

倾斜圆台型玉米精密排种器种子破损试验*

夏连明 王相友 耿端阳

(山东理工大学农业工程与食品科学学院, 淄博 255049)

【摘要】 针对机械式精密排种器伤种率高的问题,提出了一种基于丸粒化玉米种子的精密排种器。以排种轴转速、型孔直径、动盘锥角为因素,种子破损率为指标,运用二次回归正交旋转安排试验,建立了种子破损率与各影响因素之间的回归数学模型。通过 Design-Expert 7.1 软件对试验参数进行优化,确定排种轴转速 13.2 r/min、型孔直径 16 mm、动盘锥角 26.5° 为最佳参数组合,此时种子破损率为 0.65%。验证试验表明该组合下试验误差较小。

关键词: 排种器 丸粒化玉米 破损 试验

中图分类号: S223.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2012)12-0067-05

Corn Seed Damaging Experiment in Truncated Cone Precision Metering

Xia Lianming Wang Xiangyou Geng Duanyang

(School of Agricultural and Food Engineering, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)

Abstract

Based on the problem of high seed damaging, a precision metering was proposed based on the pelleted corn seeds. The two times orthogonal rotational regressive tests were designed in the experiments. The rotary speed, diameter of the cell, cone angle of the metering seeding plate were defined as input parameters and seed damaging index was defined as output parameters. The regression mathematics models between output parameters and input parameters were established and then parameters were optimized through Design-Expert 7.1. The optimal combination was that the rotary speed of 13.2 r/min, diameter of the cell of 16 mm, cone angle of the metering seeding plate of 26.5°, at that time the seed damaging index of 0.65%. Confirmatory tests showed that the inaccuracy was little.

Key words Metering device, Pelleted corn, Damage, Experiments

引言

玉米精密排种器按其工作原理分为机械式和气力式两大类。气力式排种器对种子适应性强、损伤轻,但其结构复杂、成本和技术要求较高^[1]。机械式精密排种器结构简单、制造容易且价格低廉,但在使用过程中往往造成种子破损,不仅浪费种子,而且直接影响田间出苗率导致产量下降^[2~3]。为解决上述问题,本文提出一种丸粒化玉米种子精密排种器,

通过试验探讨排种器的结构及工作参数对种子破损的影响。

1 排种器工作原理

排种器主要由种箱、副箱、动盘、定盘、清种器、投种器、主轴和锥齿轮等组成(图 1)。动盘在排种轴带动旋转时,进入种箱内的种子在重力和离心力作用下流向动盘周围,当型孔随动盘旋转至清种毛刷位置时多余的种子被刮去。当充有单粒种子的型

收稿日期: 2012-02-24 修回日期: 2012-05-17

* “十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD20B09)

作者简介: 夏连明,讲师,主要从事农业装备工程及农业机械研究,E-mail: xiawj655@163.com

通讯作者: 王相友,教授,博士生导师,主要从事农产品贮藏及加工研究,E-mail: wxy@sdu.edu.cn

孔到达定盘的投种口位置时种子在投种器作用下被投入导种管。通过对清种过程的受力分析,种子之间以及种子与护种器(图2)相互作用力均会导致种子的破损^[4]。

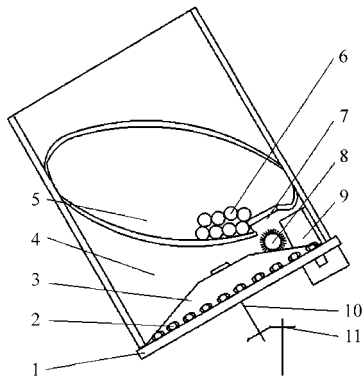


图1 排种器结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of precision metering device
1.定盘 2.型孔 3.动盘 4.种箱 5.副箱 6.种子 7.入种口 8.清种毛刷 9.护种器 10.主轴 11.锥齿轮

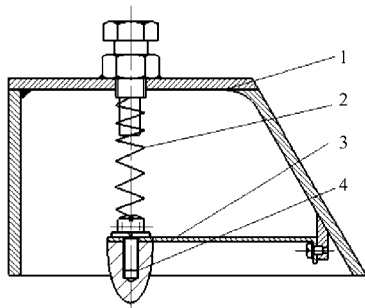


图2 护种器的结构示意图

Fig.2 Schematic diagram of seed protecting device
1.护种盒 2.弹簧 3.弹簧钢片 4.投种器

2 试验方法与设备

2.1 试验材料

试验材料为丸粒化的农大108玉米种子,千粒质量为2 050 g,初选后种子直径为13.3~14.4 mm,直径近似服从正态分布 $N(13.9,0.0566)$ 。

