

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.06.019

## 阿基米德螺线型缺口圆盘破茬刀参数优化与试验\*

林静 李博 李宝筏 牛金亮 钱巍

(沈阳农业大学工程学院, 沈阳 110161)

**摘要:** 免耕播种机是在地表残茬、秸秆、杂草覆盖条件下进行播种,作业环境差,易造成免耕播种机堵塞、播种深度不稳定等。基于东北玉米垄作免耕播种机的农业技术要求,为了解决破茬防堵、开沟稳定,减小破茬阻力,提高破茬开沟质量等问题,设计了阿基米德螺线型缺口圆盘破茬刀,确定了其结构特性和尺寸参数为:缺口数11,最大半径215 mm,起始半径175 mm,包角 $32.72^\circ$ ,并建立了它的运动方程。通过3种圆盘(螺线型缺口圆盘、光面圆盘、半圆型缺口圆盘)破茬刀对比试验,证明了螺线型缺口圆盘破茬刀的优越性。同时建立了螺线型缺口圆盘破茬刀的破茬阻力与破茬盘类型、机器配重、机器前进速度的二次回归数学模型。研究成果为破茬装置优化设计提供了理论基础。

**关键词:** 免耕播种机 圆盘破茬刀 螺线型 玉米根茬

**中图分类号:** S223.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)06-0118-07

## 引言

免耕播种在地表有作物残茬和秸秆覆盖条件下进行,作业环境差,土壤坚硬,垄形不整,易造成免耕播种机壅堵、播种深度不匀、机器易跑偏、垄埂土易向垄沟滑落等<sup>[1]</sup>。破茬防堵装置是免耕播种机的关键部件,它直接影响种沟、种床形状和播种的效果,从而进一步影响作物的出苗率、保苗率和作物的产量。目前,国外免耕播种机破茬装置普遍采用有两种:一种是锄铲式破茬开沟器,入土性能好、不需增加配重、整机质量小,但工作时土壤翻动量大,易挂草而堵塞;另一种是在开沟器前增加破茬圆盘刀。圆盘刀包括光面圆盘刀、缺口圆盘刀和波纹圆盘刀。光面圆盘刀切茬主要依靠机具的下压力和圆盘刀自身锋利的刃口,使秸秆和根茬被迫切断或切碎,其结构庞大,多为牵引式;缺口圆盘刀具有一定的冲击性,更易于切茬,但是缺口圆盘刀的缺口存在漏切区,造成最大缺口处无法切到根茬的最底部;波纹圆盘刀的切茬阻力和动力消耗大,从而导致机具结构庞大<sup>[2-17]</sup>。

本文以阿基米德螺线理论为基础,优化设计阿基米德螺线型缺口圆盘破茬刀,确定它的结构参数和运动方程。通过3种圆盘(螺线型缺口圆盘、光面圆盘、半圆型缺口圆盘)破茬刀对比正交试验,证明螺线型缺口圆盘破茬刀的优越性;同时

建立螺线型缺口圆盘破茬刀的破茬阻力与破茬盘类型、机器配重、机器前进速度的二次回归数学模型。

## 1 螺线型缺口圆盘破茬刀结构参数设计

## 1.1 阿基米德螺线型缺口圆盘破茬刀结构优化

阿基米德螺线型缺口圆盘破茬刀尺寸参数如图1所示。其中, $R_{\max}$ 为最大半径, $b$ 为圆盘厚度, $R$ 为刃口任一点的极径, $\alpha$ 为刃口任一点的极角。设有 $Z$ 个缺口的螺线型缺口圆盘刀置于直角坐标系 $xOy$ 中,其中心点与坐标系原点 $O$ 重合, $x$ 轴水平向右为正, $y$ 轴竖直向下为正,第1个缺口的起始半径与 $y$ 轴正向重合,其余各个缺口以 $y$ 轴正向开始逆时针依次编号,如图2所示。第1个刃口曲线上的某一点为 $A_1$ ,第2个刃口曲线上的某一点为 $A_2$ ,...,第 $i$ 个刃口曲线上的某一点为 $A_i$ ;  $A_1$ 的转角为 $\theta_1$ ,  $A_2$ 的转角为 $\theta_2$ , ...,  $A_i$ 的转角为 $\theta_i$ ;同理,  $A_1$ 的极角为 $\alpha_1$ ,  $A_2$ 的极角为 $\alpha_2$ , ...,  $A_i$ 的极角为 $\alpha_i$ ,经理论分析得其第 $i$ 个刃口曲线型直角坐标系 $xOy$ 下的参数方程为<sup>[18]</sup>

$$\begin{cases} x = R_0 + K \left[ \theta - (i-1) \frac{360}{Z} \right] \sin \theta \\ y = R_0 + K \left[ \theta - (i-1) \frac{360}{Z} \right] \cos \theta \end{cases} \quad (1)$$

