

# 玉米水平圆盘精密排种器型孔的研究

廖庆喜, 高焕文, 臧 英

(中国农业大学)

**摘 要:** 针对长期以来对水平圆盘精密排种器型孔参数的确定建立在经验基础上, 难以保证设计的合理性及对具体种子尺寸如何选择合理型孔的现状, 从水平圆盘精密排种器结构和工作原理出发, 依据种子几何尺寸分布的特点, 统计分析了具有代表特征的大圆、小圆、大扁和小扁 4 种不同玉米种子囊入型孔的状态特征, 从理论上建立了型孔参数设计的数学模型; 通过对型孔工作特性的台架试验, 应用 Lab Windows CVI 软件编制的排种性能指标统计程序求出了 4 品种播种均匀性指标值, 以唐抗 5 号种子为例, 实证了型孔参数数学模型设计的合理性, 此模型可作为水平圆盘精密排种器型孔参数的设计及根据不同种子类型选择型孔型式的依据。

**关键词:** 排种器; 水平圆盘; 型孔; 数学模型; 试验研究

**中图分类号:** S223.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2003)02-0109-05

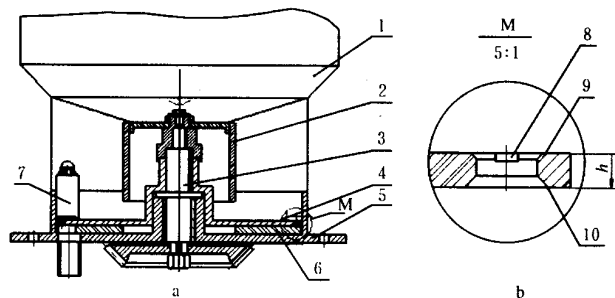
## 1 引 言

水平圆盘精密排种器是应用较早的一种机械式精密排种器, 具有充种行程长, 囊种率高, 结构简单, 工作可靠的特点<sup>[1]</sup>。国内外在 20 世纪 70 年代对其进行过广泛的研究, 以苏联学者研究居多, 主要集中在棉籽和玉米穴播的研究。之后菲律宾学者 Than Shein 对适合多作物品种播种的水平圆盘排种器进行了研究, 提出了相关改进设计的方案<sup>[2]</sup>; Garcia P. P. 曾对水平圆盘排种器进行了结构参数的优化设计和试验研究, 结果表明型孔的形状、尺寸和型孔开槽对播种精度有着重要的影响, 而型孔尺寸和型孔开槽是影响播种精度的两个主要因素<sup>[3]</sup>; Wang H 根据种子的几何尺寸决定型孔参数的设计指导思想, 对水平圆盘排种器的结构也进行了参数的优化设计<sup>[4]</sup>。在国内有梁天也等对水平圆盘精密排种器进行了结构的改进设计和试验, 结果表明在实际应用中种子的破碎率达到 8% ~ 20%<sup>[5]</sup>。纵观国内外研究情况, 对水平圆盘精密排种器而言, 目前还没有找到计算公式, 对预定速度和具体种子的尺寸求出足以满足播种精度的型孔参数, 以往的研究对型孔参数是建立在经验基础上, 以保证种子不退出型孔为条件而选择的<sup>[6]</sup>, 缺乏一定的理论依据, 难以保证设计的合理性。在实际使用中由于种子尺寸和形状的千差万别, 其型孔参数与种子尺寸是否匹配, 是影响播种精度和导致破碎的主要原因之一; 考虑精密排种器今后的研究趋势主要是优化设计参数, 提高制造工艺水平和降低产品价格这一指导思想<sup>[7]</sup>, 并针对我国玉米品种分为大圆、小圆、大扁和小扁四种类型的分级标准要求, 探讨建立水平圆盘精密排种器型孔参数设计的数学模型, 以指导型孔的设计和选择与种子类型配套的型孔对实际生产作业是十分必要的。

