

分体式小麦免耕播种机的设计

李海建, 李洪文, 李问盈, 姚宗路

(中国农业大学 工学院, 北京 100083)

摘要: 针对我国北方一年两熟地区夏玉米秸秆覆盖地, 秸秆覆盖量比较大, 免耕播种冬小麦容易发生堵塞等问题, 设计开发了分体式小麦免耕播种机。该机采用条带旋耕与单圆盘播种镇压单体联合防堵机构。该机一次完成施肥、秸秆粉碎、碎土镇压、开沟播种、镇压等作业。该播种机主要由施肥旋耕系统、连杆连接系统和播种系统组成。田间试验结果表明: 在夏玉米秸秆覆盖下小麦免耕播种, 对土壤扰动量在 25%~30%左右, 作业质量符合农艺要求; 机具结构设计合理, 为中国北方一年两熟地区夏玉米秸秆覆盖地表直播小麦提供了技术支持。

关键词: 农业工程; 免耕播种机; 设计; 分体式; 条带旋耕; 保护性耕作; 一年两熟

中图分类号: S232.2'5

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2007)11-0094-05

0 引言

我国北方地区是重要的粮食主产区, 该地区是以小麦、玉米为主的一年两熟地区, 并且主要是以传统的耕作体系为主, 对实现小麦、玉米高产, 解决人们的温饱做出了重要的贡献。同时, 也带来了许多诸如: 忽视资源与环境保护、地下水位急剧下降、秸秆焚烧造成资源浪费环境污染、作业环节多、生产成本高、地力持续下降等严重问题^[1]。

一年两熟地区推广实施保护性耕作, 用大量的秸秆残茬覆盖地表, 保护土壤, 减少水土流失和土壤水分的蒸发; 减少耕作次数、劳动力和机械投入, 提高劳动生产率, 达到高产、低耗、高效和可持续发展的目的。在夏玉米收获后免耕播种小麦技术与配套机具的研究时间还不长。主要问题是在玉米粉碎秸秆覆盖地秸秆覆盖量比较大, 容易堵塞造成机器的通过性能差。

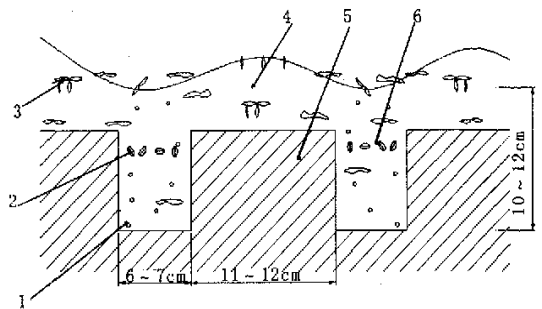
针对一年两熟地区夏玉米收获后免耕播种冬小麦易堵塞, 并且我国现有的小麦播种机保有量比较大, 无法用于免耕播种的现状, 农业部保护性耕作中心研制的分体式小麦免耕播种机, 提出了条带旋耕技术, 解决了原有小麦播种机的利用问题, 减少了农民重复购买机具的成本。经过初步试验, 该播种机具有较强的秸秆通过性能, 能够实现小麦免耕

播种, 为一年两熟地区实施保护性耕作提供了一种新的机具^[1-4]。

1 设计原理及机构

1.1 设计原理

针对夏玉米秸秆覆盖地秸秆覆盖量大, 机具易堵塞, 农业部保护性耕作中心研制了分体式小麦免耕播种机。该机只在播种开沟器前安装旋耕刀, 对播种行上的根茬进行破坏, 并对种行上的秸秆进行粉碎, 从而实现带状旋耕。小麦播种机的开沟器行走在经过旋耕的整洁苗带上进行播种, 播种后形成宽窄行作业状态。条带旋耕作业后土壤横截面图, 如图 1 所示。



1. 化肥 2. 小麦种子 3. 秸秆 4. 犁 5. 免耕带 6. 耕作带

图 1 条带旋耕作业后土壤横截面图

Fig.1 The chart of soil cross-section after stripping rotary tillage

其优点是对土壤破坏小、动力消耗少。条带旋耕种行后土壤疏松, 播种质量好。尤其是在一年两熟区玉米收获后免耕播种小麦, 由于在玉米生育期

收稿日期: 2007-03-06

基金项目: 农业部“948”项目资助(2004-Q1)