其中

$$K = (R_{\max} - R_0) / \Phi$$

收稿日期: 2013-06-27 修回日期: 2013-09-09

\* 国家自然科学基金资助项目(51275318)

作者简介: 林静,教授,博士生导师,主要从事农业机械系统分析与设计研究,E-mail: synydxlj69@163.com

式中  $R_0$ ——螺线型缺口圆盘破茬刀起始半径, mm  
 $\theta$ ——螺线型缺口圆盘破茬刀转角, ( $^\circ$ )  
 $i$ ——刃口曲线顺序数编号  
 $\Phi$ ——缺口包角, ( $^\circ$ )  $K$ ——常数

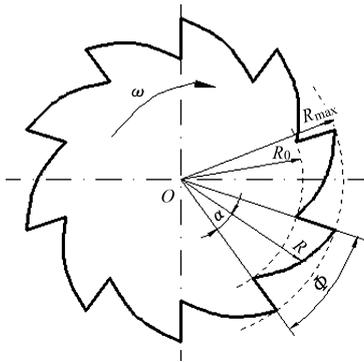


图 1 阿基米德螺线型缺口圆盘刀的结构参数  
 Fig. 1 Structural parameters of archimedes spiral type gap cutting disc

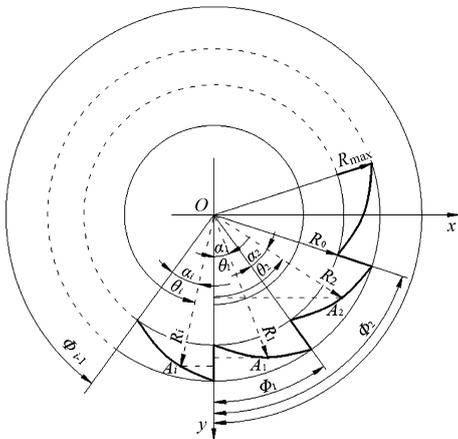


图 2 刃口曲线参数方程的建立  
 Fig. 2 Establishment of parameter equation on cutting edge curve

破茬刀在拖拉机牵引下匀速前进的同时,工作时还与土壤产生摩擦力而绕轴转动,如图 3 所示( $S$  为破茬刀相邻两个刃口曲线顶点的距离),刃口曲线上任意一点  $A_1$  的运动方程为

$$\begin{cases} x = L_{z-n-1} \cos \Phi + 2nR_{\max} \sin \left( \frac{180}{Z} \right) \\ y = L_{z-n-1} \sin \Phi + R_{\max} \end{cases} \quad (2)$$

式中  $n$ ——相对坐标系数

$L_{z-n-1}$ —— $P_n$  与  $A_1$  的距离, 即  $P_n A_1$  的长度

$A_{1(1)}, A_{1(2)}, A_{1(3)} \dots$  为以  $O_1, O_2, O_3 \dots$  为圆心时  $A_1$  点位移的位置, 其初始位置角分别为  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3 \dots$ 。

由参数方程和运动方程, 就可以把一个螺线型缺口圆盘破茬刀的具体形状确定下来。

### 1.2 螺线型缺口圆盘破茬刀缺口刃上点的运动轨迹

阿基米德螺线型缺口圆盘刀的同个缺口刃上不同点的运动轨迹, 如图 4 所示。在第 1 个缺口的刃口曲线上分别取  $a, b$  和  $c$  3 个点。 $a$  点是第 1

