

磁吸滚筒式精密排种器试验及参数优化

胡建平, 李宣秋, 左志宇

(江苏大学江苏省现代农业装备与技术重点实验室, 镇江 212013)

摘要: 基于磁吸式排种原理, 设计了一种新型滚筒式穴盘育苗精密排种器, 分析了影响排种器工作性能的主要参数, 利用均匀设计法进行了穴盘播种台架试验, 通过对试验结果的回归分析和参数优化, 得出了排种器的最佳工作参数组合。经对油菜种子穴盘播种试验, 在滚筒转速、电磁线圈匝数和通电电流优化值下的单粒精播率为 94.3%, 漏播率为 0, 播种效率达 330 盘/h, 满足了精密播种要求。

关键词: 磁吸式滚筒; 精密排种; 均匀设计; 试验优化

中图分类号: S233.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)9-0115-03

胡建平, 李宣秋, 左志宇. 磁吸滚筒式精密排种器试验及参数优化[J]. 农业工程学报, 2007, 23(9): 115-117.

Hu Jianping, Li Xuanqiu, Zuo Zhiyu. Experiment and parameter optimization of magnetic precision cylinder-seeder[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(9): 115-117. (in Chinese with English abstract)

0 引言

磁吸式精密排种是针对蔬菜、花卉类小颗粒种子精密播种需要而提出的一种新型排种原理^[1-3], 其工作原理及特点是: 利用电磁铁吸力将磁粉包衣种子从种群中精确分离出来, 再借助排种机构实现连续取种和排种, 对不同颗粒大小种子, 只需改变电磁铁工作电流便可实现精密排种。基于磁吸式精密排种原理, 文献[1, 2]介绍了摆杆式排种机构的磁吸式穴盘精密播种器, 并对其工作原理及结构进行了详细论述。然而试验研究发现: 采用摆杆式排种机构, 存在速度高, 惯性大, 磁吸头吸种位置不稳定现象, 从而影响排种精度, 更重要的是排种机构来回取种始终存在空回行程, 工作效率难以提高。针对摆杆式排种机构所存在的不足, 本文提出了基于滚筒式结构的磁吸式精密排种器(该装置已申请专利, 专利号为 200520075650.9), 并利用均匀设计试验方法对其主要参数进行了穴盘播种性能试验, 从而为该排种器的设计及参数优化提供依据。

1 磁吸滚筒式精密排种器结构及工作原理

由图 1 可知, 磁吸滚筒式精密排种器磁吸头安装在滚筒内, 滚筒壁采用非磁性材料制造, 4 排磁吸头沿周向均匀分布, 每一排磁吸头根据穴盘孔距安装在滚筒轴上, 右侧种箱一边为敞开式, 以便让磁粉包衣种子紧贴

在滚筒壁上。当滚筒轴在步进电机的带动下逆时针旋转时, 各排磁吸头随滚筒旋转依次经过取种区(如图中椭圆所示)吸取种子, 被吸种子在磁吸力作用下随滚筒作圆周运动; 当单排磁吸头运行至穴孔上方即落种区时, 依靠行程开关等控制装置断开该排磁吸头通电电流, 电磁力消失, 种子在自身重力作用下落入穴盘孔中; 当单排磁吸头离开落种区, 再次接通电流准备吸种。由于电磁铁吸头采用周向多排布置, 随滚筒作单向圆周运动, 不仅可以有效地减少运行不稳定性, 以提高运行速度, 而且可以实现连续播种, 进而大大提高了工作效率, 又由于种子紧贴滚筒壁, 从而得以消除吸种空隙对吸种稳定性的影响。

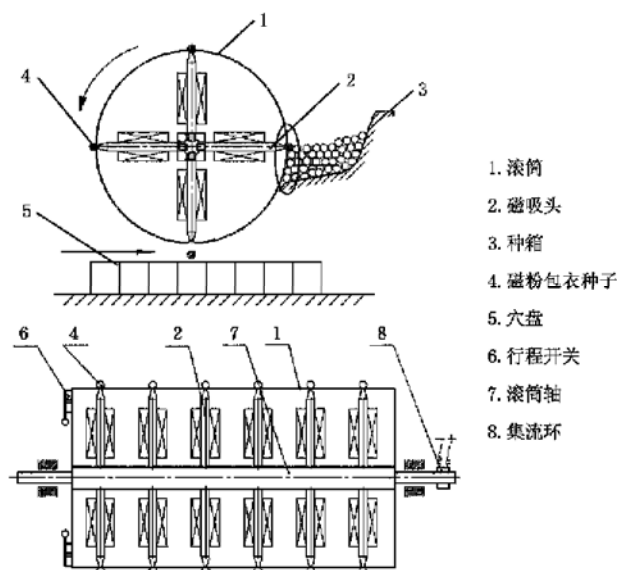


图 1 磁吸滚筒式精密排种器示意图

Fig. 1 Structure of precision magnetic drum seed meter

收稿日期: 2006-09-15 修订日期: 2007-06-15

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目(BK2007088); 江苏大学高级人才科研基金(05JDC019)