作者简介: 李海建(1979-), 男, 山东汶上人, 硕士生, (E-mail) lihaijian3@sina.com。

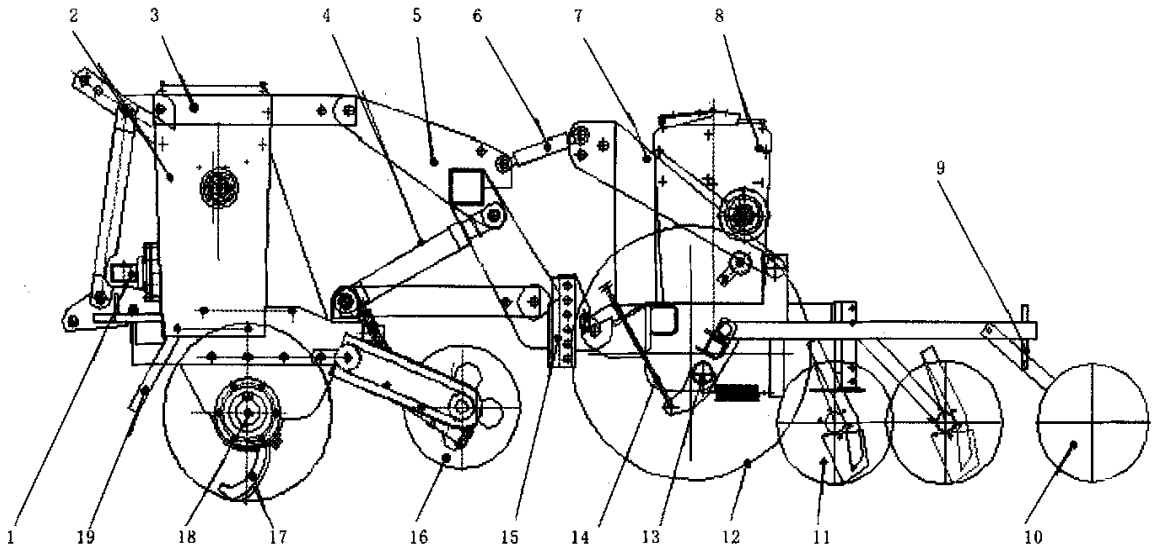
通讯作者: 李洪文(1968-), 男, 北京人, 教授, 博士生导师, (E-mail) lihwen@cau.edu.cn。

进行过中耕、追肥、培土等作业,收获时地表有垄沟,除条带旋耕播种技术外,尚没有其它更适合的技术^[1]。条带旋耕技术是保护性耕作技术推广实施中出现的新技术,填补了我国北方一年两熟地区夏玉米秸秆覆盖下冬小麦少耕播种机具的空白^[1],是我国北方一年两熟地区冬小麦实施保护性耕作的关键配套机具。该机具与43kW以上的拖拉机配套使

用。首次采用分体式结构设计实现了一机多用,提高了各部分的通用性能,减少了机具的进地次数,降低了作业成本,对冬小麦抢时抢种增收效果十分明显。

1.2 总体设计

分体式小麦免耕播种机结构示意图,如图2所示。



1. 动力输入轴 2. 肥箱 3. 立杆 4. 液压油缸 5. 四连杆连接体 6. 中间拉杆 7. 播种系统上悬挂 8. 种箱
9. 调节螺栓 10. 播种镇压单体 11. 单元盘开沟器 12. 地轮 13. 旋转轴 14. 调整螺栓杆 15. 接器
16. 滚笼轮 17. 旋转刀 18. 刀轴 19. 施肥管

图2 分体式小麦免耕播种机结构示意图

Fig.2 The Structure of the separate type No-till Wheat Planter

机具与43kW以上的拖拉机配套使用。作业时,碎土镇压轮把动力通过链条传递到排肥器上施肥,肥料通过撒肥管撒播在未动土壤表面上,旋耕刀条带旋耕土壤,单圆盘开沟器在旋耕好的种床上开沟播种,然后经镇压轮覆土镇压。本机整体采用3部分结构,主要有施肥旋耕系统、四连杆连接系统和播种系统。施肥旋耕系统主要是使肥料和土壤充分混合,旋耕出带状的种床;四连杆连接系统主要是连接施肥旋耕系统和播种系统。它能使机器在运送过程中使播种系统和施肥旋耕系统上下叠加,以减少机器的运输长度,在工作过程中可使播种系统具有单体仿形功能。