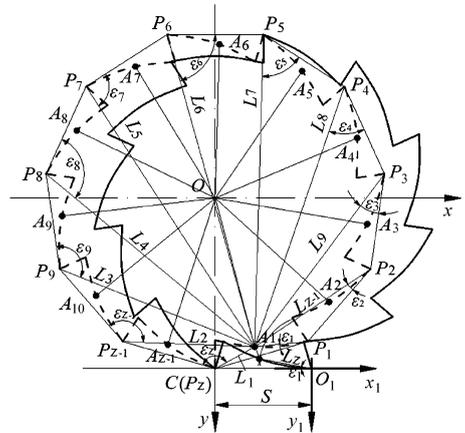


图 3 初始转角的确定  
 Fig. 3 Size of initial angle

个刃口上起始半径  $R_0$  的点;  $b$  点是第 1 个刃口的极角  $\alpha = \Phi/2$  时, 极径  $R$  与刃口曲线的交点;  $c$  点是第 1 个刃口上等于最大半径  $R_{\max}$  的点。从图 4 可以看出, 破茬刀随机具前进顺时针转动, 当第 1 个刃口转动到切茬位置时,  $a, b$  和  $c$  点顺次切茬, 即刃口曲线上的点随着极径的增大依次开始切茬, 实现了由远及近切茬的效果, 同时破茬刀切茬时, 玉米根茬会顺次受到  $a, b$  和  $c$  点各自运动造成的切割冲击, 这些冲击产生的惯性有利于将玉米根茬顺利切开、切断, 防止漏切。经理论分析得到螺线型缺口圆盘破茬刀刃上点的运动轨迹是一条由不同长度的圆弧组成的云曲线, 并且当  $a$  点结束一个圆弧的运动轨迹进入下一个圆弧的运动轨迹时, 都会发生一次冲击。当  $a$  点运动到背向机具前进方向的圆弧位置时, 每结束一个圆弧的运动轨迹进入下一个圆弧的运动轨迹时, 都有一个明显向上抬升的过程, 这一过程产生的惯性冲击可以将破茬刀带出的土壤和残茬甩掉, 减少带土和缠绕; 当  $a$  点运动到朝向机具前进方向的圆弧位置时, 每结束一个圆弧的运动轨迹进入下一个圆弧的运动轨迹, 则又会有一个明显向前推进的过程, 这一过程产生的惯性冲击可以使破茬刀获得更大的冲击力, 提升了切断根茬的效果, 减少破茬阻力, 不会出现入土时扣土, 出土时向后抛土的现象, 可以有效减少对土壤的扰动。

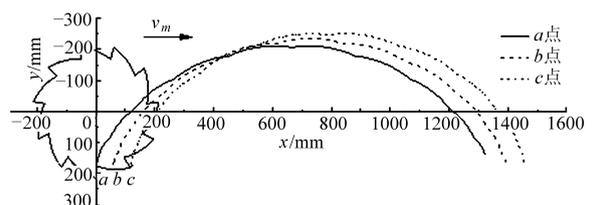


图 4 同一缺口刃上不同点的运动轨迹  
 Fig. 4 Motion trail of different points on the same gap of cutting disc blade

## 2 试验设备与试验方法

### 2.1 试验设备

试验设备为自行研制的玉米根茬切割阻力测试装置和 ZJ 2000 型转矩转速传感器、ZJYW1 型微机型转矩转速仪、BLR-1 型拉压传感器、DLN-2 型便携式数字拉力表。玉米根茬切割阻力测试试验台由调速电动机、机架、减速器、刀盘、转矩转速传感器、夹具、底座、拉压传感器和 3 级胶带传动构成,如图 5 所示。试验工况是调速电动机输出的转速经试验台的第 1、2 级带传动和减速器后传递给转矩转速传感器;然后,转矩转速传感器再经试验台的第 3 级胶带传动传递给破茬刀的刀轴,从而达到破茬刀实际田间工况的速度范围要求。玉米根茬夹紧装置台下方为拉压传感器,同时通过外接的拉力表可以读取破茬刀切茬时的阻力数据<sup>[19]</sup>。

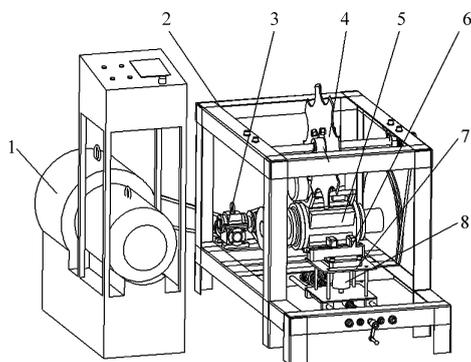


图 5 玉米根茬切割阻力测试装置

Fig. 5 Assembly drawings of cutting resistance test device with corn residue

1. 调速电动机 2. 机架 3. 减速器 4. 刀盘 5. 转矩转速传感器  
6. 夹具 7. 底座 8. 拉压传感器

### 2.2 试验方法

试验中 ZJYW1 型微机型转矩转速仪用来采集转矩  $M$ , DLN-2 型便携式数字拉力表用来采集垂直阻力  $N$ 。由于试验测试转速低于 600 r/min 时,需要启动传感器上的辅助驱动电动机,这样 ZJYW1 型微机型转矩转速仪采集到的转矩  $M$  是传感器主电

