

# 小麦对行免耕播种机粉碎刀轴功耗模型的研究

李 兵<sup>1</sup>, 李洪文<sup>1</sup>, 王丽洁<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学 北京 100083 2. 北京市农业机械管理办公室 北京 100000)

[摘 要] 根据小麦对行免耕播种机的原理分析,通过“3 因素 3 水平”的正交试验,找出影响播种机功耗的主要因素,利用线性回归建立了功率消耗的数学模型,为此类机具的研制开发提供理论依据。

[关键词] 农业工程 秸秆粉碎 理论研究 线性回归 模型

[中图分类号] S223.2\*4 [文献标识码] A [文章编号] 1003-188X(2004)02-0179-04

## 1 前言

玉米秸秆覆盖地小麦免耕播种是指在玉米收获后,不进行任何翻耕作业,直接播种小麦。目前,国内的小麦免耕播种机以旋耕粉碎根茬为主,动土量大,功率消耗较大<sup>[1]</sup>,且不利于水土保持。本课题研究了一种以对行作业为基本原理的小麦免耕播种机,不灭根茬,动土量小,功耗低。

为了研究小麦对行播种机的功率消耗,采用中国农业大学基于 labwindows 的土槽测试系统<sup>[2]</sup>,对小麦对行免耕播种机单体进行试验研究,通过粉碎刀轴的土槽试验,求出影响粉碎刀轴功率消耗的主要因素,建立小麦对行免耕播种机粉碎刀轴单体功率消耗数学模型,为试验研制此类型的播种机提供理论依据。

## 2 小麦对行免耕播种机工作原理

小麦对行播种机采用对行作业的方法,在玉米秸秆覆盖地免耕播种小麦,每两行玉米之间播 3 行小麦,粉碎刀主要用于破碎玉米秸秆而不灭根茬,以最小的动土量进行免耕播种,理论上粉碎刀不入土,但受到机械振动及地表不平度的影响,作业可能有入土 1~3cm(见图 1 所示)。

小麦对行播种机刀轴上装有直刀和 L 型甩刀,其中 L 型甩刀主要用于破碎玉米秸秆,而直刀的作用不仅有碎秸秆,而且由于它和开沟器有 150mm 的重叠(见图 2 所示),能有效地打掉开沟器上缠绕的秸秆,防止开沟器上形成堵塞。

## 3 实验方案及装置

影响粉碎刀轴功率消耗的因素很多,如小车的

行走速度、旋转刀轴的转速、刀片实际入土深度、土壤坚实度、土壤含水量、玉米秸秆含水量和玉米秆直径等。为了简化实验,对于一定地区、一定生长状况的玉米,影响功率消耗的因素主要有粉碎刀轴转速、小车速度、刀片入土深度等 3 个因素,所以试验方案选粉碎刀轴转速、小车速度和刀片入土深度构成“3 因素 3 水平”的正交试验。

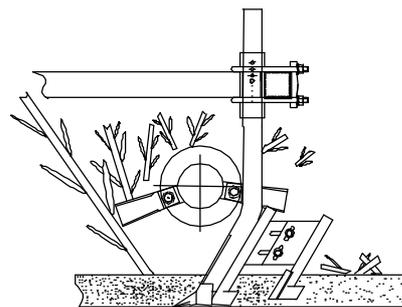


图 1 小麦对行播种机原理图

Fig.1 The principle drawing of the wheat no-tillage seeder

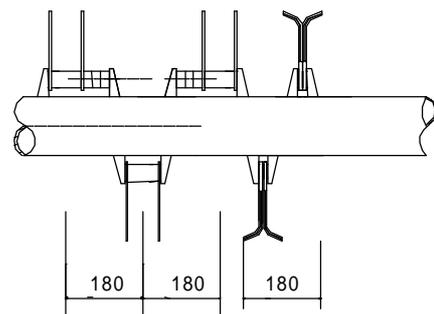


图 2 粉碎刀轴结构示意图

Fig.2 The drawing of the cutter axle

实验装置采用中国农业大学农业工程系基于 labwindows 土槽测试系统,以及小麦对行播种机粉碎刀轴单体,本测试系统采用直流电机调速装置,可以对小车和刀轴进行无级调速,通过 labwindows

[收稿日期] 2003-07-21

[基金项目] 国家“十五”攻关课题“一年两熟地区保护性耕作关键技术与配套机具研究”(2001BA504B03)

[作者简介] 李 兵(1971-),男,安徽滁州人,中国农业大学讲师,在读硕士,主要从事保护性耕作机具的设计研究工作。

进行编程...对传感器检测的信号进行实时分析...从而获得所需检测的刀轴转速...小车速度和刀轴所受扭矩...通过换算可得出刀轴的功率消耗...

