

## 育种小麦精密排种器排种性能的试验研究

娄秀华<sup>①</sup>

穆浩民

(中国农业大学机械工程学院) (西北农业大学)

**摘要** 在分析单粒精密播种机工作性能要求的基础上,对自行设计的小麦育种用气吹式排种器进行排种性能的分析与试验,找出了影响排种器排种性能的主要因素及其工作范围。采用优化试验设计方法,对其排种性能进行优化试验,建立了各指标的数学模型,并对各因素影响效应进行分析,找出了能满足排种性能要求的最佳工况值。

**关键词** 气吹式排种器;排种性能;优化试验

**分类号** S 223.250.2

### Test Research on Seed Release Performance of Precision Wheat-seed Metering Device

Lou Xiuhua

Mu Haomin

(College of Machinery Engineering, CAU) (North West Agricultural University)

**Abstract** Based on the analysis of working performances of the precision drill, and the test on the seed release performance of blowing-type metering device, the major factors affecting the seed release performance and the working scope are obtained. By means of optimum experiment design, the mathematical models of the major factors are obtained. The effects of each factor are analysed to find the optimum working condition fitting the requirements of seed release performance.

**Key words** blowing-type metering device; seed release performance; optimum experiment

目前,国内外对气吹式排种器有较多的研究,但多是针对玉米、大豆、棉花等播种粒距大的作物,对于播种粒距小、形状复杂的小麦用气吹式排种器的研究较少。为此,笔者设计并通过试验确定了气吹式小麦精密排种器的有关结构参数,在对自行设计的排种器性能试验的基础上,找出有关影响排种质量指标及对排种性能的影响规律,并对主要工作参数如排种轮转速、吹气嘴前静压、气流吹风角度进行了优化试验,确定了诸因素水平的最佳组合。

#### 1 排种器性能测试参数的确定及数据处理方法

根据排种器的工作性能要求并结合试验确定型孔尺寸如下:排种轮直径 200 mm;型孔数 24;型孔锥角 45°;底孔直径 2.5 mm;锥角深度 19.2 mm。综合多方面的需要,检测排种性能的指标确定为单粒率、漏充率和重播率。

排种性能指标的计算方法如下:以单粒率  $\eta_1$ 、漏充率  $\eta_0$  和重播率  $\eta_2$  作为衡量排种器的性

收稿日期:1998-06-29

①娄秀华,北京清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)46 信箱,100083

能指标(据精密播种机有关试验标准中单粒率、漏充率和重播率的计算方法来计算)。设理论落粒时间间隔为  $t_{th}$ , 令实测的落粒时间间隔为  $t_m$ , 将样本数据分组为:  $n'_1, n'_2, n'_3, n'_4$  且分别表示落粒在  $(0, 0.75t_{th}]$ ,  $(0.75t_{th}, 1.25t_{th}]$ ,  $(1.25t_{th}, 1.75t_{th}]$ ,  $(1.75t_{th}, 3.25t_{th}]$  时间区间的个数, 则实测粒距总数为  $N = n'_1 + n'_2 + n'_3 + n'_4$ 。理论排种次数应表示为  $N' = \text{实测粒距总数} - \text{重播粒距数} + \text{单孔漏播粒距数} + 2 \times (\text{连续 2 孔漏播粒距数}) + 3 \times (\text{连续 3 孔漏播粒距数})$ , 所以  $N' = N - n'_1 + n'_3 + 2n'_4 = n'_2 + 2n'_3 + 3n'_4$ , 则 3 个统计量(漏充率、重播率和单粒率)可用下式计算:  $n_1 = N - 2n_2, P_0 = (n_0/N') \times 100\%, P_1 = (n_1/N') \times 100\%, P_2 = (n_2/N') \times 100\%$ 。式中  $n_0, n_1, n_2$  分别为排 0, 1 和 2 粒种子的次数。

## 2 试 验

试验装置由机械部分、供气系统、调速系统和检测系统等 4 部分组成。试验在室内台架上进行。试验前测定排种频率及喷嘴出口的气流速度。

选用 2 次正交旋转组合试验设计来研究排种性能的数学模型。试验参数取值范围定为: 排种频率  $f = 12 \sim 24 \text{ 粒} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 气流静压  $p_1 = 11.03 \sim 14.71 \text{ Pa}$ ; 气流喷嘴安装角  $\alpha = -6.123^\circ \sim +6.123^\circ$  (垂直于轴向为  $0^\circ$ , 逆时针偏转为负, 反之为正)。按三因素五水平二次正交旋转组合设计方法, 设计试验方案。试验结果见表 1 和表 2。