动机和辅助驱动电动机转矩的和,只有减去辅助驱动电动机提供的转矩 3 000 N·m,才是传感器主电动机的转矩;此外,传感器通过一个 1:8 的胶带传动将动力传给刀轴,所以最后破茬刀的转矩为

$$M' = (M - 3\,000) / 8 \quad (3)$$

式中  $M'$ ——螺旋型缺口圆盘破茬刀的转矩, N·m  
 $M$ ——ZJYW1 型微机型转矩转速仪显示的转矩, N·m

破茬刀切断根茬所消耗的功率为

$$P = \frac{2\pi n_1 M'}{60} \quad (4)$$

式中  $P$ ——破茬刀切断根茬所消耗的功率, kW  
 $n_1$ ——刀轴转速, r/min

破茬刀切断根茬的水平切割阻力为

$$F = \frac{2M'}{D} \quad (5)$$

式中  $F$ ——破茬刀切断根茬的水平切割阻力, N  
 $D$ ——破茬刀的直径, m

## 3 3 种破茬刀盘室内试验结果

### 3.1 试验工况与参数

试验使用的 3 种圆盘破茬刀,如图 6 所示,分别是螺旋型缺口圆盘破茬刀、半圆型缺口圆盘破茬刀和光面圆盘破茬刀,它们的最大直径均为 430 mm,厚度为 3 mm。试验玉米根茬取自沈阳农业大学试验田,根茬物理参数为根上节深度均值 6.8 cm,根茬高度 20.06 cm,根茬直径 20.06 mm,根系最大直径 19.7~22.5 cm,含水率 15.54%。首先,分别进行光面圆盘、半圆型缺口圆盘和螺旋型缺口圆盘的单因素试验,建立各圆盘破茬刀的水平切割阻力与机具前进速度的数学模型,并对比分析这 3 种破茬刀在相同的切割速度下,水平和垂直切割阻力的变化情况。然后,再对本次设计的螺旋型缺口圆盘破茬刀进行二次回归正交试验,建立水平切割阻力与切割速度和切割夹角的二次回归数学模型,并确立水平切割阻力最小时切割速度和切割角的最

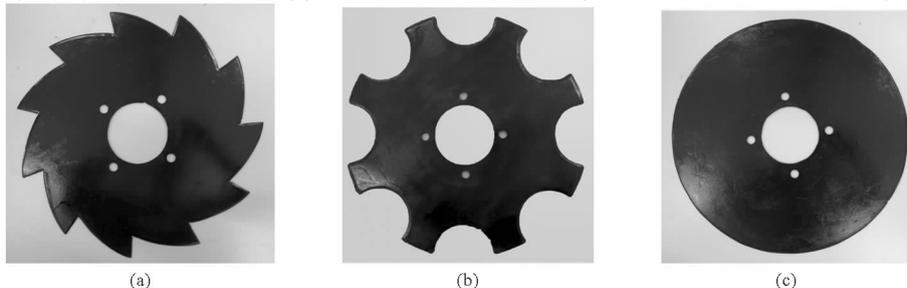


图 6 3 种不同形式圆盘破茬刀

Fig. 6 Three different stubble cutting discs

(a) 螺旋型缺口圆盘破茬刀 (b) 半圆型缺口圆盘破茬刀 (c) 光面圆盘破茬刀

优组合。选取不同切割夹角、切割速度和角速度的各水平如表1所示,切断根茬的阻力、转矩和功率的试验结果如表2所示,螺线型缺口圆盘破茬刀玉米根茬破切剖面如图7所示。

### 3.2 试验结果与讨论

由表2可知,阿基米德螺线型缺口圆盘破茬刀

表1 试验工况  
Tab.1 Test conditions

因素	工况序号				
	1	2	3	4	5
前进速度 $v_m/(km \cdot h^{-1})$	5	8	10	12	15
刀轴转速 $n_1/(r \cdot min^{-1})$	61.69	98.70	123.38	148.05	185.06

