

斜置驱动圆盘免耕播种机设计与试验^{*}

马洪亮 高焕文 李洪文 魏淑艳

【摘要】 针对一年两熟地区免耕播种小麦时存在的问题,提出利用斜置驱动缺口圆盘作为灭茬、开沟装置。对结构的关键参数进行了分析和确定。田间对比试验结果表明,单位面积油耗比条带旋耕免耕播种机有所下降,地表动土量减少20%,保留秸秆覆盖量提高20%,同时斜置驱动圆盘免耕播种机通过性能良好,入土能力强,可创造良好的种床条件。

关键词: 免耕播种机 驱动圆盘 设计

中图分类号: S223.2⁺4 文献标识码: A

Design and Experiment of No-till Planter with Oblique Driven Disc

Ma Hongliang^{1,2} Gao Huanwen¹ Li Hongwen¹ Wei Shuyan²

(1. China Agricultural University 2. Agricultural University of Hebei)

Abstract

An oblique driven disc cutting mechanism to treat corn stalk and rootstalk is developed for no-till drill in the area of two crops a year and a new scheme of no-till drill equipped with it has been developed. The key parameters of the mechanism were optimized. The experimental results of the sample machine in the no-till field, compared with the band-rotary no-till drill, show that the fuel consumption is lowered and the disturbance of soil surface decreases about 20%. It has a good ability to cut corn stalk and rootstalk and opens seed furrows with minimum soil tillage and small vertical force. A good seedbed made by it is beneficial to seed germination and seedling growing.

Key words No-till planter, Driven disc, Design

引言

小麦免耕播种机在有玉米秸秆和根茬的覆盖地的通过性能,已成为我国一年两熟地区推广全程保护性耕作的技术核心问题^[1~2]。目前国内外免耕播种机秸秆、根茬切断装置主要分为被动式和动力驱动式,被动式圆盘刀主要是靠重力切断秸秆和根茬,需要有足够大的垂直载荷,因而机体重、价格高。动力驱动式装置主要是靠动力驱动各种刀具旋转切断作物残茬,但存在转速高、功率消耗大、引起机具振

动、安全性能差等缺点,且作业过程中高转速引起的粉尘问题也十分突出^[2~5]。针对华北一年两熟地区小麦免耕播种机存在的问题,在大量试验基础上提出利用斜置驱动缺口圆盘作为灭茬、开沟装置。

1 灭茬、开沟装置的结构和工作原理

图1所示为斜置驱动缺口圆盘灭茬、开沟装置,缺口圆盘切刀3安装在动力驱动的刀轴上,以一定转速正向转动。为了增加开出沟槽的宽度,圆盘刀平面与刀轴轴线有一个较小的夹角,此夹角称为斜置

收稿日期: 2005-11-08

^{*} “十五”国家科技攻关计划资助项目(项目编号:2004BA524B03-01)

马洪亮 中国农业大学工学院 博士生 副教授(河北农业大学), 100083 北京市

高焕文 中国农业大学工学院 教授 博士生导师

李洪文 中国农业大学工学院 教授 博士生导师

魏淑艳 河北农业大学机电工程学院 工程师, 071001 保定市

万方数据

角度,驱动圆盘切刀安装在开沟器的正前方。在作业过程中,斜置驱动缺口圆盘刀由拖拉机提供动力,缺口圆盘刀切断播种带上的秸秆和根茬,并把播种带上切断的秸秆推向两侧,将地表以下8~10 cm的土壤疏松打碎,开出沟槽。施肥开沟器采用宽窄型靴式,开沟器铲尖刃板前部与缺口圆盘刀旋转形成的曲面相吻合;播种开沟器采用后置式,防止挂草。驱动缺口圆盘刀各个齿在开沟宽度方向上逐渐进入切削秸秆、根茬和土壤的复合体,在旋转一个周期内,前半周和后半周所受轴向力相反,圆盘刀在运动过程中只有一侧受到土壤的轴向压力,不会出现土壤夹紧圆盘刀的现象。