2.2 试验方法

按照GB/T 6973—2005《单粒(精密)播种机试验方法》对取样的要求,考察经排种器工作后种子的破损率。破损的种子采用过筛法和人工挑拣相结合进行分选。破损率计算式为

$$Y = \frac{G_1}{G_0}$$
(1)

式中 G_1 ——破损种子质量(包括脱去丸粒化材料及胚芽的种子)

G_0 ——排种器每次排出种子的总质量

2.3 试验设备

JPS-12型排种器性能检测试验台;自制排种

器试验台架,包括排种系统(图1)和YY系列减速电动机;电子天平,精度为0.001 g;天平,精度为0.5 g。

3 结果与讨论

3.1 单因素试验

3.1.1 动盘锥角

当型孔直径为15 mm、弹簧弹力为10 N、动盘锥角为23°、30°、37°时,种子破损率随转速变化如图3所示。

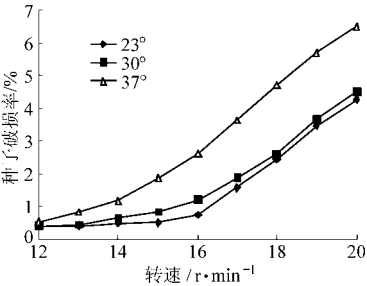


图3 不同动盘锥角下转速对破损率影响

Fig.3 Effects of rotary speed on damaging index at different cones of moving plate

由图3可以看出,随着转速增加,种子破损率增大。当转速大于14 r/min,动盘锥角为23°和30°时种子破损率变化显著,当动盘锥角为37°时种子破损率显著增加。

3.1.2 型孔直径

当动盘锥角为23°、弹簧弹力为10 N、型孔直径为15、16、17 mm时,种子破损率随转速变化如图4所示。

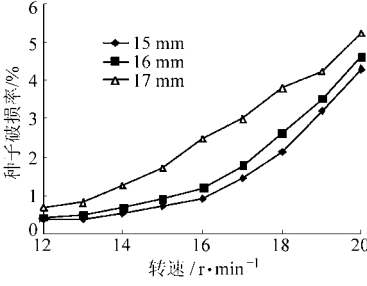


图4 不同型孔直径下转速对破损率影响

Fig.4 Effects of rotary speed on damaging index at different diameters of cell

由图4可以看出,型孔直径对种子破损率影响不显著。型孔直径为15和16 mm时随转速增加种子破损率无显著变化,当型孔直径为17 mm时种子破损率略有增加。

3.1.3 弹簧弹力

当动盘锥角为23°、型孔直径为15 mm、弹簧弹力为10、20、30 N时,种子破碎率随转速变化如图5所示。

由图5可以看出,在同一转速、型孔直径和动盘

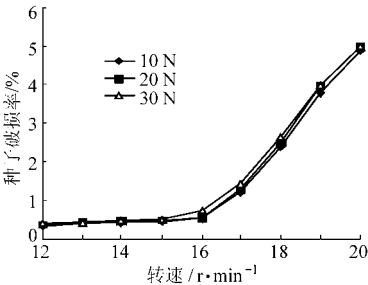


图 5 不同弹簧弹力下转速对破损率影响

Fig.5 Effects of rotary speed on damaging index at different elasticity of spring

锥角条件下,种子破损率随弹簧弹力增大无明显变化,故此因素不作为影响种子破损率因素进行研究。

3.2 响应面分析优化试验条件

3.2.1 试验因素与水平选取

综合上述单因素试验的结果,根据排种器结构原理及种子的受力分析,选择排种轴转速 n 、动盘锥角 ϕ 及型孔直径 D_k 为试验因素。根据 BP 神经网络对排种性能预测结果及该排种器的结构参数分析和排种性能试验^[5~7],各因素及水平编码值如表 1 所示。

