

1JH-3.0 型宽幅秸秆粉碎还田机的研制

何义川 王序俭 曹肆林 王吉亮* 王敏

(新疆农垦科学院机械装备研究所,新疆石河子 832000)

摘要 针对现有的秸秆粉碎还田机工作幅宽小及作业质量不高的问题,研究开发了一种宽幅秸秆粉碎还田机,对影响秸秆切碎长度和留茬高度的各因素进行了正交试验。结果表明:机具前进速度对秸秆切碎长度影响极显著,甩刀轴转速和离地间隙对秸秆切碎长度影响显著;机具前进速度、甩刀轴转速和离地间隙对留茬高度影响都极显著,其中甩刀轴转速对留茬高度影响最大。鉴定试验结果表明:机具的作业速度为 6.9 km/h,棉秆粉碎长度 126.8 mm,残茬高度 76.3 mm,主要技术指标达到了标准要求。

关键词 农作物; 秸秆粉碎; 还田机; 甩刀

中图分类号 S 220.2

文章编号 1007-4333(2013)06-0180-06

文献标志码 A

Design of 1JH-3.0 wide field straw chopper

HE Yi-chuan, WANG Xu-jian, CAO Si-lin, WANG Ji-liang*, WANG Min

(Machinery Equipment Research Institute, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi 832000, China)

Abstract According to the problems, such as small working width and unstable working quality, of the existing straw choppers, a new wide straw chopper was developed. The orthogonal test was designed for the evaluation of the factors that influence the chopped straw length and stubble height. The results showed that the machine forward speed, the flail knife shaft speed and ground clearance were very significant to the length of the straw chopped, and they were also very significant to the stubble height. Of the three flail knife shaft speed had the greatest impact on stubble height. Official evaluation testing indicated that the forward speed of the machines could be 6.9 km/h, cotton stalk crushing length was 126.8 mm and stubble height was 76.3 mm, which could meet the standard requirements.

Key words crop; straw chopping; field mulch machine; flail knife

新疆地区属荒漠绿洲灌溉农业区^[1],发展秸秆还田技术可以增加土壤有机质,改善土壤结构和理化性质、防止地表板结,不但解决了目前化肥施用过多带来的后果,而且也解决了因秸秆“过剩”而堆集,焚烧造成环境污染的问题^[2-3],是实现蓄水、增温、保墒、肥田和改土的理想方式。

机械化秸秆还田是将农作物秸秆切碎后,直接翻埋到土壤中使之腐烂,从而达到大面积培肥地力的目的^[4],是利用作物秸秆资源最经济有效的技术^[5]。秸秆粉碎还田机具一般用锤爪式或切刀式工作部件粉碎秸秆,在粉碎刀高速旋转作用下对秸秆进行砍切,并在喂入口处负压的作用下将其吸入切

碎室,使秸秆在多次砍切、撕裂、揉搓作用下成段或纤维状,最后碎秸秆被气流从切碎室抛送出去,均匀的抛洒到地面^[6]。河南职业技术学院研制的 1JH-150 型秸秆粉碎还田机^[7],采用锤爪式甩刀按螺旋线均匀分布在刀轴上,可以对直立的或平铺的作物秸秆直接粉碎还田,作业幅宽 1.5 m。河南许昌职业技术学院研制的 4Q-1.5 型秸秆粉碎机也采用锤爪式刀片对作物秸秆进行粉碎还田^[8],锤爪式刀片按多头螺旋线在刀滚筒上等距布置,每次工作仅使用 2 组切碎刀片,但锤爪式甩刀质量大且质心靠近刀端,惯性大、功率消耗大。新疆农业科学院农机化所和新疆农业大学联合研制的抛送式棉秆粉碎还田

收稿日期: 2013-03-03

基金项目: 农业科技成果转化基金项目(2008GB2G410371); 中央财政农业科技推广示范项目

第一作者: 何义川, 助理研究员, 硕士, 主要从事农业机械设计及应用研究, E-mail: hyc2003@163.com

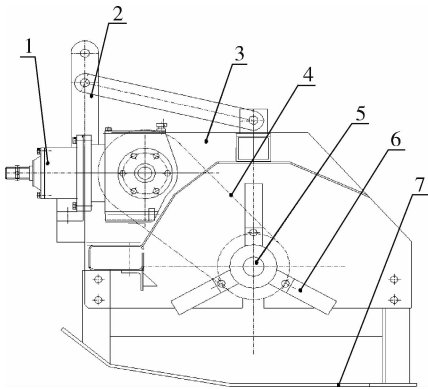
通讯作者: 王吉亮, 副研究员, 主要从事农业机械设计及应用研究, E-mail: nkywjl@163.com