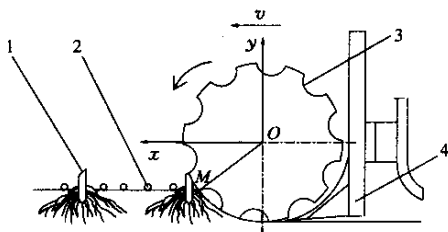


图1 灭茬、开沟装置结构简图

Fig. 1 Sketch diagram of corn stalk and rootstalk cutting mechanism

1. 根茬 2. 秸秆 3. 缺口圆盘刀 4. 种肥开沟器

2 关键参数的理论分析

2.1 缺口圆盘刀工作深度 H 与半径 R

根据对河北省一年两熟地区玉米根茬的测定,留茬高度2~3 cm,玉米根茬主要生长在0~10 cm深的土层内,在地下深度0~4.5 cm范围内根茬密集,根茬最大横截面处的深度为7.2 cm。为了保证种、肥开沟器顺利通过根茬,驱动缺口圆盘入土深度 H 至少为10 cm。

根据驱动圆盘刀的运动分析,圆盘半径越大对根茬的切削次数越多,根茬的切断率越高,但与土壤的接触面积就越大,消耗的功率和刀轴所受的扭矩就越大。同时考虑到播种机的结构要求和田间通过性能,圆盘刀的回转半径 R 可以根据式(1)确定,由刀轴强度和刚度要求确定刀轴半径 R_1 为35 mm,刀轴的离地间隙 J 确定为100~120 mm,所以 R 确定为240 mm。根据室内土槽试验,圆盘刀的圆周速度大于7.4 m/s时,秸秆和根茬的切断率达到98%。如刀轴转速为300 r/min, R 等于240 mm时,圆盘刀的圆周速度大于7.4 m/s,将有效地切断秸秆和根茬。

$$R = H + R_1 + J \quad (1)$$

2.2 刀轴转速

缺口圆盘刀切削秸秆、根茬和土壤时,圆盘刀上

M 点(见图1)一方面绕刀轴轴线作圆周运动,一方面跟随整个机组作匀速直线运动,因而该点的运动轨迹是余摆线^[6~7]。通过计算机仿真模拟,当刀轴速度与机器前进速度之比 λ 在8~11之间变化时,对一个根茬的切削能够达3次,有效地切断根茬。图2为 $\lambda=9$ 时 M 点运动轨迹,圆盘刀上 M 点对一个根茬进行了3次切削。刀轴转速为

$$n = 30\lambda v / (\pi R) \quad (2)$$

v 为机组的前进速度,当 $v=2\sim 4$ km/h, $R=240$ mm, $\lambda=8\sim 11$,由式(2)计算得出刀轴转速 n 为176~486 r/min。室内土槽试验结果表明,在一定的土壤条件,保持耕深 H 和机器前进速度 v 不变的情况下,所需功率随刀轴转速的增加近似以直线比例增加,所以在满足作业要求条件下尽量降低刀轴转速。在此基础上确定刀轴 I 挡转速为310 r/min, II 挡转速为410 r/min。

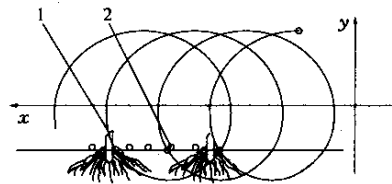


图2 任意点对根茬的切削示意图

Fig. 2 Schematic diagram of cutting rootstalk

1. 根茬 2. 秸秆

2.3 斜置角度 α

圆盘刀开出沟槽宽度的理论值 $B=2R\sin\alpha$,由图3可以看出圆盘转动一周过程中,前半周沿 z 轴正方向逐渐进入切削,后半周沿 z 轴负方向逐渐进入切削,所以圆盘刀相对土壤地表沿 z 轴方向有相对运动,该运动能够把覆盖秸秆推向播种带两侧。但是, α 越大动土量越大,所以在保证一定开沟宽度的情况下尽量减小 α 。开沟宽度理论值取 $B=44$ mm,则 $\alpha=5.26^\circ$ 。田间试验表明,实际开出沟槽宽度能够达到54 mm,由此确定为 $\alpha=5^\circ$ 。