其主要技术参数如下:

外形尺寸/mm: 3100×2000×1100(工作时)

2500×2000×1500(运输时)

播种幅宽/mm: 2000

播种行距/mm: 窄行180(可调)

宽行200(可调)

开沟深度/mm: 100~120(理论)

开沟宽度/mm: 60~70(理论)

作业速度/ $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$: 1.88~2.32

刀轴转速/ $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$: 240

配套动力/ $\text{kW} \cdot \text{h}^{-1}$: 43kW以上的拖拉机

排肥排种器形式: 外槽轮式

2 关键部件设计

2.1 旋耕刀轴、刀座和刀片

刀轴采用 $\phi 70$ 的无缝钢管,刀轴共有12行24个弯刀刀座,采用类似螺旋线对称排列,单侧刀座排列展开如图3所示。从图3可以看出:在此排列中,刀座的轴向间距和周向间角均相等,每次均有左右两把刀同时入土,这样避免了在高速旋转时刀轴的左右摆动,使刀轴受力较为均匀,动力消耗小。旋耕刀结构示意图,如图4所示。

刀片^[6]选择弯形刀片(分左弯和右弯),有滑切作用,不易缠草,具有松碎土壤和翻土覆盖的能力,这种形状除了能够保持适度的滑切角而外,还能由近及远地切土(即开始时在离刀轴中心较近处

先接触土壤，然后逐渐向前和深处切入）。

弯刀的侧刃曲线采用的公式为

$$R = R_0 + K\phi$$

式中 R —侧刃上的任一点 M 的旋转半径(极径);
 R_0 —侧刃起始半径;
 K —常数;
 ϕ —位置度(极角)。

这种曲线的滑切角开始切土时较小，随后逐渐增大。

考虑地表不平等因素，设计旋耕刀入土深度为 11 cm。根据旋耕刀的运动，为保证旋耕刀的正常切

土，刀背不产生推土现象，旋耕刀回转圆周半径 R 应满足

$$R > \frac{\lambda H}{\lambda - 1}$$

式中 R —旋耕刀旋转半径;
 H —旋耕深。

R 增大，刀轴离地表位置高，有利于机器的通过性，不易堵塞，但过大会使刀的强度降低，机架尺寸变大。考虑本机及农艺要求，为防止刀轴缠草堵塞可适当加大刀的回转半径，增大刀轴离地间隙。