## 2 排种器结构和工作原理

### 2.1 水平圆盘精密排种器的基本结构

水平圆盘精密排种器由动盘、定盘、推刮种器、主轴、锥齿轮、底座和输种管等组成, 如图 1 所示。其中图 1a 为排种器的构造示意图, 图 1b 为型孔示意图。



1. 种箱 2. 隔套 3. 主轴 4. 动盘 5. 底座 6. 定盘  
7. 推刮种器 8. 型孔开槽 9. 型孔小倒角 10. 型孔大倒角

图 1 水平圆盘精密排种器结构示意图

Fig. 1 Structure of the horizontal plate metering

### 2.2 水平圆盘精密排种器的工作原理

水平圆盘连续旋转, 种子在重力及离心力作用下囊入型孔, 刮种器刮掉多余的种子, 然后型孔内种子通过推种器将型孔中的种子推出<sup>[8]</sup>。

## 3 试验方法与设备

### 3.1 试验材料

农大 108、唐玉 10 号、张玉 4 号和唐抗 5 号。

### 3.2 试验方法

按照 GB 6973-86《单粒(精密)播种机试验方法》<sup>[9]</sup>取样的要求, 应用 Lab Windows CVI 软件编制的排种性能指标统计程序计算各指标值。

### 3.3 试验设备

中国农业大学工学院农机化系设计的专用试验台, 由试验台架、排种器系统、YCT 电磁调速电动机、CWO 减速机和自制的精密播种机多功能性能检测装置等组成。

收稿日期: 2002-06-17 修订日期: 2002-10-21

作者简介: 廖庆喜, 副教授, 在读博士生, 北京市清华东路 17 号 中国农业大学工学院, 100083; 武汉市 华中农业大学工程技术学院, 430070

4 排种器型孔的理论研究

型孔是玉米精密排种器保证单粒排种的核心元件,机械式排种器的型孔经历了圆柱型孔,圆锥型孔,倒角窝眼,盆形窝眼,前后倒角型孔,多排径向配置型孔,倾角型孔,带引种环槽型孔等研究过程<sup>[10]</sup>,合理选择型孔的结构参数是保证播种精度的充分条件<sup>[6]</sup>。本文选择圆柱型带倒角和引种环槽型孔为研究对象。如图 1b 所示型孔结构示意图。

4.1 种子的几何特性分析

型孔形状和尺寸对播种玉米精度有重要的影响<sup>[11]</sup>,其确定依据是种子的几何尺寸分布,为此选择具有代表型的小圆型农大 108(I)、大扁型唐玉 10 号(II)、大圆型张玉 4 号(III)和小扁型唐抗 5 号(IV)4 个品种进行了测定,其种子的几何尺寸分布如图 2、3、4。由此根据种子几何尺寸 90% 以上集中分布区域可初步确定型孔的直径大小和厚度。