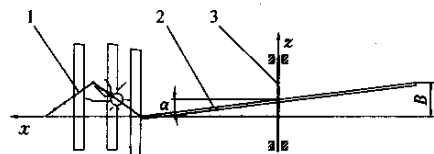


图3 圆盘刀开出沟槽宽度示意图

Fig. 3 Schematic diagram of furrow width

1. 开始切削土壤点的轨迹 2. 缺口圆盘刀 3. 刀轴

3 整机结构设计

根据上述参数分析,设计制造了斜置驱动圆盘免耕播种机如图4。该机采用中置齿轮箱传动,最大

限度地减少了动力传动路线,齿轮箱设3挡,即Ⅰ挡(转速为310 r/min)、Ⅱ挡(转速为410 r/min)、空挡,提高对不同土壤的适应性。采用斜置角度为5°的驱动缺口圆盘刀、种肥开沟器和充气式橡胶镇压轮。工作行数为12,平均行距17.9 cm(中间一行为27.4 cm,其余均为17 cm),工作幅宽2.2 m,播种深度3~5 cm,施肥位置在种下5~6 cm。作业速度2~4 km/h。配套动力44~55 kW(60~75 马力)的拖拉机,播种机外形尺寸(长×宽×高)为1 435 mm×2 379 mm×1 293 mm,结构质量710 kg。

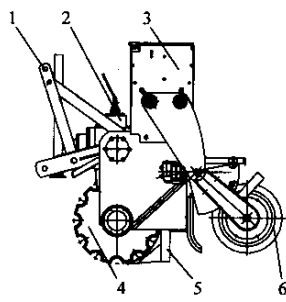


图4 斜置驱动圆盘小麦免耕播种机结构示意图

Fig.4 Sketch diagram of no-till planter for wheat

- 1. 悬挂架 2. 变速箱 3. 种肥箱
- 4. 斜置驱动缺口圆盘 5. 种肥开沟器 6. 镇压轮

4 田间试验与分析

4.1 田间试验

田间试验在河北省深泽县玉米收获机作业后的农田进行,玉米收获后残茬平均覆盖量达3 kg/m²,土壤类型为壤土,在0~10 cm的土层内土壤平均含水率为15.5%,土壤坚实度平均为2.46 MPa,玉米留茬2~3 cm,玉米根茬深8~10 cm,秸秆根茬含水率56%,播种量为300 kg/hm²,配套动力为铁牛60型轮式拖拉机。

作为对比试验的播种机是2BMFS-6/12型条带旋耕免耕播种机。该机主要技术参数:行数12,窄行行距10 cm,宽行行距20 cm,工作幅宽1.8 m。

2种免耕播种机的小时生产率*P*和单位面积耗油量*Q*见表1,斜置驱动缺口圆盘免耕播种机种床沟形及参数测定结果见图5及表2。

表1 免耕播种机耗油量测定结果

Tab.1 Fuel consumption of the no-till planter

免耕播种机类型	机组前进速度 <i>v</i> /km·h ⁻¹	小时生产率 <i>P</i> /hm ² ·h ⁻¹	刀轴转速 <i>n</i> /r·min ⁻¹	单位面积耗油量 <i>Q</i> /L·(hm ²) ⁻¹
斜置驱动圆盘	2.75	0.63	310	15.75
			410	16.05
条带旋耕	2.75	0.52	310	16.73
			410	17.53

4.2 试验结果分析

(1)2种播种机油耗测定结果表明,斜置驱动缺

口圆盘免耕播种机油耗比条带旋耕免耕播种机大约减少1 L/hm²柴油,而生产率高出0.11 hm²/h。

(2)田间播种结果表明,本机表土扰土宽度平均约为5.4 cm,播种机的平均行距17.9 cm,表土动土量约占30%,保留秸秆覆盖地表约占70%;而条带旋耕免耕播种机的表土动土量和保留秸秆覆盖地表均约占50%。本样机扰土宽度主要是斜置角度 α 决定的, α 越小扰土宽度越小,表土动土量越小,而保留秸秆覆盖地表量越大。但扰土宽度必须大于开沟器的宽度,样机的开沟器的宽度为3 cm,表土扰土宽度平均约为5.4 cm能够保证开沟器在松碎的土壤中前进,从而避免开沟器前进造成未耕土壤的扰动和大土块的形成。

(3)作业结果表明,在秸秆粉碎覆盖地(覆盖量3~4 kg/m²)上,播种机具有良好的通过性能。该样机整机质量710 kg,每个驱动圆盘对土壤的垂直载荷小于60 kg,入土性能较好。播种带上的根茬都能够被圆盘刀全部切断,并把播种带上切断的秸秆推向两侧,开沟器能够顺利地通过根茬,避免了将玉米根茬掀起形成大坑。

