

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.08.008

气吸滚筒式棉花精量穴播器排种性能试验*

陈学庚 卢勇涛

(新疆农垦科学院机械装备研究所, 石河子 832000)

【摘要】 针对气吸滚筒式精量穴播器作业过程中能耗大、排种性能不稳定等问题,以主要影响因素:取种盘吸孔线速度和充种负压为研究对象进行正交试验、回归分析,确定各因素对排种性能的影响规律及较优工作参数组合。结果表明:充种相对压力 -4.5 kPa、取种盘吸孔线速度 0.38 m/s时为较优作业参数组合,此条件下穴播器的单粒指数为 98.67% 、综合评价指数为 99.00% 、重播指数为 0.67% 、漏播指数为 0.67% ,满足精量穴播要求。

关键词: 棉种 穴播器 气吸滚筒 吸孔线速度 充种气压 正交试验

中图分类号: S223.2^{*5} 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2010)08-0035-04

Sowing-performance of Air-suction Cylindrical Cotton Precision Dibbler

Chen Xuegeng Lu Yongtao

(Institute of Machinery and Equipment, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832000, China)

Abstract

In order to solve that the large energy consumption and unstable sowing-performance of air-suction cylindrical, orthogonal test and regression analysis were applied to research the relative pressure and suction-hole velocity that influenced the sowing-performance mainly. Variance analysis of the experiment results defined the influencing regularity and the optimization of the factors. Experimental results indicated that the sowing-performance became worse quickly with the increasing of suction-hole velocity, but became better with the increasing of relative pressure. The optimization of the two factors was the suction-hole velocity of 0.38 m/s and the relative pressure of -4.5 kPa. Under such working conditions, the single seed index was 98.67% , the synthetical rate of seed was 99.00% , the multiples index was 0.67% , and the miss index was 0.67% , so the seed-metering device could satisfy the demand for precision seeding.

Key words Cotton seed, Dibbler, Air-suction cylindrical, Suction-hole velocity, Relative pressure, Orthogonal test

引言

精量穴播器是影响精量播种机作业质量的关键部件^[1],根据其工作原理可分为机械式和气力式^[2]。机械式精量穴播器结构简单、造价低,但存在伤种率高、高速作业性能差、可靠性低等问题,逐渐被气力式穴播器所代替^[3]。气吸式精量穴播器具有结构紧凑、排种性能和通用性好等特点^[4],对

种子的适应性强、可靠性高、伤种率低,且能适应较高的作业速度^[5-6],是国内外播种机械的发展趋势之一^[7]。

本文针对气吸滚筒式棉花精量穴播器在作业过程中能耗大、作业性能不稳定等问题,运用正交试验方法对其主要作业参数:充种负压和取种盘吸孔线速度进行台架试验,研究其对排种性能的影响规律。

收稿日期: 2009-12-22 修回日期: 2010-03-08

*“十一五”国家科技攻关计划资助项目(2001BA507A-04)

作者简介: 陈学庚,研究员,主要从事农业机械及农田节水装备研究, E-mail: chenxg130@263.net

1 穴播器结构和工作原理

1.1 结构组成

气吸滚筒式精量穴播器主要由刮籽器、取种盘、分籽盘、鸭嘴滚筒、梳籽板、气轴、接盘等组成(图1a)。气轴一端固定于播种机机架上,另一端经接盘直通气室,接盘外侧固定取种盘,通过取种盘边缘的凸台实现与穴播器挡盘同步回转。分籽盘紧压在取种盘上,利用沉头螺钉固定于穴播器挡盘上。鸭嘴、种道、滚筒经焊合形成鸭嘴滚筒,通过螺栓固定于挡盘和挡板之间,挡盘经轴承与气轴相配。梳籽板和刮种器固定于穴播器端盖上,端盖利用键槽套接于气轴外侧。

1.2 工作原理

气轴内腔是一全封闭的真空负压室,表面开有与气室相通的孔。鸭嘴滚筒在苗床上滚动,取种盘、分籽盘、种道随成穴器作回转运动,经过吸种区时,将种子吸附至吸种孔上。在经过刷种区时,梳籽板对其进行连续轻微碰撞敲打,清除掉多余种子,使吸种孔处仅剩一粒种子。回转至一次投种区时,吸种孔被堵,负压消失,同时刮籽器接触到种子并将其推落。脱落的种子在其重力、惯性离心力和刮籽器推力的综合作用下经分籽盘导向落至滚筒内圈(种道),被种道内的挡板挡住后随种道一起回转通过输种区。当种道内的种子回转到二次投种区时,种子克服自身与种道壁之间的摩擦力,落入鸭嘴内腔,并随鸭嘴滚动落至鸭嘴底部。鸭嘴成穴器滚动至点种区后,破膜入土成穴同时活动鸭嘴被压开,种子准确落入穴底,完成一个投种周期(图1b)。