表 1 因素水平编码

Tab.1 Levels and factors

编码	排种轴转速 $a/\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	型孔直径 b/mm	动盘锥角 $c/(\text{ }^\circ)$
1.682	20	16.3	37
1	18	16.0	34
0	16	15.5	30
-1	14	15.0	26
-1.682	12	14.7	23

3.2.2 试验安排及结果

根据二次回归正交旋转设计方法^[8~10],安排 30 组试验,每组试验重复三次,以平均值作为试验指标,试验安排及结果如表 2 所示。

3.3 破损率模型建立

根据试验结果建立种子破损率的回归方程,并对模型进行方差分析和失拟检验(表 3)。结果表明, $p < 0.000\ 1$,说明回归方程的关系极显著,同时模型的失拟 $p = 0.123\ 4 > 0.05$,不显著,说明该方程能拟合真实的试验结果。

从方差分析可以看出,排种轴转速与动盘锥角是影响种子破损的显著因素,而型孔直径对种子破损影响较小。种子破损率与因素编码值之间的回归方程为

$$Y = 1.47 + 0.98A + 0.18B + 1.63C + 0.059AB + 0.058AC + 0.071BC + 0.51A^2 + 0.055B^2 + 1.13C^2$$

(2)

表 2 试验安排及试验结果

Tab.2 Experiments arrangement and results

序号	A	B	C	破损率 Y/%
1	-1	-1	-1	0.973
2	1	-1	-1	2.706
3	-1	1	-1	1.254
4	1	1	-1	2.982
5	-1	-1	1	3.507
6	1	-1	1	5.229
7	-1	1	1	3.831
8	1	1	1	6.031
9	-1.682	0	0	0.921
10	1.682	0	0	4.468
11	0	-1.682	0	1.194
12	1	1.682	0	1.627
13	0	0	-1.682	1.013
14	0	0	1.682	7.783
15	0	0	0	1.974
16	0	0	0	1.422
17	0	0	0	1.197
18	0	0	0	1.218
19	0	0	0	2.241
20	0	0	0	1.055
21	0	0	0	1.472
22	0	0	0	1.345
23	0	0	0	1.378

表 3 回归方程方差分析

Tab.3 Variance analysis of regression equation

变异来源	ss	自由度	MS	F	p
模型	76.84	9	8.54	36.89	<0.000 1
A	13.77	1	13.77	59.50	<0.000 1
B	0.78	1	0.78	3.36	0.089 7
C	41.25	1	41.25	178.25	<0.000 1
AB	1.225×10^{-3}	1	1.225×10^{-3}	5.294×10^{-3}	0.943 1
AC	0.066	1	0.066	0.29	0.601 2
BC	5.565×10^{-3}	1	5.565×10^{-3}	0.024	0.879 1
A ²	2.00	1	2.00	8.66	0.011 4
B ²	0.17	1	0.17	0.73	0.409 7
C ²	18.91	1	18.91	81.73	<0.000 1
残差	3.01	13	0.23		
失拟项	1.82	5	0.36	2.46	0.123 4
纯误差	1.18	8	0.15		
误差总值	79.85	22			

3.4 各因素交互作用分析

为更加直观地反映各因素交互作用对种子破损率的影响,采用 Design-Expert 7 软件,依据回归方程式绘出二次回归方程的响应面及等高线图。

由图 6a 可以看出,种子破损率受排种轴转速影

响较大,型孔直径对种子破损率影响较小。由图 6b 和 6c 可以看出,动盘锥角对种子破损率影响较大,当动盘锥角为 26.5°左右,种子破损率最小。当动盘锥角大于 30°时,随转速增加种子破损率迅速上升。这是因为随着锥角的增大,型孔中容纳 2 粒种子的概率增加,型孔中的多余种子难以被清种器清除而被带至护种器位置被挤碎。