表2 种床沟形断面参数田间测量结果

Tab.2 Test results of the groove section

沟深 <i>H</i> /cm	松土深 <i>h</i> /cm	覆盖秸秆宽度 <i>b</i> /cm	种沟扰土宽度 <i>b</i> ₁ /cm	种沟沟底宽度 <i>b</i> ₂ /cm
10.5	8.7	11.6	5.4	4.8

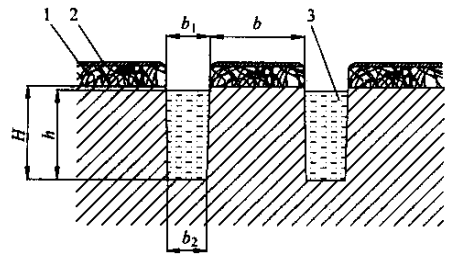


图5 播种带沟形断面示意图

Fig.5 Sketch diagram of the groove section

- 1. 覆盖秸秆 2. 覆盖秸秆的土壤 3. 松碎土壤

5 结论

(1)为了满足在有玉米秸秆覆盖和根茬未处理的农田免耕播种小麦,提出利用斜置驱动缺口圆盘灭茬、开沟的方案,研制出了斜置驱动圆盘免耕播种机,田间对比试验结果表明,单位面积油耗比条带旋耕免耕播种机有所下降,动土量减少20%,保留秸秆覆盖量提高20%。

(2)该机能够在秸秆覆盖量达到3~4 kg/m²的

(下转第66页)

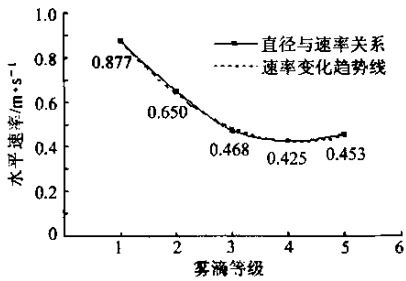


图6 雾滴水平方向速率波动图

Fig. 6 Horizontal velocity for different size droplets

由图6可以看出,直径小的雾滴在水平方向上的速率大于直径大的雾滴。这是因为雾滴直径较小时,由于质量相对较轻,能够悬浮在空中的时间较长,并且容易受到空气湍流的影响,即空气的流动极易使小雾滴产生显著漂移现象。由实验数据可以看出,部分小雾滴的水平方向的速率已经接近或超过其在垂直方向上的沉降速率。

参 考 文 献

- 1 Derksen R C, Jiang C. Automated detection of fluorescent spray deposits with a computer vision system [J]. Transactions of the ASAE, 1995, 38(6): 1 647~1 653.
- 2 向宇,郭列锦,陈永利,等.气液两相雾化器噪声频谱特性的实验研究[J].西安交通大学学报,1998,32(11):49~52.
- 3 Franz E. Spray coverage analysis using a hand-held scanner [J]. Transactions of the ASAE, 1993, 36(5): 1 271~1 278.
- 4 Sidahmed M M. A theory for predicting the size and velocity of droplets from pressure nozzles [J]. Transactions of the ASAE, 1996, 39(2): 385~391.
- 5 Roth L O, Porterfield G J. A photographic spray sampling apparatus and technique [J]. Transactions of the ASAE, 1965, 8(4): 493~496.
- 6 李象霖. 三维运动分析 [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1994.
- 7 赵东, 张晓辉, 蔡冬梅, 等. 基于弥雾机风机参数化的雾滴穿透性和沉积性研究 [J]. 农业机械学报, 2005, 36(7): 44~49.
- 8 宋淑然, 洪添胜, 王卫星, 等. 水稻田农药喷雾分布与雾滴沉积量的试验分析 [J]. 农业机械学报, 2004, 35(6): 90~93.
- 9 史岩, 傅泽田, 祁力钧, 等. 垂直小目标雾滴分布试验 [J]. 农业机械学报, 2004, 35(4): 47~50.
- 10 汤伯敏, 梁建, 杨德水, 等. 塑料温室内的雾滴沉积分布研究 [J]. 农业机械学报, 2004, 35(3): 72~75.