车速度和入土深度 3 因素...刀轴转速取 400r/min...650 r/min 和 1000r/min...;小车速度取 0.3m/s...0.6m/s 和 1.2m/s...;入土深度取 1cm...3cm...8cm...以上构成“3 因素 3 水平”的试验方案...

4 正交试验

选出影响功率消耗的因素粉碎刀轴的转速...小

4.1 试验结果

试验结果如表 1 所示...

表 1 试验结果统计表

	A	B	C	空白	功率消耗 (W)
	1	2	3	4	
1	1 (400)	1 (0.3)	1(1)	1	520
2	1	2 (0.6)	2(3)	2	693
3	1	3 (1.0)	3(8)	3	962
4	2 (650)	1	2	3	951
5	2	2	3	1	1335
6	2	3	1	2	1269
7	3 (1000)	1	3	2	1752
8	3	2	1	3	1581
9	3	3	2	1	2105
$K_{1j}$	2175	3223	3370	3960	$T = \sum_{i=1}^9 y_i = 11168$
$K_{2j}$	3555	3609	3749	3714	
$K_{3j}$	5438	4336	4049	3494	
$R_j$	3263	1113	679	476	$\bar{y} = 1240.9$
因素主 次	A -----B -----C				

A...刀轴转速...B...小车速度...C...入土深度

4.2 试验结果方差分析

$$S_T = \sum_{i=1}^9 y_i^2 - \frac{T^2}{9} = 2114922.9$$

$$S_A = \frac{3}{9} \sum_{i=1}^3 K_{iA}^2 - \frac{T^2}{9} = 1788584.2$$

$$S_B = \frac{3}{9} \sum_{i=1}^3 K_{iB}^2 - \frac{T^2}{9} = 212921.6$$

$$S_C = \frac{3}{9} \sum_{i=1}^3 K_{iC}^2 - \frac{T^2}{9} = 77186.9$$

$$S_e = S_4 = 36230.2$$

根据上述计算结果进行方差分析...如表 2 所示...

表 2 试验结果方差分析

S 方差来源	平方和 S	自由度 f	均方和	F 值	显著性
A	1788584.2	2	894292.1	49.4	**
B	212921.6	2	106460.8	5.88	
C	77186.9	2	38593.5	2.13	
e	36230.2	2	18115.1		

$F_A = 49.4 > F_{0.95}(2, 2) = 19$ ...因此 A 因素影响是显

著的...

$$F_B = 5.88 < F_{0.90}(2, 2) = 9$$

$$F_C = 2.13 < F_{0.90}(2, 2) = 9$$

因此 B...C 因素影响是不显著的...且 C 的影响最小...

5 粉碎刀轴单体功率消耗的试验

5.1 影响功率消耗的分析

根据理论力学可知

$$P = \frac{Mn}{9550}$$

在转速一定的情况下...功耗与所受转矩成正比...而单体输出转矩分为 3 个部分...即空载转矩...地表不平所造成的搅动土壤所需转矩...秸秆粉碎所需转矩...而后两项又分别与入土深度和小车行驶速度有关...

故可取  $X_1=N$ ... $X_2=TN$ ... $X_3=VN$ ...进行线性回归试验...其中...N 为刀轴转速...;T 为入土深度...;V 为小车速度...

5.2 试验结果

试验结果如表 3 所示...

5.3 线性回归结果

令  $Y=B_0+B_1X_1+B_2X_2+B_3X_3$ ...其线性回归结果如表 4 所示...