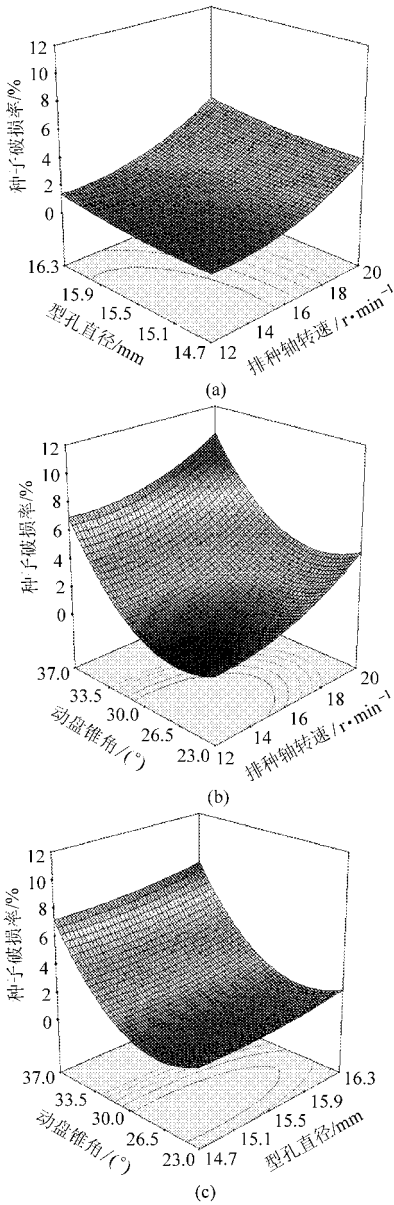


图 6 各因素交互作用响应面
Fig.6 Response surface plots of each factors

对回归方程求一阶偏导数,得破损率 Y 最小值时各因素取值为:排种轴转速 13.2 r/min、型孔直径 16 mm、动盘锥角 26.5°,在此最佳参数组合下种子破损率为 0.65%。

3.5 种子破碎状态分析

种子丸粒化后采取干燥处理,粘结剂使得种子的硬度增加而填充剂有效地保护了种子的胚芽,从种子破碎后的状态可以看出(图 7),破碎的种子大

部分是种子和填充剂的分离而基本没有对种子的胚芽造成损坏,对种子发芽率影响较小。

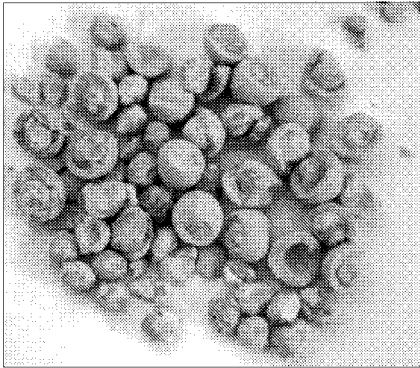


图 7 种子破碎后的形态
Fig.7 Shape of damaged seeds

4 验证试验

根据回归方程的优化结果对最佳参数组合进行试验验证,试验结果及与理论值的误差如表 4 所示。种子破损率平均值为 0.664%,相对误差平均值为 5.578%。试验结果接近参数优化区域,所以优化结果可以作为精密排种器的最佳参数组合。

表 4 试验结果及误差
Tab.4 Experiment results and errors

序号	种子破损率/%	相对误差/%
1	0.622	4.308
2	0.674	3.692
3	0.598	8.000
4	0.680	4.615
5	0.711	9.385
6	0.693	6.662
7	0.629	3.231
8	0.703	8.154
9	0.664	2.154

5 结论

- (1)根据二次正交旋转回归试验设计方法,建立了影响因素与倾斜圆台型玉米精密排种器种子破损率之间的数学回归模型,研究了各因素对种子破损率的影响。
- (2)通过对破损率回归方程进行优化得最佳参数组合为:排种轴转速 13.2 r/min、型孔直径 16 mm、动盘锥角 26.5°,种子破损率具有最小值为 0.65%。
- (3)验证试验表明,种子破损率平均值为 0.664%,其结果接近种子破损率理论值(0.65%),表明优化参数组合可以作为免耕播种机排种器的最佳依据。