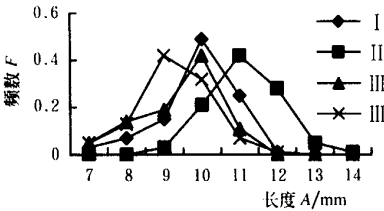


图 2 种子长度分布图  
Fig 2 Length size distribution of corn seeds

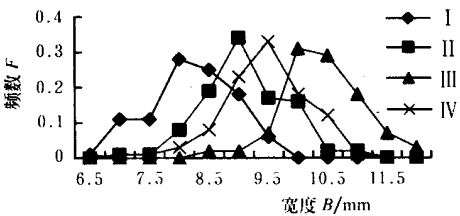


图 3 种子宽度分布图  
Fig 3 Width size distribution of corn seeds

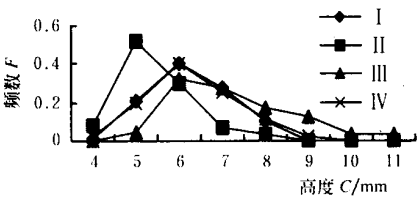


图 4 种子厚度分布图  
Fig 4 Thickness size distribution of corn seeds

4.2 种子囊入型孔的状态分析

种子趋于型孔存在“平躺”、“侧卧”和“竖立”3 种状态,令  $A/B = k_1, A/C = k_2, P_p$  为平躺概率,  $P_w$  为侧卧概率,  $P_s$  为竖立概率,经推导出:  $P_p = k_2/(k_1 + k_2 + 1), P_s = 1/(k_1 + k_2 + 1), P_w = k_1/(k_1 + k_2 + 1)$ 。通过实际测量统计计算求出如表 1 所示不同品种状态概率值。

表 1 不同品种几何尺寸与状态概率比较表

Table 1 Comparison of dimension and posture probability of different seed varieties

	长 $A/mm$	宽 $B/mm$	高 $C/mm$	$k_1$	$k_2$	$P_p$	$P_w$	$P_s$	种子状态概率排序
农大 108	9.4647	8.0050	5.8295	1.1823	1.6236	0.4267	0.3106	0.2627	平躺最大,侧卧次之,竖立最小
唐抗 5 号	8.8180	9.2440	5.7961	0.9539	1.5214	0.4378	0.2745	0.2877	平躺最大,竖立次之,侧卧最小
唐玉 10 号	10.7085	8.9065	4.9895	1.2023	2.1462	0.2765	0.4935	0.2300	侧卧最大,平躺次之,竖立最小
张玉 4 号	8.9385	10.164	6.8155	0.8794	1.3115	0.2756	0.4110	0.3134	侧卧最大,竖立次之,平躺最小

4.3 型孔参数的设计研究

4.3.1 种子相对速度  $v_r$  的确定

1) 种子相对极限速度  $v_{max}$  的确定  
种子囊入型孔的速度是相对速度,而不是绝对速度,只有种子与排种动盘的相对移动才有种子囊入型孔的过程<sup>[6]</sup>。如图 5 所示,设玉米种子质量中心距胚芽端  $mL$  处,其中  $m$  为种子质量中心距胚芽端距离所占种子最大几何尺寸  $L$  的百分比,若设种子长轴沿  $ox$  轴堆放(或平躺或竖立或侧卧),当种子质量中心与型孔棱边重合时,种子发生倾斜,随后种子以某种速度趋近型孔,依靠重力自由落入型孔的同时绕棱角翻转。

不妨设种子长、宽、高中 90% 以上集中分布区域的最大平均几何尺寸为  $d_{max}$ ,型孔直径为  $D$ ,型孔与种子间隙为  $\Delta$ ,质量中心与动盘表面高度为  $a$ ,圆盘厚度为  $h$ ,则

$$D = d_{max} + \Delta \tag{1}$$

若以唐抗 5 号种子为例,其长、宽、高中 90% 以上分布区域的最大平均几何尺寸为 9.3 mm,取  $\Delta = 1.7$  mm,则  $D = 9.3 + 1.7 = 11$  mm。

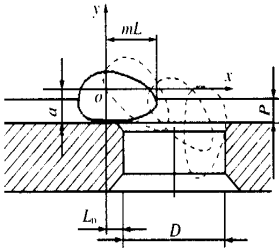


图 5 种子落入型孔质量中心变化示意图  
Fig 5 Schematic diagram of seed filling into cell

若考虑质量中心种子沿长轴方向与胚芽端距  $mL$  处翻转进入,则  $D_{min} = \sqrt{(a^2 + (m \cdot d_{max})^2)} + \Delta$   
上式表明型孔的线性尺寸  $D$  与种子的最大平均几

