

被动式倾斜波纹圆盘破茬刀工作性能试验*

赵旭¹ 张祖立² 唐萍¹ 张国梁³ 张为政²

(1. 辽宁科技大学机械工程及自动化学院, 鞍山 114051; 2. 沈阳农业大学工程学院, 沈阳 110161;
3. 河北农业大学林学院, 保定 071000)

【摘要】 以被动式倾斜波纹圆盘刀为研究对象,运用速度瞬心法得出播种机前进速度和切茬深度是切茬速度的主要影响因素。考察了播种机前进速度和配重对圆盘刀工作性能主要指标(切茬深度和牵引阻力)的影响。两指标两因素正交田间试验结果表明,切茬深度和牵引阻力均随两因素增加而增大,配重是影响切茬深度的主要因素;当配重达到一定值时,播种机前进速度对切茬深度的影响比对牵引阻力的影响显著。

关键词: 倾斜波纹圆盘刀 切茬深度 牵引阻力 配重 速度瞬心法 试验

中图分类号: S223.2⁺6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)01-0064-04

Behavior of Passive Stubble-cutting Disc with Oblique Ripples

Zhao Xu¹ Zhang Zuli² Tang Ping¹ Zhang Guoliang³ Zhang Weizheng²

(1. School of Mechanical Engineering and Automation, University of Science and Technology Liaoning, Anshan 114051, China
2. College of Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China
3. College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding 071000, China)

Abstract

Passive stubble-cutting disc with oblique ripple was taken as the object. Based on the method of velocity instantaneous centre, seeder advance speed and in-soil depth of cutting disc were chosen as the main factors affecting stubble-cutting speed. Stubble-cutting depth and draught resistance were the indicators of cutting disc performance experiment, while seeder advance speed and weight assigned to the cutting disc were the experimental factors. Two-indicator and two-factor orthogonal field experiment was carried out for passive stubble-cutting disc with oblique ripples. The results showed that both stubble-cutting depth and draught resistance increased with the two factors, and pullback weight was the principal factor to stubble-cutting depth. When pullback weight on cutting disc reached a certain degree, influence of seeder advance speed on stubble-cutting depth was more prominent than that on draught resistance.

Key words Stubble-cutting disc with oblique ripples, Stubble-cutting depth, Draught resistance, Pullback weight, Method of velocity instantaneous centre, Experiment

引言

免耕播种机是免耕种植机械化作业中的关键机具,破茬圆盘刀工作性能是影响免耕播种机作业的关键因素。为了提高被动式圆盘刀工作性能,对其主要影响因素进行试验研究具有重要意义^[1-6]。

本文以具有高防滑移性能的倾斜波纹圆盘刀为

研究对象,分析确定试验指标和因素,对主要工作性能进行田间试验,为提高被动式倾斜波纹圆盘刀的工作性能提供依据。

1 试验指标因素分析

破茬率和牵引阻力是被动式破茬刀作业性能的主要指标,影响破茬率的主要因素是切茬速度和切

收稿日期: 2010-03-10 修回日期: 2010-04-22

* 辽宁省科技厅农业攻关计划项目(2008206001)和辽宁省自然科学基金资助项目(20052127)

作者简介: 赵旭,助教,主要从事现代机械设计理论与方法及保护性耕作机具研究, E-mail: 1982zhaoxu@163.com

通讯作者: 张祖立,教授,博士生导师,主要从事现代机械设计理论与方法及农产品加工装备技术研究, E-mail: sauzhangzl@yahoo.com.cn

茬深度:切茬速度越高,破茬率越高;切茬深度越大,破茬率越高,牵引阻力也越大。

倾斜波纹圆盘刀模型如图 1 所示。倾斜波纹具有良好的阻尼作用,使圆盘与接触土壤间的摩擦力增加(类似于拖拉机驱动轮胎花纹的作用),滑移率大大降低,故可近似认为圆盘与土壤底层间为纯滚动。运用速度瞬心法进行切茬速度分析,如图 2 所示,点 N 为速度瞬心,该点是圆盘刀最底部与土壤的接触点,点 P 、 Q 分别为根茬-土壤复合体的顶部和底部,切茬的主要部位是外圆周 PQ 段,故只需分析外圆周上的点在 PQ 段的切茬速度。