(上接第47页)

免耕地上顺利通过,驱动圆盘入土能力强,能够切断播种带上全部根茬,并把播种带上切断的秸秆推向两侧,为种子生长创造出良好的种床。试验证明,驱

4 结论

(1)利用高速数字摄像机结合数字图像处理技术实现了对植保机械雾化场空间雾滴图像的采集和处理。实验结果表明,通过最佳阈值二值化、雾滴标签化法等数字图像处理方法,实现各帧图像中雾滴尺寸分布特征描述并进行统计分析是有效的。

(2)当使用高速摄像机以1 000帧/s采集速度对药液雾化场雾滴进行图像采集时,发现相邻帧中雾滴形貌和质心位置差异不显著。采用雾滴邻域匹配概率法可以有效地实现同一雾滴在相邻帧中的匹配。

(3)根据同一雾滴在相邻帧中形心位置差,对雾滴的水平和垂直方向速率进行了分析,并得出了雾滴当量直径与雾滴沉降速度和飘移速度的关系。

动缺口圆盘切断玉米秸秆和根茬的原理是可行的,有利于在一年两熟地区全程进一步的推广和应用保护性耕作技术。

参 考 文 献

- 1 高焕文,李问盈. 保护性耕作技术与机具 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- 2 高焕文,李问盈,李洪文. 中国特色的保护性耕作技术 [J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 1~4.
- 3 吴子岳,高焕文. 根茬处理技术与发展 [J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(4): 46~49.
- 4 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.
- 5 廖庆喜,高焕文,王世学,等. 免耕播种机新型锯切防堵装置的试验研究 [J]. 农业机械学报, 2003, 34(6): 91~95.
- 6 北京农业工程大学. 农业机械学:上册 [M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- 7 曾德超. 机械土壤动力学 [M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1995.
- 8 李兵,李洪文. 2BMD-12型小麦对行免耕播种机的设计 [J]. 农业机械学报, 2006, 37(3): 35~38.
- 9 王建政. 小麦免耕播种机通过性能分析 [J]. 农业机械学报, 2005, 36(8): 151~153.
- 10 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.

斜置驱动圆盘免耕播种机设计与试验

作者: [马洪亮](#), [高焕文](#), [李洪文](#), [魏淑艳](#), [Ma Hongliang](#), [Gao Huanwen](#), [Li Hongwen](#),
[Wei Shuyan](#)
作者单位: [马洪亮,高焕文,李洪文, Ma Hongliang, Gao Huanwen, Li Hongwen \(中国农业大学工学院\)](#)
, [魏淑艳, Wei Shuyan \(河北农业大学机电工程学院\)](#)
刊名: [农业机械学报](#) **ISTIC EI PKU**
英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY FOR AGRICULTURAL MACHINERY](#)
年, 卷(期): 2006, 37(5)
被引用次数: 13次

参考文献(10条)

1. [高焕文;李问盈](#) [保护性耕作技术与机具](#) 2004
2. [高焕文;李问盈;李洪文](#) [中国特色的保护性耕作技术](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2003(03)
3. [吴子岳;高焕文](#) [根茬处理技术与发展](#)[期刊论文]-[中国农业大学学报](#) 2000(04)
4. [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](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2001(02)
5. [廖庆喜;高焕文;王世学](#) [免耕播种机新型锯切防堵装置的试验研究](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2003(06)
6. [北京农业工程大学](#) [农业机械学](#) 1991
7. [曾德超](#) [机械土壤动力学](#) 1995
8. [李兵;李洪文](#) [2BMD12型小麦对行免耕播种机的设计](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2006(03)
9. [王建政](#) [小麦免耕播种机通过性能分析](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2005(08)
10. [廖庆喜](#) [免耕播种机锯切防堵装置的高速摄影分析](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2005(01)

本文读者也读过(10条)