何尺寸有关。此时, 在水平方向:  $D_{min} = v_{max} \cdot t$ , 在垂直方向:  $a = (g \cdot t^2)/2$ ,  $t$  为时间, 联立求得

$$v_{max} = D_{min} \cdot \sqrt{\frac{g}{2a}}$$

将  $D_{min}$  代入求得种子的相对极限速度  $v_{max}$  为

$$v_{max} = (\sqrt{(m \cdot d_{max})^2 + a^2 + \Delta}) \cdot \sqrt{\frac{g}{2a}}$$

如考虑种子群的影响, 则某粒种子的相对极限速度

$$v_{max} = (\sqrt{(m \cdot d_{max})^2 + a^2 + \Delta}) \cdot \sqrt{\frac{g}{2a}}$$

由此可见, 种子的相对速度决定于种子长、宽、高中 90% 以上集中分布区域的最大平均几何尺寸及其质量中心。

一般来说, 动盘的转速过高,  $v_r$  增大, 引起种子来不及充填型孔, 造成漏播, 而转速太低, 又不利于提高排种频率, 影响播种的效率, 因此为保证合理的种子与型孔的间隙  $\Delta$  和相对极限速度采取型孔开槽和倒角的措施, 如图 1b 所示, 设环形槽的深度为  $P$ , 推导求得

$$v_{max} = (\sqrt{(m \cdot d_{max})^2 + a^2 + \Delta}) \cdot \sqrt{\frac{g}{2(a - P)}}$$

若设倒角长为  $L_0$ , 且同时考虑环形槽和倒角则相对极限速度为

$$v_{max} = (L_0 + \sqrt{(m \cdot d_{max})^2 + a^2 + \Delta}) \cdot \sqrt{\frac{g}{2(a - P)}} \quad (2)$$

仍以唐抗 5 号种子为例, 不妨取  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ,  $L_0 = 1 \text{ mm}$ ,  $\Delta = 1.7 \text{ mm}$ ,  $m = 0.45$ ,  $d_{max} = 9.3 \text{ mm}$ ,  $a = 3.5 \text{ mm}$ ,  $P = 1 \text{ mm}$  利用公式求得  $v_{max} = 0.361 \text{ m/s}$

从 (2) 式可以看出改变型孔的结构形式, 环形槽和倒角均提高了种子的相对极限速度, 当排种动盘的转速一定时, 有环形槽的型孔直径可减小, 即型孔与种子的间隙可减小, 有利于更准确的囊取单粒种子并减少种子的破碎。

## 2) 种子相对速度 $v_r$ 的确定

如图 6 所示, 单粒种子在种子群中运动时的受力分析。不妨设种子所在位置距动盘中心为  $r$ ,  $v_r$  为种子相对速度,  $v_e$  为种子牵连速度, 种子重力为  $m_0g$ , 种子与动盘摩擦系数为  $f_1$ , 种子与底座侧壁摩擦系数为  $f_2$ , 种子之间内摩擦系数为  $f_3$ , 动盘转动角速度为  $\omega$  种子对动盘垂直压力为  $N_1$ , 种子作用在容器侧壁的水平总压力为  $N_2$ , 上层种子对下层种子的垂直压力为  $N_3$ , 种子层的高度为  $z_1$ , 下层种子的高度为  $z_2$ , 种子的表面积为  $S$ , 种子的内摩擦角为  $\varphi$ , 侧压系数为  $\xi$ , 其中  $F_1 = N_1 \cdot f_1$ ;

$$F_2 = N_2 \cdot f_2; F_3 = N_3 \cdot f_3; \xi = \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$$

经推导(过程从略) 计算得出种子的相对速度为

$$v_r = \frac{1}{2} [r \cdot \omega - \frac{g}{\omega \cdot f_2 (z_1 - z_2)} \cdot (z_1 \cdot f_1 - z_2 \cdot f_3 - \xi \cdot z_1 \cdot f_2)] \quad (3)$$

