和	自由度	均方	F	显著性
单粒率	组间	0.017	5	0.004	13.841	0
	组内	0.006	20	0.0003		
	总和	0.024	24			
多粒率	组间	0.005	5	0.001	3.333	0.03
	组内	0.007	20	0.00035		
	总和	0.012	24			
空穴率	组间	0.019	4	0.005	20.670	0
	组内	0.004	20	0.0002		
	总和	0.023	24			

表 3 表明,生产率对单粒率和空穴率影响的方差分析显著值均为零,生产率对单粒率和空穴率的影响非常显著。生产率对多粒率影响的方差分析显著值为 0.03 ,大于 0.01 ,小于 0.05 ,说明生产率对多粒率的影响比较显著。

生产率太高,种子在排种板表面流动速度过大,容易产生跳动现象,不利于充种和吸种;且种子群对已吸附种子的冲击力增大,容易将已被吸附的种子撞走,使得单粒率和多粒率减小,空穴率增大。

4 结论

(1)吸种孔直径增大,气流场对种子的吸附作用力增加,单粒率呈先增大后减小的趋势,多粒率总体变化趋势为增大,空穴率呈先减小后增大的趋势。吸种孔直径对单粒率、多粒率和空穴率的影响都非常显著。

(2)相对压力增大,气流场对种子的吸附作用力增大,单粒率呈先增大后减小的趋势,多粒率呈先增大后减小再增大的趋势,空穴率呈先减小后增大

的趋势。相对压力对单粒率和空穴率的影响非常显著,对多粒率的影响并不显著。

(3)生产率增大,种子流动过程中跳动增大,种子群对已吸附种子的冲击力增大,单粒率呈先增大

后减小的趋势,多粒率总体趋势为先降后增,空穴率呈增大的趋势。生产率对单粒率和空穴率的影响非常显著,对多粒率的影响比较显著。

参 考 文 献

1 刘志侠,张宏友,刘颖. 工厂化育苗精量播种装置现状分析[J]. 农机化研究, 2005(2): 16 ~ 18.
Liu Zhixia, Zhang Hongyou, Liu Ying. The present situation and existing problems in application of precision seeding-machine equipment at home[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2005(2): 16 ~ 18. (in Chinese)

2 邱兵,张建军,陈忠慧. 气吸振动式秧盘精播机振动部件的改进设计[J]. 农机化研究, 2005(2): 66 ~ 67.
Qiu Bing, Zhang Jianjun, Chen Zhonghui. An improved design of the vibration parts for precision seeder with suction vibrating seedling plates[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2005(2): 66 ~ 67. (in Chinese)

3 盛江源,田宏伟,高玉林,等. 吸盘式排种器几个基本参数的试验研究[J]. 农业机械学报, 1989, 20(3): 102 ~ 104.
Sheng Jiangyuan, Tian Hongwei, Gao Yulin, et al. Experimental study of a few basic parameters for suction-type seed-metering device[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1989, 20(3): 102 ~ 104. (in Chinese)

4 Short T H, Huber S G. The development of a planetary vacuum seed metering device[J]. Transactions of the ASAE, 1970, 13(6): 803 ~ 805.

5 Sial F S, Persson S P E. Vacuum nozzle design for seed metering[J]. Transactions of the ASAE, 1984, 27(3): 688 ~ 696.

6 宋裕民,胡敦俊. 工厂化育苗精量播种装置的试验研究[J]. 山东工程学院学报, 2002, 16(3): 48 ~ 52.
Song Yumin, Hu Dunjun. Experimental study on vacuum nozzle precision seed-meter[J]. Journal of Shandong University of Technology, 2002, 16(3): 48 ~ 52. (in Chinese)

7 李耀明,刘彩玲,陈进. 水稻育苗播种装置气力吸种部件的研究[J]. 农业机械学报, 1999, 30(6): 46 ~ 50.
Li Yaoming, Liu Cailing, Chen Jin. Study on vacuum seed-metering device of rice seedling precision mechanism[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1999, 30(6): 46 ~ 50. (in Chinese)

8 Shafii S, Holmes R G. Air-jet seed metering, a theoretical and experimental study[J]. Transactions of the ASAE, 1990, 33(5): 1 432 ~ 1 438.

9 张波屏. 播种机械设计原理[M]. 北京:机械工业出版社, 1982.

10 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)

11 李耀明,赵湛,陈进,等. 气吸振动式排种器吸种性能数值模拟与试验[J]. 农业机械学报, 2008, 39(10): 95 ~ 99, 104.
Li Yaoming, Zhao Zhan, Chen Jin, et al. Numerical simulation and experiment on the seeds pickup performance of precision air-suction seeder[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(10): 95 ~ 99, 104. (in Chinese)

(上接第 52 页)

18 Wang X, Wang T, Dong Z, et al. Nebkha development and its significance to wind erosion and land degradation in semi-arid northern China[J]. Journal of Arid Environments, 2006, 65(1): 129 ~ 141.

19 Maurer T, Herrmann L, Gaiser T, et al. A mobile wind tunnel for wind erosion field measurements[J]. Journal of Arid Environments, 2006, 66(2): 257 ~ 271.

20 闫志坚,孙红. 中国北方草地生态现状、保护及建设对策[J]. 四川草原, 2005(7): 31 ~ 33.

21 冯晓静,高焕文,王丽洁,等. 北京周边典型农田风蚀风洞试验与防治分析[J]. 农业机械学报, 2008, 39(7): 64 ~ 67.
Feng Xiaojing, Gao Huanwen, Wang Lijie, et al. Wind erosion experiment and countermeasures on typical farmlands around Beijing[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(7): 64 ~ 67. (in Chinese)