表2 3种圆盘的对比试验测得结果  
Tab.2 Contrast test results of three discs

序号	光面圆盘破茬刀			半圆型缺口圆盘破茬刀			螺线型缺口圆盘破茬刀		
	破茬刀转矩 $M/(N \cdot m)$	水平切割阻力 $F/N$	功率 $P/kW$	破茬刀转矩 $M/(N \cdot m)$	水平切割阻力 $F/N$	功率 $P/kW$	破茬刀转矩 $M/(N \cdot m)$	水平切割阻力 $F/N$	功率 $P/kW$
1	133.64	1444.58	0.86	100.10	1359.23	0.65	78.95	1250.14	0.51
2	106.75	1368.26	1.10	89.01	1313.93	0.92	67.40	1219.97	0.70
3	99.59	1322.75	1.29	87.98	1288.69	1.14	65.53	1200.34	0.85
4	95.89	1299.91	1.49	81.06	1256.87	1.26	65.15	1186.35	1.01
5	92.88	1275.39	1.80	79.46	1235.58	1.54	63.98	1165.63	1.24
均值	105.75	1342.18	1.31	87.52	1290.86	1.10	68.20	1204.49	0.86
方差	269.91	4447.78	0.13	66.85	2355.65	0.11	37.61	1044.98	0.08
标准差	32.80	66.69	0.36	8.18	48.54	0.34	6.13	32.33	0.28

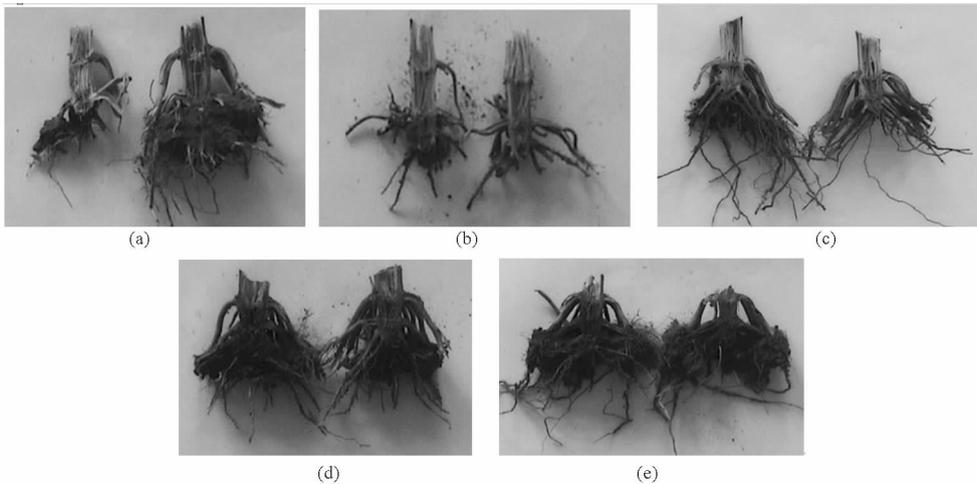


图7 不同切割速度下螺线型缺口圆盘破茬刀的根茬切断效果

Fig.7 Stubbles cutting results of archimedes spiral type gap cutting disc

(a) 5 km/h (b) 8 km/h (c) 10 km/h (d) 12 km/h (e) 15 km/h

的切断根茬的阻力、转矩和功率最小,半圆型缺口圆盘破茬刀次之,光面圆盘破茬刀最大。为了进一步考察阿基米德螺线型缺口圆盘破茬刀的破茬性能,确定螺线型破茬刀切茬阻力与前进速度、切割夹角和圆盘角速度的数学模型,确定试验因素的最优组合,对阿基米德螺线型缺口圆盘破茬刀的工作性能进行二次回归正交设计试验,因素水平编码如表3所示。根据三因素五水平二次回归正交试验设计,安排17次试验,试验方案及结果如表4所示。

根据试验结果,利用计算机求解得出切割阻力与影响因素间的数学模型为

$$y = 1222.17 + 3.99X_1^2 - 3.12X_2^2 - 8.31X_3^2 + 3.5X_1X_2 + 6.57X_1X_3 + 5.75X_2X_3 - 2.32X_1 - 18.69X_2 + 11.24X_3 \quad (6)$$

根据试验因素与试验指标的极差分析确定切断玉米根茬的工况条件最优组合是:机器前进速度是11 km/h,破茬刀角速度是13 rad/s,切割角度是0°。回归方程的显著性检验结果如表5所示。可知,

表3 因素水平编码

Tab.3 Coding for factors and levels

编码	因素		
	前进速度 $x_1/(km \cdot h^{-1})$	圆盘角速度 $x_2/(rad \cdot s^{-1})$	切割夹角 $x_3/(^\circ)$
1.353	15	20	8
1	13.96	18.17	6.96
0	11	13	4
-1	8.04	7.83	1.04
-1.353	7	6	0