从上述方程式可见, 影响种子对圆盘的相对速度为种子所在位置距动盘中心距离、圆盘角速度、摩擦系数和种箱内种子层的高度。

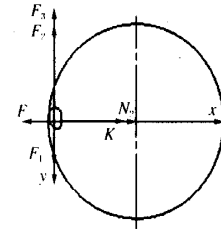


图 6 单粒种子的受力分析示意图

Fig 6 Schematic diagram of mechanism of the single seed

由型孔的囊种率试验得出型孔的最佳转速为 17 r/min, 由此求得  $\omega = 1.78 \text{ rad/s}$  考虑实际作业种子相对排种动盘的相对速度取值为 0  $v_r$   $v_m$ , 其中  $v_m$  为最大相对速度, 利用上式求得  $v_m = r \cdot \omega/2 = 0.089 \text{ m/s} < v_{max} = 0.361 \text{ m/s}$ , 表明种子相对排种盘的相对速度小于种子的相对极限速度, 其设计是合理的。故 0  $v_r$  0.089 m/s

## 4.3.2 动盘厚度的确定

理论上种子体积能全面描述种子的特征, 欲实现单粒排种, 型孔内只能容纳一粒最大的种子, 不能同时容纳同一分级内的两粒种子, 则  $V_{max} < V < 2V_{min}$  [6], 其中  $V$  为型孔的容积,  $V_c$  为种子的容积, 若不考虑倒角, 则型孔体积为  $V = \pi \cdot D^2 \cdot h/4$ , 如果考虑倒角并设上倒角为  $t_1 \cdot \alpha_1$ , 其倒角深为  $t_1 \cdot \tan \alpha_1$ , 下倒角为  $t_2 \cdot \alpha_2$ , 倒角深为  $t_2 \cdot \tan \alpha_2$ , 则得出如下式上倒角形成的体积为  $V_1$  和下倒角形成的体积为  $V_2$ 。

$$V_1 = \frac{1}{3} \pi \cdot t_1 \cdot \tan \alpha_1 \cdot [(\frac{D}{2} + t_1)^2 + (\frac{D}{2} + t_1) \cdot \frac{D}{2} + (\frac{D}{2})^2] \quad (4)$$

$$V_2 = \frac{1}{3} \pi \cdot t_2 \cdot \tan \alpha_2 \cdot [(\frac{D}{2} + t_2)^2 + (\frac{D}{2} + t_2) \cdot \frac{D}{2} + (\frac{D}{2})^2] \quad (5)$$

故型孔的体积为

$$V = V_1 + V_2 + \frac{1}{4} \pi D^2 (h - t_1 \cdot \tan \alpha_1 - t_2 \cdot \tan \alpha_2)$$

不妨令

$$V_3 = \frac{1}{4} \pi D^2 (t_1 \cdot \tan \alpha_1 + t_2 \cdot \tan \alpha_2) \quad (6)$$

则

$$\frac{4V_{max}}{\pi D^2} - \frac{4V_1}{\pi D^2} - \frac{4V_2}{\pi D^2} + \frac{4V_3}{\pi D^2} < h < \frac{8V_{min}}{\pi D^2} - \frac{4V_1}{\pi D^2} - \frac{4V_2}{\pi D^2} + \frac{4V_3}{\pi D^2} \quad (7)$$

$$d_{min} < h \quad (8)$$

式中  $d_{min}$ ——种子长、宽、高中 90% 以上分布区域的最小平均几何尺寸;  $V_{max}, V_{min}$ ——分别是型孔的最大最小容积。

结合 (7)、(8) 两式即可确定排种动盘型孔的厚度。

同样以唐抗 5 号种子为例, 其  $V_{max} = 548.1188 \times 10^{-9} \text{ m}^3$ ,  $V_{min} = 376.74 \times 10^{-9} \text{ m}^3$ ,  $D$  为 11 mm, 上倒角为  $1 \times 45^\circ$ , 下倒角为  $2 \times 45^\circ$ , 则  $V_1 = 113.36 \times 10^{-9} \text{ m}^3$ ,  $V_2 = 267.56 \times 10^{-9} \text{ m}^3$ ,  $V_3 = 285.1 \times 10^{-9} \text{ m}^3$ ,