机^[9],采用L改进型甩刀进行秸秆粉碎还田,虽然该机粉碎和抛送效果较好,但作业幅宽仅为140~150 cm;为解决目前秸秆粉碎还田机功率消耗大、作业幅宽小、不适应与大马力拖拉机配套等缺陷,本研究拟开发一种宽幅秸秆粉碎还田机。

1 整机结构及工作原理

1.1 整机结构

1JH-3.0型宽幅秸秆粉碎还田机用于粉碎棉花、玉米等作物秸秆并直接还田。采用悬挂式、垂直切割方式。整机主要由齿轮箱、悬挂架、机架、传动系统、甩刀轴、甩刀和限位滑板等组成^[10]。齿轮箱位于机具中部,齿轮箱两侧各有1根传动轴和1个主动皮带轮,甩刀轴的两端各有1个被动皮带轮;齿轮箱与传动轴之间由联轴器联结(图1)。甩刀采用复合式刀片,刀片锋利,秸秆粉碎长度短,刀具排列方式新颖;机具左右对称,拖拉机动力经齿轮箱从两边传动,工作平稳、工作幅宽达到300 cm。



1. 齿轮箱;2. 悬挂架;3. 机架;4. 传动系统;
5. 甩刀轴;6. 甩刀;7. 限位滑板。
1. Gear case;2. Suspension shelf;3. Machine frame;
4. Transmission system;5. Flail knife shaft;
6. Flail knife;7. Limit skateboard.

图1 1JH-3.0型宽幅秸秆粉碎还田机结构示意图

Fig.1 The structure of 1JH-3.0 wide field straw chopper

1.2 工作原理

机具作业时,拖拉机与机具悬挂连接,动力由拖拉机动力输出轴通过齿轮箱、传动系统将动力从两端传递给甩刀轴带动甩刀高速旋转,对作物秸秆进行切割、撞击,粉碎后的秸秆在惯性力和重力的作用下从机具后方抛撒到地面。甩刀离地面的高度由限位滑板控制,限位滑板可上下调整。1JH-3.0型宽幅秸秆粉碎还田机的主要技术参数见表1。

表1 1JH-3.0型宽幅秸秆粉碎还田机的主要技术参数

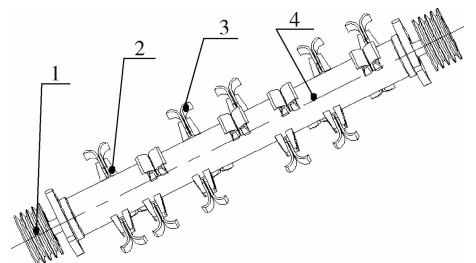
Table 1 The main parameters of 1JH-3.0 wide field straw chopper

参数 Parameter	数值 Values
外形尺寸(长×宽×高)/mm Shape size(length×width×height)	1 350×3 350×1 050
工作幅宽/mm Work width	3 000
整机质量/kg Total mass	1 300
运输间隙/mm Transport gap	≥280
切碎长度合格率/% Chopped length qualified rate	≥80
留茬高度/mm Stubble height	≤100
漏切率/% Leakage cut rate	≤1.5
可靠性/% Reliability	≥90
配套动力/kW Matched power	≥55
作业速度/(km/h) Operation speed	≥4~6
生产率/(hm ² /h) Productivity	2.12
棉秆粉碎长度/mm Cotton stalk crushing length	≤150

2 主要工作部件设计

2.1 粉碎部件的设计

粉碎部件是1JH-3.0型宽幅秸秆粉碎还田机的关键工作部件。国内研制的秸秆粉碎还田机多采用锤爪型粉碎机,但锤爪型粉碎机消耗功率较大。Y型粉碎机随轴高速旋转,冲击并切断秸秆,粉碎效率高,捡拾秸秆性能较好,对不同秸秆适应性强;与锤爪型相比,Y型甩刀的体积、质量和所受阻力小,功率消耗小,因此,选用Y型粉碎机较为理想,其结构见图2。



1. 皮带轮;2. 甩刀座;3. Y型甩刀;4. 甩刀轴。
1. Belt pulley;2. Flail knife pedestal;
3. Y flail knife;4. Flail knife shaft.