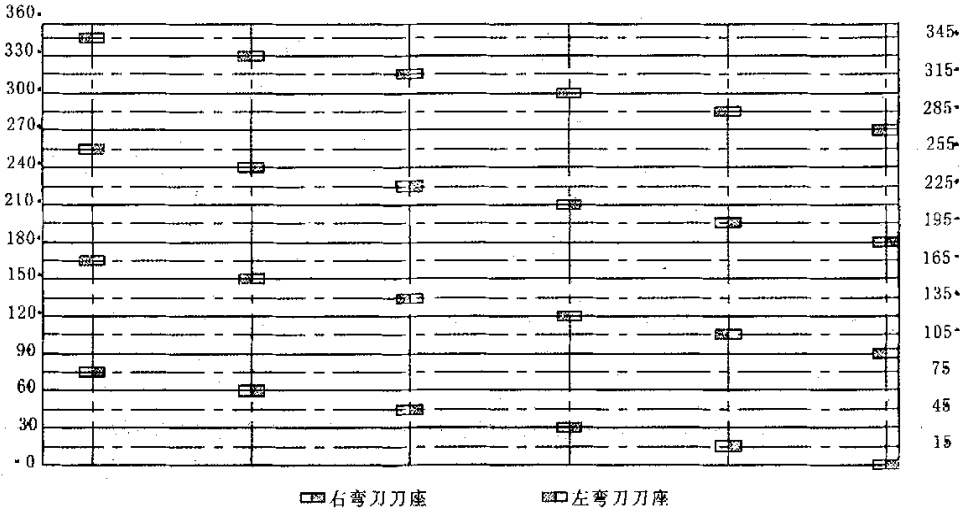


图3 刀座排列图

Fig.3 The Arrangement of blade Seats

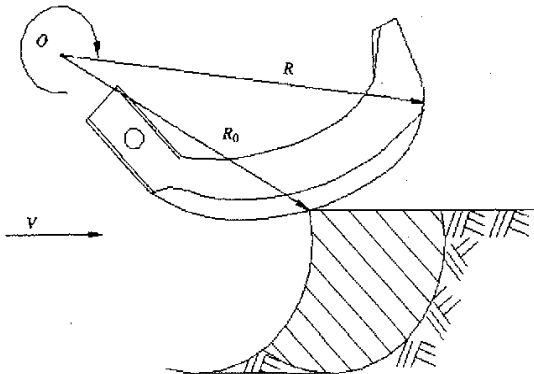


图4 旋耕刀结构示意图

Fig.4 Structure of blade

2.2 单圆盘开沟器

传统的单圆盘开沟器存在沟底不平、覆土时干湿相混、侧压力大的问题。新的单圆盘开沟器基本上解决了上述缺点。单圆盘开沟器主要由圆盘和固定在一侧的护板及其输种筒等组成，其示意图如图

5 所示。工作时，圆盘平面垂直地面并与前进方向有 $3^\circ \sim 8^\circ$ 的夹角。单圆盘开沟器的护板安装在圆盘的后部，所以圆盘先入土。因其与前进方向有夹角，在滚动的同时做侧向滑移，形成一个断面为半椭圆形的沟。护板与靴子开沟器相似，工作时其前部将种沟的一边进行积压、推移，形成一个沟槽，它和圆盘共同作用形成了单圆盘开沟器的种沟，沟底平整，没有双圆盘开沟器形成的凸尖。

种沟的宽度为

$$K = B + C$$

其中， B —单圆盘切出的沟宽。随圆盘入土深度而变化，其值为

$$B = 2\sqrt{2RH - H^2} \sin\alpha$$

式中 H —圆盘入土深度;
 R —圆盘半径;
 α —圆盘与前进方向的夹角。

护板入土部位的外形与圆盘的外形相似，由其形成的沟槽宽 C 在不同入土深度基本不变，即

$$K = 2\sqrt{2RH - H^2} \sin\alpha + C$$

由此可知，单圆盘开沟器的沟槽宽与圆盘半径 R 、牵引偏角 α 有关，且随着入土深度的加深而加宽，但沟底形状不变。

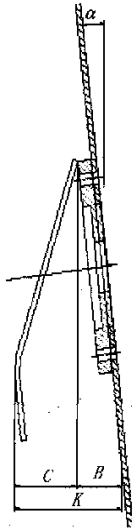


图5 单圆盘开沟器

Fig.5 The single-disc opener

2.3 其它部件

本机旋耕施肥系统和播种系统之间采用平行四连杆连接机构，这样可以保证播种系统在运输和工作时都能与旋耕施肥系统保持平行关系，提高了播种机系统整体的单体防型能力。采用平行四连杆连接机构的分体式小麦免耕播种机可以实现一机多用，提高各部分的利用效率。镇压轮为橡胶轮，橡胶轮滑移的均值和方差都较小，其直径为40cm，外缘宽度10.5cm。其作用是镇压，达到压碎土块、压紧耕作层、蓄水保墒的目的。

3 田间试验与结果

3.1 试验基本条件

田间性能试验在位于北京东南的北京市大兴区长子营镇孙庄进行。试验地属于一年两熟平原区，土壤为壤土或粘土；年平均降水量600mm左右。土壤质地为壤土，坚实度为(247.5×104)Pa；土壤含水率为9.3%(0~5cm)，11.7%(5~10cm)。试验地块玉米收获后，秸秆粉碎机粉碎还田。秸秆覆盖量3.8kg/m²。