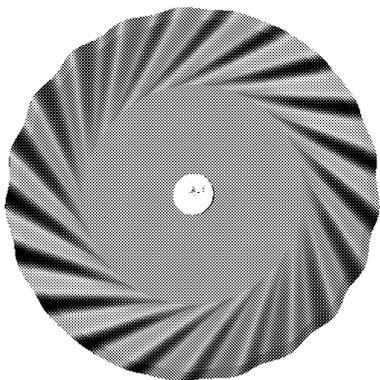


图 1 倾斜波纹圆盘刀模型图

Fig. 1 Model of cutting disc with oblique ripples

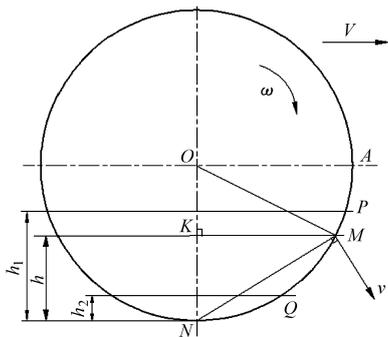


图 2 切茬速度分析简图

Fig. 2 Analysis of stubble-cutting speed

当外圆周某点运动到任一点 M 时,设点 M 与 N 的垂直距离为 h ,位置 M 的切茬速度为 v , v 是变化的,方向与 NM 线垂直。

在直角三角形 OKM 和 NKM 中,得

$$l_{NM}^2 = l_{NK}^2 + l_{OM}^2 - l_{OK}^2 \quad (1)$$

设圆盘刀半径为 R ,则

$$l_{NM} = \sqrt{2Rh} \quad (2)$$

根据速度瞬心法,得

$$v = \omega l_{NM} = \omega \sqrt{2Rh} = V \sqrt{\frac{2h}{R}} \quad (3)$$

式中 ω ——圆盘刀旋转速度

V ——播种机前进速度

可知根茬-土壤复合体的底部 Q 是切茬质量的

薄弱部位,所以只需分析点 Q 的切茬速度 v_Q 。

设圆盘刀入土深度为 h_1 ,已知东北地区根茬深约为 0.075 m,则点 Q 与点 N 的垂直距离计算公式为 $h_2 = h_1 - 0.075$ 。则

$$v_Q = V \sqrt{\frac{2(h_1 - 0.075)}{R}} \quad (4)$$

由式(4)可知,当圆盘刀半径 R 一定时,播种机前进速度和切茬深度是影响切茬薄弱点切茬速度的主要因素。

当播种机前进速度一定时,切茬深度是影响切茬速度的主要因素,又已知切茬速度和切茬深度是破茬率的主要影响因素,则当播种机前进速度一定时,切茬深度是破茬率的主要影响因素,即切茬深度可作为切茬率的表征,此时切茬深度和牵引阻力可作为被动式倾斜波纹圆盘刀的主要工作性能指标。

配重是切茬深度的主要影响因素。配重是指试验过程中施加在机架上的辅助重物质量,分配到圆盘刀的质量是配重和机架质量之和。在作业生产中,播种机前进速度和配重是可调因素。因此将切茬深度和牵引阻力作为试验指标,播种机前进速度和配重作为试验因素,对被动式倾斜波纹破茬刀进行两指标两因素田间试验。

2 田间试验

2.1 试验设备

试验在沈阳农业大学试验田玉米根茬地进行,土壤容重密度 1.25 g/cm^3 ,土壤硬度 0.402 kN/cm^2 。

试验设备包括久保田中型拖拉机、合成式悬挂机具测力装置、BLR-1 型拉压传感器、YD-15 型动态电阻应变仪、DI-148U 型 USB 数据采集器、WINDAQ 软件系统及笔记本电脑、配重、机架,合成式悬挂机具测力装置和机架的总质量为 80 kg 。

2.2 试验方案

以 A_{ij} 代表试验事件,其中 i 代表配重, $i = 1, 2, 3, 3$ 个水平分别代表 $40, 60$ 和 80 kg , j 代表速度, $j = 1, 2, 3, 3$ 个水平分别代表慢 2 挡(0.905 m/s)、慢 3 挡(1.525 m/s)和慢 4 挡(2.083 m/s),例如 A_{11} 为配重 40 kg 、慢 2 挡的试验事件。

2.3 牵引阻力对比试验

通过 WINDAQ 软件将采集到的拉力电压脉冲信号导入 EXCEL 软件,通过 BLR-1 型拉压传感器的标定方程 $y = 2.0287x + 0.8938$ 将电压脉冲信号转变为拉力信号,绘制相关曲线图,对牵引阻力进行对比分析^[7-8]。

(1) 配重对牵引阻力的影响

相同速度、不同配重的拉力信号绘制牵引阻力

对比曲线图,如图3所示,图3a为 A_{11} 、 A_{21} 和 A_{31} 的牵引阻力对比图,图3b为 A_{12} 、 A_{22} 和 A_{32} 的牵引阻力对比图,图3c为 A_{13} 、 A_{23} 和 A_{33} 的牵引阻力对比图。