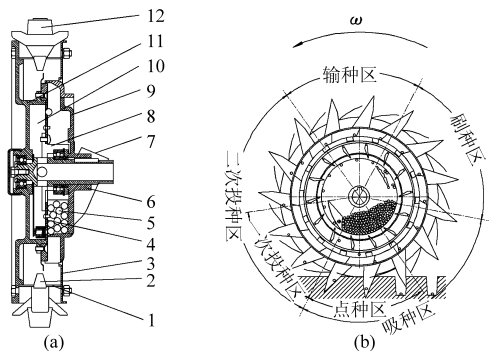


图1 穴播器结构示意和工作原理图

Fig. 1 Schematic diagram of dibber configuration

(a) 结构示意图 (b) 工作原理图

1. 滚筒 2. 种道 3. 挡盘 4. 取种盘 5. 种室 6. 气轴 7. 进种管 8. 接盘 9. 穴播器盖 10. 气室 11. 侧板 12. 鸭嘴

2 作业参数分析

通过对气吸滚筒式精量穴播器分析,发现作业过程中影响排种性能的主要因素为气室充种负压和

取种盘吸孔线速度。

2.1 气室充种负压

对于气吸式垂直圆盘型穴播器而言,在竖直面内回转的取种盘一个吸孔要吸住一粒种子,充种负压应满足^[8]

$$P_0 d \geq Q C$$

式中 P_0 ——单个吸种孔的吸力, N

d ——吸种孔直径, cm

Q ——单粒种子的重力、离心力及种子群内摩擦力的合力, N

C ——种子重心与取种盘之间的距离, cm

在实际作业中,穴播器受自然条件(吸种区种子分布情况、种子之间碰撞等)和外界环境的影响,引入吸种可靠性系数 K_1 ($K_1 = 1.8 \sim 2.0$, 种子千粒质量小,形状近似球形时,取小值)和工作稳定可靠系数 K_2 ($K_2 = 1.6 \sim 2.0$, 种子千粒质量大时,取大值),针对不同种子,在最大极限条件下,可求出气吸室所需最大充种负压为

$$p_{\max} = -\frac{80K_1K_2Cmg}{\pi d^3} \left(1 + \frac{1}{g} \frac{v_p^2}{r} + \lambda \right) \quad (1)$$

其中 $\lambda = (6 \sim 10) \tan \alpha$

式中 m ——单粒种子质量, kg

g ——重力加速度, m/s^2

v_p ——取种盘吸孔线速度, cm/s

r ——吸孔回转半径, m

λ ——种子的摩擦阻力综合系数

α ——种子自然休止角, ($^\circ$)

2.2 取种盘吸孔线速度

取种盘吸孔线速度

$$v_p = \omega r \quad (2)$$

式中 ω ——穴播器角速度

试验表明,取种盘转速对穴播器吸、排种性能有显著影响^[7]。当转速较快时,取种盘与种子的接触时间较少,吸种孔来不及吸种或因碰撞、冲击使已吸附的种子脱落,增加吸种孔的漏吸指数。取种盘的转速越高,种子的惯性离心力就越大,需要相应提高充种负压来减少漏吸的可能性,以保证排种质量。但充种负压增加到一定程度后,鉴于拖拉机的输出转速受限,继续提高充种负压难以实现。

3 试验材料和试验方法

3.1 试验材料

试验材料选用新疆广泛种植的新陆早-12号棉种,其具体特性参数如表1所示。

3.2 试验设备

气吸滚筒式棉花精量穴播器,取种盘吸孔直径

为 3.2 mm,吸孔回转半径为 85 mm。

表 1 试验棉种特性参数

Tab. 1 Parameters of test cotton-seed

参数	数值
种子尺寸(长×宽×厚)/mm×mm×mm	8.61×4.89×4.35
容积密度/g·cm ⁻³	671.3
千粒质量/g	95.3
自然休止角/(°)	32.75
摩擦角/(°)	22.5
纯度/%	98.59
破损率/%	0.57

试验在新疆农垦科学院机械装备研究所排种性能实验室 JPS-12 型计算机视觉排种试验台上进行。试验台能准确地实现对试验数据的控制与测量,并可在显示器上读取,通过设定不同水平的参数组合,便能实现试验数据的测试。试验台数据分析系统依据国家标准 GB/T 6973—2005《单粒(精密)播种机试验方法》设定,能直接以该标准进行采集数据的设定分析并输出排种性能各项指标测试结果。