表 1 排种性能参数选择正交旋转组合设计试验结果 %

序号	单粒率 $\bar{\eta}_1$	漏充率 $\bar{\eta}_0$	重播率 $\bar{\eta}_2$	序号	单粒率 $\bar{\eta}_1$	漏充率 $\bar{\eta}_0$	重播率 $\bar{\eta}_2$
1	76.09	17.97	5.94	13	67.31	24.97	7.72
2	83.94	3.97	12.09	14	71.13	19.38	9.49
3	72.89	22.07	5.04	15	87.02	8.27	4.71
4	71.00	17.91	11.09	16	91.10	5.76	3.14
5	77.33	18.66	4.01	17	93.44	4.76	1.80
6	90.67	5.20	4.13	18	88.89	9.10	2.01
7	76.49	17.51	6.01	19	90.71	5.90	3.39
8	80.70	13.57	5.73	20	88.33	7.13	4.54
9	82.64	12.91	4.45	21	89.89	6.07	4.04
10	92.90	3.55	3.55	22	87.36	10.62	2.02
11	83.90	6.21	9.89	23	86.51	9.69	3.80
12	66.44	32.64	0.92				

表 2 最佳工作条件及在此条件下的性能指标

$f / (\text{粒} \cdot \text{s}^{-1})$	$p_1 / \text{Pa}$	$\alpha / (^\circ)$	$\eta_1 / \%$	$\eta_0 / \%$	$\eta_2 / \%$
60	11.91	0	95.7	3.0	1.3

## 3 数学模型的建立、检验及分析

对表 1 中的试验数据进行回归分析可得如下方程:

$$\eta_1 = 89.00488 + 2.820943x_1 + 4.123505x_2 + 2.1919x_3 + 0.6662493x_1x_2 +$$

$$1.448749x_2x_3 - 0.35875x_1x_3 + 0.01450127x_1^2 - 4.485213x_2^2 - 6.603304x_3^2 \quad (1)$$

其中  $x_1 = (f-18)/9$ ,  $x_2 = (p_1-12.87)/15$ ,  $x_3 = \alpha/3.640$ 。

$$\eta_0 = 7.598885 - 1.664481x_1 + 5.103648x_2 - 3.291477x_3 - 1.35375x_1x_2 + 0.096249942x_2x_3 + 2.42125x_1x_3 - 0.032803x_1^2 + 4.197979x_2^2 + 4.642352x_3^2 \quad (2)$$

因为  $\eta_0 + \eta_1 + \eta_2 = 1$ , 所以  $\eta_2 = 1 - \eta_1 - \eta_0$ , 即可得到  $\eta_2$  的数学模型:

$$\eta_2 = 3.396235 - 1.156462x_1 - 0.980143x_2 + 1.099577x_3 + 0.6875007x_1x_2 - 1.5449989x_2x_3 - 0.0625x_1x_3 + 0.017679x_1^2 + 0.287234x_2^2 + 1.960952x_3^2 \quad (3)$$

通过对式(1),(2)和(3)分别进行  $F$  检验和失拟检验后,该方程可用于描述各因素对单粒率的影响规律。通过对这3个回归方程中的系数进行  $F$  检验,剔除不显著因素及不显著的交互作用,得到其标准回归方程  $\eta_1 = 89.00488 + 2.820943x_1 - 4.123505x_2 + 2.1919x_3 - 2.35875x_1x_3 - 4.485213x_2^2 - 6.603304x_3^2$ ,  $\eta_0 = 7.598885 - 1.664481x_1 + 5.103648x_2 - 0.291477x_3 + 2.42125x_1x_3 + 4.197979x_2^2 + 4.642352x_3^2$ 。

据方程(1),(2)和(3)中各项的偏回归系数的绝对值及对应的  $F$  检验值大小直接判断主因素作用的影响说明:气流静压过大有极显著降低合格率的作用;适当减小安装角对提高合格率有明显作用;排种轮转速对合格率的影响相对较小。为了观察各单一因素在各水平上对单粒率的影响效应,可对模型式(1),(2)和(3)进行降维处理,得到如下各因素对应的一元降维回归方程子模型:

$$\eta_1(x_1) = 89.00488 + 2.820943x_1 \quad (4)$$

$$\eta_1(x_2) = 89.00488 - 4.123505x_2 - 4.485213x_2^2 \quad (5)$$

$$\eta_1(x_3) = 89.00488 + 2.1919x_3 - 6.603304x_3^2 \quad (6)$$

$$\eta_0(x_1) = 7.598885 - 1.664481x_1 \quad (7)$$

$$\eta_0(x_2) = 7.598885 + 5.103648x_2 + 4.197979x_2^2 \quad (8)$$

$$\eta_0(x_3) = 7.598885 - 3.291477x_3 + 4.642352x_3^2 \quad (9)$$

$$\eta_2(x_1) = 3.396235 - 1.156462x_1 \quad (10)$$

$$\eta_2(x_2) = 3.396235 - 0.980143x_2 \quad (11)$$

$$\eta_2(x_3) = 3.396235 + 1.099577x_3 + 1.960952x_3^2 \quad (12)$$

将式(4)~(12)分别固定另外2个因素为零水平,即描绘出单粒率、漏充率、重播率与各因素的关系曲线(其中式(4),(7),(10)和(11)曲线呈线性关系,故略),见图1、图2和图3。由式