试验用小麦品种为新中9号，千粒质重为43.5g，种子含水率为11.2%，播种量为300kg/hm²；试验用肥料为尿素，施肥量为225kg/hm²。

3.2 试验结果

本播种机试验结果，如表1所示。

表1 分体式小麦免耕播种机试验性能结果

Tab.1 Experimental performance results of the divided no-till wheat planter

测试项目	实测值 (平均值)	合格率 /%	标准差	变异 系数
播种深度	5.1cm	86.4	0.83	18.7
出苗数	386万株	—	54.32	0.13
沟深	10.4cm	84.2	0.63	5.699
沟宽	6.76cm	82.1	0.52	7.65
左地轮滑移率/%	7.3			
右地轮滑移率/%	6.8			
撒肥	均布			

3.2.1 播种深度及沟形

在粉碎秸秆覆盖情况下，播种质量完全满足免耕施肥播种的农艺要求。在表1中平均播种深度为5.1cm，合格率为86.4%，标准差为0.83，变异系数为18.7。本机在播种过程中由于粉碎秸秆有时会影响回土，导致播种变异系数偏大。

沟深和沟宽的结果表明：沟深的合格率和变异系数略好于沟宽，其原因是旋耕刀在动土时由于根系和摩擦力的共同影响，会使沟壁上的部分土壤被旋耕刀带出。

3.2.2 地轮滑移率

表1表明：左地轮滑移率为7.3%、右地轮滑移率为6.8%。这种情况下能够满足播种的农艺要求，保证了播种质量。测量结果表明左地轮的滑移率要大于右地轮的滑移率，其原因是左地轮要为排肥装置提供动力。

3.2.3 机具通过性

根据农业部农机试验鉴定总站的测试，机具合格标准为“在刚收获的玉米地，植被覆盖量为2.0~4.0kg/m²，测区长度为60m，往返一个行程，不发生堵塞或者有一次轻度堵塞。”本试验在玉米秸秆覆盖量为3.8kg/m²的条件下测试2次，每次测试长度为150m，未出现堵塞现象。

4 结论

1) 整机能够在大量玉米秸秆覆盖状态下，免耕播种小麦；种子覆土深度在4~6cm，播种质量完全满足免耕施肥播种的农艺要求。

2) 本免耕播种机首次提出了分体式连接机构，可以实现一机多用，单圆盘开沟器实行错排排列提高了机具的通过性，防堵效果显著；本免耕播种机动土量在25%~30%左右，土壤扰动性较小。

3) 粉碎播种后秸秆覆盖地表，出苗率高，节水、

保水效果好,增加了土壤保墒能力。秸秆粉碎、开沟、施肥、播种、覆土、镇压等联合作业减少了投入成本,减少了作业工序。但试验过程中发现机具前后长度增加,在播种过程中转弯半径增加,需要进一步优化整机结构,减少机具前后长度。

参考文献:

- [1] 高焕文. 保护性耕作技术与机具[M]. 北京:化学工业出版社,2004:119-141.
- [2] 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):14.
- [3] 贾延明,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):78-82.
- [4] 李洪文,陈君达,邓健,等. 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
- [5] 孙福辉,封俊,宋卫堂,等. 2BDY-12单体仿形压轮式播种机的性能试验研究[J]. 农业机械学报,1998,8(29):31-34.
- [6] 徐迪娟,李问盈,王庆杰. 2BML-2(Z)型玉米垄作免耕播种机的研制[J]. 中国农业大学学报,2006,11(3):75-78
- [7] 姚宗路,王晓燕,李洪文,等. 2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机改进与试验研究[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(5):46-51.
- [8] 张波屏. 现代种植机械工程[M]. 北京:机械工业出版社,1997:190-203.

Design of the Divided No-till Wheat Planter

LI Hai-jian, LI Hong-wen, LI Wen-ying, YAO Zong-lu

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: A new design of the divided no-till wheat planter has been accomplished by China agricultural University aimed to solve the extremely important problem of the double cropping area in North China, where the planter can easily be walled up by standing maize stubble when sowing the winter wheat. The combine anti-blocking mechanism composed of strip- rotary tillage and the planting unit of single-disc opener. The machine can finish the operation of stubble chopping, furrow opening, seeds and fertilizer placement in one pass. The main structures include fertilizer application system, connecting rod system and planting system. Field test shows that the machine works well when plant in standing maize stubble field and the soil disturbance is about 25% to 30%. The working quality satisfies the requirement of agronomy and the design of structure is completely in reason, which provides technology support for direct planting in standing maize stubble field in double cropping area in North China.