由此求得:  $4\ 76\text{ mm} < h < 6\ 92\text{ mm}$ 。再结合唐抗 5 号种子囊入型孔中平躺的概率值最大, 欲保证种子免受刮种器的破碎, 则动盘的厚度应大于种子最小平均几何尺寸  $d_{\min} = 5\ 8\text{ mm}$ , 因此, 动盘厚度取值为:  $5\ 80\text{ mm} < h < 6\ 92\text{ mm}$ , 经圆整取厚度为  $6\text{ mm}$ 。

4.3.3 型孔配置方式(数量) 的确定

型孔的配置方式直接影响到播种精度。合理的型孔组间隔墙厚度可使每次投射的种子束间隔分明, 消除型孔与型孔之间种子的混乱现象<sup>[6]</sup>, 若型孔间隔墙的厚度小于型孔的长度, 则混乱现象存在造成重播率上升。理论上, 排种器形成单粒等时差的均匀种子流, 其种子排出时间  $T_i$  (推种器推出的时间) 与种子在牵连速度  $V_e$  作用下经过型孔的时间  $T_x$  之和应等于种子经过间隔墙厚度的时间  $T_j$ , 不妨设间隔墙的厚度为  $S_j$ , 则  $S_j = (v_e - v_r) \cdot T_j$ , 种子由推种器推出的时间  $T_i$  等于种子自由落体经过  $(h - a + P)$  距离的时间, 而  $T_x = D/v_e$ , 由此有以下方程

$$h - a + P = \frac{1}{2} \cdot g \cdot T_i^2; S_j = (v_e - v_r) \cdot T_j;$$
$$T_j = T_i + T_x$$
$$S_j = \{v_e - \frac{1}{2}[r \cdot \omega - \frac{g}{\omega \cdot f_2(z_1 - z_2)} \cdot (z_1 \cdot f_1 - z_2 \cdot f_3 - \xi \cdot z_1 \cdot f_2)]\} \times (\frac{D}{v_e} + \sqrt{\frac{2(h - a + P)}{g}}) \quad (9)$$

若设排种器动盘型孔配置的中心直径为  $D_0$ , 型孔

数量为  $N$ , 则有:  $N \cdot S_j + N \cdot D = \pi \times D_0$ , 求得

$$N = (\pi \cdot D_0) / [D + \{v_e - \frac{1}{2}[r \cdot \omega - \frac{g}{\omega \cdot f_2(z_1 - z_2)} \cdot (z_1 \cdot f_1 - z_2 \cdot f_3 - \xi \cdot z_1 \cdot f_2)]\} \cdot (\frac{D}{v_e} + \sqrt{\frac{2(h - a + P)}{g}})] \quad (10)$$

利用  $0 \leq v_r \leq 0.089\text{ m/s}$ , 分别取  $v_r = 0, v_r = 0.089\text{ m/s}, h = 6\text{ mm}, D = 11\text{ mm}$ , 由公式 (9) 求得  $7.879\text{ mm} \leq S_j \leq 15.757\text{ mm}$ 。即型孔隔墙的厚度在  $7.879\text{ mm} \leq S_j \leq 15.757\text{ mm}$  能保证种子的有效分离, 现取  $S_j = 12\text{ mm}$ , 若取  $D_0 = 200\text{ mm}$ , 利用 (10) 式求得  $N = 27.32$ , 圆整得  $N = 28$  孔。

5 型孔的工作特性试验与分析

5.1 型孔囊种率试验

为验证模型设计的有效性, 设计了不同型孔型式如表 2。安排了囊种率随型孔与转速变化的试验, 结果如表 3。

表 2 不同型孔型式对照表

Table 2 Comparison of different cell types

E	F	G	H
$N = 28, h = 6^\circ$	$N = 28, h = 6^\circ$	$N = 36, h = 6^\circ$	$N = 36, h = 6^\circ$
不开槽, 大倒角	开槽, 小倒角	开槽, 小倒角	不开槽, 大倒角