3.3 试验方法

试验采用正交试验的方法,选取作业过程对排种性能产生主要影响的充种负压 p 和取种盘吸孔线速度 v_p 为因素,参考调研及理论计算结果,每个因素拟选取 4 个水平,以二因素四水平全组合的试验方法进行试验,因素水平如表 2 所示。

表 2 试验因素水平

Tab. 2 Levels of test factors

水平	因素	
	p/kPa	$v_p/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
1	-3.5	0.30
2	-4.0	0.38
3	-4.5	0.46
4	-5.0	0.53

结合农业行业标准 NY/T 1143—2006《播种机质量评价技术规范》,拟考察的排种性能指标为

$$a = \frac{N_1}{N} \times 100\% \quad (3)$$

$$e = \frac{N_2}{N} \times 100\% \quad (4)$$

$$j = \frac{N_0}{N} \times 100\% \quad (5)$$

式中 a ——单粒指数,% N_0 ——漏播种子数
 N ——总排种子数 e ——重播指数,%
 N_1 ——单粒排种子数 j ——漏播指数,%

N_2 ——多粒排种子数

综合考虑实际播种质量,引入排种综合评价指标^[8]

$$\eta = a + Ke \quad (6)$$

式中 K ——系数,取值 1/3 ~ 1/2

4 试验结果及分析

4.1 试验结果

试验过程中将每组测量数据设定为 300 穴,分别读取取出单粒指数 a 、重播指数 e 、漏播指数 j ,并依据公式 $\eta = a + Ke$, K 取 0.5,计算出综合评价指数 η ,具体测试结果如表 3 所示。

表 3 正交试验结果

Tab. 3 Orthogonal test results

试验序号	因素水平		试验结果			
	吸孔线速度 v_p	充种负压 p	单粒指数 $a/\%$	重播指数 $e/\%$	漏播指数 $j/\%$	综合评价指数 $\eta/\%$
1	1	1	95.30	1.10	3.50	95.85
2	1	2	96.80	1.60	1.60	97.60
3	1	3	98.14	1.33	0.53	98.80
4	1	4	98.40	1.60	0	99.20
5	2	1	94.10	0.60	5.30	94.40
6	2	2	97.33	0.80	1.87	97.73
7	2	3	98.67	0.67	0.67	99.00
8	2	4	98.67	1.33	0	99.36
9	3	1	93.68	0.57	5.75	93.97
10	3	2	95.73	0.80	3.47	96.13
11	3	3	95.72	1.87	1.60	96.66
12	3	4	95.46	3.47	1.07	97.20
13	4	1	85.65	1.36	12.99	86.33
14	4	2	90.14	2.13	7.73	91.21
15	4	3	94.13	1.87	4.00	95.07
16	4	4	95.73	2.13	2.13	96.80

4.2 试验结果分析

4.2.1 取种盘吸孔线速度对排种性能影响分析

取种盘吸孔线速度与各性能指标的对应关系如图 2 所示。运用统计分析方法,建立试验指标与吸孔线速度之间的三阶回归方程

$$a_v = 111.21 - 130.14v_p + 425.03v_p^2 - 465.35v_p^3$$

$$e_v = 52.29 - 377.13v_p + 899.98v_p^2 - 694.20v_p^3$$

$$j_v = -50.17 + 418.76v_p - 1129.51v_p^2 + 1022.32v_p^3$$

$$\eta_v = 84.19 + 64.93v_p - 40.42v_p^2 - 106.40v_p^3$$

该回归方程在 0.01 水平上显著,回归系数在 0.05 水平上显著^[9]。在吸孔线速度小于 0.38 m/s 的条件下,吸孔线速度 v_p 的变化对排种性能的影响不明显;但吸孔线速度大于 0.38 m/s 后,随线速度的增加单粒指数 a 、综合评价指数 η 急剧下降,漏播