图2 粉碎部件结构示意图

Fig.2 The structure of crushed parts

2.2 传动系统的设计

采用拖拉机动力输出轴输出动力驱动传动机构,通过万向节、齿轮箱、皮带轮带动甩刀轴、甩刀高速转动,达到切割粉碎秸秆的目的。由于工作幅宽较大,所以采用双边传动方式(图3)。整机传动路线为:拖拉机动力输出轴→万向节→齿轮箱→皮带轮→甩刀轴。

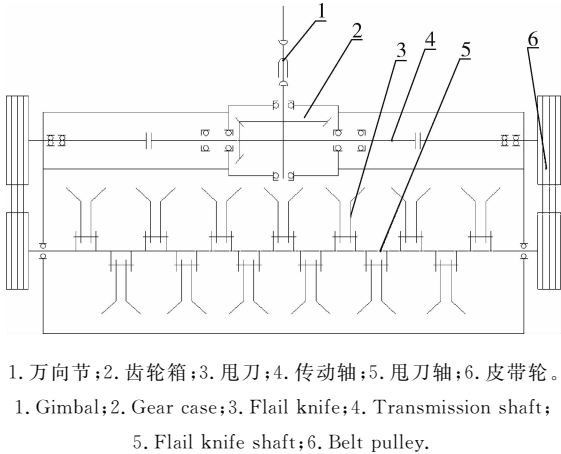


图3 传动系统结构示意图

Fig. 3 The structure of transmission system

2.3 刀轴回转直径的确定

刀轴回转直径 D 的确定主要以切割作物种类为依据,本机主要以棉花秸秆为对象。除此之外还应考虑回转直径对切割及整机性能的影响,直径大,回转惯量大,整机的负荷大,但对喂入不均匀的适应性要好。在综合考虑结构等各方面的影响后,选定刀轴的回转直径 $D=530$ mm。

2.4 动刀线速度的确定

动刀的线速度 v 对切碎效果影响很大,同时对主机的负荷也有很大的影响,不同物料切碎的最佳线速度也不同^[11]。当 v 值增大时,刀片对物料的切割、打击、揉搓作用增强;但 v 值过大,则机器的空载功率增加,同时噪声和振动也随着增加,影响机具的

作业效率。因此, v 值的选择对切割质量、机具的作业效率及机具故障率都有至关重要的作用。

无支撑切割时,刀刃根部的最低极限速度为 30 m/s,为了使刀片工作稳定,切割速度 $v=(50\sim90)$ m/s^[12]。在保证切割质量的前提下,使 v 的取值不宜过高,故取 $v=(40\sim50)$ m/s。

2.5 刀轴转速的确定

根据公式^[13]

$$n = \frac{60}{\pi D} \cdot v \quad (1)$$

式中: D 为刀轴回转直径, m; n 为刀轴转速, r/min; v 为动刀线速度, m/s。将 $D=0.53$ m, $v=(40\sim50)$ m/s 代入式(1)得 $n=(1\,441.1\sim1\,801.7)$ r/min。

2.6 粉碎刀排列密度的确定

对于宽幅秸秆粉碎还田机,在作业幅宽、刀轴转速、前进速度相同的条件下,粉碎刀数目有一个最佳值。数量过少,达不到秸秆粉碎的要求,反之消耗功率大,制造成本高,同时粉碎刀过多妨碍碎秸秆排出,造成堵塞并影响粉碎质量, Y 型甩刀排列密度一般为 $(0.23\sim0.40)$ 片/cm^[13]。

$$C = \frac{N}{L} \quad (2)$$

式中: C 为刀片排列密度, 片/cm; N 为甩刀数量, 片; L 为机具的作业幅宽, cm。取 $L=300$ cm, $N=88$ 代入式(2)得 $C\approx 0.29$ 片/cm, 满足设计要求。

3 试验与结果分析

3.1 试验因素与水平

为确定影响秸秆切碎长度和留茬高度的各个因素及各因素间对试验指标影响的主次关系,对 1JH-3.0 型宽幅秸秆粉碎还田机进行正交试验,选择机具的前进速度 A 、甩刀轴转速 B 和离地间隙 C 为试验因素进行试验。因素水平表见表 2。按 $L_9(3^4)$ 正交试验表进行试验^[14-15], 试验安排见表 3。

表 2 宽幅秸秆粉碎还田机作业效果试验因素及水平

Table 2 Factors and levels of the experiment for wide field straw chopper

水平 Levels	因素 Factors		
	A, 机具前进速度/(km/h) Operation speed	B, 甩刀轴转速/(r/min) Flail knife rotating speed	C, 离地间隙/mm Ground clearance
1	6	1 750	80
2	7	1 600	60
3	8	1 450	100