注:  $N$ : 型孔的数量;  $h$ : 动盘的厚度;  $^\circ$ : 型孔的直径; 小倒角:  $1 \times 45^\circ$  大倒角:  $2 \times 45^\circ$  推种器型式: 滚珠式。

表 3 囊种率随型孔型式与转速变化的试验结果

Table 3 Results of rate of seed-cell filling with different cell types and rotating speed

转速 $/r \cdot \text{min}^{-1}$	E			F			G			H		
	L	S	$\eta$	L	S	$\eta$	L	S	$\eta$	L	S	$\eta$
8	448	546	1.2188	448	547	1.2210	576	711	1.2343	576	670	1.1632
11	616	697	1.1315	616	732	1.1883	792	883	1.1149	792	901	1.1382
14	784	815	1.0395	784	893	1.1390	1008	1061	1.0526	1008	1019	1.0109
17	952	980	1.0294	952	1030	1.0819	1224	1244	1.0163	1224	1253	1.0237
20	1120	1106	0.9875	1120	1119	0.9994	1440	1439	0.9993	1440	1404	0.975
23	1288	1240	0.9627	1288	1225	0.9511	1656	1613	0.9740	1656	1536	0.9275

注: 试验时间: 2002 年 5 月 21 日, 试验品种: 唐抗 5 号;  $\eta$ : 囊种率,  $\eta = S/L$ ;  $L$ : 理论值;  $S$ : 实际值。

试验结果表明, 型孔的囊种率随结构型式的变化而变化, 随转速的增大而减小。型孔型式采用大倒角的囊种率高于开槽小倒角的囊种率, 型孔数量的增加在相同转速时其囊种率略有下降, 表 3 表明选择转速为  $17\text{ r/min}$  时其囊种率接近  $100\%$  为最佳转速。但试验中发现采用大倒角型孔时其种子的破碎率增大, 主要原因在于大倒角型孔增加了种子双粒充种的几率, 且经过刮种器时没有开槽部分的倾斜空间; 另一方面, 型孔数量的增加减少了型孔隔墙的厚度, 易引起种子间的混乱, 造成重播率的上升, 因此以选择 E 型式为最佳型孔型式。

5.2 不同种子性能指标台架试验与分析

为考察不同品种对型孔的适应性, 取转速为  $17\text{ r/min}$ , 型孔参数取  $h = 6\text{ mm}, N = 28, D = 11\text{ mm}$  时进行排种均匀性试验, 比较不同品种的性能指标的变化

差异, 试验结果如表 4。

表 4 不同品种均匀性试验结果表

Table 4 Experimental result of uniformity of different seed type

	唐抗 5 号	农大 108	唐玉 10 号	张玉 4 号
合格指数	93.52	90.02	77.38	75.75
重播指数	5.32	8.32	15.51	10.33
漏播指数	1.16	1.66	7.11	13.92
变异系数	27.79	28.44	26.58	28.04
平均值	1.052	1.053	1.040	1.027

注: 试验时间: 2002 年 5 月 30 日; 推种器型式: 滚珠式。

结果表明, 唐抗 5 号种子的各项性能指标最好。从前述种子的尺寸分布表明, 唐抗 5 号与农大 108 种子的长度和厚度分布具有相近的区域, 而唐抗 5 号的宽度  $90\%$  以上集中分布在  $9 \sim 11\text{ mm}$ , 农大 108 的宽度集中

分布在 7.5~9.5 mm, 唐抗 5 号种子最大的平均几何尺寸接近于型孔的直径, 而最小的平均几何尺寸 5.5~6.5 接近于型孔的厚度, 因而唐抗 5 号种子的适应性好。