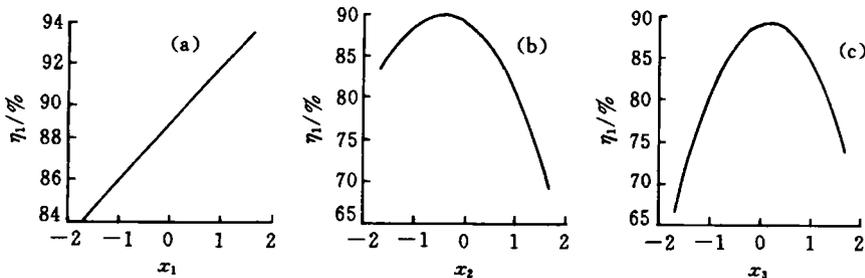


图1 单粒率  $\eta_1$  与排种轮转速(a)、气流静压(b)和气流喷嘴安装角(c)的关系

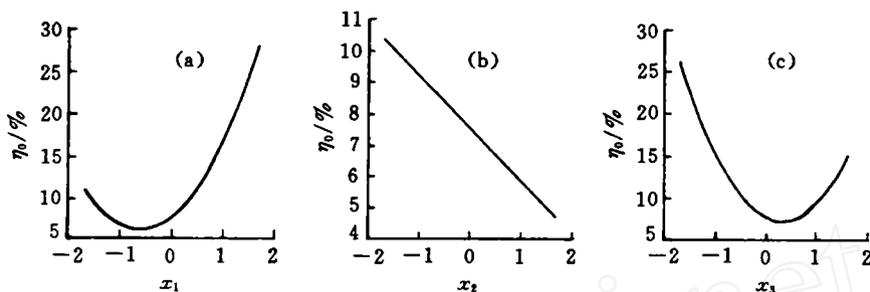


图2 漏充率  $\eta_0$  与排种轮转速(a)、气流静压(b)和气流喷嘴安装角(c)的关系

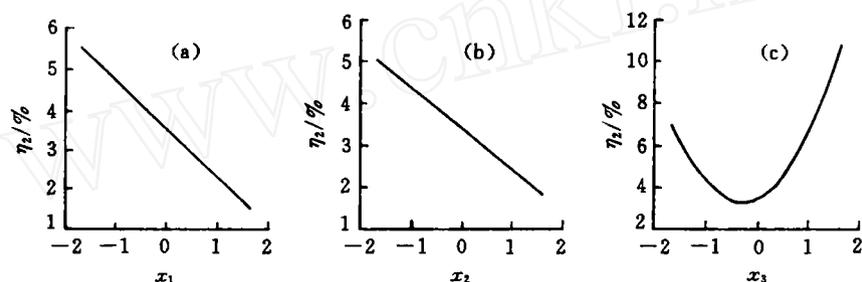


图3 重播率  $\eta_2$  与排种轮转速(a)、气流静压(b)和气流喷嘴安装角(c)的关系

(4)和图1综合分析可知,在一定的作业条件下,为保证足够的单粒率,排种轮转速、气流静压和喷嘴安装角之间应适当配合。由式(7)和图2(b)及(c)可见,漏充率与气压、安装角都呈现下凹二次曲线关系,且在气压、安装角度近似为零水平时,漏充率相对较小;因此,要把漏充率控制在要求的值以下,安装角应保证在零水平,且应保证一定的气压。由式(10)和(11)及图3可知,转速对重播率的影响相对小些,气流静压和喷嘴安装角影响相对较大。回归结果表明,转速很低,气压很低,安装角度最大时,重播率最大;因此,为达到合格率要求应避免此种工况出现。

## 4 结 论

1)在考察范围内,重播率的值较小,而漏充率相对较大;因此,当表征排种性能的3个指标发生冲突时,可优先满足单粒率和漏充率指标,让重播率指标作出让步。

2)随着排种轮转速的增大,单粒率增大,漏充率减小,这对提高播种作业的生产率有利。

3)在考察范围内,寻求最佳工作条件,在此条件下合格率最大<sup>[3]</sup>。最佳工作条件为:转速  $60 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,气压  $11.91 \text{ Pa}$ ,安装角  $0^\circ$ 。此时喷管流量为  $2.51 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,喷嘴出口气流速度为  $45.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。当转速达  $64.5 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,合格率开始下降,漏充率及重播率相应增加。

## 参 考 文 献

- 1 孙秀芝. 正确建立系统的数学模型追索真正的优化点. 东北农学院学报, 1986, 17(2): 47~51