Key words: agricultural engineering; no-till planter; design; divide; strip-rotary tillage; conservation tillage; double cropping

分体式小麦免耕播种机的设计

作者: [李海建](#), [李洪文](#), [李问盈](#), [姚宗路](#), [LI Hai-jian](#), [LI Hong-wen](#), [LI Wen-ying](#),
[YAO Zong-lu](#)
作者单位: [中国农业大学, 工学院, 北京, 100083](#)
刊名: [农机化研究](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF AGRICULTURAL MECHANIZATION RESEARCH](#)
年, 卷(期): 2007(11)
被引用次数: 1次

参考文献(8条)

1. [高焕文](#) [保护性耕作技术与机具](#) 2004
2. [高焕文](#); [李问盈](#); [李洪文](#) [中国特色保护性耕作技术](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2003(03)
3. [贾延明](#); [尚长青](#); [张振国](#) [保护性耕作适应性试验及关键技术研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2002(01)
4. [李洪文](#); [陈君达](#); [邓健](#) [旱地玉米机械化保护性耕作技术及机具研究](#)[期刊论文]-[中国农业大学学报](#) 2000(04)
5. [孙福辉](#); [封俊](#); [宋卫堂](#) [2BDY-12单体仿形压轮式播种机的性能试验研究](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 1998(08)
6. [徐迪娟](#); [李问盈](#); [王庆杰](#) [2BML-2\(Z\)型玉米垄作免耕播种机的研制](#)[期刊论文]-[中国农业大学学报](#) 2006(03)
7. [姚宗路](#); [王晓燕](#); [李洪文](#) [2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机改进与试验研究](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2005(05)
8. [张波屏](#) [现代种植机械工程](#) 1997

本文读者也读过(10条)

1. [李新生](#). [LI Xinsheng](#) [关于某些企业文化表现的思考](#)[期刊论文]-[建设机械技术与管理](#)2010, 23(2)
2. [刘志刚](#) [约翰迪尔首台6488型玉米果穗收割机成功交付中国用户](#)[期刊论文]-[当代农机](#)2009(7)
3. [苏俊](#). [李春霞](#). [龚士琛](#). [宋锡章](#). [张坪](#). [钟占贵](#). [张瑞英](#) [早熟春玉米新品种龙单13的选育及利用](#)[期刊论文]-[玉米科学](#)2000, 8(4)
4. [张培峰](#). [葛勇](#). [ZHANG Pei-feng](#). [GE Yong](#) [适合黑龙江省玉米垄作保护性耕作的机具](#)[期刊论文]-[现代化农业](#) 2008(4)
5. [党启科](#) [机械化玉米免耕播种技术](#)[期刊论文]-[农机科技推广](#)2006(5)
6. [倪进斌](#). [刘华招](#). [NI Jin-bin](#). [LIU Hua-zhao](#) [黑龙江垦区2006年~2008年水稻区生试品种\(系\)产量构成要素分析](#)[期刊论文]-[北方水稻](#)2010, 40(3)
7. [何荣利](#) [北方玉米生产技术](#)[期刊论文]-[中国农村小康科技](#)2008(11)
8. [赵万庆](#). [王绍萍](#). [马英杰](#). [周旭东](#). [刘文国](#). [ZHAO Wan-qing](#). [WANG Shao-ping](#). [MA Ying-jie](#). [ZHOU Xu-dong](#). [LIU Wen-guo](#) [高产稳产玉米杂交种吉单35的选育与应用](#)[期刊论文]-[吉林农业科学](#)2008, 33(6)
9. [李世卫](#). [李洪文](#). [Li Shiwei](#). [Li Hongwen](#) [基于计算机视觉的田间秸秆覆盖率计算](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2009, 31(1)
10. [李洪文](#). [王晓燕](#). [李兵](#). [魏延富](#) [小麦对行免耕播种机试验研究](#)[期刊论文]-[农机化研究](#)2004(5)

引证文献(1条)

1. [赵文才](#). [公衍峰](#). [袁玉龙](#) [大型芸豆起拔机的研究与设计](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2008(10)