对唐玉 10 号而言, 种子最大的平均几何尺寸分布在 10~12 mm, 部分大于了型孔的直径, 而最小的平均几何尺寸在 5~6 mm, 增加了型孔充填双粒种子的机率, 因而漏播率和重播率上升。而张玉 4 号种子最大的平均几何尺寸分布在 10~12 mm, 其最小平均几何尺寸集中分布在 6~7 mm, 超出了型孔盘的厚度, 增加了种子被刮种器从型孔中刮出的可能, 因而其漏播指数增大, 且若刮种器的弹簧压力调整不当易引起种子的破碎。

## 6 结论与建议

1) 理论上分析了水平圆盘精密排种器型孔参数影响播种精度的要素, 提出了型孔各参数计算的经验公式, 建立了设计型孔参数的数学模型。

2) 型孔参数设计的数学模型用于唐抗 5 号的实证设计与计算, 结果表明设计的型孔能达到高的性能指标, 验证了所设计模型的有效性。

3) 针对我国玉米品种分为大圆、小圆、大扁和小扁 4 种类型的分级标准, 可运用该模型设计与分级标准对应的 4 种型孔类型, 但考虑我国目前还没有完全实现种子的商品化, 实际应用中需注重对玉米种子进行分级归类, 以选择对应的排种动盘, 同时, 播种作业时还应调节

播种机地轮驱动的链传动比。

### [参 考 文 献]

- [1] 郭佩玉. 田间育种机械化与种子加工现代化[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1998: 12
- [2] Than Shein. Evaluation of different metering devices for multi-crop seeding [A]. College Laguna (Philippines). Apr 1988. 145 leaves
- [3] Garcia P. P. Participatory development of a corn seeder [A]. College Laguna (Philippines). Apr 1993. 119 leaves
- [4] Wang H. Drum type seed metering device: a study of optimum parameters of precision seeding [A]. College Laguna (Philippines). Feb 1991. 104 leaves
- [5] 梁天也, 巴晓斌, 时景云. 精播丸粒化玉米种子水平圆盘式排种器清种装置的改进 [J]. 吉林农业大学学报, 2001, 23 (1): 101~103
- [6] 张波屏. 播种机械设计原理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1982
- [7] 全国农牧渔业丰收计划办公室. 精量、半精量机械化播种技术 [M]. 北京: 经济科学出版社, 1996
- [8] 张德文, 李 林, 王惠民. 精密播种机械 [M]. 北京: 农业出版社, 1982
- [9] GB 6973-86《单粒(精密)播种机试验方法》[S]. 北京: 中国标准出版社, 1987.
- [10] 张泽平, 马成林等. 精密排种器及排种理论研究进展 [J]. 吉林工业大学学报, 1995, (4): 112~116
- [11] 赵清华, 田嘉海, 万 霖. 型孔尺寸对播种玉米精度的影响 [J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 1997, 9(3): 39~45

## Experimental study on the cell of the horizontal plate precision meter for corn seed

Liao Qingxi, Gao Huanwen, Zang Ying

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Based on the status that the cell parameters of the horizontal plate precision metering device were developed according to designer experiences for a long time, it was difficult to design the reasonable cell parameter, and to select reasonable cell type by seed dimensions. Based on the theory and structure of the horizontal plate precision metering device in this paper, along with distribution characteristic of seed dimensions, static characteristic filling into the cell of the different seed types by analyzing the big circle, the small circle, the big flat and the small flat, a mathematic model of the cell parameters was established, and working characteristic of the cell was attained through experiment in the meter test-bed, and the statistic program developed by the Lab Windows CVI software was applied to calculate different performance indexes. The results confirmed that this is a reasonable model used for the design of cell parameters, and this model should be used to design bases of the cell parameters of the horizontal plate precision metering device and select the cell type according to different seed type.

**Key words:** meter; cell; mathematic model; performance indexes; experimental research