作者简介: 胡建平, 男, 副教授。镇江 江苏大学农业工程研究院, 212013. Email: hujp@ujs.edu.cn

2 基于均匀设计的排种器穴播试验及参数优化

均匀设计是方开泰和王元教授在正交试验基础上提出的一种试验设计方法^[4,5],其特点是可以较少的试验次数安排多因素、多水平的析因试验;均匀设计步点法使试验点在空间中均匀分布,但不具有正交设计的整齐可比性,无法对数据进行直观分析,需借助于软件建立回归模型,揭示变量间的复杂规律并进行参数优化^[6,7]。当试验者对析因试验的统计模型未知时,均匀设计是较理想的设计方法^[8-11],基于此试验设计方法,对自制磁吸滚筒式排种器进行穴盘播种试验,以确定排种器最佳工作参数。

2.1 试验条件及评价指标

试验对象:油菜种子,取磁粉含量为 18% 的包衣粉料进行包衣丸粒化处理,包衣前后种子平均直径分别为 1.870、3.375 mm,种子千粒重分别为 3.691、34.352 g。

试验条件:试验在江苏大学现代农业装备与技术实验室穴盘精密播种试验台上进行。排种器滚筒、穴盘输送带均由步进电机驱动,单片机控制,无级变速;滚筒采用非磁性工程塑料,直径为 $\varnothing 200$ mm,壁厚 0.5 mm;磁吸头采用磁导率高、剩磁小的工业纯铁,杆身直径为 6 mm,顶端直径 2 mm,端部为锥形^[3];磁吸头顶端与滚筒内壁直接接触,滚筒外壁与穴盘上表面留有 10 mm 的间隙;穴盘采用 12×6 的 72 孔标准穴盘,穴盘孔距 30 mm。

评价指标:考察穴盘播种的主要性能指标是单粒入穴率、重播率和空穴率^[13-15],按照 GB/T 6973-2005《单粒(精密)播种机试验方法》^[12]取样的要求,每次采样 250 粒,重复 3 次,统计每个穴盘孔内种子个数,计算各指标。

2.2 试验因素的选取

根据磁吸滚筒式精密排种器工作原理,在磁吸头结构一定的情况下,影响排种器排种性能的主要参数有:电磁铁线圈通电电流大小 i 、电磁铁线圈匝数 b 、滚筒转速 n ,取此 3 个因素进行 $6 \times 4 \times 3$ 水平试验,其因素水平表如表 1 所示。

2.3 试验方案设计

根据方开泰均匀设计表^[4],选择混合水平的均匀设计表 $U_{12}(6 \times 4 \times 3)$ 安排试验,试验因素组合见表 2 的前半部分,根据试验安排对每组参数组合进行 3 次试验取平均值进行记录,然后利用均匀设计对试验结果进行数学建模、回归分析并优化参数。

表 1 试验因素及水平

Table 1 Factors and levels of the experiment

水平	因 素		
	工作电流/mA	线圈匝数/匝	滚筒转速/ $r \cdot \min^{-1}$
1	220	1200	30
2	230	1400	20
3	240	1600	12
4	250	1800	
5	260		
6	270		

3 结果与分析

针对单粒精播率、重播率和漏播率 3 项试验指标记录试验结果如表 2 所示。

表 2 试验结果

Table 2 Experimental scheme and results

编号	工作电流 x_1	线圈匝数 x_2	滚筒转速 x_3	单粒精播 率/%	重播率 /%	漏播率 /%
1	220	1200	30	6	0	94
2	220	1400	20	56	0	44
3	230	1600	12	93.7	5.3	0
4	230	1800	30	83	15	2
5	240	1200	20	82	0	18
6	240	1400	12	92	4	4
7	250	1600	30	87	1	12
8	250	1800	20	59.5	28	12.5
9	260	1200	12	81	0	19
10	260	1400	30	82	1	17
11	270	1600	20	91.5	8.5	0
12	270	1800	12	9	91	0

将上述结果利用均匀设计软件进行数学建模、回归分析,得到各评价指标的回归方程,从而揭示排种器各项参数对相应评价指标的影响规律,为进一步的参数优化提供依据,具体如下:

单粒精播率回归方程:

$$y_1 = 488 - 631x_1 + 0.211x_2 - 73.9x_3 - 1.56x_1x_2 + 228x_1x_3 + 0.0119x_2x_3 \quad (1)$$

回归显著性检验:样本容量 $N = 12$,显著性水平 $\alpha = 0.10$,检验值 $F_t = 6.614$,临界值 $F(0.10, 6, 5) = 3.405$, $F_t > F(0.10, 6, 5)$,回归方程显著,剩余标准差 $S = 15.7$ 。复相关系数 $R = 0.9424$ 。

漏播率回归方程:

$$y_3 = -3.30 + 20.3x_3 - 49.3x_1x_3 - 0.00444x_2x_3 \quad (2)$$

回归显著性检验:样本容量 $N = 12$,显著性水平 $\alpha = 0.10$,检验值 $F_t = 10.08$,临界值 $F(0.10, 3, 8) = 2.924$, $F_t > F(0.10, 3, 8)$,回归方程显著,剩余标准差 $S = 14.9$,复相关系数 $R = 0.8893$ 。