指数 j 骤然升高,但对重播指数 e 影响不明显。

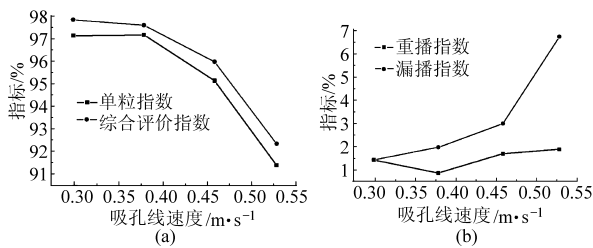


图2 不同吸孔线速度条件下的排种性能

Fig. 2 Sowing-performance under different suction-hole velocity

(a) 单粒指数与综合评价指数 (b) 重播指数与漏播指数

4.2.2 充种负压对排种性能影响分析

充种负压与各性能指标的对应关系如图3所示。运用统计分析的方法建立试验指标与相对压力之间的三阶回归方程

$$a_p = 50.32 + 15.25p + -0.38p^2 - 0.16p^3$$

$$e_p = -106.47 + 78.07p - 18.86p^2 - 1.52p^3$$

$$j_p = 79.55 - 36.65p + 5.38p^2 - 0.24p^3$$

$$\eta_p = 3.39 + 49.42p - 8.56p^2 + 0.49p^3$$

该回归方程及回归系数均在 0.05 水平上显著^[9]。随充种负压的增大,单粒指数 a 、综合评价指数 η 及重播指数 e 也增大,当充种负压达到 -4.5 kPa 后继续增大,对单粒指数 a 及综合评价指数 η 无明显影响,但重播指数 e 具有明显增大的趋势,而漏播指数 j 连续下降,且下降的趋势越来越缓慢。

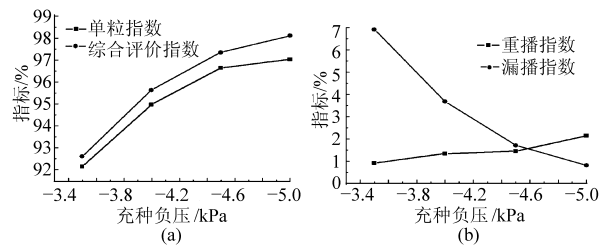


图3 不同充种负压条件下的排种性能

Fig. 3 Sowing-performance under different relative pressure

(a) 单粒指数与综合评价指数 (b) 重播指数与漏播指数

5 结论

(1) 取种盘吸孔线速度对排种性能指标有明显影响,当取种盘吸孔线速度大于 0.46 m/s 后继续增大,排种性能明显变差,单粒指数与综合评价指数明显下降,漏播指数迅速增大。

(2) 充种负压对排种性能指标影响显著,在充种负压达到 -4.0 kPa 时,穴播器具有较好的吸、排种性能,且作业性能稳定,当充种负压大于 -4.5 kPa 后继续增加,对排种性能的改善贡献不明显。

(3) 通过对气吸滚筒式棉花精量穴播器的试验,确定其较优作业参数组合为充种负压 -4.5 kPa、吸孔线速度 0.38 m/s,此时单粒指数为 98.67% 、综合评价指数为 99.00% 、重播指数为 0.67% 、漏播指数为 0.67% ,各项排种性能指标均高于标准 GB/T6973—2005 的要求和满足新疆棉花精量播种农艺要求。

参 考 文 献

- 马成林,李成华,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): 59~62.
Ma Chenglin, Li Chenghua, Yu Haiye. Development and status of research on punch planter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 1999, 30(1): 59~62. (in Chinese)
- 王磊,陈永成,王维新. 棉花播种机排种器的现状和发展趋势[J]. 中国农机化, 2005(3): 80~82.
Wang Lei, Chen Yongcheng, Wang Weixin. Status quo and developing direction of cottonseed metering device[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2005(3): 80~82. (in Chinese)
- 刘宏新,王福林,杨广林. 新型立式复合圆盘大豆精密穴播器研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(10): 112~116.
Liu Hongxin, Wang Fulin, Yang Guanglin. New vertical composite plate soybean precision seed-metering device [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(10): 112~116. (in Chinese)
- 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册:上册[M]. 北京:中国农业科学出版社, 2007.
- 栾明川,连政国,王延耀,等. 气吸式穴播器单粒播花生的试验研究[J]. 农机与食品机械, 1996(1): 9~10.
- 袁月明,马旭,金汉学,等. 气吸式水稻芽种排种器气室流场研究[J]. 农业机械学报, 2005, 36(6): 42~45.
Yuan Yueming, Ma Xu, Jin Hanxue, et al. Study on vacuum chamber fluid of air suction seed-metering device for rice bud-sowing[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(6): 42~45. (in Chinese)
- 何堤,陈立东,谢宇峰. 气吸式穴播器排种质量影响因素的试验研究[J]. 农机化研究, 2006, 28(1): 175~179.
He Di, Chen Lidong, Xie Yufeng. Effects of sewage irrigation on growth of paddy[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006, 28(1): 175~179. (in Chinese)
- 贺俊林,裘祖荣. 新型气压式精密穴播器的试验研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(2): 80~83.
He Junlin, Qiu Zurong. Experimental study on a new type seed meter[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2001, 17(2): 80~83. (in Chinese)
- 陈魁. 试验设计与分析[M]. 北京:清华大学出版社, 2005.