表 3 宽幅秸秆粉碎还田机作业效果试验安排表
Table 3 Test arrangement for wide field straw chopper

试验号 Test number	因素水平 Factor levels		
	A, 机具前进速度/(km/h)	B, 甩刀轴转速/(r/min)	C, 离地间隙/mm
	Operation speed	Flail knife rotating speed	Ground clearance
1	1(6)	1(1 750)	1(80)
2	1(6)	2(1 600)	2(60)
3	1(6)	3(1 450)	3(100)
4	2(7)	1(1 750)	3(100)
5	2(7)	2(1 600)	1(80)
6	2(7)	3(1 450)	2(60)
7	3(8)	1(1 750)	2(60)
8	3(8)	2(1 600)	3(100)
9	3(8)	3(1 450)	1(80)

注:括弧内数据为 A、B、C 各因素水平对应的实际值,单位分别为,km/h,r/min 和 mm,下表同。

Note: The data in brackets refer to the actual value for each factor level, A, B, C factors corresponding units were km/h, r/min and mm. The same below.

3.2 试验结果与分析

试验试验结果及试验指标秸秆切碎长度和留茬高度的

1JH-3.0 型宽幅秸秆粉碎还田机秸秆粉碎还田

的方差分析见表 4 和表 5。

表 4 宽幅秸秆粉碎还田机作业试验结果
Table 4 Test results of the wide field straw chopper

试验号 Test number	因素水平 Factor levels			试验结果 Test results	
	A, 机具前进速度/(km/h)	B, 甩刀轴转速/(r/min)	C, 离地间隙/mm	秸秆切碎长度/mm	留茬高度/mm
	Operation speed	Flail knife rotating speed	Ground clearance	Stalk crushing length	Stubble height
1	1(6)	1(1 750)	1(80)	160.0	79.0
2	1(6)	2(1 600)	2(60)	158.5	78.5
3	1(6)	3(1 450)	3(100)	167.5	88.0
4	2(7)	1(1 750)	3(100)	152.0	82.0
5	2(7)	2(1 600)	1(80)	161.5	78.0
6	2(7)	3(1 450)	2(60)	155.0	86.5
7	3(8)	1(1 750)	2(60)	132.0	82.5
8	3(8)	2(1 600)	3(100)	139.0	85.0
9	3(8)	3(1 450)	1(80)	146.0	89.5
T_1	486.0/245.5	444.0/243.5	467.5/246.5	$T=1 371.5/749$	
T_2	468.5/246.5	459.0/241.5	445.5/247.5	$Q=210 050.75/62479$	
T_3	417.0/257.0	468.5/264.0	458.5/255.0	$SS_T=1 049.39/145.55$	
T'_1	162.00/81.83	148.00/81.17	155.83/82.17		
T'_2	156.17/82.17	153.00/80.50	148.50/82.50		
T'_3	139.00/85.67	156.17/88.00	152.83/85.00		
R	23.00/3.83	8.17/7.50	7.33/2.83		
SS_j	857.72/27.05	101.72/103.39	81.56/14.39		

注： T_1, T_2, T_3 分别对应 A_i, B_i, C_i 水平时的组内和, $i=1, 2, 3$; T'_1, T'_2, T'_3 分别对应 A_i, B_i, C_i 水平时的组内平均, $i=1, 2, 3$ 。R 为极差; SS_j 为各因素水平的离差平方和, j 表示 A, B, C; T 为所有 9 个试验值之和; Q 为所有 9 个试验值平方之和; SS_T 为总离差平方和。

Note: T_1, T_2, T_3 respectively corresponding to the group sum of A_i, B_i, C_i factor levels, and $i=1, 2, 3$. T'_1, T'_2, T'_3 respectively corresponding to the group average of A_i, B_i, C_i factor levels, and $i=1, 2, 3$. R refers to range, SS_j refers to the sum of squares for each factor level, and $j=A, B, C$. T refers to all nine test value sum, and Q refers to the square of all nine test values sum, and SS_T refers to the sum of squares for total.