电流大小 i 、线圈匝数 b 、滚筒转速 n 及其交互作用对单粒率回归方程的贡献率见表 3 所示。从表中可以看出, 3 个因素中工作电流对单粒精播率的影响最大, 其次是滚筒转速; 3 因素交互作用中工作电流和滚筒转速的交互作用对单粒精播率的影响最大。

表 3 各因素对单粒精播率回归方程的贡献率

Table 3 Contribution-rate to regression equation of single-seed rate from the factors

评价项目	电流 i	线圈匝数 b	滚筒转速 n	$i \times b$	$i \times n$	$b \times n$
对单粒精播率的贡献率/%	18.1	1.29	4.27	19.49	26.7	11.03

对上述回归方程用均匀设计方法进行优化, 得到各因素的最优水平及指标最优值, 并将此最优水平应用到排种试验中进行检验, 结果如表 4 所示。

表 4 优化结果及其检验

Table 4 Optimized results and inspection

	电流 i /mA	线圈匝数 b /匝	滚筒转速 n /r·min ⁻¹	单粒精播 率/%	重播率 /%	漏播率 /%
优化值	245	1770	16.5	97.5	2.5	0
检验值	245	1770	16.5	94.3	5.7	0

4 结 论

本文基于磁力式精密排种原理, 提出了磁吸滚筒式精密排种器这一新型排种装置, 并针对其主要参数进行了排种性能试验, 根据试验结果进行了参数优化, 最终单粒精播率达到 94.3%, 能够完全满足精密播种的精度要求, 对于 12×6 标准穴盘, 排种效率达 330 盘/h, 相比摆杆式结构有了很大的提高。随着精密播种技术的迅速发展, 尤其是种子包衣加工技术的日臻完善, 相信这一新型装置一定会有较为广阔的应用前景。

[参 考 文 献]

- [1] 胡建平, 侯俊华, 毛罕平. 磁吸式穴盘精密播种机的研制及试验[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 122–125.
- [2] 胡建平, 毛罕平. 磁吸式精密排种原理及试验研究[J]. 农业机械学报, 2004, 35(4): 55–58.
- [3] 胡建平, 李宣秋, 毛罕平. 磁吸式精密播种器磁力排种空间的磁场特性分析[J]. 农业工程学报[J], 2005, 21(12): 39–42.
- [4] 方开泰. 均匀设计与均匀设计表[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [5] 方开泰. 均匀试验设计的理论、方法和应用——历史回顾[J]. 数理统计与管理, 2004, 23(3): 69–80.
- [6] 王兆军. 均匀设计在参数设计中的应用[J]. 南开大学学报, 2000, 33(2): 57–60.
- [7] 夏之宁, 谌其亨, 穆小静, 等. 正交设计与均匀设计的初步比较[J]. 重庆大学学报, 1999, 22(5): 112–117.
- [8] 孙裕晶, 马成林, 张勇智. 基于均匀设计的精密排种器结构优化方法[J]. 吉林大学学报(工学版), 2004, 34(4): 569–572.
- [9] 孙裕晶, 马成林, 王海. 气力轮式精密排种器大豆充种过程试验研究[J]. 农机化研究, 2006, (10): 147–150.
- [10] 刘红梅, 李可意. 均匀设计和回归分析优选莪术超临界萃取工艺[J]. 中成药, 2006, 28(3): 326–328.
- [11] 徐秀兰, 阎伟, 刘正刚, 等. 均匀设计试验法在内燃机试验中的应用[J]. 农业工程学报, 1998, (4): 150–153.
- [12] GB/T 6973–2005 单粒(精密)播种机试验方法[S].
- [13] 何培祥, 杨明金, 陈忠慧. 光电控制穴盘精密播种装置的研究[J]. 农业机械学报, 2003, 34(1): 47–49.
- [14] Özmerzi A, Karayel D, Topakci M. Effect of sowing depth on precision seeder uniformity [J]. Biosystems Engineering, 2002, 82(2): 227–230.
- [15] Karayel D, Barut Z B, Özmerzi A. Mathematical modelling of vacuum pressure on a precision seeder [J]. Biosystems Engineering, 2004, 87(4): 437–444.

Experiment and parameter optimization of magnetic precision cylinder-seeder

Hu Jianping, Li Xuanqiu, Zuo Zhiyu

(Jiangsu Provincial Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: According to magnetic precision seed-meter theory, a new type of magnetic cylinder-seeder was designed, the primary factors which influenced the performance of the seeder were analyzed, and the plug-seeding test by Uniform Design was conducted. Based on the experimental results, the regressive equations were established among the electric current value, coil turn, cylinder rotational speed and the percentage of single seed, and its primary working parameters were optimized. The experimental results for cole seed indicated that the single-seeding rate was 94.3%, leakage-seeding rate was 0, and the seeding efficiency can reach 333 sets per hour under the optimized working parameters, so the seed-metering device can satisfy the demand for precision seeding.

Key words: magnetic cylinder; precision seed-metering; uniform design; optimization