1. [刘立晶](#), [杨学军](#), [李长荣](#), [刘昱程](#), [刘殿生](#), [Liu Lijing](#), [Yang Xuejun](#), [Li Changrong](#), [Liu Yucheng](#), [Liu Diansheng](#) [2BMG24型小麦免耕播种机设计](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2009, 40(10)
2. [王庆杰](#), [何进](#), [姚宗路](#), [李洪文](#), [李问盈](#), [张学敏](#), [Wang Qingjie](#), [He Jin](#), [Yao Zonglu](#), [Li Hongwen](#), [Li Wenying](#), [Zhang Xuemin](#) [驱动圆盘玉米垄作免耕播种机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2008, 39(6)
3. [姚宗路](#), [高焕文](#), [王晓燕](#), [李洪文](#), [Yao Zonglu](#), [Gao Huanwen](#), [Wang Xiaoyan](#), [Li Hongwen](#) [小麦免耕播种机开沟器对作物生长的试验研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2007, 23(7)
4. [兰真](#), [赵艳忠](#), [Lan Zhen](#), [Zhao Yanzhong](#) [免耕播种机土壤工作部件的研究](#)[期刊论文]-[农机化研究](#)2009, 31(4)
5. [孙增强](#) [免耕播种机被动式切茬圆盘工作性能的试验研究](#)[学位论文]2006
6. [朱光明](#), [杨林](#), [李洪文](#), [ZHU Guang-ming](#), [YANG Lin](#), [LI Hong-wen](#) [2BQMF-5型气吸式施肥免耕播种机的设计与试验](#)[期刊论文]-[农机化研究](#)2008(7)
7. [姚宗路](#), [李洪文](#), [高焕文](#), [王晓燕](#), [张学敏](#), [Yao Zonglu](#), [Li Hongwen](#), [Gao Huanwen](#), [Wang Xiaoyan](#), [Zhang Xuemin](#) [一年两熟区玉米覆盖地小麦免耕播种机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2007, 38(8)
8. [朱国辉](#), [李问盈](#), [何进](#), [Zhu Guohui](#), [Li Wenying](#), [He Jin](#) [2BFML-5型固定垄免耕播种机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2008, 39(2)
9. [苏艳波](#), [凌刚](#), [李洪文](#) [免耕播种机开沟圆盘试验土槽的设计](#)[会议论文]-2008
10. [孙茸茸](#), [Li Wenying](#), [李洪文](#), [Sun Rongrong](#), [Li Wenying](#), [Li Hongwen](#) [垄作玉米免耕播种机破茬装置设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2008, 39(8)

引证文献(13条)

1. [周桂霞](#), [胡军](#), [梁远](#), [张伟](#), [李玉清](#) [破茬圆盘刀破茬性能研究](#)[期刊论文]-[现代化农业](#) 2011(10)
2. [杨帆](#), [李问盈](#) [免耕播种机防堵装置的设计](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2009(7)

3. [贺德](#) [免耕播种机防堵装置的设计](#) [期刊论文]-[中国农机化](#) 2007(4)
4. [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](#) [期刊论文]-[农机化研究](#) 2008(8)
5. [魏淑艳](#), [马洪亮](#), [牛博英](#), [邸英良](#), [吴运涛](#) [小麦免耕播种机驱动双向螺旋刀开沟防堵装置](#) [期刊论文]-[农业机械学报](#) 2008(12)
6. [马洪亮](#), [高焕文](#), [李洪文](#), [魏淑艳](#) [驱动圆盘刀切断玉米秸秆和根茬的土槽试验](#) [期刊论文]-[农业机械学报](#) 2007(5)
7. [高焕文](#), [李洪文](#), [姚宗路](#) [轻型高防堵性能免耕播种机研究](#) [期刊论文]-[中国工程科学](#) 2007(9)
8. [高焕文](#), [李洪文](#), [姚宗路](#) [轻型高防堵性能免耕播种机研究](#) [期刊论文]-[中国工程科学](#) 2007(9)
9. [高焕文](#), [李洪文](#), [姚宗路](#) [我国轻型免耕播种机研究](#) [期刊论文]-[农业机械学报](#) 2008(4)
10. [马洪亮](#), [高焕文](#), [魏淑艳](#) [斜置驱动缺口圆盘刀功耗模型的试验研究](#) [期刊论文]-[农业工程学报](#) 2007(6)
11. [王庆杰](#), [李洪文](#), [何进](#), [李问盈](#), [Rabi G. Rasaily](#) [凹形圆盘式玉米垄作免耕播种机的设计与试验](#) [期刊论文]-[农业工程学报](#) 2011(7)
12. [兰真](#), [赵艳忠](#) [免耕播种机土壤工作部件的研究](#) [期刊论文]-[农机化研究](#) 2009(4)
13. [马洪亮](#), [魏淑艳](#) [一年两熟地区玉米秸秆根茬处理和小麦免耕作业方式的分析](#) [期刊论文]-[中国农机化](#) 2012(1)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nyjxxb200605012.aspx