表 3 试验结果

	$X1/r \cdot \min^{-1}$	$T/cm$	$X2$	$V/m \cdot s^{-1}$	$X3$	$Y/W$							
1	200	1	200	1	200	395	44	700	4	2800	0.3	210	1226
2	200	2	400	0.8	160	383	45	750	1	750	1	750	1465
3	200	3	600	0.6	120	376	46	750	2	1500	0.8	600	1438
4	200	4	800	0.3	60	350	47	750	3	2250	0.6	450	1411
5	250	1	250	1	250	484	48	750	4	3000	0.3	225	1314
6	250	2	500	0.8	200	479	49	800	1	800	1	800	1562
7	250	3	750	0.6	150	470	50	800	2	1600	0.8	640	1534
8	250	4	1000	0.3	75	438	51	800	3	2400	0.6	480	1505
9	300	1	300	1	300	590	52	800	4	3200	0.3	240	1402
10	300	2	600	0.8	240	576	53	850	1	850	1	850	1665
11	300	3	900	0.6	180	564	54	850	2	1700	0.8	680	1629
12	300	4	1200	0.3	90	526	55	850	3	2550	0.6	510	1599
13	350	1	350	1	350	680	56	850	4	3400	0.3	255	1489
14	350	2	700	0.8	280	671	57	900	1	900	1	900	1754
15	350	3	1050	0.6	210	658	58	900	2	1800	0.8	720	1725
16	350	4	1400	0.3	105	613	59	900	3	2700	0.6	540	1963
17	400	1	400	1	400	787	60	900	4	3600	0.3	270	1577
18	400	2	800	0.8	320	767	61	950	1	950	1	950	1861
19	400	3	1200	0.6	240	752	62	950	2	1900	0.8	760	1821
20	400	4	1600	0.3	120	701	63	950	3	2850	0.6	570	1787
21	450	1	450	1	450	875	64	950	4	3800	0.3	285	1664
22	450	2	900	0.8	360	863	65	1000	1	1000	1	1000	1949
23	450	3	1350	0.6	270	846	66	1000	2	2000	0.8	800	1917
24	450	4	1800	0.3	135	788	67	1000	3	3000	0.6	600	1881
25	500	1	500	1	500	980	68	1000	4	4000	0.3	300	1752
26	500	2	1000	0.8	400	959							
27	500	3	1500	0.6	300	941							
28	500	4	2000	0.3	150	876							
29	550	1	550	1	550	1070							
30	550	2	1100	0.8	440	1054							
31	550	3	1650	0.6	330	1035							
32	550	4	2200	0.3	165	964							
33	600	1	600	1	600	1177							
34	600	2	1200	0.8	480	1150							
35	600	3	1800	0.6	360	1129							
36	600	4	2400	0.3	180	1051							
37	650	1	650	1	650	1265							
38	650	2	1300	0.8	520	1246							
39	650	3	1950	0.6	390	1223							
40	650	4	2600	0.3	195	1139							
41	700	1	700	1	700	1361							
42	700	2	1400	0.8	560	1342							
43	700	3	2100	0.6	420	1317							

$$l_{11} = \sum X_{i1}^2 - \frac{1}{68}(\sum X_{i1})^2 = 4080000$$

$$l_{22} = \sum X_{i2}^2 - \frac{1}{68}(\sum X_{i2})^2 = 61200000$$

$$l_{33} = \sum X_{i3}^2 - \frac{1}{68}(\sum X_{i3})^2 = 3768900$$

$$l_{21} = l_{12} = \sum X_{i1}X_{i2} - \frac{1}{68}\sum X_{i1}\sum X_{i2} = 10200000$$

$$l_{31} = l_{13} = \sum X_{i1}\sum X_{i3} - \frac{1}{68}\sum X_{i1}\sum X_{i3} = 2754900$$

$$l_{32} = l_{23} = \sum X_{i2}\sum X_{i3} - \frac{1}{68}\sum X_{i2}\sum X_{i3} = -1326000$$

$$l_{1y} = \sum X_{i1}Y_i - \frac{1}{68}\sum X_{i1}\sum Y_i = 7651700$$

$$l_{2y} = \sum X_{i2}Y_i - \frac{1}{68}\sum X_{i2}\sum Y_i = 16851300$$

$$l_{3y} = \sum X_{i3}Y_i - \frac{1}{68}\sum X_{i3}\sum Y_i = 5708840$$

由以上计算得到正规方程组

4080000  $B_1 + 10200000 B_2 + 2754900 B_3 = 7653050$   
 10200000  $B_1 + 61200000 B_2 - 1326000 B_3 = 16851750$   
 2754900  $B_1 - 1326000 B_2 + 3768900 B_3 = 5710385$