由图3可知,整体趋势是相同挡速时,随着配重的增加,牵引阻力逐渐增大;速度较低时,配重对牵引阻力的影响程度较大,而速度较高时,配重对牵引阻力的影响程度较小。

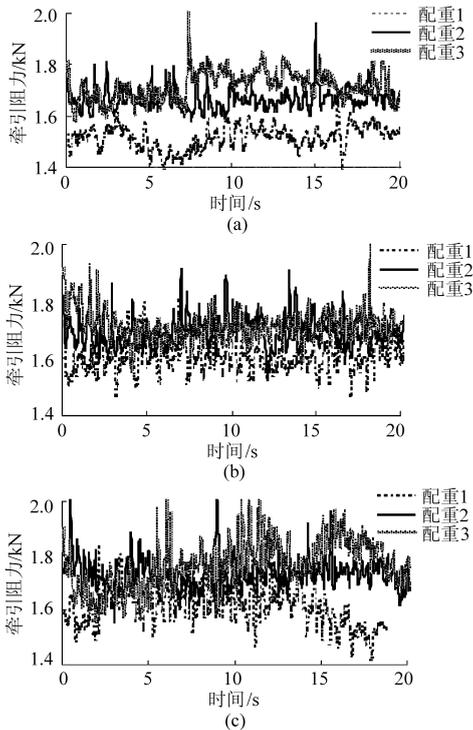


图3 不同配重时的牵引阻力

Fig. 3 Draught resistance for varied pullback weight

(a) 慢2挡 (b) 慢3挡 (c) 慢4挡

(2) 速度对牵引阻力的影响

相同配重、不同速度的拉力信号绘制牵引阻力对比曲线图,如图4所示,图4a为 A_{11} 、 A_{12} 和 A_{13} 的牵引阻力对比图,图4b为 A_{21} 、 A_{22} 和 A_{23} 的牵引阻力对比图,图4c为 A_{31} 、 A_{32} 和 A_{33} 的牵引阻力对比图。

由图4可知,整体趋势是相同配重时,随着速度的增加,牵引阻力逐渐增大;不同配重时,速度对牵引阻力的影响程度不同,较小配重时,牵引阻力随速度的变化程度较大,较大配重时,牵引阻力随配重的变化程度小,特别是配重3(图4c)时,速度对牵引阻力的影响不显著。

2.4 切茬深度对比试验

测量目标值是切茬深度(根茬的被切开深度),针对每个试验事件 A_{ij} 分别测量4次,试验数据如表1所示^[9]。

由表1可知,配重相同时,切茬深度随着牵引速度的增加而增加,随着配重的增加,播种机前进速度对切茬深度的影响程度降低;速度相同时,切茬深度

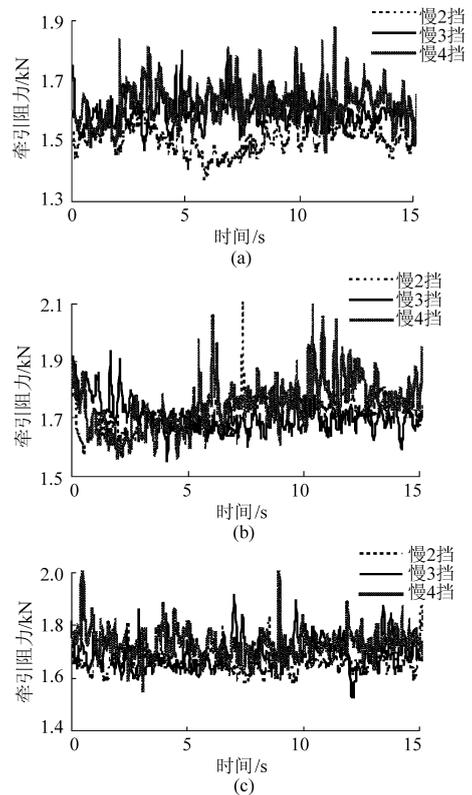


图4 不同速度时的牵引阻力

Fig. 4 Draught resistance for varied velocity

(a) 配重1 (b) 配重2 (c) 配重3

随着配重的增加而增大。

表1 切茬深度的试验数据

Tab. 1 Testing data of stubble-cutting depths mm

项目	I	II	III	IV	均值
A_{11}	78	80	75	77	77.50
A_{12}	78	81	82	76	79.25
A_{13}	82	79	80	84	81.25
A_{21}	85	90	89	91	88.75
A_{22}	90	91	95	90	91.50
A_{23}	91	92	97	92	93.00
A_{31}	102	99	98	103	100.50
A_{32}	103	99	103	102	101.75
A_{33}	101	104	99	105	102.25

2.5 正交试验

按2.2节描述的配重及速度水平作正交试验^[10]。由表2可知,配重是切茬深度的主要影响因素,播种机前进速度是次要因素,只有配重达到一定值时,切茬深度才能满足要求。