表5 试验指标方差分析结果
Table 5 Results of variance analysis

试验指标 Test indexes	差异源 Source of variance	离差平方和 Sum of squares	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	均方比 F	显著性 Significance
秸秆切碎 长度/mm Stalk crushing length	A, 机具前进速度/(km/h) Operation speed	857.72	2	428.86	102.25	**
	B, 甩刀轴转速/(r/min) Flail knife rotating speed	101.72	2	50.86	12.13	*
	C, 离地间隙/mm Ground clearance	81.56	2	40.78	9.72	*
	误差 Error	8.39	2	4.19		
	总和 Sum	1 049.39	8			
	留茬高度/mm Stubble height	A, 机具前进速度/(km/h) Operation speed	27.05	2	13.53	37.46
	B, 甩刀轴转速/(r/min) Flail knife rotating speed	103.39	2	51.69	143.15	**
	C, 离地间隙/mm Ground clearance	14.39	2	7.19	19.92	**
	误差 Error	0.72	2	0.36		
	总和 Sum	145.55	8			

注: ** 表示极显著, * 表示显著; $F_{0.90}(2, 2) = 9.0$, $F_{0.95}(2, 2) = 19.0$ 。

Note: ** represent very significant, * represent significant. And $F_{0.90}(2, 2) = 9.0$, $F_{0.95}(2, 2) = 19.0$ 。

对于指标秸秆切碎长度由于 $F_A > F_{0.95}(2, 2) = 19.0$, F_B 、 F_C 均 $> F_{0.90}(2, 2) = 9.0$, 因此 A 在显著性水平 0.05 上极显著, B 与 C 在显著性水平 0.10 上显著, 即机具前进速度对秸秆切碎长度影响极显著, 甩刀轴转速和离地间隙对秸秆切碎长度影响显著, 所以得出影响机具作业效果秸秆切碎长度因素的主次顺序为 ABC。对于指标留茬高度由于 F_A 、 F_B 、 F_C 均 $> F_{0.95}(2, 2) = 19.0$, 因此在显著性水平

0.05 上 A、B、C 都极显著。即机具前进速度、甩刀轴转速和离地间隙对留茬高度影响极显著, 得出影响留茬高度因素的主次顺序为 BAC。通过直观分析法^[15]对试验结果进行分析, 得到各因素对指标秸秆切碎长度和留茬高度的趋势图(图 4 和图 5)。

综上所述, 秸秆切碎长度的最优方案为 $A_3B_1C_2$, 留茬高度的最优方案为 $B_2A_1C_1$, 采用综合平衡法得到较优组合方案为 $A_2B_2C_1$ 。