联立求解得

$$B_1 = 0.874$$

$$B_2 = 0.145$$

$$B_3 = 0.93$$

$$B_0 = \bar{Y} - B_1\bar{X}_1 - B_2\bar{X}_2 - B_3\bar{X}_3 = 6.9$$

得回归方程为

$$Y = 6.9 + 0.874X_1 + 0.145X_2 + 0.93X_3$$

得功率消耗数学模型为

$$P = 6.9 + (0.874 + 0.145T + 0.93V)N$$

式中  $P$ —粉碎刀轴单体功率消耗, W

$T$ —粉碎刀入土深度, cm

$V$ —小车(拖拉机)前进速度, m/s

$N$ —粉碎刀轴转速, r/min

表 4 线性回归结果

$\sum X_{i1}$	$\sum X_{i2}$	$\sum X_{i3}$	$\sum Y_i$	$\sum X_{i1}^2$	$\sum X_{i2}^2$	$\sum X_{i3}^2$
40800	102000	27540	76531	28560000	214200000	14922600
$\sum Y_i^2$	$\sum X_{i1}X_{i2}$	$\sum X_{i1}X_{i3}$	$\sum X_{i1}Y_i$	$\sum X_{i2}X_{i3}$	$\sum X_{i2}Y_i$	$\sum X_{i3}Y_i$
100646701	71400000	19278900	53570300	39984000	131647800	36703895

### 5.4 显著性检验

$$S_T = l_{yy} = \sum y_i^2 - \frac{1}{68}(\sum y_i)^2 = 14519549$$

$$S_R = b_1l_{1y} + b_2l_{2y} + b_3l_{3y} = 14442927$$

$$S_e = S_T - S_R = 76622$$

$$F = \frac{S_R/3}{S_e/(68-3-1)} = 4021 > F_{1-0.01}(3,64) = 4.13$$

所以,回归是高度显著的。

碎到不影响播种机即可。同时考虑到降低功耗,实际取 1200~1500r/min。

(3) 一般说来,随着小车速度的增大,理论上生产率会加大,但单体功耗有所加大,而且粉碎率会降低,并且可能造成雍堵,播种质量下降。综合考虑取  $v = 0.6 \sim 1.0$  m/s 为宜。

### [参 考 文 献]

## 6 结论

(1) 影响刀轴单体功耗的主次因素依次为:刀轴转速、小车速度、入土深度。

(2) 随着转速的升高,单体功耗将增大,粉碎效果将改善,但小麦免耕播种机只需将玉米秸秆粉

[1] 胡少兴,马旭,马成林,等.根茬粉碎还机除茬刀滚功耗模型的建立[J].农业机械学报,2000,31(3):36-38.

[2] 张侦英.基于虚拟仪器与高速摄影技术的锯齿防堵装置测试系统研究[D].北京:中国农业大学,2000.

## Study on Power Dissipation Model for No-till Wheat Drill

LI Bing<sup>1</sup>, LI Hong-wen<sup>1</sup>, WANG Li-jie<sup>2</sup>

(1.China Agricultural University, Beijing 100083, China; 2.Office of Beijing Agricultural Machinery Management, Beijing 100000, China)

[Abstract] In this paper, basis on concept of specific row planting, orthogonal experiments with 3 factors and 3 levels were carried out, the main factor influencing drill power consumption is studied, a simulation model for power consumption was established with regression method.

[Key words] agricultural engineering; chopping straw; theoretical research; linear regression; model

# 小麦对行免耕播种机粉碎刀轴功耗模型的研究

作者: [李兵](#), [李洪文](#), [王丽洁](#)  
作者单位: [李兵, 李洪文\(中国农业大学, 北京, 100083\)](#), [王丽洁\(北京市农业机械管理办公室, 北京, 100000\)](#)  
刊名: [农机化研究](#)   
英文刊名: [JOURNAL OF AGRICULTURAL MECHANIZATION RESEARCH](#)  
年, 卷(期): 2004(2)  
被引用次数: 1次

## 参考文献(2条)

1. [胡少兴; 马旭; 马成林](#) 根茬粉碎还机除茬刀滚功耗模型的建立[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2000(03)
2. [张侦英](#) 基于虚拟仪器与高速摄影技术的锯齿防堵装置测试系统研究 2000

## 引证文献(1条)

1. [蒋红梅; 王成军](#) 2BG-6A型稻麦条播机的改进设计[期刊论文]-[农机化研究](#) 2006(6)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_njhyj200402066.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_njhyj200402066.aspx)