3 结论

(1) 由被动式倾斜波纹圆盘刀的切茬速度理论分析表明,播种机前进速度和切茬深度是切茬速度的主要影响因素,机组前进速度一定时,切茬深度是

表2 正交试验结果分析

Tab.2 Analysis on orthogonal test results

参数	试验序号									k_1	k_2	k_3	R	因素 优水平	主次 因素
	1	2	3	4	5	6	7	8	9						
配重 A	1	1	1	2	2	2	3	3	3	84.33	96.08	106.50	22.17	A_3	A, B
速度 B	1	2	3	1	2	3	1	2	3	93.92	95.83	107.17	3.25	B_3	
切茬深度/mm	83.50	84.25	86.25	93.75	96.50	98.00	105.50	106.75	107.25						

破茬率的主要影响因素,切茬深度和牵引阻力可作为被动式倾斜波纹圆盘刀的主要工作性能指标。

(2) 两指标(牵引阻力和切茬深度)两因素(配重和播种机前进速度)田间试验结果表明:两指标

都随两因素的增加而增大;配重是切茬深度的决定性因素,只有当配重达到一定值时,切茬深度才能满足要求;配重为80 kg以上时,播种机前进速度对切茬深度的影响比对牵引阻力的影响显著。

参 考 文 献

- 高焕文,李问盈,李洪文. 中国特色保护性耕作技术[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 1~4.
Gao Huanwen, Li Wenying, Li Hongwen. Conservation tillage technology with Chinese characteristics [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003, 19(3): 1~4. (in Chinese)
- 罗红旗,高焕文,刘安东,等. 玉米垄作免耕播种机研究[J]. 农业机械学报, 2006, 37(4): 45~47, 63.
Luo Hongqi, Gao Huanwen, Liu Andong, et al. Study on ridge-till and no-till corn planter [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(4): 45~47, 63. (in Chinese)
- 贾严明,尚长青,张振国. 保护性耕作适应性试验及关键技术研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 78~81.
Jia Yanming, Shang Changqing, Zhang Zhenguo. Adaptability test and key technology research on conservation tillage [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2002, 18(1): 78~81. (in Chinese)
- 李洪文,陈君达. 旱地玉米机械化保护性耕作技术及机具研究[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(4): 68~72.
Li Hongwen, Chen Junda. Study on technology and machines of mechanized conservation tillage for dryland maize [J]. Journal of China Agricultural University, 2000, 5(4): 68~72. (in Chinese)
- 陈君达,王兴文,李洪文. 旱地农业保护性耕作体系与免耕播种技术[J]. 北京农业工程大学学报, 1993, 13(1): 27~33.
Chen Junda, Wang Xingwen, Li Hongwen. Conservation tillage system and no-till sowing technology for dryland farming [J]. Journal of Beijing Agricultural Engineering University, 1993, 13(1): 27~33. (in Chinese)
- 吴子岳,高焕文,张晋国. 玉米秸秆切断速度和切断功耗的试验研究[J]. 农业机械学报, 2001, 32(2): 38~41.
Wu Ziyue, Gao Huanwen, Zhang Jinguo. Study on cutting velocity and power requirement in a maize stalk chopping process [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2001, 32(2): 38~41. (in Chinese)
- 廖庆喜. 免耕播种机锯切防堵装置的高速摄影分析[J]. 农业机械学报, 2005, 36(1): 46~49.
Liao Qingxi. Analysis on the saw-tooth anti-blocking mechanism for no-tillage planter by the high speed photography technology [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(1): 46~49. (in Chinese)
- 李卫,李问盈,马洪亮. 驱动圆盘根茬处理装置的土槽试验研究[J]. 农机化研究, 2006, 28(12): 139~141.
Li Wei, Li Wenying, Ma Hongliang. Study on the driven disc cutting mechanism of the no-tillage planter in the soil bin [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006, 28(12): 139~141. (in Chinese)
- 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)
- 南京农业大学. 田间试验和统计方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1988.
- Smith J A, Wilson R G, Binford G D, et al. Tillage systems for improved emergence and yield of sugarbeets [J]. Applied Engineering in Agriculture, 2002, 18(6): 667~672.
- Gupta J P, Pandey K P. Performance of rotary tiller tynes under wet land condition [J]. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 1996, 27(1): 16~20.
- [美]吉尔 W R,范德伯奇 G E. 耕作和牵引土壤动力学[M]. 耕作和牵引土壤动力学翻译组,译. 北京: 中国农业机械出版社, 1983.
- 张喜瑞,李洪文,何进,等. 小麦免耕播种机防堵装置性能对比试验[J]. 农业机械学报, 2010, 41(2): 73~77.
Zhang Xirui, Li Hongwen, He Jin, et al. Comparative experiment on anti-blocking mechanism for wheat no-till planter [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(2): 73~77. (in Chinese)