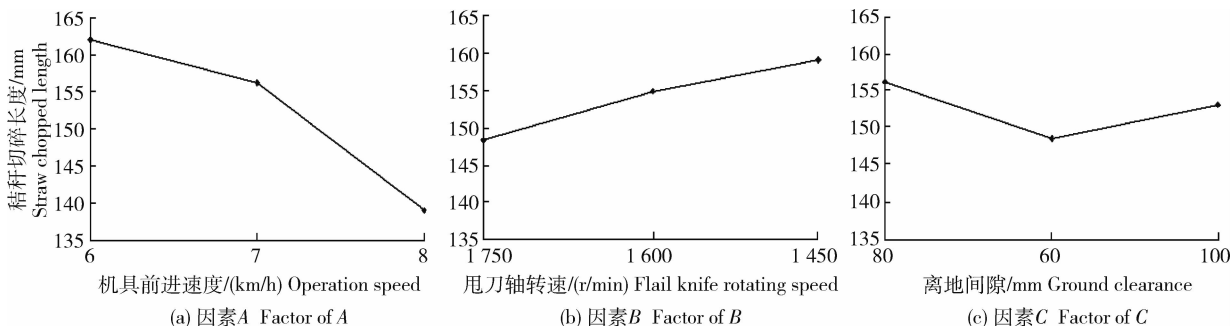


图4 因素对秸秆切碎长度的影响

Fig. 4 The influence of factors to straw chopped length

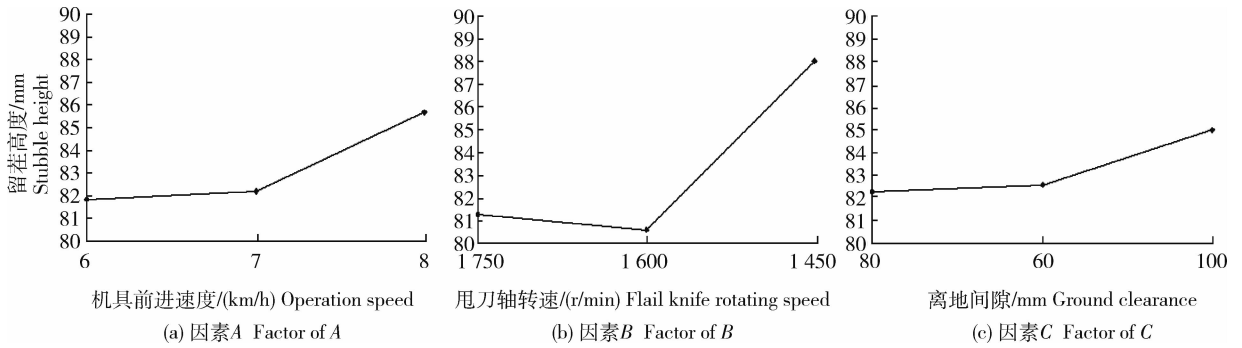


图 5 因素对留茬高度的影响

Fig. 5 The influence of factors to stubble height

3.3 田间检测

新疆生产建设兵团农业机械检验测试中心于 2009-10-27 在新疆生产建设兵团七师 129 团 9 连接

标准 NY/T500—2002《秸秆还田机作业质量》,对 1JH-3.0 型宽幅秸秆粉碎还田机进行了性能检测。测试结果(表 6)表明,样机试验情况良好,主要技术

表 6 1JH-3.0 型宽幅秸秆粉碎还田机性能检测报告

Table 6 Machine performance test report of 1JH-3.0 wide field straw chopper

检测项目 Check item	技术要求 Technical requirements	检测结果 Check result
作业速度/(km/h) Operation speed	$\geq 4 \sim 6$	6.9
切碎长度合格率/% Chopped length qualified rate	≥ 80	80.9
棉秆粉碎长度/mm Cotton stalk crushing length	≤ 150	126.8
残茬高度/mm Stubble height	≤ 100	76.3
漏切率/% Leakage cut rate	≤ 1.5	0
运输间隙/mm Transport gap	≥ 280	420

指标都能达到标准要求。

4 结 论

1JH-3.0 型宽幅秸秆粉碎还田机工作幅宽为 300 cm,采用 Y 型刀片进行秸秆粉碎,刀片离地间隙容易调整,能够有效粉碎倾倒的作物秸秆,不会产生漏切现象,棉秆粉碎长度 ≤ 150 mm,残茬高度 ≤ 100 mm,工作状态平稳;该机提高了现有大马力拖拉机的利用率,有利于秋收后争抢农时,降低了作业成本,能很好地适应新疆兵团团场目前的种植模式。

参 考 文 献

[1] 黄琴. 作物秸秆还田对土壤养分含量的影响[J]. 石河子大学学报:自然科学版,2006,24(3):277-279

[2] 毛罕平,陈翠英. 秸秆还田机工作机理与参数分析[J]. 农业工程学报,1995,11(4):62-66

[3] 申源源,陈宏. 秸秆还田对土壤改良的研究进展[J]. 中国农学通报,2009,25(19):291-294

[4] 夏萍,江家伍. 机械化秸秆还田技术及配套机具[J]. 安徽农业

大学学报,2001,28(1):106-108

[5] 李永磊,宋建农,王继承,等. SGTN-180 型旋耕埋草施肥联合作业机的设计与试验[J]. 中国农业大学学报,2011,16(2):143-147

[6] 贾洪雷,马成林,刘枫,等. 秸秆与根茬粉碎还田联合作业工艺及配套机具[J]. 农业机械学报,2005,36(11):46-49

[7] 胡世超,李晓东,姚乐燕. 1JH-150 型秸秆粉碎还田机的研制[J]. 农业机械,2007,18:74-75

[8] 俞佳芝,余泳昌,朱星贤,等. 4Q-1.5 型秸秆粉碎机主要工作部件参数确定与校核[J]. 农机化研究,2006(9):74-79

[9] 史建新,陈发,郭俊先,等. 抛送式棉秆粉碎还田机的设计与试验[J]. 农业工程学报,2006,22(3):68-72

[10] 新疆农垦科学院. 一种宽幅秸秆粉碎还田机. 中国, ZL200620172934.4[P]. 2008-01-30

[11] 吴子岳,高煊文,陈君达. 秸秆切碎灭茬机的模型研究与参数优化[J]. 农业机械学报,2001,32(5):44-46

[12] 段天青. 双圆盘割草机的研制[D]. 兰州:甘肃农业大学,2007

[13] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2007

[14] 茆诗松,周纪芨,陈颖. 试验设计[M]. 北京:中国统计出版社,2004

[15] 李云雁,胡传荣. 试验设计与数据处理[M]. 北京:化学工业出版社,2005

责任编辑:刘迎春