表4 试验方案与结果

Tab.4 Test scheme and results

试验序号	$X_1$	$X_2$	$X_3$	切割阻力 $y/N$
1	1	1	1	1 199
2	1	1	-1	1 176
3	1	-1	1	1 220
4	1	-1	-1	1 208
5	-1	1	1	1 196
6	-1	1	-1	1 188
7	-1	-1	1	1 219
8	-1	-1	-1	1 246
9	1.353	0	0	1 237
10	-1.353	0	0	1 223
11	0	1.353	0	1 186
12	0	-1.353	0	1 248
13	0	0	1.353	1 250
14	0	0	-1.353	1 165
15	0	0	0	1 219
16	0	0	0	1 200
17	0	0	0	1 217

$F_1 < F_{0.05}(5, 2)$  是不显著的,说明回归方程拟合较好,故可进一步用统计量  $F_2$  进行检验。其中  $F_2 > F_{0.25}(9, 7) = 1.70$ ,说明方程在  $\alpha = 0.25$  水平上显著。

表5 方差分析结果

Tab.5 Results of variance analysis

方差来源	偏差平方和	自由度	方差	$F$	临界值 $F_{\alpha}$
$D_1$	6 967.93	9	774.21	$F_2 = 1.70$	$F_{0.25}(9, 7) = 1.69$
$D_2$	3 200	7	455.13		
$D_3$	2 982.09	5	596.42	$F_1 = 5.47$	$F_{0.05}(5, 2) = 19.3$
$D_4$	218	2	109		
$D_5$	10 168.02	16			

### 4 田间试验

试验地点在沈阳农业大学试验田,在留有玉米根茬的垄作未耕地块进行试验。试验内容主要包括:试验地块田间情况测定,包括试验地的土壤含水率、垄形及留茬情况的测定;阿基米德螺线型缺口圆盘破茬开沟装置的正交试验,确定破茬开沟装置在切茬、播种时的主要影响因素,以及因素对试验指标影响的主次顺序。经过试验测定土壤含水率的平均值为 14.78%;留茬情况的测定主要包括根茬高度  $H_1$ 、根上节深度  $H_2$ 、根茬直径  $d$  和根系最大直径  $D$ ,如图 8、图 9 所示。在试验地随机测量 10 个玉米根茬进行测定,得到的垄形和玉米根茬尺寸为:垄距  $W = 526$  mm,垄台宽度  $W_1 = 250$  mm,垄底宽度  $W_2 = 260$  mm,垄高  $H = 135$  mm;根茬高度  $H_1 = 112.8$  mm,根上节深度  $H_2 = 72.6$  mm,根茬直径  $d = 21.26$  mm,根系最

大直径  $D = 209.8$  mm<sup>[20]</sup>。

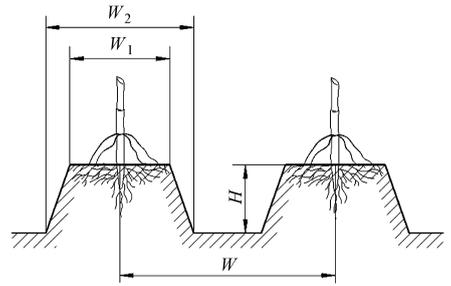


图8 垄形尺寸示意图

Fig.8 Measurement chart of ridge

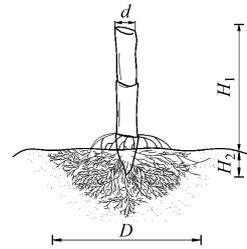


图9 玉米根茬尺寸示意图

Fig.9 Measurement chart of maize stubble

正交试验装置由东方红 450 型拖拉机三点悬挂连接,试验因素与水平如表 6 所示。选用  $L_9(3^4)$  正交表来安排试验,以破茬率为试验指标,试验因素为破茬盘类型、机器前进速度和机器质量,正交试验结果如表 7 所示。

表6 正交试验的因素与水平

Tab.6 Factors and levels of orthogonal test

编码	试验因素		
	破茬圆盘刀类型 $a$	前进速度 $b/(km \cdot h^{-1})$	机器质量 $c/kg$
-1	光面圆盘破茬刀	5	100
0	半圆型缺口圆盘破茬刀	10	150
1	螺线型缺口圆盘破茬刀	15	200

表7 正交试验结果

Tab.7 Orthogonal test results

试验号	因素			破茬率 $Y$ /%
	A	B	C	
1	1	1	1	95.7
2	1	1	-1	94.6
3	1	-1	1	88.6
4	1	-1	-1	89.7
5	-1	1	1	72.3
6	-1	1	-1	90.8
7	-1	-1	1	73.8
8	-1	-1	-1	75.9
9	0	0	0	83.0
10	0	0	0	85.9
11	0	0	0	90.5
12	0	0	0	89.3