参 考 文 献

- 1 曹文,丁俊华,李在臣. 机械式精密排种器的研究与设计[J]. 农机化研究,2009,31(7):142~145.
Cao Wen, Ding Junhua, Li Zaichen. Research and design of mechanical precision metering[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2009,31(7):142~145. (in Chinese)
- 2 廖庆喜,高焕文. 玉米水平圆盘精密排种器排种性能试验研究[J]. 农业工程学报,2003,19(1):99~103.
Liao Qingxi, Gao Huanwen. Experimental study on performance of horizontal disc precision meter for corn seed [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003, 19(1):99~103. (in Chinese)
- 3 廖庆喜,高焕文. 玉米水平圆盘精密排种器种子破损试验[J]. 农业机械学报,2003,34(4):57~59.
Liao Qingxi, Gao Huanwen. Experimental study on corn seed damaging in a horizontal plate precision metering [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2003, 34(4):57~59. (in Chinese)
- 4 夏连明,王相友,耿端阳,等. 丸粒化玉米种子精密排种器[J]. 农业机械学报,2011,42(6):53~57.
Xia Lianming, Wang Xiangyou, Geng Duanyang, et al. Precision seed-metering device for pelleted corn seeds [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(6):53~57. (in Chinese)
- 5 夏连明. 玉米精量播种机关键部件研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2011.
Xia Lianming. Research on key components for maize precision planter[D]. Harbin:Northeast Agricultural University,2011. (in Chinese)
- 6 Xia Lianming, Wang Xiangyou, Geng Duanyang, et al. Experimental study on seed damaging in a precision metering for pelleted seeds [J]. International Agricultural Engineering Journal,2011,20(2):53~56.
- 7 夏连明,王相友,耿端阳,等. 基于 BP 神经网络的排种器充种性能预测[J]. 农机化研究,2011,33(12):123~125.
Xia Lianming, Wang Xiangyou, Geng Duanyang, et al. Prediction for performance of sees-metering process based on BP neural network[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2011,33(12):123~125. (in Chinese)
- 8 徐向宏,何明珠. 试验设计与 Design-Expert、SPSS 应用[M]. 北京:科学出版社,2010.
- 9 刘宏新,王福林. 作业参数对立式圆盘排种性能的影响[J]. 农业机械学报,2007,38(12):89~92.
Liu Hongxin, Wang Fulin. Effects of working parameters on performances of vertical plate seed-metering device [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(12):89~92. (in Chinese)
- 10 王朝辉. 气吸滚筒式超级稻秧播种器的基本理论及试验研究[D]. 长春:吉林大学,2010.
Wang Chaohui. Research of theory and experiment on air suction cylinder device for tray nursing seedling of super-rice[D]. Changchun: Jilin University,2010. (in Chinese)

(上接第 66 页)

- 5 王玉顺,郭俊旺,赵晓霞,等. 基于机器视觉的条播排种器性能检测及分析[J]. 农业机械学报,2005,36(11):50~54,49.
Wang Yushun, Guo Junwang, Zhao Xiaoxia, et al. Performance detection and analysis of a machine vision based metering mechanism of drill [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(11):50~54,49. (in Chinese)
- 6 吴海平,王玉顺,安爱琴,等. 精密排种器质量的机器视觉检测与分析[J]. 山西农业大学学报,2008,28(3):324~328.
Wu Haiping, Wang Yushun, An Aiqin, et al. Detection and analysis on seeding quality of metering mechanism of precision drills based on machine[J]. Shanxi Agricultural University Journal, 2008,28(3):324~328. (in Chinese)
- 7 雷福宝. 基于线阵 CCD 的玉米播种均匀性在线检测技术研究[D]. 保定:河北农业大学,2011.
Lei Fubao. Study on technology of on-line detection for uniformity in corn planting based on line CCD [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei,2011. (in Chinese)
- 8 GB/T 6973—2005 单粒(精密)播种机试验方法[S]. 2005.
GB/T 6973—2005 Testing methods of single seed drills (precision drills)[S]. 2005. (in Chinese)
- 9 李冬霞,曾禹村. 基于速度特征矢量提取运动目标的图像分割方法[J]. 北京理工大学学报,2000,20(3):347~351.
Li Dongxia, Zeng Yucun. An image segmentation method based on velocity feature vector for moving target extraction[J]. Journal of Beijing Institute of Technology,2000,20(3):347~351. (in Chinese)
- 10 阮秋琦. 数字图像处理学[M]. 北京:电子工业出版社,2001.
- 11 李伟,林家春,毛恩荣. 种子动态图像匹配与拼接技术研究人[J]. 中国图象图形学报,2004,9(5):578~583.
Li Wei, Lin Jiachun, Mao Enrong. A study on matching and joining techniques of dynamical image of seeds[J]. Journal of Image and Graphics, 2004,9(5):578~583. (in Chinese)