通过比较各因素的极差  $R$  的大小确定各因素

对试验指标破茬率影响的主次顺序为:破茬盘类型、机器质量、机器前进速度。最优水平组合为 $A_3B_2C_3$ ,即当破茬刀选取螺线型缺口圆盘破茬刀、前进速度为15 km/h、机器质量为200 kg时,破茬率效果最好。根据正交设计的回归系数,而得回归方程

$$Y = 85.84 + 6.98A + 3.18B - 2.58C - 0.18AB + 2.58AC - 1.78BC \quad (7)$$

回归方程的显著性检验结果,如表8所示,可知, $F_1 < F_{0.05}(2,3) = 9.55$ 是不显著的,说明回归方程拟和较好,故可进一步用统计量 $F_2$ 进行检验。 $F_2 = 5.86 > F_{0.05}(6,5) = 4.95$ ,说明方程在 $\alpha = 0.05$

表8 方差分析结果

Tab.8 Results of variance analysis

方差来源	偏差平方和	自由度	方差	F	临界值 $F_\alpha$
$D_1$	601.39	6	100.23	$F_2 = 5.86$	$F_{0.05}(6,5) = 4.95$
$D_2$	88.54	5	17.11		
$D_3$	53.91	2	26.96	$F_1 = 2.34$	$F_{0.05}(2,3) = 9.55$
$D_4$	34.63	3	11.54		
$D_5$	689.93	11			

水平上是显著的,具有实际意义。从回归系数可以看出,对破茬率影响最大的是破茬圆盘刀类型,与极差 $R$ 分析确定的主次因素次序结论一致。

## 5 结论

(1)对阿基米德螺线型缺口圆盘破茬刀的结构参数优化,确定了刀口曲线为阿基米德螺线的螺线型缺口圆盘破茬刀的尺寸。破茬刀的基本尺寸参数为:缺口数11,最大半径215 mm,起始半径175 mm,包角 $32.72^\circ$ ,并建立了刀口曲线的参数方程。

(2)通过对3种圆盘破茬刀进行二次回归正交试验,建立了圆盘破茬刀在不同前进速度、切割夹角和旋转角速度下,切割阻力的变化规律数学模型。确定了切断玉米根茬的工况条件最优组合为机器前进速度11 km/h,破茬刀角速度13 rad/s,切割角度 $0^\circ$ 时切割阻力最小。

(3)通过对螺线型缺口圆盘破茬装置的田间试验,得出各因素对破茬率影响的主次顺序为:破茬盘类型、机器质量、机器前进速度。

## 参 考 文 献

- 林静,陈英心,李立新.免耕播种机械化技术分析[J].农机化研究,2010(4):232-235.  
Lin Jing, Chen Yingxin, Li Lixin. Analysis of mechanization technique for no-till panting [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010(4):232-235. (in Chinese)
- Grisso Robert Bobby, Holshouser David, Pitman Robert. Planter/drill considerations for conservation tillage systems[R]. Virginia Cooperative Extension, Publication Number:442-457, 2007.
- Grisso Robert Bobby, Holshouser David, Robert Pitman. Equipment considerations for no-till soybean seeding [R]. Virginia Cooperative Extension, Publication Number: 442-456, 2002.
- Randal K T, Hans K. Gating started with ridge tillage, MF 2063 [R]. Cooperative Extension Service, Kansas State University, 1999.
- Elbert C D, Paul J, Robert N K, et al. Ridge plant systems: equipment, G88 876 A [R]. Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska, Lincoln, 1996.
- 李宝筏,刘安东,包文育,等.东北垄作滚动圆盘式耕播机[J].农业机械学报,2006,37(5):57-59.  
Li Baofa, Liu Andong, Bao Wenyu, et al. Rolling disc type till-planter of the ridge cropping system in northeast area of China [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(5):57-59. (in Chinese)
- Sharma D N, Jain M L. Evaluation of no-tillage and conventional tillage systems [J]. AMA, 1984(3):65-70.
- Lal R, Griffin M, Apt J. Managing soil carbon [J]. Science, 2004, 304(4):393.
- 王庆杰,何进,姚宗路,等.驱动圆盘玉米垄作免耕播种机设计与试验[J].农业机械学报,2008,39(6):68-72.  
Wang Qingjie, He Jin, Yao Zonglu, et al. Design and experiment on powered disc no-tillage planter for ridge-tillage [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(6):68-72. (in Chinese)
- 王庆杰,李洪文,何进,等.并列组合式种肥分施防堵装置的设计与试验[J].农业机械学报,2008,39(12):73-77.  
Wang Qingjie, Li Hongwen, He Jin, et al. Design and experiment on paratactic separate application of fertilizer and seed mechanism [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(12):73-77. (in Chinese)
- 马洪亮,高焕文,李洪文,等.驱动圆盘刀切断玉米秸秆和根茬的土槽试验[J].农业机械学报,2007,38(5):47-50.  
Ma Honglian, Gao Huanwen, Li Hongwen, et al. Experimental study on corn stalk and rootstalk cutting by driven disc [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(5):47-50. (in Chinese)
- 包文育.东北垄作免耕播种机关键部件研究与整机设计[D].沈阳:沈阳农业大学,2009.  
Bao Wenyu. Study on key parts and holistic device of the no-till planter of the ridge cropping system in northeast area of China [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2009. (in Chinese)
- 高焕文,李洪文,姚宗路.我国轻型免耕播种机研究[J].农业机械学报,2008,39(4):78-82.  
Gao Huanwen, Li Hongwen, Yao Zhonglu. Study on the Chinese light no-till seeders [J]. Transactions of the Chinese Society for

Agricultural Machinery, 2008, 39(4):78-82. (in Chinese)

- 14 李卫,李问盈,孙先鹏.几种圆盘驱动破茬开沟性能的土槽试验比较[J].农机化研究,2008(8):127-129.  
Li Wei, Li Wenying, Sun Xianpeng. Comparison and experiment on cutting and ditching capability of four driven disc[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008(8):127-129. (in Chinese)
- 15 林静,刘安东,李宝筏,等.2BG-2型玉米垄作免耕播种机[J].农业机械学报,2011,42(6):43-46.  
Lin Jing, Liu Andong, Li Baofa, et al. Design of type 2BG-2 corn ridge planting no-till planter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(6):43-46. (in Chinese)
- 16 杨帆,李问盈,李洪文,等.免耕播种机缺口圆盘刀有限元静强度分析[J].农业机械学报,2010,41(6):53-56  
Yang Fan, Li Wenying, Li Hongwen, et al. Finite element analysis for gap disc of no-till planter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(6):53-56. (in Chinese)
- 17 林静,李博,李宝筏,等.东北地区玉米垄作免耕播种机破茬装置的研究[J].沈阳农业大学学报,2013,44(2):193-200.  
Lin Jing, Li Bo, Li Baofa, et al. Study on residues cutting device of ridge planting no-tillage maize planter in north-east area of China[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2013, 44(2):193-200. (in Chinese)
- 18 李博.免耕播种机新型破茬开沟装置的设计与试验研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2013.  
Li Bo. Design and experimental research of new maize residues cutting and opening device for no-tillage planter[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2013. (in Chinese).
- 19 赵德芳.玉米根茬物理机械特性与切割阻力测试装置的试验研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2012.  
Zhao Defang. Experimental research about corn residue physical mechanical characteristics and cutting resistance test device[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2012. (in Chinese)
- 20 林静,赵德芳,胡艳清,等.基于免耕播种的玉米根茬物理机械特性分析[J].农机化研究,2012,34(3):162-166.  
Lin Jing, Zhao Defang, Hu Yanqing, et al. Analysis on physical and mechanical characteristics of corn residue for no-till planter [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2012, 34(3):162-166. (in Chinese)

## Parameter Optimization and Experiment on Archimedes Spiral Type of Gap Cutting Disc

Lin Jing Li Bo Li Baofa Niu Jinliang Qian Wei

(College of Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

**Abstract:** No-till planter works below mulch of the surface stubble, straw and weeds, plastic mulch. The operating environment is poor and could easily lead to blockage and planting depth instability of no-till planter. In order to solve the broken stubble blockades, reduce stubble breaking resistance and improve the ditching stability and quality of ditching broken stubble, a new type Archimedes screw notch disc stubble breaking knife was designed based on the ridge tillage planter agricultural technical requirements of corn in the Northeast of China. The structural characteristics and size parameters were determined, gap number  $Z = 11$ , maximum radius  $R_{\max} = 215$  mm, starting radius  $R_0 = 175$  mm, corners  $\Phi = 32.72^\circ$ , and the equation of motion was also established. The broken stubble knife indoor comparison tests of three discs (screw linear notched disc, disc smooth, semi-circular notch disc) proved the superiority of the screw linear gap broken stubble disc cutter. Meanwhile the quadratic regression mathematical models for screw linear notched disc blade broken stubble crop stubble resistance and disc type, weight machines, forward speed were established. Research achievement provided the theoretical basis for optimization design of stubble-breaking device.

**Key words:** No-till planter Cutting disc Spiral type Cron residues